

**XXIV**XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna  
Szczecin-Międzyzdroje, 26-29 maja 2009**awarie budowlane**

Prof. dr hab. inż. ZYGMUNT MEYER

Dr hab. inż. RYSZARD COUFAL, prof. PS, *coufal@ps.pl*Dr inż. ROMAN BEDNAREK, *bednarek@ps.pl*

Katedra Geotechniki

Wydział Budownictwa i Architektury

Politechnika Szczecińska

## **PROGNOZA OSIADANIA PRZYPORY CHRONIĄCEJ STABILNOŚĆ SKŁADOWISKA POPIOŁÓW ELEKTROWNI POMORZANY**

### **THE PREDICTION OF THE SETTLEMENT OF THE BUTTRESS PROTECTING THE STABILITY ASH DUMP POWER STATION POMORZANY**

**Streszczenie** W pracy przedstawiono wyniki obliczeń i pomiarów wykonanych dla wykonanej przypory poprawiającej stateczność skarp składowiska popiołów w elektrowni Pomorzany.

**Abstract** The results of calculations and measurements executed for made buttress adjusting the stability of the slopes of ash dump in power station Pomorzany were introduced in the paper.

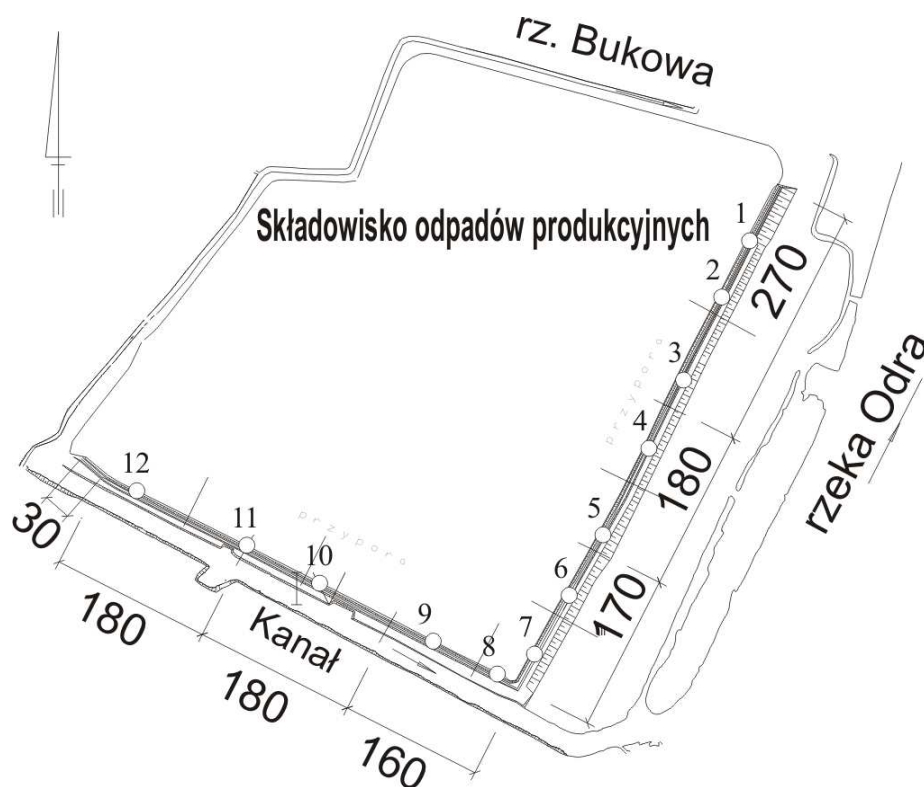
### **1. Wstęp**

Podstawowym surowcem energetyki w Polsce jest węgiel. W niedalekim sąsiedztwie elektrowni węglowych i elektrociepłowni przez wiele lat składowano uboczne produkty spalania – popioły i popioło-żuźle. Istniejące składowiska w rejonie województwa zachodniopomorskiego budowane były na gruntach słabych i w bliskim sąsiedztwie Odry. Jednym ze składowisk, które wymagało poprawy jakości obwałowania było składowisko UPS na Pomorzanie w Szczecinie. Kwatery składowiska zostały praktycznie w pełni wykorzystane. Popioły na składowisko transportowane są systemem rur a medium pozwalające na przysyłanie popiołów tym systemem rur jest woda. Na składowisku woda grawitacyjnie ulega samoczynnemu odpływowi i na składowisku pozostaje odsączony wilgotny popiół. Głównym problemem na opisywanym składowisku okazały się wysięki wody infiltrującej przez bryłę składowanych popiołów i wypływające na dolnych półkach obwałowania składowiska [2]. Sytuacja taka wymagała natychmiastowego ujęcia wody w drenaż opaskowy na poziomie dolnego skłonu skarpy. Migrująca w ten sposób woda mogła uformować w przekroju obwałowania uprzywilejowaną płaszczyznę ściecia, która stałaby się potencjalnym zagrożeniem dla stateczności skarpy składowiska. Dodatkowo przeanalizowano stateczność ogólną