

**Stanisław Stryczek*, Andrzej Gonet*, Mirosław Rzyczniak*,
Lucyna Czeka***

PĘCZNIENIE MINERALNO-CHEMICZNO-ORGANICZNYCH MIESZANEK GRUNTOWYCH**

1. WSTĘP

Pęcznienie gruntu jest procesem polegającym na zwiększaniu objętości, a w przypadku braku możliwości bocznego rozszerzania, jest to zwiększanie wysokości próbki gruntu pod wpływem wody [2].

Zdolnością do pęcznienia charakteryzują się przede wszystkim grunty spoiste i organiczne. Grunty pęczniące i kurczące się pod wpływem zmian wilgotności określane są jako grunty ekspansywne. Wiedza o zdolności gruntów spoistych do zmian objętości wraz ze zmianą wilgotności ma istotne znaczenie, ze względu na stateczność, przy wykorzystaniu ich do budowy nawierzchni drogowych, podłoży budowli hydrotechnicznych lub zboczy.

Najczęściej stosowanym parametrem do opisu procesu pęcznienia jest wskaźnik swobodnego pęcznienia (E_p), określający procentowy przyrost wysokości próbki gruntu, oznaczany w aparacie Wasiliewa lub w edometrze [1, 2]. Wilgotność gruntu przy maksymalnym spęcznieniu nazywa się wilgotnością pęcznienia i oznacza symbolem w_f .

W tabeli 1 zamieszczono klasyfikację gruntów ze względu na wartość wskaźnika pęcznienia, opracowaną przez G.W. Olsona [2].

Tabela 1

Klasyfikacja gruntów ze względu na wartość wskaźnika pęcznienia [2]

Wskaźnik pęcznienia E_p [%]	Stopień pęcznienia
> 9	bardzo wysoki
6÷9	wysoki
3÷6	średni
1÷3	niski
< 1	bardzo niski

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Praca wykonana w ramach badań własnych w 2007 r.

2. CHARAKTERYSTYKA BADANYCH PRÓBEK

Badaniom poddano mieszanki sporządzone poprzez dodanie do matryc zużytych płuczek wiertniczych (tab. 2):

- 0,5% lignitów potasowych (LP);
- 0,5% lignitów sodowych (LS);
- 0,1% lignosulfonianów żelazowych (LŻ);
- 1% oleju napędowego (ON);
- gleby,

w stosunku wagowym do matrycy: 1:1 – w mieszankach zarobionych na wodzie wodociągowej (*W*), i 1,2:1 lub 1,5:1 w mieszankach zarobionych na solance.

Tabela 2

Receptury bazowych matryc zużytych płuczek wiertniczych

Matryca zużytej płuczki wiertniczej zarobionej na wodzie wodociągowej		Matryca zużytej płuczki wiertniczej zarobionej na solance	
Nazwa składnika	Udział wagowy [%]	Nazwa składnika	Udział wagowy [%]
Składniki podstawowe:		Składniki podstawowe:	
– bentonit	8	– bentonit	8
– kalcyt	8	– kalcyt	8
– kwarc	8	– kwarc	8
– woda wodociągowa	76	– 2-procentowa solanka	76
Dodatki:		Dodatki:	
– PAA	0,1	– PAA	0,1
– Polofix LV	0,5	– Polofix LV	0,5

Składniki organiczne (trociny i słoma) dodawano w udziałach zestawionych w tabeli 3.

W efekcie otrzymano 48 próbek mineralno-chemiczno-organicznych mieszanek gruntowych, o:

- gęstościach objętościowych gruntu $\rho \in [1,37 \div 1,58] \text{ g/cm}^3$, dla mieszanek zarobionych na wodzie wodociągowej, oraz $\rho \in [1,48 \div 1,72] \text{ g/cm}^3$, dla mieszanek zarobionych na solance;
- gęstościach objętościowych szkieletu gruntowego, $\rho_d \in [0,85 \div 1,00] \text{ g/cm}^3$, dla mieszanek zarobionych na wodzie wodociągowej, oraz $\rho_d \in [1,00 \div 1,22] \text{ g/cm}^3$, dla mieszanek zarobionych na solance;
- wilgotnościach naturalnych *w* (tab. 4).

