

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 2 (48), 2010: 49–59
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 2 (48), 2010)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 2 (48), 2010: 49–59
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 2 (48), 2010)

Piotr KRÓL¹, Andrzej BRANDYK², Bartłomiej DOBRZELEWSKI

¹Katedra Geoinżynierii SGGW w Warszawie

Department of Geotechnical Engineering WULS – SGGW

²Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW w Warszawie

Department of Hydraulic Engineering and Environmental Restoration WULS – SGGW

Analiza wpływu retencyjnego zbiornika lateralnego na poziom wód gruntowych terenów przyległych **Analysis of the impact of lateral retention reservoir to the groundwater level of the surrounding areas**

Słowa kluczowe: zbiorniki retencyjne, wpływ na wody gruntowe, modelowanie numeryczne
Key words: retention reservoirs, impact on groundwater, numerical modelling

Wprowadzenie

Zbiorniki retencyjne, biorąc pod uwagę lokalizację obiektu względem cieków, możemy podzielić na zaporowe i lateralne. Pierwsze zlokalizowane są bezpośrednio w korycie rzeki. Powstają poprzez spiętrzenie jej wód budowlą hydrotechniczną. W tym przypadku całość odpływu ze zlewni, łącznie z wezbraniami, przepuszczana jest przez czasę. Zbiorniki lateralne lokalizowane są poza ciekami, jednak w bezpośrednim jego sąsiedztwie. Zasilanie następuje z koryta rzeki poprzez ujęcie zlokalizowane powyżej, najczęściej w sporej odległo-

ści, tak aby dzięki mniejszym oporom hydraulicznym doprowadzalnika i w efekcie mniejszemu spadowi uzyskać jak najwyższą rzędną poziomu wody w akwenu. Również zrzut wód do koryta następuje poprzez odpowiednią budowlę zrzutową. W tym przypadku przepływ w większości, a wody powodziowe z całości prowadzone są naturalnym korytem, a zbiornik nie stanowi sztucznego elementu w rzece, zmieniającego warunki środowiskowe.

Zbiorniki zaporowe zawsze mają istotny wpływ na poziom wód gruntowych terenów przyległych. W warunkach klimatycznych Polski – z przewagą opadu nad parowaniem koryta rzek – stanowią czynnik drenujący poziomy wód gruntowych. Dlatego też spiętrzenie wody w ciekach wiąże się z podniesieniem poziomu wód gruntowych. Przy pozio-

mach zalegających blisko powierzchni najczęściej wymagane są specjalne elementy zabezpieczenia lub drenowania. Zbiorniki lateralne wyniesione są najczęściej ponad powierzchnię terenu. Dlatego też otoczone są groblami i systemem rowów lub drenaży opaskowych. Przy poprawnie zaprojektowanym obiekcie systemy drenażowe w całości przechwytyją przesiąkające wody i czasza nie zasila przyległych poziomów wodonośnych. Jednakże istnieje obawa, że sztywno narzucone poziomy piezometryczne mogą w otoczeniu eliminować naturalne wahania poziomu wód gruntowych powodowane zmianami poziomu wód powierzchniowych w odbiornikach, co może z kolei mieć wpływ na warunki siedliskowe flory i fauny. Zjawisko to można eliminować poprzez wprowadzanie do rowów opaskowych cofki wezbraniowej z ciekłu.

W artykule przedstawiono wyniki badań i analiz wpływu zbiornika Rzeczycy Długa, obok rzeki Łukawicy, na poziom wód gruntowych terenów przyległych dla ekstremalnych poziomów wód powierzchniowych w rzece.

Charakterystyka obiektu

Projektowany zbiornik położony jest w województwie podkarpackim, powiecie stalowowolskim, gminach Radomyśl nad Sanem i Pysznica, obręb Rzeczycy Długa i Jastkowice. Przewidywana pojemność czaszy $V = 284\,146\text{ m}^3$, przy rzędnej piętrzenia 151,20 m n.p.m. Powierzchnia zwierciadła wody wynosi 15,0 ha. Dno zbiornika zlokalizowano na rzędnej 149,20 m n.p.m. Lustro wody wyniesione jest ponad teren pierwotny.

