

# WPLYW PROJEKTOWANEGO PRZEJŚCIA DROGOWEGO NA WODY GRUNTOWE W BAGIENNEJ DOLINIE RZEKI

**Anna WIELECHOWSKA, Waldemar MIODUSZEWSKI**

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Zasobów Wodnych

*Słowa kluczowe: drogi, modelowanie wód gruntowych, MODFLOW, ochrona bagiennej doliny, wody podziemne*

## Streszczenie

Planowane przejście drogowe przez dolinę rzeki Rospudy wzbudza wiele kontrowersji. Istnieją uzasadnione obawy, że inwestycja ta może ujemnie oddziaływać na walory przyrodnicze bagiennej doliny. Między innymi mogą zmienić się stosunki wodne, co prowadzi do degradacji flory i fauny. W pracy przedstawiono wyniki badań modelowych stanu wód gruntowych w dolinie zarówno podczas realizacji inwestycji, jak i eksploatacji obiektu po zakończeniu prac budowlanych.

Zastosowano model numeryczny MODFLOW, który umożliwił odwzorowanie obecnych warunków wodnych (położenie wód gruntowych) na obszarze doliny, a także oszacowanie wielkości zmian w położeniu zwierciadła wód gruntowych pod wpływem realizacji planowanej inwestycji.

Metodykę prac badawczych oraz wyniki wariantowych (różne technologie przejścia doliny) obliczeń położenia zwierciadła wód gruntowych przedstawiono w niniejszym opracowaniu.

## WSTĘP

Szlaki komunikacyjne w wielu przypadkach przekraczają doliny rzeczne. Zazwyczaj nad rzeką jest budowany most, a w obrębie doliny jest prowadzona droga w nasypie ziemnym. Przegrodzenie doliny rzecznej może powodować niekorzystne zmiany w środowisku przyrodniczym, szczególnie gdy występują tam siedliska

---

Adres do korespondencji: prof. dr hab. W. Mioduszewski, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Zasobów Wodnych, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720 05 31 w. 211; e-mail: W.Mioduszewski@imuz.edu.pl

hydrogeniczne. Takim przykładem jest projektowana obwodnica Augustowa, która przecina dolinę rzeki Rospudy.

