

PROGNOZA ODDZIAŁYWAŃ ODWODNIENIA GŁĘBOKICH WYKOPÓW NA WARUNKI WODNE PROJEKTOWANEJ INWESTYCJI W REJONIE PELPLINA

ANALYSIS OF DEEP EXCAVATION DEWATERING AND ITS IMPACT ON GROUNDWATER CONDITIONS OF PLANNED INVESTMENT IN THE AREA OF PELPLIN

MARTA KIELBASIŃSKA¹, AGNIESZKA PIASECKA¹, GRZEGORZ OLESIUK¹

Abstrakt. Między Tczewem i Pelplinem planowana jest budowa zakładu energetycznego. W ramach prac budowlanych konieczne będzie wykonanie głębokich wykopów dla kilku obiektów. Wymaga to określenia warunków hydrogeologicznych w związku z oszacowaniem wielkości dopływu wody. W celu rozpoznania warunków hydrogeologicznych zaplanowano wykonanie czterech hydrowęzłów oraz 6 piezometrów. W trakcie prac stwierdzono, że wodonośny poziom międzymorenowy góry to jedyny poziom, który ma znaczenie dla planowanej inwestycji. W związku z tym należy zaplanować obniżenie ciśnienia piezometrycznego tego poziomu poniżej dna wykopu tak, aby nie doszło do przebiccia hydraulicznego i wyparcia dna wykopu. Dane pozyskane dzięki badaniom terenowym i pompowaniom badawczym wykorzystano do numerycznych symulacji przepływu wód podziemnych w warunkach naturalnych oraz podczas odwadniania poszczególnych wykopów. Badania modelowe wykazały, iż prace związane z odwodnieniem wykopów nie powinny znacząco oddziaływać na środowisko.

Słowa kluczowe: odwodnienie, głębokie wykopy, model numeryczny przepływu wód podziemnych.

Abstract. In the area of Tczew and Pelplin the construction of power plant is planned. Construction works would involve deep excavations for several building sites. This requires an identification of hydrogeological conditions with a volume of water inflow estimation. The fieldwork showed the presence of various hydrogeological conditions which are a consequence of a complex geological structure. In order to identify hydrogeological conditions the execution of four pumping wells with observation wells and additional six piezometers was scheduled. During the work progress, it was found that the level of upper moraine aquifer is the only aquifer that is relevant to the planned investment. Therefore, one must plan to reduce the pressure below the bottom of the trench in order to prevent the penetration of fluid through the bottom of the trench. The data obtained from the research and pump tests were used for numerical simulation of groundwater flow under natural conditions and during dewatering of the various excavations. Modeling studies have shown that work associated with drainage trenches should not significantly affect the environment.

Key words: dewatering, deep excavation, groundwater flow numerical model.

WSTĘP

W bezpośrednim sąsiedztwie linii kolejowej (Chorzów–Tczew) między Tczewem i Pelplinem planowana jest budowa zakładu energetycznego. Badania przeprowadzone w rejonie projektowanej inwestycji zostały wykonane w celu określenia warunków hydrogeologicznych w związku z oszacowaniem wielkości dopływu wody do projektowanych głębokich

wykopów. Analizowany obszar położony jest w obrębie gmin Pelplin i Subkowy, w powiecie tczewskim, w województwie pomorskim.

W celu rozpoznania warunków hydrogeologicznych zaplanowano wykonanie hydrowęzłów badawczych w rejonie najgłębszych wykopów. Zaprojektowane piezometry stały

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; marta.kielbasinska@pgi.gov.pl, agnieszka.piasecka@pgi.gov.pl, grzegorz.olesiuk@pgi.gov.pl

będą pełnić funkcję sieci monitoringu wokół planowanej inwestycji. Badania przeprowadzono w 2010 r. obejmując teren w sąsiedztwie rzek Wierzycy i Dryboku w celu ustalenia ich kontaktów hydraulicznych z warstwą wodoносną. Dla uzyskania parametrów filtracyjnych warstwy wodo-

nej i studni odwodnieniowych zaprojektowano pompownia badawcze w warunkach dopływu ustalonego. Badaniami nie objęto odległych stref zasilania położonych na zachód od analizowanego obszaru.

WARUNKI GEOŚRODOWISKOWE

Teren badań zlokalizowany jest na Pojezierzu Starogardzkim (Kondracki, 2009). Charakteryzuje się młodoglacjalną rzeźbą, gdzie dominującymi formami są wysoczyzny polodowcowe moreny dennej. Powierzchnie wysoczyzn zbudowane są również z holocęńskich utworów aluwialnych doliny Dryboku, wykształconych w postaci piasków, żwirów rzecznych oraz osadów organicznych – torfów i namulów. Rzeźba została ukształtowana w czasie recesji lądolodu fazy pomorskiej zlodowacenia Wisły. Obszar poddany analizie znajdu-

je się na zboczu wysoczyzny, która nachylona jest łagodnie w kierunku doliny Dryboku. Rzędne terenu wahają się w granicach 35–65 m n.p.m. i rosną na południowy zachód (fig. 1).

Rozpatrywany obszar charakteryzuje się niewielką gęstością sieci rzecznej i obszarami bezodpływowymi.

Utwory czwartorzędowe to głównie gliny zwałowe, a podrzędnie piaski gliniaste ze żwirami. Osady holocęńskie wykształciły się w dolinach rzecznych jako piaski, żwiry i utwory jeziorne.

