

Wpływ budowy Opery Podlaskiej na zmianę poziomów wód gruntowych w jej otoczeniu

**Dr hab. inż. Zenon Szypcio, prof. nadzw. PB, dr inż. Katarzyna Dołyk
Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska**

Zdaniem wielu inżynierów większość problemów budowy i eksploatacji budowli jest bezpośrednio lub pośrednio związana ze zmianami poziomów i przepływem wód gruntowych w podłożu [4]. Dla budowli posadowionych poniżej zwierciadła wód gruntowych wymaga się możliwie pełnego rozpoznania warunków gruntowo-wodnych celem optymalnego rozwiązania zagadnień współdziałania obiektu z otoczeniem, tak na etapie budowy, jak i eksploatacji. Na każdym etapie należy rozpatrywać aspekty techniczne, ekonomiczne i środowiskowe [2, 3, 4, 6, 8].

W Eurokodzie 7 [7] rozróżnia się trzy poziomy złożoności kompleksowych zagadnień współdziałania budowli z otoczeniem, poprzez wprowadzenie trzech kategorii geotechnicznych. W każdym stadium projektowania i wykonywania zaleca się sprawdzanie przyjętej kategorii i w razie potrzeby jej zmianę [1, 7].

Przy bardziej złożonych zagadnieniach geotechnicznych jest konieczna znajomość nie tylko najbliższego terenu budowy i najbliższego jej sąsiedztwa, ale również geologii terenu w znacznie większym obszarze otoczenia budowli. Szczególnie jest to istotne przy analizie zmian poziomów wód gruntowych w bliższym i dalszym otoczeniu budowli, tak na etapie wykonawstwa, jak i eksploatacji [2, 4].

Budowa Opery Podlaskiej jest jednym z wielu przykładów wpływu budowli na zmiany poziomów wód gruntowych w jej otoczeniu.

OPERA PODLASKA

Na początku XXI wieku Zarząd Województwa Podlaskiego podjął decyzję o budowie Opery Podlaskiej jako wielofunkcyjnego obiektu kultury w miejscu istniejącego od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku amfiteatru muzycznego.

Obiekt o powierzchni całkowitej ponad 16000 m², w tym powierzchni zabudowy ponad 6300 m², o kubaturze ponad 10800 m³, mogący pomieścić jednocześnie ponad 1000 osób na widowni. Maksymalna wysokość wynosi 32,8 m ponad przyjęty poziom zerowy posadzki, zaś maksymalne zagłębienie 11,1 m w podsceniu (rys. 1).

Budynek Opery Podlaskiej w swojej idei ma łączyć naturę i kulturę ponad przeciwieństwami światopoglądowymi Podlasia. Projektując kolumnadę, amfiteatr i park na dachu, efekt ten osiągnięto, łącząc sztukę architektoniczną ze sztuką formowania ogrodu i rozwoju miasta.

WARUNKI GRUNTOWO-WODNE

Teren otoczenia Opery Podlaskiej znajduje się na obszarze Niziny Podlaskiej, pod względem geomorfologii stanowi fragment Wysoczyzny Białostockiej.

W podłożu, do głębokości wykonanych badań podłoża, występują utwory czwartorzędowe plejstoceniowe przykryte war-



Rys. 1. Widok Opery Podlaskiej (www.unibep.pl)

stwą nasypów. Nasypy uformowano w czasie budowy amfiteatru z piasków drobnych o różnej grubości, od 0 do 5 m.

Poniżej nasypów zalegają średnio zagęszczone grunty niespoiste: piaski drobne, piaski drobne zaglinione i piaski pylaste. Pod warstwą gruntów niespoistych zalegają grunty spoiste: gliny piaszczyste i piaski gliniaste w stanie twaroplastycznym i półwartym.

W makro-skali wody gruntowe w rejonie Opery Podlaskiej płyną w kierunku rzeki Białej po stropie warstw gruntów spoistych (rys. 2) [5, 9].

Rozpoznanie podłoża było wykonywane na różnych etapach projektowania i budowy Opery Podlaskiej. Rozmieszczenie otworów badawczych pokazano na rys. 3.

