

## Charakterystyka petrograficzna glin lodowcowych rejonu Konina w świetle analizy statystycznej

Ryszard Zabielski\*

*W odkrywkach Pątnów i Lubstów — KWB Konin, występują trzy gliny lodowcowe (T1, T2, T3), zaliczane do odrębnych zlodowaceń. Skład petrograficzny frakcji żwirowej (5–10 mm) tych glin charakteryzuje się mniejszą lub większą zmiennością, gdzie wartości współczynników petrograficznych tworzą spektrum o wyraźnej domonancie, które może być aproksymowane rozkładem normalnym. Znacznie większe zróżnicowanie między wartościami przeciętnymi współczynników petrograficznych obserwowane dla różnowiekowych glin lodowcowych wynika z relatywnie odmiennego położenia tego spektrum. W celu wykluczenia przypadkowości otrzymanych wyników zastosowano testy statystyczne.*

**Słowa kluczowe:** czwartorzęd, litostratygrafia, analiza statystyczna

---

Ryszard Zabielski — **Petrographical composition of tills near Konin with application statistical analysis (Central Poland).** Prz. Geol., 48: 345–350.

*Summary.* In Konin region (outcrops: Pątnów and Lubstów — KWB Konin) there are three tills (T1, T2, T3), which belong to separate glacial periods. Simplified analysis of petrographical composition of gravel (5–10 mm) was used and their results are shown by petrographical coefficients, which also were analysed by statistic methods. Their values are not constant in one-age till but it changes

---

\*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa

more or less what appearance by spectrums with distinct dominant that can be approximate by normal frequency distribution. More significant differences in mean values of petrographical coefficients are observed among tills of different age. It is influent from different position of spectrums and this fact has a lithostratigraphical connotation. Statistical analysis was used in order to avoid randomness of computed coefficients.

**Key words:** Quaternary, lithostratigraphy, statistical analysis

Oznaczenie eratyków stanowiących integralną część gliny lodowcowej stanowi jedną z podstawowych analiz wykonywanych w badaniach osadów czwartorzędowych.

Zastosowanie wyników tej analizy do celów litostratygraficznych opiera się na założeniu, że gliny utworzone podczas kolejnych nasunięć lądolodu różnią się między sobą m.in. składem petrograficznym materiału eratycznego, który był pobierany z różnych obszarów Skandynawii. Tego typu analizy, początkowo dla frakcji głazowej, były prowadzone głównie przez badaczy niemieckich (Körn, 1927; Hesemann, 1939; Milthers, 1950; Lüttig, 1958; Meyer, 1983), którzy opisali przewodnie eratyki pochodzące z różnych obszarów alimentacyjnych Skandynawii, co pozwoliło na wyznaczenie kierunków nasuwania się lądolodu. Badania „petrograficzne” eratyków frakcji żwirowej na terenie Niemiec zajmowali się m.in. Cepek (1962, 1969), następnie Ehlers (1979), a na terenie Litwy Gaigalas (1967, 1995).

W Polsce badania litologiczne i petrograficzne osadów czwartorzędowych prowadzili m.in. Gołąb (1933) porównując wzajemne proporcje grup skalnych i wyliczając współczynniki petrograficzne, a później Krygowski (1956), który stwierdził, że kryterium petrograficzne niewątpliwie umożliwia określenie wieku względnego glin, nie mniej często jest problematyczne. Trembaczewski (1961, 1967) wykazał, że najbardziej reprezentatywna do badań glin jest frakcja 4–10 mm, zawierająca wszystkie grupy petrograficzne zawarte w całej masie gliny lodowcowej. Autor ten oprócz stosowanych współczynników O/K, K/W i K/Wx (Wx — piaskowce + wapienie + dolomity + piaskowce wapienne) zastosował współczynnik A/B (objaśnienia pozostałych symboli w dalszej części tekstu). Współczynniki te zostały zmodyfikowane przez Rzechowskiego (1971, 1974, 1977) i są obecnie stosowane w standardowych badaniach litologiczno-petrograficznych wykonanych na potrzeby SMGP 1 : 50 000, jak również zostały zastosowane przez autora niniejszego artykułu.

### Metodyka badań

W standardzie SMGP bazującym przede wszystkim na profilach wiertniczych, badania petrograficzne żwirów wykonuje się w celu litologicznej korelacji glin lodowcowych. Gliny charakteryzujące się zbliżonym składem petrograficznym (tzw. litotypy) przedstawianym w postaci zestawu współczynników petrograficznych mogą być korelowane jeśli występują w porównywalnej superpozycji. Korelacja ich jest jednak interpretacją opierającą się na przyjętych wcześniej założeniach metodycznych. Ponadto z reguły mała liczebność próbek uzyskana z jednego pokładu gliny w danym rdzeniu uniemożliwia statystyczne oszacowanie istotności różnic w składzie petrograficznym żwirów glin pochodzących z różnych profili.