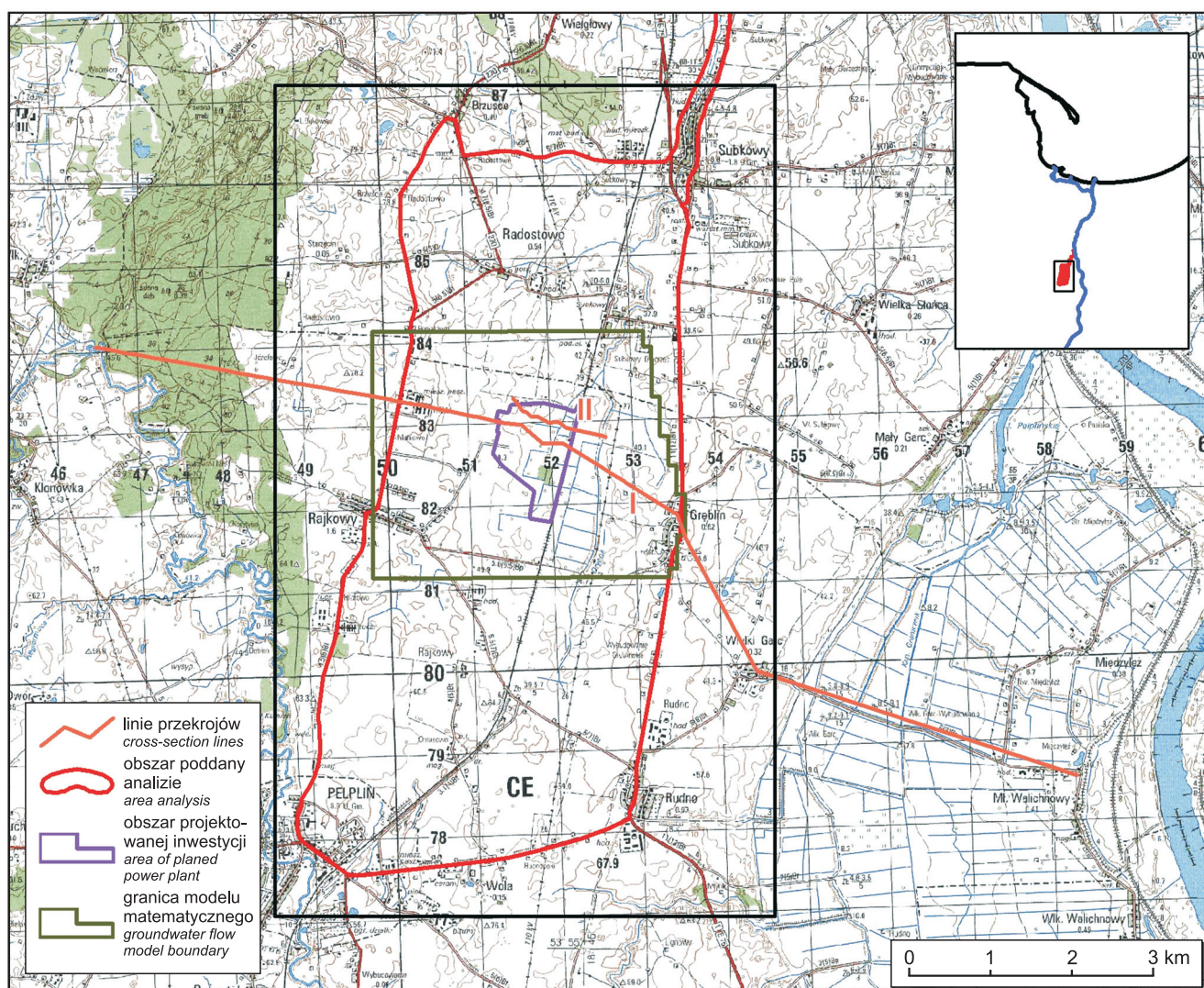


Fig. 1. Mapa lokalizacyjna

Location map

Analiza materiałów archiwalnych i profili otworów hydrogeologicznych potwierdziła skomplikowaną budowę geologiczną (Kłos, 2009). Osady czwartorzędowe, wykształcone w postaci kilku poziomów glin zwałowych, rozdzielone

są seriami piasków i żwirów wodnolodowcowych oraz rzecznych w dolinie Dryboku, a także holocenijskimi namułami, torfami i gytiami.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na badanym terenie brak jest Głównych Zbiorników Wód Podziemnych oraz obszarów wysokiej ochrony wód podziemnych. System wodonośny obejmuje trzy piętra hydrogeologiczne: kredowe, paleogeńsko-neogeńskie i czwartorzędowe (Wrotek, 1983; Rabek, 1984; Mojski, 1988; Lidzbarski, 1998a–c; Ziółkowski, 1998; Petelski, 2003).

Czwartorzędowe piętro hydrogeologiczne składa się z kilku poziomów wodonośnych, rozdzielonych seriami glin zwałowych, sporadycznie osadami zastoiskowymi. Podczas prowadzonych prac geologicznych skoncentrowano się przede wszystkim na warunkach panujących w piętrze czwartorzędowym, które budują:

- poziom przypowierzchniowy na głębokości 1–8 m, o charakterze lokalnym i nieciągłym, który tworzy przewarstwienia piaszczyste w osadach wysoczyznowych i drenowany jest siecią rowów melioracyjnych;
- poziom międzymorenowy górny na głębokości 18–30 m o subartezyjskim i artezyjskim zwierciadle wód podziemnych (zwierciadło wody stabilizuje się 2 m n.p.t.). Na analizowanym obszarze nie stwierdzono bezpośrednich kontaktów hydraulicznych między poziomem międzyglinowym górnym i występującymi głębiej poziomami wodonośnymi. Bazę drenażu tego poziomu stanowią Wisła (4–6 km na wschód od obszaru badań) i Żuławy.

