

# Wybrane właściwości fizyczne iłów ekspansywnych podłoża budowlanego w Krakowie i w Bydgoszczy

Mgr inż. Agnieszka Brak, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

## 1. Wprowadzenie

Współczesne budownictwo pozwala na projektowanie i wykonawstwo budynków nawet o bardzo skomplikowanej konstrukcji i funkcji. Możliwe jest także posadowienie złożonych budowli na dowolnym podłożu budowlanym, praktycznie w każdych warunkach gruntowo-wodnych. Na terenie Polski szczególnie problem dotyczy gruntów ekspansywnych, które występują również powszechnie w większości innych krajów. Koniecznością i potrzebą jest zatem dobre rozpoznanie warunków, a więc prawidłowe zidentyfikowanie podłoża, przeanalizowanie parametrów geotechnicznych gruntu oraz ustalenie zasadniczych procesów geodynamicznych.

Jak dowodzi praktyka z terenu Bydgoszczy [M.K. Kumor, A. Gorączko, Sz. Topoliński], grunty spoiste mają szczególne właściwości. Bardzo ważnym jest, by dokonać dokładnego oszacowania podatności gruntu na zmianę objętości, bowiem mogące powstać deformacje objętościowe stanowią poważne

zagrożenie stabilności każdej konstrukcji budowlanej. Uszkodzenia i zniszczenia, jakie powstają na skutek deformacji, są bardzo kosztowne do usunięcia. Z punktu widzenia potrzeb projektowania i ochrony budowli posadowionych w iłach ekspansywnych kluczowe jest określenie wartości liczbowych parametrów fizycznych, takich jak: wilgotność, potencjał pęcznienia, ciśnienie pęcznienia i cechy wskaźnikowe.

W Polsce grunty ekspansywne są powszechne i charakteryzują się zróżnicowanymi właściwościami ekspansywnymi i genezą. Występowanie gruntów ekspansywnych na terenie Polski przedstawiono na rysunku 1.

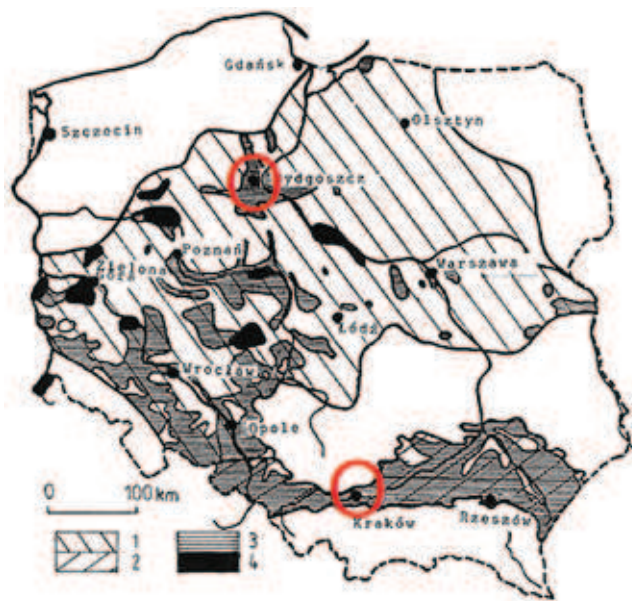
Artykuł ma na celu przedstawienie charakterystyki wybranych parametrów gruntów ekspansywnych z rejonu Krakowa i porównawczo – odniesienie ich do tzw. reperowych z rejonu Bydgoszczy. Przeprowadzone badania mają rozpoznać budowę geologiczną podłoża oraz występujące w tym podłożu warunki hydrogeologiczne, a także określić cechy fizyczne badanych gruntów. Próba ustalenia zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami stanie się przyczynkiem dalszych rozważań o znaczeniu aplikacyjnym.