W ramach badań wstępnych podłoża wykonano 3 otwory o głębokości 15 m, oznaczone jako: A1A, A2A i A3A w lipcu 2005 roku (rys. 3). Dodatkowe 9 otworów o głębokości od 12 do 24 m i pełną dokumentację geotechniczną konieczną do wykonania projektu Opery Podlaskiej wykonano w listopadzie 2005 roku. Na rys. 3 otwory te oznaczono jako: 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A, 9A [9].

Na potrzeby projektu ulic Młynowej i Kijowskiej wykonano otwory badawcze o głębokości 3,0 m, oznaczone jako: AM6, AM7, AM8, AM9, AM10, AK3, AK4, AK5, AK6 (rys. 3).

Pod koniec 2007 roku i na początku 2008 roku na terenie leżącym pomiędzy placem budowy Opery Podlaskiej a ul. Młynową zaobserwowano od 2 do 5 m podniesienie zwierciadła wód gruntowych w stosunku do poziomów z 2005 roku.

W listopadzie 2009 roku wykonano 19 otworów badawczych celem precyzyjnego określenia poziomów wód gruntowych w otoczeniu budowy Opery Podlaskiej. Na rys. 3 otwory te oznaczono jako: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 [9].

W celu znalezienia przyczyn tak znacznych zmian poziomów zwierciadła wód gruntowych wykonano w 2010 roku dodatkowe otwory badawcze celem określenia położenia stropu warstw gruntów spoistych. Otwory te na rys. 3 oznaczono jako: 1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 1D, 2D, 3D, MD2, MD3, MD4, MD5.

Na rys. 4 pokazano zmiany poziomów zwierciadła wód gruntowych w czasie i układ warstw geotechnicznych podłoża.

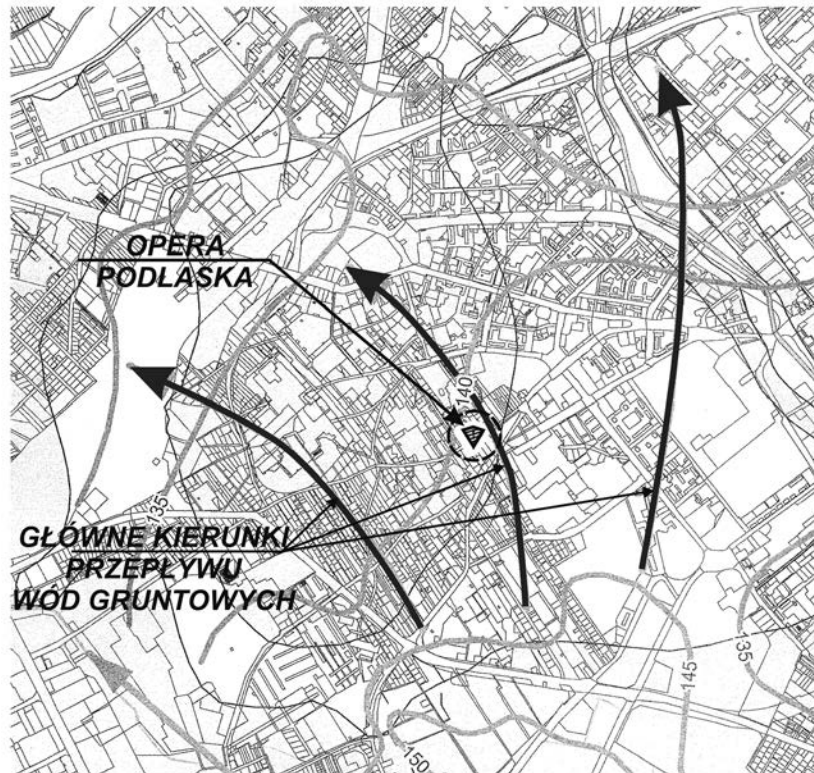
Z analizy wyników badań geotechnicznych wynika, że w rejonie projektowanego budynku Opery Podlaskiej wystąpiły duże zmiany poziomów wód gruntowych w krótkim czasie. W czerwcu 2005 roku poziom wód gruntowych był około 2 m wyższy od poziomu pomierzonego w październiku tego roku.