Ze względu na bardzo zmienne warunki w poziomie międzymorenowym górnym ostatecznie wykonano tylko dwa hydroweźły z czterech planowanych oraz cztery z sześciu zaprojektowanych piezometrów stałych wokół planowanej inwestycji (fig. 2). Hydroweźły składały się z otworu hydrogeologicznego oraz czterech piezometrów kontrolnych: dwóch ujmujących poziom międzymorenowy górny i dwóch ujmujących poziom przypowierzchniowy w celu określenia kontaktów hydraulicznych. Ponadto wykonano kartowanie hydrogeologiczne, podczas którego zinwentaryzowano studnie kopane i wiercone, ujęcia wód podziemnych oraz kanały melioracyjne. Kartowanie objęło również rzekę Drybok na całym jej biegu aż po ujście do Wisły. Pomiar przepływu wykonano na Dryboku metodą pływakową przy uwzględnieniu geometrii i parametrów koryta.

Ze względu na bardzo zróżnicowane warunki hydrogeologiczne i zmienny dopływ wody do poszczególnych hydroweźłów, zaplanowane badania dostosowano do stwierdzonych warunków. W hydroweźłach wykonano różny cykl pompowań. Pełny cykl obejmował pompowanie na trzech stopniach dynamicznych z wydajnościami Q : 4, 8 i 12 m³/godz., które trwały 24 godziny na każdym stopniu. W hydroweźle o słabym dopływie wody przeprowadzono pompowanie na dwóch stopniach dynamicznych Q :

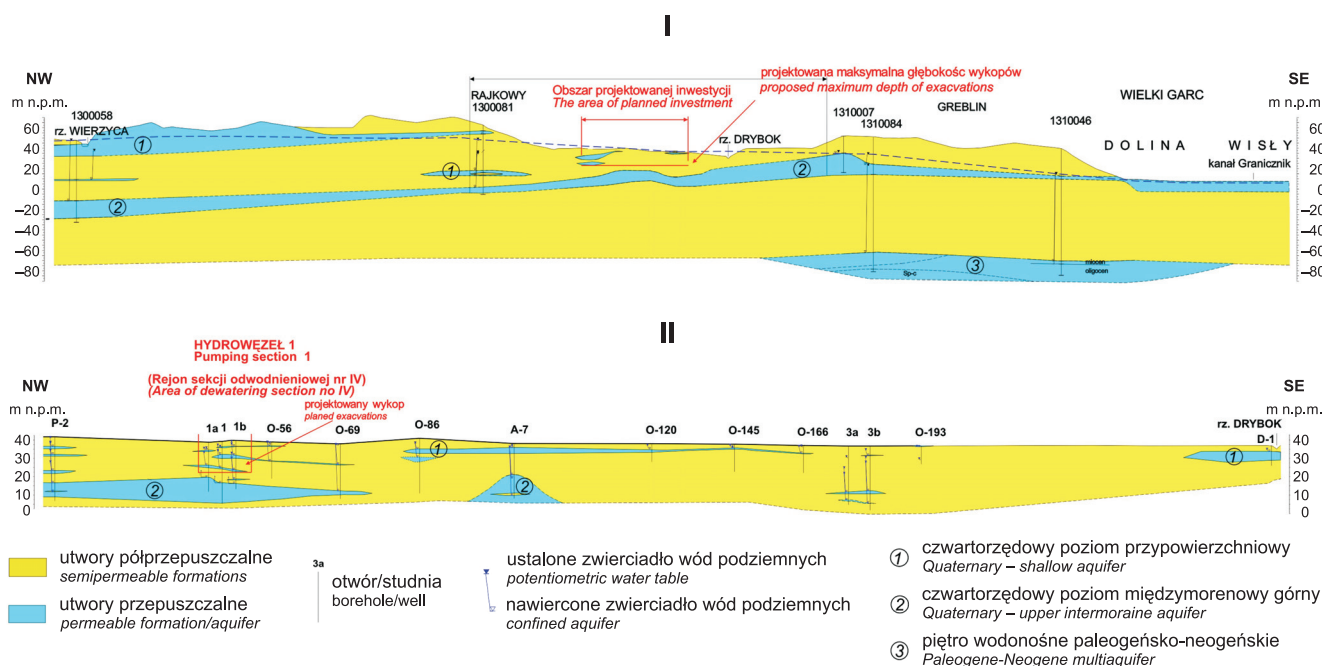


Fig. 2. Przekroje hydrogeologiczne I i II (lokalizacja na fig. 1)

Hydrogeological cross-sections I and II (location in Fig. 1)

4 i 8 m³/godz., które również trwało 24 godziny na każdym stopniu.

Otwory wiertnicze, obserwacje i pompowania pomiarowe, a także kartowanie hydrogeologiczne wskazały na brak kontaktu hydraulicznego między przewarstwieniami piaszczystymi w glinach zwałowych a rzeką Drybok (rzędna zwierciadła wody w rzece w przedziale 36,7–37,8 m n.p.m.) oraz międzymorenową górną warstwą wodonośną (fig. 2, przekrój hydrogeologiczny II). Ze względu na zróżnicowa-

nie warstwy wodonośnej w poszczególnych otworach hydrowęzłów oraz brak korelacji wyników obserwacji depresji w otworach, uzyskane dane z pompowań pomiarowych zgodnie z zamierzeniami interpretowano jak w warunkach dopływu ustalonego (Turek, 1971). Ponadto na podstawie przeprowadzonych prac i badań określono parametry i cechy międzymorenowego górnego poziomu wodonośnego: miąższość, głębokość oraz współczynnik filtracji. Wyniki te posłużyły jako dane wejściowe dla modelu numerycznego.

