

OPORNOŚĆ FILTRACYJNA KORYT RZECZNYCH W ŚWIETLE BADAŃ TERENOWYCH I MODELOWYCH ZLEWNI KRZNY

UKD 556.51(438.142:282.2)

W 1985 r. zespół prof. dr hab. Stefana Krajewskiego wykonał pracę pt. „Prognozy kształtowania się zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych w rejonie Białej Podlaskiej, Międzyrzecza i Terespoła oraz hydrogeologiczne podstawy zaopatrzenia tych miast w wodę”.

Głównym celem przeprowadzonych badań było:

- ocena naturalnych zasobów wód podziemnych zlewni Krzny,
- wyznaczenie najkorzystniejszej z hydrogeologicznego punktu widzenia lokalizacji ujęć wód podziemnych dla potrzeb Białej Podlaskiej, Międzyrzecza i Terespoła,
- prognoza zmian reżimu hydrogeologicznego w rejonach spodziewanej wzmożonej eksploatacji,
- ocena zasobów eksploatacyjnych,
- optymalizacja wykorzystania wód podziemnych, rozumiejąc przez nią takie rozmieszczenie natężenia eksploatacji, by wyeliminować lub ograniczyć ewentualne współdziałanie nowych ujęć z już istniejącymi, a także by ograniczyć do koniecznego minimum zakres niepożądanych zmian w środowisku.

Tak postawione zadanie wymagało przeprowadzenia badań modelowych w celu odwzorowania naturalnych warunków hydrogeologicznych zlewni, a następnie wykonanie prognoz zmian reżimu przez nałożenie w wyznaczonych obszarach określonej wielkości eksploatacji. Do obliczeń użyto bloku programowego SWW2 z biblioteki „Hydrylib”, opracowanego w Instytucie Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego przez zespół pod kierunkiem doc. dr hab. Jacka Szymanki.

Jednym z czynników, niezbędnym do prawidłowego określenia naturalnych warunków hydrogeologicznych, a zwłaszcza prognoz zmian reżimu hydrogeologicznego w trakcie wzmożonej eksploatacji w dolinach rzecznych jest wielkość oporów hydraulicznych koryta rzeczno-ego. Z taką sytuacją spotykamy się w rejonie Styrzyńca, gdzie planowana jest budowa dużego ujęcia wód podziemnych dla potrzeb Białej Podlaskiej. Maksymalne zapotrzebowanie na wodę z tego ujęcia wyniesie 3000 m³/h, tj. 72 000 m³/d. Ta niebagatelna ilość wody w tych warunkach hydrogeologicznych spowoduje zmianę reżimu rzeki Krzny na pewnym odcinku z drenującej na infiltrującą.

Zasymulowanie oddziaływania rzeki na warstwę wodonośną umożliwi w programie SWW2 warunek III rodzaju, w którym wielkość oporu filtracyjnego wyznacza się ze wzoru:

$$T_{RP} = \frac{F}{X^2} \cdot \frac{k'}{m'} \quad [1]$$

gdzie:

F – powierzchnia czynna rzeki

X^2 – powierzchnia bloku obliczeniowego

k' – współczynnik filtracji pionowej utworów kolmatujących koryto rzeki

m' – miąższość utworów kolmatujących koryto rzeki

Wielkość tę określono przyjmując dla rejonu Styrzyńca

$$k' = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s i } m' = 1 \text{ m}$$

Na prostoliniowym odcinku rzeki we wspomnianym rejonie otrzymano wartości równe $1,73 \cdot 10^{-3} \text{ d}^{-1}$