Zbiornik w całości otoczony jest zaparami ziemnymi. Przebieg zapór zbiornika wynika z warunków geologicznych. Na dużym obszarze występują grunty słabonośne. Projektowany jest jednorodny korpus zapory. Grunt do wykonania zapór będzie pozyskany z czaszy zbiornika (a jego nadmiar rozplantowany poza zbiornikiem). Rzędna korony zapory będzie stała na całym obwodzie – 151,90 m n.p.m. Nachylenie skarpy odpowietrznej wynosić będzie 1 : 3. Nachylenie skarpy odwodnej będzie wynosiło 1 : 5, z wyjątkiem około 200 m odcinka plaży, gdzie projektowane jest nachylenie 1 : 8, i około 15 m odcinka z budowlą upustową, gdzie projektowane jest nachylenie 1 : 3. W strefie falowania skarpa odwodna zostanie zabezpieczona płytami typu krata. Od strony odpowietrznej zapory mają nachylenie 1 : 3. W celu przejmowania przesiąków projektowany jest drenaż dywanowy (kliniec łamany $d = 32/63$) we włókninie połączony z rowem przyzaporowym. Rów przyzaporowy będzie zabezpieczony jednostronnie płytami typu krata podpartymi na krawężniku. Projektowane nachylenie skarpy ubezpieczonej – 1 : 2, szerokość rowu w dnie – 0,5 m, spadek rowu – 0,05%.

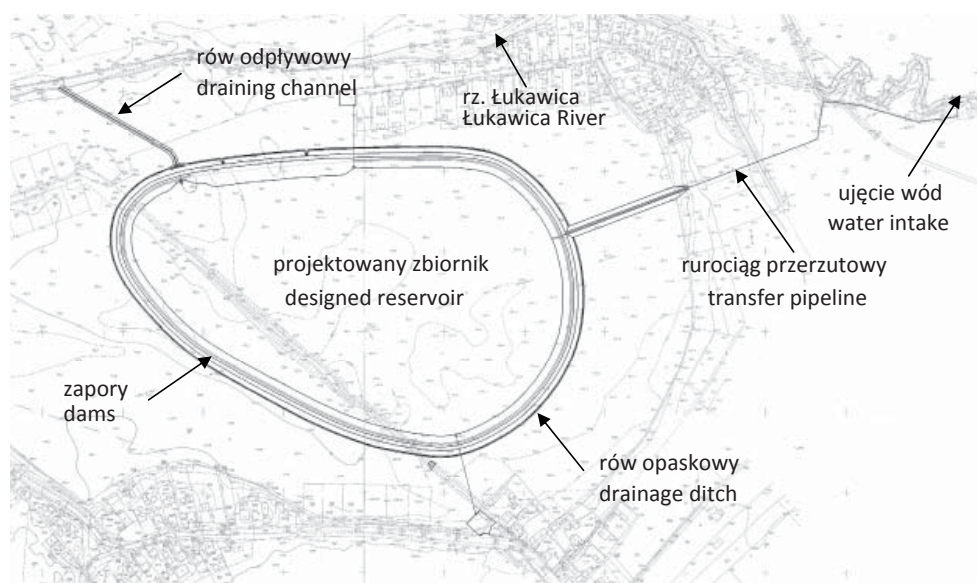
W celach poboru wody do napełnienia, a następnie uzupełniania strat na przesiąki i parowanie (w ilości około $77\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$) w km 7+792 rzeki Łukawicy przewidziano próg zbudowany z koszy siatkowo-kamiennych. Stopień tworzy próg z bystrzem wykonany z trzech rzędów koszy oraz materacy siatkowo-kamiennych, długości i szerokości w planie $12,0 \times 12,0\text{ m}$. Ponur uformowano z materacy o wymiarach $2,0 \times 6,0 \times 0,25\text{ m}$. Rzędna początku ponuru – 150,80 m n.p.m., rzędna progu – 151,30 m n.p.m.

