

Jacek PIECZYRAK

Jerzy SĘKOWSKI

ODPADY ELEKTROWNIANE Z EC STALOWA WOLA
W OCENIE GEOTECHNICZNEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań odpadów z Elektrociepłowni STALOWA WOLA pozwalające ocenić przydatność tego materiału w geotechnice. W przeprowadzanych badaniach zwrócone również uwagę na radioaktywność i toksyczność badanych odpadów.

1. Wstęp .

Cechą charakterystyczną każdego procesu produkcyjnego jest wytwarzanie dóbr materialnych. Niestety, z działalnością tą związane jest skażenie naturalnego środowiska przyrodniczego. Na ogół odpady przemysłowe są tym bardziej uciążliwe, im jest ich więcej. Pod tym względem odpady elektrowni (popioły i żużle) zajmują pierwsze miejsce [10].

Zawartość części niepalnych w polskim węglu wynosi przeciętnie od 8-16% - dla węgla kamiennego i 12-20% - dla węgla brunatnego, w niektórych elektrowniach spalany jest węgiel o zawartości części niepalnych, dochodzącej nawet do 35%. Tak więc ilość odpadów (popiołów i żużli) w energetyce wynosić może 8-35% w stosunku do suchej masy węgla [2], [6]. Średnia krajowa wynosi ok. 22% [9]. Z dotychczasowych obserwacji wynika, że odpady popiołów lotnych w Polsce podwajają się przeciętnie co 10 lat [4]. W roku 1981 odłożono na hałdach $15,0 \cdot 10^6$ Mg odpadów elektrownianych [9], co stanowi ok. 22% masy wszystkich odpadów przemysłowych, składowanych w tym roku [10].

W Polsce pracują 64 elektrownie zawodowe i ok. 230 elektrowni przemysłowych [9]. Elektrownie te bardzo niejednociele pokrywają obszar kraju. Największe zagęszczenie elektrowni występuje w województwie katowickim. Z danych statystycznych [9] wynika, że na terenie województwa katowickiego wytwarza się ok. 30% wszystkich odpadów elektrownianych w Polsce. Masa tego rodzaju odpadów zalegających na zwaliskach w roku 1977 wynosiła, wg szacunku [9], ok. $57 \cdot 10^6$ Mg. Od tego czasu do końca 1982 roku na zwaliskach przybyło dalszych $90 \cdot 10^6$ Mg (tj. 84% wytworzonych w tym czasie). Tak więc obecnie zalega ich ok. $147 \cdot 10^6$ Mg i co roku zwaliska te powiększają się o dalsze $10 \cdot 10^6$ Mg odpadów. Problem utylizacji odpadów elektrownianych jest więc bardzo ważny i musi być rozważany pod każdym możliwym kątem ich wykorzystania.

Odpady elektrowniane znalazły już szerokie zastosowanie w różnych gałęziach gospodarki narodowej takich, jak budownictwo (do stabilizacji podłoża gruntowego i budowli inżynierskich), przemysł materiałów budowlanych (do produkcji cementu, betonu i popiołoporytu), górnictwo (do podsadzania płytkich zrobów), rolnictwo i leśnictwo (do rekultywacji i użyźniania gleb) [1], [2], [7].

Zagadnienie utylizacji odpadów elektrownianych w Polsce zostało unormowane prawnie (v. [7] ss. 17-20) i w dziedzinie tej mamy pewne osiągnięcia. Obecnie Polska jest przykładem dla wielu innych krajów w dziedzinie stabilizacji gruntów aktywnymi popiołami lotnymi dla celów drogowych [2]. Inwentaryzacja odpadów elektrownianych zajmuje się specjalnie w tym celu powołane instytucje [3], [9].

W niniejszym artykule przedstawione będą wyniki badań odpadów elektrownianych z EC STALOWA WOLA, w ujęciu badań geotechnicznych oraz podane będą wyniki oznaczeń aktywności pucolanowej, radioaktywności i toksyczności tych odpadów. Do badań pobrano próbkę matkę o masie 75 kg.

2. Opis i wyniki przeprowadzonych badań [5]

S k ł a d g r a n u l o m e t r y c z n y

Badanie składu uziarnienia wykonano pięciokrotnie. Do badań użyto sit o wymiarach oczek: 40, 25, 10, 2, 1, 0,5; 0,25; 0,1 i 0,063 mm. Masa próbki w czterech przypadkach wynosiła 2,0 kg, a w jednym przypadku 3,0 kg. Wyniki wszystkich oznaczeń niemal pokrywały się ze sobą tak, że nie można ich było pokazać graficznie.

Pod względem uziarnienia badany materiał elektrowniany odpowiada popoście (Po) nierównoziarnistej ($U = 12,7$). Z uwagi na niską wartość wskaźnika krzywizny ($C_c = 0,7$) jest to materiał źle uziarniony, a więc nie dający się dobrze zagęścić. Wysoka wartość wskaźnika dominacji ($C_d = 7,4$) wskazuje na dominację frakcji większych od d_{50} ($d_{50} = 0,5$ mm). Ponadto materiał charakteryzuje dość znaczna dyspersja rozkładu uziarnienia względem wartości średniej, co liczbowo wyraża wartość wskaźnika wy-sortowania ($S_o = 5,9$).

Z uwagi na wymiary standardowych aparatów do badań gruntów, do dalszych badań użyto materiał spreparowany przez odrzucenie ziarn większych od 10 mm (co odpowiada d_{80}).

W i l g o t n o ść n a t u r a l n a

Wilgotność pobranej do badań próby opadów elektrownianych wynosiła $w_n = 24\%$.