Tabela 3

Zawartość składników organicznych w badanych mineralno-chemiczno-organicznym mieszankach gruntowych

Lp.	Symbol próbki zarobionej na:		Udział wagowy składnika [%]	
	wodzie wodociągowej	solance	trociny	słoma
1	W1LP05	S1LP05	5	–
2	W2LP05	S2LP05	10	–
3	W3LP05	S3LP05	–	5
4	W4LP05	S4LP05	5	5
5	W5LP05	S5LP05	–	10
6	W6LP05	S6LP05	10	10
7	W1LS05	S1LS05	5	–
8	W2LS05	S2LS05	10	–
9	W3LS05	S3LS05	–	5
10	W4LS05	S4LS05	5	5
11	W5LS05	S5LS05	–	10
12	W6LS05	S6LS05	10	10
13	W1LŻ01	S1LŻ01	5	–
14	W2LŻ01	S2LŻ01	10	–
15	W3LŻ01	S3LŻ01	–	5
16	W4LŻ01	S4LŻ01	5	5
17	W5LŻ01	S5LŻ01	–	10
18	W6LŻ01	S6LŻ01	10	10
19	W1ON1	S1ON1	5	–
20	W2ON1	S2ON1	10	–
21	W3ON1	S3ON1	–	5
22	W4ON1	S4ON1	5	5
23	W5ON1	S5ON1	–	10
24	W6ON1	S6ON1	10	10

3. WYNIKI BADAŃ

Badanie pęcznienia mineralno-chemiczno-organicznych mieszanek gruntowych przeprowadzono z zastosowaniem aparatu Wasiliewa [2, 3, 4].

Wartości liczbowe wskaźników pęcznienia (E_p), obliczone wzorem (1), oraz wilgotności naturalnej (w) i wilgotności pęcznienia (w_p), obliczone wzorem (2), badanych mieszanek zestawiono w tabeli 4. Natomiast na rysunkach przedstawiono zmiany wartości wskaźników pęcznienia w zależności od składu badanych próbek, odpowiednio – dla mieszanek zarobionych na wodzie wodociągowej (rys. 1) oraz mieszanek zarobionych na solance (rys. 2).

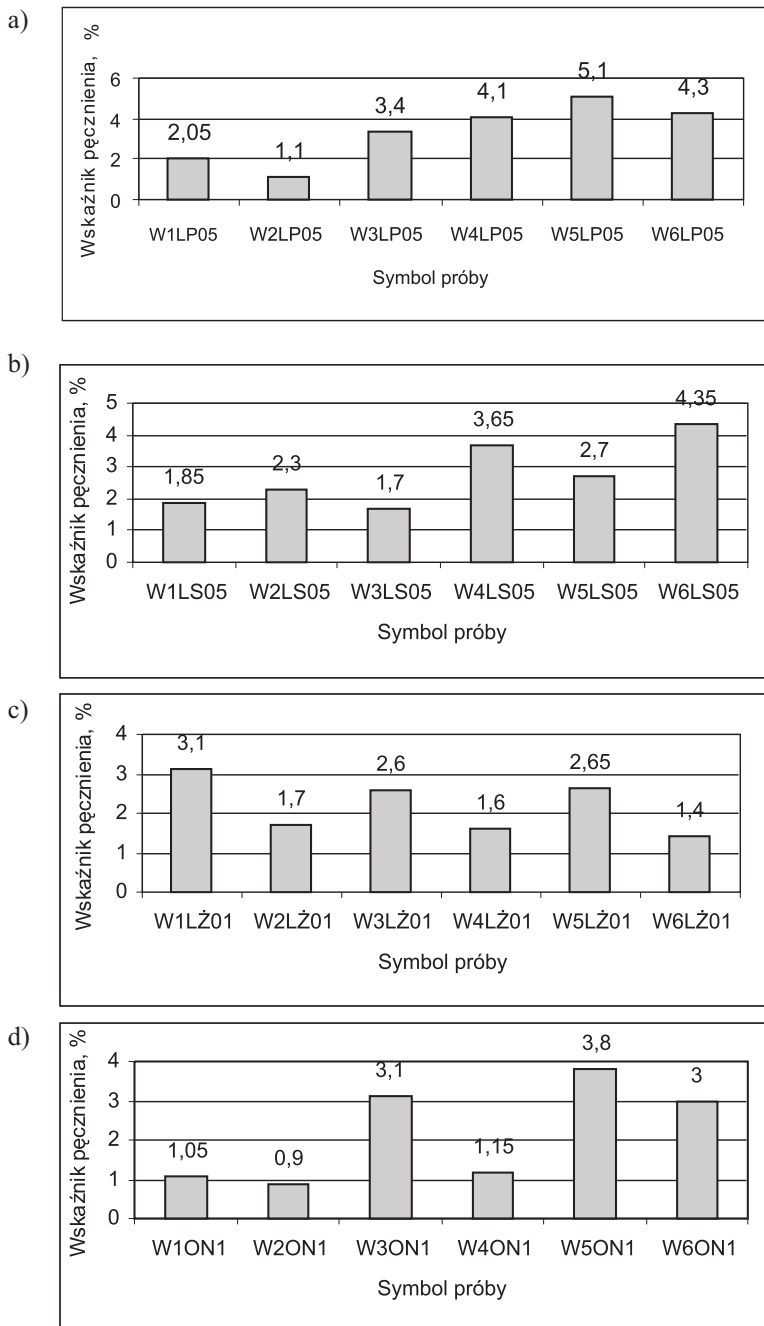
$$E_p = \frac{h - h_o}{h_o} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

