

Tomasz JERZYKIEWICZ

## UWAGI O ORIENTACJI I GENEZIE CIOSU W SKAŁACH GÓRNOKREDOWYCH NIECKI ŚRÓDSUDECKIEJ

### SPIS TREŚCI

Streszczenie . . . . .	465
Wstęp . . . . .	465
Poglądy na genezę ciosu . . . . .	466
Uwagi o metodzie . . . . .	467
Interpretacja wykresów . . . . .	468
Piaskowce . . . . .	468
Margle . . . . .	471
Górne piaskowce ciosowe i wapniste piaskowce środkowego turonu okolic Krzeszowa . . . . .	471
Ocena uzyskanych wyników . . . . .	474
Wnioski . . . . .	475
Literatura . . . . .	475
Summary . . . . .	476

### Streszczenie

Przedstawiono wyniki pomiarów orientacji powierzchni ciosowych w górnych piaskowcach ciosowych Gór Stołowych i okolic Krzeszowa oraz w podścielających je skałach wapnistych. Orientacja ciosu została pokazana za pomocą róż bieżu płaszczyn ciosowych oraz w projekcjach stereograficznych Schmidta. Przeprowadzone pomiary pozwoliły na wydzielenie wśród spękań ciosowych dwóch różnych genetycznie systemów: (a) spękań pierwotnych, które tworzą system regionalny o podobnej orientacji w całym zbadanym obszarze, i (b) spękań wtórnych, zależnych od lokalnych zjawisk tektonicznych. Autor zwraca uwagę, że poglądy

na tektoniczną genezę spękań ciosowych prostopadłych do powierzchni ławic i wykazujących stałą orientację w całym obszarze niecki śródsudeckiej są trudne do udowodnienia. Zdaniem autora, przyjmowane dotychczas wyjaśnienia ich powstania wskutek tektoniki uskokuwej, a tym bardziej fałdowej są trudne do uzasadnienia. Autor nie precyzuje genezy pierwotnego ciosu w omawianych skałach, uważa jednak, że jest on wcześniejszy od ruchów tektonicznych, które spowodowały lokalne spaczenia pokrywy kredowej, i jest zdania, że dla ich wyjaśnienia należy szukać innych ogólnych, podobnie działających w całym obszarze przyczyn.

### WSTĘP

Badania terenowe nad sedimentacją górnych piaskowców ciosowych w niecce śródsudeckiej, prowadzone w latach 1963—1966 w ramach

prac Zakładu Nauk Geologicznych PAN, obejmowały również pomiary tektonicznych nachyleń powierzchni ławic i powierzchni oddzielno-

ści ciosowej. Były one przydatne przy określe-  
niu pierwotnej orientacji skośnego warstwowa-  
nia i w tym zakresie zostały przedstawione  
w pracy sedimentologicznej (Jerzykiewicz  
1968). Obserwacje i pomiary nad oddzielnością  
ciosową w górnych piaskowcach ciosowych  
i podścielających je marglach środkowego tu-

ronu wyodrębniono, zostaną one przedstawione  
w niniejszym artykule. Celem jego jest próba  
rewizji poglądów na tektoniczne pochodzenie  
oddzielności ciosowej, która w skałach budują-  
cych Góry Stołowe, wspólnie z prawie pozi-  
mym uławiczeniem, decyduje o ich krajobrazie.

## POGLĄDY NA GENEZĘ CIOSU

Termin „cios” (ang. i franc. „joint” i ros.  
„trieszczinowatost”) będzie w niniejszym arty-  
kule za Dżułyńskim (1953) używany dla równo-  
ległych „względem siebie powierzchni oddziel-  
ności, które nie są powierzchniami warstwowa-  
nia i wzdłuż których nie nastąpiło widoczne  
przesunięcie”. Zastosowanie tego opisowego  
terminu dla powszechnej cechy litych skał osa-  
dowych — oddzielności wzdłuż pewnych uprzy-  
wilejowanych płaszczyzn, jest przy obecnym  
stanie wiedzy w tej dziedzinie koniecznością.  
Problem ich pochodzenia nie został bowiem  
w sposób zadowalający rozwiązany. Literatura  
na ten temat jest bardzo bogata, a jej wyczer-  
pujące omówienie przekraczałoby zakres ni-  
niejszego artykułu. Celowe jednak będzie po-  
równanie dotychczasowych poglądów na spę-  
kania ciosowe w interesujących nas skałach  
kredowych niecki śródsudeckiej z niektórymi  
zapatrywaniami geologów, którzy zajmowali się  
tym zagadnieniem w innych obszarach.

Wśród geologów niemieckich panowało prze-  
konanie, że spękania ciosowe w skałach kredo-  
wych niecki śródsudeckiej powstały pod wpły-  
wem tektoniki saksońskiej (Rode 1932, Pe-  
trascheck 1934 i inni). Rode był zdania, że  
z dwóch prostopadłych do siebie systemów spę-  
kań w piaskowcach ciosowych jeden jest rów-  
noległy do sąsiednich dyslokacji, a drugi pro-  
stopadły. Petrascheck wypowiedział podobny  
pogląd, dodał jednak, że czasami pojawia się  
trzeci kierunek, obserwuje się wtedy trzy pra-  
wie równorzędne systemy spękań ciosowych.

Zdaniem S. Radwańskiego (1959), jeden z sy-  
stemów ciosu w Górach Stołowych powstał  
wskutek fałdowania: „W związku z deformacją  
fałdową powstał system płaszczyzn ciosowych  
o kierunku NW-SE, tj. poprzecznych do kie-  
runku nacisku (np. szczeliny ciosu tensyjnego  
w piaskowcu cokołu Szczelińca)” — cytata ze  
strony 54.

Zachodzi pytanie, czy przyjmowanie a priori,  
że wszystkie spękania ciosowe piaskowców  
i margli wiążą się z ruchami tektonicznymi,  
jest słuszne. Zagadnienie spękań skalnych jako  
rezultatów stresów powstających w skałach w  
wyniku nacisków tektonicznych jest szeroko  
znane z licznych prac i podręczników geologii

strukturalnej (por. Billings 1949, Sitter 1956  
i inni). Choć rozważania teoretyczne na ten  
temat zostały poparte udanymi doświadczenia-  
mi, to jednak zdaniem wielu autorów nie  
wszystkie spękania skalne mogą być wytłuma-  
czone naprężeniami tensyjnymi lub kompresyj-  
nymi związanymi z tektoniką. Szczególnie trud-  
no znaleźć uzasadnienie tektoniczne dla spękań  
prawie pionowych, przecinających się pod ką-  
tem zbliżonym do prostego. Występują one  
powszechnie zarówno w skałach osadowych za-  
burzonych tektonicznie, jak i w leżących pozi-  
mo. Kierunki tych spękań są stałe na dużych  
obszarach, co szczególnie dobrze widać w obsza-  
rach platform (Szatski 1945, Permiakow 1940  
i inni). Również w obszarach o budowie fałdo-  
wej wielokrotnie stwierdzono brak powiązania  
między orientacją niektórych spękań a lokalnymi  
kierunkami tektonicznymi (kierunki fałdów,  
uskoków i nachyleń warstw; por. Cloos i Mar-  
tin 1932, Kölbel 1940, Parker 1942, Hoepfener  
1953, Dżułyński 1953, Dziedzic 1961 i inni).  
Obserwacje takie doprowadziły wielu autorów  
do uznania niektórych spękań ciosowych za  
niezależne od lokalnej tektoniki i do wiązania  
ich z innymi ruchami tektonicznymi o szerokim  
zasięgu lub do szukania na ich wyjaśnienie  
innych, nietektonicznych przyczyn.