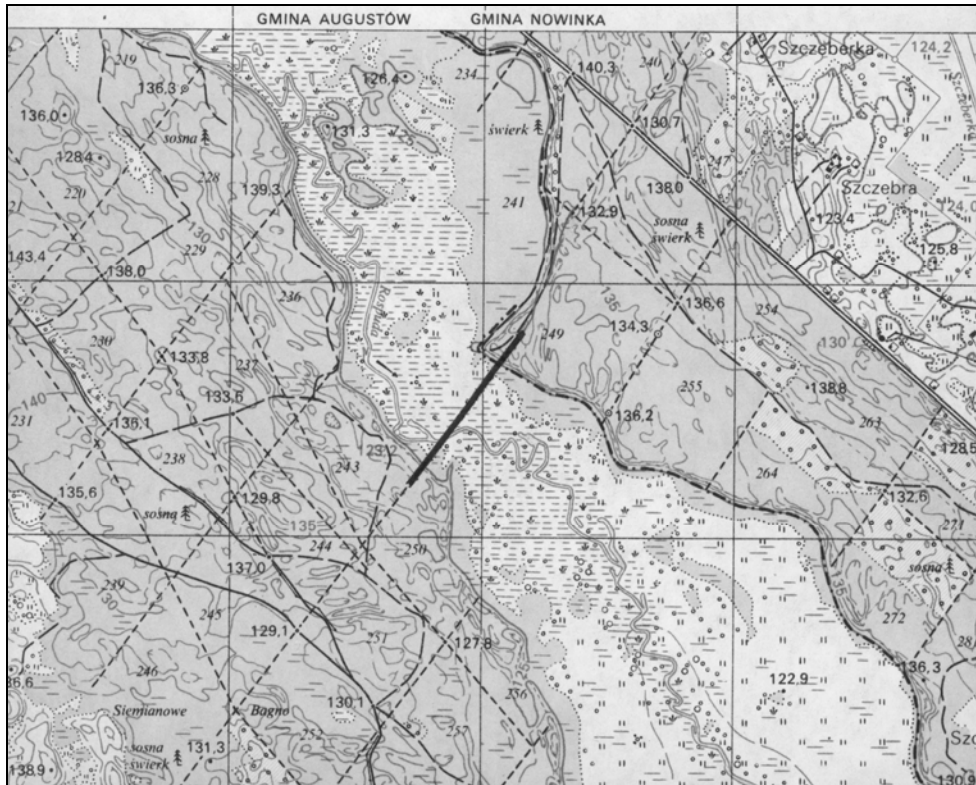
Występowanie pokładów torfów, różnorodnej bagiennej flory i fauny jest wynikiem specyficznych warunków wodnych jakie panują na tym terenie. Przypuszcza się, że jakakolwiek ingerencja człowieka może spowodować zachwianie panujących dotąd naturalnych warunków przyrodniczych [MIODUSZEWSKI, 2001]. Inwestycja może mieć negatywny wpływ na wiele czynników środowiskowych, między innymi na powietrze, glebę, wodę, powierzchnię terenu itp. Duże niekorzystne przekształcenia siedlisk hydrogenicznych mogą wystąpić szczególnie w przypadku zmiany stosunków wodnych. W wyniku długotrwałego utrzymywania się wysokich stanów wód gruntowych oraz wiosennych zalewów doliny, wytworzyła się charakterystyczna dla tych warunków różnorodność przyrodnicza siedlisk hydrogenicznych. Zmiany poziomu wód gruntowych i powierzchniowych mogą mieć istotny wpływ na florę i faunę oraz spowodować naruszenie panującej równowagi ekologicznej. Z tego względu prognoza skutków działań prowadzonych na tym terenie jest bardzo ważna. Celem prowadzonych prac badawczych była ocena wpływu budowy obwodnicy na położenie wód gruntowych w dolinie rzeki w trakcie budowy oraz podczas eksploatacji planowanej inwestycji. W pracy nie rozpatrywano innych form oddziaływania obwodnicy na środowisko, takich jak hałas, jakość wody itp. Są one przedmiotem innych opracowań [Przeгляд ..., 2001].

## **ZAŁOŻENIA I PROPONOWANE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE**

W ramach wcześniejszych prac planistycznych rozważano kilka tras obwodnicy. Ostatecznie przyjęto trasę przekraczającą dolinę rzeki w jej najwęższym miejscu (rys. 1).

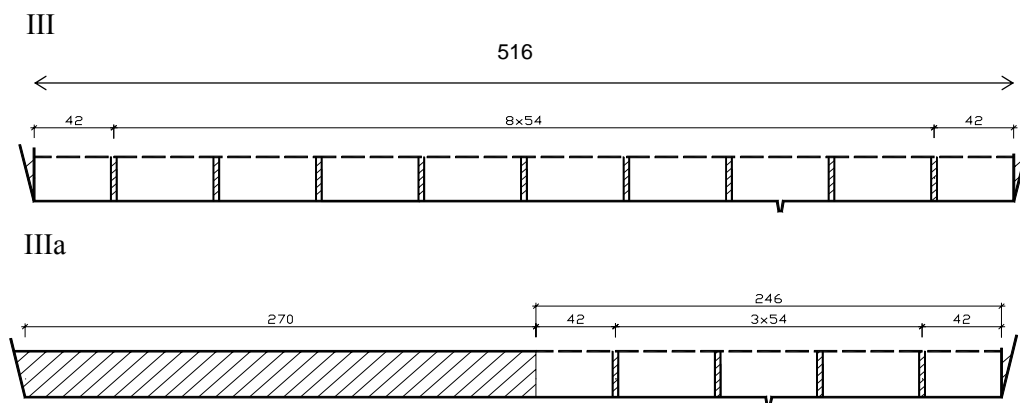
Rozpatrywane były również różne warianty konstrukcji i technologii budowy obwodnicy w granicach doliny [Dokumentacja ..., 2001; Przeгляд ..., 2001]. Między innymi analizowano możliwość budowy mostu łukowego z nasypem ziemnym, mostu belkowego, także z nasypem ziemnym, oraz przejście doliny płytkim tunelem. Warianty te już po wstępnej analizie zostały odrzucone ze względu na dużą ingerencję w środowisko przyrodnicze. Spośród rozpatrywanych najbardziej prawdopodobna, z punktu widzenia ochrony środowiska i warunków ekonomicznych, jest realizacja jednego z dwu poniższych wariantów (rys. 2):