Postępowanie badawcze i dowodowe przeprowadzone przez autora jest odwrotne w stosunku do wspomnianego standardu. Bazując na dużych odsłonięciach (odkrywki: Pątnów i Lubstów–Kopalnia Węgla Brunatnego Konin), próbki do badań zostały pobrane z trzech różnowiekowych glin lodowcowych o niewątpliwie superpozycji i rozciągłości poziomej. Analizę składu petrograficznego frakcji żwirowej (5–10 mm) przeprowadzono w kilku równoległych profilach, co pozwoliło na określenie zmienności jego kompozycji w jednowiekowych i różnowiekowych glinach lodowcowych.

Zebrany materiał — 141 próbek — pozwolił na statystyczną analizę wyników badań poprzez oszacowanie przedziałów ufności dla wartości przeciętnej populacji współczynników petrograficznych, reprezentujących poszczególne gliny lodowcowe oraz zweryfikowanie hipotez statystycznych o porównywalności tych wartości przeciętnych.

Próbki były pobierane zgodnie z zaleceniami standardu SMGP tj. próbki bruzdowe o przelocie 1 m pobierane w miarę możliwości (w zależności od dostępności do ściany odsłonięcia) co 1 m. Wyniki przedstawiono w postaci zestawu współczynników petrograficznych: O/K; K/W;

**Tab. 1. Schemat litostratygrafii osadów czwartorzędowych w odkrywkach Pątnów i Lubstów**

Stratygrafia	Litologia	Zasięg w odkrywkach	
		Lubstów	Pątnów
CZWARTE RZĘD	głina T3	[Zasięg w Pątnów]	
	osady międzymorenowe T3/T2	[Zasięg w Pątnów]	
	głina T2	[Zasięg w Pątnów]	
	osady międzymorenowe T2/T1	[Zasięg w Lubstów]	[Zasięg w Pątnów]
	głina T1	[Zasięg w Lubstów]	[Zasięg w Pątnów]
	osady starsze od gliny T1	[Zasięg w Lubstów]	[Zasięg w Pątnów]
TRZECIORYZED	/seria poznańska/ seria burowęglowa	[Zasięg w Pątnów]	

g.s.o. — górna seria osadowa  
d.s.o. — dolna seria osadowa

miejsca profilowania ścian

A/B; Dp/Wp; L/S gdzie:

O — suma skandynawskich skał osadowych,

K — suma skał krystalicznych i kwarcu pochodzącego z dezintegracji skał krystalicznych,

W — suma wapieni i dolomitów skandynawskich,

A — suma skał skandynawskich nieodpornych na niszczenie,

B — suma skał skandynawskich odpornych na niszczenie,

Dp — dolomity skandynawskie,

Wp — wapienie skandynawskie,

L — suma skał lokalnych,

S — suma skał skandynawskich.

Dla wartości współczynników petrograficznych poszczególnych glin lodowcowych wyliczono dwa podstawowe parametry statystyczne:

$x_{sr}$  — wartość przeciętna:

$$x_{sr} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

$S$  — odchylenie standardowe — miara rozproszenia poszczególnych wartości współczynników petrograficznych wokół ich wartości przeciętnej.

$$S = \sqrt{\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n^2}}$$

gdzie:  $x_i$  — wartość współczynnika petrograficznego dla danej próbki

$n$  — liczba próbek.

### Osady czwartorzędowe

Autor w niniejszym artykule z uwagi na jego bardziej metodyczny niż regionalny charakter, nie zamierza przedstawiać rozwoju poglądów i dokonywać podsumowań lub streszczeń odnośnie stylu budowy geologicznej rejonu badań, przedstawiając tylko schematycznie stratygraficzne następstwo wydzielonych jednostek litologicznych w

obrębie czwartorzędu. Zainteresowanych tym zagadnieniem odsyła się do licznych opracowań syntetycznych i cytowanej w nich literatury (Ciuk & Mańkowska, 1981; Kłysz, 1981; Ciuk & Grabowska, 1993; Krygowski, 1952; Kozydra & Skompski, 1995, 1996; Marek, 1997; Rutkowski, 1967; Trembaczowski, 1967; Stankowska & Stankowski, 1976; Stankowski i in., 1995; Stankowski, 1996; Stankowski & Krzyszkowski, 1991).

Na badanym terenie wydzielono trzy gliny lodowcowe rozdzielone osadami fluwioglacjalnymi, które zgrupowano w dwa kompleksy (tab. 1):

□ starszy kompleks — występuje tylko na terenie odkrywki Lubstów. Kompleks ma trójdzieloną budowę — tworzą go kolejno: preglacjalne osady piaszczyste leżące bezpośrednio na trzeciorzędzie, wyżej zalegająca glina lodowcowa T1 oraz piaszczysto-mułkowe osady międzymorenowe T2/T1. Kompleks wypienia przede wszystkim obniżenia erozyjne powierzchni podczwartorzędowej,

□ młodszy kompleks — występuje w obu odkrywkach. Leży on przekraczając na osadach starszego kompleksu (odkrywka Lubstów) i na osadach trzeciorzędzie. Omawiany kompleks tworzą gliny lodowcowe T2 i T3 oraz rozdzielające je niewielkiej miąższości piaszczyste i mułkowe osady międzymorenowe T3/T2.