## 2. Charakterystyka występowania iłów ekspansywnych w rejonie Krakowa i Bydgoszczy

Aglomeracja krakowska leży na granicy dwóch megaregionów (pozaalpejskiej Europy Środkowej oraz Regionu Karpackiego) i kilku jednostek geologiczno-strukturalnych, w których skład wchodzi monoklina krakowsko-częstochowska, niecka miechowska, zapadlisko przedkarpackie oraz Karpaty. To specyficzne położenie geograficzne determinuje warunki geomorfologiczne, geologiczne oraz hydrogeologiczne.

Teren, z którego dokonano poboru prób, położony jest w dorzeczu Wisły, na obszarze mezoregionu Nizina Nadwiślańska (wg regionalizacji J. Kondrackiego). Stanowi on część makroregionu Kotlina Sandomierska. Nizina Nadwiślańska obejmuje szeroką dolinę Wisły, którą wypełniają czwartorzędowe osady rzeczne. Miąższość osadów dochodzi do kilkunastu metrów. Na omawianym obszarze wyróżnić można taras zalewowy, taras piaszczysty, a także taras pokryty lessem. Morskie osady miocenu pokryte są warstwami piasku oraz madami, naniesionymi przez rzekę.

Przy rozpatrywaniu warunków geologiczno-inżynierskich największe znaczenie mają utwory czwartorzędowe (plejstocenu



**Rys. 1.** Występowanie gruntów ekspansywnych w Polsce [Przystański, 1991]. Oznaczenia: 1 – zasięg iłów serii poznańskiej, 2 – zasięg iłów miocenu morskiego, 3 – strefy płytkiego zaleganie stropu iłów do 25 m p.p.t., 4 – strefy intensywnych zaburzeń glaciektonicznych

**Tabela 1.** Właściwości fizyczne iłów ekspansywnych krakowskich wg badań własnych

	Wilgotność naturalna	Granica plastyczności	Granica płynności	Wskaźnik plastyczności	Stopień plastyczności
	$w_n$	$w_p$	$w_L$	$I_p$	$I_L$
Średnia	33,35	27,91	68	39,77	0,13
Max	70	38,4	88,5	57,5	0,59
Min	12	8	40	14,97	-0,33
Liczba prób	433	167	167	167	167

**Tabela 2.** Właściwości fizyczne iłów ekspansywnych z obszaru Bydgoszczy (wg M.K. Kumor)

	Wilgotność naturalna	Granica plastyczności	Granica płynności	Wskaźnik plastyczności	Stopień plastyczności
	$w_n$	$w_p$	$w_L$	$I_p$	$I_L$
Średnia	22,65	27,20	82,1	56,3	0,03
Max	46,80	50,50	148,5	99,0	0,19
Min	11,80	11,90	45,6	30,0	-0,10
Liczba prób	1727	1693	1693	1693	1693

i holocenu), gdyż pokrywają one wszystkie jednostki geologiczno-strukturalne na obszarze aglomeracji krakowskiej. Miąższość tych osadów wynosi najczęściej od kilku do kilkunastu metrów. Na wskazanym obszarze występują gliny zwałowe, piaski i żwiry lodowcowe oraz piaski wodnolodowcowe (złodowacenie południowopolskie), żwiry piaszczyste z materiałem karpackim (interglacja mazowiecki), różnoziarniste piaski rzeczno-peryglacialne (złodowacenie środkowopolskie), żwiry i lessy (złodowacenie północnopolskie). Utwory holoceniowe wypełniają niskie tarasy rzeczne, w ich skład wchodzi piaski i żwiry, a część stropową budują pyły, mady i torfy.

Iły czwartorzędowe występują dość często na obszarze niskiego tarasu zalewowego Wisły. Miąższość tych utworów waha się w przedziale kilkadziesiąt centymetrów (głównie w starorzeczach) do 6 m (rejon Mogiły i Pleszowa). Iły neogeńskie w dużej ilości występują w południowej części aglomeracji. Przykryte są one warstwą gleby lub występują bezpośrednio na powierzchni. Miąższość tej serii wynosi do kilkadziesiąt metrów. Iły i iły piaszczyste są szeroko rozpowszechnione w centralnej i zachodniej części Krakowa, a ich średnia miąższość to 4 około metry. Iły i mułowce serii 22 występują na południe od Wisły.