Znaczące różnice poziomów wód gruntowych w krótkim czasie nie były analizowane ani na poziomie badań geotechnicznych, ani podczas wykonywania projektu.

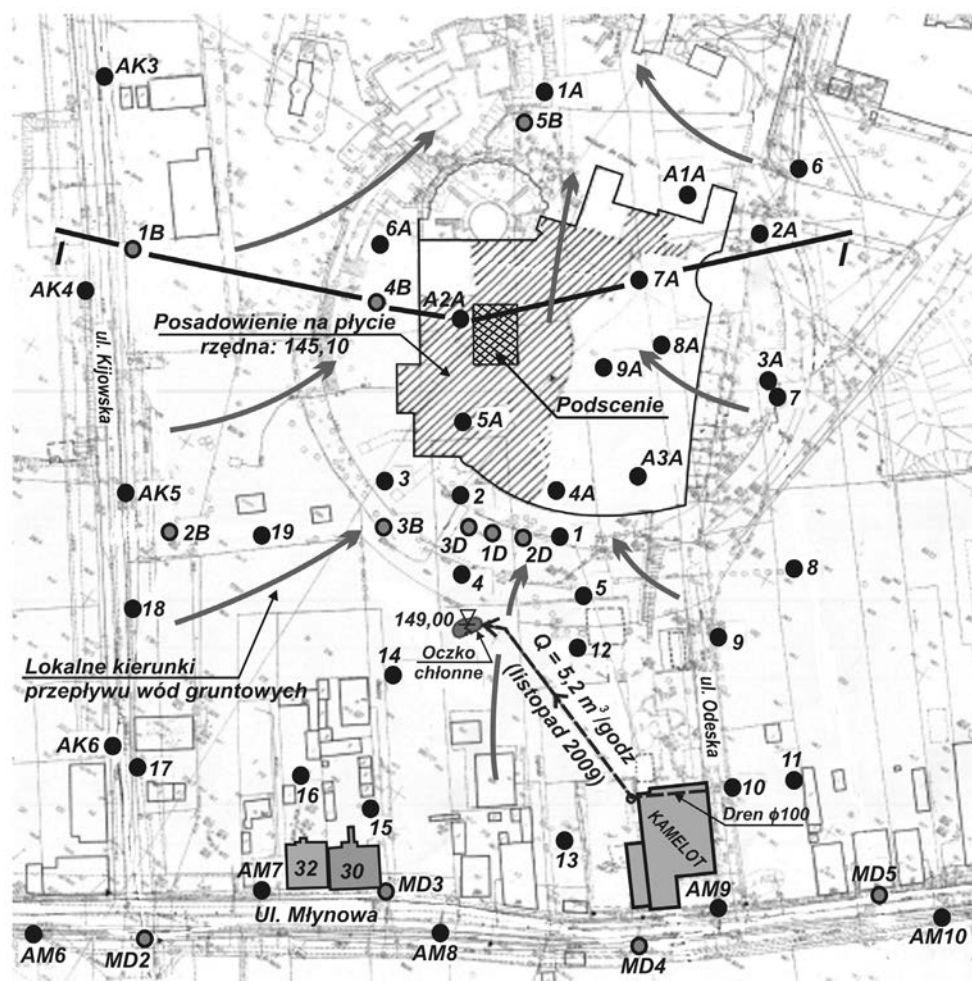
Najwyższy zaobserwowany poziom wód gruntowych w listopadzie 2009 roku po wybudowaniu Opery Podlaskiej był o ponad 5 m wyższy od poziomu najniższego pomierzonego przed budową opery.

