

**dr inż. Witold Sterpejkowicz-Wersocki**

Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Hydrotechniki  
ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, tel. (058) 347 27 02  
email: wste@pg.gda.pl

## **Odwodnienia obiektów wielkopowierzchniowych za pomocą zespołu studni depresyjnych.**

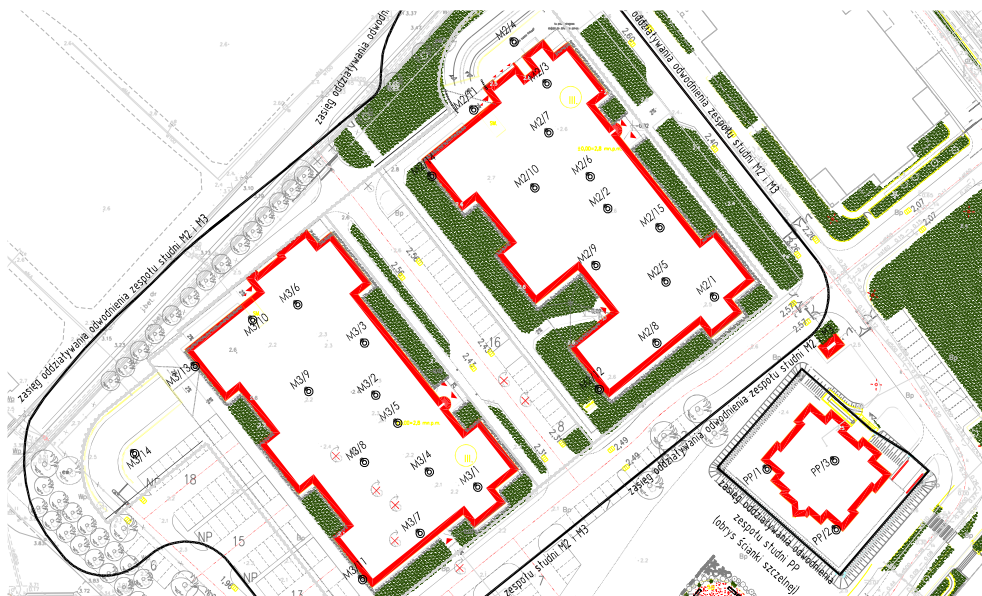
**Streszczenie:** Realizacja odwodnienia wykopu fundamentowego dla obiektu wielkopowierzchniowego wymaga nie tylko osiągnięcia żądanej depresji wewnątrz wykopu, ale również, aby stało się to przy możliwie jak najmniejszym wpływie tego odwodnienia na tereny przyległe. W niniejszym artykule przedstawiono uwarunkowania dotyczące projektowania i realizacji odwodnienia obiektu wielkopowierzchniowego na przykładzie obiektu o przeznaczeniu biurowym realizowanego w Gdańsku w latach 2011/2012.

### **1. Wprowadzenie i założenia projektowe**

Inwestycje prowadzone na obszarach miast wymagają w wielu przypadkach głębokiego posadowienia budynków. W pasie nadmorskim, w warunkach stosunkowo płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej, oznacza to konieczność stosowania tymczasowych odwodnień wykopów budowlanych oraz wykonywania obiektów w technologii zapewniającej zachowanie szczelności konstrukcji.

Punktem wyjścia do określenia parametrów systemu odwodnienia jest dokumentacja geologiczno-inżynierska oraz hydrogeologiczna, których zasadniczym zadaniem jest określenie warunków gruntowo-wodnych występujących w podłożu budowli. W ramach dokumentacji hydrogeologicznej wykonuje się ponadto próbnę pompowanie studnią (studniami) o parametrach zbliżonych do studni projektowanych, których celem jest określenie charakterystycznych parametrów filtracyjnych, w tym współczynnika filtracji warstwy wodonośnej w warunkach „in situ”, określenie wydajności eksploatacyjnej i maksymalnej studni.

Projektując odwodnienie wykopu z reguły zakłada się, że poziom obniżonego zwierciadła wody gruntowej obejmować będzie całe dno wykopu i układać się będzie nie wyżej niż 0,5 m poniżej warstwy betonu niekonstrukcyjnego, włączając w to wszelkie przegłębienia fundamentu, np. w miejscach szybów windowych, zbiorników wody przeciw pożarowej, itp.