Dżułyński w pracy o tektonice Wyżyny Kra-  
kowskiej poddał krytycznej ocenie przydatność  
różnych teorii dla wyjaśnienia obserwowanych  
tam spękań ciosowych w skałach osadowych  
jury i kredy. Doszedł on do wniosku, że stara  
hipoteza powstawania spękań skalnych wsku-  
tek drgań sejsmicznych (Crosby 1882, Wallig  
1882 in Dżułyński *op. cit.*) może być w danym  
przypadku zastosowana z większym powodze-  
niem niż inne.

Hipotezy atektoniczne, w myśl których przy-  
czynami powstawania ciosu mają być zmiany  
objętości skał osadowych wskutek wysychania,  
diagenezy i konsolidacji (Hoefler 1915, Lotze  
1933 i inni), również ostatnio znalazły swoich  
zwolenników (Nowikowa 1951, Schultz 1964).  
Szczególnie interesującą kompilację poglądów  
na pochodzenie spękań ciosowych przedstawił  
Schultz (*op. cit.*). Uważa on, że pogląd Lotzego  
(*op. cit.*) na powstawanie spękań ciosowych w

skorupie ziemskiej pod wpływem zmian formy całej Ziemi, związanych ze zmianami prędkości jej obrotu i położenia osi jest bardzo prawdopodobny. Przypuszcza on jednak, że naprężenia w ten sposób powstające („planetarne”) nie są wystarczająco silne, aby same mogły spowodować powstanie spękań. Zdaniem Schultza, pionowe spękania ciosowe wykazujące stałe kierunki na dużych obszarach (tzw. cios pierwotny) powstają wskutek naprężeń wywołanych zmianami objętości skał przy lityfikacji, wyładują się one jednak w polu działania napięć planetarnych. Tym się tłumaczy, że powstający w ten sposób cios wyłazuje stałe kierunki. Autor w swoich rozważaniach idzie dalej, przypuszcza mianowicie, że kierunki ciosu pierwotnego prawdopodobnie zależą od aktualnego

w danym okresie geologicznym położenia osi obrotu Ziemi. Można byłoby więc na podstawie pomiarów ciosu pierwotnego w obszarach platform pokusić się o odtworzenie położenia biegunów w różnych okresach geologicznych a także rozwiązywać problemy odwrotne, tzn. na podstawie diagramów ciosu określać wiek skał.

Przedstawione powyżej poglądy na atektoniczną genezę niektórych spękań ciosowych są hipotezami, ale gdy brak dowodów na tektoniczne pochodzenie ciosu, należy je brać pod uwagę. Nie jest, oczywiście, wykluczone występowanie ciosu tektonicznego i pierwotnego w tych samych warstwach. Przedstawione poniżej obserwacje wskazują, że takie zjawisko obserwuje się prawdopodobnie w skałach kredowych niecki śródsudeckiej.

### UWAGI O METODZIE

Postępowanie mające na celu poznanie orientacji spękań ciosowych w górnych piaskowcach ciosowych i marglach środkowego turonu było następujące:

- 1) wybór odpowiednich powierzchni spękań i pomiary kompasem,
- 2) przedstawienie pomiarów na wykresach,
- 3) interpretacja wykresów i krytyczna ocena uzyskanych wyników.

**ad 1.** Opierając się na definicji ciosu (Dzulyński *op. cit.*), mierzono orientację powierzchni spękań powodujących w piaskowcach i marglach blokową oddzielność. Odróżnienie powierzchni ciosowych od sedimentacyjnych nie nastręczało trudności, ponieważ tektoniczne nachylenia powierzchni ławic są na ogół nieznaczne, a cios prostopadły zdecydowanie przeważa nad ciosami skośnymi. Jedynie w przypadku ciosu skośnego można mieć pod tym względem wątpliwości, ale gradacyjna budowa warstw skośnych pozwala na odróżnienie powierzchni warstw od powierzchni ciosu (por. Jerzykiewicz 1968, fig. 26). Powierzchnie ciosowe w kamieniołomach są gładkie i płaskie, co pozwala na dokładne pomiary przez przyłożenie kompasu (pl. I, 1; II, 1 i 2). Większość pomiarów ciosu piaskowców wykonano jednak w eksponowanych skałkach, których ściany są jedynie relikami powierzchni ciosowych. Wystawione na długotrwałe wietrzenie straciły one w mniejszym lub większym stopniu pierwotny kształt. Wykazują one liczne nierówności w postaci wgłębień i występów, najczęściej są to rynny i garby znaczące powierzchnie warstw na płaszczyznach ciosu. Spotyka się także nierówności innych kształtów, a ściany niektórych skałek są w całości obłymi powierzchniami eksfoliacji i wtedy

trudno w nich znaleźć ślady pierwotnych powierzchni ciosowych. Orientację częściowo zniszczonych powierzchni spękań ciosowych określano bądź przez pomiary kompasem w miejscach, gdzie pozostały płaskie, bądź przez wizowanie na miejsca niezniszczone z odległości. W celu sprawdzenia dokładności pomiaru niekiedy stosowano obydwa sposoby.

**ad 2.** Na wykresach przedstawiono w sumie 2680 pomiarów orientacji płaszczyzn ciosowych w piaskowcach i marglach. Pomiary pogrupowano w zależności od rodzaju skał (oddzielnie dla skał wapniстых, oddzielnie dla piaskowców) i miejsca, tzn. do jednej grupy włączono pomiary wykonane w skałkach o jednakowym lub bardzo zbliżonym tektonicznym nachyleniu powierzchni ławic. Poszczególne grupy pomiarów (27 grup) przedstawiono na oddzielnych wykresach. Ilość pomiarów w grupach wynosi od 40 do 210, średnio około 100. Spośród wielu stosowanych metod graficznego przedstawiania pomiarów wybrano dwie, a mianowicie:

- 1) róże kierunków biegu płaszczyzn ciosowych (fig. 1),
- 2) diagramy orientacji normalnych do płaszczyzn ciosu (fig. 2—4).

Wyższość metody przedstawiania pomiarów za pomocą normalnych na siatkach biegunowych Schmidta polega na tym, że uwzględnia się w ten sposób zarówno bieg, jak i zapad powierzchni ciosowych. Stosując tę metodę, otrzymuje się obrazy orientacji powierzchni ciosu w formie rysunku warstwicowego, który w danym przypadku był konstruowany na podstawie siatki pomocniczej Dimitrijevic (1956). Otrzymane w ten sposób diagramy pozwalają na ocenę dyspersji kierunków ciosu, dokładne

pomiary kątów między maksimami itd. Obrazy orientacji ciosu są na tych diagramach przesunięte o  $90^\circ$  w stosunku do ich orientacji rzeczywistej. Ponieważ w danym przypadku cios prostopadły zdecydowanie przeważa nad ciosami skośnymi, wykonano również różne kierunkowo biegu płaszczyzn ciosowych, które wskazują

rzeczywisty kierunek płaszczyzn i są łatwiejsze do odczytywania, nie uwzględniają one jednak kąta nachylenia płaszczyzn i dlatego w przypadku tych grup pomiarów, w których jest dużo płaszczyzn skośnych, różnią się one znacznie od odpowiadających im diagramów konturowych.