### Petrografia glin lodowcowych

**Glina lodowcowa T1.** Najstarsza glina lodowcowa (T1) nie tworzy ciągłej pokrywy i odsłania się w obrębie obniżenia erozyjnych powierzchni podczwartorzędowej. Miąższość jest zmienna — maksymalnie dochodząc do 3–4 m. Występowanie jej stwierdzono wyłącznie na terenie odkrywki Lubstów. Glina charakteryzuje się ciemną, prawie czarną barwą oraz lokalnymi przewarstwieniami i soczewkami piasku.

Wartości przeciętne współczynników petrograficznych oszacowane dla całej populacji w glinie T1 zawierają się w przedziałach ufności [ $m$ ] podanymi w tab. 2.

Przedstawiona charakterystyka składu petrograficznego wskazuje na znaczną jego zmienność. Zmienność tą można jednak traktować jako cechę charakterystyczną omawianej gliny, która czyni ją odrębnym litotypem w stosunku do młodszych glin, co z kolei ma swoje implikacje litostratygraficzne.

**Glina lodowcowa T2.** Glina lodowcowa T2 występuje powszechnie na badanym obszarze. Jej charakterystycznymi cechami są szara barwa i znaczna miąższość dochodząca miejscami do 25 m. W partiach spągowych glina jest bardzo zwięzła oraz wykazuje warstwowanie i złupkowacenie o wyraźnych powierzchniach odzielności. Omawiana glina leży w odkrywce Lubstów przekraczając na osadach dolnego kompleksu i trzeciorzędzie, a w odkrywce Pątnów bezpośrednio osadach trzeciorzędzie.

Oszacowane wartości przeciętne współczynników petrograficznych dla gliny T2 zawierają się w przedziałach ufności [ $m$ ] podanymi w tab. 3.

Z przedstawionych wartości współczynników petrograficznych wynika że glina T2 charakteryzuje się stosunkowo jednorodną kompozycją składu petrograficz-

**Tab. 2. Przedziały ufności dla wartości przeciętnej [ $m$ ] współczynników petrograficznych w glinie T1 (prawdopodobieństwo:  $P = 1 - \alpha = 0,95$ )**

Odkr./wsp.	O/K	K/W	A/B	Dp/Wp	L/S
$(x_{sr}; S)$	(0,80; 0,25)	(1,64; 0,44)	(0,58; 0,18)	(0,13; 0,09)	(0,12; 0,05)
<b>Lubstów (n=12)</b>					
<b><math>m</math></b>	<b>0,64–0,97</b>	<b>1,29–1,90</b>	<b>0,47–0,70</b>	<b>0,07–0,19</b>	<b>0,08–0,14</b>

**Tab. 3. Przedziały ufności dla wartości przeciętnej [ $m$ ] współczynników petrograficznych w glinie T2 (prawdopodobieństwo:  $P = 1 - \alpha = 0,95$ )**

Odkr./wsp.	O/K	K/W	A/B	Dp/Wp	L/S
$(x_{sr}; S)$	(1,56; 0,20)	(0,69; 0,0)	(1,37; 0,18)	(0,23; 0,09)	(0,08; 0,03)
<b>Pątnów (n=72)</b>					
<b><math>m</math></b>	<b>1,52–1,61</b>	<b>0,67–0,71</b>	<b>1,33–1,41</b>	<b>0,21–0,25</b>	<b>0,08–0,09</b>
$(x_{sr}; S)$	(1,55; 0,15)	(0,68; 0,08)	(1,37; 0,14)	(0,21; 0,05)	(0,08; 0,04)
<b>Lubstów (n=38)</b>					
<b><math>m</math></b>	<b>1,51–1,60</b>	<b>0,66–0,71</b>	<b>1,33–1,42</b>	<b>0,20–0,23</b>	<b>0,07–0,08</b>

**Tab. 4. Przedziały ufności dla wartości przeciętnej [ $m$ ] współczynników petrograficznych w glinie T3 (prawdopodobieństwo:  $P = 1 - \alpha = 0,95$ )**

Odkr./wsp.	O/K	K/W	A/B	Dp/Wp	L/S
$(x_{sr}; S)$	(1,61; 0,27)	(0,69; 0,1)	(1,33; 0,20)	(0,14; 0,04)	(0,12; 0,03)
<b>Pątnów (n=9)</b>					
<b><math>m</math></b>	<b>1,40–1,3</b>	<b>0,60–0,77</b>	<b>1,16–1,50</b>	<b>0,10–0,18</b>	<b>0,10–0,15</b>
$(x_{sr}; S)$	(1,28; 0,18)	(0,91; 0,20)	(1,00; 0,16)	(0,07; 0,03)	(0,10; 0,08)
<b>Lubstów (n=10)</b>					
<b><math>m</math></b>	<b>1,14–1,41</b>	<b>0,78–1,03</b>	<b>0,87–1,20</b>	<b>0,04–0,09</b>	<b>0,04–0,14</b>