Rys. 1 – Plan sytuacyjny odwadnianych budynków

Obliczenia przeprowadza się wielowariantowo, mając na względzie z jednej strony odwodnienie wykopu, a z drugiej – dążąc do minimalizacji wydatku zespołu studzien depresyjnych i ograniczenia wpływu odwodnienia na tereny przyległe do odwadnianego wykopu budowlanego. Rozwiązaniem, które jest często stosowane w przypadku odwodnień studniami w warunkach miejskich, jest umieszczenie studni depresyjnych wewnątrz wykopu w obudowie ze ścianek szczelnych lub szczelinowych.

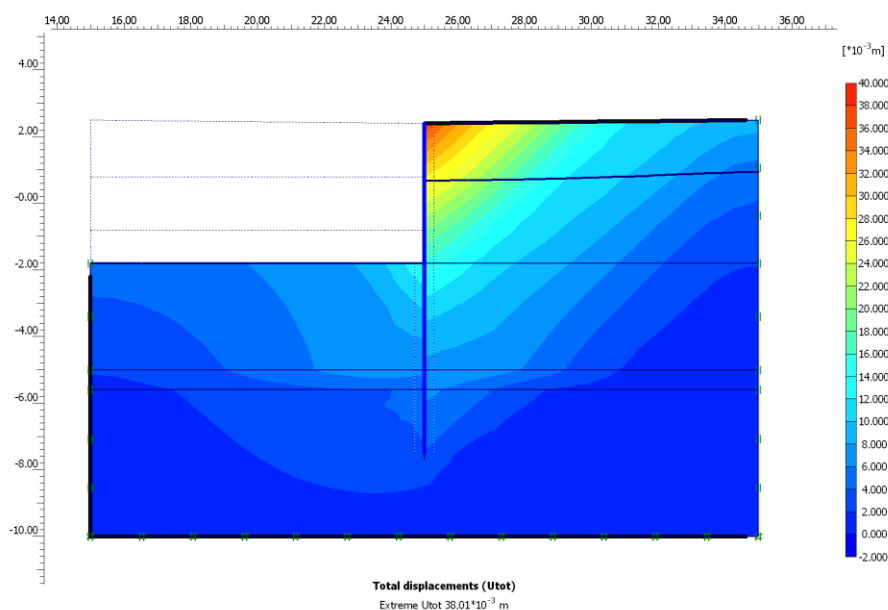


Rys. 2 – Ogólny widok placu budowy

Pozwala to na odwodnienie wykopu, przy znacznej redukcji ilości studzien oraz ich wydatku, a przede wszystkim radykalnie ogranicza strefę wpływu odwodnienia na obiekty sąsiednie. W warunkach przykładowej realizacji pierwotnie przyjmowano wariant odwodnienia niezależnego, przesuniętego względem siebie w czasie, dwóch budynków w odrębnych wykopach o powierzchniach po około 4000 m<sup>2</sup>. Ostatecznie jednak ze względów wykonawczych zdecydowano się na wykonanie obu budynków równolegle, we wspólnym wykopie, którego powierzchnia wyniosła około 9600 m<sup>2</sup>, a kubatura – około 40000 m<sup>3</sup>.

## 2. Obudowa wykopu

Przyjęto rozwiązanie obudowy ścian wykopu za pomocą ścianki szczelnej z grodziec stalowych typu AZ18 długości 10,0 m. Ściankę zaprojektowano jako wspornikową. Obliczenia ścianki wykonano przy użyciu programu PLAXIS 8.2 (wersja profesjonalna) przeznaczonego do prowadzenia obliczeń dotyczących zagadnień związanych z posadowieniem i zachowaniem się podłoża różnych konstrukcji. Program umożliwia określenie przewidywanych sił granicznych, przewidywanych mechanizmów zniszczenia oraz rozkładu naprężenia w badanym ośrodku. Częściowe wyniki analiz przedstawiono w Tabl. 1 oraz na wykresie całkowitych przemieszczeń (Rys. 3).