## INTERPRETACJA WYKRESÓW

### PIASKOWCE

Obserwuje się w nich przede wszystkim spękania zbliżone do pionowych, tzn. nachylone pod kątami od  $80$  do  $90^\circ$ , cios skośny o nachyleniu od  $50$  do  $70^\circ$  jest znacznie rzadszy, widać to wyraźnie na zestawieniach ilościowych (fig. 2).

Przeważająca ilość spękań układu się prostopadle do powierzchni ławic (por. Cloos 1936, strona 219). Zależność tę dobrze widać na diagramach (por. fig. 2), maksima nie wypadają na obwodach kół, ponieważ ławice, w których mierzono spękania, nie są poziome (nachylenia powierzchni ławic naniesiono u góry każdego diagramu). Należy podkreślić, że korelacja ta jest bardzo wyraźna i statystyczne dane o nachyleniu powierzchni ciosowych mogą z powodzeniem służyć do przybliżonego określenia kierunku nachylenia powierzchni uławiczenia (por. Jerzykiewicz 1968, fig. 26). W danym przypadku jest to szczególnie ważne, ponieważ bardzo często nie obserwuje się powierzchni międzyławicowych, lecz jedynie sedimentacyjne nachylenia warstw (por. pl. II, 1).

W całym obszarze Gór Stołowych w górnych piaskowcach ciosowych zaznaczają się bardzo wyraźnie powierzchnie ciosowe zbliżone do azymutu  $130^\circ$ . Na diagramach są one widoczne w postaci wyraźnych maksimów, jedynie na diagramach 30 i 33 (por. fig. 2) są mniej wyraźne, a na diagramie 34 nieco przesunięte. Kierunek ten, około  $130^\circ$ , jest więc regionalny (I). Wzdłuż niego tworzy się najczęściej pęknięć i szczelin, od tego kierunku zależy głównie przebieg progów morfologicznych utworzonych z piaskowców (por. fig. 1). Często obserwuje się także drugi kierunek (II) w przybliżeniu prostopadły do poprzedniego (diagramy 9, 12, 13, 14a, 14b i 26), ale równie często obraz diagramów jest skomplikowany przez pojawienie się innych maksimów. Obserwuje się wtedy albo trzy maksima spękań przecinających się pod kątem około  $60^\circ$  (diagramy 8, 11, 15, 27, 31, 33 i 34), albo maksima spękań przecinających się pod mniejszymi kątami (diagramy 30 i 38).

Można przypuszczać, że drugi kierunek (II) jest sprzężony z pierwszym (I), regionalnym