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Dolina Krzny w okolicy Styrzyńca ma szerokość ok. 500 m i jest obszarem podmokłym, pociętym licznymi rowami melioracyjnymi i starorzeczami. Wypełniają ją od powierzchni utwory organiczne, głównie torfy, namuły i gytie o miąższości 0,5–5,0 m (1), pod którymi zalegają piaski średnio- i drobnoziarniste, stanowiące pierwszy poziom wodonośny. Niżej znajduje się poziom piaszczystych glin zwałowych z licznymi oknami hydrogeologicznymi. Oddziela on wody pierwszego poziomu wodonośnego, którego zwierciadło ma charakter swobodny, od poziomu podglinowego. Miąższość podglinowego poziomu w rejonie Styrzyńca wynosi ok. 50 m. Warunki hydrogeologiczne są zmienne ze względu na różną granulację piasków, ogólnie jednak można stwierdzić, że są dobre (2). Zwierciadło tego poziomu jest napięte i stabilizuje się ok. 2 m poniżej zwierciadła swobodnego na wysoczyźnie i ok. 2 m powyżej w rejonie doliny (2). Stan taki można tłumaczyć wyżej zalegającymi strefami zasilania w obrębie wysoczyzny.

Pierwszy poziom zasilany jest wodami opadowymi, a następnie przez pakiet utworów słabo przepuszczalnych zasila on poziom podglinowy. Drenujący charakter całej doliny Krzny powoduje przepływ wód podziemnych w kierunku rzeki.

METODYKA I WYNIKI BADAŃ TERENOWYCH

W dolinie Krzny w okolicach Styrzyńca na odcinku ok. 4 km przeprowadzono badania terenowe mające na celu określenie wielkości oporów hydraulicznych rzeki. Przeprowadzono je dwiema metodami:

- metodą infiltrometryczną
- metodą wzajemnych relacji stanów wód podziemnych i powierzchniowych.

Metoda infiltrometryczna polega na określeniu współczynnika filtracji pionowej osadów kolmatujących dno

rzeki. Pomiarów dokonano za pomocą rury winidurowej o średnicy 10 cm i długości 154 cm wbijanej w dno rzeki na głęb. ok. 20 cm. (Wielkość 20 cm podyktowana jest pominięciem zjawiska uderzenia hydraulicznego – 4). Następnie zalewano rurę wodą do określonego poziomu i mierzono czas opadania wody (ryc. 2). Wykonano siedem pomiarów w korycie rzeki, których lokalizacja przedstawiona jest na ryc. 1. Ze względu na wysokie stany i dużą miąższość osadów kolmatujących dno rzeki, wszystkie pomiary wykonano przy jej brzegu. Uzyskane z badań wyniki poddano interpretacji metodą Kamińskiego opartej na wzorze:

$$k' = 2,3 \frac{l_0}{t} \lg \frac{H_0}{H_0 - s} \quad [2]$$

gdzie:

k' – współczynnik filtracji pionowej osadów kolmatujących dno rzeki

l_0 – głębokość infiltrometru pod dnem rzeki

t – czas

H_0 – początkowa wysokość napełnienia infiltrometru

s – wielkość obniżenia zwierciadła wody w infiltrometrze dla odpowiednich okresów czasu Δt .

Z doświadczeń wynika, że metoda ta daje dobre rezultaty, a dodatkowo jest szybka i wygodna w zastosowaniu (3). Po interpretacji uzyskano wartości współczynnika filtracji pionowej, które mieszczą się w granicach od $1,43 \cdot 10^{-6}$ do $5,1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Dla poszczególnych punktów uzyskano następujące wyniki:

- 1) $3,15 \cdot 10^{-6}$ m/s; 2) $3,3 \cdot 10^{-6}$ m/s; 3) $5,1 \cdot 10^{-6}$ m/s;
- 4) $1,43 \cdot 10^{-6}$ m/s; 5) $3,3 \cdot 10^{-6}$ m/s; 6) $4,46 \cdot 10^{-6}$ m/s;
- 7) $2,9 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Miąższość osadów kolmatujących w poszczególnych punktach wynosi od 0,4 do 0,6 m. Jak już wspomniano pomiary wykonywane były przy brzegu, a zatem otrzymane wartości są mniejsze od średniej dla całego przekroju koryta. Przy dalszych obliczeniach przyjmowano miąższość osadów kolmatujących równą 1 m. Z przedstawionych wyników widać, że założenia przyjęte do obliczania wartości T_{RP} były nieco zaniżone. Jednak biorąc pod uwagę zagęszczenie linii prądu w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki, którego to czynnika nie uwzględnia wzór na T_{RP} (3), można te wartości uznać za zbliżone do rzeczywistych.

