

WPŁYW RENATURALIZACJI DOLINY LENIWEJ OBRY NA ŚRODOWISKO WODNE WEDŁUG BADAŃ MODELOWYCH

INFLUENCE OF LENIWA OBRA RIVER VALLEY RESTORATION ON WATER ENVIRONMENT ACCORDING TO NUMERICAL MODELLING

JACEK GURWIN¹, MIROSLAW WĄSIK¹

Abstrakt. Obszar badań jest zlokalizowany w zachodniej Polsce, w dolinie Leniwej Obry, będącej lewym dopływem Obrzycy. Jest to rzeka typowo nizinna i na skutek zabiegów melioracyjnych z rzeki meandrującej została zamieniona w prosty kanał, a zwierciadło wody obniżone o 1–2 m. Model numeryczny został skonstruowany dla obszaru samej doliny wraz z obszarami przyległymi, stanowiącymi rejonu zasilenia wód podziemnych. Celem było odwzorowanie aktualnych warunków hydrodynamicznych, a następnie wykonanie symulacji dla różnych wariantów planowanej renaturalizacji, związanej ze spiętrzeniem cieków. Zaobserwowano jedynie niewielkie zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego.

Słowa kluczowe: wody podziemne, interakcja wody podziemne/powierzchniowe, renaturalizacja dolin rzecznych, modelowanie numeryczne, Leniwa Obra.

Abstract. The study area is located in western Poland, in the valley of the Leniwa Obra River, which is a left tributary of the Obrzyca River. This is a typical lowland river, and this meandering river was transformed into a straight channel with a groundwater level lowered by 1–2 m as a result of drainage operations. A numerical model was constructed for the valley and adjacent areas that are groundwater recharge zones. The objective was to reconstruct the current hydrodynamic conditions and then to perform simulations for various alternatives to the proposed restoration. There were only minor changes in the position of the groundwater table of the first aquifer.

Key words: groundwater, groundwater/surface water interaction, river valley restoration, numerical modelling, Leniwa Obra River.

WSTĘP

W ciągu XIX i pierwszej połowy XX w. wiele rzek na Dolnym Śląsku i w Wielkopolsce zostało w różnym stopniu uregulowanych. Wynikiem tych działań są wyprostowane odcinki koryt rzek oraz wybudowane stopnie wodne. W przypadku Odry prace trwające od XVI w. spowodowały

skrócenie długości rzeki o 20% oraz wielkości naturalnych terenów zalewowych do 23%. W dolinie Leniwej Obry prace melioracyjne wykonano w pierwszej połowie XIX w. w celu zintensyfikowania jej użytkowania rolniczego. Rzeka meandrująca została zamieniona w prosty

¹ Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych, Zakład Hydrogeologii Stosowanej, Pl. Maxa Borna 9, 50-205 Wrocław;
e-mail: jacek.gurwin@ing.uni.wroc.pl, mirosław.wasik@ing.uni.wroc.pl