MODEL NUMERYCZNY

Na podstawie dostępnych materiałów archiwalnych i profili otworów wiertniczych wykonanych w rejonie planowanej inwestycji został opracowany model koncepcyjny dla ustalonych warunków hydrodynamicznych. Morfologię terenu uzyskano przy wykorzystaniu fragmentu cyfrowego modelu Polski (interpolacja na podstawie 28 461 punktów). Ze względu na skomplikowaną budowę geologiczną i hydrogeologiczną model ten składa się z trzech warstw obliczeniowych. Badaniami symulacyjnymi objęto obszar około 10,7 km² o maksymalnej rozciągłości 3,8 na 3,0 km, obejmujący południowo-zachodni fragment zlewni Dryboku. Zdecydował o tym brak stwierdzonych kontaktów hydraulicznych między przypowierzchniową warstwą wodonośną w dolinie Wierzycy i międzymorenowym poziomem wodonośnym. Stwierdzono również brak kontaktu między poziomami wodonośnymi: międzymorenowym górnym i dolnym oraz międzymorenowym górnym i przypowierzchniowym, spowodowany obecnością miąższych pakietów glin zwałowych między wodonościami. Obszar badań modelowych zdyskretyzowano siatką o zmiennych wymiarach bloków 10 × 10, 50 × 50 i 100 × 100 m. Łącznie uzyskano dla trzech warstw 78 500 bloków (3 × 26 250).

W celu przeprowadzenia badań symulacyjnych, umożliwiających określenie zmian położenia zwierciadła wody podziemnej – depresji, wywołanych oddziaływaniem studni odwadniających głębokie wykopu, zastosowano model numeryczny. Spąg I warstwy wygenerowano w dopasowaniu do powierzchni terenu, zakładając jej stałą miąższość 3 m. Spąg II warstwy, będący jednocześnie stropem III warstwy obliczeniowej, oraz spąg III warstwy zostały wygenerowane na podstawie interpolacji danych z 43 profili geologicznych otworów położonych w obrębie modelu.

W trakcie wykonywania otworów wiertniczych oraz pompowań badawczych zaobserwowano bardzo duże zróżnicowanie występowania warstw przewodzących wodę. Pompowania wykazały, że w obszarach, w których występuje międzymorenowa warstwa wodonośna na głębokości powyżej 20 m, charakteryzuje się ona w miarę zbliżonymi, dosyć słabymi parametrami hydraulicznymi. Obliczony współczynnik filtracji tej warstwy waha się od $2 \cdot 10^{-5}$ do $6 \cdot 10^{-5}$ m/s. Model przepływu oparty na takich wartościach pozwala tu na jakościową charakterystykę warunków przepływu, bez szczegółowego wskazywania poziomów lokalnych.

Odwadniany będzie poziom międzymorenowy górny. Jest to jedyny ciągły poziom wodonośny, mający znaczenie dla projektowanej budowy (fig. 2). Zaplanowano obniżenie ciśnienia w tym poziomie poniżej dna projektowanych wykopów. Wynika to z możliwości przebicia hydraulicznego i wyparcia dna wykopu. Nie modelowano dopływów bocznych do wykopów z przewarstwień piaszczystych w glinach zwałowych. Przy tak dużej zmienności nie ma praktycznie możliwości modelowania tego typu przepływów. Dopływ wody z przewarstwień piaszczystych może być odcięty np. za pomocą ścian szczelinowych lub warstwy te mogą być odwadniane z wykopu lub z zastosowaniem igłofiltrów, w zależności od głębokości występowania.

Na obszarze wysoczyznowym górna (I) i środkowa (II) warstwa modelu odzwierciedla pokrywę glin zwałowych o zmiennej miąższości od kilku do około 40 m. Podział na dwie warstwy w nadkładzie poziomu wodonośnego wprowadzono w celu symulacji sieci drenażu przypowierzchniowego i rowów melioracyjnych odpowiadających za odprowadzanie wód opadowych oraz przypowierzchniowych w warstwie I do rzeki Drybok. Mając na względzie prawidłowe odzwierciedlenie słabo przepuszczalnych utworów lodowcowych (gliny zwałowe) i zastoiskowych (mułki i iły), przyjęto wstępnie współczynniki filtracji na podstawie wartości charakterystycznych (Pazdro, Kozerski, 1990). Podczas tarowania modelu niezbędne okazało się zróżnicowanie wartości pionowego (k_v) i poziomego (k_h) współczynnika filtracji, co pozwoliło na uwzględnienie obecności licznych soczewek i przewarstwień piaszczystych o utrudnionym kontakcie między sobą. Ostatecznie pierwszym dwóm warstwom przypisano poziomy współczynnik filtracji $k_h = 7 \cdot 10^{-6}$ m/s i pionowy współczynnik filtracji $k_v = 8,5 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Zdefiniowane warstwy I i II spełniały funkcję pomocniczą wobec III (dolnej) warstwy modelu, będącej odpowiednikiem międzymorenowego górnego poziomu wodonośnego. Dolnej warstwy modelowej na wysoczyźnie o miąższości około 3–20 m przypisano zróżnicowany współczynnik filtracji pionowej w przedziale od $1,0 \cdot 10^{-6}$ do $5,3 \cdot 10^{-5}$ m/s. Uzyskano go na podstawie wyników próbnych pompowań oraz analiz granulometrycznych wykonanych na próbkach pobranych z międzymorenowej warstwy wodonośnej. Powodem zróżnicowanych wartości współczynnika filtracji była zmienność litologiczna, lokalnie duży udział frakcji pyłowej i ilowej, a także miejscowy zanik warstwy wodonośnej. Ze