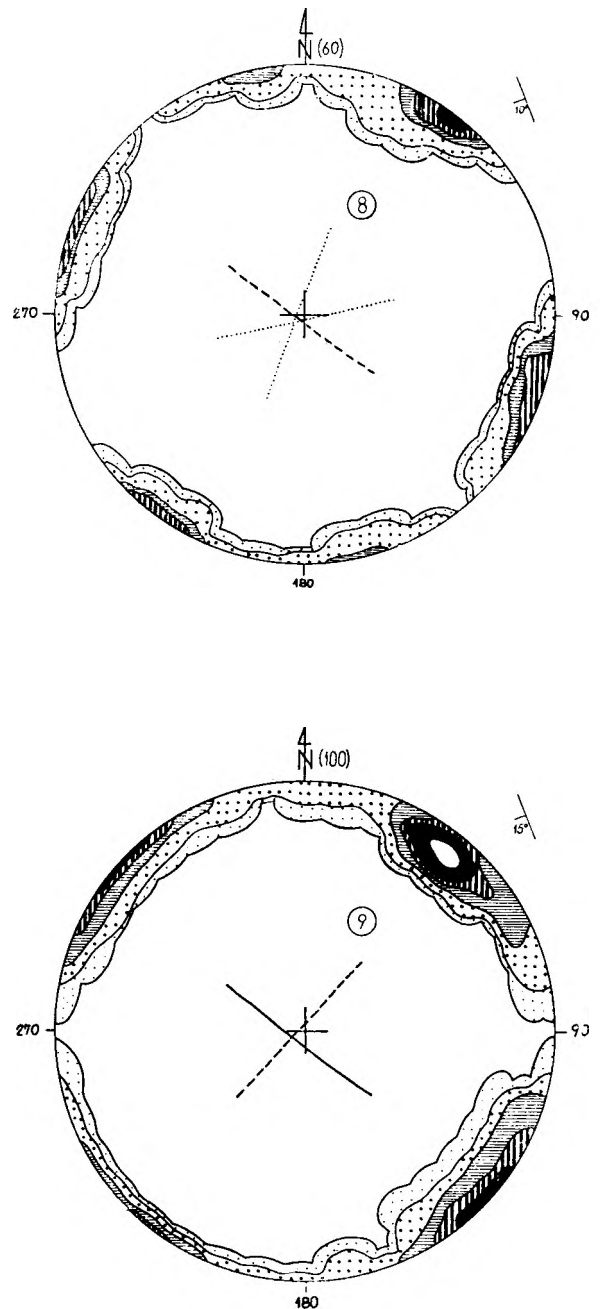


Fig. 2

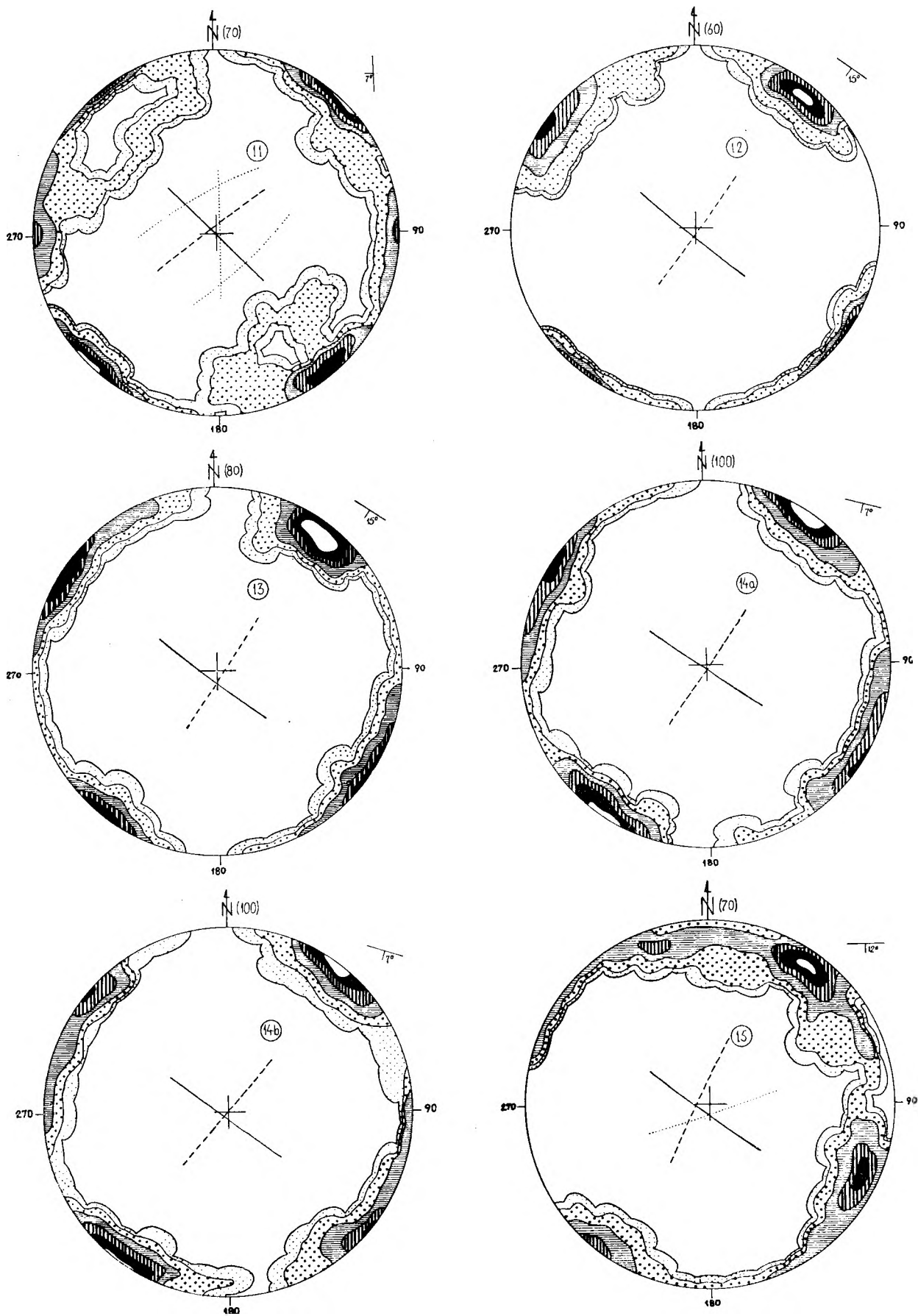


Fig. 2

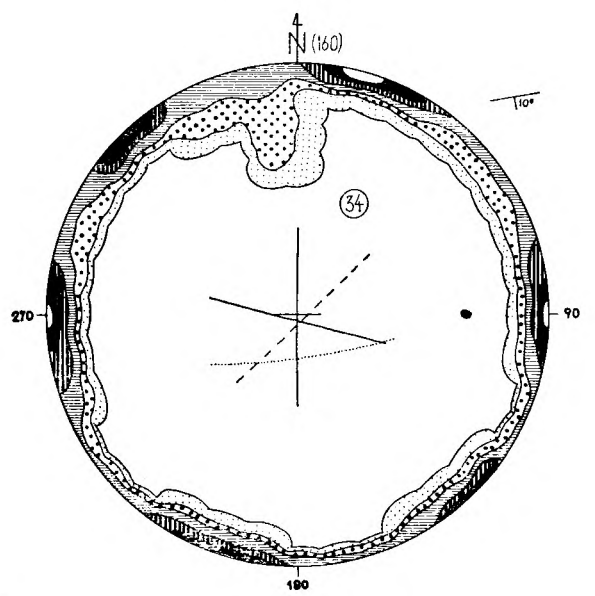
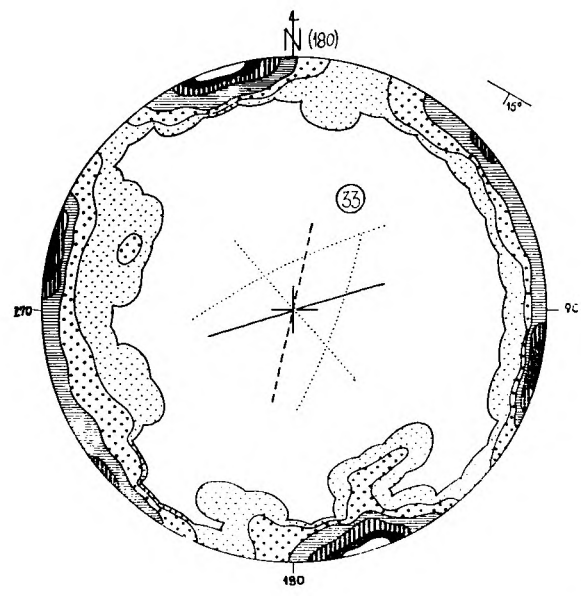
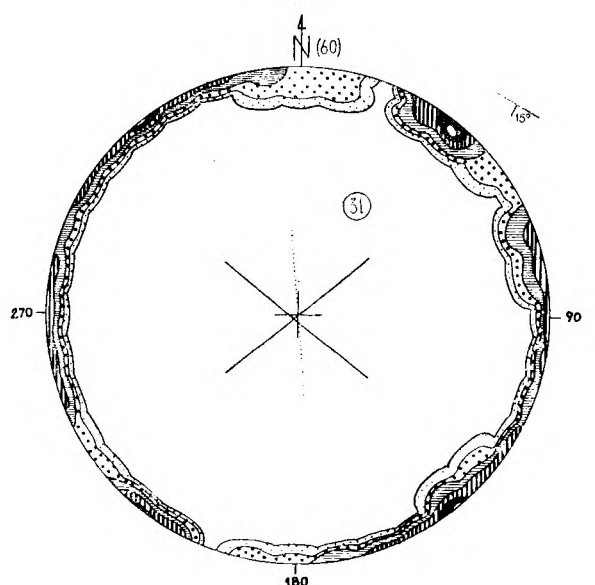
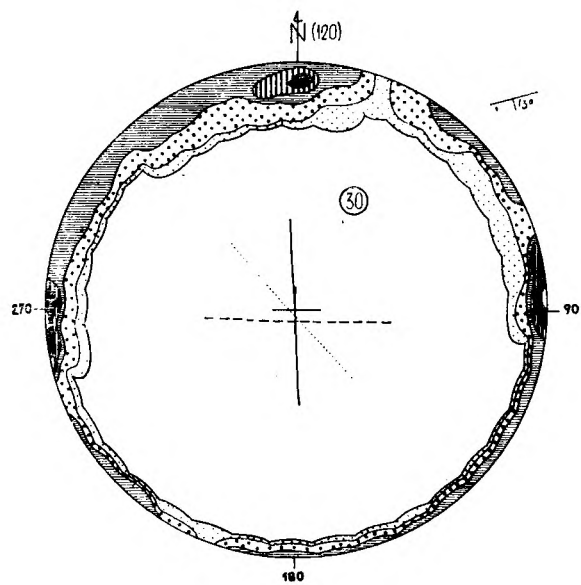
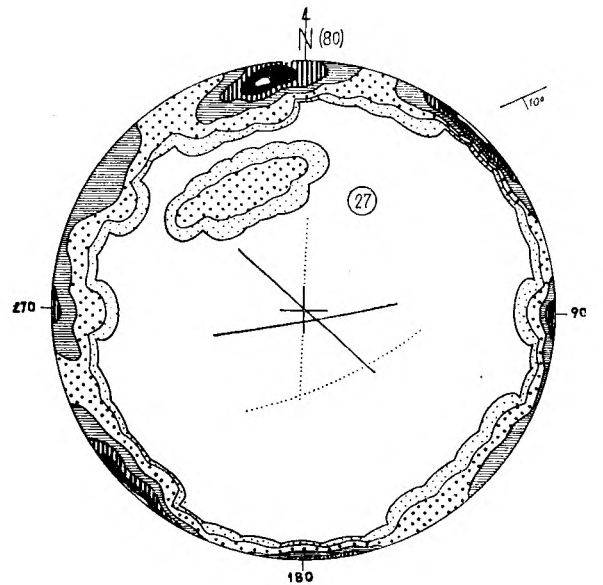
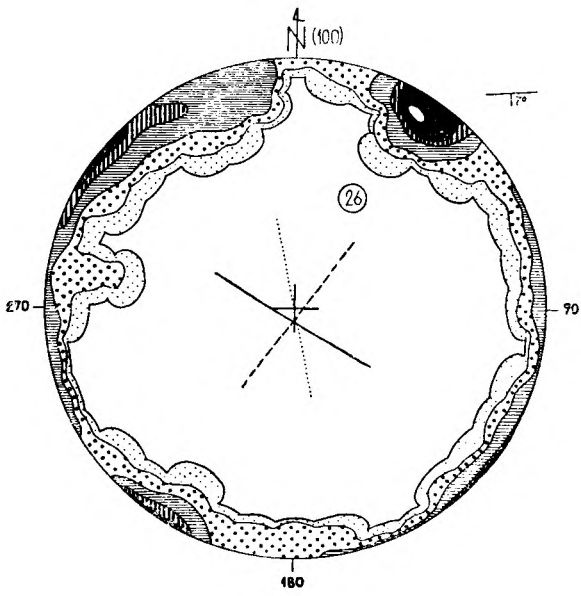