- III – przejście przez dolinę Rospudy estakadą na całej długości doliny, tzw. estakadą długą, dziesięcioprzęślową o długości 516 m;
- IIIa – przejście przez rzekę Rospudę i część doliny krótką, pięcioprzęślową estakadą o długości 246 m, na pozostałej części doliny utworzenie nasypu ziemnego o długości 270 m (rys. 2).



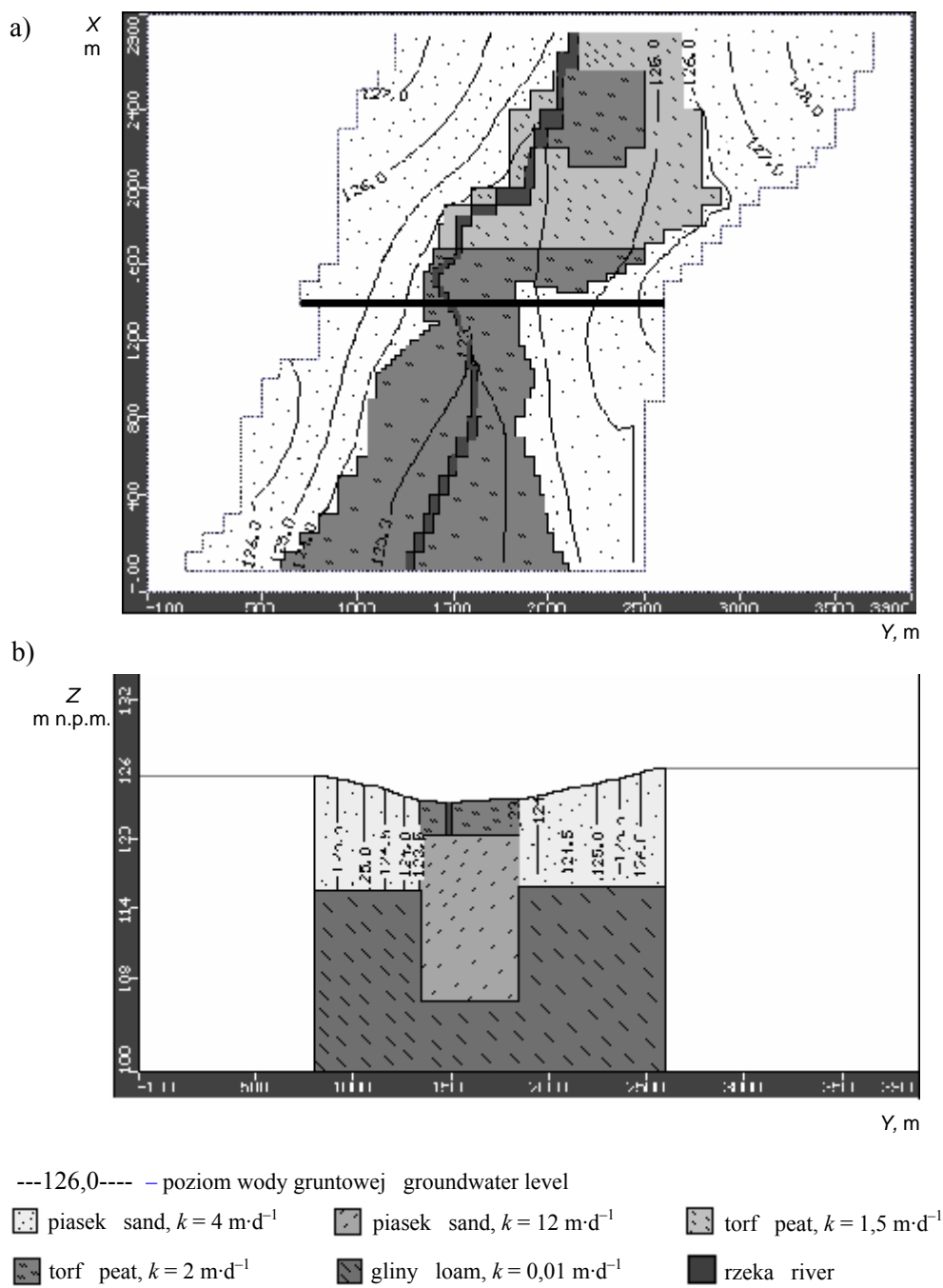
Rys. 1. Mapa poglądowa trasy obwodnicy (przejście przez dolinę Rospudy)

