

ANDRZEJ ŚLĄCZKA¹, RAFAŁ UNRUG²

OCENA REGIONALNEJ I LOKALNEJ ZMIENNOŚCI
SKŁADU PIASKOWCÓW WARSTW KROŚNIEŃSKICH
METODĄ ANALIZY WARIANCYJNEJ
(4 fig.)

*Regional and local variation of composition of the sandstones
of the Krosno beds (Flysch Carpathians)
estimated by variance analysis
(4 Figs.)*

Treść: Badano zmienność składu piaskowców warstw krośnieńskich przy zastosowaniu analizy wariacyjnej i hierarchicznego planu opróbowania. Skład piaskowców wykazuje lokalną zmienność, która może być przypisana sortowaniu materiału podczas transportu przez prądy zawieszinowe. Regionalna zmienność składu piaskowców warstw krośnieńskich jest niewielka, co odpowiada ich stałemu charakterowi litologicznemu.

CEL I METODYKA

Skład mineralno-petrograficzny piaskowców poszczególnych ogniw litostratygraficznych fliszu karpackiego wykazuje zmienność (Kamieński et al., 1963, 1967, Obuchowicz, 1957, Ślęczka i Unrug, 1966, Unrug, 1968), spowodowaną różnymi przyczynami. Przyczyny tej zmienności odnieść można do:

- zróżnicowania składu petrograficznego obszarów źródłowych materiału klastycznego,
- selekcji materiału w czasie transportu,
- mechanizmu sedymentacji z prądów zawieszinowych.

Zmienność składu piaskowców związana z dwoma ostatnimi przyczynami może przejawiać się jako:

- zróżnicowanie składu materiału w zależności od długości transportu,
- zróżnicowanie składu ławic różniących się parametrami granulometrycznymi,
- zróżnicowanie składu w obrębie jednej ławicy frakcjonalnie warstwowanej.

Wymienione zmienności składu skał można badać na różnych poziomach obserwacji. Na przykład zróżnicowanie składu związane z mechanizmem

¹ Instytut Geologiczny, Oddział Karpacki, Kraków, Skrzatów 1.

² Katedra Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 19, Oleandry 2a.

sedymencie z prądu zawiesinowego w danym punkcie basenu sedymen-
tacyjnego występuje między próbkami zebranymi z jednej ławicy frakcyj-
nalnie warstwowanej w różnej odległości od spągu. Zróżnicowanie składu
związane z długością transportu występuje między próbkami (lub średnimi
dla grup próbek) zebranymi z przekrojów leżących w różnej odległości od
obszaru źródłowego. Zmienność składu związana ze zróżnicowaniem skła-
du petrograficznego obszarów źródłowych zaznacza się pomiędzy próbka-
mi lub średnimi dla grup próbek zebranymi z regionów basenu sedymen-
tacyjnego alimentowanych z różnych źródeł.

Najniższym, lokalnym poziomem opróbowania jest ławica. Pośredni
poziom opróbowania stanowi przekrój, a wyższy poziom opróbowania odpo-
wiada regionowi.

Dla celów analizy paleogeograficznej i analizy procesów zachodzących
podczas transportu i sedymentacji ważne jest uzyskanie oceny zmienności
składu mineralno-petrograficznego skał fliszowych w aspekcie regional-
nym.

Nasuują się zwykle pytania: czy skały danej jednostki litostraty-
graficznej mają jednorodny skład na obszarze swego występowania? Czy
występuje zmienność w małej skali nakładająca się na regionalnie jedno-
rodny charakter składu mineralno-petrograficznego? Często występuje duża
lokalna zmienność składu, a jednak na większych obszarach dana jednostka
zachowuje stały charakter petrograficzny. Niekiedy mamy do czynienia
z sytuacją odwrotną, gdy skały na małych obszarach są jednorodne, a róż-
nią się znacznie, jeśli porównać różne regiony ich obszaru występowania.
Zagadnienia te nabierają szczególnego znaczenia przy korelacji opartej na
cechach litologiczno-petrograficznych zwłaszcza w przypadku pracy na ma-
teriałach z wierceń.

Odpowiednio dobrany plan opróbowania pozwala na ocenę zmienności
składu skał na różnych poziomach opróbowania i na powiązanie jej z róż-
nymi przyczynami.

Praca niniejsza ma na celu określenie zmienności składu mineralno-
petrograficznego warstw krośnieńskich i próbę oceny genezy tej zmien-
ności przy zastosowaniu statystyki matematycznej pozwalającej na uzy-
skanie powtarzalnych i porównywalnych wyników i maksymalne ograni-
czenie subiektywizmu we wnioskowaniu geologicznym.

Z różnych istniejących metod wybrano tu metodę analizy wariancji wie-
lu zmiennych, którą opracowali W. C. K r u m b e i n i J. W. T u k e y (1956).

Metoda ta polega na pobraniu prób według hierarchicznego planu i oce-
nie zmienności składu skał na różnych poziomach opróbowania.

Dla przeprowadzenia obliczeń opracowany został program ASSUN
w Odra-Algołu. Obliczenia wykonano w Centrum Obliczeniowym Uniwer-
sytetu Jagiellońskiego na maszynie cyfrowej ODRA 1204. Autorowie skła-
dają serdeczne podziękowania doc. drowi hab. Andrzejowi Budzanow-
skiemu za umożliwienie wykonania obliczeń oraz mgr Annie R a d w a ń-
skiej i mgr Marii P o l o k za współpracę przy opracowaniu programu.

STRATYGRAFIA I PALEOGEOGRAFIA WARSTW KROŚNIEŃSKICH JEDNOSTKI ŚLĄSKIEJ

Badaniami objęto piaskowce gruboławicowe z dolnych warstw krośnień-
skich w podziale wprowadzonym przez L. K o s z a r s k i e g o, K. Ż y t k ę
(1959), wieku oligoceńskiego, w części Karpat polskich leżących na wschód

od doliny Dunajca. Dolne warstwy krośnieńskie leżą na warstwach menilitowych (lub na warstwach przejściowych) wieku dolnoooligocenckiego, przy czym ich dolna granica przebiega diachronicznie, ku północy zajmując coraz wyższą pozycję stratygraficzną. W południowej i zachodniej części obszaru badań dolne warstwy krośnieńskie stanowią najmłodsze ogniwo fliszu kończące jego sedymentację, natomiast w części północno-wschodniej przykryte są warstwami górnokrośnieńskimi; granicę stanowi tu kompleks piaskowców glaukonitowych. Dolne warstwy krośnieńskie zaczynają się kompleksem gruboławicowych piaskowców, frakcjonalnie warstwowanych również o diachronicznie przebiegającej pozycji stratygraficznej. W wyższej części profilu piaskowce gruboławicowe zanikają, a na ich miejsce pojawiają się laminowane piaskowce cienko- i średnioławicowe oraz łupki margliste. W obrębie dolnych warstw krośnieńskich przebiega charakterystyczny horyzont laminowanych wapieni (łupki jasielskie) pozwalający na korelowanie warstw mimo ich zmienności facjalnej. Badaniem objęto tylko tę część profilów warstw krośnieńskich dolnych, która leży poniżej korelacyjnego horyzontu łupków jasielskich (fig. 1). Przedstawiona niżej analiza zmienności składu mineralno-petrograficznego piaskowców dotyczy zatem utworów o zbliżonym wieku.

Dotychczasowe badania sedymentologiczne oparte przede wszystkim na analizie facjalnej i rozkładzie struktur kierunkowych (D ż u ł y ń s k i i Ś ł a c z k a, 1958) wykazały, że materiał klastyczny dolnych warstw krośnieńskich we wschodniej części polskich Karpat fliszowych pochodzi z różnych obszarów źródłowych.

Dwa z tych źródeł są wyraźnie zindywidualizowane, a mianowicie źródło zachodnie — kordyliera śląska (centralna) i źródło wschodnie — masyw „marmaroski”. Nie jest natomiast jednoznacznie rozstrzygnięta obecność źródła północno-zachodniego, którego istnienie przyjmowane było na podstawie analizy struktur kierunkowych w piaskowcach krośnieńskich północnej części basenu śląskiego (fig. 2).

Na obecność kordyliery w tym regionie wskazuje występowanie w warstwach krośnieńskich egzotyków skał krystalicznych (A. G a w e ł, 1931), oraz redeponowanych skał ze starszych ogniw fliszowych (S. W d o w i a r z, 1953).

Interpretacja paleogeograficzna oparta jest na teorii prądów zawieszonych. Zdaniem autorów nie ma podstaw do odrzucenia tej teorii w odniesieniu do sedymentacji fliszu karpackiego, wbrew niektórym poglądom wyrażonym w literaturze.

PLAN OPRÓBOWANIA

Na obszarze występowania dolnych warstw krośnieńskich wydzielono trzy regiony. W każdym z nich materiał klastyczny pochodzi z jednego z hipotetycznych obszarów źródłowych wyznaczonych na podstawie analizy paleoprądów.

W każdym regionie wybrano po dwa przekroje położone w różnych odległościach od obszaru źródłowego. W każdym przekroju opróbowano 10 ławic wybranych losowo, pobierając po dwie próbki w ławicy, z jej spągu i stropu.