Analizując wyniki badań podłoża wykonanych w różnych okresach, można stwierdzić, że:

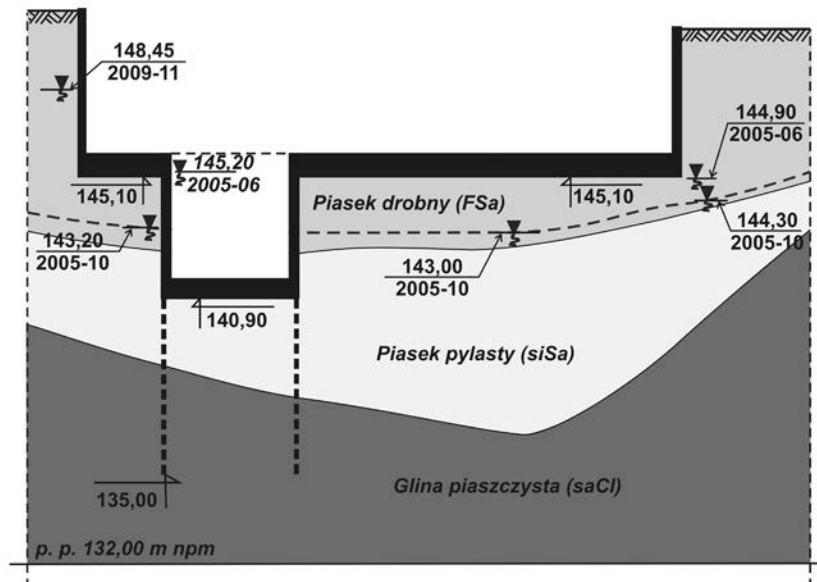
- strop warstw gruntów spoistych podłoża w otoczeniu Opery Podlaskiej jest ukształtowany w formę rynny historycznie wyżłobionej przez wody gruntowe płynące w gruncie w kierunku rzeki Białej,
- w przybliżeniu, poziomy stropu warstw gruntów spoistych podłoża wzdłuż ulicy Kijowskiej i Odeskiej są wododziałami wód gruntowych,
- budynek Opery Podlaskiej jest usytuowany w przybliżeniu w środku tak ukształtowanej rynny,
- wody opadowe infiltrujące w podłoże płyną w kierunku najniższego punktu rynny i dalej w kierunku rzeki Białej (rys. 3),
- takie ukształtowanie stropu warstw gruntów nieprzepuszczalnych i stosunkowo słaba przepuszczalność piasków drobnych i pylastych leżących ponad warstwą gruntów spoistych powoduje znaczne zmiany poziomów zwierciadła wód gruntowych w krótkim okresie czasu wywoływanych infiltracją wód opadowych.