Fig. 1. Map of the pathway location (road crossing the Rospuda river valley)



Rys. 2. Schemat przejścia obwodnicy przez dolinę Rospudy; warianty III, IIIa [Dokumentacja ..., 2001; Przegląd ..., 2001]

Fig. 2. A scheme of road crossing the Rospuda river valley; scenarios III, IIIa [Dokumentacja ..., 2001; Przegląd ..., 2001]



Rys. 3. Dolina Rospudy: a) plan sytuacyjny, b) przekrój poprzeczny

Fig. 3. The Rospuda valley: a) plan, b) cross section

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Według podziału fizyczno-geograficznego [KONDRACKI, 2000] rozpatrywany teren jest częścią mezoregionu Równiny Augustowskiej, która stanowi zachodni skraj makroregionu Pojezierza Litewskiego. Sama rzeka Rospuda leży na obszarze regionu Pojezierza Wschodnio-Bałtyckiego i przepływa przez mniejszą jednostkę jaką jest mikroregion Pojezierza Wschodnio-Suwalskiego [Atlas ..., 1993–1997]. W dolnym swym biegu, na obszarze Równiny Augustowskiej, przez Kanał Augustowski wpada do Biebrzy. Hydrograficznie należy więc do dorzecza Biebrzy [Podział ..., 1980].

Na potrzeby modelowania wyodrębniono dolinę rzeki na długości około 2,5 km oraz część wysoczyzny (rys. 3). Dla tego obszaru opracowano schemat budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych niezbędny do modelowania.

Schemat budowy geologicznej doliny i części przylegającej do niej wysoczyzny opracowano na podstawie danych archiwalnych, map geologicznych i przeprowadzonego rozpoznania geotechnicznego [ROLA, 2001] (rys. 3a, b). Na rozpatrywanym obszarze doliny występują torfy, głównie turzycowiskowe i trzcinowe, o miąższości do 5 m. Do badań przyjęto spąg utworów torfowych na rzędnej 119,00 m npm. Zwierciadło wody gruntowej w dolinie układa się na powierzchni terenu. Położenie wód gruntowych na wysoczyźnie oceniono na podstawie map hydrogeologicznych oraz własnego rozpoznania głębokości zalegania wód w studniach gospodarczych (rys. 3a).