Tab. 5. Weryfikacja hipotezy  $H_0$ : populacja O/K ma rozkład normalny

$A_i$		$X_i$	$(a_i)$	$n_i$	$u_i$	$F(u_i)$	$n \cdot p_i$	$(n - n \cdot p_i)^2$	$\frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}$	
od	do									
1,10	1,30	1,2	0,2	10	-1,95	0,05959	7,086	8,489	1,198	
1,30	1,40	1,35	0,1	13	-1,14	0,2083	11,527	2,169	0,188	
1,40	1,50	1,45	0,1	13	-0,60	0,3332	18,439	29,585	1,604	
1,50	1,55	1,525	0,05	14	-0,19	0,392	10,841	9,979	0,920	
1,55	1,60	1,575	0,05	12	0,08	0,3977	11,004	0,991	0,090	
1,60	1,65	1,625	0,05	13	0,35	0,3752	10,382	6,855	0,660	
1,65	1,70	1,675	0,05	10	0,62	0,3292	9,109	0,794	0,087	
1,70	1,75	1,725	0,05	9	0,89	0,2685	7,429	2,467	0,332	
1,75	1,80	1,775	0,05	6	1,16	0,2036	5,634	0,134	0,024	
1,80	2,10	1,95	0,3	10	2,10	0,04398	7,302	7,282	0,997	
				<b>110</b>	<b>Wniosek:</b>					<b>6,102</b>
$r = k - 1 - s = 10 - 1 - 2 = 7$ stopni swobody				$\chi^2 = 6,102 < \chi^2_{\alpha} = 14,067$						
$\chi^2_{\alpha}$ (dla: $r = 7$ i $\alpha = 0,05$ ) = <b>14,067</b>				Brak podstaw do odrzucenia hipotezy $H_0$						
				Populacja O/K ma rozkład normalny						
$x_{sr}$ – średnia arytmetyczna		$(a_i)$ – długość przedziału klasowego		$F(u_i)$ – częstość rozkładu normalnego						
$S$ – standardowe odchylenie		$n_i$ – częstość rozkładu empirycznego		$n \cdot p_i$ – częstość rozkładu hipotetycznego						
$A_i$ – przedział klasowy		$u_i$ – zmienna losowa standaryzowana		$r$ – liczba stopni swobody						
$X_i$ – środek przedziału klasowego										

ślady laminacji i przewarstwienia piaszczyste, a w partiach spągowych powierzchnie oddzielności nadające glinie warstwowaną strukturę.

Wyliczone przeciętne wartości współczynników petrograficznych oraz statystycznie oszacowane dla tych współczynników przedziały ufności dla całej populacji wskazują na regionalne zróżnicowanie składu petrograficznego frakcji żwirowej w obrębie gliny T3 (tab. 4).

Wartości przeciętne współczynników otrzymane dla rejonu Lubstowa korespondują z tymi jakie otrzymali w tej odkrywce Stankowski i Krzyszkowski (1991), a te z rejonu Pałnowa są porównywalne z wartościami otrzymanymi dla najmłodszej gliny na arkuszach Ślesin (Kenig, 1993) oraz Sompolno (Zabielski, 1996) położonymi w bliskim sąsiedztwie odkrywki.

**Analiza statystyczna**

Przedstawione w postaci zestawu współczynników cechy składu petrograficznego frakcji żwirowej zawartej w różnowiekowych glinach lodowcowych wskazują na ich odrębność petrograficzną. Obliczone przeciętne wartości współczynników  $[x_{sr}]$  mogą być jednak zupełnie przypadkowe, zwłaszcza, że często dysponujemy tzw. „statystycznie małymi próbkami” (tj.  $< 30$  elementów). W celu wykluczenia takiej możliwości matematycznie sprawdzono istotności różnic między nimi przez:

- 1) obliczenie przedziałów ufności  $[m]$  dla wartości przeciętnej całej populacji,
- 2) test  $t$  dla dwóch wartości przeciętnych.