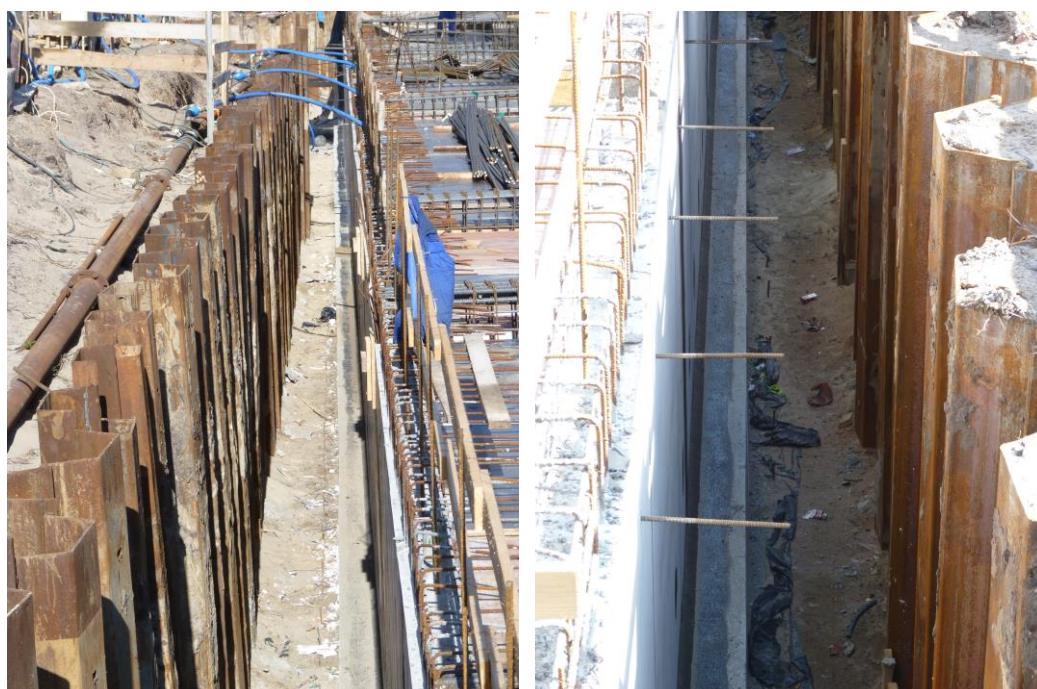


Rys. 3 – Przemieszczenia całkowite

Tabl. 1 – Zestawienie wyników obliczeń ścianki szczelnej

Rodzaj profilu	Długość ścianki	Maksymalne przemieszczenie	Maksymalne wartości sił wewnętrznych na 1 mb ścianki		
			N [kN]	T [kN]	M [kNm]
AZ18	10,0	2,89	-81,9	47,4	54,2

Dla rozpatrywanych przypadków zestawiono wielkości przemieszczeń i wartości sił wewnętrznych w brusach dla najbardziej niekorzystnego przypadku (najgłębszy wykop w bezpośrednim sąsiedztwie ścianki szczelnej). Należy w tym miejscu zaznaczyć, że przyjęta ostatecznie długość ścianki szczelnej nie wynika jedynie z warunków zachowania stateczności uskoju naziomu. Czynnikiem, który również brany był pod uwagę jest ograniczenie rozprzestrzeniania się leja depresji, wywołanego odwodnieniem.



Rys. 4 – Obudowa wykopu

W każdym przypadku, o ile będzie to możliwe, należy dążyć do takiego przyjęcia długości ścianki szczelnej, aby kończyła się ona w gruntach słaboprzepuszczalnych, o ile te występują w podłożu. Oprócz ograniczenia zasięgu leja depresji uzyska się wówczas również zmniejszenie ilości pompowanej wody, co w przypadku

odwodnień obiektów wielkopowierzchniowych ma duże znaczenie, gdyż realizując inwestycję budowlaną może się zdarzyć, że nie można będzie zrzucić pobieranej wody do sieci kanalizacji deszczowej, np. ze względu na jej niewystarczający przekrój.