## OBLICZENIA POŁOŻENIA WÓD GRUNTOWYCH

Badania modelowe wykonano wykorzystując trójwymiarowy model numeryczny MODFLOW w wersji 1.5 [Reference ..., 1993]. Wersja 1.5 programu przeznaczona jest do symulacji przepływu wód gruntowych w strefie saturacji w warunkach ustalonych [GUIGUER, FRANZ, 1996]. Modelowany teren jest prostokątem o wymiarach 4000 na 3000 m (rys. 3). Podstawową siatkę podziału utworzono z kwadratów o boku 100 m. Na trasie obwodnicy siatkę zagęszczono do kwadratów o bokach 50 i 25 m.

Obliczenia wykonano dla następujących wariantów:

### **Wariant 0**

Na podstawie rzeczywistych danych sporządzono wariant „0”, tak zwany „wyjściowy”. Obrazuje on warunki wodne istniejące obecnie. Przyjmując ustalone warunki brzegowe, obliczono położenie wód gruntowych (hydroizohipsy) w dolinie i na wysoczyźnie. Uzyskano zgodność pomierzonego i obliczonego położenia wód gruntowych na skraju doliny, uznano więc, że przyjęty model w dostatecznie dokładny sposób odzwierciedla rzeczywiste warunki wodne. Wariant ten posłużył do późniejszego porównania go z innymi, w celu oceny ich wpływu na położenie wód gruntowych w dolinie.

**Wariant III – długa estakada**

Wykonano badania modelowe stanów wód gruntowych zarówno podczas realizacji inwestycji jak i eksploatacji obiektu po zakończeniu jego budowy.

III-1 (wariant eksploatacyjny) – zakłada się, że w podłoże przepuszczalne oraz warstwę organiczną zostaną wprowadzone nieprzepuszczalne słupy o wymiarach 5 x 5 m (filar, pale i grunt zagęszczony między palami) (rys. 2).

III-2 (wariant budowlany) – zakłada się, że w celu umożliwienia wykonania filarów będzie prowadzone odwodnienie wykopu fundamentowego. Obniżenie zwierciadła wody na obszarze ograniczonym ścianką szczelną będzie wynosić 1,5 m poniżej powierzchni terenu. W tym wariantcie proponowane jest jednoczesne odwadnianie wykopu za pomocą pomp zamontowanych w dziesięciu punktach przyszłej lokalizacji filarów. W rzeczywistości realizacja tego wariantu jest mało prawdopodobna. Nie jest konieczne odwadnianie tyłu wykopów fundamentowych jednocześnie. Obliczenia dla tego wariantu wykonano w celu przedstawienia skrajnych rozwiązań i ich wpływu na stosunki wodne.

III-3 (wariant budowlany) – zakłada się, że rzędna zwierciadła wody gruntowej zostanie obniżona do 1,5 m poniżej powierzchni terenu, ale pompowanie wody będzie następować w jednym punkcie. Po wykonaniu filaru w danym punkcie następuje rozpoczęcie pompowania w punktach następnych.

**Wariant IIIa – krótka estakada z nasypem ziemnym**

IIIa-1 – przyjmuje się, że nasyp drogowy zostanie wykonany z gruntu przepuszczalnego (np. piaski średnie) o współczynniku filtracji  $k = 40 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ . Pod nasypem nastąpi osiadanie podłoża organicznego z jednoczesnym wyparciem gruntu, pozostanie jednak cienka, słabo przepuszczalna warstwa zagęszczonego gruntu organicznego (przyjęto współczynnik filtracji  $k = 0,01 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ ).