i lokalną obwałowań w miejscu występującego zagrożenia. Okazało się, że współczynnik stateczności skarpy w sytuacji praktycznie całkowitego wykorzystania kwatery składowiska ma wartość 1,04. Należałoby uznać, że mamy do czynienia ze stanem granicznym. Głównymi czynnikami takiego stanu były wysokie poziom zwierciadła wody gruntowej infiltrującej przez

obwałowanie oraz występujące w podbudowie składowiska grunty organiczne. Polepszenie tej przedawaryjnej sytuacji było ujęcie wody w drenaż opaskowym. Po ujęciu wody w drenażu opasowe stateczność skarpy poprawiła się ale nie była satysfakcjonująca ( $F = 1,2$ ) dlatego w dalszym ciągu skarpa wymagała wzmocnienia. Pełna reprofilacja i zmniejszenie kąta nachylenia skłonu skarpy nie wchodziło w grę, dlatego zastosowano przyporę przyskarpową, która dociażyła krawędź dolną obwałowania [2]. Przypora taka dodatkowo stanowiła element zabezpieczający składowisko przed ewentualnymi napływami wody z Odry w przypadku wystąpienia wysokiej powodziowej wody w rzece. Przypora została zbudowana na bazie popiołów z 5% domieszką cementu w celu uzyskania zeskalonej masy odpornej na rozmycie.

## 2. Charakterystyka konstrukcji przypory

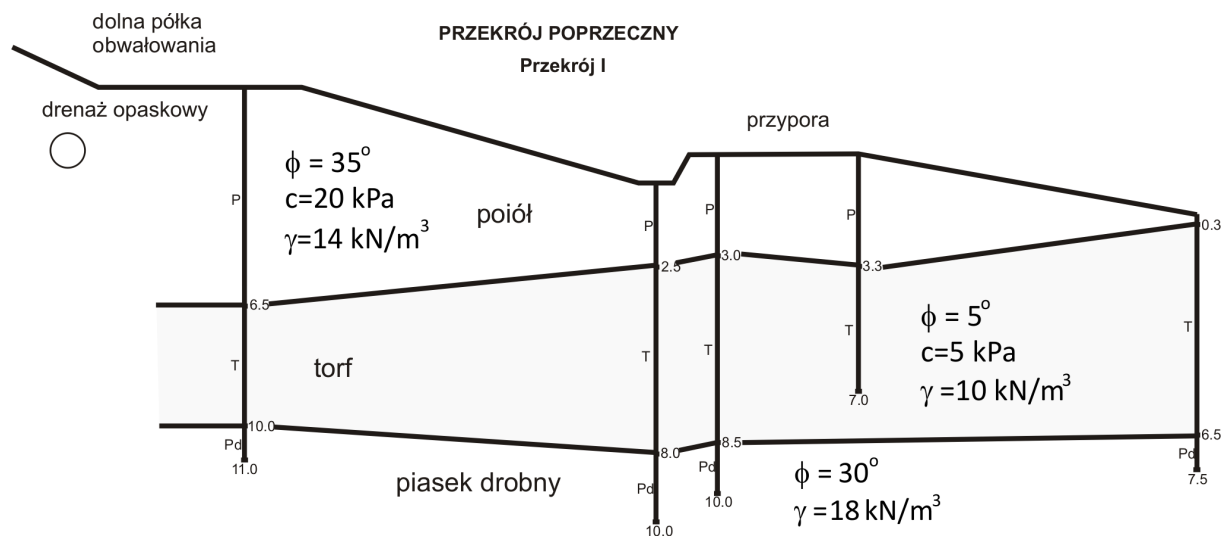
Przypora została wybudowana od strony rzeki Odry i kanału zrzutowego ciepłej wody. Razem wybudowano przyporę długości 1 170 m. Na rys. 1. pokazano przyporę oraz wody okalające składowisko a są to: rzeka Odra, rzeka Budkowa i od strony południowej *kanal ciepły*. Skarpa przyskarpowa została wybudowana z popiołów z domieszką cementu. Miąższość nasypu formującego przyporę przyskarpową miała około 3,6 m. Nowo uformowana przypora dobrze spełniła swoje główne zadanie – poprawa stateczności obwałowania składowiska. Została jednak wykonana na nieskonsolidowanych gruntach organicznych torfach i namulach o miąższości 5 m, dlatego wymagała na cały okres użytkowania określenie jak przypora będzie osiadała. Na rys. 2 przedstawiono jeden z przekrojów geotechnicznych wykonanych przez skarpe przyskarpową i dolną część obwałowania składowiska – dolna półka z pierwszego etapu składowania. Dodatkowe obciążenie wywołane nowo usypaną warstwą popiołu przekazywane na strop warstwy gruntu organicznego wynosiło od 50 do 70 kPa.