względu na zachowanie ciągłości warstw obliczeniowych w programie Visual ModFlow, w rejonach o stwierdzonym zaniku warstwy wodonośnej, blokom przypisano współczynnik filtracji odpowiadający pyłom lub glinom zwałowym (Pazdro, Kozerski, 1990). W obu górnych warstwach modelu (I i II) przyjęto warunek brzegowy II rodzaju ($Q = 0$) ze względu na niki przepływy poziome. W trzeciej warstwie warunek brzegowy II rodzaju ($Q = 0$) przypisano granicom modelu: północnej i południowej, biegnącym równoległe do kierunku spływu wód podziemnych. Granice wschodnia i zachodnia zostały zdefiniowane warunkiem brzegowym III rodzaju typu General Head Boundary. Dane o wysokości hydraulicznej (dla warunku General Head Boundary – III rodzaju) i przepuszczalności na granicy modelu zaczerpnięto z otworów położonych w obrębie oraz w pobliżu granicy modelu. Warunek III rodzaju na wschodniej i zachodniej granicy modelu zastosowano w celu symulacji oddalonych rzek Wisły oraz Wierzycy (mimo jej bardzo utrudnionego kontaktu z poziomem międzymorenowym górnym).

Rzekę Drybok ze względu na uregulowany charakter zdefiniowano warunkiem brzegowym III rodzaju typu Drain. Odpowiada to stwierdzonej na podstawie otworów wiertniczych, wykonanych w dolinie Dryboku, izolacji poziomu wodonośnego od koryta rzeki. Warstwa izolująca między rzeką Drybok pojawia się dwukrotnie: w postaci pakietów glin zwałowych, o miąższości około 2–3 m, pod dnem zbiornika, a następnie na głębokości około 9–14 m. Dane charakteryzujące Drybok uzyskano na podstawie wizji terenowej oraz z Mapy Topograficznej w skali 1:25 000, ark. Starogard Gdański i ark. Subkowy.

Rozwinięty system drenażu, czyli rowy melioracyjne i płytko występujące sączki drenarskie, stwierdzony podczas wizji terenowej w rejonie planowanej inwestycji, został zdefiniowany warunkiem brzegowym III rodzaju (typ Drain).

Wysokość zasilania infiltracyjnego (warunek brzegowy II rodzaju typu No Flux) określono poprzez obliczenie wartości odpowiadającej 5% średniego opadu rzeczywistego z wielolecia, która wynosi 31,5 mm (średni opad rzeczywisty z wielolecia na analizowanym obszarze wynosi 629,5 mm). Sumę rocznych opadów obliczono na podstawie uśrednionego wyniku z uwzględnieniem współczynnika korelacji (Kowalczyk, Ujda, 1987) z czterech posterunków opadowych (Kościerzyna, Bożopole Szlacheckie, Starogard Gdański, Gniew). Błąd bilansu wodnego obliczony w programie Visual Modflow 4.2 dla warunków naturalnych wyniósł 1,1%, co wskazuje na poprawność modelu (dopuszczalny błąd 2%). Szczegóły bilansu wodnego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Bilans przepływu wód podziemnych modelu w warunkach naturalnych

Water balance of groundwater modeling flow in steady state conditions

Składnik bilansu		[m ³ /d]
Zasilanie	dopływ boczny	0,0
	Drybok i sieć melioracyjna	0,0
	infiltracja z powierzchni terenu	926,4
	suma	926,4
Odpływ	odpływ boczny	215,7
	Drybok i sieć melioracyjna	700,6
	suma	916,3
Różnica bilansu		10,1
Błąd bilansu		1,1%

WYNIKI MODELOWANIA

Symulację numeryczną zrealizowano za pomocą programu Visual ModFlow 4.2 (algorytm numeryczny ModFlow-2000). Modelowanie przeprowadzono w dwóch etapach:

- I etap – odwzorowanie przepływu w warunkach naturalnych (fig. 3);
- II etap – symulacja prognozowanych prac odwodnieniowych w międzymorenowym górnym poziomie wodonośnym dla poszczególnych obiektów (fig. 4).

Celem prac odwodnieniowych jest niedopuszczenie do przesiąkania wód podziemnych przez dno wykopów oraz do wyparcia dna wykopu. Zaleca się prace odwodnieniowe dla wszystkich planowanych głębokich wykopów na terenie projektowanej inwestycji w celu obniżenia zwierciadła wody podziemnej co najmniej do głębokości 1 m poniżej dna wykopów.

Zaprojektowano 7 sekcji studni odwadniających (I, IIa–d, III i IV), których liczba, głębokość i wydajność odwod-

nienia zależały od głębokości fundamentów pod poszczególnymi obiektami inwestycji. Każda sekcja w zależności od warunków hydrogeologicznych liczyła od 2 do 6 otworów. Odwodnienia projektowanych obiektów określono na głębokości 1 m poniżej dna wykopów, tj. 5,5–15,3 m p.p.t. Docelowa głębokość zwierciadła w poszczególnych wykopach mieściła się w przedziale 6,5–16,3 m p.p.t. Założono jednocześnie, że poszczególne obiekty budowlane, a tym samym prace odwodnieniowe, nie będą wykonywane w tym samym czasie.