nej całej populacji,

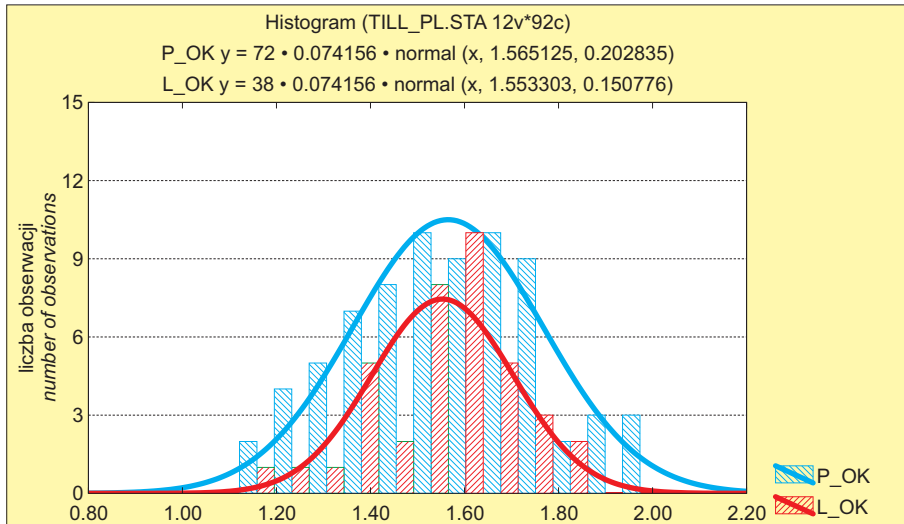
- 2) test  $t$  dla dwóch wartości przeciętnych.

**Przedziały ufności dla wartości przeciętnej.** Obliczone na podstawie próbek parametry statystyczne współczynników petrograficznych ( $x_{sr}$ ,  $S$ ) posłużyły do oszacowania przedziałów ufności dla ich wartości przeciętnej  $[m]$  w populacjach wartości współczynników petrograficznych reprezentowanych przez poszczególne gliny lodowcowe co przedstawiono w tab. 2–4.

Dla gliny T2 przedział ufności wyliczono bazując na rozkładzie normalnym:

$$P \left\{ x_{sr} - \frac{u_{\alpha} S}{\sqrt{n}} < m < x_{sr} + \frac{u_{\alpha} S}{\sqrt{n}} \right\} = 1 - \alpha$$

Dla glin T1 i T3 z uwagi na małą liczbę próbek oszacowanie przedziałów ufności dokonano bazując na rozkładzie zmiennej losowej  $t$ -Studenta o  $k = n - 1$  stopniach swobody:



Ryc. 1. Rozkłady częstości wartości współczynnika petrograficznego O/K dla gliny T2. P\_OK — dla odkrywki Pałnowa; L\_OK — dla odkrywki Lubstów

Fig. 1. Distribution frequency of values of petrographical coefficient O/K for till T2. P\_OK — for Pałnowa outcrop; L\_OK — for Lubstów outcrop

nego zarówno w profilu pionowym jak i poziomym, a także w skali lokalnej (w danej odkrywce) i regionalnej (w obu odkrywkach). Jest to niewątpliwie ważna cecha dla litologicznej korelacji glin lodowcowych ugruntowująca podstawowe założenie metodyczne.

Wyliczone wartości współczynników petrograficznych są porównywalne z tymi jakie otrzymali m.in. Stankowski i Krzyszkowski (1991) w odkrywce Lubstów oraz z tymi jakie otrzymali również inni autorzy na sąsiadujących obszarach (Trembaczowski, 1967; Choma-Moryl i in., 1991; Kenig, 1993; Zabielski, 1996).

**Gлина lodowcowa T3.** Występująca w obu odkrywkach glina lodowcowa T3 jest najmłodszą na badanym terenie, a jej miąższość wynosi ok. 3–5 m. Makroskopowo jest to glina piaszczysto-ilasta, na ogół słabo zwięzła, zawierająca mało frakcji żwirowej i głazowej. Barwa zmienia się od żółto-brunatnej do czerwonej lub rdzawej. Struktura gliny w przeważającej części jest masywna. Lokalnie występują



Tab. 6.1. Test  $t$  dla wartości przeciętnych współczynników petrograficznych

$n_{PT2} = 72$	Hipoteza H0: PT2 porównanie z LT2									
$n_{LT2} = 38$	Hipoteza H1: PT2 nieporównywalne z LT2									
Współczynnik	O/K		K/W		A/B		Dp/Wp		L/S	
Pokład gliny	PT2	LT2	PT2	LT2	PT2	LT2	PT2	LT2	PT2	LT2
Średnia artrymetyczna	1,565	1,553	0,687	0,685	1,368	1,371	0,229	0,213	0,085	0,079
Stand. odchylenie	0,201	0,149	0,094	0,075	0,184	0,142	0,086	0,055	0,034	0,038
Wariancja	0,04057	0,02214	0,00876	0,00556	0,03371	0,0202	0,00744	0,00301	0,00113	0,00144
Kryterium $t$	<b>0,316</b>		<b>0,132</b>		<b>0,075</b>		<b>1,031</b>		<b>0,784</b>	
$t\alpha$ (dla $\alpha = 0,05$ )	1,99									
czy $t < t\alpha$	tak		tak		tak		tak		tak	
Hipoteza H0: jest prawdziwa Wniosek: O/K; K/W; A/B; Dp/Wp; L/S — są ze sobą porównywalne;										

Tab. 6.2.