Rys. 1. Schemat składowiska z pokazaną przyporą przyskarpową i otaczającymi składowiska wodami rzeki Odry, rzeki Bukowa i kanału zrzutowego ciepłej wody

Z przeprowadzonych badań wynika, że bezpośrednio pod składowiskiem odpadów produkcyjnych El. Pomorzany zalegają grunty pochodzenia organicznego zaklasyfikowane jako torfy. Są to grunty pochodzenia roślinnego, szkielet gruntowy zbudowany jest z części obumarłych roślin. Grunty takie mają bardzo małe parametry wytrzymałościowe [7]. Moduł ścisłości waha się w granicach 100÷300 kPa. Miąższość warstwy torfu:

- pod półką pierwszą wynosi 3÷3,8m,
- pod przyporą 4,6÷5,5m,
- poza składowiskiem od strony Odry 5,5÷6,2m.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny przez przyprę z fragmentem dolnej części skłonu skarpy

W Katedrze Geotechniki Politechniki Szczecińskiej przeprowadzono analizę osiadania warstwy popiołów usypanej na nieskonsolidowanym gruncie organicznym. Do analizy wykorzystano model empiryczny opracowany w Katedrze Geotechniki (1) oraz zastabilizowane 12 punktów na poziomie stropu warstwy torfów na całej długości obwałowania [1, 3, 4, 5, 6].

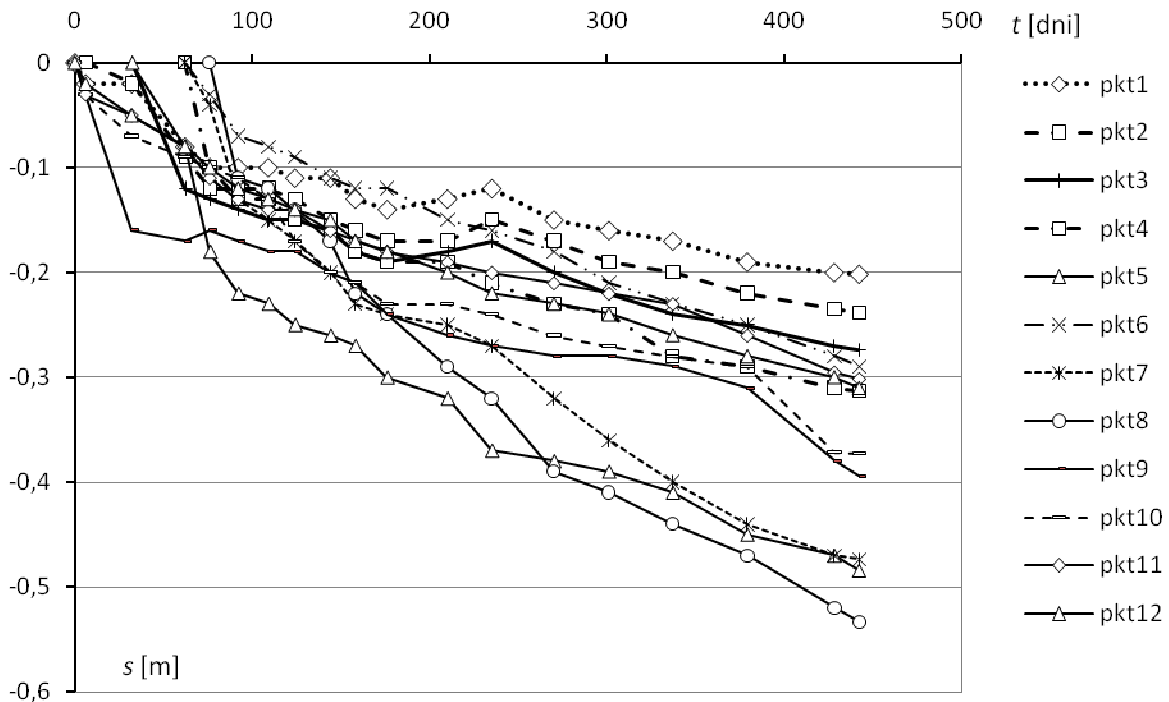
$$s(t) = s_\infty \cdot (1 - \exp(-Dt^p - \alpha t)) \quad (1)$$