Na podstawie modelowania oszacowano, iż wydajność studni odwadniających będzie mieścić się w przedziale 3–11 m³/godz., a sumaryczna wydajność poszczególnych sekcji będzie wynosić 22–27 m³/godz. Badania modelowe wykazują, że promień leja depresji nie powinien przekroczyć 1 km i wpłynąć na ujęcia wód podziemnych, z których większość jest obecnie nieczynna. Mimo to nie można wykluczyć, że długotrwałe pompowanie może spowodować

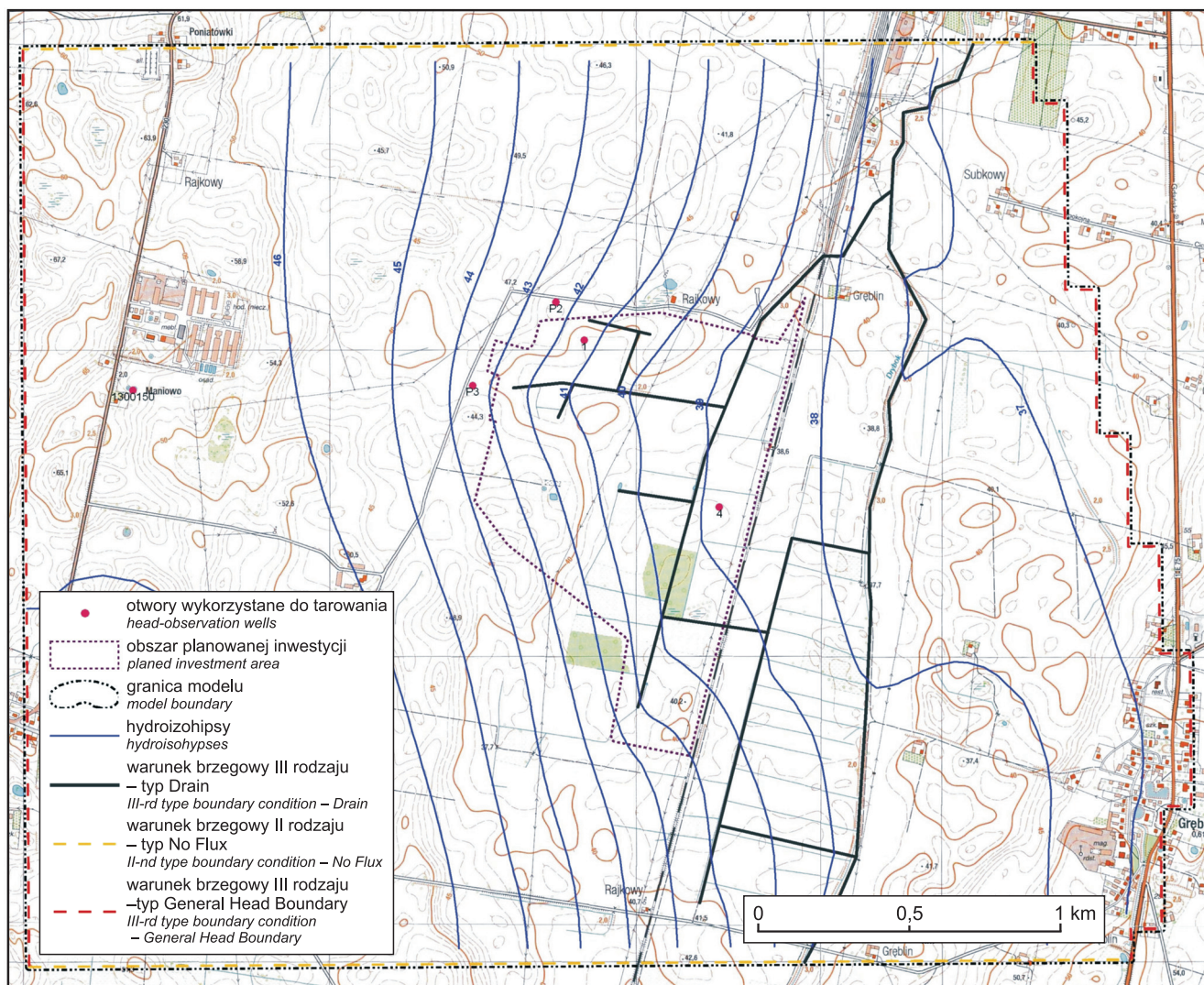


Fig. 3. Mapa warunków brzegowych i zwierciadła wód podziemnych poziomu międzymorenowego górnego w warunkach naturalnych

Map of boundary conditions and groundwater table of upper intermorain aquifer

obniżenie zwierciadła wody. Po zakończeniu odwodnienia zwierciadło wody powinno wrócić do stanu naturalnego. Prace odwodnieniowe nie powinny również wpłynąć na okoliczne studnie kopane ujmujące poziom przypowierzchniowy.

Wyniki symulacji przedstawiono na przykładzie odwodnienia sekcji I (fig. 4, tab. 2). Sporządzony na etapie prowa-

dzonych prac budowlanych projekt odwodnienia powinien uwzględniać obniżenie wysokości ciśnienia w warstwie wodonośnej międzymorenowej górnej poniżej dna wykopu, w celu zabezpieczenia jego przed przebicciem hydraulicznym bądź wyparciem dna wykopu. Powinien także uwzględniać odwodnienie przewarstwień piaszczystych w glinach, które występują poniżej dna wykopu.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zasadniczym problemem w projektowaniu głęboko posadowionych obiektów było oszacowanie wielkości dopływu wody do wykopów wykonywanych podczas prac budowlanych. Materiały archiwalne przedstawiały dosyć ogólny obraz budowy geologicznej, zbyt mało szczegółowy jak na potrzeby przeprowadzenia symulacji zmian warunków hy-

drogeologicznych i ich wpływu na otoczenie podczas wykonywanych odwodnień.