Gęstość właściwa

Wykonano 10 oznaczeń bliźniaczych stosując piknometr o pojemności 50 cm^3 . Średnia arytmetyczna z przeprowadzonych pomiarów wynosi $\rho_g = 2,329 \text{ gcm}^{-3}$. Wszystkie wyniki były bardzo skupione, o czym świadczy niewielka wartość odchylenia standardowego $s = 0,006 \text{ gcm}^{-3}$. Ze statystycznego punktu widzenia wyniki były bardzo dokładne (współczynnik zmienności $v = 0,24\%$).

W porównaniu z przeciętnymi gruntami mineralnymi badane odpady elektrowniane posiadają mniejszą (o ok. 12%) gęstość właściwą.

Gęstość objętościowa szkieletu

Zrealizowano trzy serie badań (rys. 1). Pierwszą serię wykonano dla materiału zagęszczonego wg metody normalnej PROCTORA stosując duży cylinder ($V = 2200 \text{ cm}^3$) i energię zagęszczenia równą $0,59 \text{ MJm}^{-3}$. Drugą serię badań przeprowadzono dla materiału zagęszczanego wibracyjnie przez 12 minut, na stole o amplitudzie $0,5 \text{ mm}$ i częstotliwości 50 Hz , stosując cylinder o średnicy 12 cm i wysokości 10 cm , tj. o objętości 1000 cm^3 . Trzecią serię badań wykonano dla materiału luźno układanego.

Zagęszczenie wg metody PROCTORA prowadzi do uzyskania największej szczelności materiału ($m = 0,433$) i słabo zaznaczonego maksimum krzywej zagęszczalności. Przy zagęszczaniu na stole wibracyjnym uzyskano o ok. 10% mniejszą szczelność i bardziej wyraźne maksimum. W obu przypadkach uzyskano tę samą wartość wilgotności optymalnej ($w_{\text{opt}} = 32\%$). W przypadku luźno układanego materiału wpływ wilgotności na gęstość objętościową szkieletu okazał się bardzo wyraźny. Najmniejszą szczelność ($m = 0,197$) uzyskano dla materiału o wilgotności wynoszącej 36% , a więc bliskiej wilgotności optymalnej. Stosunek wartości szczelności maksymalnej do minimalnej jest duży, wynosi bowiem $2,2 \div 2,0$.

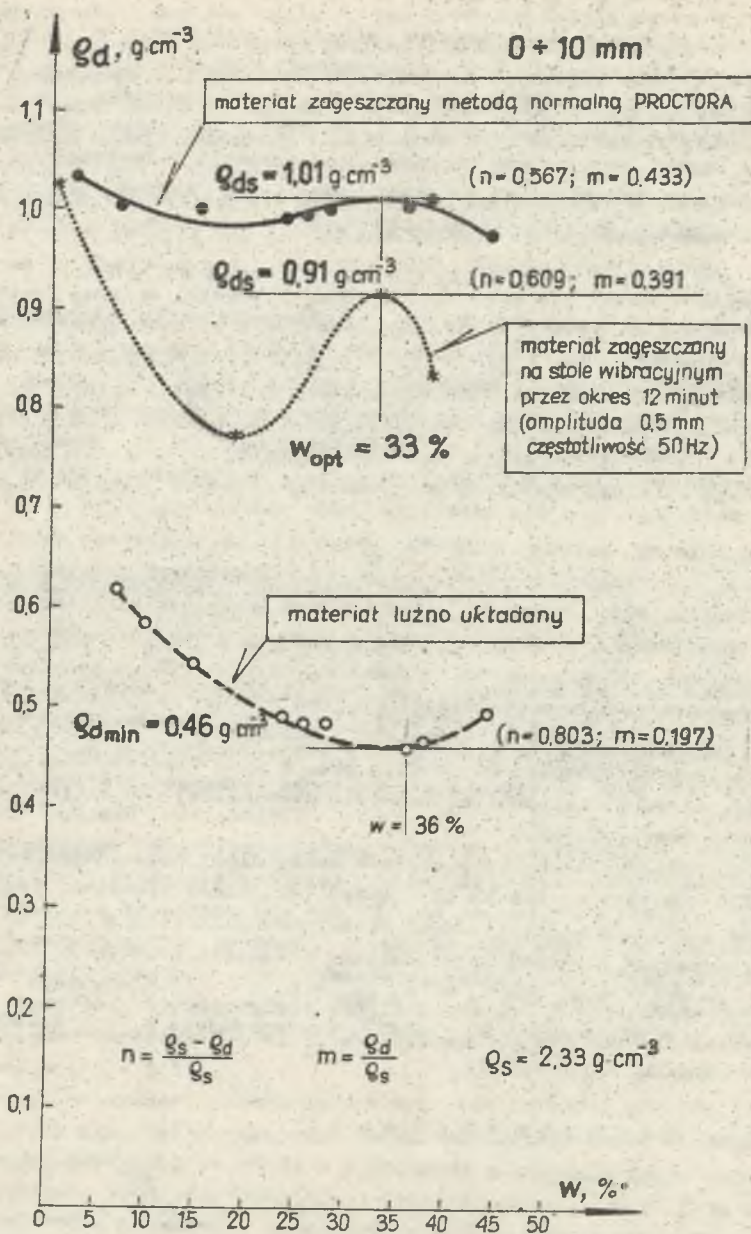
Warto zaznaczyć, iż uzyskana wartość maksymalnej szczelności materiału ($m = 0,433$) nie jest wartością zbyt dużą, lecz można się było tego spodziewać na podstawie statystycznych wskaźników uziarnienia U i C_c .

Wyniki oznaczeń gęstości objętościowej szkieletu gruntowego wskazują, iż $\rho_{d \text{ max}} = \rho_{ds} = 1,01 \text{ gcm}^{-3}$, a $\rho_{d \text{ min}} = 0,46 \text{ gcm}^{-3}$ i uzyskuje się je dla materiału o wilgotności $w_{\text{opt}} \approx 33\%$. Odpowiadający $\rho_{d \text{ min}}$ wskaźnik zagęszczenia wynosi $I_g = 0,455$.