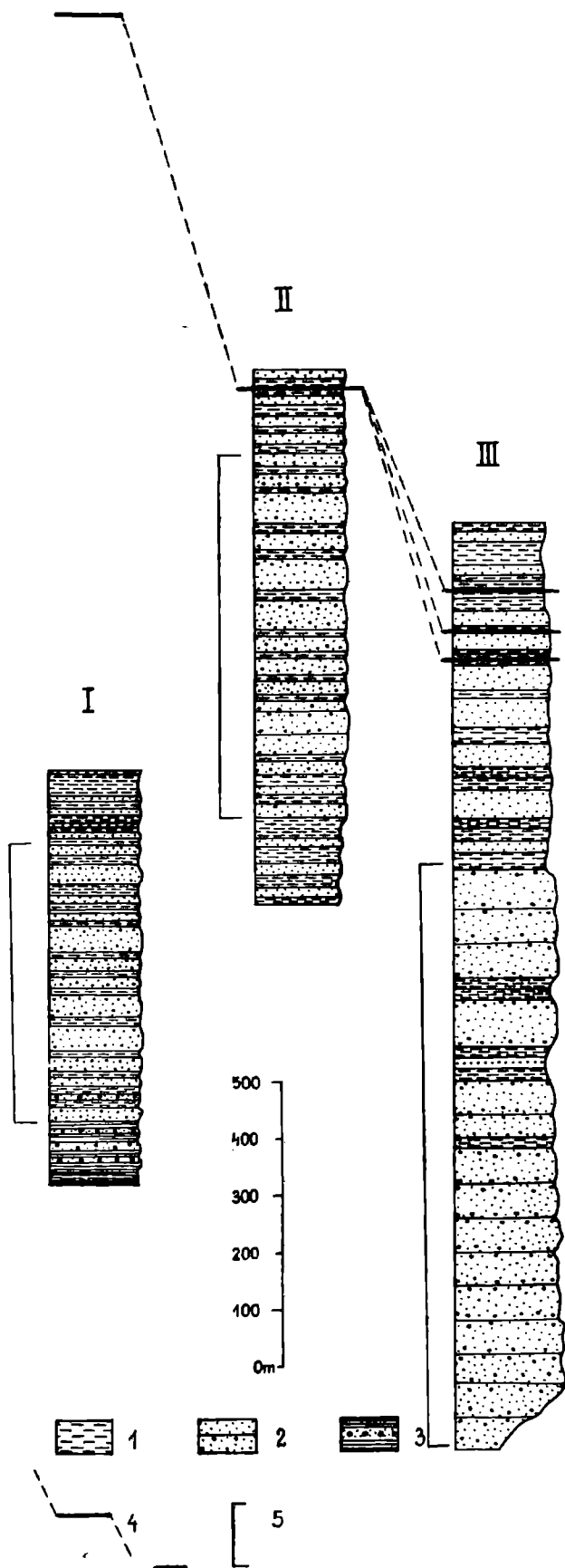


Fig. 1. Profile dolnych warstw krosnińskich. 1 — łupki i cienkoławicowe piaskowce; 2 — grubo- i średnioławicowe piaskowce przykładane łupkami; 3 — warstwy menilitowe i przejściowe; 4 — położenie korelacyjnego poziomu łupków jasielskich; 5 — opróbowane odcinki profili; I — profil proksymalny regionu I (Gorlice, dolina Ropy); II — profil proksymalny regionu II (Zagórz, dolina Oslawy); III — profil proksymalny regionu III (Ustrzyki Górne, dolina potoku Wołosatego)

Fig. 1. Profiles of the Lower Krosno Beds. 1 — shales and thin-bedded sandstones; 2 — thick- and medium-bedded sandstones alternating with shales; 3 — Menilite Beds and Passage Beds; 4 — correlative horizon of Jasło shales; 5 — samples section; I — proximal profile of the region I at Gorlice, valley of the Ropa river; II — proximal profile of the region II at Zagórz, valley of the Oslawa river; III — proximal profile of the region III at Ustrzyki Górne, valley of the Wołosaty creek

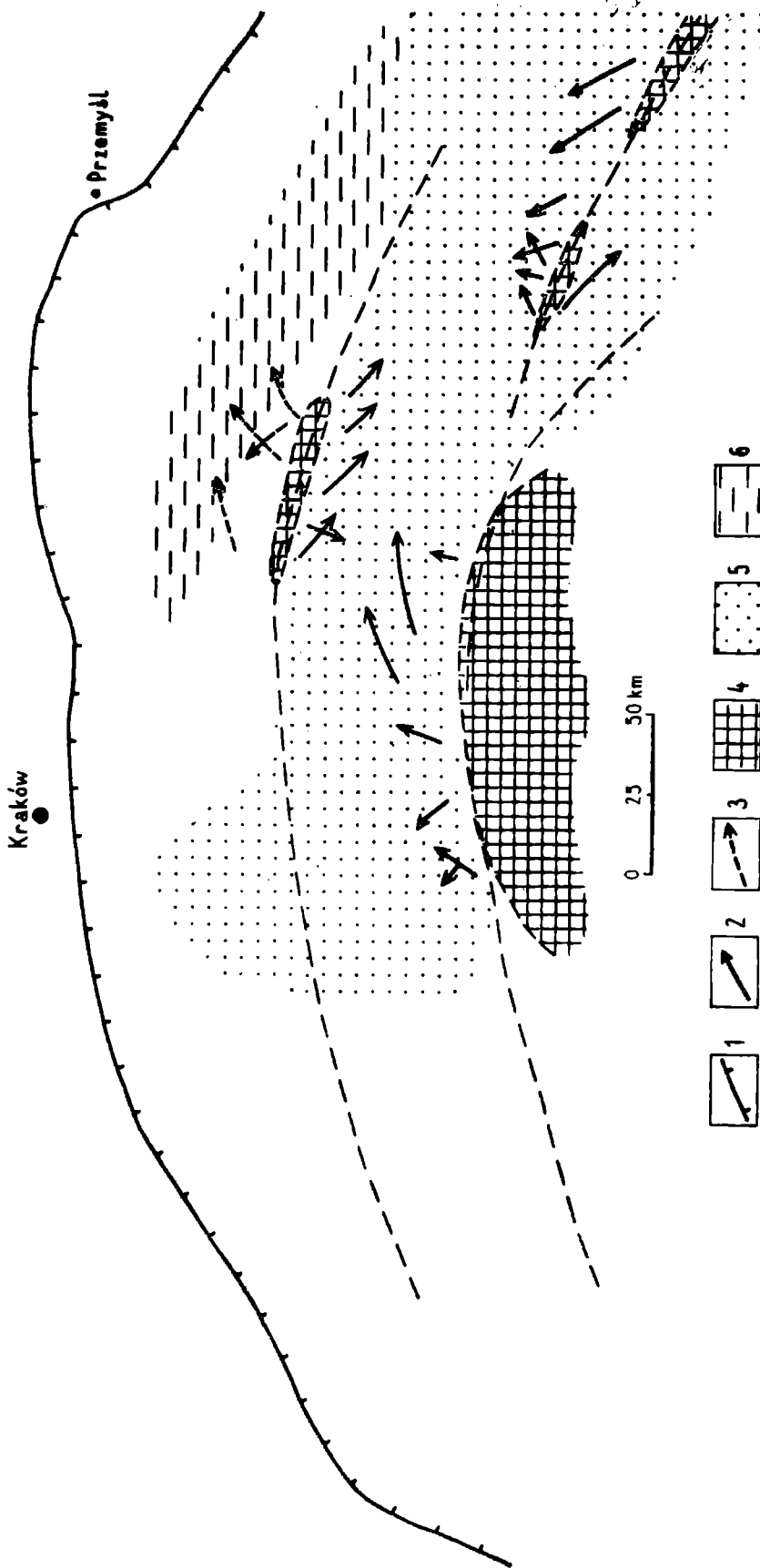


Fig. 2. Paleogeografia basenu sedimentacyjnego warstw krośnieńskich wg S. Dżułyńskiego i A. Słaczki (1958).
 1 — brzeg Karpat; 2 — kierunki paleoprądów w basenie śląskim podczas sedimentacji dolnych warstw krośnieńskich;
 3 — kierunki paleoprądów w basenie skolskim podczas sedimentacji górnych warstw krośnieńskich; 4 — hipotetyczne
 obszary źródłowe materiału klastycznego; 5 — dolne warstwy krośnieńskie; 6 — łupki menilitowe i piaskowce kłiwskie
 Fig. 2. Palaeogeography of the sedimentary basin of the Krosno Beds, after S. Dżułyński and A. Słaczka (1958).
 1 — northern margin of the Carpathians; 2 — palaeocurrent directions in the Silesian basins during the sedimentation
 of the Lower Krosno Beds; 3 — palaeocurrent directions in the Skole basin during the sedimentation of the Upper
 Krosno beds; 4 — inferred source area of clastic material, 5 — Lower Krosno beds; 6 — Menilite shales and Kliwa
 sandstones

Hierarchiczny plan opróbowania przedstawia fig. 3.

Obszary poszczególnych regionów i położenie opróbowanych przekrojów przedstawione są na fig. 4.

Region zachodni (1) odpowiada obszarowi występowania paleoprądów transportujących materiał klastyczny pochodzący z kordyliery śląskiej, w kierunku z zachodu na wschód.