Fig. 2

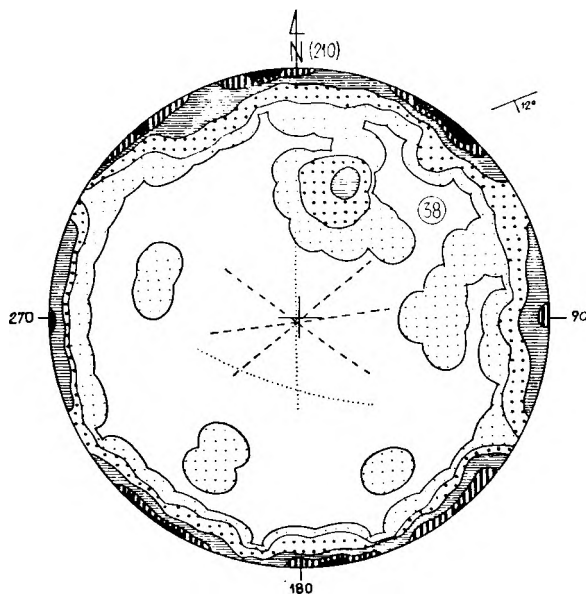


Fig. 2

Diagramy orientacji spękań ciosowych w górnych piaskowcach ciosowych Gór Stołowych

Normalne do warstw. Projekcja górnej półkuli. Liczba pomiarów znajduje się u góry każdego diagramu. Numery diagramów odpowiadają numerom odkrywek na mapie — fig. 1

Orientation diagrams of joints in the youngest sandstones of the Góry Stołowe

Normal to fractures. Projection of upper hemisphere. Number of measurements is given in the top of each diagram. Diagram numbers correspond to these exposures on the map — Fig. 1

kierunkiem spękań ścinających. Ten system spękań przecinających się pod kątem zbliżonym do prostego obserwuje się w całym zbadanym obszarze. Zacieranie się tego obrazu na diagramach, wyrażające się pojawianiem trzeciego maksimum (a na diagramie 38 także czwartego) lub lokalnymi odchyleniami od kierunków regionalnych (I i II), można interpretować w różny sposób. Można je przypisać lokalnym zaburzeniom tektonicznym (uskoki, fleksury); niestety, dokładna analiza nie jest możliwa, ponieważ większość dyslokacji w skałach kredowych nie jest widoczna w odkrywkach, lecz o ich istnieniu wnioskuje się na podstawie innych przesłanek (por. Jerzykiewicz 1968). Wydaje się więc, że szczegółowa analiza polegająca na dokładnym powiązaniu lokalnych kierunków spękań z kierunkami uskoczków nie jest na razie możliwa.

Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, że rozmieszczenie maksimum na wielu diagramach (8, 11, 15, 27, 31, 33 i 34) przypomina orientację spękań, jakie się tworzą w osadach wskutek kurczenia się przy utracie wody.

#### MARGLE

Znane z piaskowców regionalne kierunki spękań (I i II) zaznaczają się również w marglach (por. fig. 1 i 3). Obserwuje się również, że znaczna większość spękań jest prostopadła do powierzchni ławic, niezależnie od tego, czy skały są wyruszone tektonicznie czy leżą poziomo (por. fig. 3, kąty nachylenia ławic i kąty nachylenia maksimum spękań na diagramach 19 i 20 a także pl. II, 2).

W przypadku margli obraz diagramów jest jednak bardziej skomplikowany niż w przypadku piaskowców. Nawet po uwzględnieniu tektonicznych nachyleń powierzchni ławic okazuje się, że pozostają jeszcze spękania skośne a także zbliżone do pionowych, które nie są zgodne z kierunkami regionalnymi. Takie skomplikowane obrazy diagramów otrzymuje się z pomiarów wykonanych w pobliżu przypuszczalnych większych dyslokacji (por. fig. 3, diagramy 19, 20, 28 i 29). Na istnienie dyslokacji po południowo-zachodniej stronie głównego grzbieta Gór Stołowych w okolicach Łężna wskazuje oprócz niezgodności ułożenia ławic piaskowców i margli i rys ślizgowych właśnie orientacja i gęstość spękań. W tej strefie oprócz spękań prostopadłych i skośnych do powierzchni uławicenia pojawiają się jeszcze drobne, trudne do zmierzenia spękania, powodujące rozsypanywanie się skały na drobny gruz i nadające jej charakter brekcji tektonicznej (pl. I, 2). Różnice w ułożeniu płaszczyzn uławicenia piaskowców i margli w pobliżu dyslokacji, większe zagęszczenie i dyspersja kierunków spękań w marglach wynika najprawdopodobniej z różnic kompetencji tych skał.