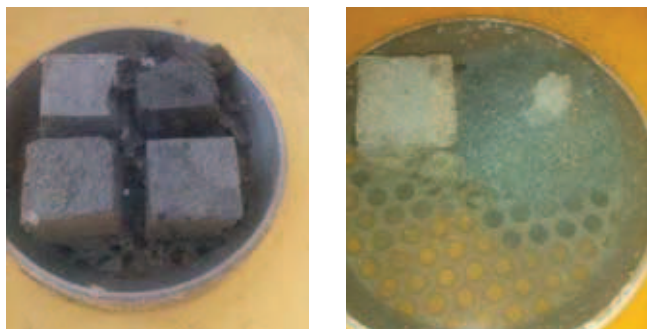
Bydgoszcz położona jest w jednostce geomorfologicznej zwanej Kotliną Toruńsko-Bydgoską, w obrębie trzech wielkich dolin rzecznych (Brdy, Wisły i pradolina Noteci-Warty). Miasto usytuowane jest na styku czterech makroregionów: Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej, Pojezierza Południowopomorskiego, Doliny Dolnej Wisły i Pojezierza Chełmińskiego-Dobrzyńskiego wraz z licznymi mezoregionami i mikroregionami. Z punktu widzenia geomorfologii Bydgoszcz położona jest na tarasach rzeki Brdy. Podłoże budowlane stanowią podstawowe osady trzeciorzędowe frakcji ilastej serii poznańskiej (do głębokości około 15 m do 20 m p.p.t.) [M.K. Kumor]. Taras niski ma pochodzenie akumulacyjne, przykryty jest piaskami rzeczno- i madami i rozciąga się po obu stronach Brdy. Iły trzeciorzędowe i piaski rzeczne budują mający pochodzenie erozyjno-akumulacyjne taras średni.

Rozpatrując warunki geologiczno-inżynierskie, należy zwrócić szczególną uwagę na utwory czwartorzędowe i trzeciorzędowe. Utwory trzeciorzędowe ukształtowane są w postaci lokalnie porożrywanych i rozmytych pstrych iłów plioceniowych. Ich miąższość jest bardzo zróżnicowana i wynosi ponad 14 m na tarasie nadzalewowym i zaledwie od 0 do 1,3 m na tarasie zalewowym w obrębie koryta rzeki [M.K. Kumor]. Utwory serii poznańskiej przewarstwione są cienkimi pasmami piaszczysto-pylastymi i nawodnionymi pyłami marglistymi. Na obszarze miasta występują takie utwory czwartorzędowe jak: żwiry, piaski, namuły, gliny oraz torfy.

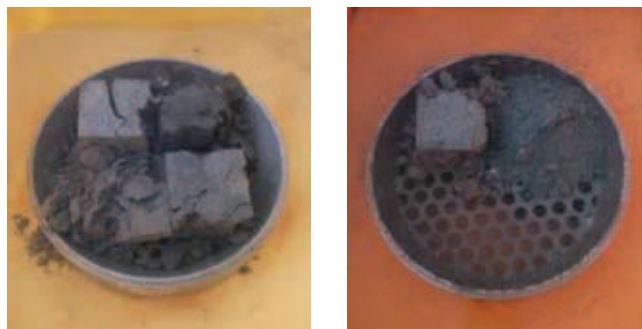
### 3. Własności fizyczne i ekspansywne badanych gruntów