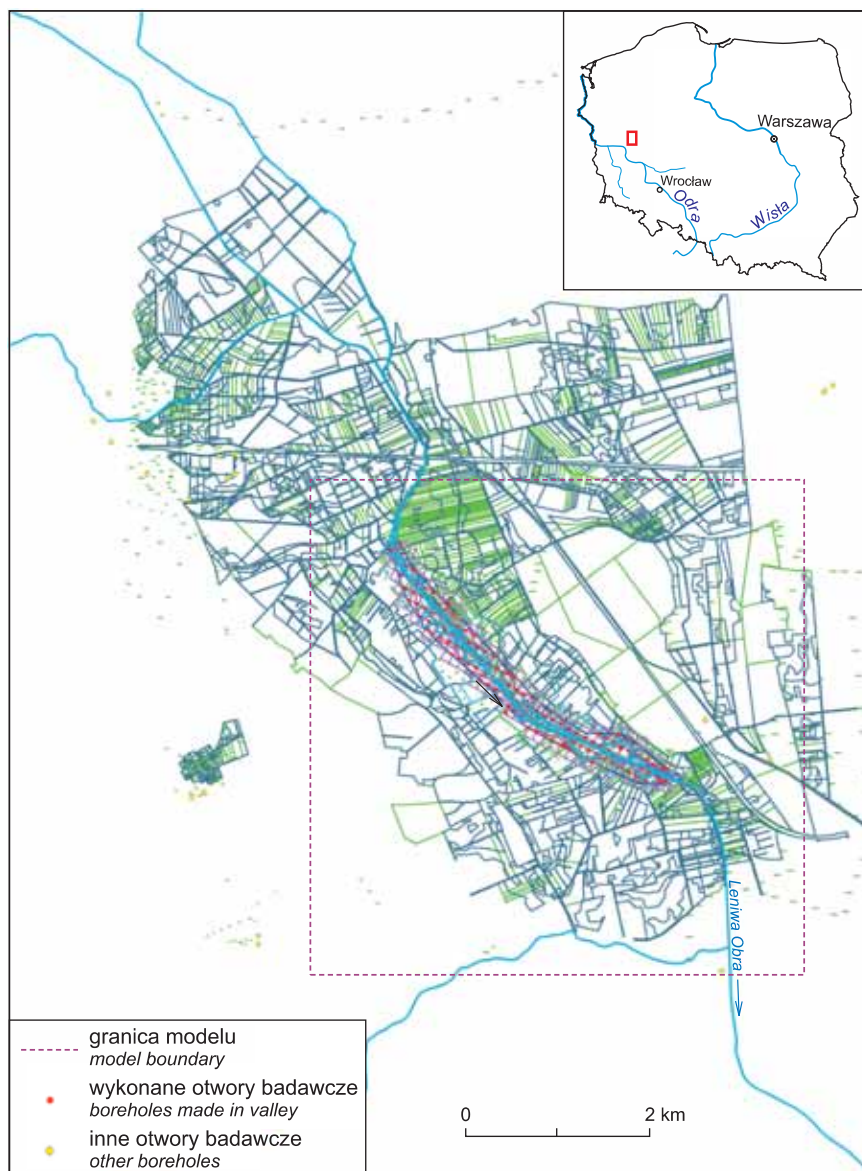


Fig. 1. Lokalizacja obszaru badań

Location of the study area

kanal, a zwierciadło wody obniżone o 1–2 m. Po latach okazało się, że działania te nie zawsze były korzystne dla żeglugi rzecznej czy środowiska przyrodniczego (Głuchowska, Pływaczyk, 2003; Olszewska i in., 2004). W związku z tym w niektórych przypadkach próbuje się odtwarzać warunki naturalne, przynajmniej dla wybranych odcinków dolin rzecznych.

Jednym z takich przykładów jest dolina Leniwej Obry w rejonie Zbąszynka (fig. 1), w której obrębie planuje się znaczące zmiany koryta na długości 5 km wraz z odtworze-

niem meandrów. Spowoduje to podniesienie poziomu wody w rzece o około 1 m.

Dolina Leniwej Obry leży w granicach obszaru chronionego krajobrazu „Rynny Obrzycko-Obrzańskie” oraz w ramach sieci Natura 2000 stanowi specjalny obszar ochronny siedlisk (PLH080001). Renaturalizacja koryta ma stworzyć dogodne warunki do samoistnej rewitalizacji, która w efekcie ma zapewnić właściwe warunki do rozwoju populacji wielu gatunków flory i fauny.

CHARAKTERYSTYKA DOLINY

Omawiany odcinek doliny Leniwej Obry leży w powiecie świebodzińskim w obrębie Pojezierza Lubuskiego (Kondracki, 1998). Obniżenie Leniwej Obry jest ograniczone wyniesieniami morfologicznymi (fig. 2) wchodzącymi w skład Wzgórz Osieńsko-Sulechowskich i Wału Zbąszyńskiego. Leniwa Obra, lewy dopływ Obrzycy, jest rzeką typowo niziną, charakteryzującą się spadkiem 0,2‰. Rzece, uregulowanej ponad 100 lat temu, towarzyszy gęsta sieć kanałów melioracyjnych drenujących rozległe torfowiska.

Omawiany obszar należy do najcieplejszych w Polsce. Charakteryzują go średnia roczna temperatura w wysokości 8,2°C oraz opady atmosferyczne rzędu 550 mm.

Uproszczony profil geologiczny tworzą utwory czwartorzędu, neogenu i paleogenu zalegające na utworach mezozoicznych oraz karbonu i dewonu. Na obszarze doliny Leniwej Obry miąższość osadów czwartorzędowych zmienia się od kilkudziesięciu do ponad 100 m. Są to głównie osady piaszczyste i gliniaste, natomiast w górnej części profilu przeważają piaski i żwiry wodnolodowcowe (sandrowe), piaski eoliczne, piaski rzeczne, torfy, gytie i namuły (Myszkowski i in., 2010). Wyniesienia morenowe

otaczające dolinę są zbudowane z silnie zaburzonych glaci-tektonicznie osadów czwartorzędowych (piaski, żwiry i gliny czołowe oraz gliny lodowcowe) oraz neogeńskich (mułki, ły, piaski i węgiel brunatny) (Michalska, 2000; Bartczak, 2003).

Na omawianym obszarze znaczenie użytkowe mają poziomy wodonośne wydzielone w utworach czwartorzędu oraz neogenu (Liszka i in., 2004a, b). W obrębie poziomów czwartorzędowych wydzielono GZWP nr 144 (Wielkopolska Dolina Kopalna). Pierwszy poziom wodonośny, objęty badaniami, jest związany z utworami piaszczysto-żwirowymi dolin rzecznych, rynien polodowcowych, sandrów oraz zwietrzałych partii glin lodowcowych. Ich miąższość wynosi od poniżej jednego do kilku metrów. Wartości współczynnika filtracji wynoszą kilka-kilkanaście m/d. Zwierciadło pierwszego poziomu wodonośnego jest przeważnie swobodne, jedynie lokalnie naporowe. Zalega ono w dolinie na głębokości od 0,3 do 1,3 m, natomiast poza doliną nieco głębiej, do kilku metrów. Zasilanie pierwszego poziomu wodonośnego odbywa się poprzez infiltrację wód opadowych oraz wód powierzchniowych rzek i kanałów.

