

# Wpływ chlorków sodu i wapnia na pęcznienie iłów mioceńsko-pliocenkich z Warszawy

Ireneusz Gawriuczenkow<sup>1</sup>



**The effect of sodium chloride and calcium chloride on the swelling of Miocene-Pliocene clay from Warsaw.**  
Prz. Geol., 62: 570–572.

*Abstract: The article presents an assessment of the impact of the salt used in road construction on the swelling of Mio-Pliocene clays. The tests were performed on the clay samples taken from the Warsaw area. Different concentrations of sodium chloride and calcium chloride were used. A relatively high swelling values were determined, higher for clays diffused with calcium chloride than samples with sodium chloride and samples with deionized water. The swelling increases with the increase of salt concentration up to 5%. The swelling decreases with the salt concentrations higher than 5%.*

**Keywords:** Miocene-Pliocene clay, swelling, mineral composition, sodium chloride, calcium chloride

Zjawisko pęcznienie-skurcz jest jedną z ważniejszych cech gruntów spoistych, ze względu na powodowanie niekorzystnych zmian w środowisku litosfery doprowadzających do różnego typu szkód budowlanych. Oddziaływanie wody na szkielet mineralny, głównie na minerały pęczniące, jest czynnikiem powodującym te szkody. Na znacznym obszarze Polski, na powierzchni występują grunty spoiste charakteryzujące się zróżnicowanymi właściwościami ekspansywnymi. Często stanowią one podłoże budowlane pod obiekty liniowe typu trasy kolejowe, lotniska (pasy startowe), drogi. W okresach zimowych, w celu utrzymania odpowiedniej przejezdności dróg, są stosowane różnego rodzaju zabiegi, wśród których są również używane środki chemiczne, tj. chlorek sodu oraz chlorek wapnia. Mogą one mieć znaczny wpływ na właściwości ekspansywne gruntów występujących w podłożu. W artykule tym podjęto próbę określenia wpływu stosowanych w drogownictwie soli na pęcznienie iłów mio-pliocenkich z Warszawy, które często stanowią podłoże pod tego typu obiekty.

## MATERIAŁ I METODYKA BADAWCZA

Badane iły pochodzą z trzech lokalizacji na terenie Warszawy, z północno-wschodniej części basenu mio-pliocenkiego (Wichrowski, 1981), często określanej jako „strefa przejściowa” sedymentacji, co w znacznym stopniu determinuje ich skład mineralny.

Do określenia wpływu soli na pęcznienie iłu wykonano roztwory chlorku sodu i chlorku wapnia, o trzech stężeniach 1, 5 i 10%, oraz dla porównania wody dejonizowanej. Badania pęcznienia swobodnego FS przeprowadzono według normy ASTM D4546-90 z zastosowaniem pęczniomierza w warunkach stałej temperatury 22°C. Określono również podstawowe parametry fizyczne i fizykochemiczne badanych iłów, mających istotny wpływ na uzyskiwane wartości pęcznienia: wilgotność, stopień nasycenia, gęstość właściwą szkieletu gruntowego, gęstość objętościową oraz skład granulometryczny metodą areometryczną (PN-88/B-04481) i mineralogiczny na podstawie analizy termicznej (Kościówko & Wyrwicki, 1996) w aparacie Q600 firmy TA. Celem określenia wpływu składu mineralnego na pęcznienie, przy różnym stężeniu soli, próbki dobrano tak, żeby ich podstawowe parametry były możliwie najbardziej zbliżone.

## WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 przedstawiono badania składu mineralnego trzech próbek iłów, na podstawie których stwierdzono, że iły mio-pliocenkie charakteryzują się dużą zawartością minerałów ilastych, w granicach 50–70%. Dominującym minerałem jest beidelit, którego zawartość w badanych iłach zmienia się w granicach od 35 do 60%. Udział drugiego z dominujących minerałów ilastych – kaolinitu – waha się

**Tab. 1.** Skład mineralny iłów z Warszawy  
**Table 1.** Mineral composition of clays from Warsaw

Numer próbki Sample number	Lokalizacja Localisation	Skład mineralny [%] Mineral composition [%]			
		minerały ilaste clay mineral		getyt goethyt	kwarc i inne quartz and other
		beidelit beidellite	kaolinit kaolinite		
1	ul. Gen. Zajęczka	35	15	3,0	47,0
2	ul. Tamka	42	20	2,5	35,5
3	ul. Sokoła	60	10	2,2	27,8

<sup>1</sup> Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; ireneusz.gawriuczenkow@uw.edu.pl.