W celu szczegółowego rozpoznania środowiska hydrogeologicznego wykonano 2 hydrowęzły oraz 4 piezometry stałe wokół planowanej inwestycji, które mają pełnić funkcję sieci monitoringu. Hydrowęzły zaprojektowano w rejo-

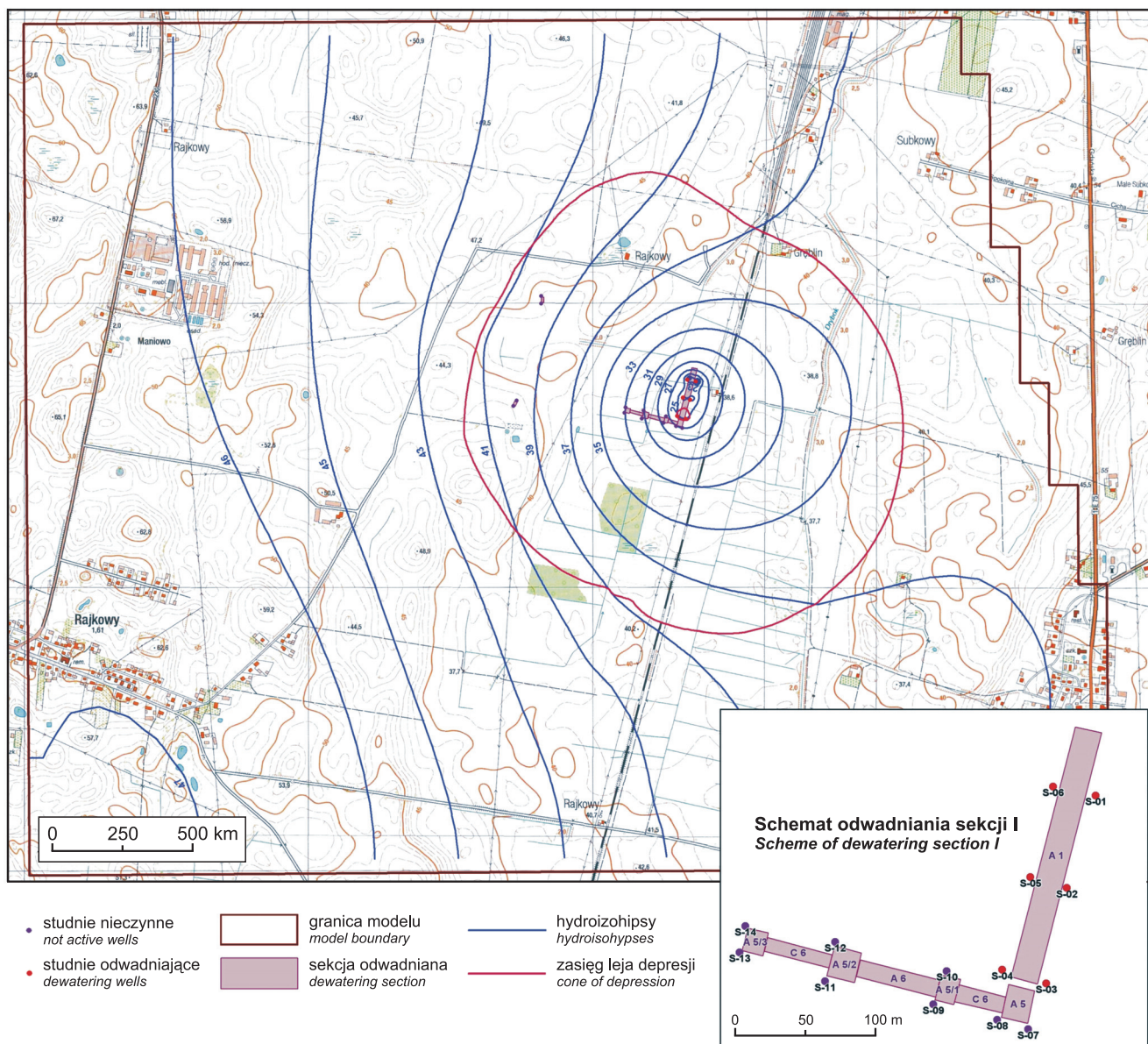


Fig. 4. Mapa warunków hydrogeologicznych poziomu międzymorenowego górnego podczas odwadniania sekcji I

Map of groundwater conditions in upper intermorain aquifer during dewatering at section I

nie najgłębszych wykopów (głębokość 5,5–15,3 m p.p.t.). W celu uzyskania parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej przeprowadzono w wykonanych hydrowęzłach pompowania badawcze w warunkach dopływu ustalonego. W pozostałych dwóch projektowanych hydrowęzłach, w których stwierdzono lokalny zanik warstwy wodonośnej, odstąpiono od planowanych testów i hydrowęzłom nie wykonano.

Efektom prac terenowych i analizy materiałów archiwalnych było opracowanie szczegółowego modelu hydrogeologicznego, który posłużył do przeprowadzenia numerycznej analizy przepływu wód podziemnych w poziomie międzymorenowym górnym. W celu niedopuszczenia do wyparcia dna wykopu przyjęto założenie, iż zwierciadło wody odwadnianego poziomu międzymorenowego górnego musi stabilizować się około 1 m poniżej dna wykopu. Dzięki temu symulacje numeryczne pozwoliły oszacować ilość wody jaką należy wypompować w celu osiągnięcia zamierzonej depresji oraz wstępnie określić położenie studni odwadniających. Symulacja wykazała również brak wpływu na znajdujące się w promieniu 1 km od prowadzonych prac ujęcia wód podziemnych, z których większość jest nieczynna.