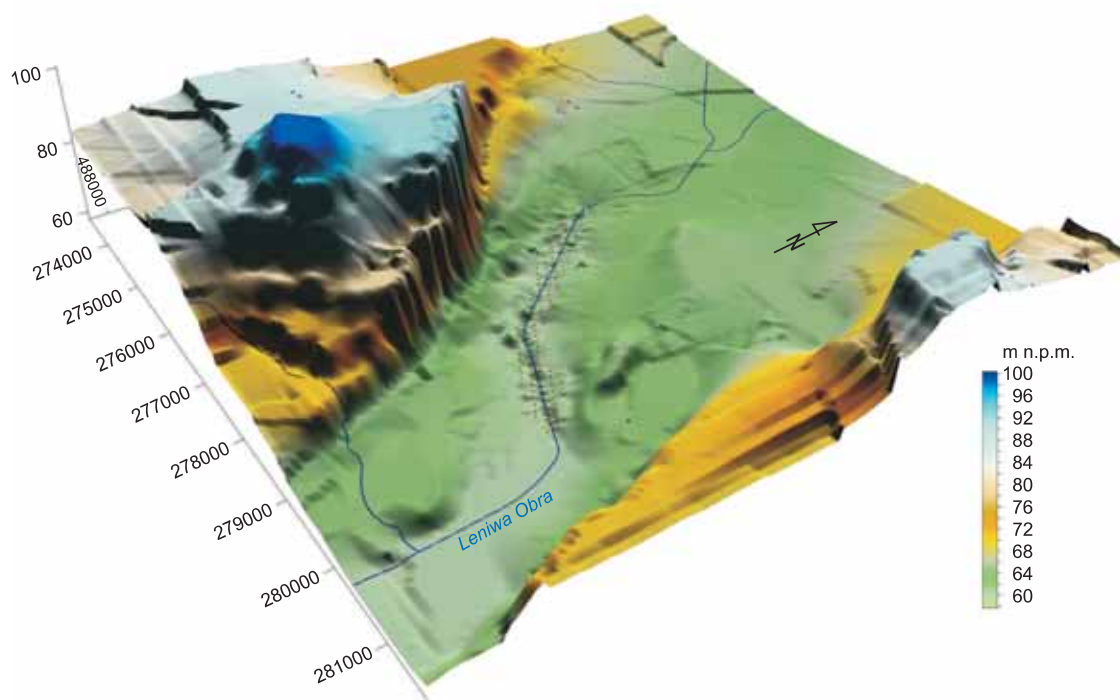


Fig. 2. Numeryczny model terenu (DTM) doliny Leniwej Obry

Numerical terrain model of the Leniwa Obra River valley

METODYKA BADAŃ

Przed przystąpieniem do renaturalizacji doliny wykonano badania modelowe, do których wykorzystano program ModFlow, pracujący w metodzie MRS. Głównym celem postawionym przed badaniami modelowymi było przeprowadzenie weryfikacji wcześniejszych założeń modelu hydrogeologicznego, rozpoznanie i ustalenie systemu krążenia wód podziemnych w warunkach drenażu doliny rzecznej, ustalenie zmian składników bilansu wodnego oraz określenie zmian warunków krążenia wód podziemnych w wyniku renaturalizacji na podstawie wykonanych symulacji prognostycznych.

Model numeryczny został skonstruowany dla obszaru o powierzchni 25 km², obejmującego fragment doliny Leniwej Obry wraz z obszarami przyległymi, stanowiącymi rejony zasilania wód podziemnych. Granice modelowanego obszaru zostały wyznaczone w stosownym oddaleniu od doliny na pod-

stawie roboczej mapy hydroizohips czwartorzędowego poziomu wodonośnego, wykonanej w modelu przyrodniczym.

Struktura modelu została dopasowana do szczegółowego numerycznego modelu terenu DTM (fig. 2), opracowanego na podstawie aktualnych pomiarów geodezyjnych w dolinie rzeki, oraz digitalizacji topografii terenu z podkładów kartograficznych w obszarze przyległym. Dyskretyzacja obszaru filtracji została wykonana jednolitą kwadratową siatką pól elementarnych o długości boku 20 m. Cały modelowany obszar został podzielony na 250 wierszy i 250 kolumn. Do konstrukcji modelu numerycznego wykorzystano: dane ze 154 otworów, w tym ze 121 płytkich odwiertów badawczych o głębokości 1,5 m, 10 piezometrów o głębokości 6 m oraz 23 głębokich otworów archiwalnych; dane klimatyczne w szczególności dotyczące wielkości opadów atmosferycznych; dane hydrologiczne obejmujące charakterystykę natę-