Analizę właściwości fizycznych zbadanych iłów krakowskich i bydgoskich opracowano na podstawie materiałów udostępnionych przez Ministerstwo Środowiska, opracowanych przez Państwowy Instytut Geologiczny, dostępnej literatury oraz na podstawie wyników badań własnych. Rezultaty obliczeń zestawiono w tabeli 1. Wynika z nich duże zróżnicowanie wartości poszczególnych parametrów fizycznych badanych gruntów. Według danych literaturowych [Chowaniec J. i zespół, 2007] oraz przeprowadzonych badań własnych iły neogeńskie regionu krakowskiego występują przede wszystkim w stanie twardoplastycznym oraz plastycznym, a w serii 18, 21 i 22, w mniejszej części, także półzwardym i zwardym. Bydgoskie iły serii poznańskiej w warunkach naturalnych w złożu występują w stanie twardoplastycznym lub półzwardym. W celu określenia właściwości fizycznych analizowanego gruntu przeprowadzono badania takich parametrów fizycznych jak wilgotność naturalna, granica płynności, granica plastyczności.

Wyniki badań własnych oraz opracowań literaturowych dla wybranych parametrów iłów neogeńskich regionu Krakowa obrazuje tabela 1. Wyniki badań parametrów iłów plioceniowych [Kumor M.K., 1999] przedstawiono w tabeli 2.



**Rys. 2.** Próbkki po upływie 15 minut od poddania procesowi rozmakania



**Rys. 3.** Próbkki po upływie 2 godzin od poddania procesowi rozmakania

Badania wilgotności zostały przeprowadzone każdorazowo na dwóch próbkach gruntu o określonej masie. Grunt został wysuszony do stałej masy w suszarce w temperaturze 105°C. Obliczona na bazie sporządzonych próbek gruntu wilgotność naturalna iltów ekspansywnych z Krakowa przyjmuje zróżnicowane wartości, natomiast wartości przeciętne mieszczą się w przedziale 25–37%. Zauważyć można, że rozrzut wartości minimalnych i maksymalnych jest bardzo duży (12–70%). Wyniki badań iltów z rejonu Bydgoszczy wskazują na mniejszą ich wilgotność maksymalną, natomiast wartości minimalne są podobne do tych uzyskanych w przypadku iltów krakowskich. Niższe są jednak wartości przeciętne.

Granica płynności została określona przy użyciu aparatu Casagrande'a. Można tu zaobserwować sytuację odwrotną – obliczone dla iltów krakowskich granice płynności przyjmują niższe wartości maksymalne, niż to ma miejsce w przypadku iltów bydgoskich, przy czym wartości minimalne są podobne. Wartości uśrednione analizowanych iltów neogeńskich oscylują pomiędzy 67–70%, podczas gdy granica płynności rozpatrywanych iltów plioceńskich waha się w okolicach wartości 82%. Jest to różnica znacząca.

Granica plastyczności (zarówno maksymalna jak i minimalna) przyjmuje wyższą wartość w przypadku iltów bydgoskich. Przypatrując się wynikom zestawionym w tabelach 1 i 2,

**Tabela 3.** Wartości niektórych wskaźników ekspansywnych iltów z Krakowa

	Wskaźnik pęcznienia wg Vasilieva $V_p$	Skurcz objętościowy $V_o$	Skurcz liniowy $V_D$	Wilgotność pęcznienia $w_c$
	[%]	[%]	[%]	[%]
Max	120,0	16,2	7,4	55,6
Min	17,9	10,9	4,1	25,2

**Tabela 4.** Wartości niektórych wskaźników ekspansywnych iltów z Bydgoszczy (wg M.K. Kumor)

	Wskaźnik pęcznienia wg Vasilieva $V_p$	Skurcz objętościowy $V_o$	Skurcz liniowy $V_D$	Wilgotność pęcznienia $w_c$
	[%]	[%]	[%]	[%]
Max	62,0	44,1	14,4	137,0
Min	5,6	~5	~3	~38,2

można stwierdzić, że ilt z rejonu Krakowa są bardziej wrażliwe na zmiany warunków gruntowo-wodnych, co w konsekwencji przekłada się na łatwiejsze uplastycznianie się i upłynnianie omawianego gruntu w wyniku zwiększenia wilgotności. Ilt neogeńskie rejonu krakowskiego wykazują ekstremalną ekspansywność.