Ponur zbudowany będzie z materacy o wymiarach $2,0 \times 6,0 \times 0,25$ m, tworzących nieckę do rozpraszania energii. Przyczółki tworzą mury uformowane, każdy z koszy o wymiarach $2,0 \times 1,0 \times 1,0$ m (identycznych jak kosze stopnia). Wszystkie kosze wzajemnie połączone są skręconym drutem. Między koszami tworzącymi próg pozostawiono szczeliny szerokości 0,1 m i głębokości 0,5 m na potrzeby migracji ryb. Na wlocie i wylocie stopnia wykonane zostaną stożki z obrukiem ($d = 16$ mm) na włóknie w obramowaniu palisady $h = 1,5$ m, $d = 0,1$ m.

Woda do zbiornika będzie doprowadzana rurociągiem przerzutowym DN 600 mm (rys. 1), wykonanym z rur dwuściennych z PP, ułożonych na głębokości ponad 1,0 m. Na załamaniach trasy rurociągu oraz co około 100 m na odcinkach prostych wykonane będą studnie rewizyjne o średnicy 1000 mm (8 sztuk).

Przy przejściu pod dnem istniejącego rowu rurociąg zostanie zabezpieczony otuliną z betonu. Do zbiornika rurociąg będzie wprowadzony dokiem wlotowym. Wlot do rurociągu będzie zlokalizowany na progu z koszy siatkowo-kamiennych i zabezpieczony kratą o prześwicie 15 mm. Między przyczółkami progu projektowana jest studnia betonowa o średnicy 1400 mm z zasuwą nożową ręczną do regulacji przepływu.

Jako budowla upustowa zaprojektowany został mnich monolityczny typu MNm-4. Stojak mnich będzie konstrukcją żelbetową z podwójnym zamknięciem szandorowym. Z koroną zapory stojak będzie połączony kładką żelbetową szerokości 80 cm. Leżak budowli zostanie wykonany z rur WIPRO o średnicy 600 mm w otulinie z gliny. Wylot do rowu odpływowego zabezpieczony zostanie brukiem ułożonym na posypce piaskowo-cementowej na długości 5,0 m.



RYSUNEK 1. Plan sytuacyjny zbiornika
FIGURE 1. Site plan of the reservoir

Rów odpływowy będzie konstrukcją ziemną o nachyleniu skarp 1 : 2 i szerokości dna 1,0 m. Dno i skarpy rowu zostaną zabezpieczone płytami ażurowymi typu krata, podpartymi na obrzeżu. Wylot rowu zlokalizowany będzie w km 6+401 rzeki Łukawicy. W miejscu połączenia rowu odpływowego z rzeką Łukawicą (w km 6+401) dno rzeki zostanie zabezpieczone narzutem kamiennym na włókninie, a skarpy rzeki – kamieniem w płotkach (km 6+391 – 6+407).

Warunki gruntowo-wodne

Obszar inwestycji położony jest w obrębie jednostki fizjograficznej zwanej Kotliną Sandomierską, w dolinie Sanu. Występują tu formy zarówno pochodzenia rzecznego, jak i utworzone przez roślinność. Forma pochodzenia rzecznego reprezentowana jest przez dno doliny Sanu. W obrębie dna doliny wyodrębnić można dwa poziomy tarasowe. Taras niższy łągowy przylega bezpośrednio do Sanu, taras wyższy piaszczysto-madowy nosi ślady meandrowania. Formy utworzone przez roślinność reprezentowane są przez równiny torfowe i piasków humusowych. Zalegają one w obrębie starorzeczy w dolinie Sanu.

Na głębokości około 10,5 m p.p.t. zalegają utwory trzeciorzędowe w postaci ilów krakowieckich. Na utworach tych zalegają plejstoceny utwory czwartorzędowe, zbudowane głównie z piasków i żwirów rzecznych tarasów nadzalewowych z okresu zlodowacenia północnopolskiego i środkowopolskiego. Utwory holoceńskie, zalegające na plejstocenie, tworzą głównie mulki, ily i piaski rzeczne tarasów zalewowych

oraz torfy i namuły torfiaste (tQh) na piaskach humusowych den dolinnych i zagłębieniach bezodpływowych (pQh).