### 3. Odwodnienie

Wykonanie obu budynków we wspólnym wykopie fundamentowym pozwoliło zredukować liczbę studni, zasięg odwodnienia oraz sumaryczny wydatek zespołu studni w porównaniu do wariantu z dwoma budynkami odwadnianymi osobno. Możliwe było to ze względu na wzajemne nachodzenie na siebie stref odwodnienia obu zespołów studni depresyjnych.

Tabl. 2 – Charakterystyczne rzędne wysokościowe.

Teren naturalny	Zwierciadło wody gruntowej	Posadow. płyty fundament.	Lokalne przegłęb. płyty fundament.	Min. depresja ZWG	Maks. depresja ZWG
[m npm]	[m npm]	[m npm]	[m npm]	[m]	[m]
~ +2,5	~ +1,6	- 1,5	do - 3,8	3,6	5,9

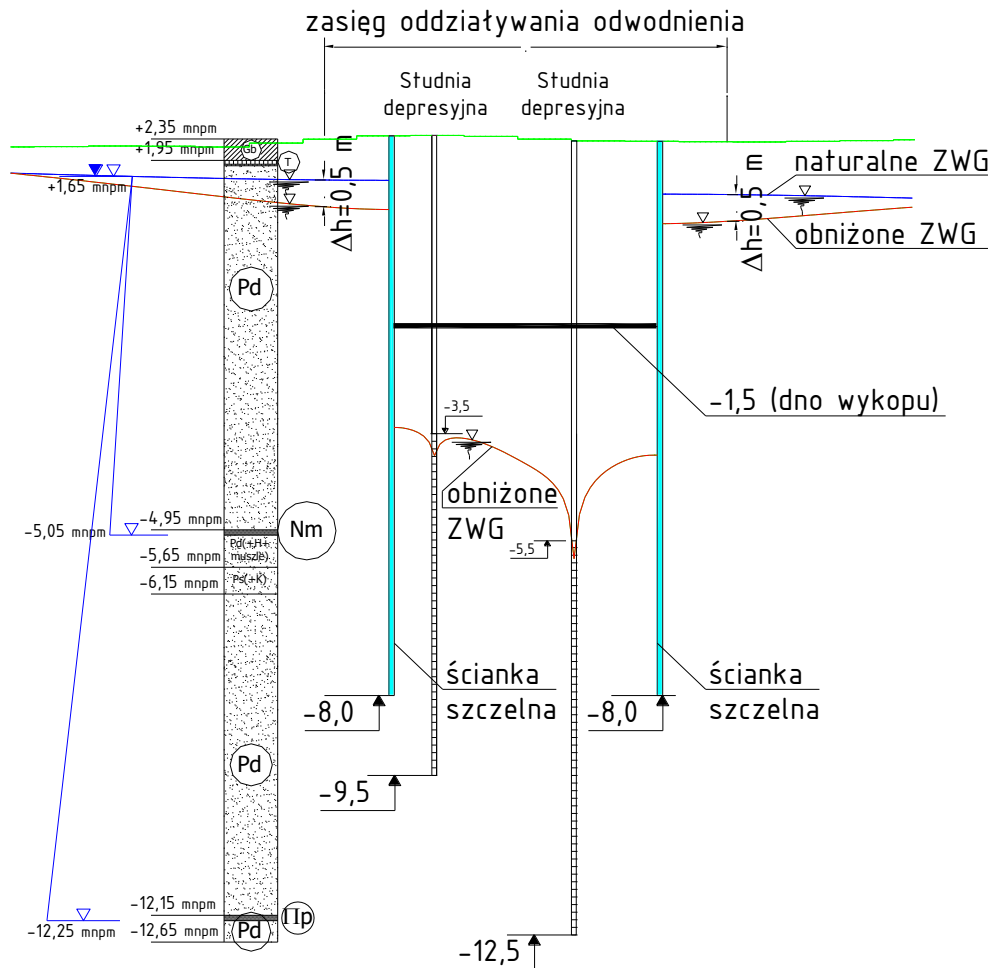


Rys. 5 – Zjazd do garażu.