#### GÓRNE PIASKOWCE CIOSOWE I WAPNISTE PIASKOWCE ŚRODKOWEGO TURONU OKOLIC KRZESZOWA

Orientacja spękań ciosowych w najmłodszych skałach górnej kredy odsłaniających się w okolicach Krzeszowa wykazuje większą zmienność niż w ich odpowiednikach w Górach Stołowych (por. fig. 4). Maksima kierunków za-

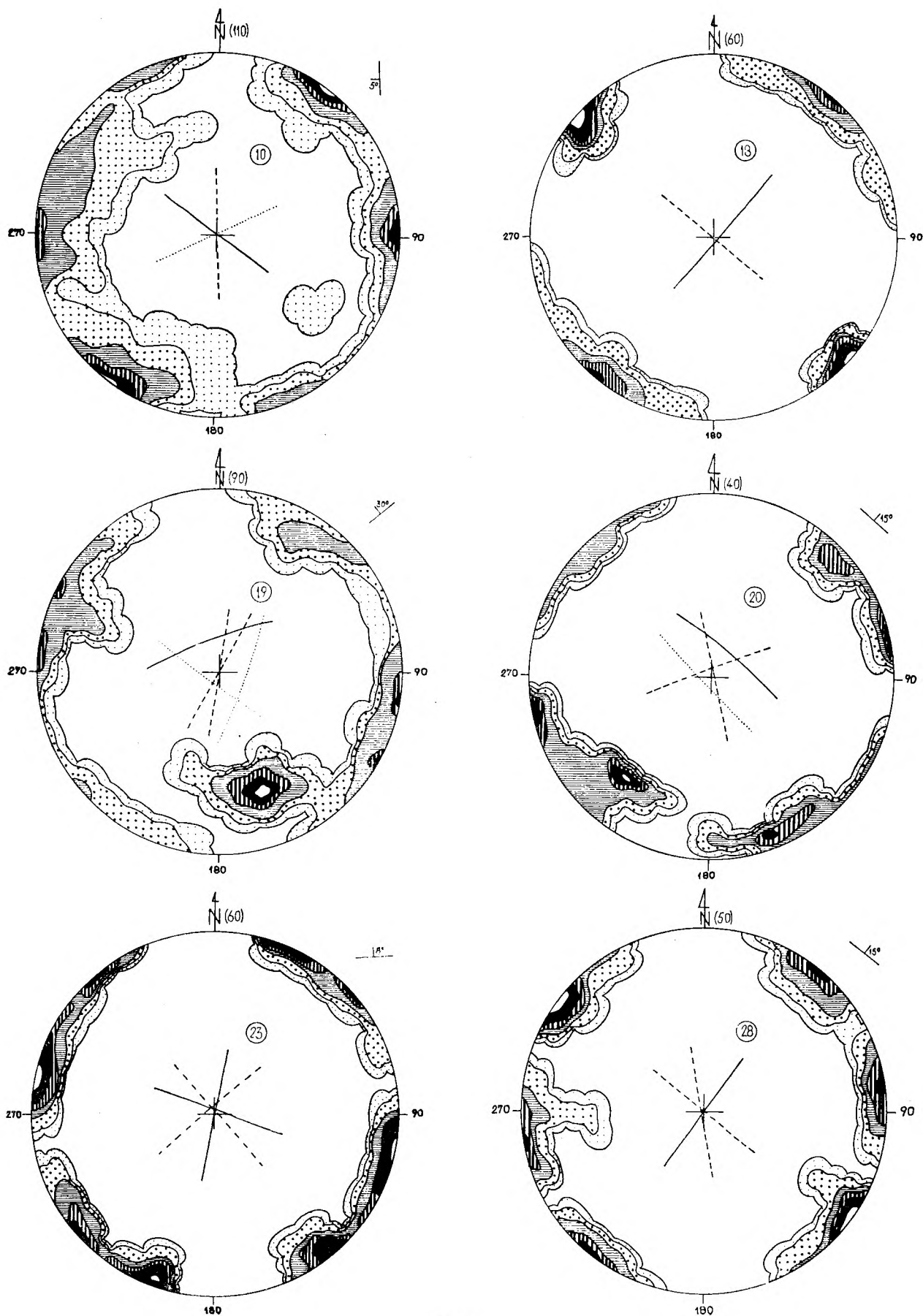


Fig. 3



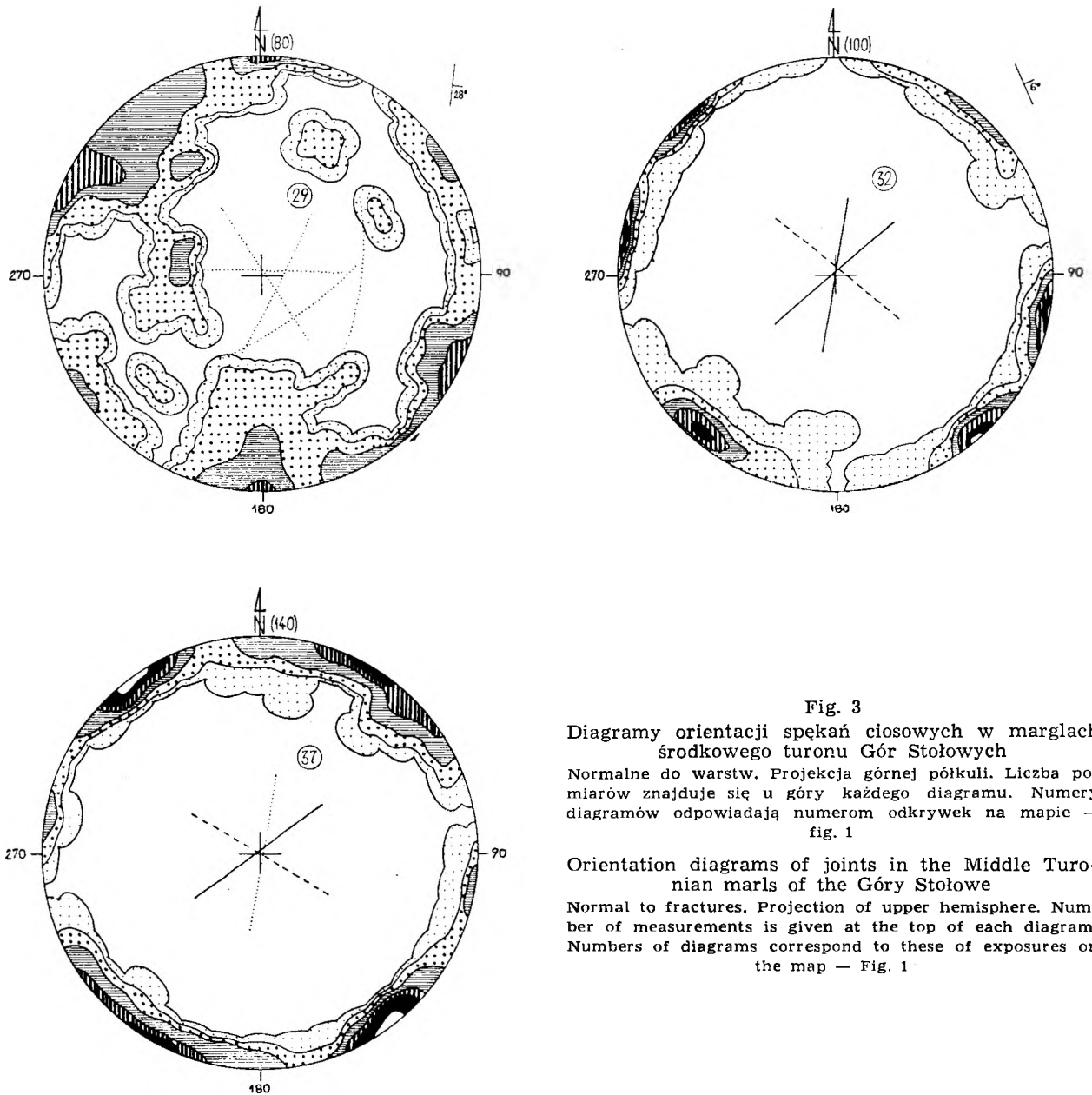


Fig. 3

Diagramy orientacji spękań ciosowych w marglach środkowego turonu Gór Stołowych

Normalne do warstw. Projekcja górnej półkuli. Liczba pomiarów znajduje się u góry każdego diagramu. Numery diagramów odpowiadają numerom odkrywek na mapie — fig. 1