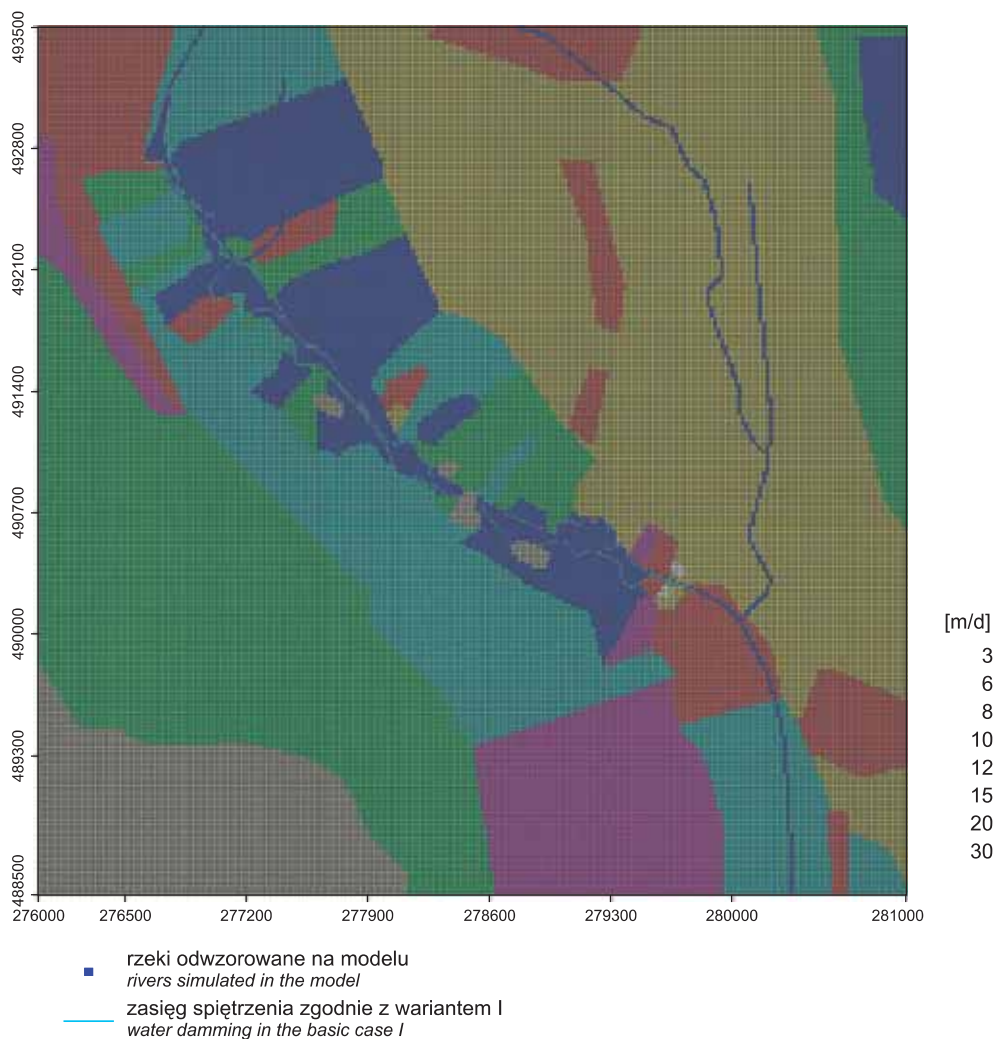


Fig. 3. Rozkład współczynnika filtracji [m/d] czwartorzędowej warstwy wodonośnej

Distribution of hydraulic conductivity [m/d] in the Quaternary aquifer

żenia przepływów w rzece; materiały kartograficzne, a także informacje zawarte w dokumentacjach archiwalnych (Myszkowski i in., 2010; Szczurek i in., 2011). Przyjęte wartości współczynnika filtracji (fig. 3) były wyznaczane w terenie na podstawie wyników próbnego pompowania oraz w laboratorium na podstawie wyników analiz sitowych.

Schematyzację warunków hydrogeologicznych dokumentowanego obszaru wykonano na podstawie przyrodniczego modelu warunków hydrogeologicznych, zrealizowanego we wcześniejszym etapie prac. Jako podstawę układu hydrostrukturalnego przyjęto istnienie jednej niejednorodnej warstwy wodonośnej (czwartorzędowej), tworzonej przez różnego rodzaju piaski, żwiry i otoczaki. Miąższość osadów przepuszczalnych tej warstwy wynosi przeważnie od 1 do 5 m. Dla modelowanej warstwy wodonośnej przyjęto swobodny typ zwierciadła wód podziemnych. Zasilana jest ona na drodze infiltracji wód opadowych oraz infiltracji wód powierzchniowych z rzek.

W modelu zostały określone warunki brzegowe I, II i III rodzaju. Warunek brzegowy I rodzaju typu $H = \text{const}$ (Dirichleta) został przyjęty na zewnętrznych granicach modelowa-

nego obszaru, w miejscach, gdzie można było określić wysokość położenia zwierciadła wody na podstawie informacji zawartych w archiwalnych otworach wiertniczych oraz z map hydroizohips. Warunek I rodzaju został przyjęty wzdłuż SW granicy modelu. Warunek brzegowy II rodzaju (Neumana) typu $Q = 0$ został przyjęty na fragmencie zewnętrznej granicy zachodniej i północnej obszaru badań, w miejscach, gdzie stwierdzono brak przepływu związany ze strefą wododziałową, oraz na powierzchni spągu warstwy wodonośnej, którą stanowi strop trudno przepuszczalnych czwartorzędowych glin lodowcowych. Warunek brzegowy II rodzaju typu $Q = \text{const}$ odwzorowano w postaci stałego zasilania powierzchniowego jako infiltracja efektywna opadów. Dotyczyło to wszystkich elementów pól obliczeniowych. Wielkość infiltracji efektywnej została określona na podstawie średniej sumy opadów z wielolecia, równej 550 mm/rok. Warunki brzegowe III rodzaju zastosowano w celu odwzorowania wpływu zwierciadła wód powierzchniowych na poziom wód podziemnych. Został on zadany dla granic obszaru wyznaczonych przez koryto rzeki Leniwa Obra oraz jej dopływy.

KALIBRACJA I OGRANICZENIA MODELU

Kalibracja modelu została przeprowadzona metodą kolejnych przybliżeń, tzw. metodą prób i błędów. W jej trakcie, opierając się na zestawie danych otrzymanych z modelu przyrodniczego, dokonano korekty parametrów modelu numerycznego. Do tarowania modelu wykorzystano informacje o położeniu zwierciadła wód podziemnych w modelowanej warstwie wodonośnej, obserwowanym w piezometrach i otworach badawczych zlokalizowanych na badanym obszarze. Wykorzystane zostały również wyniki próbnych pompowań.