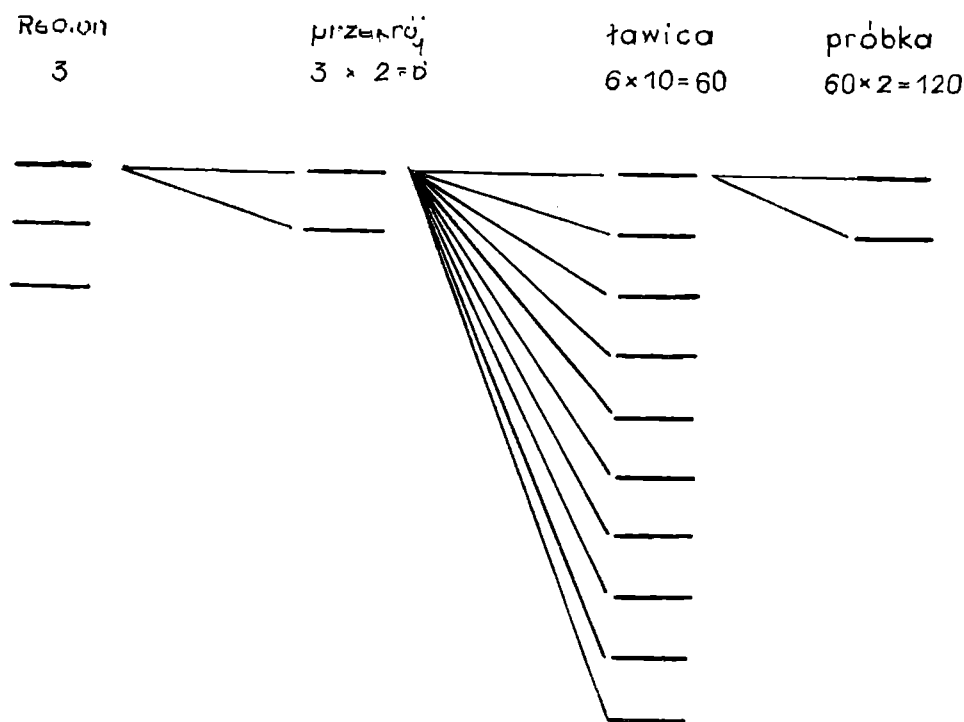


Fig. 3. Hierarchiczny plan opróbowania

Fig. 3. Hierarchical sampling plan: 3 regions, 2 sections per region, 10 beds per section, 2 samples per bed

W regionie tym opróbowano przekrój dolnych warstw krośnieńskich w korycie rzeki Ropy w Gorlicach (przekrój 1, bliższy obszarowi źródłowo-proksymalny) i przekrój w przełomie Wisłoka w Besku (przekrój 2, dalszy od obszaru źródłowo-dystalny).

Region północno-zachodni (2) obejmuje obszar występowania paleoprądów transportujących materiał klastyczny z hipotetycznej kordyliery sanockiej w kierunku z północnego zachodu na południowy wschód. W regionie tym opróbowano przekrój w korycie Osławy w Zagórzcu (przekrój 1, proksymalny) i przekrój potoku Czarnego w Polanach (przekrój 2, dystalny).

Region wschodni (3) obejmuje obszar występowania paleoprądów transportujących materiał klastyczny z masywu marmaroskiego — w kierunku z południowego wschodu na północny zachód. W regionie tym opróbowano przekrój potoku Wołosatego w Ustrzykach Górnych (przekrój 1, proksymalny) i przekrój w korycie potoku Tarnawka w Kalnicy (przekrój 2, dystalny).

Przyjęty plan opróbowania pozwala na analizowanie zmienności składu mineralno-petrograficznego na czterech poziomach:

- między próbkami w ławicach,
- między ławicami w przekrojach,
- między przekrojami w regionach,
- między regionami w całym obszarze występowania gruboławicowych piaskowców warstw krośnieńskich.

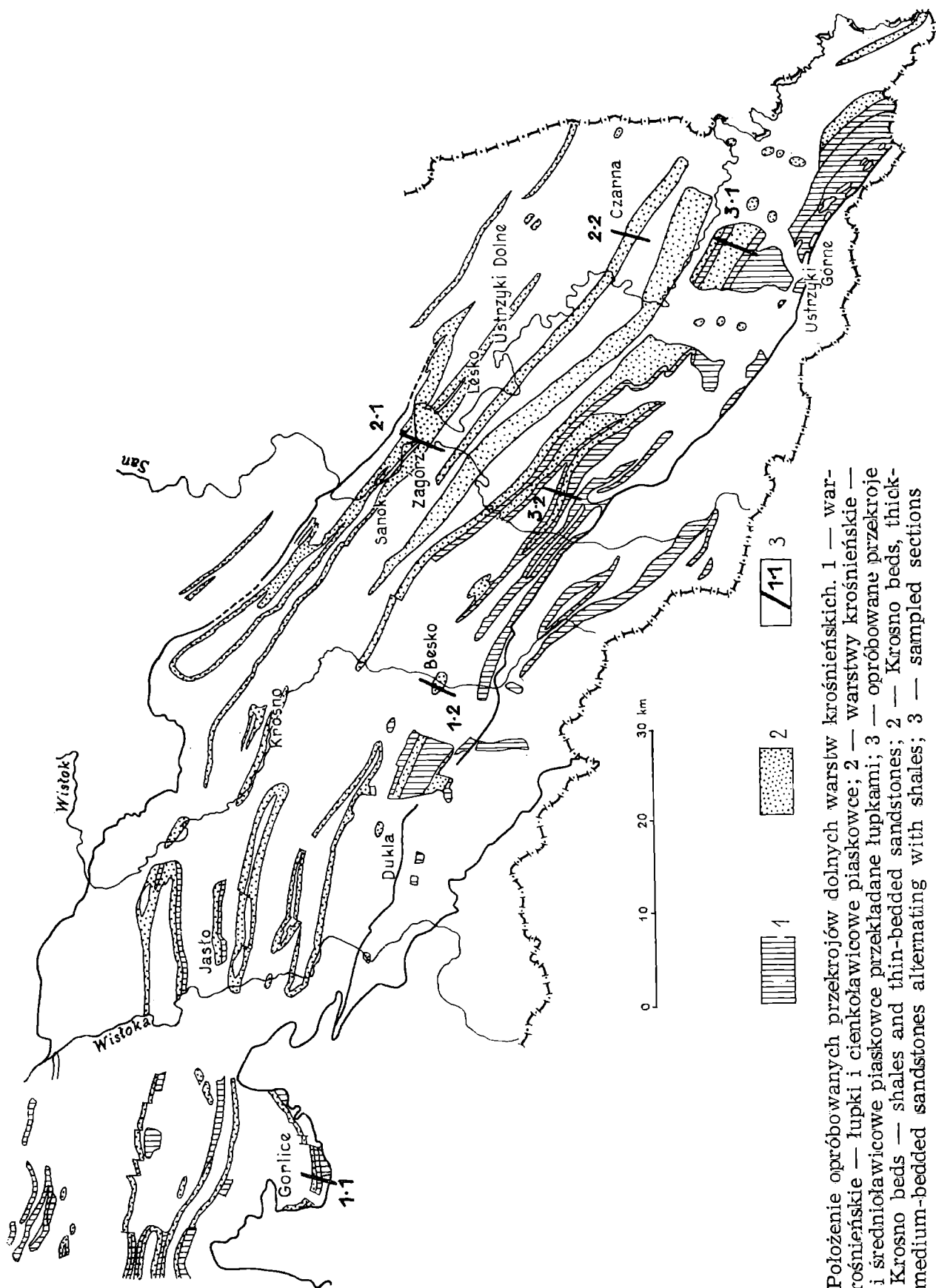


Fig. 4. Położenie opróbowanych przekrojów dolnych warstw krosnieńskich. 1 — warstwy krosnieńskie — łupki i cienkoławicowe piaskowce; 2 — warstwy krosnieńskie — grubo- i średnioławicowe piaskowce przekładane łupkami; 3 — opróbowane przekroje Fig. 4. Krosno beds — shales and thin-bedded sandstones; 2 — Krosno beds, thick- and medium-bedded sandstones alternating with shales; 3 — sampled sections

PETROGRAFIA

Skład mineralno-petrograficzny do badań ilościowych płytek cienkich wykonanych z pobranych próbek określono metodą planimetryczną. Zliczano po 200 punktów w szlifie przy zastosowaniu stolika integracyjnego typu Eltinor. Określono zawartość 8 składników: kwarcu, skaleni, mik, okruchów skał magmowych i metamorficznych, ziarn wapiennych (bioklastycznych, mikrytowych i sparytowych), ziarn wapieni zoogenicznych typu sztrambenskiego i być może starszych intraklastów (okruchów skał pelitowych i drobnoziarnistych piaskowców) oraz spoiwa. Ilość oznaczeń wynosi:

$$120 \times 8 = 960.$$

Maksymalne i minimalne zawartości poszczególnych składników dla badanych przekrojów zestawiono w tab. 1, a pełne wyniki analizy składu mineralno-petrograficznego podstawiono w tab. 2.

Tabela 1 — Table 1

Zmienność zawartości składników mineralno-petrograficznych piaskowców dolnych warstw krośnieńskich (w procentach objętościowych)
 Ranges of variation of content of mineral constituents of the sandstones of the Lower Krosno beds (volume percentages) prz. — section

			Kwarc	Skalenie	Łyszczyki	Skały met.	Okruchy wap.	Wap. zoog.	Intra-klasty	Spoiwo
Region 1	prz. 1	min.	24,0	1,0	1,0	0	0	0	0	23,5
		max	41,5	10,0	9,0	21,5	9,0	1,0	4,0	67,5
	prz. 2	min	22,0	2,5	1,0	2,0	15,5	0	0	10,0
		max	42,5	14,0	12,5	10,5	45,0	2,0	6,5	36,0
Region 2	prz. 1	min	24,0	5,0	1,5	2,5	5,5	0	0	10,0
		max	51,5	16,0	13,0	17,0	26,0	5,0	6,5	43,5
	prz. 2	min	33,0	0	6,0	3,5	0	0	0	17,5
		max	47,5	7,0	26,5	16,5	20,0	0,5	1,0	39
Region 3	prz. 1	min	33,0	8,5	1,0	6,5	0	0	0	9,5
		max	52,0	16,0	12,0	34,0	8,5	0	8,0	34,0
	prz. 2	min	25,5	7,0	2,0	3	1	0	0,5	12,5
		max	48,0	19,0	21,5	12,5	19,5	0	9,5	34,5

Dla dokładniejszego określenia składu mineralno-petrograficznego piaskowców pochodzących z odrębnych regionów wykonane zostały, na podstawie płytek cienkich, badania jakościowe. Badaniami tymi objęto tylko próbki pochodzące z dolnej części ławic piaskowcowych, jako bardziej reprezentatywne.