$n_{LT3} = 10$	Hipoteza H0: LT3 porównywalne z LT2									
$n_{LT2} = 38$	Hipoteza H1: LT3 nieporównywalne z LT2									
Współczynnik	O/K		K/W		A/B		Dp/Wp		L/S	
Pokład gliny	LT3	LT2	LT3	LT2	LT3	LT2	LT3	LT2	LT3	LT2
Średnia artrymetyczna	1,276	1,553	0,912	0,685	0,995	1,371	0,068	0,213	0,099	0,079
Stand. odchylenie	0,179	0,149	0,202	0,075	0,160	0,142	0,030	0,055	0,077	0,038
Wariancja	0,03192	0,02214	0,04082	0,00556	0,02564	0,0202	0,00088	0,00301	0,00585	0,00144
Kryterium $t$	<b>4,920</b>		<b>5,517</b>		<b>7,089</b>		<b>7,923</b>		<b>1,141</b>	
$t\alpha$ (dla $\alpha = 0,05$ )	2,01									
czy $t < t\alpha$	nie		nie		nie		nie		tak	
Hipoteza H0: jest nieprawdziwa dla O/K; K/W; A/B; Dp/Wp (prawdziwa dla L/S) Wniosek: O/K; K/W; A/B; Dp/Wp są różne od siebie (L/S — porównywalne)										

$n_{PT2}$  — liczebność próbek w glinie T2 w odkrywcze Pątnów,  $n_{LT3}$  — liczebność próbek w glinie T2 w odkrywcze Lubstów,  $n_{LT2}$  — liczebność próbek w glinie T3 w odkrywcze Lubstów,  $\alpha$  — poziom istotności

$$P\left\{x_{sr} - \frac{t_{\alpha}S}{\sqrt{n-1}} < m < x_{sr} + \frac{t_{\alpha}S}{\sqrt{n-1}}\right\} = 1 - \alpha$$

gdzie: P — prawdopodobieństwo,  
 $m$  — wartość przeciętna całej populacji,  
 $x_{sr}$  — wartość przeciętna wyliczona na podstawie próbek,  
 $u_{\alpha}$  — wartość zmiennej losowej rozkładu normalnego,  
 $t_{\alpha}$  — wartość zmiennej losowej rozkładu  $t$ -Studenta,  
 $S$  — standardowe odchylenie,  
 $n$  — liczba próbek w danym pokładzie gliny lodowcowej,  
 $\alpha$  — poziom istotności (przyjęto  $\alpha = 0,05$ ).

W drugim przypadku jest wymagane również przyjęcie założenia, że wartości współczynników petrograficznych obliczone dla poszczególnych próbek pochodzą z populacji o rozkładzie normalnym, co zweryfikowano stosując test zgodności  $\chi^2$ . Test ten wymaga jednak liczebnej próbki, dlatego też do jego realizacji wzięto wartości współczynników petrograficznych gliny T2 z obu odkrywek (łącznie 110 próbek). W tab. 5 podano przykładowo zastosowanie tego testu oraz rozkład częstości wartości dla współczynnika O/K (ryc. 1, tab. 5). Otrzymane wartości statystyki  $\chi^2$  dla wartości współczynników petrograficznych pozwalają na ich aproksymację rozkładem normalnym na przyjętym poziomie istotności ( $\alpha = 0,05$ ), co umożliwia stosowanie analizy statystycznej do tzw. statystycznie „małych próbek”.

**Test  $t$  dla dwóch wartości przeciętnych.** Test ten zastosowano w celu porównania wartości przeciętnych współczynników petrograficznych w dwóch populacjach tzn. między:  
— glinami jednowiekowymi, ale występującymi w różnych obszarach: Pątnów i Lubstów (tab. 6.1),  
— glinami różnowiekowymi: T2 i T3 — dla rejonu Lubstowa (tab. 6.2).

Wzór na kryterium  $t$  ma postać:

$$t = \frac{x_{1sr} - x_{2sr}}{\sqrt{\frac{n_1 \cdot S_1^2 + n_2 \cdot S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

gdzie:  $t$  — obliczana wartość statystyki (kryterium  $t$ ),  
 $x_{1sr} - x_{2sr}$  — porównywane średnie arytmetyczne wartości współczynników petrograficznych,

$n_1; n_2$  — liczebność próbek w porównywanych rozkładach,  
 $S_1^2; S_2^2$  — wariancje porównywanych rozkładów.

Równanie na kryterium  $t$  przy założeniu, że rozkłady są porównywalne ma rozkład  $t$ -Studenta o  $k = n_1 + n_2 - 2$  stopniach swobody. Z rozkładu tego, dla założonego z góry poziomu istotności możemy odczytać wartość krytyczną statystyki  $t_{\alpha}$ , aby była spełniona nierówność:

$$P\{|t| \geq t_{\alpha}\} = \alpha$$

gdzie: P — prawdopodobieństwo,

$t$  — wartość statystyki,

$\alpha$  — poziom istotności (przyjęto  $\alpha = 0,05$ ).