$$w, w_f = \frac{m_w}{m_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

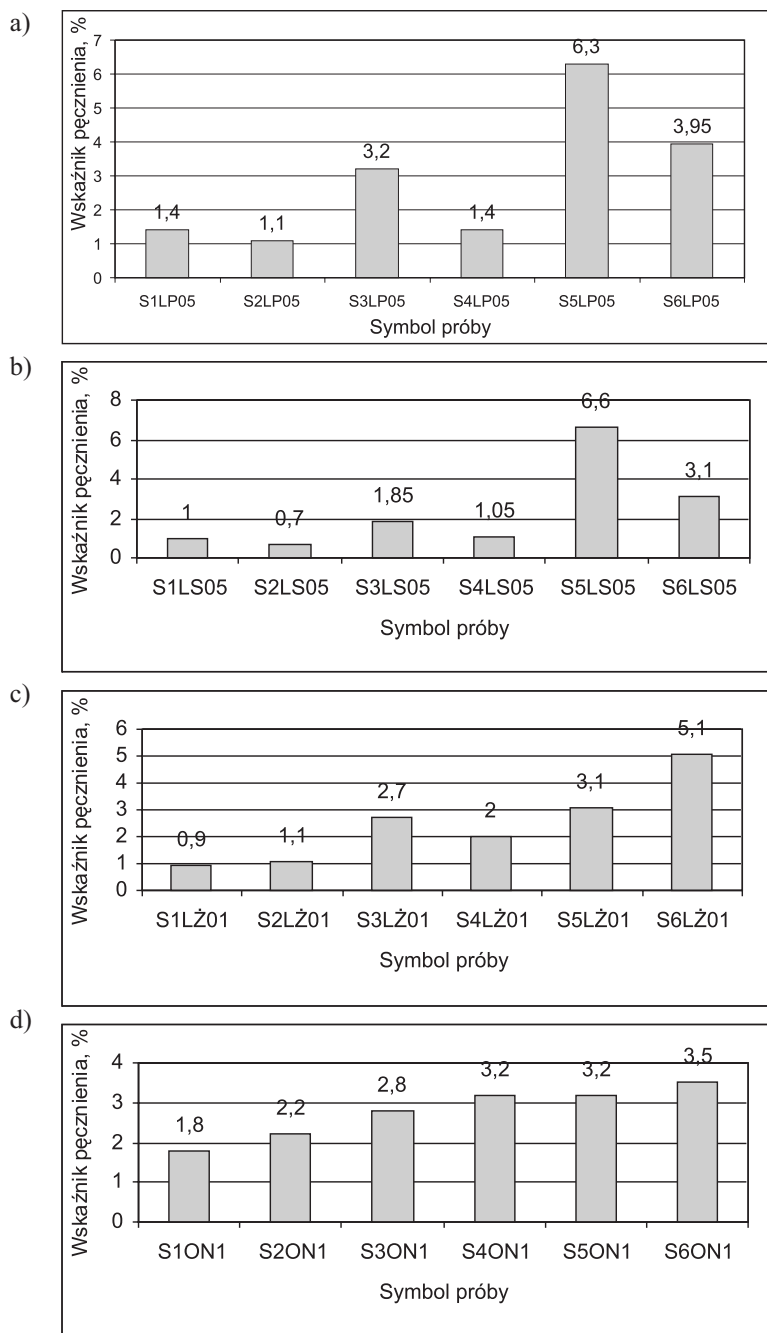
Tabela 4

Wskaźniki pęcznienia oraz wilgotności naturalne i wilgotności pęcznienia badanych mineralno-chemiczno-organicznych mieszanek gruntowych

Mieszanki zarobione na wodzie wodociągowej					Mieszanki zarobione na solance				
Lp.	Symbol próbki	Wilgotność		Wskaźnik pęcznienia E_p [%]	Lp.	Symbol próbki	Wilgotność		Wskaźnik pęcznienia E_p [%]
		naturalna w [%]	pęcznienia w_f [%]				naturalna w [%]	pęcznienia w_f [%]	
1	W1LP05	58,9	59,5	2,05	1	S1LP05	40,1	40,5	1,4
2	W2LP05	56,2	58,0	1,1	2	S2LP05	39,2	39,4	1,1
3	W3LP05	58,3	58,7	3,0	3	S3LP05	39,1	41,9	3,2
4	W4LP05	59,0	61,4	4,1	4	S4LP05	42,2	44,2	1,4
5	W5LP05	55,8	59,6	5,1	5	S5LP05	40,0	44,7	6,3
6	W6LP05	57,5	63,3	4,3	6	S6LP05	41,0	49,0	3,95
7	W1LS05	63,2	63,6	1,85	7	S1LS05	46,9	47,9	1,0
8	W2LS05	63,1	63,2	2,3	8	S2LS05	46,6	48,0	0,7
9	W3LS05	64,0	66,4	1,7	9	S3LS05	48,0	49,6	1,85
10	W4LS05	61,5	67,2	3,65	10	S4LS05	46,4	46,8	1,05
11	W5LS05	62,0	67,5	2,7	11	S5LS05	45,9	52,6	6,6
12	W6LS05	62,6	68,6	4,35	12	S6LS05	45,1	54,9	3,1
13	W1LŻ01	61,3	61,5	3,1	13	S1LŻ01	48,5	49,0	0,9
14	W2LŻ01	58,7	59,5	1,7	14	S2LŻ01	47,9	48,5	1,1
15	W3LŻ01	60,1	60,7	2,6	15	S3LŻ01	46,1	51,9	2,7