**Tab. 2.** Wyniki badań laboratoryjnych iłów z Warszawy  
**Table 2.** The results of laboratory tests on clays from Warsaw

Numer próbki Sample number	w [%]	S <sub>r</sub> [-]	ρ <sub>s</sub> [Mg/m <sup>3</sup> ]	ρ [Mg/m <sup>3</sup> ]	Skład granulometryczny Size distribution [%]		
					f <sub>i</sub>	f <sub>π</sub>	f <sub>p</sub>
1	27,0	0,99	2,72	2,03	56	39	5
2	26,4	0,99	2,73	2,05	59	37	4
3	28,5	0,98	2,71	2,04	62	36	2

w – wilgotność, S<sub>r</sub> – stopień nasycenia, ρ<sub>s</sub> – gęstość właściwa szkieletu gruntowego, ρ – gęstość objętościowa, f<sub>i</sub> – frakcja ilowa, f<sub>π</sub> – frakcja pyłowa, f<sub>p</sub> – frakcja piaskowa;

w – water content, S<sub>r</sub> – degree of saturation, ρ<sub>s</sub> – density of solid particles, ρ – bulk density, f<sub>i</sub> – clay fraction, f<sub>π</sub> – silt fraction, f<sub>p</sub> – sand fraction

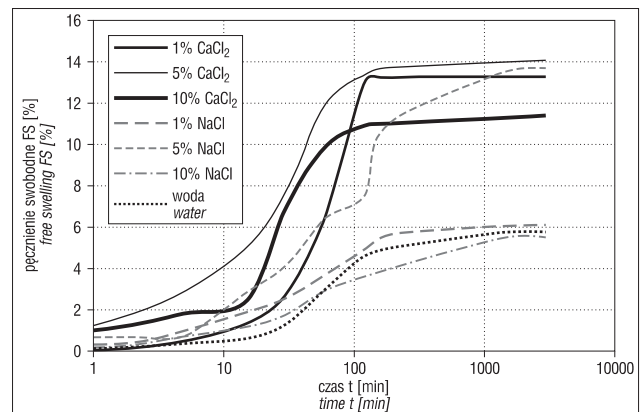
**Tab. 3.** Wyniki badań pęcznienia swobodnego oraz wilgotności końcowej iltu  
**Table 3.** The results of free swelling and final water content of the clay

Numer próbki Sample number	Pęcznienie swobodne, FS Free swelling, FS [%]							Wilgotność końcowa, w <sub>f</sub> Final water content, w <sub>f</sub> [%]						
	woda water	NaCl			CaCl <sub>2</sub>			woda water	NaCl			CaCl <sub>2</sub>		
		1%	5%	10%	1%	5%	10%		1%	5%	10%	1%	5%	10%
1	5,3	5,5	12,1	5,5	9,7	12,8	11,3	30,2	34,3	36,5	36,6	34,6	38,3	38,9
2	5,8	6,1	13,7	6,4	11,0	14,1	13,3	31,1	35,1	37,3	37,5	35,9	38,6	39,2
3	6,2	6,3	14,6	7,1	11,6	16,2	14,5	34,1	40,1	44,3	44,6	40,8	45,6	46,5