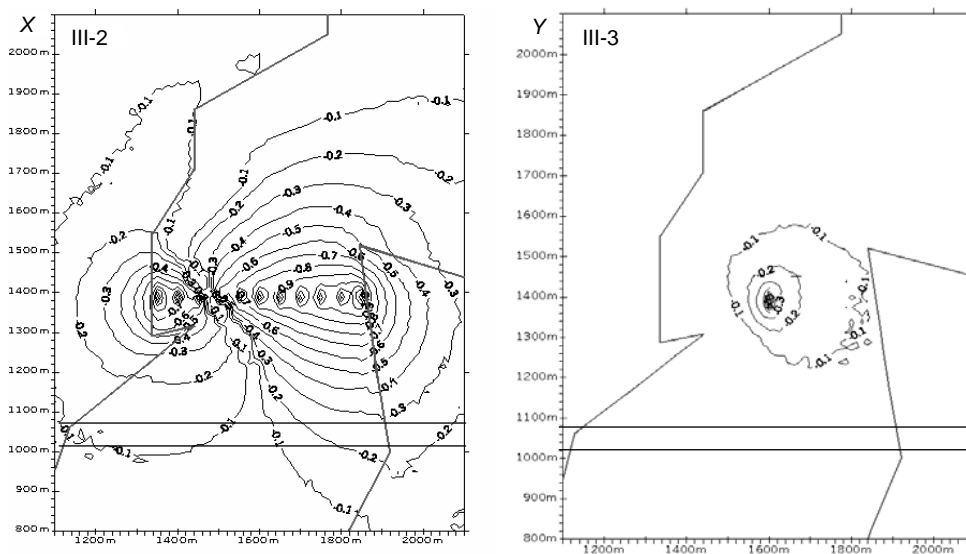
IIIa-2 – przyjmuje się, że pod takim samym nasypem jak w wariantcie IIIa-1 ( $k = 40 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ ) nastąpi dodatkowo zagęszczenie mineralnego podłoża poniżej torfów (tylko w granicach doliny). W podłożu mineralnym poniżej nasypu zostanie utworzona przesłona z gruntu o zmniejszonym współczynniku filtracji  $k$ . Założono, że naturalna przepuszczalność  $k = 12 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$  zostanie zmniejszona do  $6 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ . Między nasypem a podłożem mineralnym powstanie, podobnie jak w wariantcie IIIa-1, skonsolidowana warstwa torfu o  $k = 0,01 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ .

IIIa-3 – przyjmuje się, że nasyp zostanie wykonany z materiału słabo przepuszczalnego (np. gliny, pyły o współczynniku filtracji  $k = 0,01 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Nastąpi również zagęszczenie podłoża mineralnego pod torfem w granicach doliny jak w wariantcie IIIa-2, a współczynnik filtracji zmniejszy się do  $k = 6 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$ . Wariant ten przedstawia wyjątkową sytuację, gdy nasyp budowany jest z glin i pyłów. Zgodnie z zasadami budowy nasypów, na gruntach organicznych nie powinny być stosowane grunty słabo przepuszczalne.

## ANALIZA WYNIKÓW OBLICZEŃ

Wykonano w sumie po trzy obliczenia modelowe dla wariantu III (długa estakada) i wariantu IIIa (krótka estakada z nasypem ziemnym) projektowanej obwodnicy Augustowa przechodzącej przez dolinę rzeki Rospudy.

W wariantcie III zwierciadło wody przed i po budowie estakad układa się na tym samym poziomie. Naruszenie naturalnego stanu i znaczne obniżenie zwierciadła wód gruntowych następuje jedynie podczas odwadniania wykopów pod filary. Podczas jednoczesnego odwadniania wszystkich wykopów fundamentowych (wariant III-2) powstaje obszar obniżonego zwierciadła wód gruntowych w poprzek całej doliny (rys. 4a). Jeśli woda odpompowywana jest tylko z jednego wykopu (wariant III-3), obniżenie zwierciadła wód gruntowych jest równie duże, lecz na mniejszym obszarze (rys. 4b).