Z obliczeń wynika, że do takiego systemu należy zastosować układ 27 studni depresyjnych. W podstawowym schemacie pracy systemu odwodnienia, przyjęto, że obniżenie zwierciadła wody obejmie dno całego wykopu, co najmniej 0,5 m poniżej rzędnej spodu podbudowy:

- 1,50 m npm      główny poziom posadowienia kondygnacji garażowej,
- 2,20 m npm      poziom posadowienia zbiornika wody p.poż.,
- 2,60 m npm      poziom przegłębienia lokalnego w zbiorniku wody p.poż.,
- 3,07 m npm      poziom przegłębień lokalnych pod częścią garażową (szyby windowe),
- 3,80 m npm      poziom posadowienia pomieszczenia separatora i przepompowni ścieków.



Rys. 6 – Schemat odwodnienia wykopu.

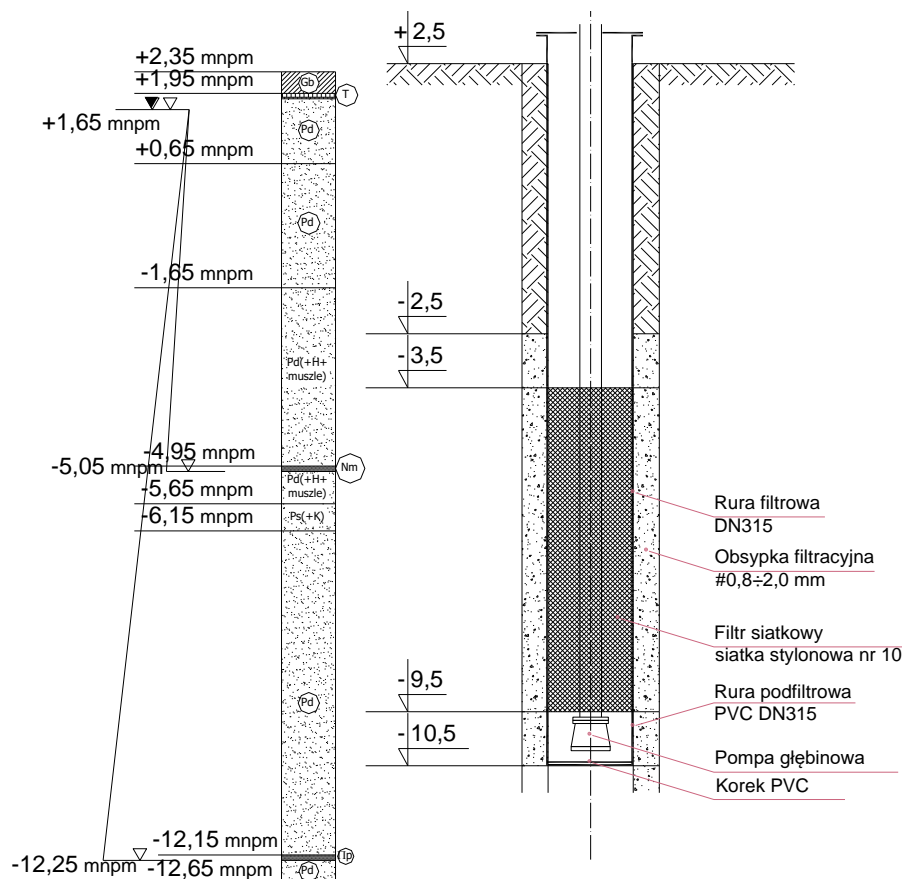
Obliczenia hydrauliczne przeprowadzono przy założeniu wykonywania wykopu w osłonie ścianki szczelnej. Uwzględniając budowę geologiczną podłoża pod obiektem oraz wykonanie ścianki szczelnej, obliczono wydatek zespołu studzien depresyjnych równy około 80 m<sup>3</sup>/h. W trakcie realizacji odwodnienia okazało się jednak, że wydatek konieczny do uzyskania żadanego obniżenia poziomu zwierciadła wody w wykopie musi być większy i w warunkach pracy ustalonej wyniósł on około 110 m<sup>3</sup>/h. Przyczyną tej sytuacji była warstwa żwirów z kamieniami znajdująca się w północno-zachodnim skraju wykopu, na które natrafiono podczas wiercenia studni – grunty te w porównaniu do piasków drobnych, zalegających na pozostałym obszarze, charakteryzują się około 100 krotnie większą przepuszczalnością. Możliwość wystąpienia zwiększonych wydatków należy uwzględnić na etapie projektowania odwodnienia, dobierając pompy z zapasem wydajności.