Określono również wielkość oporów korytowych metodą wzajemnych relacji stanów wód podziemnych i powierzchniowych. Badania te przeprowadzono w punktach 1, 2, 3 odpowiadających punktom pomiarów infiltrometrycznych. Wykonano je wkładając piezometry w utwory organiczne

i filtrując niżej zalegającą warstwę wodonośną. Wzajemne relacje wysokości stanów określono niwelując głębokość zalegania zwierciadła wód podziemnych i powierzchniowych.

Należy zaznaczyć, że metoda ta służy do określania wielkości ΔL jako ekwiwalentu oporów hydraulicznych, wywołanych warstwą kolmatującą dno rzeki w schemacie ruchu ustalonego. W trakcie pomiarów występowały wysokie stany i nie można z całą pewnością stwierdzić występowania warunków ustalonych. W naturalnych warunkach prawie nigdy nie występuje ruch ustalony, gdyż zawsze istnieją jakieś wahania stanów. Dlatego też można ewentualne błędy włączyć do błędów metody. Dodatkowo długi czas stabilizowania się zwierciadła wody w piezometrach może być również przyczyną błędów.

Do interpretacji wyników posłużono się zależnością:

$$\Delta L = \frac{H_1 - H_r}{H_2 - H_1} (x_2 - x_1) - x_1 \quad [3]$$

gdzie:

H_r, H_1, H_2 – kolejne rzędne zwierciadła wody w rzece i piezometrach 1 i 2.

x – odległość piezometrów od rzeki

Otrzymano następujące wartości:

- 1) $\Delta L = 27,65$ m; 2) $\Delta L = 36,2$ m; 3) $\Delta L = 13,5$ m.

Wielkość ΔL obrazuje opory filtracyjne koryta rzeczno oraz opory wywołane zagęszczeniem linii prądu w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki. Rozdzielenie tych dwóch składników jest trudne i wymaga specjalnych badań. Mając określone opory koryta rzeczno dwiema metodami można porównać ze sobą te wielkości.

$$D = \frac{m'}{k'} \quad [4]$$

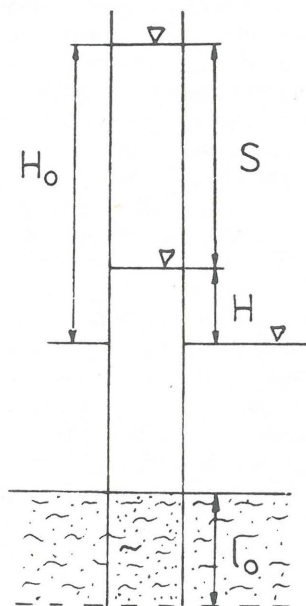
D – opór hydrauliczny warstwy pozostałe objaśnienia jak dla wzoru [2].

Przyjmując, że opór koryta w tym samym miejscu rzeki powinien być taki sam – bez względu na metodę, jaką go określamy – można określić przybliżoną wartość



Ryc. 1. Szkic lokalizacji punktów pomiarowych

Fig. 1. Location sketch of measurement sites



Ryc. 2. Schemat wykonania pomiarów infiltrometrycznych. Objasnienia jak do wzoru [2]