gdzie:  $\alpha, D, p$  – parametry równania;

$t$  – czas;

$s$  – osiadanie;

$s_\infty$  – osiadanie docelowe;



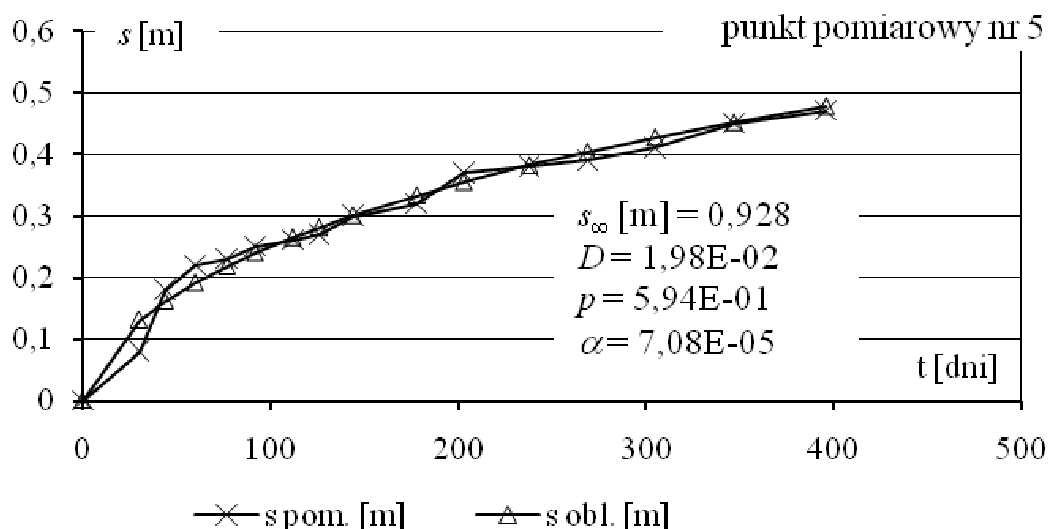
Rys. 3. Pomierzone zmiany osiadania przypory przyskarpowej

Na podstawie półrocznych odczytów w warunkach naturalnych przeprowadzono prognozę osiadania wszystkich punktów. Pozwoliło to na zaplanowanie dodatkowych prac podnoszenia rzędnej przypory w celu zabezpieczenia obwałowań składowiska przed wysokim stanem wody w Odrze. W tabeli 1 przedstawiono wyniki parametrów modelu empirycznego uzyskanych na podstawie przebiegu osiadania.