Rys. 2. Kierunki przepływu wód gruntowych w skali makro



Rys. 3. Rozmieszczenie otworów badawczych



Rys. 4. Warstwy geotechniczne i poziomy zwierciadła wód gruntowych

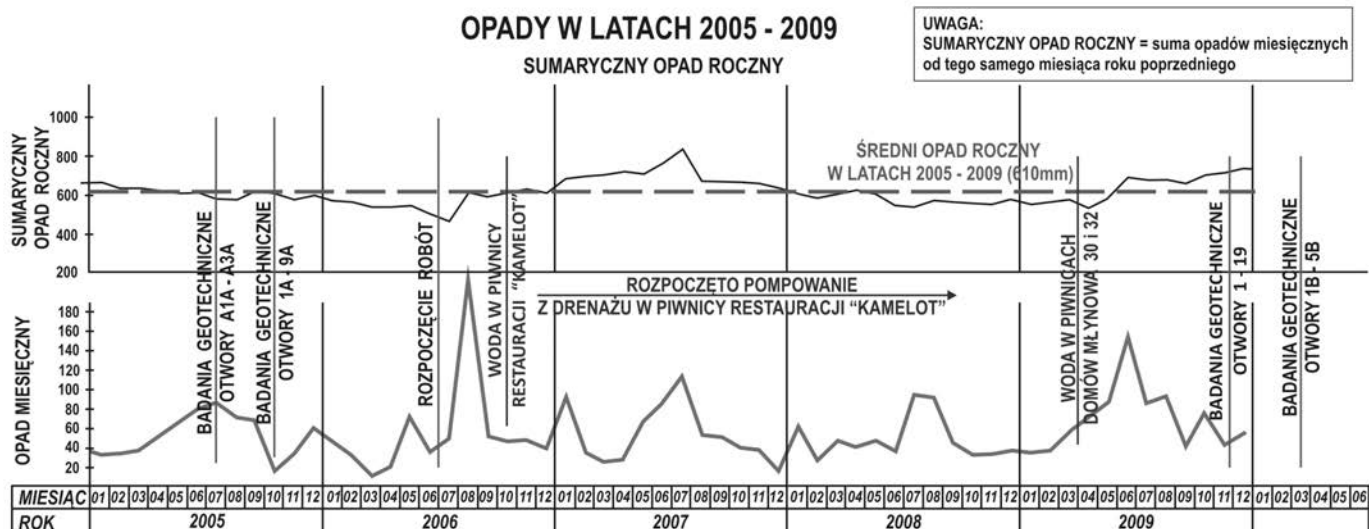
SEKWENCJA ZDARZEŃ

W miejscu budowy Opery Podlaskiej na przełomie wieku XVII i XVIII był staw [9]. Po wybudowaniu amfiteatru nawet intensywne opady deszczu nie powodowały podtopień terenu i piwnic budynku. Z badań podłoża wykonanych w 2005 roku wynikało, że poziom posadowienia budynku Opery Podlaskiej jest powyżej udokumentowanego poziomu zwierciadła wód gruntowych, a jedynie podscenie jest posadowione poniżej. W lipcu 2006 roku rozpoczęto budowę Opery Podlaskiej. W październiku 2006 roku pokazała się woda w piwnicy restauracji KAMELOT i właściciel restauracji w pomieszczeniu piwnicznym wykonał dren przy ścianie najbliższej budowie Opery Podlaskiej i wodę odprowadzał do oczka chłonnego położonego w sąsiedztwie budowy na własnej działce (rys. 3). W marcu 2009 roku woda pokazała się w piwnicach domów przy ul. Młynowa 30 i 32 (rys. 3). Z badań poziomów wód gruntowych wykona-

nych w listopadzie 2009 roku wynika, że poziomy zwierciadła wód gruntowych na terenie położonym pomiędzy budowaną Operą Podlaską a ul. Młynową są o kilka metrów wyższe niż to wynikało z badań podłoża w 2005 roku [9, 10]. Stwierdzono lokalnie przeciwny kierunek przepływu wód gruntowych, niż to wynikało z badań poprzednich. W wyniku zmian poziomów wód gruntowych pojawiła się woda w studzienkach telefonicznych i lokalnie znaczne prędkości przepływu wody wywołały zjawisko sufozji, powodując rozszczelnienie szamb.

Po wybudowaniu kanalizacji deszczowej w ul. Młynowej obniżyło się zwierciadło wód gruntowych w otoczeniu Opery Podlaskiej. Zniknęła woda z piwnic domów Młynowa 30 i 32 oraz piwnicy restauracji KAMELOT.

W chwili obecnej nie stwierdzono zagrożeń dla budynku Opery Podlaskiej, budynków przy ulicy Młynowej i restauracji KAMELOT.



Rys. 5. Opady deszczu w latach 2004-2009 w Białymstoku

WPŁYW BUDOWY OPERY PODLASKIEJ NA ZMIANY POZIOMÓW WÓD GRUNTOWYCH

Budynek Opery Podlaskiej posadowiony w znacznej części na płycie fundamentowej w piaskach drobnych oraz pylastych i podscenie posadowione w gruntach spoistych (rys. 4) znacząco utrudnia naturalny przepływ wód gruntowych w kierunku rzeki Białej.

Wyjątkowo intensywne opady deszczu w sierpniu 2006 roku czterokrotnie przewyższające średniomiesięczny opad (rys. 5) spowodowały znaczne podniesienie poziomu wód gruntowych i podtopienie piwnic restauracji KAMELOT.

Wody pompowane z drenu usytuowanego w piwnicy restauracji KAMELOT do oczka chłonnego usytuowanego przy budowie opery na posesji właściciela restauracji wywołały znaczny wzrost poziomów wód gruntowych, lokalne zmiany kierunków i prędkości przepływu oraz podtopienie piwnic budynków przy ul. Młynowej.