Fig. 2. Scheme of filtrometric measurements Explanations as for the scheme [2]

parametrów filtracji warstwy wodonośnej. Opór hydrauliczny rzeki w punkcie 1 określony na podstawie pomiarów infiltrometrycznych wynosi $D = 3,6$ d. Opór warstwy wodonośnej jako ekwiwalent oporów korytowych można określić za pomocą zależności:

$$D = \frac{\Delta L}{k_w} \quad [5]$$

k_w – współczynnik filtracji warstwy wodonośnej

Z tego:

$$k_w = \frac{\Delta L}{D}$$

Dla punktu pierwszego $k_w = 7,5$ m/d. Wartość ta jest zawyżona, ponieważ ΔL obrazuje wszystkie czynniki, które składają się na opory koryta rzecznej. Wartości współczynnika filtracji dla pozostałych punktów wynoszą: 2) $k_w = 10,34$ m/d; 3) $k_w = 6,0$ m/d.

Przy określaniu objętości wody drenowanej przez rzekę, poza wartością T_{RP} , bardzo duży wpływ na tę wielkość ma także wysokość zwierciadła wody górnego warunku brzegowego. Wysokość ta, a w zasadzie różnica między zwierciadłem wody w rzece i w warstwie wodonośnej, determinuje wielkość spadku hydraulicznego.

Mając określoną wartość ΔL możemy obliczyć tę różnicę ciśnień z zależności:

$$\Delta H = i\Delta L \quad [6]$$

i – spadek hydrauliczny w warstwie wodonośnej.

$\Delta H_1 = 0,100$ m, $\Delta H_2 = 0,105$ m, $\Delta H_3 = 0,106$ m.

Tak określone wielkości służą do prawidłowego zamodelowania oddziaływania rzeki na modelu matematycznym. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę z faktu, że są to pomiary punktowe, a modelujemy z reguły pewien obszar. Dlatego też obliczone wielkości powinny ulegać zmianie w trakcie tarowania modelu. Otrzymanie prawidłowych wartości gwarantuje zgodność obliczonych przepływów z wielkością zasilania podziemnego rzeki. Porównanie tych dwóch wielkości jest bardzo ważne, gdyż weryfikuje częściowo prawidłowość wykonania modelu.

Podsumowując, przy konstrukcji modelu użyto zawyżonych parametrów, które w czasie tarowania modelu zbliżyły się do rzeczywistych wartości. Pewne istniejące różnice usprawiedliwia także skala wykonanego modelu.

LITERATURA

1. Falkowski E., Falkowski T., et al. – Kształtowanie się rzeźby obszaru woj. białkopodlaskiego i ocena możliwości uzyskania surowców budowlanych. Roczn. Międzyrzecki 1985.
2. Herlich P., Knyszyński F., et al. – Hydrogeologiczne podstawy wykorzystania i ochrony wód podziemnych zlewni Krzny. Ibidem.
3. Kuberski D. – Modelowanie oporności koryt rzecznych a badania infiltrometryczne na tle modelu zasobowego jednostki. Mat. Symp. pt. Problemy hydrogeologiczne południowo-wschodniej Polski. 1987.
4. Pleczyński J. – Odnawialność zasobów wód podziemnych. Wyd. Geol. 1981.

SUMMARY

The paper presents a confrontation of fieldwork results, showing hydraulic resistance of the Krzna bottom deposits, with the parameters that define a resistivity of a fluvial channel and were received by taring a mathematic model of the catchment. During fieldworks the filtermetric method and the one of relative relation of underground and surface waters were applied.

A possible use of fieldwork results was analyzed for a preliminary evaluation of channel resistance. necessary for a correct construction of mathematical models of hydrogeologic regions.

РЕЗЮМЕ

В статье проведено сравнение результатов полевых исследований, которых целью является определение величины гидравлических сопротивлений донных отложений реки Кшны, и параметров, характеризующих сопротивление речного русла, полученных путем тарирования математической модели водосбора. Из числа полевых методов применялись: инфильтрометрический метод и метод релятивного соотношения уровней подземных и поверхностных вод. Проведен анализ возможности использования результатов полевых исследований для предварительной оценки величины сопротивлений речных русел, необходимых для правильного сконструирования математической модели гидрогеологического района.