Tabela 1. Wyniki przeprowadzonych analiz osiadania poszczególnych punktów przypory

	pkt1	pkt2	pkt3	pkt4	pkt5	pkt6	pkt7	pkt8	pkt9	pkt10	pkt11	pkt12
$s_{\infty}$ [m]	1,476	0,514	0,901	1,489	0,928	1,990	1,630	0,794	1,123	2,290	2,601	0,616
$D$	0,005	0,017	0,129	0,045	0,020	0,009	0,012	0,076	0,025	0,004	0,005	0,007
$P$	0,539	0,595	0,009	0,154	0,594	0,261	0,463	0,002	0,428	0,486	0,400	0,661
$\alpha$	4,09E-06	1,13E-08	5,41E-04	3,25E-04	7,08E-05	3,02E-04	4,06E-04	2,83E-03	2,68E-05	2,14E-04	1,37E-04	6,57E-04

Podczas analizy prognozy osiadania obliczono parametry równania (1) wyniki dla każdego analizowanego punktu przedstawiono w tabeli 1. Przykładowo na rys. 4 przedstawiono jeden z przebiegów osiadania dla punktu nr 5 wraz z wartościami obliczonymi. Wartości uzyskane z pomiarów pozwoliły na przewidywanie jak będzie osiadał dany punkt pomiarowy w kolejnych okresach czasowych.

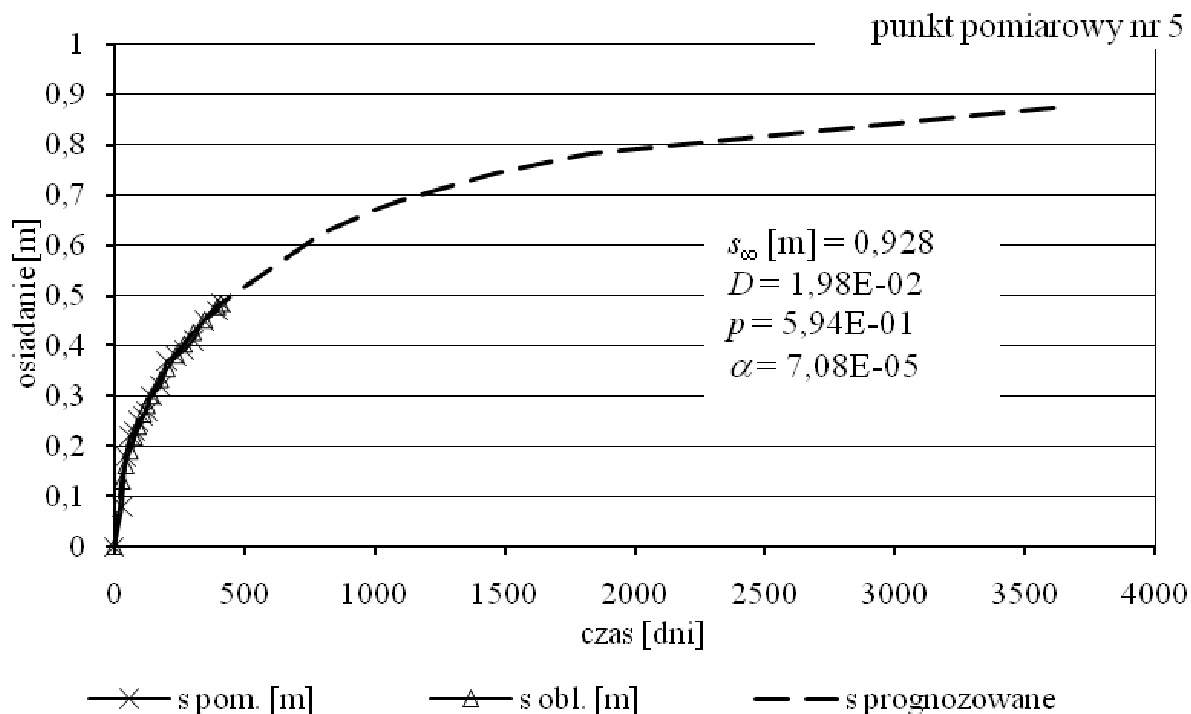


Rys. 4. Przebieg osiadania pomierzonego i obliczonego dla punktu nr 5

W tabeli 2 pokazano prognozę osiadania przypory przyskarpowej dla poszczególnych punktów pomiarowych, a na rys. 5 szczegółowy przebieg osiadania dla punktu 5 z prognozą osiadania na 10 lat.