Poziom wodonośny wody podziemnej, będący na omawianym terenie głównym poziomem użytkowym, stanowią piaski i żwiry aluwialne o średniej miąższości 14 m. W obrębie doliny dolnego Sanu piaski rzeczne miejscami przykryte są namułami o miąższości około 1,0 m. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny i z reguły występuje na głębokości 1–5 m. Lokalnie w miejscach, gdzie występują namuły, zwierciadło może być nieznacznie napięte. Wysokość położenia zwierciadła wody pomierzona w trakcie badań geotechnicznych (w okresie niskich stanów rzeki) wynosiła średnio około 0,8 m p.p.t. W obniżeniach terenu zwierciadło wody występowało na jego powierzchni. Zasilanie poziomu wodonośnego odbywa się poprzez bezpośrednią infiltrację wód opadowych. Lokalną bazę drenażu wód podziemnych stanowi płynąca na północ do projektowanego zbiornika rzeka Łukawica, będąca prawostronnym dopływem Sanu.

Współczynniki filtracji utworów wodonośnych zawierają się w przedziale od $4,1$ do $55,2 \text{ m} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$, średnio wynoszą $23,6 \text{ m} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$. Przewodność również jest dość zmienna i wynosi od $18,5$ do $957,3 \text{ m} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$, średnio $377,3 \text{ m} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$.

Hydraulika koryta rzeki Łukawicy

W celu zdefiniowania warunków brzegowych analizowanego obszaru niezbędne było określenie charakterystycznych stanów wody powierzchniowej w korycie rzeki. Jest to mały śródlęśny

ciek, będący prawostronnym dopływem Sanu, nieobserwowany hydrologicznie. Przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia wyznaczono metodą Dembskiego, jak dla cieków nieobserwowanych. Jako analog przyjęto Tanew w przekroju Markowice. Wielkość przepływu $Q_{50\%}$ wyznaczono, przyjmując jednostkowy spływ $q_{50\%} = 50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$:

$$Q_{50} = 0,05 \cdot 120 = 6,0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$$

Wartość ta odpowiada parametrowi $C = 2,323$. Ponadto przyjęto współczynnik regionalny jak dla dorzecza Wisły od Krakowa do ujścia $X = 0,28$. Otrzymało następujące wielkości przepływów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia:

$$Q_{25} = 8,22 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1},$$

$$Q_{10} = 10,86 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1},$$

$$Q_4 = 13,32 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1},$$

$$Q_2 = 15,56 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1},$$

$$Q_1 = 17,82 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}.$$

Przyjmując IV klasę techniczną oraz budowlę nieulegającą rozmyciu przy przelaniu się przez nią wody ustalono przepływy obliczeniowe:

$$- \text{ przepływ miarodajny } Q_M = Q_{3\%} = 14,3 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1},$$

$$- \text{ przepływ kontrolny } Q_K = Q_{1\%} = 17,82 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}.$$

Ponieważ Łukawica nie ma charakteru rzeki górskiej, więc nie uwzględniono błędu oszacowania. Napełnienie koryta wyznaczono przy założeniu spadku zwierciadła wielkich wód, odpowiadającemu spadkowi pomierzonemu. Przepływ miarodajny powoduje napełnienie koryta $h = 0,82 \text{ m}$.

Metodyka badań

Dla oceny wpływu projektowanego zbiornika na tereny przyległe wykonano obliczenia przepływu wód podziemnych przy zastosowaniu programu obliczeniowego PROCESSING MODFLOW (Chiang i Kinzelbach 1998). Program ten rozwiązuje trójwymiarowe równanie przepływu wody w ośrodku porowatym przy stanie pełnego nasycenia, zwane równaniem Bousinnesqą (Harbaugh i McDonald 1996):

$$\frac{d}{dx}\left(T_x \frac{dH}{dx}\right) + \frac{d}{dy}\left(T_y \frac{dH}{dy}\right) + \frac{d}{dz}\left(T_z \frac{dH}{dz}\right) - W = S \frac{dH}{dt} \quad (1)$$

gdzie:

T_x, T_y, T_z – przewodności warstwy wodonośnej w kierunkach: x, y, z [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$], zdefiniowane jako:

$$T = \begin{cases} k \cdot m - \text{dla przepływu w warstwie} \\ \text{wodonośnej o zwierciadle napiętym,} \\ k(H-h) - \text{dla przepływu w warstwie} \\ \text{wodonośnej o zwierciadle swobodnym,} \end{cases} \quad (2)$$

k – współczynnik filtracji [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

m – miąższość warstwy wodonośnej [m],

H – wysokość hydrauliczna [m],

h – rzędna spągu warstwy wodonośnej [m],

W – zasilanie [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

S – pojemność wodna [-].