Dzięki wykonaniu kompleksowych badań terenowych (kartowanie hydrogeologiczne, próbne pompowania) oraz wykorzystaniu symulacji numerycznych opracowano szczegółowy model warunków hydrogeologicznych. W wyniku analizy dostępnych danych nie stwierdzono na badanym obszarze bezpośrednich kontaktów hydraulicznych między poziomem międzymorenowym górnym i występującymi

zować się około 1 m poniżej dna wykopu. Dzięki temu symulacje numeryczne pozwoliły oszacować ilość wody jaką należy wypompować w celu osiągnięcia zamierzonej depresji oraz wstępnie określić położenie studni odwadniających. Symulacja wykazała również brak wpływu na znajdujące się w promieniu 1 km od prowadzonych prac ujęcia wód podziemnych, z których większość jest nieczynna.

Tabela 2

Schemat odwadniania głębokich wykopów w projektowanej inwestycji

Deep excavations dewatering system scheme

Odwadniana sekcja	Rzędna obniżonego zwierciadła wód podziemnych [m n.p.m.]	Liczba studni odwadniających	Łączna wydajność studni odwadniających	
			Q [m ³ /d]	Q [m ³ /h]
I	28,0	6	624,0	26,0
	27,0			
II a	23,0	4	576,0	24,0
	22,0			
II b	24,0	4	729,0	27,0
	23,0			
II c	26,0	4	729,0	27,0
	25,0			
II d	26,0	4	600,0	25,0
	25,0			
III	29,0	2	424,8	17,7
	28,0			

głębiej poziomami wodonośnymi. Niemniej wyniki prac modelowych ze względu na bardzo zróżnicowane warunki występowania odwadnianego międzymorenowego górnego poziomu wodonośnego należy traktować jako szacunkowe.

Bilans modelu, choć szacunkowy, wskazuje na przepływ wody z poziomu międzymorenowego górnego do rzeki Drybok, mimo utrudnień w przepływie. Zaobserwowano również wpływ drenażu przez system melioracji powierzchniowych odprowadzający wodę do Dryboku. Jak wykazują wyniki modelu, należy zaprojektować na terenie inwestycji sieć stałego drenażu, powiązaną z istniejącą siecią melioracji.

Poziom międzymorenowy górny to jedyny poziom wodonośny, który stanowi zagrożenie dla planowanej inwestycji. W związku z tym należy zaplanować obniżenie ciśnienia tego poziomu poniżej dna wykopu tak, aby nie doszło do jego wyparcia lub przebicia hydraulicznego.

Wydzielono 7 sekcji odwadniających, z których każda pozwala na odwadnianie jednego lub dwóch obiektów. Każ-

da z wydzielonych sekcji odpowiada jednemu z obiektów, dla którego planowane jest wykonanie głębokiego wykopu. Zalecane jest dla wykonawcy robót budowlanych odwadnianie jednocześnie tylko jednego obiektu.

Jak wykazały badania modelowe, prace związane z odwadnianiem wykopów nie powinny znacząco oddziaływać na środowisko, a zasięg odwodnienia nie powinien przekroczyć jednego kilometra. W zasięgu oddziaływania nie stwierdzono czynnych ujęć wód podziemnych, a także występowania ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Wpływ na lokalne zasoby tych wód będzie minimalny.

Odwodnienie wykopów nie powinno również wpłynąć na jakość wód podziemnych ze względu na dobrą izolację poziomu międzymorenowego górnego od powierzchni terenu. Jednak ze względu na lokalny zanik izolacji bezpośrednio pod wykopami i fundamentami należy rozważyć prowadzenie przez wykonawcę monitoringu wód podziemnych w tej warstwie na kierunku ich odpływu.

LITERATURA

- LIDZBARSKI M., 1998a — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Godziszew. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIDZBARSKI M., 1998b — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Tczew. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIDZBARSKI M., 1998c — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Gniew. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KŁOS W., 2009 — Dokumentacja z wstępnych badań podłoża gruntowego dla lokalizacji obiektu elektrowni węglowej w miejscowości Rajkowy pow. Tczewski, woj. Pomorskie. Geoprojekt, Gdańsk.
- KONDRACKI J., 2009 — Geografia regionalna Polski. Polskie Wyd. Nauk., Warszawa.
- KOWALCZYK S., UJDA K., 1987 — Porównanie opadów atmosferycznych. Mat. Bad. IMiGW, Ser. Meteorologia, **14**.
- MOJSKI J.E., 1988 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Tczew. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- PETELSKI K., 2003 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Godziszewo. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- RABEK W., 1984 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Starogard Gdański. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TUREK S., 1971 — Poradnik hydrogeologa. Wyd. Geol., Warszawa.
- WROTEK K., 1983 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, ark. Gniew. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ZIÓLKOWSKI M., 1998 — Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Starogard Gdański. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

SUMMARY

The main development problem of the deep foundations building was the estimation of water volume inflow during construction works. Archival materials present very general picture of geological structure in this area – not detailed enough for simulation of hydrogeological condition changes and their influence on the environment during dewatering.

In order to identify the hydrogeological condition the execution of four pumping wells with observation wells and six steady monitoring piezometers around the planned Power Plant North were constructed. The four pumping wells with observation wells were scheduled in the area of the deepest excavations (5,5–15,3 m b.g.l.). In addition, two piezometers were drilled in order to check the existence of hydraulic contact between aquifer and the Drybok river. To obtain

more detailed data about the aquifer and wells parameters, the pumping test was conducted under steady state conditions. In the very beginning the pumping tests were assumed in all four pumping wells with observation wells at three dynamic levels (4, 8, 12 m³/h). However, such objective was not possible at each pumping well, because of complex hydrogeological conditions. Even though, the pumping test results let to specify in detail hydrogeological conditions in the area. The data obtained from the research and pump tests were used for mathematical model determination of upper-moraine aquifer drainage during deep construction works of the power plant. Those simulations allowed not only to obtain the wells discharge, that have to dewater the bottom of the deep excavations, but also to approximate the influence of planned dewatering works on the environment.