Przykładowe obliczenia oraz wnioski z powyższych zależności przedstawiono w tabelach 6.1 i 6.2.

### Wnioski

Przeprowadzone badania składu petrograficznego frakcji zwirowej w glinach lodowcowych oraz statystyczna analiza ich wyników pozwala sformułować następujące wnioski:

1. W rejonie konińskim występują trzy gliny lodowcowe rozdzielone osadami fluwiogłacialnymi, związane z różnowiekowymi piętami plejstocenu i różniące się przede wszystkim składem petrograficznym frakcji zwirowej.

— najstarsza glina lodowcowa (T1) występuje lokalnie w obrębie obniżenia erozyjnych powierzchni podczwartorzędowej (odkrywka Lubstów), dla której:  $O/K < K/W > A/B$  oraz  $Dp/Wp > L/S$ .

— młodsza, najbardziej miększa glina lodowcowa (T2) występuje powszechnie na badanym terenie, a jej cechami charakterystycznymi są:  $O/K > K/W < A/B$  oraz  $Dp/Wp > L/S$ . Wartości przeciętne odpowiadających sobie współczynników petrograficznych są ze sobą porównywalne w skali lokalnej i regionalnej. Poziom ten jest najbardziej jednolity pod względem składu petrograficznego frakcji zwirowej.

— najmłodsza glina lodowcowa (T3) jest zróżnicowana litologicznie na rejon Pałnowa i Lubstowa. Odpowiadające sobie wartości przeciętne współczynników petrograficznych  $O/K$  oraz  $K/W$  w obu rejonach są nieporównywalne. Pod względem składu petrograficznego gliny w tych odkrywkach reprezentują dwa oddzielne litotypy należące jednak do tego samego piętra wiekowego.

2. Przeprowadzona analiza składu petrograficznego frakcji zwirowej wskazuje na to, że skład ten nie tworzy stałej kompozycji w obrębie danej gliny, ale wykazuje mniejszą lub większą zmienność np. spektrum wartości  $O/K$  w T2 zmienia się w granicach 1,0–2,0 (ryc. 1). Zmienność ta ma jednak wyraźną dominantę, a jej rozkład możemy aproksymować rozkładem normalnym.

3. Przedstawienie współczynników petrograficznych w postaci parametru położenia tj. wartości przeciętnej ( $x_g$ ) i parametru rozproszenia np. standardowego odchylenia ( $S$ ) obrazują nam rozkład ich wartości, a tym samym charakteryzuje skład petrograficzny frakcji zwirowej zawartej w glinach lodowcowych.

4. Ilościowe różnice w kompozycji składu petrograficznego frakcji zwirowej zaznaczają się wyraźniej między glinami różnowiekowymi (niż jednowiekowymi), co wynika z innego położenia i charakteru spektrum wartości danej cechy (np. współczynnika petrograficznego) wyrażonego wartością przeciętną i odchyleniem standardowym.

5. Oczywiście ostateczna korelacja i ustalenie pozycji stratygraficznej danej gliny nie należy do statystyki. Wyklucza ona jedynie przypadkowość otrzymanych wyników, co jest pomocna przy ich interpretacji.

### Literatura

CEPEK A. G. 1962 — Zum Grundmoränenstratigraphie in Brandenburg. *Berichte der Geolog. Gessellschaft*, 2: 275–278.  
 CEPEK A. G. 1969 — Zur Bestimmung und stratigraphischen Bedeutung der Dolomitgeschiebe in den Grundmoränen im Nordteil der DDR. *Geologie*, 18: 657–773.  
 CIUK E. & GRABOWSKA I. 1993 — Syntetyczny profil stratygraficzny trzeciorzędu złoża węgla brunatnego Lubstów w Lubstowie, woj. konińskie. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 365: 47–68.