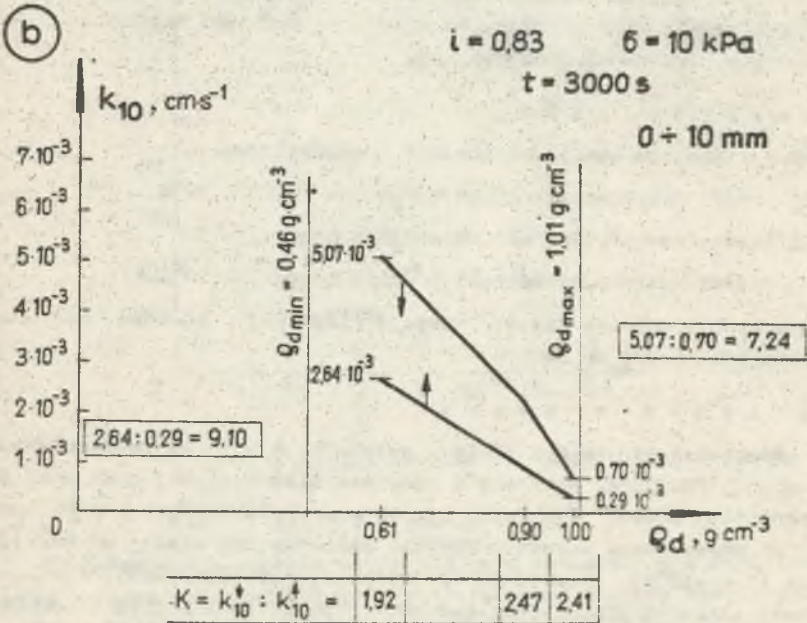
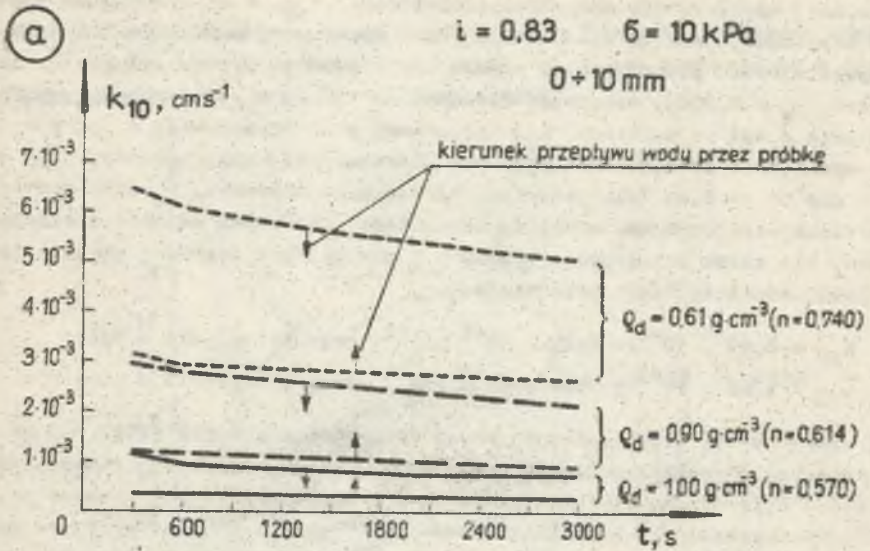
Wodoprzepuszczalność

Do badań użyto cylindry o średnicy $d = 11,29 \text{ cm}$ i wysokości $h = 5,0 \text{ cm}$ ($V = 600 \text{ cm}^3$). Badano wodoprzepuszczalność materiału przy przepływie wody w dół i w górę dla trzech stanów zagęszczenia materiału (określonych ρ_d' przy niezmiennym spadku hydraulicznym ($i = 0,83$)). Wyniki oznaczeń pokazano na rys. 2.

Współczynnik wodoprzepuszczalności k_{10} zależy od czasu przepływu, ale przede wszystkim od zagęszczenia materiału i od kierunku przepływu.



Rys. 1. Wpływ wilgotności w na gęstość objętościową szkieletu gruntowego ρ_d



Rys. 2. Wyniki oznaczeń współczynnika wodoprzepuszczalności k_{10}

Dla materiału nieznacznie zagęszczonego ($\rho_d = 0,61 \text{ gcm}^{-3}$, co odpowiada $I_s = 0,604$) współczynnik wodoprzepuszczalności k_{10} , w zależności od kierunku przepływu, jest od 7,24 do 9,10 razy większy od współczynnika wodoprzepuszczalności dla materiału bardzo zagęszczonego ($\rho_d = 1,00 \text{ gcm}^{-3}$, co odpowiada $I_s = 0,990$). Natomiast stosunek wartości k_{10} uzyskanej przy przepływie w dół do wartości k_{10} uzyskanej przy przepływie w górę wynosi odpowiednio od 1,92 (dla materiału nieznacznie zagęszczonego, $\rho_d = 0,61 \text{ gcm}^{-3}$) do 2,41 (dla materiału bardzo zagęszczonego, $\rho_d = 1,00 \text{ gcm}^{-3}$).

Wartości współczynnika wodoprzepuszczalności badanych odpadów elektrownianych, dla czasu przepływu $t = 3000 \text{ s}$ i dla różnych stanów zagęszczenia materiału, mieszczą się w przedziale:

$$k_{10} = 5,07 \cdot 10^{-3} - 0,70 \cdot 10^{-3} \text{ cm s}^{-1} \text{ przy przepływie w dół,}$$

$$k_{10} = 2,64 \cdot 10^{-3} - 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ cm s}^{-1} \text{ przy przepływie w górę.}$$

Wg klasyfikacji zaproponowanej przez Terzaghiego i Pecka (1967 r.) badany materiał charakteryzuje się przepuszczalnością małą lub średnią, ma więc cechy filtracyjne piasek pylistych i drobnoziarnistych. Oznacza to, że wodoprzepuszczalność badanych odpadów elektrownianych jest mniejsza od wodoprzepuszczalności gruntów mineralnych rodzimych, odpowiadających im uziarnieniem (pod względem składu uziarnienia badane odpady zaliczono do pospełek). Zaobserwowany fenomen można tłumaczyć wyższymi wartościami sorpcyjnymi badanych odpadów elektrownianych.