Piaskowce pochodzące z regionu zachodniego są mezomiktyczne, rzadziej polimiktyczne, słabo wysortowane.

Zawartość kwarcu waha się w granicach od 22% do 42%. Ilość skaleni nie przekracza na ogół 10%, rzadko dochodząc do 14%. Reprezentowane są one przez silnie zmienione kwaśne plagioklasy, a w znacznie mniejszym stopniu przez skalenie potasowe. Wśród minerałów łyszczykowych przeważa hydromuskowit.

Jako okruchy litoklastyczne występują przede wszystkim otoczaki sparytowych wapieni, mułowców wapienistych, wapieni drobnokrystalicznych, sporadycznych wapieni zoogenicznych (wyjątkowo ilość fragmentów wa-

Tabela 2 — Table 2

Skład mineralno-petrograficzny piaskowców dolnych warstw krośnieńskich
(w procentach objętościowych)
Mineral composition of samples of sandstones of the Lower Krosno beds
(volume percentages)

region 1 przekrój 1		kwarc	skaleń	łyżczyk	skały met. okr. wap.	wap. zoog. intraklast	spoiwo
ławica	próbka						
1	1	26.5	1.0	1.0	2.5	.0	4.0
1	2	32.0	4.0	3.0	8.0	5.5	1.5
2	1	34.0	3.0	5.5	2.5	2.5	.5
2	2	41.5	5.5	5.5	5.0	3.5	.5
3	1	24.5	2.0	7.0	2.0	.5	.0
3	2	25.0	3.0	6.0	2.0	.5	.0
4	1	32.0	10.0	5.5	7.0	6.5	.0
4	2	33.5	6.0	5.5	.0	.0	.0
5	1	33.5	2.5	6.5	4.5	.5	.5
5	2	28.0	2.5	4.5	12.0	4.0	1.0
6	1	34.5	1.5	2.5	8.5	4.5	.0
6	2	26.0	5.5	6.0	.0	.0	.0
7	1	35.5	2.5	5.0	5.5	6.5	.5
7	2	36.0	4.0	6.5	8.5	3.5	.0
8	1	32.5	3.5	3.0	6.0	8.0	.0
8	2	33.0	4.5	1.5	9.0	5.5	.5
9	1	24.0	6.0	9.0	16.5	9.0	.0
9	2	33.0	3.5	8.0	14.0	3.5	.0
10	1	35.5	5.5	8.0	6.5	4.0	.5
10	2	36.5	4.0	8.0	21.5	6.5	.0

region 1 przekrój 2		kwarc	skaleń	łyżczyk	skały met. okr. wap.	wap. zoog. intraklast	spoiwo
ławica	próbka						
1	1	31.0	4.5	3.0	6.5	32.0	.5
1	2	30.0	3.5	6.5	5.0	24.0	.0
2	1	28.5	9.0	2.5	7.5	29.0	.0
2	2	28.5	3.5	4.0	4.0	31.5	.5
3	1	27.5	2.5	2.0	10.0	34.0	.0
3	2	22.0	4.0	12.5	8.0	26.5	.0
4	1	29.5	9.0	4.5	3.5	43.5	.0
4	2	31.0	5.5	7.0	7.5	28.0	.0
5	1	24.5	5.0	3.0	2.0	45.0	.0
5	2	27.5	5.0	5.0	8.5	29.0	.0
6	1	42.5	4.5	5.5	3.5	27.5	.0
6	2	36.5	8.5	2.0	10.5	27.0	.0
7	1	30.5	14.0	4.5	7.0	25.0	2.0
7	2	29.0	6.5	4.5	4.5	15.5	.0
8	1	28.0	7.0	1.5	3.0	35.0	1.0
8	2	36.0	8.0	9.0	2.5	21.0	.0
9	1	29.5	2.5	5.0	5.0	31.0	.0
9	2	28.5	3.5	9.0	2.5	24.0	.0
10	1	35.5	9.5	1.0	5.0	27.0	.0
10	2	27.0	7.5	11.0	2.5	33.5	.0

pieni zoogenicznych (dochodzi do 2%) łupków mikowych, piaskowców kwarcytowych, wapieni krzemionkowych. Zupełnie podrzędnie reprezentowane są gnejsy, radiolaryty i in. Glaukonit występuje w ilościach śladowych. Minerale ciężkie reprezentowane są przede wszystkim przez gra-

region, przekrój 2 1		kwarc	skalen	żyzczyk	skały met. okr. wap.	wap. zoog. intraklast	spoiwo		
ławica	próbka								
1	1	35.0	5.0	4.5	7.5	9.0	.0	.0	39.0
1	2	34.0	8.5	1.5	10.0	6.5	.0	1.0	38.5
2	1	24.0	6.5	8.0	5.5	11.5	1.0	.0	43.5
2	2	30.0	15.0	6.0	11.5	15.0	.0	1.0	21.5
3	1	27.5	10.0	4.0	10.5	10.5	4.5	4.5	28.5
3	2	38.0	12.0	6.5	8.0	11.5	.0	2.5	21.5
4	1	38.0	10.0	6.5	17.0	9.5	.0	6.5	22.5
4	2	36.5	10.5	10.5	7.0	9.5	.0	.0	26.0
5	1	44.5	8.0	3.5	12.5	11.0	5.0	.5	15.0
5	2	51.5	7.0	2.5	8.0	10.5	3.0	2.5	15.0
6	1	38.0	6.5	7.5	2.5	13.0	4.5	3.5	24.5
6	2	41.0	6.0	13.0	10.5	7.0	1.0	4.0	17.5
7	1	34.0	9.0	7.5	10.5	23.0	2.0	.5	13.5
7	2	36.5	10.0	7.0	7.5	14.5	1.0	6.5	17.0
8	1	38.0	16.0	4.5	13.5	5.5	.0	4.0	18.5
8	2	31.5	6.5	9.0	11.5	26.0	.0	2.5	13.0
9	1	33.5	8.0	6.0	9.0	17.0	5.0	6.5	15.0
9	2	39.0	9.0	12.0	8.5	9.5	.0	.5	21.5
10	1	41.0	6.0	11.0	7.0	17.5	2.0	2.5	17.0
10	2	48.5	9.5	4.5	5.5	21.0	.0	1.0	10.0

region, przekrój 2 2		kwarc	skalen	żyzczyk	skały met. okr. wap.	wap. zoog. intraklast	spoiwo		
ławica	próbka								
1	1	34.0	7.0	7.5	16.0	5.5	.0	.5	29.5
1	2	34.0	4.0	26.5	14.5	.0	.0	.0	21.0
2	1	44.0	2.0	7.5	11.5	14.5	.0	.0	20.5
2	2	42.0	5.5	14.0	5.5	6.5	.0	.0	24.5
3	1	47.0	2.5	9.0	9.0	8.5	.0	.0	24.0
3	2	47.0	5.0	10.5	7.5	6.5	.0	.0	21.5
4	1	42.0	2.0	13.0	3.5	6.5	.0	1.0	32.0
4	2	42.0	.0	8.5	4.0	5.5	.0	1.0	39.0
5	1	43.5	5.0	6.0	5.5	7.5	.0	.5	33.0
5	2	36.5	2.5	8.0	7.5	9.5	.0	.0	36.0
6	1	39.5	1.5	9.0	5.5	15.0	.5	.0	29.0
6	2	40.0	2.0	12.5	16.5	7.0	.0	1.0	21.0
7	1	42.0	2.5	15.0	11.0	7.0	.0	.5	22.0
7	2	33.0	4.0	15.0	15.0	2.0	.0	.0	21.0
8	1	39.5	2.5	7.5	11.0	20.0	.0	.0	20.0
8	2	38.0	1.5	8.0	8.5	7.0	.0	.0	37.0
9	1	47.5	1.0	12.5	13.5	8.0	.0	.0	17.5
9	2	34.0	1.0	17.5	12.0	6.5	.5	.0	28.5
10	1	33.0	3.0	19.0	16.0	6.0	.0	1.0	22.0
10	2	35.0	3.0	17.5	12.5	4.0	.0	.5	28.0

nat, a w mniejszym stopniu przez staurolit, turmalin, rutil i in. Spoiwo jest wypełniające — porowe, kalcytowo-ilitowe.

W rejonie północno-zachodnim występują piaskowce mezo- i polimiktyczne słabo wysortowane. W piaskowcach tych zawartość kwarcu wynosi od 33 do 48%.