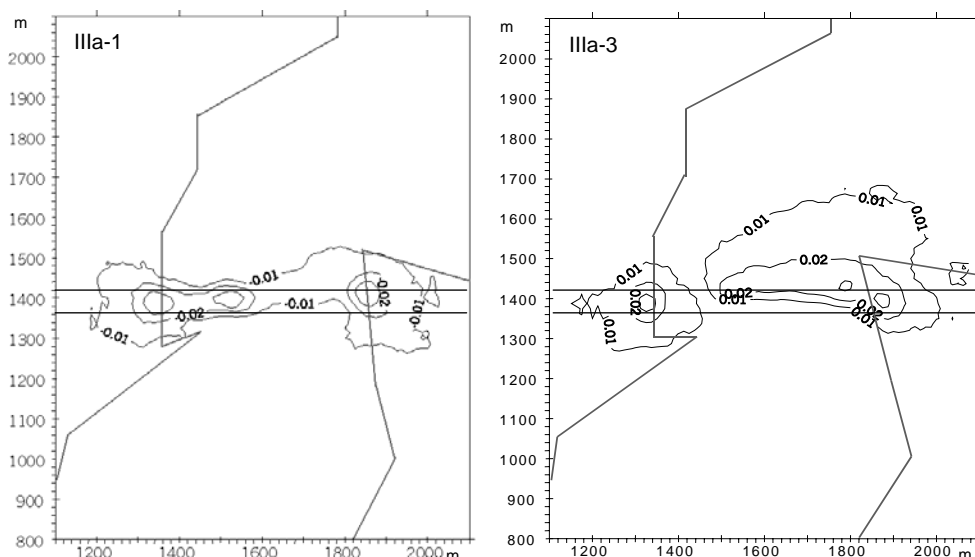


Rys. 4. Zmiany położenia wód gruntowych w granicach doliny: wariant III-2 i III-3; izolinie co 0,1 m

Fig. 4. Changes of groundwater tables in the valley: scenario III-2 and III-3; isolines at every 0.1 m

Znacznie mniejszy wpływ na położenie wód gruntowych ma budowa nasypu z krótką estakadą (rys. 5). Nawet wykonanie nasypu z gruntu słabo przepuszczalnego nie spowoduje istotnych zmian w przepływie wód gruntowych.

W rozpatrywanych wariantach III (estakada długa) i IIIa (estakada krótka) zmiany położenia wód gruntowych spowodowane budową obwodnicy są bardzo małe i bliskie dokładności modelowania. Posadowienie filarów oraz wykonanie nasypów nie zakłóci przepływu wód gruntowych podczas eksploatacji obwodnicy. Przekrój poprzeczny filarów zagłębionych w gruncie jest bardzo mały w stosunku



Rys. 5. Zmiany położenia wód gruntowych w granicach doliny: wariant IIIa-1 i wariant IIIa-3; izolacje co 0,01 m

Fig. 5. Changes of groundwater tables in the valley: scenario IIIa-1 and IIIa-3; isolines every 0.01 m

do przekroju całej doliny wraz z wysoczyzną i dlatego w warunkach ruchu laminarnego wód gruntowych to niewielkie ograniczenie pola przepływu nie powoduje odkształceń strumienia filtracji.

Przyjmowane do obliczeń zmniejszenie przepuszczalności podłoża mineralnego w granicy doliny i tworzenie się wkładki zagęszczonego torfu pod nasypem powoduje jedynie niewielkie odkształcenia strumienia filtracji. Wynika to z tego, że zagęszczony torf ma nieduże wymiary (mała miąższość) w stosunku do miąższości warstwy wodonośnej, a przepuszczalność zalegającego poniżej podłoża mineralnego ulega jedynie nieznacznemu zmniejszeniu i jest ograniczona do bryły gruntu o małej objętości w stosunku do modelowanego obszaru. Należy podkreślić, że zarówno tworzenie się wkładki zagęszczonego torfu jak i zmiana przepuszczalności podłoża mineralnego przyjmowana jest jedynie w granicach doliny, podczas gdy wody gruntowe płyną również w przyległej wysoczyźnie, zbudowanej z gruntów przepuszczalnych.