R o z p u s z c z a l n o ść

Uzyskano następujące wyniki oznaczeń rozpuszczalności:

95,0% części nierozpuszczalnych w H_2O o temp. $T = 20^\circ\text{C}$,

94,0% części nierozpuszczalnych w H_2O o temp. $T = 100^\circ\text{C}$,

91,5% części nierozpuszczalnych w HCl o temp. $T = 20^\circ\text{C}$.

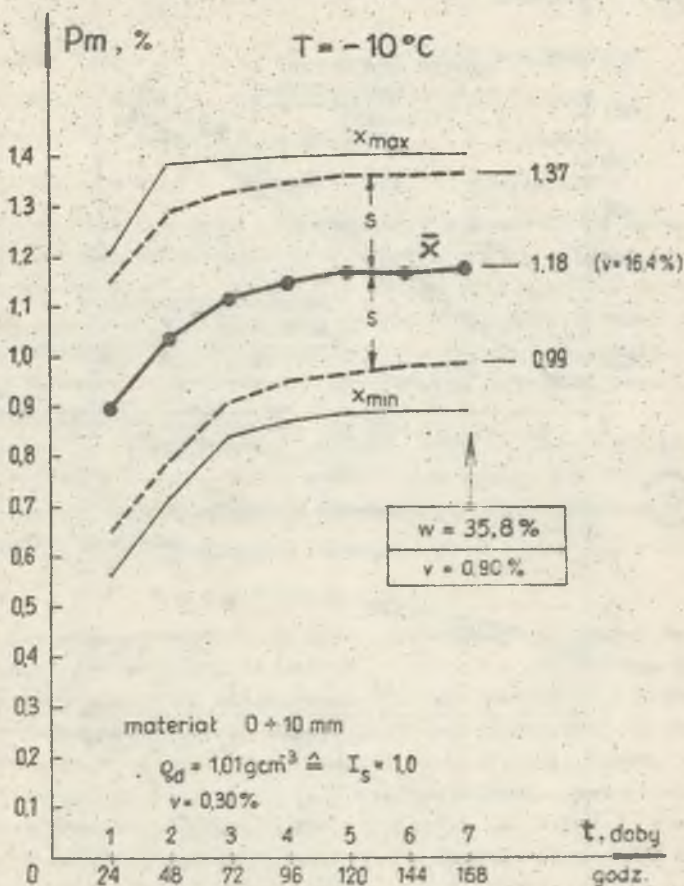
Otrzymane wyniki odnoszą się do sytuacji fizycznej odpadów zastanej podczas pobierania próby do badań.

P ę c z n i e n i a m r o z o w e

Badano próbki o średnicy $d = 12 \text{ cm}$ i wysokości $h = 20 \text{ cm}$ zagęszczane wg metody normalnej PROCTORA. Wykonano 6 oznaczeń bliźniaczych, dokonując pomiarów dyskretnych przez 7 dób (rys. 3). Badanym próbkom stworzono korzystne warunki do powstawania wysadzin poprzez zapewnienie: stałej temperatury mrożenia ($T = -10^\circ\text{C}$), swobodnego podciągania wody do próbki, zastosowanie bocznej izolacji próbek oraz swobodnego pęcznienia próbki dzięki podzieleniu cylindra badawczego, wzdłuż tworzącej, na segmenty. Na wykresie pokazano wartości średnie \bar{x} , jednego odchylenia standardowego s oraz wartości skrajne x_{\max} i x_{\min} . Średnia wilgotność materiału ustalona pod koniec badań wyniosła 35,8%. Niewielki współczynnik zmienności ($v = 0,90\%$)

dla tej wielkości świadczy o dużej jednorodności zarówno próbek, jak i warunków badań.

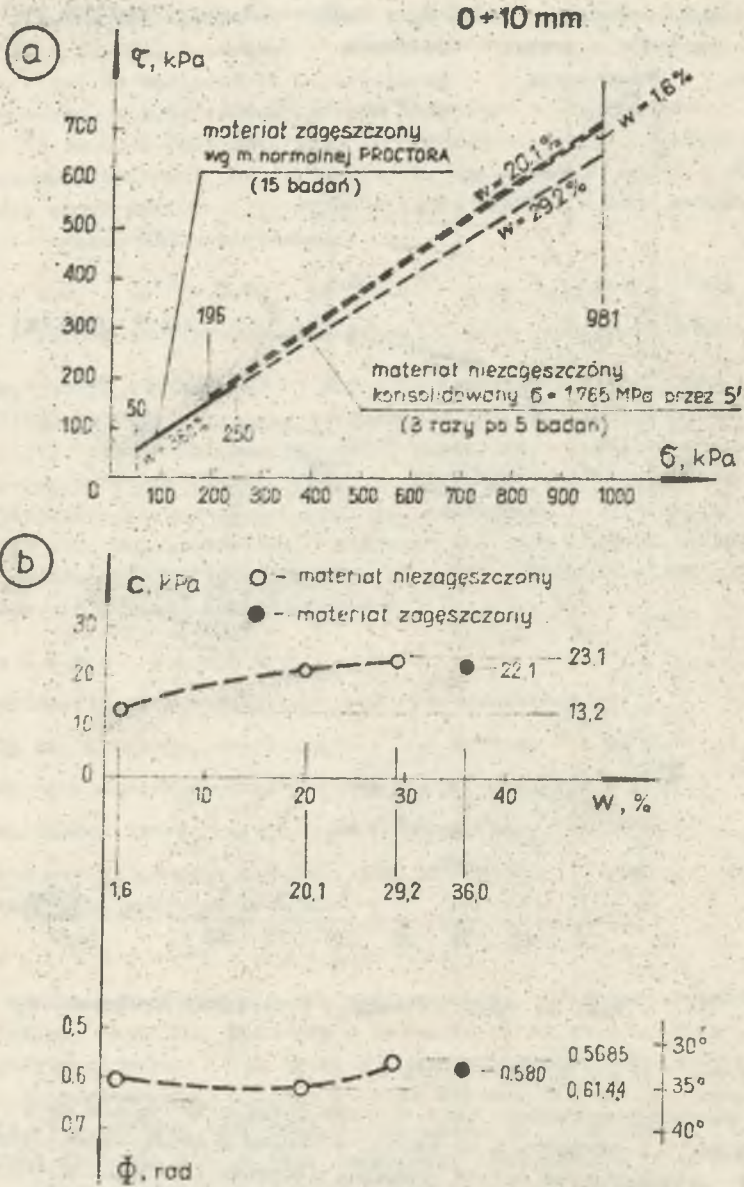
Badane odpady elektroniczne charakteryzuje niewielki przyrost pęcznienia mrozowego wynoszący około $p_m = 1,2\%$ oraz duża prędkość tego procesu w początkowej fazie mrożenia (pierwsze doba).