Ilość skaleń waha się w granicach od 0 do 7% rzadko osiągając 16%. Są to przede wszystkim kwaśne plagioklasy, a w ilościach mniejszych skalenie potasowe (ortoklaz). Skalenie te są zwykle silnie przeobrażone.

region 3 przekrój 1		kwarc	skaleń	łyżczyk	skały met. okr. wap.	wap. zoog. intraklast	spoiwo		
ławica	próbka								
1	1	37.5	11.0	3.0	27.0	1.0	.0	.0	20.5
1	2	43.5	15.0	1.0	18.5	1.5	.0	1.0	19.5
2	1	40.5	14.0	5.0	19.5	3.0	.0	1.5	19.5
2	2	33.0	13.5	4.0	12.0	2.5	.0	1.0	34.0
3	1	34.0	16.0	3.0	22.0	3.5	.0	4.0	17.5
3	2	46.0	12.0	6.5	8.5	7.0	.0	1.0	18.5
4	1	36.0	8.5	1.0	34.0	2.5	.0	8.0	9.5
4	2	33.5	13.5	9.0	10.0	.0	.0	6.0	28.0
5	1	43.5	14.0	5.0	9.5	3.0	.0	4.5	20.5
5	2	52.0	9.0	6.0	16.0	.5	.0	.5	16.0
6	1	42.0	11.5	5.5	13.0	8.0	.0	3.0	17.0
6	2	39.5	14.5	12.0	6.5	3.5	.0	2.0	22.0
7	1	42.0	11.5	3.5	18.5	3.5	.0	1.0	20.5
7	2	36.0	14.0	3.5	19.5	1.5	.0	.5	25.0
8	1	35.0	14.5	3.0	25.5	8.5	.0	.0	13.5
8	2	39.0	13.5	6.0	11.5	3.0	.0	.0	27.0
9	1	41.0	10.5	4.5	12.0	1.0	.0	.0	31.0
9	2	45.5	15.0	3.0	14.5	.0	.0	.0	22.0
10	1	42.0	11.5	3.0	19.5	2.5	.0	.0	21.5
10	2	37.0	14.0	7.5	10.0	.0	.0	.0	26.5

region 3 przekrój 2		kwarc	skaleń	łyżczyk	skały met. okr. wap.	wap. zoog. intraklast	spoiwo		
ławica	próbka								
1	1	42.0	17.5	6.5	9.5	4.0	.0	1.0	19.5
1	2	39.5	15.0	12.0	9.0	1.5	.0	2.5	20.5
2	1	43.0	14.5	5.0	12.5	4.5	.0	4.5	16.0
2	2	25.5	18.5	5.0	9.0	5.5	.0	2.0	34.5
3	1	42.5	17.0	7.0	9.5	1.5	.0	4.5	18.0
3	2	44.5	15.0	11.0	9.5	4.5	.0	.5	15.0
4	1	34.0	14.5	4.0	11.0	6.5	.0	7.5	20.5
4	2	41.0	17.5	9.5	8.5	4.5	.0	2.0	17.0
5	1	45.0	12.5	6.0	10.5	4.0	.0	6.0	16.0
5	2	42.0	16.5	9.5	9.0	2.0	.0	.5	19.5
6	1	47.5	17.5	2.0	11.0	5.5	.0	1.0	15.5
6	2	29.0	7.0	21.5	4.5	10.0	.0	1.0	27.0
7	1	39.5	19.0	6.0	10.5	7.0	.0	2.0	16.0
7	2	44.0	11.5	9.0	3.0	19.5	.0	.5	12.5
8	1	42.5	12.0	3.0	12.0	5.0	.0	3.0	22.5
8	2	42.0	14.0	9.5	10.0	4.0	.0	4.0	16.5
9	1	41.0	13.5	6.0	9.0	2.5	.0	7.0	21.0
9	2	41.0	14.0	2.5	7.0	1.0	.0	3.5	31.0
10	1	48.0	10.0	4.5	6.5	5.5	.0	9.5	16.5
10	2	43.0	13.5	12.0	9.5	6.5	.0	1.0	14.5

Jako minerały łyżczkowe występują głównie hydromuskowit, sporadycznie hydrobiotyt.

Okruchy litoklastyczne reprezentowane są przez fragmenty wapieni zoogenicznych (bryozoowych, litotamniowych i in.), drobnokrystalicznych, skrzemionkowanych, przez ziarna sparytowe oraz mułowce wapieniste, piaskowce kwarcytowe, w mniejszych ilościach przez gnejsy, łupki mikowe, agregaty chalcedonowe, łupki krzemionkowe z radiolariami, piaskowce o spoiwie sydereitycznym. Ponadto obecne są fragmenty skorup pojedynczych otwornic (między innymi nummulitów). Sporadycznie występuje

glaukonit. Wśród minerałów ciężkich przeważa granat. Spoiwo jest wypełniające i porowę ilasto-wapniste.

W rejonie południowo-wschodnim występują piaskowce polimiktyczne, nie wysortowane. Zawartość kwarcu jest zmienna i wynosi od 25% do 48%. Ilość skaleni waha się w granicach od 7% do 19%. Są to głównie kwaśne plagioklasy (albit, oligoklaz) często zserycytizowane, w mniejszej ilości występują skalenie potasowe (mikroklin, ortoklaz). Wśród minerałów łuszczykowych, na ogół słabo zmienionych, przeważa muskowitz nad biotytem i hydrochlorytem.

Okruchy litoklastyczne, których ilość może dochodzić do 22%, reprezentowane są przez mikrogranity, granitognejsy, gnejsy, łupki mikowe, zserycytizowane fillity, mułowce, piaskowce drobnoziarniste krzemionkowe i ilasto-wapniste, sporadycznie spotyka się łupki krzemionkowe z radiolariami i okruchy mułowców z globigerynami. Zupełnie podrzędnie występują fragmenty wapieni zoogenicznych, wapieni przekrystalizowanych, skorup małży oraz skał wylewnych. Podrzędnie pojawia się glaukonit. Wśród minerałów ciężkich przeważa zdecydowanie granat, w mniejszych ilościach występuje cyrkon, turmalin, rutyl i in. Spoiwo jest wypełniające ilasto-wapniste.

ANALIZA WARIANCYJNA SKŁADU MINERALNO-PETROGRAFICZNEGO I TESTY STATYSTYCZNE

Badania petrograficzne warstw krośnieńskich wykazały istnienie zróżnicowania jakościowego okruchów litoklastycznych, zaznaczające się pomiędzy regionem południowo-wschodnim a pozostałymi regionami oraz zróżnicowanie ilościowe zawartości poszczególnych składników zaznaczające się na różnych poziomach opróbowania.

Badanie statystycznej istotności tego zróżnicowania ilościowego przeprowadzono za pomocą metody analizy wariancyjnej.

Z formalnego punktu widzenia analiza wariancyjna jest metodą badania statystycznego służącą do zweryfikowania hipotezy zerowej (H_0), że otrzymane wyniki doświadczeń (w naszym przypadku wyniki pomiarów składu mineralno-petrograficznego piaskowców dolnych warstw krośnieńskich) pochodzą z populacji jednorodnej. Jeśli wynik testu statystycznego wskazuje, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, można przyjąć, że obserwowane zróżnicowanie składu mineralno-petrograficznego w badanym poziomie opróbowania nie jest istotne i wynika z przypadkowej zmienności składu i błędów pomiaru, a porównywane grupy próbek pochodzą z populacji o takim samym średnim składzie. Jeśli natomiast wynik testu statystycznego wskazuje, że hipotezę zerową należy odrzucić, wnioskujemy, że obserwowane zróżnicowanie składu mineralno-petrograficznego jest statystycznie istotne i poszukujemy realnej przyczyny tego zróżnicowania. Hierarchiczny plan opróbowania pozwala na rozpatrywanie zmienności składu skał w różnych zgrupowaniach geograficznych i wiązanie jej z różnymi przyczynami geologicznymi.

Zastosowana w niniejszym studium metoda analizy wariancji wielu zmiennych, którą opracowali W. C. K r u m b e i n i J. W. T u k e y (1956) opiera się na hierarchicznym systemie opróbowania skojarzonym z zawartościami poszczególnych składników mierzonymi w próbkach. Z formalnego punktu widzenia można ją uznać za analizę czynnikową, w której jeden czynnik stanowi hierarchiczne grupowanie próbek, drugi zaś czynnik stanowią typy składników występujących w próbkach.

Dla testów hipotez dotyczących wariacji składu skał na poszczególnych poziomach opróbowania użyte są interakcje poziomów opróbowania i składu próbek. Dane wyjściowe dotyczące składu wyrażone w procentach (x) poddane są transformacji na wartości pierwiastka kwadratowego $\arcsin x$, celem wyeliminowania zamkniętych układów liczbowych sumujących się do 100% w każdej z próbek.

Hipotezy dotyczące zmienności składu badanych skał sformułowane są następująco:

1. H_0 : Zmienność składu pomiędzy regionami nie jest większa niż zmienność składu pomiędzy przekrojami w regionach. Test *F* *S n e d e c o r a* dla tej hipotezy oparty jest na stosunku średnich kwadratów interakcji: region \times składniki/przekrój \times składniki.

2. H_0 : Zmienność składu pomiędzy przekrojami w regionach nie jest większa niż zmienność składu pomiędzy ławicami w przekrojach. Test *F* dla tej hipotezy oparty jest na stosunku średnich kwadratów interakcji: przekrój \times składniki/ławica \times składniki.

3. H_0 : Zmienność składu pomiędzy ławicami w przekrojach nie jest większa niż zmienność składu pomiędzy próbkami w ławicach. Test *F* dla tej hipotezy oparty jest na stosunku średnich kwadratów interakcji: ławica \times składniki/próbka \times składniki.