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań modelowych wpływu planowanej inwestycji na wody gruntowe można sformułować następujące wnioski:

1. Realizacja inwestycji budowy obwodnicy przedstawiona w wariantach III (długa estakada) oraz IIIa (krótka estakada z nasypem ziemnym) nie powinna po-



wodować istotnych zmian w położeniu zwierciadła wód gruntowych w dolinie rzeki. Na podstawie wyników obliczeń modelowych (MODFLOW) można twierdzić, że zmiany położenia zwierciadła wód gruntowych są nieznaczne.

2. Z punktu widzenia wpływu obwodnicy na środowisko wodne doliny Rospudy oba warianty (III i IIIa) są równoważne, a ich oddziaływanie na wody gruntowe jest niewielkie.

Wykonane badania modelowe dotyczyły tylko problemu wód gruntowych. Nie zajmowano się innymi skutkami środowiskowymi, jakie może spowodować budowa obwodnicy. Zgodnie z uzyskanymi wynikami, rozpatrywane przypadki nie powodują dużych zmian w dynamice przepływu wód podziemnych. Nie należy obawiać się niekorzystnych oddziaływań projektowanej inwestycji na reżim wód gruntowych, co wcale nie oznacza, że inne komponenty środowiska nie zostaną naruszone.

## LITERATURA

- Atlas Rzeczypospolitej Polskiej, 1993-1997. Warszawa: PSGiK.
- Dokumentacja projektowa na budowę obwodnicy Augustowa w ciągu drogi krajowej nr 8. Koncepcja mostu przez dolinę rzeki Rospudy, 2001. Cz. I. Projekt architektoniczno-konstrukcyjny. Warszawa: Biuro Projektowo-Badawcze Dróg i Mostów TRANSPROJEKT, maszyn. ss. 10.
- GUIGUER N., FRANZ T., 1996. Visual MODFLOW version 1.5. Waterloo Hydrogeologic Software, Canada. Manual user book, ss. 200.
- KONDRACKI J., 2000. Geografia regionalna Polski. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 200.
- MIODUSZEWSKI W., 2001. Wpływ obwodnic miasta Augustowa na stosunki wodne w dolinie rzeki Rospudy. Falenty: IMUZ, maszyn. ss. 21.
- Podział hydrologiczny Polski, 1980. Mapa 1:200 000. Warszawa: Wydaw. IMGW.
- Przegląd ekologiczny wariantów koncepcji projektowych budowy mostu przez rzekę Rospudę w ciągu obwodnicy Augustowa, 2001. Białystok: Zakład Ekspertyz Ochrony Środowiska AREO maszyn. ss. 10.
- Reference manual: MODFLOW Packages used in Visual MODFLOW, 1993. Sacramento.
- ROLA S., 2001. Badania podłoża gruntowego zbudowanego z gruntów organicznych dla potrzeb ekspertyzy na temat: „Wpływ obwodnicy m. Augustowa na stosunki wodne w dolinie rzeki” Białystok: ROLEX Sp. z o.o. maszyn. s. 8.

*Anna WIELECHOWSKA, Waldemar MIODUSZEWSKI*

**THE IMPACT ASSESSMENT OF THE PATHWAY  
ON GROUNDWATER IN MARSHY RIVER VALLEY**

*Key words: groundwater, roads, protection of marshy valley, modelling of groundwater, MODFLOW*

**S u m m a r y**

Planned pathway across the Rospuda river valley seems to be rather controversial. There is a reasonable fear that the investment may negatively affect natural values of the valley. Water conditions, for example, may change posing a risk of degradation to flora and fauna. This paper presents computer modelled groundwater conditions in the valley during both construction and exploitation of the pathway.

The numerical model MODFLOW used in this study allowed to simulate present groundwater conditions of the valley. With this model it was also possible to predict the magnitude of likely future changes in groundwater tables after accomplishment of the construction.

Methodology of the research and model outputs in various scenarios (different technologies of running the road) are presented in the paper.

---

**Recenzenci:**

*prof. dr hab. inż. Tomasz Brandyk*

*prof. dr hab. inż. Jerzy Kowalski*

Praca wpłynęła do Redakcji 10.07.2002 r.