Rys. 3. Wyniki oznaczeń pęcznienia mrozowego p_m

Opór na ścinanie

Do badań użyto aparatu skrzynkowego o wymiarach 6 x 6 cm i wyposażonego w 9 ramek o grubości 1 mm każda, wykonano 2 grupy badań: jedną dla materiału zagęszczonego metodą normalną PROCTORA ($w = 36,0\%$ i $\sigma = 50-250$ kPa), drugą dla materiału niezagęszczonego, konsolidowanego obciążeniem $\sigma = 1,785$ MPa przez okres 5 minut ($w = 1,6\%$; 20,1% i 29,2%; $\sigma = 196-981$ kPa). Prędkość wymuszonych odkształceń wynosiła $0,258 \text{ mm}^{-1}$.



Rys. 4. Wyniki oznaczeń oporu na ścinanie

Otrzymane wyniki badań (rys. 4) wskazują, iż parametry oporu na ściskanie odpadów elektrownianych bardzo mało zależą od wilgotności, wstępnego stopnia zagęszczenia i przedziału obciążeń. Błędy standardowe szacunku s_y i współczynniki korelacji liniowej r dla ustalonych funkcji regresji II rodzaju, aproksymujących proste Coulomba, przedstawiają się następująco:

$w = 36,0\%$	$N = 15$	$s_y = 1,9 \text{ kPa}$	$r = 0,9993$
$w = 1,6\%$	$N = 5$	$s_y = 34,5 \text{ kPa}$	$r = 0,9905$
$w = 20,1\%$	$N = 5$	$s_y = 27,3 \text{ kPa}$	$r = 0,9942$
$w = 29,2\%$	$N = 5$	$s_y = 26,1 \text{ kPa}$	$r = 0,9936$

Badane odpady elektrowniane nieoczekiwanie w stosunku do swego uziarnienie wykazują efekt spójności, który wzrasta wraz z wilgotnością od około $c = 13 \text{ kPa}$ przy $w = 1,6\%$ do ok. $c = 23 \text{ kPa}$ przy $w = 30\%$. Dla wyższych wartości wilgotności ($w = 36\%$) obserwuje się zmniejszenie spójności i to nawet wobec większego zagęszczenia materiału. Pozwala to sądzić, iż materiał w stanie luźnym i o tej samej wilgotności ($w = 36\%$) posiadałby jeszcze mniejszą spójność niż $c = 23,1 \text{ kPa}$.

Kąt tarcia wewnętrzznego również wzrasta wraz z wilgotnością od $\phi = 0,607 \text{ rad}$ - przy $w = 1,6\%$, do $\phi = 0,614 \text{ rad}$ - przy $w = 20\%$, ale jak widać jest to wzrost pomijalnie mały. Dla wyższych wilgotności wartość kąta tarcia wewnętrzznego spada.