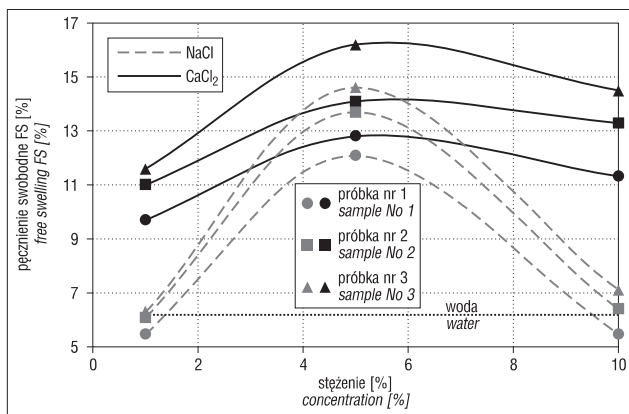
od 10 do 20%. W badanych iltach nie stwierdzono natomiast występowania illitu, chociaż z uwagi na metodykę badania nie można wykluczyć tego minerału jako akcesorycznego. Dodatkowymi składnikami są: getyt w ilości do 3% oraz kwarc i minerały nieaktywne termicznie. Skład mineralny w tego typu badaniach ma szczególnie duże znaczenie, ponieważ determinuje właściwości ekspansywne gruntów spoistych, więc i pęcznienie. Drugim czynnikiem wpływającym na pęcznienie gruntów jest skład granulometryczny, jednak w przypadku badanych próbek różnice w ich uziarnieniu są niewielkie sięgające kilku procent (tab. 2). Pozostałe parametry – gęstość właściwa szkieletu gruntowego, gęstość objętościowa, wilgotność i stopień nasycenia – również nie wykazują większych różnic, maksymalne odchylenie sięga 3% (tab. 2), i są typowe dla tych iltów (Grabowska-Olszewska & Kaczyński, 1994). Przy podobnym składzie granulometrycznym główny wpływ na pęcznienie gruntów będzie więc miał skład mineralny.

Badania pęcznienia swobodnego FS (tab. 3) gruntów nasyconych wodą dejonizowaną wykazały, że iltu mio-pliocenięskie charakteryzują się średnim pęcznieniem na poziomie 6% przy wilgotności końcowej (pęcznienia) w granicach ok. 33%, co jest potwierdzone licznymi badaniami (Gawriuczenkow & Wójcik, 2013; Kumor & Andrzejewski, 2000). Badania nad wpływem mineralizacji roztworu nasycającego na właściwości ekspansywne gruntów (Gawriuczenkow & Krzynówek, 1998) wykazały, że zależność ta ma charakter odwrotnie proporcjonalny, czyli wraz ze wzrostem mineralizacji roztworu nasycającego obserwowano zmniejszanie się wartości oraz ciśnienia pęcznienia. Odmiennie zachowują się grunty nasycone roztworami soli (Niedzielski, 1993). Według tego autora wraz ze wzrostem stężenia rosną wartości pęcznienia swobodnego oraz wydłuża się sam proces pęcznienia. Prawidłowość ta nie została potwierdzona w badaniach iltów z Warszawy (rys. 1).

Istotnie pęcznienie swobodne iltów nasyconych badanymi roztworami było wyższe niż przy nasycaniu wodą dejonizowaną (ryc. 2), ale wzrost pęcznienia ze wzrostem stężenia soli ma miejsce tylko do wartości stężenia równego 5%. Przy dalszym wzroście stężenia, powyżej 5%, obserwuje się zjawisko odwrotne – zmniejszanie pęcznienia i to niezależnie od zawartości smektytu. Zmiany pęcznienia dla obydwu typów soli przebiegają odmiennie. W przypadku chlorku wapnia już niewielkie stężenie rzędu 1% powoduje znaczny wzrost pęcznienia w stosunku do wody dejonizowanej, przy stężeniu 5% wartość pęcznienia wzrasta jeszcze o ok. 30%, a przy 10% CaCl<sub>2</sub> spada o 25%. W przypadku NaCl tempo zmian jest o wiele większe. Początkowe wartości pęcznienia (przy 1% stężeniu NaCl) są zbliżone do tych otrzymanych przy nasycaniu wodą (około 6%), przy wzroście stężenia do 5% następuje wzrost wartości o ponad 100% (do 13%), a przy dalszym zwięks-

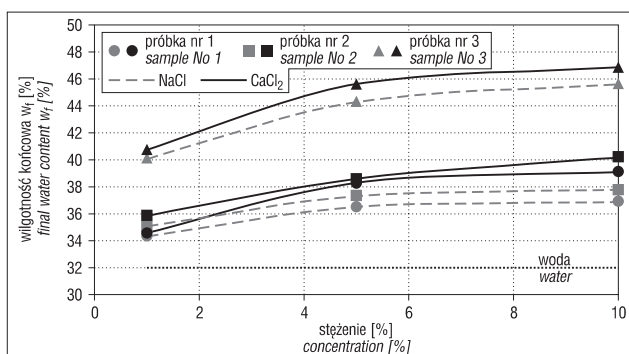


**Ryc. 1.** Przykład pęcznienia swobodnego próbki nr 2 przy różnych stężeniach NaCl i CaCl<sub>2</sub> oraz przy nasycaniu wodą dejonizowaną  
**Fig. 1.** Sample no 2 free swelling at various concentrations of NaCl, CaCl<sub>2</sub> and under saturation with deionized water