Z równania (1) wyprowadzono dla badanego obszaru układ różnicowych równań przepływu, który rozwiązano

w sposób przybliżony, przy użyciu metody numerycznej Slice Successive Overrelaxation (SSOR) – Harbaugh i McDonald (1996). Wynikiem obliczeń był rozkład ciśnień oraz przepływów wód podziemnych dla badanego obszaru.

Wykonanie obliczeń wymagało przyjęcia schematu warunków hydrogeologicznych. W modelu Modflow przyjęcie takiego schematu polega na podziale systemu krążenia wód podziemnych na warstwy obliczeniowe. Warstwy obliczeniowe przypisywane są poszczególnym warstwom litologicznym w modelach o skali lokalnej przy dokładnym rozpoznaniu warunków hydrogeologicznych. W modelach o skali regionalnej warstwę obliczeniową przypisuje się ważniejszym formom hydrogeologicznym, na przykład poziomom lub piętrům wodonośnym. Wówczas taka warstwa reprezentuje od kilku do kilkunastu warstw litologicznych łącznie.

Obliczeniami objęto niewielki obszar o powierzchni 119,4 ha (1705×700 m), dysponując dokładnym rozpoznaniem budowy geologicznej. W granicach tego obszaru nawiercono przypowierzchniową warstwę glin oraz torfów o średniej miąższości 1,2 m oraz zalegającą pod gliną i torfem warstwę piasku o średniej miąższości 8 m. Warstwa piasku jest podścielona łałami plicieńskimi na średniej głębokości 10,5 m p.p.m. Dla takiego układu hydrogeologicznego możliwe było przyjęcie dwuwarstwowego modelu przepływu, skonstruowanego w skali lokalnej, przy dużej dokładności odzwierciedlenia wykształcenia litologicznego obszaru. Warstwa obliczeniowa nr 1 reprezentowała przypowierzchniowe utwory gliniaste i torfowe, natomiast warstwa nr 2 stanowiła odzwierciedlenie

piasków podścielających glinę i torf. Łł plicieńskie, podścielające warstwy piasku, przyjęto za dolną granicę modelu, stanowiącą podłoże nieprzepuszczalne. Dla obydwu warstw zadano rzędne spągu i stropu, wykorzystując mapy obszaru w skali 1 : 2000 oraz istniejące przekroje hydrogeologiczne. Ze względu na lokalną skalę obliczeń dokonano dyskretyzacji obszaru za pomocą jednorodnej siatki obliczeniowej o wymiarze bloku obliczeniowego 4×4 m. Uzyskano w ten sposób siatkę o wymiarze 426 kolumn \times 175 wierszy. Taki wymiar bloku obliczeniowego pozwolił na dokładne odwzorowanie występujących źródeł zasilania lub drenażu, takich jak: niewielkie ciekiby, rowy odwadniające, dreny. Wówczas dla każdego takiego źródła było możliwe przypisanie odpowiedniej liczby indywidualnych bloków obliczeniowych.

Na podstawie przeprowadzonego rozpoznania warunków gruntowo-wodnych obszaru zadano dla warstwy nr 1 modelu wartość współczynnika filtracji w kierunku poziomym równą $8 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ dla obszarów występowania gliny lub $0,09 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ dla torfów. W warstwie nr 2 zadano wartość dla piasków równą $15 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$. Zakładając izotropowość warstw, przyjęto powyższe wartości także dla współczynników filtracji w kierunku pionowym.