Jednoznacznie należy stwierdzić, że budynek Opery Podlaskiej usytuowany w rynnach stropu gruntów spoistych [9, 10] znacznie utrudnia naturalny przepływ wód gruntowych w kierunku rzeki Białej i był przyczyną znacznych zmian poziomów wód gruntowych i podtopień piwnic budynków.

Kanał deszczowy zbudowany w ciągu ul. Młynowej zadziałał jako dren i zmienił diametralnie poziomy wód gruntowych. Wody gruntowe płynące po stropie warstw gruntów spoistych w kierunku budynku Opery Podlaskiej i dalej w kierunku rzeki Białej są przechwytywane przez kanalizację w ul. Młynowej. Wody infiltrujące z terenu położonego pomiędzy ul. Młynową a budynkiem opery nie wywołują tak znacznego wzrostu poziomu wód gruntowych i do chwili obecnej nie obserwowano problemów wywołanych wodą gruntową w budynkach przy ul. Młynowej, restauracji KAMELOT, studzienkach instalacji telefonicznych i budynku Opery Podlaskiej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W wielu przypadkach jest konieczna analiza sytuacji hydrogeologicznej na znacznie większym obszarze niż działka przeznaczona pod budowę. Sygnałem do konieczności takiej analizy mogą być znaczne różnice poziomów zwierciadła wód gruntowych obserwowane w krótkim czasie.

Mapy hydrogeologiczne wykonane 20 lat temu mogą być nam bardzo pomocne w analizie, chociaż w obszarach intensywnej zabudowy poziomy wód gruntowych mogły ulec znacznym zmianom.

Budowle posadowione nawet powyżej udokumentowanego na potrzeby projektu poziomu wód gruntowych mogą być znaczną przeszkodą przy przepływie wód gruntowych przy maksymalnych ich poziomach. Jest to szczególnie istotne, gdy strop warstw gruntów nieprzepuszczalnych jest ukształtowany w postaci rynien i przykryty gruntami przepuszczalnymi.

Wykop kanału deszczowego zasypywany gruntem niespoistym o dużym współczynniku filtracji jest swego rodzaju drenem zmieniającym często poziomy wód gruntowych.

Budowa Opery Podlaskiej dowodzi, że nawet dobre lub bardzo dobre warunki posadowienia mogą w szczególnych przypadkach spowodować znaczne problemy techniczne w czasie budowy i eksploatacji obiektu.

LITERATURA

1. Bzówka J., Knapik K., Juzwa A., Stelmach K.: Geotechnika komunikacyjna. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012.
2. Briand J.-L.: Geotechnical Engineering. Unsaturated and Saturated Soils. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey 2013.
3. Dąbrowski H.: Obudowy głębokich wykopów – odwodnienia. Seminarium IBDiM i PZWFS, Warszawa 22 kwietnia 2010.
4. Day R. W.: Geotechnical Engineer's. Portable Handbook. McGraw-Hill Comp. Inc., USA 2012.
5. Kwiatkowski M.: Orientacyjne kierunki przepływu wód podziemnych. Dokumentacja techniczna Opery Podlaskiej, Białystok 2005.
6. Opęchowski W.: Uwarunkowania hydrogeologiczne głębokiego fundamentowania. Seminarium IBDiM i PZWFS, Warszawa 22 kwietnia 2010.
7. PN-EN 1997-1. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne. PKN, Warszawa 2008.
8. Siemińska-Lewandowska A.: Głębokie wykopy. Projektowanie i wykonawstwo. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
9. Szypcio Z., Dołżyk K.: Ekspertyza. Wpływ budynku Opery Podlaskiej na zmiany poziomów wód gruntowych w jej otoczeniu – Etap I, Politechnika Białostocka 2010.
10. Szypcio Z., Dołżyk K.: Ekspertyza. Wpływ budynku Opery Podlaskiej na zmiany poziomów wód gruntowych w jej otoczeniu – Etap II, Politechnika Białostocka 2010.