4. H_0 : Zmienność składu między próbkami w ławicach nie jest istotnie większa niż zmienność jakiej można oczekiwać przy jednorodnym rozkładzie zawartości składników w skale. Test *F* dla tej hipotezy oparty jest na stosunku średnich kwadratów interakcji: próbka \times składniki/821 : n,

Tabela 3 - Table 3

Analiza wariacyjna zmienności składu mineralno-petrograficznego piaskowców dolnych warstw krosnieńskich

Variance analysis of the mineral composition of the sandstones of the Lower Krosno beds, and Snedecor's F tests, at significance level 0.01

analiza region 1	wariacji	składu skał	suma kwadratów	stopnie swobody	średni kwadrat	Test F Snedecora
wariancja	pomiędzy	regionami	.000 000 ₁₀ 00	0	.000 000 ₁₀ 00	S = istotne, significant NS = nie istotne non significant poziom istotności 0.01
wariancja	pomiędzy	przekrojami	.156 072 ₁₀ 03	1	.156 072 ₁₀ 03	
wariancja	pomiędzy	ławicami	.202 642 ₁₀ 03	18	.112 579 ₁₀ 02	
wariancja	pomiędzy	próbkami	.116 977 ₁₀ 03	20	.584 885 ₁₀ 01	
wariancja	pomiędzy	składnikami	.405 551 ₁₀ 05	7	.579 359 ₁₀ 04	
interakcja	region	składnik	.000 000 ₁₀ 00	0	.000 000 ₁₀ 00	F = 48.87 S F = 1.53 S F = 3.84 S
interakcja	przekrój	składnik	.828 241 ₁₀ 04	7	.118 320 ₁₀ 04	
interakcja	ławica	składnik	.305 006 ₁₀ 04	126	.242 068 ₁₀ 02	
interakcja	próbka	składnik	.221 095 ₁₀ 04	140	.157 925 ₁₀ 02	
suma			.545 742 ₁₀ 05	319		821/200 = 4.105

analiza region 2	wariacji	składu skał	suma kwadratów	stopnie swobody	średni kwadrat	Test F Snedecora
wariancja	pomiędzy	regionami	.000 000 ₁₀ 00	0	.000 000 ₁₀ 00	F = 10.56 S F = 1.59 S F = 3.52 S
wariancja	pomiędzy	przekrojami	.191 968 ₁₀ 03	1	.191 968 ₁₀ 03	
wariancja	pomiędzy	ławicami	.742 690 ₁₀ 02	18	.412 606 ₁₀ 01	
wariancja	pomiędzy	próbkami	.886 097 ₁₀ 02	20	.443 048 ₁₀ 01	
wariancja	pomiędzy	składnikami	.386 118 ₁₀ 05	7	.551 598 ₁₀ 04	
interakcja	region	składnik	.000 000 ₁₀ 00	0	.000 000 ₁₀ 00	F = 10.56 S F = 1.59 S F = 3.52 S
interakcja	przekrój	składnik	.170 326 ₁₀ 04	7	.243 323 ₁₀ 03	
interakcja	ławica	składnik	.290 183 ₁₀ 04	126	.230 304 ₁₀ 02	
interakcja	próbka	składnik	.202 345 ₁₀ 04	140	.144 532 ₁₀ 02	
suma			.455 952 ₁₀ 05	319		

analiza wariacji składu skał
region 2 3

wariancja	między	regionami	.442 845 ₁₀ 01	1	.442 845 ₁₀ 01		
wariancja	między	przekrojami	.233 344 ₁₀ 03	2	.116 672 ₁₀ 03		
wariancja	między	ławicami	.148 834 ₁₀ 03	36	.413 427 ₁₀ 01		
wariancja	między	próbkami	.116 664 ₁₀ 03	40	.291 659 ₁₀ 01		
wariancja	między	składnikami	.776 649 ₁₀ 05	7	.110 950 ₁₀ 05		
interakcja	region	składnik	.333 253 ₁₀ 04	7	.476 076 ₁₀ 03	F = 2.66	NS
interakcja	przekrój	składnik	.250 769 ₁₀ 04	14	.179 121 ₁₀ 03	F = 9.45	S
interakcja	ławica	składnik	.477 614 ₁₀ 04	252	.189 529 ₁₀ 02	F = 1.25	NS
interakcja	próbka	składnik	.423 078 ₁₀ 04	280	.151 099 ₁₀ 02	F = 3.73	S
suma			.930 153 ₁₀ 05	639			

analiza wariacji składu skał
region 1 3

wariancja	między	regionami	.181 585 ₁₀ 02	1	.181 585 ₁₀ 02		
wariancja	między	przekrojami	.197 448 ₁₀ 03	2	.987 239 ₁₀ 02		
wariancja	między	ławicami	.277 207 ₁₀ 03	36	.770 019 ₁₀ 01		
wariancja	między	próbkami	.145 031 ₁₀ 03	40	.362 577 ₁₀ 01		
wariancja	między	składnikami	.760 280 ₁₀ 05	7	.108 611 ₁₀ 05		
interakcja	region	składnik	.691 268 ₁₀ 04	7	.987 525 ₁₀ 03	F = 1.52	NS
interakcja	przekrój	składnik	.908 684 ₁₀ 04	14	.649 060 ₁₀ 03	F = 33.21	S
interakcja	ławica	składnik	.492 437 ₁₀ 04	252	.195 411 ₁₀ 02	F = 1.23	NS
interakcja	próbka	składnik	.441 828 ₁₀ 04	280	.157 796 ₁₀ 02	F = 3.84	S
suma			.102 008 ₁₀ 06	639			

analiza wariacji składu skał
region 3

wariancja	między	regionami	.000 000 ₁₀ 00	0	.000 000 ₁₀ 00		
wariancja	między	przekrojami	.413 761 ₁₀ 02	1	.413 761 ₁₀ 02		
wariancja	między	ławicami	.745 647 ₁₀ 02	18	.414 249 ₁₀ 01		
wariancja	między	próbkami	.280 540 ₁₀ 02	20	.140 270 ₁₀ 01		
wariancja	między	składnikami	.423 856 ₁₀ 05	7	.605 508 ₁₀ 04		
interakcja	region	składnik	.000 000 ₁₀ 00	0	.000 000 ₁₀ 00		
interakcja	przekrój	składnik	.804 433 ₁₀ 03	7	.114 919 ₁₀ 03	F = 7.72	S
interakcja	ławica	składnik	.187 431 ₁₀ 04	126	.148 755 ₁₀ 02	F = 1.06	NS
interakcja	próbka	składnik	.220 733 ₁₀ 04	140	.157 666 ₁₀ 02	F = 3.84	S
suma			.474 156 ₁₀ 05	319			

analiza wariacji składu skał
region 1 2

wariancja	między	regionami	.405 217 ₁₀ 02	1	.405 217 ₁₀ 02		
wariancja	między	przekrojami	.348 040 ₁₀ 03	2	.174 020 ₁₀ 03		
wariancja	między	ławicami	.276 911 ₁₀ 03	36	.769 197 ₁₀ 01		
wariancja	między	próbkami	.205 587 ₁₀ 03	40	.513 967 ₁₀ 01		
wariancja	między	składnikami	.770 290 ₁₀ 05	7	.110 041 ₁₀ 05		
interakcja	region	składnik	.213 801 ₁₀ 04	7	.305 430 ₁₀ 03	F = 2.36	NS
interakcja	przekrój	składnik	.998 567 ₁₀ 04	14	.713 262 ₁₀ 03	F = 30.19	S
interakcja	ławica	składnik	.595 189 ₁₀ 04	252	.236 186 ₁₀ 02	F = 1.56	S
interakcja	próbka	składnik	.423 440 ₁₀ 04	280	.151 229 ₁₀ 02	F = 3.68	S
suma			.100 210 ₁₀ 06	639			

gdzie n = ilość zliczanych punktów w analizie planimetrycznej składu próbki, przy nieskończonej liczbie stopni swobody. Wartość $821/n$ jest ustalizowaną wariancją resztkową wynikającą z zastosowanej transformacji danych wyjściowych.

analiza	wariancji	składu	skał				
region	1	2	3				
wariancja	pomiędzy		regionami	.420 724 ₁₀ 02	2	.210 362 ₁₀ 02	
wariancja	pomiędzy		przekrojami	.389 416 ₁₀ 03	3	.129 805 ₁₀ 03	
wariancja	pomiędzy		ławicami	.351 476 ₁₀ 03	54	.650 881 ₁₀ 01	
wariancja	pomiędzy		próbkami	.233 641 ₁₀ 03	60	.389 401 ₁₀ 01	
wariancja	pomiędzy		składnikami	.113 297 ₁₀ 06	7	.161 853 ₁₀ 05	
interakcja	region	składnik		.825 548 ₁₀ 04	14	.589 677 ₁₀ 03	F = 1.15 NS
interakcja	przekrój	składnik		.107 901 ₁₀ 05	21	.513 814 ₁₀ 03	F = 24.82 S
interakcja	ławica	składnik		.782 620 ₁₀ 04	378	.207 042 ₁₀ 02	F = 1.34 S
interakcja	próbka	składnik		.644 173 ₁₀ 04	420	.153 375 ₁₀ 02	F = 3.73 S
suma				.147 627 ₁₀ 06	959		

Tabela 4 — Table 4

Wyniki testów hipotez statystycznych
Results of tests of statistical hypotheses

H i p o t e z a	R e g i o n y						
	1	2	3	1 1 2	2 1 3	1 1 3	1, 2 1 3
1. Region							
- przekrój	-	-	-	P	P	P	P
region - section							
2. przekrój-ławica							
section -bed	0	0	0	0	0	0	0
3. ławica - próbka							
bed - sample	0	0	P	0	P	P	0
4. próbka - jednorodny							
skład	0	0	0	0	0	0	0
sample - homogenous							
mixture							

P - przyjąć H_0 - accept H_0 ; 0 - odrzucić H_0 - reject H_0

Hipoteza pierwsza badana była dla trzech regionów łącznie, oraz dla kombinacji po dwa regiony. Pozostałe hipotezy badane były dla trzech regionów łącznie, dla kombinacji po dwa regiony i dla pojedynczych regionów.