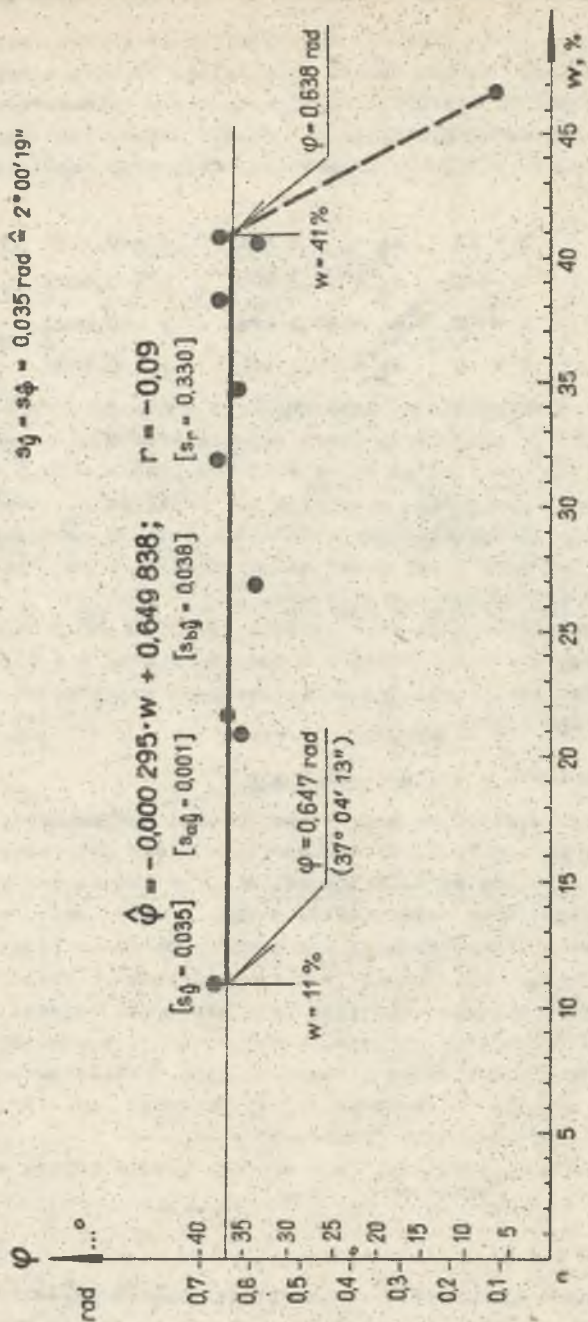
Kąt stożka naturalnego

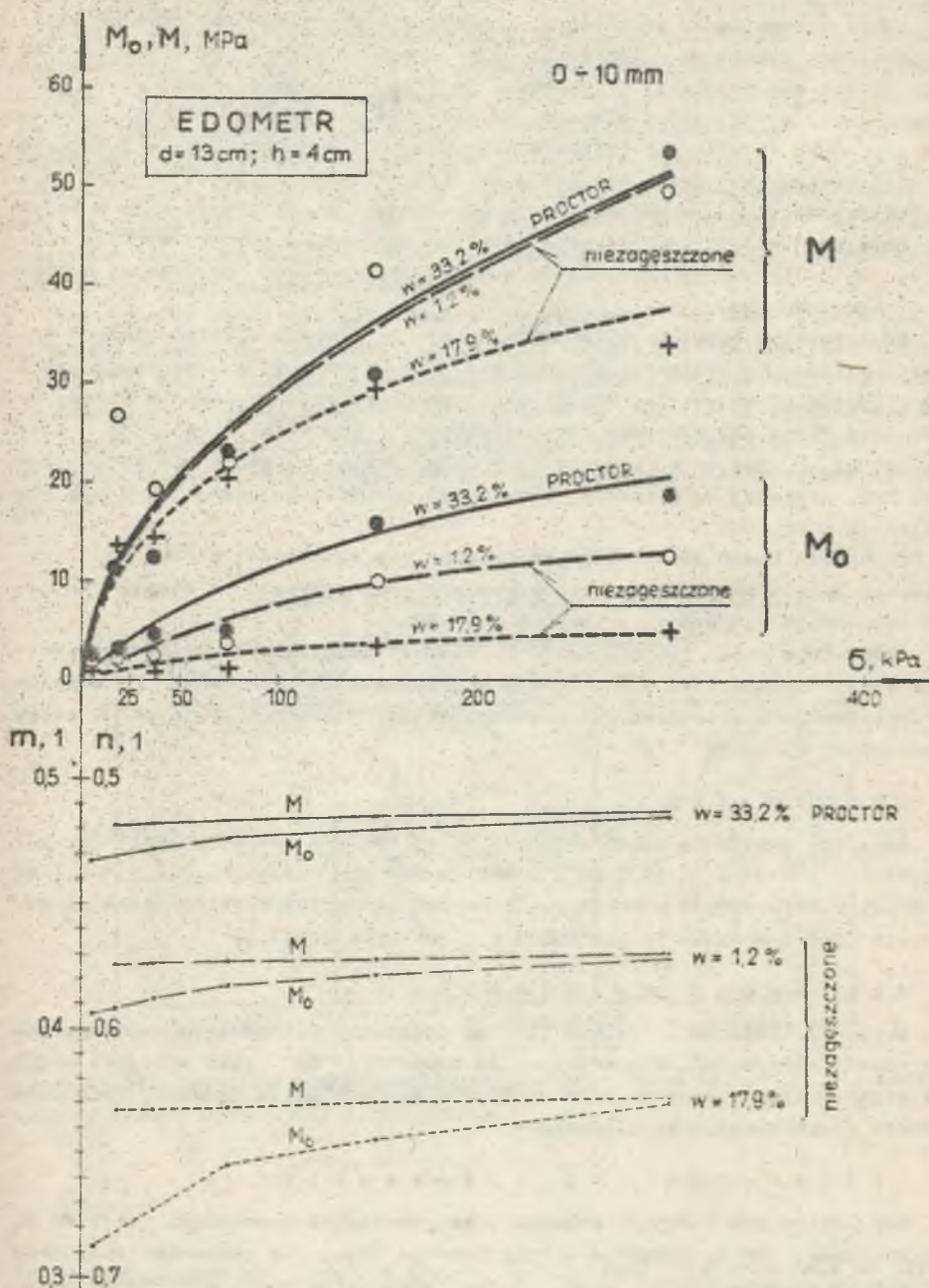
Wyniki dziesięciu oznaczeń kąta stożka naturalnego pokazano na rys. 5. Szczególną uwagę zwraca fakt, że wartość kąta stożka naturalnego jeszcze w mniejszym stopniu zależy od wilgotności, niż kąt tarcia wewnętrznego. Ponadto wartości kąta stożka naturalnego, jakby wbrew naturze, są większe od wartości kąta tarcia wewnętrznego. Ten pozorny paradoks tłumaczy się tym, że jest to materiał ze spójnością, a w takim przypadku powierzchnia stożka pomiarowego jest wklęsła i pojęcie kąta stożka naturalnego traci swój sens z samej definicji tego pojęcia. W tej sytuacji wyznaczenie kąta stożka naturalnego jest niedokładne i nieprecyzyjne. Przedstawione badania wykonano głównie z myślą określenia tej wilgotności, od której usypywany stożek odpadów elektrownianych "rozpływa" się.

Po przekroczeniu wilgotności $w = 40-45\%$ badane odpady elektrowniane rozpływają się.