Wartości wskaźników ekspansywnych iltów neogeńskich rejonu krakowskiego oraz iltów plioceńskich regionu bydgoskiego zestawiono w tabeli 3 i 4 na podstawie aktualnie posiadanych danych [Chowaniec J. i zespół, 2007; Kumor M.K., 2007] i wyników badań własnych. Pod uwagę brano takie parametry jak: wskaźnik pęcznienia, wilgotność pęcznienia, skurcz liniowy i objętościowy.

W wyniku różnej intensywności działania czynników klimatycznych, drenażu czy rozwoju roślinności dojść może do znacznych zmian wilgotności. Nawet niewielkie wahania wilgotności prawie w każdym przypadku prowadzą do pionowych przemieszczeń podłoża wraz z budowlą, zarówno w górę (na skutek pęcznienia przy wzroście wilgotności) jak i w dół (w wyniku skurczu przy przesychnianiu i osiadananiu iltu). Odkształcenia objętościowe najczęściej są przemienne, pęcznienie lub skurcz.

Analiza porównawcza wskaźników ekspansywnych iltów uwiadcza znaczące różnice. Szczególną uwagę zwraca dwukrotnie wyższy wskaźnik pęcznienia iltów krakowskich dla wartości maksymalnych oraz trzykrotnie wyższy dla wartości minimalnych, przy jednocześnie znacznie niższych wilgotnościach pęcznienia. Wartości skurczu objętościowego i liniowego próbek krakowskich mieszczą się w mniejszym przedziale i przyjmują niższe wartości maksymalne, ale wyższe minimalne w porównaniu do wyników obserwowanych w przypadku próbek z Bydgoszczy.

Zróżnicowane wartości parametrów iltów ekspansywnych z Bydgoszczy i Krakowa jest związane z genezą obu rejonów.

Na uwagę zasługuje również bardzo szybki proces rozmakania badanych gruntów krakowskich, co obrazują rysunki 2 i 3.

#### 4. Podsumowanie

Zarówno czynniki naturalne, jak i antropogeniczne powodują zmiany w podłożu gruntowym. Dotyczy to każdego podłoża, bez względu na położenie geograficzne. Przeobrażenia te są szczególnie widoczne i silne w przypadku gruntów ekspansywnych, gdyż każda zmiana warunków wodnych powoduje

ich skurcz lub pęcznienie. Dodatkowa dostawa wody w rejonie budowli powoduje przyrost wilgotności itów, co może prowadzić do zwiększonego osiadania budowli lub wypiętrzania fundamentów (zależnie od stosunku wywieranych obciążeń do ciśnienia pęcznienia). Ten fakt stawia inżynierów przed poważnymi wyzwaniami. Prawidłowe określenie zmiany objętości gruntu jest kluczowe, gdyż wahania zawartej w nim wody doprowadzić mogą do uszkodzeń budynków oraz awarii. Podsumowując charakterystykę ekspansywności jako cechy materiałowej badanych itów neogeńskich z Krakowa i itów plioceńskich z Bydgoszczy, należy stwierdzić występowanie w badanym podłożu gruntów ekspansywnych. Są to ity ekspansywne o wysokim i ekstremalnie wysokim pęcznieniu, przy czym porównanie wyników badań wskazuje na wyższą ekspansywność itów z rejonu Krakowa. Zarówno badane ity neogeńskie, jak i plioceńskie charakteryzują się dużą zmiennością wilgotności w podłożu gruntowym, co wiąże się szczególnie z możliwościami migracji wody gruntowej pod ciśnieniem w laminach piasku i pyłów. Uwidoczniona zmienność właściwości fizycznych zależna jest od miejsca pobrania próbki oraz głębokości poboru. Wyniki przeprowadzonych badań jednoznacznie pokazują zróżnicowane regionalne itów ekspansywnych. Rozpatrując właściwości ekspansywne itów z rejonu Bydgoszczy, można stwierdzić, że przedstawione wyniki

badania nie odbiegają znacząco od typowych dla tego obszaru. Dla precyzyjnego rozpoznania właściwości ekspansywnych itów neogeńskich w odniesieniu do obszaru aglomeracji krakowskiej będą kontynuowane badania.