16	W4LŻ01	60,1	63,4	1,6	16	S4LŻ01	46,8	50,7	2,0
17	W5LŻ01	58,8	64,1	2,65	17	S5LŻ01	47,9	50,5	3,1
18	W6LŻ01	58,5	61,3	1,4	18	S6LŻ01	45,8	55,9	5,1
19	W1ON1	58,9	61,5	1,05	19	S1ON1	48,4	52,4	1,8
20	W2ON1	56,5	57,2	0,9	20	S2ON1	50,0	50,8	2,2
21	W3ON1	57,6	65,4	3,1	21	S3ON1	48,8	49,2	2,8
22	W4ON1	54,7	57,4	1,15	22	S4ON1	49,0	52,7	3,2
23	W5ON1	59,0	64,8	3,8	23	S5ON1	47,8	54,5	3,2
24	W6ON1	52,1	59,8	3,0	24	S6ON1	47,5	55,4	3,5



Rys. 1. Wartości wskaźników pęcznienia mieszanek zarobionych na wodzie wodociągowej z udziałem: a) 0,5% lignitów potasowych (LP); b) 0,5% lignitów sodowych (LS); c) 0,1% lignosulfonianów żelazowych (LŻ); d) 1% węglowodorów (oleju napędowego ON)



Rys. 2. Wartości wskaźników pęcznienia mieszanek zarobionych na solance z udziałem: a) 0,5% lignitów potasowych (LP); b) 0,5% lignitów sodowych (LS); c) 0,1% lignosulfonianów żelazowych (LŻ); d) 1% węglowodorów (oleju napędowego ON)

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że wartości wskaźników pęcznienia (tab. 4, rys. 1 i 2) wskazywały na niski lub średni stopień pęcznienia badanych mieszanek. Tylko w trzech przypadkach uzyskano wskaźniki pęcznienia wskazujące na bardzo niski stopień pęcznienia, a w dwóch – zaledwie nieco powyżej dolnej granicy wysokiego stopnia pęcznienia.