Ściśliwość

Badania wykonano w edometrze o średnicy komory badawczej $d = 13 \text{ cm}$ i wysokości $h = 4 \text{ cm}$. Badano materiał zagęszczony wg metody normalnej PROCTORA i posiadający wilgotność $w = 33,2\%$ oraz materiał niezagęszczony o wilgotności $w = 1,2\%$ i $w = 17,9\%$ (rys. 6).

Rys. 5. Wpływ wilgotności w na wartość kąta stoku naturalnego ϕ



Rys. 6. Wyniki oznaczeń ścisłości

Edometryczny moduł ściśliwości pierwotnej M_0 badanych odpadów elektrownianych zależy od wilgotności, ale przede wszystkim od zagęszczenia. Dla próbek o największej wilgotności ($w = 33,2\%$) uzyskano najwyższe wartości modułów M_0 tylko dlatego, iż materiał został zagęszczony wg metody normalnej PROCTORA. Materiał o nieznacznej wilgotności ($w = 1,2\%$), nie zagęszczony wstępnie, posiada o ok. 1/3 mniejsze wartości modułów M_0 . Natomiast materiał niezagęszczony o wilgotności $w = 17,9\%$ (a więc o połowę mniejszej niż wilgotność materiału zagęszczonego) posiada wartość modułu M_0 cztery razy mniejszą od odpowiednich modułów materiału wstępnie zagęszczonego.

Edometryczny moduł ściśliwości wtórnej M odpadów elektrownianych zależy, w znacznie mniejszym stopniu niż M_0 , zarówno od zagęszczenia jak i od wilgotności materiału. Próbki o najszczelniejszym upakowaniu ziarn, uzyskanym przez zagęszczenie przy wilgotności optymalnej, posiadają taki sam moduł M jak mało wilgotne ($w = 1,2\%$) próbki wstępnie nie zagęszczone. Przy większej wilgotności ($w = 17,9\%$) wartości modułów M obniżają się zaledwie o ok. 20%.

W trakcie badań edometrycznych zmienia się szczelność próbki m . Największe zmiany wartości κ zaobserwowano przy pierwotnym obciążeniu materiału posiadającego wilgotność $w = 17,9\%$.

Generalnie rzecz biorąc, wartości modułów ściśliwości badanych odpadów elektrownianych są niewielkie i w przybliżeniu odpowiadają modułom przypisywanym plastycznemu lub miękkoplastycznemu gruntom epolitym z grupy oznaczonej symbolem "C".

Z a p a d o w o ść

Wskaznik osiedlenia zapadowego i_{mp} (wg PN-74/B-02469) określony dla $\sigma_{zt} = 200$ kPa i σ_{zf} od 0 do 200 kPa wynosi $i_{mp} = 0,011-0,027$. Tak więc w świetle otrzymanych wyników pomiarów badane odpady elektrowniane określają się jako grunty antropogeniczne o strukturze trwałej.

A k t y w n o ść p u c o l a n o w a

Aktywność odpadów określono [11] na podstawie pośredniego pomiaru zawartości wolnego CaO. Stwierdzono, że zawartość CaO jest mniejsza od 3,5% (w ciągu 3 minut temp. wzrosła od 20,0°C do 24,3°C), co oznacza, że badane odpady elektrowniane są nieaktywne.

R a d i o a k t y w n o ść i t o k s y c z n o ść

Radioaktywność badanych odpadów elektrownianych wyznaczono (doc. dr h. A. Zastawny, mgr B. Rabsztyń - Politechnika Śląska) z pomiarów natężenia promieniowania gamma. Do badań wykorzystano spektrometr antykomptonowski. Pomierzone wartości radioaktywności właściwej (stężeń pierwiastków naturalnie promieniotwórczych, tj. toru Th-232, radu Ra-226 i potasu K-40) przedstawiają się następująco: dla toru - $S_{Th} = 68$ Bq kg⁻¹, dla radu -

$S_{Rb} = 67 \text{ Bq kg}^{-1}$, dla potasu - $S_K = 440 \text{ Bq kg}^{-1}$. Na podstawie tych danych obliczono moc dawki promieniowania gamma $D = 1,70 \pm 0,15 \text{ mGy.rok}^{-1}$, a następnie określono wartość współczynnika $f_1 = 0,59 \pm 0,04$. Nieco wyższą wartość $f_1 = 0,87 \pm 0,23$ uzyskano w oddzielnych badaniach [9]. Badane odpady elektroniarsne spełniają warunek $f_1 \leq 1$ [6] na szarym stopniu pierwiastków promieniotwórczych. Ponadto w opracowaniu [9] wykonanym w styczniu 1983 r. dla EC STALOWA WOLA określono wartość współczynnika $f_2 = 91,4 \pm 35,9 \text{ Bq kg}^{-1}$. Oznacza to, że warunek $f_2 \leq 185 \text{ Bq kg}^{-1}$ na ograniczenie stężenia radu-226 w materiale budowlanym, ze względu na emanację radonu-222, jest również spełniony.

Tokyczność materiału jest efektem zwiększonej w nim koncentracji pierwiastków śladowych. Zawartość pierwiastków toksycznych (śladowych) oznaczono ([9] styczeń 1983) metodą absorpcji atomowej, polegającej na wykorzystaniu selektywnej absorpcji promieniotwórczego dla danego atomu pierwiastka. Ilość absorbowanego promieniowania jest proporcjonalna do stężenia oznaczonego pierwiastka. Wyniki oznaczeń zawiera tabela 1.