W celu uzyskania jak najlepszego dopasowania wymienionych wielkości z ich stanem rzeczywistym procesowi tarowania zostały poddane następujące parametry: wielkość infiltracji efektywnej, współczynniki filtracji, przewodność

osadów korytowych rzek i cieków oraz geometria poziomu wodonośnego. Największym zmianom uległy wartości tych parametrów, których wiarygodność na etapie konstrukcji modelu numerycznego była najmniejsza. Zmiany były dokonywane również na tych obszarach, w których istniał problem niepewności danych wejściowych.

Model numeryczny reprezentuje uproszczony schemat krążenia wód podziemnych. Jest on tarowany dla warunków ustalonych. Jakość przyjętych danych była zdeterminowana przede wszystkim posiadanymi danymi wejściowymi wykorzystanymi przy konstrukcji modelu oraz podstawową rolą modelu, jaką ma spełniać – odwzorować w przybliżony sposób schemat warunków hydrogeologicznych, będący podstawą dalszych obliczeń.

WYNIKI BADAŃ MODELOWYCH

W pierwszym etapie badań odwzorowano układ krążenia wód podziemnych w obrębie doliny rzeki. Ogólnie odpływ wód podziemnych następuje od strony wschodniej i zachodniej ku osi doliny, dopasowując się do przebiegu koryta, od rzędnej 63 do 59–60 m n.p.m. przy rzece (fig. 4). Spadki hydrauliczne po obu stronach rzeki są zbliżone, rzędu $3\text{--}4 \cdot 10^{-3}$, wyjątek stanowi tu wschodnia krawędź doliny, gdzie obserwuje się 4–5-krotnie większe nachylenie zwierciadła wód podziemnych. Na pozostałym obszarze wyso-

czynowym, z uwagi na brak lub małe miąższości warstwy wodonośnej, model w przyjętym schemacie nie wykazuje zawodnienia.

Model numeryczny posłużył do przeprowadzenia obliczeń bilansowych przepływu wód podziemnych dla czwartorzędowego poziomu wodonośnego na obszarze o powierzchni 25 km^2 (fig. 5). Na ich podstawie można przeprowadzić następujące rozważania. Zasilanie infiltracyjne wód podziemnych na całym modelowanym obszarze oszacowano

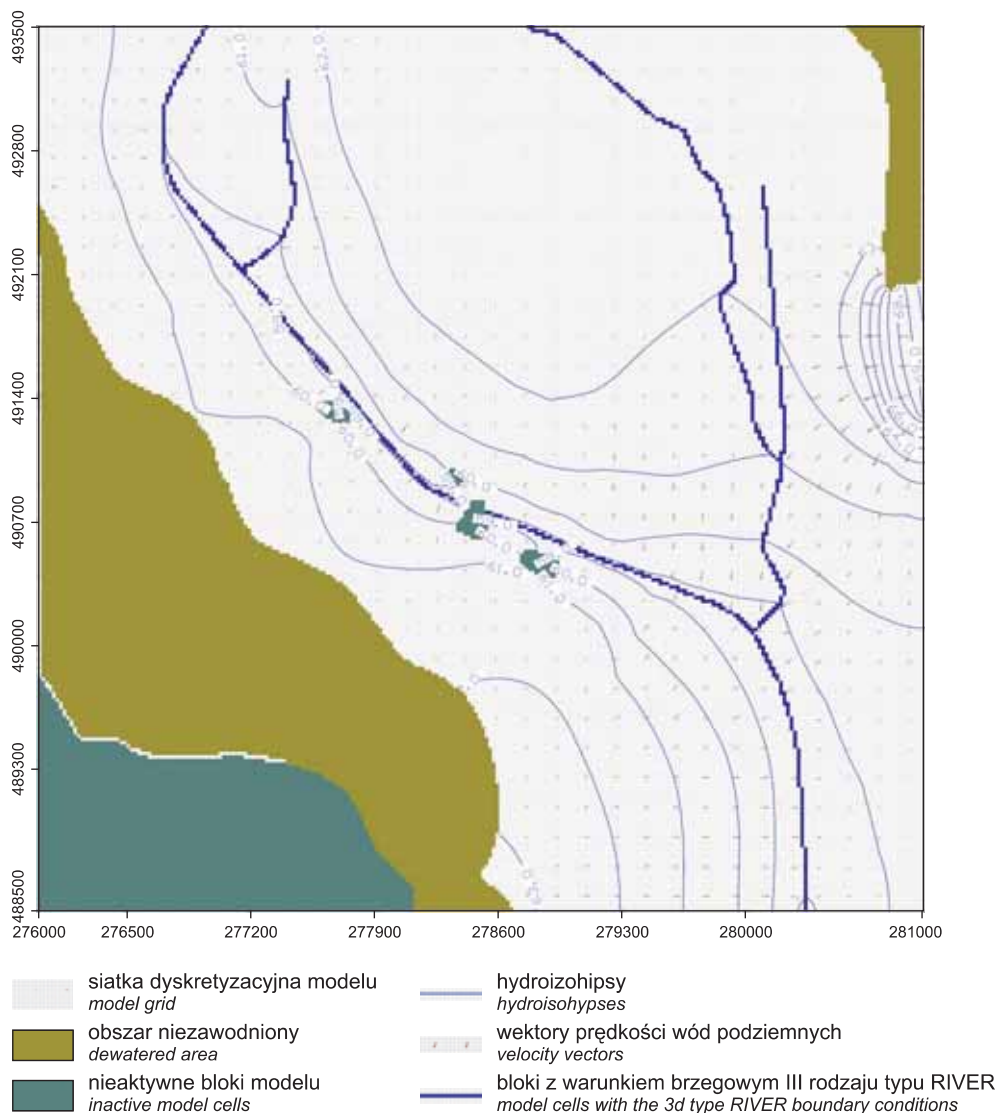


Fig. 4. Rozkład wysokości hydraulicznych i wektory prędkości przepływu według numerycznego modelu filtracji, zgodnie ze stanem istniejącym