Szczegółowe obliczenia hydrauliczne oraz analiza warunków hydrogeologicznych odwadnianego terenu pozwoliły wyznaczyć techniczne parametry studni depresyjnych oraz warunki ich eksploatacji zapewniające minimalizację wpływu systemu odwodnienia na tereny przyległe do obszaru wykopu. Zaprojektowano, a następnie wykonano dwa rodzaje studni różniące się między sobą głębokością zapuszczenia oraz długością rury filtrowej. Przykładową konstrukcję studni depresyjnej przedstawiono na rysunku nr 7.

Tabl. 3 – Charakterystyczne parametry studni.

Typ studni	Średnica otworu wiertniczego	Średnica studni	Całkowita długość studni	Długość rury filtrowej	Obsypka filtra
[-]	[mm]	[mm]	[m]	[m]	[-]
Typ I	508	315	13,0	6,0	żwirowa # 0,8 ÷ 2,0 mm
Typ II	508	315	16,0	7,0	żwirowa # 0,8 ÷ 2,0 mm

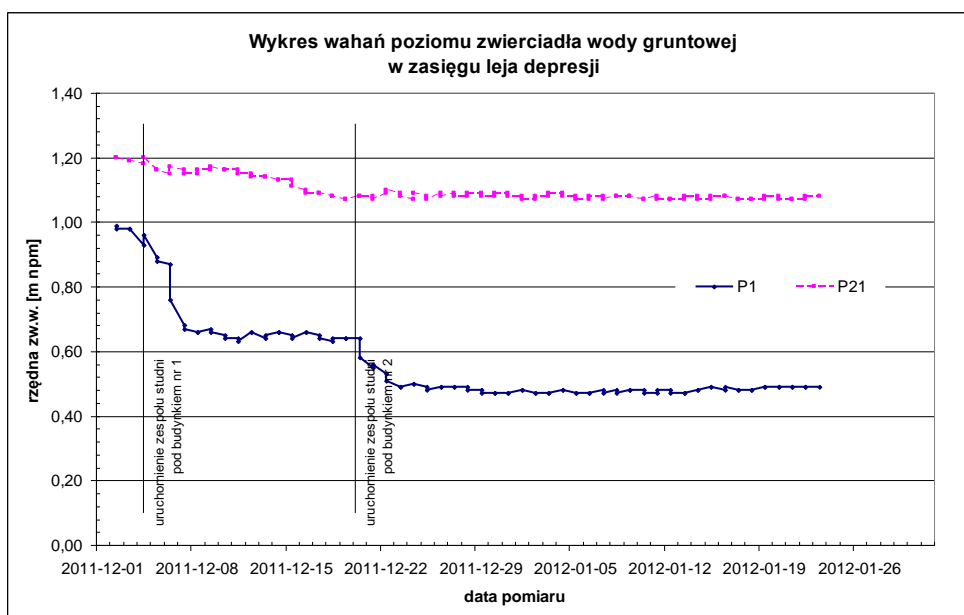
W celu kontroli oddziaływania odwodnienia na otoczenie i sąsiednie obiekty budowlane wykonano sieć 10 piezometrów, które umożliwiają prowadzenie obserwacji położenia zwierciadła wody gruntowej. Pomiary te wykonuje się w okresie trwania odwodnienia, jak również w okresie poprzedzającym i po zakończeniu odwodnienia, aż do osiągnięcia przez poziom zwierciadła wody gruntowej stanu naturalnego.



Rys. 7 – Konstrukcja studni

Obserwacja punktów kontrolnych zlokalizowanych na zewnątrz wykopu pokazała minimalne obniżenie zwierciadła wody gruntowej, które zawiera się w granicy naturalnych wahań zw.w. na tym obszarze. Przykładowy wykres wahań zwierciadła wody dla jednego z piezometrów ilustruje Rys. 8. Pokazano na nim przebiegi wahań zwierciadła wody w wybranych piezometrach.