Wyniki analizy wariancji zestawione są w tab. 3.

Wyniki testów hipotez statystycznych zestawione są w tab. 4.

Wnioski geologiczne oparte na tych wynikach są następujące: 1. Zmienność składu mineralno-petrograficznego warstw krośnieńskich pomiędzy wydzielonymi regionami nie jest większa niż zmienność składu pomiędzy przekrojami w regionach. Wnioskujemy stąd, że zróżnicowanie składu petrograficznego obszarów źródłowych, z których pochodził materiał klastyczny piaskowców warstw krośnieńskich w poszczególnych regionach, było niewielkie. Ilościowa analiza składu mineralno-petrograficznego próbek piaskowców nie potwierdza odrębności hipotetycznego północno-zachodniego źródła materiału klastycznego (kordyliery sanockiej). Wynika stąd, że dla indywidualizowania poszczególnych obszarów źródłowych materiału klastycznego bardziej użyteczna może być jakościowa analiza pewnych charakterystycznych składników — na przykład okruchów skał — niż analiza ilościowa podstawowych składników, przy której pewne składniki — na przykład okruchy skał — traktowane są łącznie.

2. Zmienność składu pomiędzy przekrojami w regionach jest większa

niż zmienność składu pomiędzy ławicami w przekrojach. Wskazuje to, że podczas transportu materiału przez prądy zawieszinowe na odcinku pomiędzy przekrojami bliższymi i dalszymi od obszaru źródłowego następuje zmiana składu niesionego materiału, którą przypisać należy przede wszystkim selektywnemu transportowi ziarn mięk i sedymentacji ziarn o większych średnicach na odcinku drogi prądu zawieszinowego dzielącym badane przekroje w regionach.

3. W regionach zachodnim i północno-zachodnim zmienność składu pomiędzy ławicami w przekroju jest większa niż zmienność składu pomiędzy próbkami w ławicach.

Interpretacja geologiczna tego stwierdzenia nie jest łatwa. Można tu brać pod uwagę następujące możliwości:

- skład mineralno-petrograficzny jest ściśle związany z wielkością ziarna, a zróżnicowanie parametrów granulometrycznych pomiędzy różnymi ławicami jest większe niż zróżnicowanie tych parametrów w obrębie ławic frakcjonalnie warstwowanych, co może być wynikiem różnej siły prądów zawieszinowych osadzających poszczególne ławice,
- zmienność składu w obrębie przekroju jest wynikiem postępującej erozji obszaru źródłowego materiału klastycznego i kolejnej degradacji kompleksów skalnych różniących się petrograficznie,
- budowa geologiczna obszaru źródłowego była tak skomplikowana i urozmaicona, że materiał klastyczny składany w różnych odcinkach nasypu litoralnego kordyliery był zróżnicowany, a prądy zawieszinowe biorące swój początek w różnych punktach tego nasypu niosły materiał różniący się składem;
- wreszcie, wyżej wymienione hipotetyczne przyczyny zróżnicowania składu mogły występować łącznie.

W regionie wschodnim zmienność składu pomiędzy ławicami w przekroju nie jest większa niż zmienność składu pomiędzy próbkami w ławicy. Wskazuje to, że albo zróżnicowanie parametrów granulometrycznych w obrębie frakcjonalnie warstwowanych ławic jest większe niż zróżnicowanie tych parametrów pomiędzy ławicami w przekroju, albo też że skład petrograficzny wschodniego obszaru źródłowego materiału klastycznego był bardziej jednorodny niż w obszarach zachodnim i północno-zachodnim. W każdym razie na poziomach opróbowania przekroju i ławicy zaznacza się odrębność regionu południowo-wschodniego, zgodna z danymi paleogeograficznymi.

Wartość liczbowa średniego kwadratu interakcji: ławica \times składniki jest w regionie wschodnim (region 3) wyraźnie niższa niż w regionie zachodnim (region 1) i regionie północno-zachodnim (region 2). Może tu przemawiać za przyjęciem drugiej z wymienionych wyżej możliwości, chociaż trzeba się zastrzec, że interpretacja wartości liczbowych interakcji jest trudna i nie można przypisywać jej decydującej wagi.

Przy badaniu zmienności składu w przekrojach w dwóch regionach bardziej jednorodny skład materiału klastycznego regionu trzeciego zaznacza się w przypadku par regionów 1 i 3 oraz 2 i 3, dla których zmienność składu pomiędzy ławicami w przekrojach nie jest większa niż zmienność składu pomiędzy próbkami w ławicach. Dla pary regionów 1 i 2 oraz dla wszystkich trzech regionów rozpatrywanych łącznie zmienność składu między ławicami w przekrojach jest większa niż zmienność składu pomiędzy próbkami w ławicach.

4. Zmienność składu pomiędzy próbkami w ławicach jest większa niż zmienność reszkowa, jakiej można oczekiwać w materiale o jednorodnym

składzie. Świadczy to, że mechanizm transportu materiału klastycznego przez prądy zawieszinowe i osadzania ławic frakcjonalnie warstwowanych efektywnie różnicuje materiał klastyczny zarówno pod względem składu granulometrycznego, jak i składu mineralno-petrograficznego.

Na podstawie powyższych wyników można stwierdzić, że skład mineralno-petrograficzny piaskowców gruboławicowych z dolnych warstw krośnieńskich wykazuje regionalną jednorodność i lokalną zmienność. Regionalna jednorodność składu odpowiada dobrze znanej geologom karpackim regionalnej jednolitości litologicznej piaskowców warstw krośnieńskich.

UWAGI METODYCZNE

Zastosowanie analizy wariancyjnej dla badanego zagadnienia składu mineralno-petrograficznego piaskowców dolnych warstw krośnieńskich potwierdziło przydatność metody Krumbeina i Tukeya. Metoda ta może być stosowana w sytuacjach, gdy badane cechy skał mierzone w próbkach wyrażane są w procentach oraz gdy hierarchiczne grupowanie próbek może być powiązane z działaniem określonych czynników geologicznych.

W szczególności metoda może znaleźć zastosowanie do ilościowej analizy facjalnej, do badań geologii złożowej, a także w geochemii i hydrogeologii.

*Instytut Geologiczny
Odział Karpacki
Kraków
Katedra Geologii Uniwersytetu Jagiellońskiego
Kraków*

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Dz u ł y ń s k i S., Ś l ą c z k a A. (1958), Sedymentacja i wskaźniki kierunkowe transportu w warstwach krośnieńskich (Directional structures and sedimentation of the Krosno beds — Carpathian Flysch). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 28, pp. 205—258.
- G a w e ł A. (1931), Granite aus den Krosnoschichten in der Umgebung von Sanok. *Bull. Acad. Pol. Sci. ser. A*, pp. 653—664, Kraków.
- K a m i e ń s k i M., P e s z a t C., R u t k o w s k i J. (1963), Litologia piaskowców grodziskich — Karpaty fliszowe (The lithology of Grodisht sandstone in the Flysch Carpathians). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 33, pp. 11—43.
- K a m i e ń s k i M., P e s z a t C., R u t k o w s k i J. (1967), Zmienność petrograficzna piaskowców karpackich i zagadnienie ich klasyfikacji (Petrographic variability of Carpathian sandstones and the problem of sandstone classification). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 37, pp. 499—508.
- K o s z a r s k i L., Ż y t k o K. (1959), Uwagi o rozwoju i pozycji stratygraficznej łupków jasielskich w serii menilitowo-krośnieńskiej Karpat Środkowych (Remarks on development and stratigraphic position of the Jasło shales in the menilitic and Krosno series of the middle Carpathians). *Kwart. geol.* 3, pp. 996—1014.
- K r u m b e i n W. C., T u k e y J. W. (1956), Multivariate analysis of mineralogic, lithologic and chemical composition of rock bodies, *J. Sediment. Petrology* 26, pp. 322—337.

- O b u c h o w i c z Z. (1957), Wstępne badania nad rozpoziomowaniem warstw krośnieńskich (oligocen) Centralnej Depresji Karpackiej (Introductory investigations on the division into horizons of the Krosno beds (Oligocene) of the Central Carpathian Depression). *Biul. Inst. Geol.* 116, 128 p.
- Ś l ą c z k a A., U n r u g R. (1966), Z badań nad strukturami sedymentacyjnymi i petrografią niektórych serii piaskowcowych z łupków menilitowych Karpat (Sedimentary structures and petrology of some sandstone members of the Menilite beds, Carpathians). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 36, pp. 155—180.
- U n r u g R. (1968), Kordyliera śląska jako obszar źródłowy materiału klastycznego piaskowców fliszowych Beskidu Śląskiego i Beskidu Wysokiego (polskie Karpaty Zachodnie). (The Silesian Cordillera as the source of clastic material of the Flysch sandstones of the Beskid Śląski and Beskid Wysoki ranges (Polish Western Carpathians) *Rocz. Pol. Tow. Geol.* 38, pp. 81—164.
- W d o w i a r z S. (1953), Geologia fałdu Grabownicy (Geology of the Grabownica fold). *Biul. Inst. Geol.* 120, 94 pp. Warszawa.