Tabela 2: Prognoza osiadania  $s$  [m] dla poszczególnych punktów badawczych w kolejnych latach eksploatacji

rok	pkt1	pkt2	pkt3	pkt4	pkt5	pkt6	pkt7	pkt8	pkt9	pkt10	pkt11	pkt12
1	0,18	0,22	0,16	0,31	0,46	0,28	0,46	0,53	0,31	0,33	0,27	0,28
2	0,26	0,30	0,29	0,45	0,60	0,47	0,69	0,70	0,40	0,53	0,42	0,40
5	0,40	0,40	0,61	0,78	0,78	0,91	1,10	0,79	0,54	0,98	0,79	0,55
10	0,55	0,46	0,97	1,10	0,87	1,38	1,41	0,79	0,68	1,46	1,24	0,61
15	0,66	0,48	1,20	1,28	0,90	1,64	1,54	0,79	0,76	1,75	1,57	0,61



Rys. 5. Przykład prognozy osiadania dla punktu 5

### Wnioski

1. Zastosowanie przypory przyskarpowej wraz z drenażem opaskowym znacznie poprawiły stateczność obwałowań składowiska popioło-żużli na Pomorzanych w Szczecinie.
2. Zastosowana przypora dodatkowo stanowi barierę przed napływem wody powodziowej.
3. Przyjęto dla wstępnej prognozy osiadania, obciążenie przyporą 50 kPa średni moduł ściśliwości 150 kPa, średnią miąższość torfu 5,5 m. Osiadanie obliczeniowe (końcowe) przypory wyniesie 1,83 m.
4. Prognoza osiadania została przeprowadzona na podstawie pomiarów wykonanych w terenie dla 12 punktów badawczych w ciągu jednego roku od sierpnia 2003 do października 2004 i na podstawie badań w laboratorium. W obliczeniach uwzględniono ciężar przypory popiołowo-cementowej zalegającej na materacu faszynowym oraz wpływ wyporu wody działającej na szkielet wbudowanego popioło-żużla. Uwzględniając powyższe obciążenie przekazywane na warstwę torfu wyniesie około 50 kPa.
5. Czas osiadania przypory oceniony na podstawie analizy danych modelowych dla niezmiennych warunków obciążenia wyniesie więcej niż 5 lat. Przewidywane 90% maksymalnego średniego osiadania przypora osiągnie po okresie 5 latach.
6. Pomiar rzędnych osiadającej przypory po roku czasu wykazały, że średnie osiadanie przypory wynosi  $s_{sr} = 39$  cm. Najmniej osiadł punkt 1, osiadanie punktu 1 wynosi  $s_{pkt1} = 20$  cm. Najwięcej osiadł punkt 8, osiadanie punktu 8 wynosi  $s_{pkt8} = 53$  cm w czasie pierwszego roku użytkowania przypory.
7. Prognozowane osiadanie średnie przypory wyniesie 1,40 m, przy stwierdzonym osiadaniu w trakcie wykonywania przypory 0,4–0,6 m w okresie dłuższym niż 5 lat przy niezmiennych warunkach obciążenia.

### Literatura

1. Bednarek R.: Weryfikacja empirycznego modelu gruntu organicznego na przykładzie osiadania przypory popiołowo-cementowej XIV Seminarium naukowe Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej Regionalne problemy ochrony środowiska, Międzyzdroje, czerwiec 2006.
2. Coufal R. z zespołem Katedry Geotechniki: Opinia dotycząca przyczyn powstania wysięków na kwaterze nr 3 na składowisku popiołów Elektrowni Pomorzany w Szczecinie wyniki dla Zespołu Elektrowni Dolna Odra S.A. w Nowym Czarnowie.
3. Meyer Z., Bednarek R., Kowalów M.: Wpływ zmian parametrów gruntowych na szybkość konsolidacji torfu, XVI Seminarium naukowe Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej Regionalne problemy ochrony środowiska pn. Geotechnika w projektach regionalnych UE na obszarze estuariowym, Szczecin – Praga 12–14 czerwca 2008.
4. Meyer Z., Bednarek R.: Prognozowanie osiadania gruntów słabych w oparciu o model nieliniowy, Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 4/2008.
5. Meyer Z., Kowalów M., Plucińska A.: Modelowanie osiadań podłoża słabego w oparciu o badania in-situ, Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 5/2008.
6. Meyer Z., Bednarek R.: Analiza modeli osiadania gruntu organicznego, Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 6/2008.
7. Wiłun Z.: Zarys geotechniki, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005.