Nie zauważono istotnego wpływu rodzaju stosowanych cieczy zarobowych na poziom wartości wskaźników pęcznienia badanych próbek. Wartości wskaźników pęcznienia mieszanek zarobionych na wodzie wodociągowej zawierały się w przedziale $E_p \in [0,9 \div 5,1]\%$ (tab. 4, rys. 1), a dla mieszanek zarobionych na solance $E_p \in [0,7 \div 6,6]\%$ (tab. 4, rys. 2).

Uwidoczniał się natomiast wpływ związków chemicznych oraz substancji organicznych na zmiany tendencji do pęcznienia badanych próbek.

W grupie mieszanek zarobionych na wodzie wodociągowej, z domieszką lignitów potasowych, zauważono wzrost wartości wskaźników pęcznienia próbek, wraz ze zwiększającym się udziałem słomy w składzie mieszanki, oraz zmniejszanie się wartości wskaźników pęcznienia wraz ze wzrostem zawartości trocin (tab. 4, rys. 1a). W mieszankach, z udziałem lignitów sodowych występował wzrost wartości wskaźników pęcznienia wraz ze wzrostem zawartości składnika organicznego (trociny lub słoma), a wskaźniki pęcznienia próbek, o tej samej zawartości trocin lub słomy, osiągały podobne wartości liczbowe (tab. 4, rys. 1b). Zastosowanie w składzie mieszanki dodatku lignosulfonianów żelazowych skutkowało zmniejszeniem tendencji do pęcznienia wraz ze wzrostem zawartości dodatków organicznych. Przy czym spadek wartości wskaźnika pęcznienia był wyraźny w przypadku mieszanek z dodatkiem trocin lub trocin i słomy, natomiast, praktycznie nie występowały zmiany wskaźników pęcznienia próbek z różną zawartością słomy, bez dodatku trocin (tab. 4, rys. 1c).

Udział oleju napędowego w składzie mieszanki wpływał zdecydowanie na zmniejszenie tendencji do pęcznienia próbek z zawartością trocin bądź z zawartością trocin i słomy. Zmniejszenie tej tendencji było tym większe, im mniejsza była zawartość słomy w badanej próbce. Dla próbek o różnej zawartości trocin, bez udziału słomy, zauważono ustabilizowanie się wartości wskaźników pęcznienia, w pobliżu granicy między bardzo niskim i niskim stopniem pęcznienia. Natomiast dla próbek o różnej zawartości słomy, bez trocin, zaobserwowano wzrostową tendencję zmian wartości wskaźników pęcznienia (tab. 4, rys. 1d).

W grupie mieszanek zarobionych na solance stwierdzono podobny wpływ lignitów potasowych oraz lignitów sodowych na pęcznienie próbek. Przy czym, wartości wskaźników pęcznienia próbek z domieszką lignitów potasowych były, poza jednym wypadkiem, wyższe od wskaźników pęcznienia próbek z domieszką lignitów sodowych (tab. 4, rys. 2a i 2b).

Wpływ na różnicę wartości wskaźników pęcznienia mogła mieć zwiększona, w próbkach z domieszką lignitów potasowych, zawartość gleby (1,5:1) w stosunku wagowym do matrycy zużytej płuczki wiertniczej, podczas gdy dla pozostałych próbek, zarobionych na solance, iloraz ten wynosił 1,2:1 [5]. Stwierdzono, że dla obydwu substancji chemicznych (LP i LS) wystąpiło niewielkie zmniejszenie się wartości wskaźników pęcznienia wraz ze wzrostem zawartości trocin w próbkach bez udziału słomy, a także wyraźny wpływ wzro-