CIUK E. & MAŃKWSKA A. 1981 — Objaśnienia do mapy geologicznej Polski 1 : 200 000, ark. Konin. *Wyd. Geol.*  
 CHOMA-MORYL K., CZERWONKA J. & MORYL J. 1991 — Petrograficzno-mineralogiczna charakterystyka glin zwałowych okolic Szamotuł. *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*. Poznań.  
 EHLERS J. 1979 — Fine gravel analyses after the Dutch Method as tested out on Ristinge Klint, Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 27: 157–165.  
 GAIGALAS A. 1967 — Petrographic examinations of Pleistocene moraines. *Ac. Sc. Lithuania SSR*: 227–230.  
 GAIGALAS A. 1995 — Characteristics and genesis of Lithuanian tills. [W:] J. Ehlers, S. Kozarski, Ph. Gibbard (eds.), *Glacial deposits in north-east Europe*. A. A. Balkema, Rotterdam: 137–149.  
 GOŁĄB J. 1933 — Badania nad wskaźnikiem głazowym utworów morenowych Wielkopolski. *Pam. XIV Zj. Lekarzy i Przyrod. w Poznaniu*. Poznań.  
 HESEMANN J. 1939 — Zur Petrographie weiterer, hauptsächlich ost-fennoskandischer Leitgeschiebe. *Zeitschr. Geschiebeforsch.*, u. *Flachlandgeol.*, 15, 2: 68–98, 11 Abb.  
 KENIG. K. 1993 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000 — badania litologiczne osadów czwartorzędowych, ark. Ślesin (447). *Zakł. Geol. Czwartorz. Państw. Inst. Geol.*  
 KŁYSZ P. 1981 — Morfogenez form marginalnych między Koninem, Kołem a Turkiem. *UAM Ser. Geogr.*, 23: 1–87.  
 KOZYDRA Z. & SKOMPSKI S. 1995 — Unikalne stanowisko interglacjalne w Ruszkówku na Pojezierzu Kujawskim. *Prz. Geol.*, 43: 572–575.  
 KOZYDRA Z. & SKOMPSKI S. 1996 — Osady międzymorenowe w okolicy Mikorzyna na Wysoczyźnie Konińskiej. *Prz. Geol.*, 44: 945–949.  
 KÖRN J. 1927 — Die wichtigsten Leitgeschiebe der nordischen kristallinen Gesteine im norddeutschen Flachlande. Ein Führer für den Sammler Kristigsten Geschiebe. *Preuss.*  
 KRYGOWSKI B. 1952 — Zagadnienia czwartorzędowe i podłoża środkowej części Niziny Wielkopolskiej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 66: 189–217.  
 KRYGOWSKI B. 1956 — Z badań granulometrycznych nad utworami plejstoceńskimi w Polsce Zachodniej. *Biul. Inst. Geol.*, 100: 503–608.  
 LÜTTIG G. 1958 — Methodische Fragen der Geschiebeforschung. *Geol. J.*, 75: 361–418.  
 MAREK S. (red.) 1977 — Budowa geologiczna wschodniej części niecki mogileńsko-ludzkiej (srefa Gopło–Ponętów–Pabianice). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 80  
 MEYER K. D. 1983 — Indicator pebble and stone count methods. [W:] J. Ehlers (red.), *Glacial deposits in North-West Europe*. A. A. Balkema, Rotterdam: 275–287.  
 MILTHERS V. 1950 — Die Gliderung und Verbreitung der skandinavischen Verisungen in Nordwesterurpe. *Geol. Forening. Stockh. Forhandl.*, Bd., 72: 257–268.  
 RUTKOWSKI E. 1967 — Czwartorzęd wysoczyzny północnokonińskiej i jego podłoża. *Pr. Inst. Geol.*, 48: 147–158.  
 RZECHOWSKI J. 1971 — Granulometryczno-petrograficzne własności glin zwałowych w dorzeczu środkowej Widawki. *Biul. Inst. Geol.*, 254: 111–115.  
 RZECHOWSKI J. 1974 — O litotypach glin zwałowych dolnego i środkowego plejstocenu na Niżu Polskim. *Zesz. Nauk. UAM Geografia*, 10: 87–99.  
 RZECHOWSKI J. 1977 — Main lithotypes of tills in the Central Polish area. *Biul. Inst. Geol.*, 305: 31–43.  
 STANKOWSKI W. 1996 — Paleorzeźba mezozoiku tzw. elewacji konińskiej. *Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych*, t. 2. *Wyd. Nauk UAM*: 281–287  
 STANKOWSKI W. & KRZYSZKOWSKI D. 1991 — Stratygrafia czwartorzędowa okolic Konina. *Przeiany środowiska geograficznego obszaru Konin–Turek*. *Inst. Bad. Czwart., UAM, Poznań*.  
 STANKOWSKA A. & STANKOWSKI W. 1976 — Sytuacja geologiczna kopalnych utworów organicznych z odkrywki Józwin Kopalni Węgla Brunatnego w Koninie. *Bad. Fizjogr. nad Polską Zach.*, ser., 29: 167–175.  
 STANKOWSKI W., BIEDROWSKI Z., STANKOWSKA A., KOŁODZIEJ G., WIDERA M. & WILKOSZ P. 1995 — Litologia i stratygrafia kenezoiku okolic Konina. *Prz. Geol.*, 43: 559–564.  
 TREMBACZOWSKI J. 1961 — Przyczynki do metodyki badań granulometryczno-petrograficznych utworów morenowych. *Ann. UMCS, Sec. B*, 16: 63–89.  
 TREMBACZOWSKI J. 1967 — Granulometryczno-petrograficzna charakterystyka glin zwałowych wysoczyzny północno-konińskiej. *Pr. Inst. Geol.*, 48: 147–158.  
 ZABIELSKI R. 1996 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Sompolno (478). *Zakł. Geol. Czwartorz. Państw. Inst. Geol.*