Tabela 1

Zawartość pierwiastków śladowych w % wag

PIERWIASTEK	EC P 01		EC P 02		
	min	max	min	max	
KADMIUM	Cd	<0,0002	---	---	
KOBALT	Co	0,0018	0,0019 + 0,0040	0,0018	0,0010 + 0,0035
CHROM	Cr	0,0230	0,0037 + 0,0040	0,0210	0,0140 + 0,0010
CYNK	Zn	0,0162	0,0029 + 0,0030	0,0107	0,0064 + 0,0020
CĘŁÓW	Pb	0,0040	0,0010 + 0,0007	0,0013	0,0010 + 0,0007
NIKIEL	Ni	0,0117	0,0040 + 0,0100	0,0105	0,0035 + 0,0130
MIEDŹ	Cu	0,0161	0,0076 + 0,0200	0,0105	0,0000 + 0,0200
ARSEN	As	<0,0100	---	<0,0100	---
BERYL	Be	0,0010	0,0010 + 0,0013	<0,0010	---
GAL	Ga	0,0006	0,0005 + 0,0013	0,0006	0,0005 + 0,0013
WANAD	V	0,0150	0,0064 + 0,0105	0,0200	0,0117 + 0,0400
GERMAN	Ge	0,0008	0,0005 + 0,0010	0,0008	0,0005 + 0,0010

W świetle wyników przeprowadzonych pomiarów można stwierdzić, iż badane odpady elektroniarsne nie są toksyczne.

3. Wnioski

Z geotechnicznego punktu widzenia badane odpady elektroniarsne są materiałem stosunkowo lekkim, charakteryzującym się utrudnioną filtracją i nieznacznym pęcznieniem mrozowym oraz składowaniem, który nie sprzyja dobremu zagęszczeniu. Zagęszczenie udarowe prowadzi do lepszych efek-

tów niż zagęszczenie wibracyjne. Odpady elektrowniane odznaczają się dość znaczną nośnością (większą niż np. zagęszczone piaski grube), ale przy tym są bardziej ścienne (bardziej niż np. miękkoelastyczne grunty epoliste). Znaczne ograniczenie ścienne można uzyskać przez prekonsolidację. Badane odpady odznaczają się trwałą strukturą.

W odpadach EC STALOWA WOLA zarówno stężenie pierwiastków naturalnie radioaktywnych, jak i koncentracja pierwiastków toksycznych są mniejsze od wartości dopuszczalnych i pod tym względem nie ma ograniczeń w ich zastosowaniu.

W badanych odpadach co najmniej 5% części wagowych jest rozpuszczalnych, tak więc należy przeprowadzić szczegółowe badania chemiczne w celu określenia czy istnieje niebezpieczeństwo zasolenia wód gruntowych.

W świetle wyników przeprowadzonych badań należy uznać, iż odpady elektrowniane nie mogą być stosowane jako podłoże budowli, ani też nie nadają się do stabilizacji gruntów (ze względu na brak aktywności pucolenowej).

Możliwość wykorzystania odpadów elektrownianych widzi się w budownictwie inżynierskim do wznoszenia budowli ziemnych. Można również wykorzystać odpady elektrowniane do doziarnienia równoziarnistych gruntów grubo-okruchowych.

Jednak dotychczasowe opracowania nie wykluczają celowości dalszych poszukiwań dotyczących właściwości i sposobów zagospodarowania odpadów konkretnego pochodzenia, jak również prób uogólnień w tym zakresie.

LITERATURA

- [1] Dydecki M., Maciejewski Z., Mazurkiewicz M., Postawa J.: Pneumatyczne podsadzanie popiołami lotnymi płytami zrobów. PAN - Oddział w Krakowie. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej. Górnictwo 20. "Wybrane zagadnienia z górnictwa podziemnego". Wyd. PAN. Zakład Narodowy im. Ossolińskich. Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk 1979.
- [2] Pachowski J.: Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym. WKiŁ, Warszawa 1976.
- [3] Pallado J.: Sprawozdanie NR 1 z przebiegu prac Zespołu ds. Zagospodarowania odpadów elektrownianych (popioły lotne i żużle). Maszynopis. Katowice 10.03.1980.
- [4] Paprocki A.: Popioły lotne w Polsce w latach 1970-1975. ITB, Warszawa 1971.
- [5] Pęcznyrak J., Sękowski: Określenie geotechnicznych warunków posadowienia obiektów Elektrociepłowni STALOWA WOLA w Stalowej Woli. Praca naukowo-badawcza o symbolu NB-260/RB-3/83. Instytut Budowy Dróg. Zakład Geotechniki. Politechnika Śląska (maszynopis). Gliwice 1983.
- [6] Pietras Z.: Odpady paleniskowe z elektrociepłowni i elektrowni zawodowych. Zakład Doświadczalny Utylizacji Odpadów Elektrownianych. Katowice 1972 oraz Sympozjum - Składowanie i Zagospodarowanie Odpadów Energetycznych i Hutniczych. Wyd. Geologiczna, Warszawa 1973.
- [7] Prace zbiorowe: Kierunki i możliwości stosowania popiołów lotnych w Polsce. ITB, Warszawa 1977.

- [8] Praca zbiorowa: Wytyczne badania promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych. Instrukcja 234. ITB, Warszawa 1980.
- [9] Przedsiębiorstwo Zagospodarowania Odpadów Elektrycznych, ul. Bocheńskiego 64; 40-816 Katowice - informacja prywatna.
- [10] Rocznik statystyczny 1982. GUS. Rok XLII. Warszawa.
- [11] Rolla S.: Badania materiałów i nawierzchni drogowych. WKiŁ, Warszawa 1979.

Recenzent: Dr hab. inż. Maciej Gryczmański

ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СБРОСОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СТАЛЕВА ВОЛЯ

Р а з ъ м е

В статье приводятся результаты исследований сбросов в теплоэлектростанции "Сталева Воля", позволяющие оценить эти сбросы в геотехнике. Обращено внимание на радиоактивность и токсичность исследованных сбросов.

GEOTECHNICAL EVALUATION OF POWER PLANT WASTES FROM STALOWA WOLA THERMAL POWER STATION

S u m m a r y

In the paper the results of tests on geotechnical suitability of power plant wastes from STALOWA WOLA thermal-electric power station are presented.

Radioactivity and toxicity of the tested wastes have been also under consideration.