Etapem następującym po określeniu parametrów filtracyjnych było przyjęcie warunków brzegowych modelu. Na północy zadano warunki brzegowe I typu na rzece Łukawicy (odpowiadające wartością rzędnej zwierciadła wody w rzece), natomiast na południowej granicy, na której brak jest dopływu wód podziemnych, realizowano warunek brzegowy II typu – $Q = 0$. Na granicy wschodniej

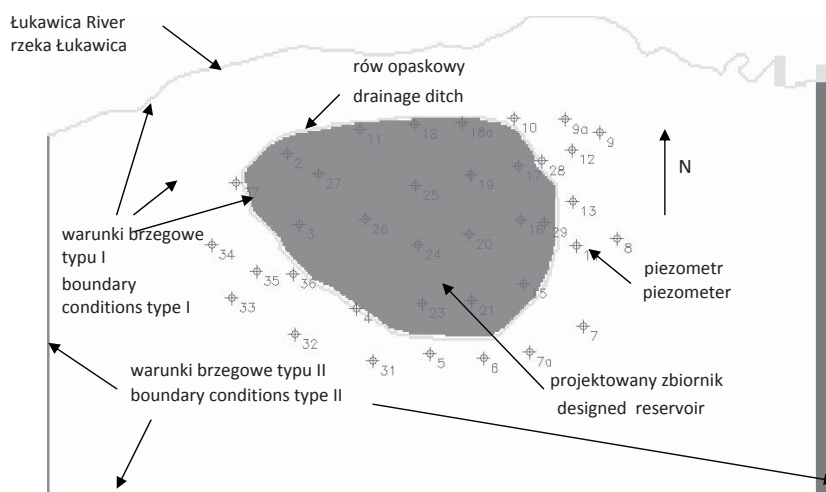
i zachodniej, przez które odbywa się dopływ wód podziemnych do obszaru, zadano warunki II typu, zawarte w przedziale $Q = (0,1 - 0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$. Na dolnej granicy modelu, stanowiącej strop ilów, realizowano warunek brzegowy II typu – $Q = 0$. Następnie zadano wewnętrzne warunki brzegowe, które służyły odwzorowaniu projektowanego zbiornika oraz rowu opaskowego jego zapory. Dla obszaru zbiornika zadano rzędne zwierciadła wody w zbiorniku, rzędną dna zbiornika oraz miąższość i współczynnik filtracji warstwy, z którą zbiornik jest w kontakcie hydraulicznym. Dla rowu opaskowego zadano rzędne dna oraz rzędne zwierciadła wody. Przyjęto, że rów będzie osuszony na początku realizacji obliczeń, wprowadzając rzędne zwierciadła wody równe rzędnym dna.

Na obszarze wykonano obserwacje położenia zwierciadła wód podziemnych w sieci 37 odwiertów badawczych. Wykorzystano je w celu weryfikacji jakości skonstruowanego modelu. Po zakończeniu identyfikacji parametrów modelu,

skonfigurowaniu siatki obliczeniowej i zadaniu warunków brzegowych wykonano symulacje kontrolne dla warunków ustalonych, a następnie porównano modelowane i obserwowane stany wód podziemnych. Uzyskano odchylenie standardowe wyników modelu od obserwacji równe 0,2 m, na którego podstawie określono jakość modelu jako zadowalającą. Obszar badań wraz z lokalizacją odwiertów i warunkami brzegowym przedstawia rysunek 2.

Po przeprowadzeniu identyfikacji i kalibracji wykonano obliczenia przepływu wód podziemnych na analizowanym obszarze dla czterech przyjętych wariantów:

- I stan istniejący – przepływ wody w rzece Łukawicy na poziomie SQ,
- II stan istniejący – przepływ wody w rzece Łukawicy na poziomie kontrolnego Q_K ,
- III stan projektowany (zwierciadło wody spiętrzone w zbiorniku do rzędnej 151,20 m n.p.m.) – przepływ w rzece Łukawicy na poziomie SQ,



RYSUNEK 2. Warunki brzegowe modelu
FIGURE 2. Boundary conditions

IV stan projektowany (zwierciadło wody spiętrzone w zbiorniku do rzędnej 151,20 m n.p.m.) – przepływ w rzece Łukawicy na poziomie kontrolnego Q_K .

Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci map hydroizohips dla 4 analizowanych wariantów oraz map różnicy ciśnień.

Dyskusja wyników

Z przeprowadzonych symulacji numerycznych wynika, że przy niskich stanach rzeka Łukawica jest elementem drenującym wody gruntowe terenów przyległych (rys. 3). Swobodne zwierciadło układa się praktycznie na poziomie wody w cieku. Natomiast w przypadku wezbrań rzeka zasila główny poziom wodonośny (rys. 4). Jest to szczególnie widoczne w części północno-wschodniej analizowanego obszaru. Powyższe zależności, jak również kierunki przepływu wód gruntowych w całości zostaną zachowane po wybudowaniu i napełnieniu projektowanego zbiornika (rys. 5 i 6).

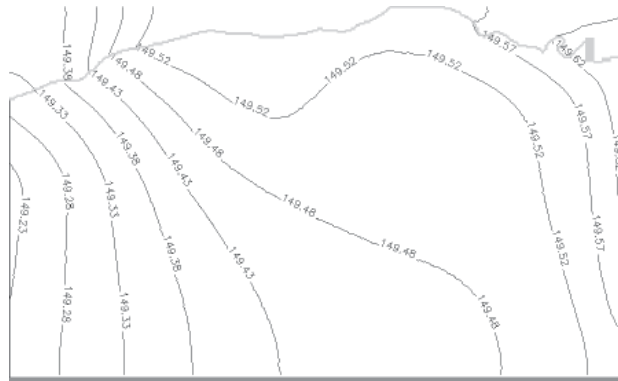
Napełnienie czaszy przy niskich stanach w rzece spowoduje podniesienie poziomu zwierciadła maksymalnie o 20 cm w rejonie południowego i zachodniego brzegu oraz o 10 cm w strefie brzegu północno-wschodniego (rys. 7). W sytuacji występowania wezbrania w rzece ograniczone oddziaływanie będzie jeszcze mniejsze. Poziom wód gruntowych w rejonie budowy zrzutowej wzrośnie maksymalnie o 17 cm, a w strefie budowy ujęciowej o 13 cm (rys. 8). Natomiast w strefie czaszy zbiornika przyrosty nie będą większe niż 2–6 cm. Zachowane zostaną naturalne wahania zwierciadła wód gruntowych powodowane przez zmiany napełnienia koryta rzeki Łukawicy.

Wnioski

1. Rzeka Łukawica przy niskich stanach jest lokalną bazą drenującą pierwszy poziom wodonośny, zasilając go przy stanach wysokich. Dlatego też poziom wód gruntowych zależy od poziomu wody w rzece.



RYSUNEK 3. Hydroizohipsy dla analizowanego obszaru w wariantcie I [m n.p.m.]
FIGURE 3. Hydroisohipse for the analyzed area in variant I [m s.l.]



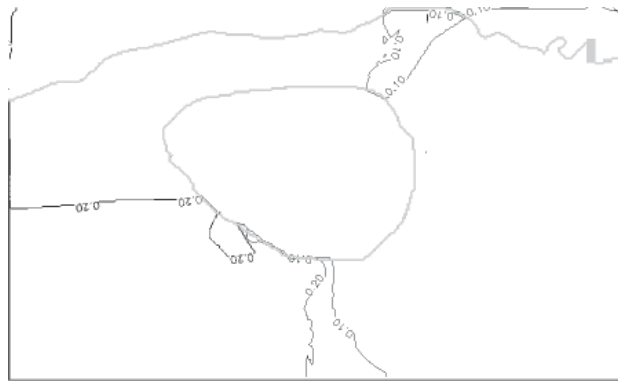
RYSUNEK 4. Hydrozohipsy dla analizowanego obszaru w wariantcie II [m n.p.m.]
 FIGURE 4. Hydrozohipse for the analyzed area in variant II [m m.s.l.]