Orientation diagrams of joints in the Middle Turonian marls of the Góry Stołowe

Normal to fractures. Projection of upper hemisphere. Number of measurements is given at the top of each diagram. Numbers of diagrams correspond to these of exposures on the map — Fig. 1

znaczące się w pierwszych kwadrantach diagramów 1 i 2 odbiegają od kierunku regionalnego (I) zaznaczającego się najsilniej na diagramach z Gór Stołowych, jest to jednak wywołane przez tektoniczne nachylenie powierzchni ławic. Można to sprawdzić konstrukcyjnie, redukując powierzchnie uławicenia do położenia poziomego. Jednak skomplikowanie obrazów diagramów w omawianym obszarze nie wynika jedynie z wtórnego pochylenia pierwotnie pionowych płaszczyzn ciosu. Uzyskane diagramy są niewątpliwie sumą spękań pierwotnych, które można porównać z kierunkami re-

gionalnymi znanymi z Gór Stołowych oraz spękań związanych z lokalną tektoniką. Doprowadziła ona do utworzenia się w skałach kredowych okolic Krzeszowa jednostki brachysynklinalnej (por. Jerzykiewicz 1968). Opisane diagramy spękań pochodzą ze środkowej części tej jednostki. W poziomo leżących piaskowcach cenomanu odsłoniętych w odległości kilku kilometrów na południo-wschód od środka brachysynkliny Krzeszowa można już obserwować pionowe spękania o kierunkach identycznych z regionalnymi kierunkami spękań ciosowych (I i II) znanymi z obszaru Gór Stołowych (diagramy niepublikowane).

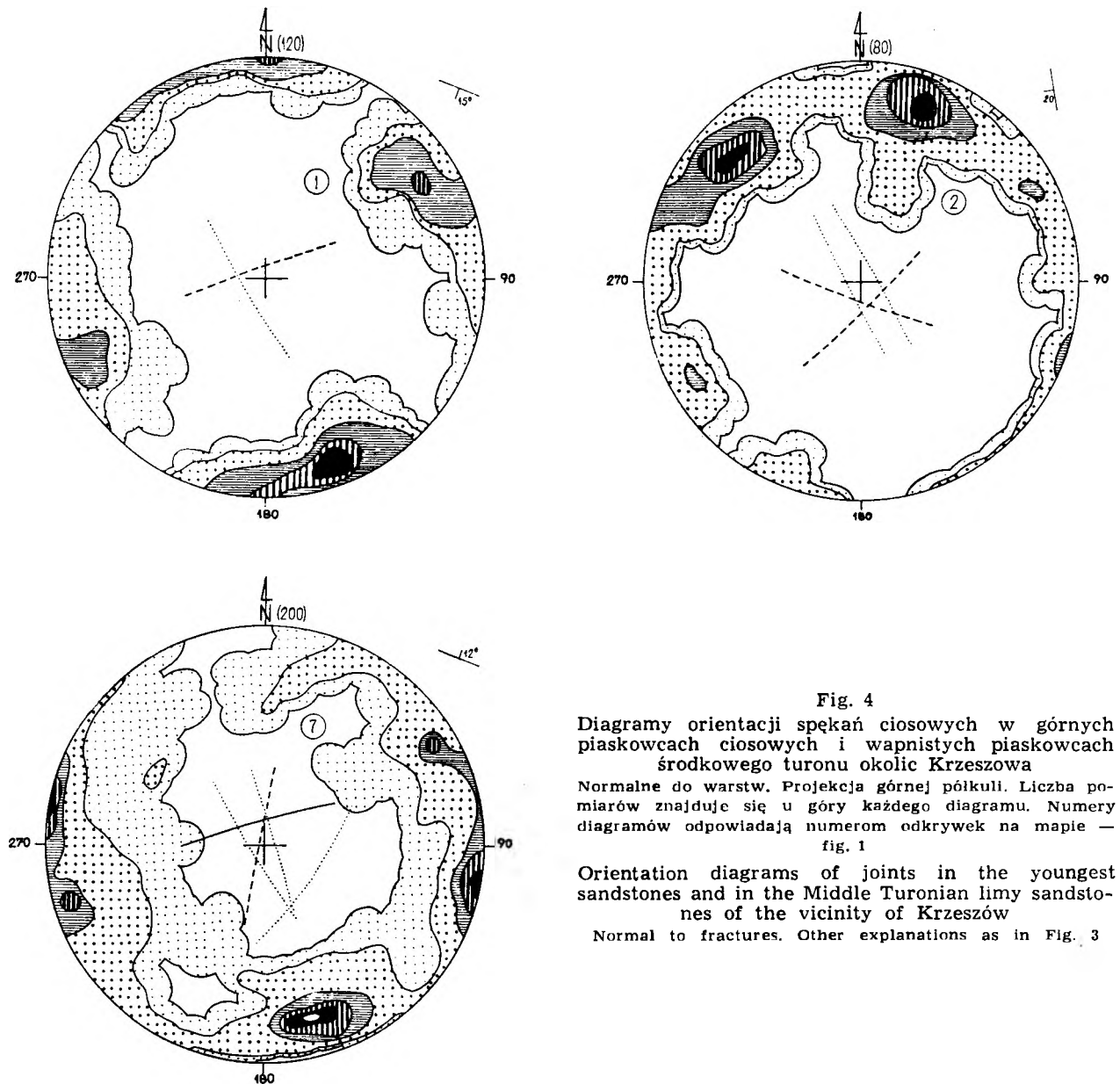


Fig. 4

Diagramy orientacji spękań ciosowych w górnych piaskowcach ciosowych i wapnistych piaskowcach środkowego turonu okolic Krzeszowa

Normalne do warstw. Projekcja górnej półkuli. Liczba pomiarów znajduje się u góry każdego diagramu. Numery diagramów odpowiadają numerom odkrywek na mapie — fig. 1

Orientation diagrams of joints in the youngest sandstones and in the Middle Turonian limestones of the vicinity of Krzeszów

Normal to fractures. Other explanations as in Fig. 3

## OCENA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Przedstawiona powyżej próba analizy spękań ciosowych opiera się głównie na ich orientacji, ponieważ brak innych cech morfologicznych, które mogłyby ułatwić to zadanie. Wydaje się, że interpretacja uzyskanych diagramów nie może być w pełni jednoznaczna. Są to obrazy, na których sumują się spękania o różnej genezie, część z nich została wtórnie przemieszczona przez ruchy tektoniczne. Obserwuje się zarówno przemieszczenia w płaszczyźnie pionowej, jak i poziomej. Ten drugi przypadek, jak można przypuszczać, przedstawia diagram 23 (fig. 3).

Został on wykreślony na podstawie pomiarów wykonanych w dwóch niedaleko od siebie położonych odkrywkach o jednakowo nachylnych powierzchniach ławic. Podwojenie maksimum na diagramach mogło wynikać z przemieszczenia w płaszczyźnie poziomej dwóch bloków mających te same spękania o kierunkach regionalnych o kąt około  $25^\circ$ . Ale możliwa jest także inna interpretacja, a mianowicie, że podwojenie maksimum wiąże się z dwoma różnymi systemami spękań ścinających (rotacja osi elipsoidy deformacji w czasie). Ponadto dia-

gramy zawierają z pewnością niewielkie, lecz trudne do uniknięcia błędy wynikające z wyruszenia skałek, przypadkowego doboru płaszczczyzn do pomiarów i błędów technicznych (odczyty, nanoszenie punktów na diagramy itp.).