Rys. 8 – Wykres wahań poziomu zwierciadła wody gruntowej w zasięgu leja depresji

Piezometr P1 znajduje się w odległości około 12 m od krawędzi obudowy wykopu budynku nr 1, tj. na granicy założonego oddziaływania odwodnienia (obniżenie przekraczające naturalne wahania zw.w.), natomiast piezometr P21 znajduje się w dalszej odległości (około 90 m), w pobliżu budynków mieszkalnych na sąsiednich posesjach. Na przebiegu wahań zwierciadła wody gruntowej w piezometrze P1 widać wyraźnie dwa obniżenia, które związane są z uruchomieniem zespołu studni depresyjnych na obszarze budynku nr 1 (przybliżony wydatek  $Q_1=60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) oraz budynku nr 2 (przybliżony wydatek  $Q_2=50 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Depresja w odległości 12 m od obudowy wykopu, wywołana pracą pierwszego zespołu studni, osiągnęła wartość około 0,35 m, natomiast uruchomienie kolejnych studni spowodowało osiągnięcie depresji 0,5 m, co jest wartością zgodną z założeniami projektowymi. Wpływ odwodnienia widoczny w przebiegu wahań piezometru P21 jest minimalny. Pobór wody gruntowej z wydatkiem  $Q_1$  spowodował tu obniżenie naturalnego zwierciadła wody gruntowej o około 0,1 m, a zwiększenie wydatku do poziomu  $Q_1+Q_2$  wywarło niezauważalny wpływ (ze względu na odległość zespołu studni nr 2 od piezometru P21).

Dokumentowanie wyników pomiarów położenia zwierciadła wody w punktach obserwacyjnych oraz parametrów pracy studni w okresie prowadzenia odwodnienia jest niezwykle ważne ze względu na dobrze pojęty interes inwestora, wykonawcy i projektanta, gdyż nie tylko daje możliwość kontroli rozprzestrzeniania się leja

depresji w czasie i przestrzeni, wpływu odwodnienia na otaczające środowisko, ale również zabezpiecza przed często nieuzasadnionymi roszczeniami właścicieli obiektów przyległych.

#### 4. Zakończenie

Przeprowadzanie robót odwodnieniowych, zwłaszcza w warunkach zabudowy miejskiej, wymaga doświadczenia i nadzoru nad właściwym i bezpiecznym przeprowadzeniem tych prac. Przykładowe zagrożenia jakie mogą wystąpić to nadmierne obniżenie zwierciadła wody gruntowej na zewnątrz wykopu, którego niepożądanym skutkiem będzie osiadanie budynków w strefie zasięgu oddziaływania odwodnienia lub niekontrolowane wyłączenie pomp (awaria zasilania), które skutkować może nie tylko zalaniem wykopu lecz, co gorsze, degradacją podłoża gruntowego pod wznoszonym obiektem. W każdym przypadku należy dokonać wielowariantowych analiz możliwych rozwiązań odwodnienia wraz z wpływem danego rozwiązania na środowisko i obiekty budowlane znajdujące się w zasięgu oddziaływania odwodnienia.

#### 5. Piśmiennictwo

- [1] *Bolt A., Duszyński R., Wójcik M., Sterpejkowicz-Wersocki W.:* Projekt odwodnienia oraz obudowy wykopów pod budynki Marina II i Marina III oraz budynek PP w Gdańsku przy ul. Jelitkowskiej wraz z określeniem wpływu na środowisko, Geosyntex Sp. z o.o., Gdynia, 2010
- [2] *Sokołowski J., Żbikowski A.:* Odwodnienia budowlane i osiedlowe, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 1993
- [3] Fotografia autora

#### **Drainage of large objects by a set of depression wells.**

**Abstract:** Implementation of the drainage of the foundation trench for large-object requires not only to achieve the desired depression inside the excavation, but also that to make this at the lowest possible influence of drainage on the adjacent areas. This paper presents considerations for the design and implementation of a drainage for large-object on the example of an office object in Gdansk, which has been built in 2011/2012.