Head contour map and velocity vectors according to model simulations for current hydrodynamic conditions

w wysokości $4100 \text{ m}^3/\text{d}$ ($2,1 \text{ l/s/km}^2$), co daje wskaźnik infiltracji efektywnej 11,8%. Wartość modułu odpływu podziemnego, obliczona na podstawie uzyskanych na modelu wielkości dopływów do cieków symulowanych za pomocą warunku brzegowego III rodzaju, wynosi $2,49 \text{ l/s/km}^2$. Rzeka Leniwa Obra na odcinku objętym renaturalizacją ma charakter drenujący. Wartość drenażu została oszacowana w wysokości $1338 \text{ m}^3/\text{d}$, co daje na tym odcinku, przy powierzchni ok. $8,2 \text{ km}^2$, wartość modułową równą $1,88 \text{ l/s/km}^2$. Całkowite zasilanie modelowanego kompleksu wodonośnego wynosi $5 \text{ tys. m}^3/\text{d}$ ($2,52 \text{ l/s/km}^2$) i jest równe sumie ujemnych składników bilansu. Zasilanie odbywa się głównie na drodze infiltracji opadów atmosferycznych oraz w niewielkim stopniu z wód powierzchniowych, a także w postaci dopływu bocznego spoza badanego obszaru ($847 \text{ m}^3/\text{d}$). Odpływ boczny z warstwy wodonośnej poza

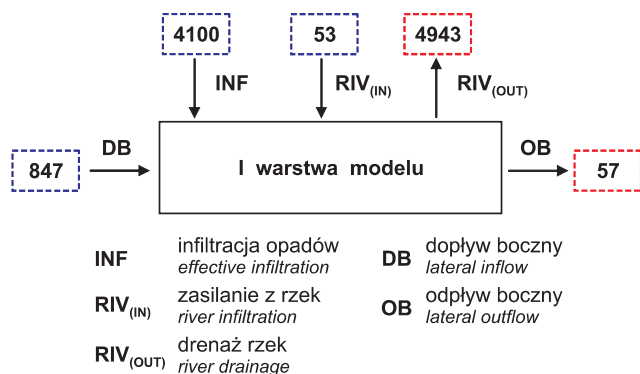


Fig. 5. Schemat elementów bilansu wodnego według obliczeń modelu dla warunków naturalnych

Water balance components according to model simulations for natural conditions

modelowany obszar zachodzi przez południową granicę, jako odpływ z doliny, w wysokości $57 \text{ m}^3/\text{d}$.

Głównym etapem badań było określenie zmian warunków hydrogeologicznych, będących efektem planowanej renaturalizacji koryta rzeki, w której efekcie zwierciadło wód powierzchniowych podniesie się o około 1 m oraz zmienia się szerokość i przebieg koryta rzeki (fig. 6).

Przeprowadzono kilka symulacji zakładających nieco różniące się warianty spiętrzenia. W pracy zaprezentowano wariant I podstawowy, najbardziej prawdopodobny do realizacji. Wykonane symulacje pozwoliły rozpoznać zmiany warunków krążenia wód podziemnych.

Stwierdzono, że kierunki przepływu wód podziemnych nie uległy większym zmianom. Spadki hydrauliczne pozostały na zbliżonym poziomie do warunków naturalnych. Wy-

rażniejsze zmiany wystąpiły przy samej rzece pod wpływem spiętrzenia i tym samym powiększenia szerokości koryta. W bezpośredniej bliskości koryta zwierciadło wód podziemnych podniosło się o około 1 m, co odpowiada wysokości spiętrzenia wód powierzchniowych. W miarę oddalania się od rzeki oddziaływanie spiętrzenia wód powierzchniowych maleje. W odległości 400–500 m od rzeki nie przekracza 0,5 m. Niewielkie podniesienie zwierciadła wód podziemnych jest jednak zauważalne w kierunku południowej granicy morfologicznej doliny Leniwej Obry (0,8–1 km na S od rzeki) – figura 7. W kierunku północnym zasięg oddziaływania jest mniejszy i wynosi około 0,3–0,5 km. Nawet tak niewielkie podniesienie zwierciadła wód podziemnych spowoduje lokalnie podtopienia, zwłaszcza w bezpośredniej bliskości rzeki.