Ryc. 2. Zależność pęcznienia swobodnego od zawartości soli NaCl i CaCl<sub>2</sub>, na tle pęcznienia przy nasycaniu wodą dejonizowaną

Fig. 2. Free swelling relation with content of NaCl, CaCl<sub>2</sub>, against swelling under saturation with deionized water



Ryc. 3. Zależność wilgotności końcowej od zawartości soli NaCl i CaCl<sub>2</sub>

Fig. 3. Final water content with content of NaCl, CaCl<sub>2</sub>

szaniu stężenia – spadek prawie o połowę (do ok. 6%). W całym zakresie badanych stężeń, wzrostom stężeń towarzyszą systematyczne wzrosty wilgotności końcowej pęcznienia (ryc. 3).

Wzrost pęcznienia jest zjawiskiem niekorzystnym w przypadku obiektów drogowych, ponieważ może doprowadzić do uszkodzeń ich nawierzchni.

## WNIOSKI

Badania pęcznienia ilów mio-plioceni nasączonych różnymi roztworami soli pozwoliły na wysunięcie następujących wniosków:

1. Dodatek NaCl i CaCl<sub>2</sub> powoduje wzrost wartości pęcznienia swobodnego oraz wzrost wilgotności końcowej (pęcznienia) powyżej wartości uzyskiwanych przy nasycaniu wodą dejonizowaną, przy czym wyższe wartości uzyskano dla próbek nasączonych chlorkiem wapnia.

2. Wzrost stężenia roztworu początkowo do wartości 5% powoduje wzrost wartości pęcznienia swobodnego, a po przekroczeniu tej wartości jego spadek.

3. Główny wpływ na zwiększenie pęcznienia ilów ma ich skład mineralny, szczególnie wyższa zawartość minerałów z grupy smektytu (beidelitu).

4. Stosowanie soli do usuwania śniegu może mieć, znaczny wpływ na podłoże gruntowe, co w konsekwencji może doprowadzić do uszkodzeń nawierzchni drogowych.

## LITERATURA

- ASTM D 4546-90 – Standard test methods for one-dimensional swell or settlement potential of cohesive soils.
- GAWRIUCZENKOW I. & KRZYNÓWEK M. 1998 – Ciśnienie pęcznienia badane w aparacie firmy Geonor – wpływ wybranych czynników na uzyskiwane wartości. [W:] Współczesne problemy geologii inżynierskiej w Polsce. WIND, Wrocław: 133–137.
- GAWRIUCZENKOW I. & WÓJCIK E. 2013 – Porównanie właściwości ekspansywnych ilów neogeńskich z Mazowsza. *Prz. Geol.*, 61 (4): 243–247.
- GRABOWSKA-OLSZEWSKA B. & KACZYŃKI R. 1994 – Ocena ekspansywności ilów trzeciorzędowych Polski. *Gosp. Sur. Min.*, 10 (1): 159–160.
- KOŚCÍÓWKO H. & WYRWICKI R. 1996 – Metodyka badań kopalni ilastych. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 56–76.
- KUMOR M.K. & ANDRZEJEWSKI W. 2000 – Geologiczno-inżynierska charakterystyka ilów serii poznańskiej z Bydgoszczy na przykładzie reперowej odkrywki w Fordonie. *Mat. Sem. Aktualne problemy geologiczno-inżynierskich badań podłoża budowlanego i zagospodarowania terenu*: 83–93.
- NIEDZIELSKI A. 1993 – Czynniki kształtujące ciśnienie pęcznienia oraz swobodne pęcznienie ilów poznańskich i warwowych. *Poznań. Wyd. Akademii Rolniczej w Poznaniu*.
- PN-88/B-04481 – Grunty budowlane, badania próbek.
- WICHROWSKI Z. 1981 – Studium mineralogiczne ilów serii poznańskiej. *Arch. Min.*, 37: 93–195.