D O D A T E K

TOK OBLICZEŃ DLA ANALIZY WARIANCYJNEJ

OZNACZENIA:

h - ilość regionów

i - ilość przekrojów w regionie

j - ilość ławic w przekroju

k - ilość próbek w ławicy

m - ilość składników mineralnych w próbce

x - zmienna badana

SS - suma kwadratów

DF - ilość stopni swobody

V - średni kwadrat

WZORY POMOCNICZE:

$$I = \left(\sum_{hijkm} x \right)^2 : hijkm$$

$$II = \sum_h \left(\sum_{ijkm} x \right)^2 : ijkkm$$

$$III = \sum_{hi} \left(\sum_{jkm} x \right)^2 : jkkm$$

$$IV = \sum_{hij} \left(\sum_{km} x \right)^2 : kmm$$

$$V = \sum_{hijk} \left(\sum_m x \right)^2 : mmm$$

$$A = \sum_m \left(\sum_{hijk} x \right)^2 : hijkm$$

$$B = \sum_{hm} \left(\sum_{ijk} x \right)^2 : ijkmm$$

$$C = \sum_{him} \left(\sum_{jk} x \right)^2 : jkmm$$

$$D = \sum_{hijm} \left(\sum_k x \right)^2 : kmm$$

$$E = \sum_{hijkm} (x^2)$$

WZORY DLA ANALIZY WARIANCYJNEJ

	SUMA KWADRATÓW	ILOŚĆ STOPNI SWOBODY	ŚREDNI KWADRAT
wariancja między regionami	$SS_1 = II - I$	$DF_1 = h - 1$	$V_1 = SS_1 : DF_1$
wariancja między przekrojami	$SS_2 = III - II$	$DF_2 = h(i-1)$	$V_2 = SS_2 : DF_2$
wariancja między ławicami	$SS_3 = IV - III$	$DF_3 = hi(j-1)$	$V_3 = SS_3 : DF_3$
wariancja między próbkami	$SS_4 = V - IV$	$DF_4 = hij(k-1)$	$V_4 = SS_4 : DF_4$
wariancja między składnikami	$SS_5 = A - I$	$DF_5 = m - 1$	$V_5 = SS_5 : DF_5$
interakcja region-składnik	$SS_6 = (I+B) - (II+A)$	$DF_6 = (h-1)(m-1)$	$V_6 = SS_6 : DF_6$
interakcja przekrój-składnik	$SS_7 = (II+C) - (III+B)$	$DF_7 = h(i-1)(m-1)$	$V_7 = SS_7 : DF_7$
interakcja ławica-składnik	$SS_8 = (III+D) - (IV+C)$	$DF_8 = hi(j-1)(m-1)$	$V_8 = SS_8 : DF_8$
interakcja próbka-składnik	$SS_9 = (IV+E) - (V+D)$	$DF_9 = hij(k-1)(m-1)$	$V_9 = SS_9 : DF_9$
suma	$SS_{10} = E - I$	$DF_{10} = hijk(m-1)$	

SUMMARY

Abstract: The variation of mineral composition of sandstones of the Lower Krosno beds (Flysch Carpathians) was studied with the use of variance analysis and a hierarchical sampling system. The composition of the sandstones is locally variable and regionally homogenous. The local variation of the mineral composition is explained by sorting of the clastic material by turbidity currents.

The method of multivariate analysis of mineral composition (Krumbein and Tukey, 1956) was used in the present study of the sandstones of the Krosno beds. The calculations were made with the use of the ELWRO ODRA 1204 computer, in the Computer Center of the Jagellonian University.

STRATIGRAPHY AND PALAEOGEOGRAPHY OF THE KROSNO BEDS OF THE SILESIAN SERIES OF THE CARPATHIAN FLYSCH

The present study is concerning the thick-bedded graded sandstones of the Lower Krosno beds of Oligocene age, in the Silesian Series of the Carpathian flysch. The lower boundary of the Krosno beds is diachronous in the sedimentary basin of the Silesian series, being stratigraphically younger in the north. In the southern and western part of the basin, the

Lower Krosno beds are ending the flysch succession as the youngest beds present, while in the northern and eastern part of the basin they are covered by the Upper Krosno beds. The thick-bedded sandstones analysed in the present study form the basal member of the lower Krosno beds, and occur below the marker horizon of the calcareous Jasło shales. Therefore the analysed sandstones are roughly coeval in various parts of the sedimentary basin (Fig. 1).

The sandstones of the Lower Krosno beds were deposited by turbidity currents, and the majority of beds is graded.

Studies of palaeocurrent directions and facial development (D ż u ł y ń s k i and Ś ł a c z k a, 1958), provided evidence that the clastic material of the Krosno beds was derived from various source areas. Two of these source areas are well individualized, namely the western source area — i. e. the Silesian cordillera of the Carpathian geosyncline, and the eastern source area, i. e. the Maramureš massif. The third, north-western source, the presence of which is inferred from palaeocurrent directions in the Upper Krosno beds, and the presence of exotic pebbles and reworked flysch rocks, is somewhat less distinct than the two other ones.

The main problem arising from these previous studies was: to what extent the provenance of material is reflected in the composition of sandstones?

THE SAMPLING SYSTEM

The hierarchical sampling system was designed with the aim to separate the variation due to local effects from the regional variation of the mineral composition of the sandstones (Fig. 2). The sedimentary basin of the Lower Krosno beds of the Silesian series was divided into three regions, according to the provenance of the clastic material of the sandstones. Two cross sections, one proximal, the other distal with regard to the inferred position of the source area were selected in each region. Ten beds were sampled in each section. Two samples per bed were taken, one from the base, the other from the top of the bed. The regions and the location of the sampled sections are shown in Fig. 3.

The sampling system permits to analyse the variation of mineral composition on the following levels:

- between samples in the beds,
- between beds in the sections,
- between sections in the regions,
- between regions in the whole basin.

PETROGRAPHY

The mineral composition of the samples of sandstones was determined in thin sections; with the use of an ELTINOR point counter 200 points per thin section were counted. The content of the following 8 constituents was recorded: quartz, feldspars, micas, metamorphic rocks fragments, limestone fragments (bioclastic, micritic, sparitic limestones) zoogenic limestone fragments (Stramberg type), intraclasts (fragments of shales and fine-grained sandstones) and cement+matrix. The number of analysed samples was 120, and the total number of observations (determined content of a single component in a sample) amounted to 960.

The composition of the analysed sandstones is presented in Table 1 and Table 2.

STATISTICAL HYPOTHESES

The results of the analysis of variance of the mineral composition of the sandstones of the Lower Krosno beds are presented in Table 3. The interactions of the various levels of hierarchical sampling and the mineral constituents were used to test the following statistical hypotheses (Snedecor's F test):

1. H_0 : the variation of composition between regions is not significantly greater than the variation between sections in the regions.

2. H_0 : the variation of composition between sections in the regions is not significantly greater than the variation between the beds in the sections.

3. H_0 : the variation of composition between beds in sections is not significantly greater than the variation between samples in beds.

4. H_0 : the variation between samples in beds is not greater than the residual variation in a homogenous mixture of the constituents.

These hypotheses were tested for individual regions, for pairs of regions and for all three regions. The results of tests of the statistical hypotheses are given in Table 3 and summarized in Table 4.

CONCLUSIONS

The first hypothesis is accepted for all pairs of regions and all three regions. It is concluded, that the differentiation of material derived from the various source areas is small. The individual character of the eastern source area (region 3) is better marked by qualitative data on the range of rocks occurring among the fragments of metamorphic rocks and by the lack of zoogenic limestones than by the overall quantitative composition.

The second hypothesis is rejected, and it is concluded, that the variation of composition between sections in the regions is greater than between the beds in the sections. This indicates, that the transport of the clastic material on the distance between the proximal and the distal section results in a composition sorting, which is presumably associated with size sorting and selective transportation of micas.

The third hypothesis is rejected for the regions 1, 2, for the pair 1 and 2, and for all three regions. In these cases it is concluded that the variation of composition between beds in profiles is greater than between samples in beds. The geological interpretation of this conclusion comprises the following possibilities:

— the mineral composition is closely related with grain size, and the variation of grain-size distribution parameters between beds is greater than the difference of grain-size distribution parameters at the base and the top of the graded beds. This may imply, that the competence of individual turbidity currents varied considerably;

— the variation of mineral composition within a section is reflecting the erosion of the source area, and consecutive degradation of rocks differing in petrographic character;

— the structure of the source area was complex and the composition of the clastic material deposited in the littoral zone before redeposition by turbidity currents varied in space and time; thus the individual turbidity currents originating at various points along the shores of the cordillera (e. g. in various submarine canyons) carried different material;

— all the above factors operated simultaneously.

In the eastern region the variation of composition between beds in profiles is not greater than the variation between samples in beds. It is concluded that the eastern source had a more homogenous composition than the western source or sources. This individualizes the eastern source, while the presumed two western sources corresponding to the regions 1 and 2 do not display differences in their petrographic character. The more uniform character of the material from the eastern source is reflected also in the pairs of regions: 1 and 3, 2 and 3.

The fourth hypothesis is rejected for all regions and all groups of regions. It is concluded therefore, that the mechanism of deposition of graded beds by turbidity currents effectively differentiates the composition of the detrital material.

The sandstones of the Lower Krosno beds are characterized by a local variability and a regional homogeneity of their mineral composition. The local variability is related with the processes of transport and deposition of the clastic material by turbidity currents.

*Geological Institute
Carpathian Branch
Kraków*

*Jagellonian University
Department of Geology
Kraków*