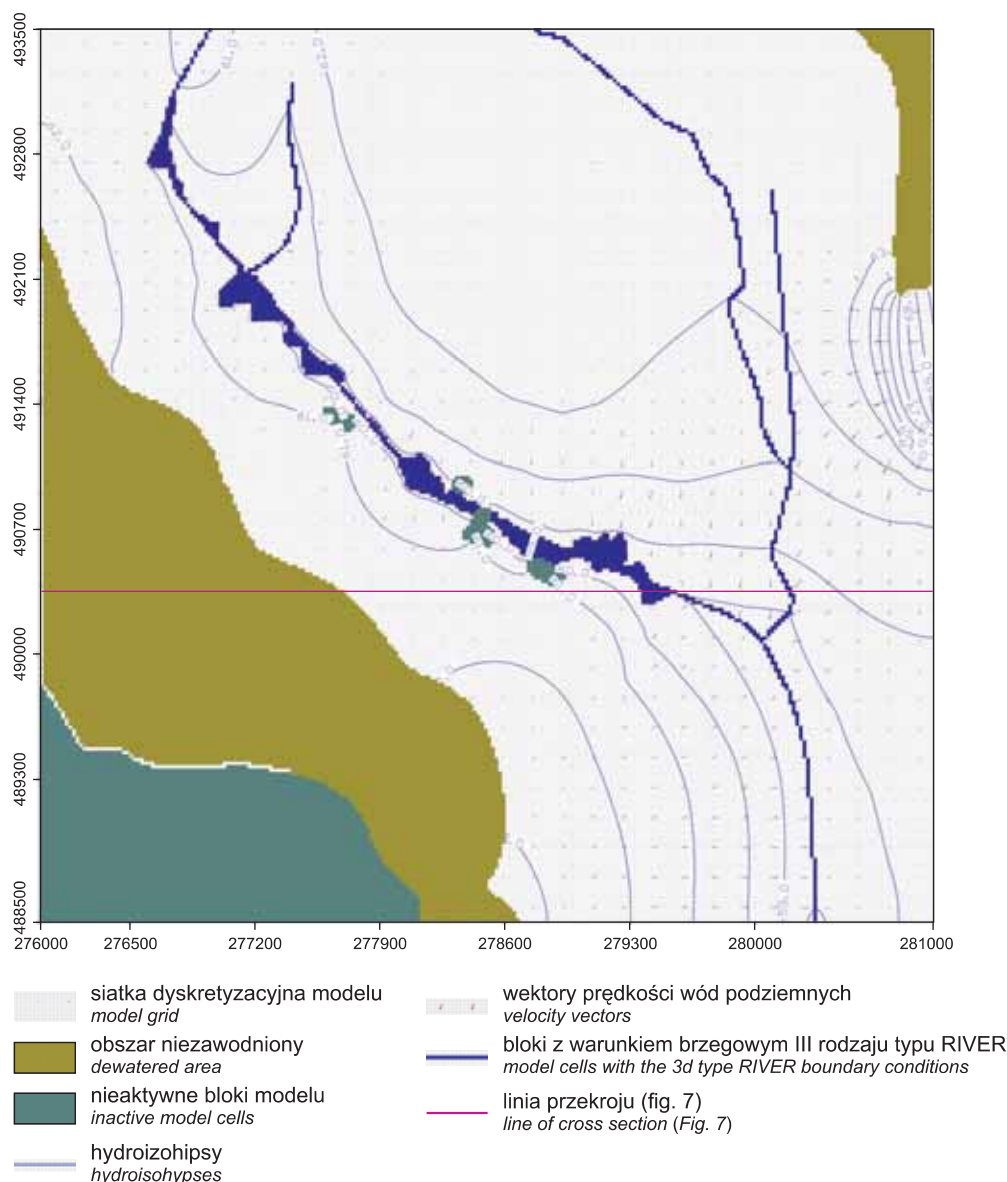


Fig. 6. Zmiana układu hydrodynamicznego wskutek spiętrzenia zgodnie z wariantem I podstawowym

Changes of hydrodynamic conditions due to water damming in the basic case I

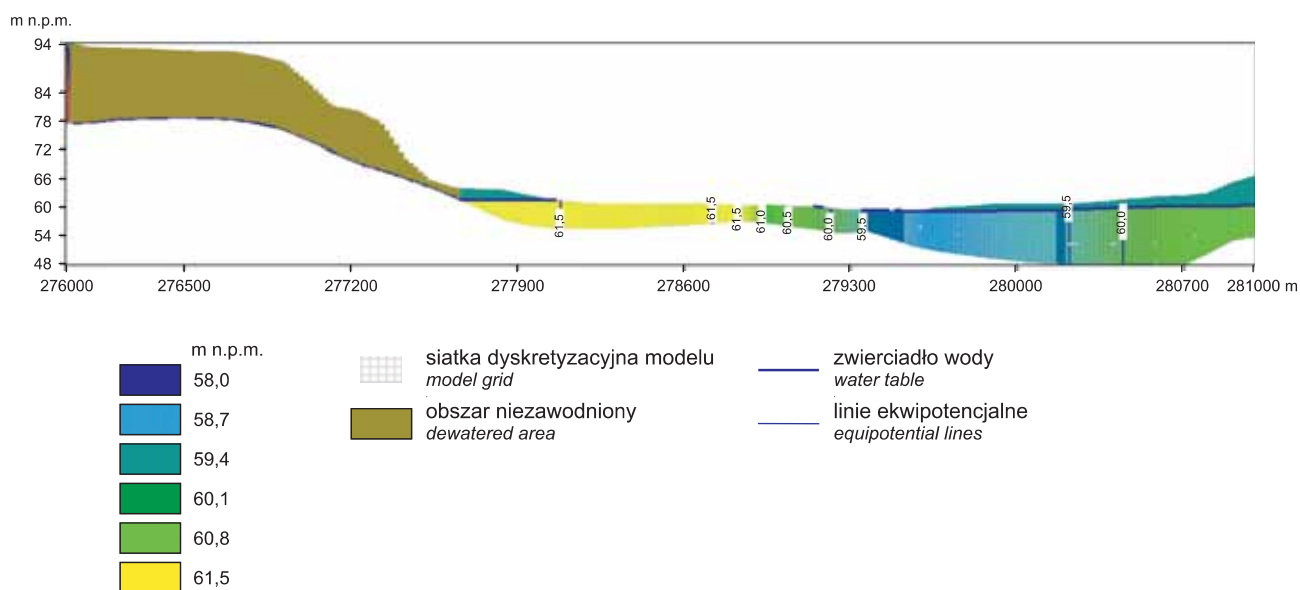


Fig. 7. Przykładowy przekrój przez siatkę modelu z wynikami wariantu I podstawowego, zgodnie ze 157 wierszem siatki modelu