stu zawartości trocin na spadek wartości wskaźników pęcznienia próbek z domieszką trocin i słomy. Natomiast dla mieszanek z dodatkiem słomy, bez trocin, obserwowano nawet dwukrotny wzrost wartości wskaźników pęcznienia wraz z podwojeniem udziału procentowego słomy, w mieszankach z udziałem lignitów potasowych, oraz ponad 3,5-krotny wzrost tych wskaźników, przy podwojeniu zawartości słomy w mieszankach z domieszką lignitów sodowych. Podobne oddziaływanie dodatków chemicznych na pęcznienie stwierdzono w grupie próbek z domieszką lignosulfonianów żelazowych oraz węglowodorów (tab. 4, rys. 2c i 2d). Jednak wśród próbek z domieszką lignosulfonianów żelazowych wzrost wartości wskaźników pęcznienia, wraz ze wzrostem zawartości domieszek organicznych, był intensywniejszy niż w próbkach z domieszką węglowodorów, które charakteryzowały się łagodnym wzrostem wartości wskaźników pęcznienia, dla małych zawartości składników organicznych, aż do ustabilizowania ich wartości przy zwiększających się udziałach tych dodatków.

Wartości wilgotności pęcznienia badanych próbek (tab. 4) były wyższe niż wartości wilgotności naturalnej o $0,1 \div 10,1\%$. Różnica wartości wilgotności pęcznienia oraz wilgotności naturalnej wzrastała wraz ze wzrostem wartości wskaźników pęcznienia badanych mieszanek.

4. WNIOSKI

- W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono wyraźny wpływ zawartych w matrycach zużytych płuczek wiertniczych związków chemicznych oraz dodatków substancji organicznych, zarówno na poziom wartości, jak i na tendencję zmian wskaźników pęcznienia badanych mineralno-chemiczno-organicznych mieszanek gruntowych.
- Wśród 48 przebadanych próbek mineralno-chemiczno-organicznych mieszanek gruntowych, 6% charakteryzowało się bardzo niskimi, 52% niskimi, 38% średnimi, a 4% wysokimi wartościami stopnia pęcznienia.
- Na uzyskane wartości wskaźników pęcznienia istotny wpływ mógł mieć, oprócz zawartości w poszczególnych próbkach składników mineralnych, organicznych oraz chemicznych, przypadkowy sposób rozmieszczenia oraz ułożenia trocin i słomy w intensywnie zaburzonej strukturze badanych próbek, a także duże wartości ich wilgotności naturalnej.
- Dodatek do matryc zużytych płuczek wiertniczych gleby i składników organicznych sprzyja inicjowaniu w mieszankach procesów glebotwórczych, co prowadzi do ułatwienia procesu rekultywacji miejsc powstawania i składowania odpadów wiertniczych.
- W przypadku ewentualnego wykorzystania mineralno-chemiczno-organicznych mieszanek gruntowych jako gruntów budowlanych, należy brać pod uwagę możliwość zmian wartości ich wskaźników pęcznienia, wraz z upływem czasu, na skutek zachodzących procesów rozkładu zawartej w nich substancji organicznej.

SPIS OZNACZEŃ

- E_p – wskaźnik pęcznienia gruntu [%]
 h – wysokość próbki po spęcznieniu [mm]
 h_0 – wysokość początkowa próbki [mm]
LP – lignity potasowe
LS – lignity sodowe
LŻ – lignosulfoniany żelazowe
 m_w – masa wody zwartej w porach gruntu [g]
 m_s – masa suchego gruntu [g]
ON – olej napędowy
S – solanka
W – woda wodociągowa
 w – wilgotność naturalna gruntu [%]
 w_f – wilgotność pęcznienia gruntu [%]
 ρ – gęstość objętościowa gruntu [g/cm^3]
 ρ_d – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego [g/cm^3]

LITERATURA

- [1] Kostrzewski W.: *Parametry geotechniczne gruntów budowlanych oraz metody ich oznaczania*. Wyd. 4. Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2001
- [2] Myślińska E.: *Laboratoryjne badania gruntów*. Wyd. 2 zmienione i rozszerzone. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN 1998
- [3] Pisarczyk S.: *Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2004
- [4] PN-88/B-04481: *Grunty budowlane. Badania próbek gruntu*
- [5] Gonet A. (red.): *Metody przetwarzania organiczno-mineralnych odpadów wiertniczych w aspekcie ich zagospodarowania*. Kraków, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH 2006