**BIBLIOGRAFIA**

[1] Grabowska-Olszewska B., Kaczyński R., Trzciński J., Zboiński A., Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998  
 [2] Kumor M. K., Geotechniczne zróżnicowanie podłoża budowlanego wybranego rejonu miasta Bydgoszczy, III Konferencja Naukowo-Techniczna Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa, Olsztyn-Kortowo, 23–24 kwietnia 1999 r., str. 177–190  
 [3] Myślińska E., Laboratoryjne badania gruntów, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, wydanie 1, Warszawa, 2006  
 [4] Tarnawski M., Awarie budowli posadawianych na itach, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie budowlane 2013, str. 441–450  
 [5] Wójcik E., Gawriuczenkow I., Determination of swell index and swelling pressure from suction tests – a case study of Neogene clays from Warsaw (Poland) Geological Quarterly, 2017, 61 (4), str. 738–750  
 [6] Zespół pod kierunkiem dr inż. Józefa Chowańca, Baza danych geologiczno-inżynierskich wraz z opracowaniem atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji krakowskiej, Kraków, grudzień 2007  
 [7] Budowa geologiczna, warunki hydrogeologiczne i geotechniczne podłoża Krakowa, materiały konferencyjne AGH, Urząd Województwa Kraków, 1991

**WAŻNE DATY**

- zgłaszanie referatów do 05.04.2018 r.,
- nadsyłanie referatów do 07.05.2018 r.,
- zatwierdzenie artykułów do druku do 26.05.2018 r.,
- wniesienie opłaty za uczestnictwo w konferencji do 29.06.2018 r.,
- wydanie komunikatu zawierającego program konferencji do 30.08.2018 r.,
- 04-08.09.2018 - Konferencja

Zapraszamy do udziału w XVI Konferencji Naukowo-Technicznej, która jak poprzednie edycje, poświęconą będzie szeroko pojętym aspektom rewitalizacji.

Zamierzeniem Organizatorów jest aby Konferencja była okazją do wymiany wiedzy, poglądów i doświadczeń przedstawicieli różnych branż. Interdyscyplinarny charakter konferencji pozwoli na wypracowanie efektywnych metod działań wspierających procesy rewitalizacyjne. Konferencji towarzyszyć będzie prezentacja badań, praktyk, materiałów wspierających ten proces w wymiarze społecznym, przestrzennym, technicznym i gospodarczym.

Konferencja skupia się na szeroko pojętej tematyce związanej z rewitalizacją obszarów zurbanizowanych, kładąc w tym roku szczególny nacisk na zagadnienia związane z eksploatacją, modernizacją i rewitalizacją infrastruktury komunalnej związanej z gospodarką ściekowo-kanalizacyjną, w tym także możliwości wykorzystania technologii BIM.

Mamy nadzieję, że spotkanie będzie wartościowym doświadczeniem dla jego uczestników.

XX WARSZTATY NADZORU INWESTYCYJNEGO  
W WARSZAWIE  
ORAZ XVI KONFERENCJA NAUKOWA

**REWITALIZACJA  
OBSZARÓW  
ZURBANIZOWANYCH**

REWITALIZACJA OBIEKTÓW INŻYNIERSKICH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW  
ORAZ INFRASTRUKTURY KANALIZACYJNEJ W MIASTACH

04-08 WRZEŚNIA 2018 WARSZAWA