Exemplary cross-section through the model grid with the results of the basic case I

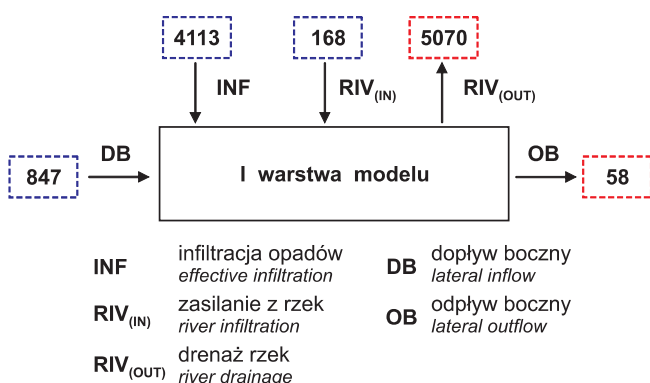


Fig. 8. Schemat elementów bilansu wodnego według obliczeń modelu dla symulacji wariantu I podstawowego

Water balance components according to model simulations for the basic case I

Składniki bilansu wód podziemnych uległy niewielkim zmianom. Na skutek poszerzenia aktywnej szerokości koryta rzeki nastąpił niewielki wzrost drenażu wód podziemnych, przy jednoczesnym zmniejszeniu spadków hydraulicznych w osi doliny, wskutek czego na pewnych odcinkach nastąpił także wzrost zasilania z rzeki, który jednak pozostał na niskim poziomie ok. 170 m³/d (fig. 8). Zwiększenie arealu

wód powierzchniowych oraz podniesienie poziomu wód gruntowych po spiętrzeniu spowoduje również wzrost parowania zarówno z powierzchni wód powierzchniowych, jak i podziemnych (ewapotranspiracja), szczególnie na obszarach, gdzie miąższość strefy aeracji zostanie ograniczona do miąższości poniżej 0,5 m.

PODSUMOWANIE

Wykonane badania wykazały, że renaturalizacja doliny spowoduje jedynie niewielkie zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego w porównaniu do stanu aktualnego, które nie wpłyną znacząco na środowisko wodne. Obserwowane zmiany ograniczą się głównie do zasięgu doliny, a największe będą obserwowane w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki. Charakter drenujący rze-

ki zostanie utrzymany. Przyrost szerokości koryta spowoduje jedynie niewielkie zmiany ilościowe składników bilansu. Przewidziane niewielkie zmiany warunków hydrogeologicznych będą jednak wystarczające do poprawnego odtworzenia warunków właściwych do rozwoju populacji gatunków flory i fauny.

LITERATURA

- BARTCZAK E., 2003 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Świebodzin. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GŁUCHOWSKA B., PŁYWACZYK L., 2003 — Wpływ stanów wody w Odrze na poziom wód gruntowych doliny odcinka Brzeg Dolny–Malczyce. *W: Problemy ochrony zasobów wodnych w dorzeczu Odry*. Wyd. RZGW, Wrocław.
- KONDRACKI J., 1998 — Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- OLSZEWSKA B., PŁYWACZYK L., ŁYCZKO W., 2004 — Warunki wodne w dolinie Odry na odcinku Brzeg Dolny–Malczyce. *Prz. Geol.*, **52**, 11: 1086–1087.
- LISZKA P., GUZIK M., MICHNIEWICZ M., 2004a — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Świebodzin. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LISZKA P., GUZIK M., MICHNIEWICZ M., 2004b — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Zbąszyń. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MICHALSKA E., 2000 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Zbąszyń. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MYSZKOWSKI M., SZCZUREK M., SZCZUREK W.J., 2010 — Dokumentacja geotechniczna dla określenia warunków gruntowo-wodnych podłoża w ramach projektu renaturalizacji nie mniej niż 5 km skanalizowanej doliny rzecznej Leniwa Obra poprzez unaturalnienie jej koryta wraz z odtworzeniem jej meandrów. Arch. PPB i RG GEOSTANDARD Sp. z o.o., Wrocław.
- SZCZUREK W., J., PACIA G., SACLA B., PIETRUSA Ł., JANICKI D., CAŁY C., SZCZUREK M., 2011 — Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w rejonie renaturalizacji nie mniej niż 5 km skanalizowanej doliny rzecznej Leniwa Obra poprzez unaturalnienie jej koryta wraz z odtworzeniem jej meandrów na odcinku 22 + 400 – 27 + 400 km biegu rzeki. Arch. PPB i RG GEOSTANDARD Sp. z o.o., Wrocław.

SUMMARY

The study area is located in western Poland. A numerical flow model was developed for the area of the Leniwa Obra River valley, which is a left tributary of the Obrzyca River. The aim was to evaluate changes between current hydrodynamic conditions and various alternatives of the proposed restoration variants. Minor changes in the position of the groundwater table of the first aquifer were established, however there was a slight increase of particular water balance compo-

nents. Maintaining a draining type of the river system, the river drainage increased from 4943 m³/d to 5070 m³/d and the river inflow – from 53 to 168 m³/d. Modelling simulations of different conditions showed that, from the hydrogeological point of view, the project would be sufficient to restore properly the right conditions for the development of populations of flora and fauna species.