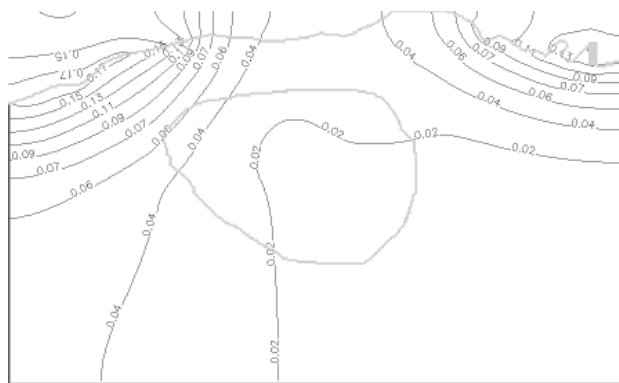
RYSUNEK 5. Hydrozohipsy dla analizowanego obszaru w wariantcie III [m n.p.m.]
 FIGURE 5. Hydrozohipse for the analyzed area in variant III [m m.s.l.]



RYSUNEK 6. Hydrozohipsy dla analizowanego obszaru w wariantcie IV [m n.p.m.]
 FIGURE 6. Hydrozohipse for the analyzed area in variant IV [m m.s.l.]



RYSUNEK 7 Różnice ciśnień piezometrycznych pomiędzy wariantem III i I [m]
 FIGURE 7. Piezometric pressure differences between variant III and I [m]



RYSUNEK 8. Różnice ciśnień piezometrycznych między wariantem IV i I [m]
 FIGURE 8. Piezometric pressure differences between variant IV and I [m]

2. Przeprowadzone analizy i badania modelowe dla stanów ekstremalnych wykazały, że przewidywany zbiornik w warunkach przyjętych założeń projektowych (w szczególności rowów opaskowych) nie będzie praktycznie miał wpływu na naturalny poziom wód gruntowych.
3. Przewidywane przyrosty rzędnych zwierciadła wody gruntowej są mniejsze od błędu obliczeniowego przyjętego modelu numerycznego i całkowicie dopuszczalne.
4. Zachowane zostaną obserwowane wahania poziomu wód gruntowych, wywoływane warunkami przepływu wód powierzchniowych w rzece.
5. Nie ma potrzeby wprowadzanie jakichkolwiek dodatkowych zabezpieczeń i zmian w projekcie, w szczególności ograniczania powierzchni akwenu.

Literatura

CHIANG W.H., KINZELBACH W. 1998: Processing Modflow. A Simulation System for Modeling Groundwater Flow and Pollution, Hamburg – Zürich: 45–56.

- HARBAUGH A.W., McDONALD M.G. 1996: User's documentation for MODFLOW – 96, an update to the U.S. Geological Survey modular finite – difference ground – water flow model. USGS Open – File Report: 96–485.
- KRÓL P., DOBRZELEWSKI B. 2007: Budowa zbiornika wodnego Rzeczyca Długa. Dokumentacja geotechniczna. NOT, Rzeszów.
- KRÓL P., DOBRZELEWSKI B. 2008: Budowa zbiornika wodnego Rzeczyca Długa – Operat Wodnoprawny. NOT, Rzeszów.
- Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski i Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Nisko, 1986. Więckowska – Kłapa. PIG, Warszawa.
- PEREK M. 1997: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Nisko. PIG, Warszawa

Summary

Analysis of the impact of lateral retention reservoir to the groundwater level of the surrounding areas. The article presents the impact of retention reservoir to the groundwater level on the surrounding areas. The retention reservoir is located outside of the riverbed and elevated above the original site. The method of numerical modelling was

used for getting a result of pressure distribution and groundwater flow for the study area. This method is based on the solution of Boussinesq equation in certain boundary conditions. Computational MODFLOW program was used for the calculation of groundwater flow which is based on the finite difference method to a symmetrical discretization of the grid. As a result of this analysis it was affirmed that the reservoir has negligible impact on the groundwater level of the surrounding areas.

Authors' addresses:

Piotr Król
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Geoinżynierii
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: krolep@poczta.onet.pl

Andrzej Brandyk
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: andrzej_brandyk@sggw.pl

Bartłomiej Dobrzelewski
Hydron
ul. Klonowicza 2/40, 01-228 Warszawa
e-mail: info@hydron.pl