Z wymienionych powodów wstrzymano się od dokładnej analizy diagramów, która powinna polegać na wyznaczeniu za ich pomocą kierunków nacisków powodujących powstanie spękań.

## WNIOSKI

1. Pogląd na powstanie pionowych spękań ciosowych w skałach kredowych niecki śródsudeckiej w rezultacie saksońskich ruchów tektonicznych jest trudny do udowodnienia, a pogląd na ich powstanie w wyniku fałdowania błędny.

2. W zbadanym obszarze obserwuje się co najmniej dwa różne systemy spękań ciosowych; (a) spękania pierwotne, prostopadłe do powierzchni ławic, (b) spękania wtórne, związane z lokalną tektoniką.

3. Pierwotne spękania ciosowe tworzą system regionalny o podobnej orientacji w całym zbadanym obszarze. Nie zależą one od lokalnej tektoniki, która spowodowała lokalne spaczenia pokrywy kredowej, a na ich wyjaśnienie należy szukać innych, ogólniejszych przyczyn.

4. Zjawiska tektoniczne o lokalnym zasięgu (uskoki, fleksury) powodują wzbogacenie obrazów diagramów wyrażające się powiększaniem pól zajmowanych przez pomiary, pojawianiem się nowych maksimów a także przemieszczaniem się maksimów spękań pierwotnych.

Pracownia Geologii Starych Struktur  
Zakładu Nauk Geologicznych PAN  
Wrocław, ul. Cybulskiego 30  
Wrocław, w kwietniu 1966 r.

## LITERATURA

- BILLINGS M. P., 1949: Structural Geology. New York.
- CLOOS H., 1936: Einführung in die Geologie. Berlin.
- CLOOS H., MARTIN H., 1932: Gang einer Falte. — Fortschr. Geol. u. Pal., Bd. XI, H. 33. Berlin.
- DIMITRIJEVIC M., 1956: Jedna nova mreza ze izradu konturnih dijagrama. — Transactions of the Min. a. Geol. Fac. Beograd.
- DZIEDZIC K., 1961: Tektonika kulumowej ostrogi Jabłowa (On the tectonics of the Culm flexure of Jabłów). — Acta Geol. Pol., vol. XI, nr 4. Warszawa.
- DŻUŁYŃSKI S., 1953: Tektonika południowej części Wyżyny Krakowskiej (Tectonics of the southern part of the Cracovian Upland). — Acta. Geol. Pol., vol. III, nr 3. Warszawa.
- HOEFER H., 1915: Schwundspalten. — Mitt. Geol. Ges. Wien.
- HOEPPENER R., 1953: Faltung und Klüftung im Nordteil des Rheinischen Schiefergebirges. — Geol. Rundschau 41 Sonderb. Stuttgart.
- JERZYKIEWICZ T., 1968: Sedymentacja górnych piaskowców ciosowych niecki śródsudeckiej (górną kreda) (Sedimentation of the youngest sandstones of the Intrasudetic Cretaceous Basin). — Geologia Sudetica IV. Warszawa.
- KOLBEL H., 1940: Über eine Verformung von Klüften bei der Schichtfaltung am Beispiel des Saltzgitterer Sattels. — Geol. Rundschau 31 Sonderb. Stuttgart.
- LOTZE F., 1933: Zur Erklärung der tektonischen Klufte (in Dżułyński 1953).
- [NOWIKOWA A. S.] 1951: НОВИКОВА А. С. — О трещиноватости осадочных пород восточных части Русской платформы. — Изд. АН СССР, серия геол. № 5.
- PARKER J. M., 1942: Regional systematic jointing in slightly deformed sedimentary rocks. — Bull. Geol. Soc. Am. vol. 53. Burlington.
- [PERMIKOW E. N.] 1940: ПЕРМЯКОВ Е. Н. — Тектоническая трещиноватость Русской платформы. — М. Изд. Моск. Инст. Природы. Мат. к. позн. геол. стр. СССР, в. 12/16. Москва.
- PETRASCHECK W., 1934: Der böhmische Anteil der Mittelsudeten und sein Vorland. — Mitt. Geol. Ges. Wien 55. Wien.
- RADWAŃSKI S., 1959: Budowa geologiczna Obniżenia Dusznickiego i wschodniej części Gór Stołowych (The Geological Structure of the Duszniki Basin and the Eastern Part of the Stołowe Mountains — Heuscheuergebirge — in the Sudeten). — Inst. Geol. Biul. 146. Warszawa.
- RODE K., 1932: Die Saxonische Tektonik in Schlesien. — Z. deutsch. geol. Ges. 84. Berlin.
- [SCHULTZ S. S.] 1964: ШУЛТЗ С. С. — Об изучении планетарной трещиноватости (To the study of planetary jointing). Inter. Geol. Con. XXII Ses. Raport. Sov. Geol. Prob. 4. Moscow.
- SITTER de L. W., 1956: Structural Geology. New York — London — Toronto.
- [SZATSKI N. S.] 1945: ШАТСКИЙ Н. С. — Очерки тектоники Волго-уральской нефтоносной области. — М. Издат. Инст. Природы. Мат. к. позн. геол. стр. СССР, в. 2/6. Москва.

Tomasz JERZYKIEWICZ

## REMARKS ON THE ORIGIN AND ORIENTATION OF JOINTS IN THE UPPER CRETACEOUS ROCKS OF THE INTRASUDETIC BASIN

### Summary

**ABSTRACT:** Results are presented of measurements of joints in the Youngest Cretaceous sandstones and underlying marls of the Intrasudetic basin. The joint orientation was presented on Schmidt stereographic projections and on rose diagrams. Two genetically different joint systems have been differentiated: (a) primary joints, which form a regional system of similar orientation in the whole investigated area, and (b) secondary joints, the orientation of which and frequency of occurrence depends on local tectonic causes. In the author's opinion the views concerning tectonic

origin of joints perpendicular to the true bedding and showing constant orientation in the whole area of the Intrasudetic basin are difficult to elucidate. The attempts to explain it by fault- or fold tectonics are difficult to accept. No explanation of the primary joint is presented but, in the author's opinion, it is older than the tectonic movements that have caused the deformation of the Cretaceous cover in the Intrasudetic basin. Other cause should be looked for to elucidate this problem.

### INTRODUCTION

The paper presented here is a result of investigations that were carried out in the Institute of Geological Sciences of the Polish Academy of Sciences during the years 1963—1966. These were chiefly sedimentological observations (Jerzykiewicz 1968) but as the joint measurements were essential in the determination of primary orientation of cross-bedding the results obtained have been elaborated and are presently given in this paper.

The aim of this work is an attempt of revision of the views concerning the tectonic origin of joints which together with almost horizontal bedding in the Upper Cretaceous rocks in

the Intrasudetic basin is decisive in the morphology of the Góry Stołowe.

Some German geologists (Rode 1932, Petrascheck 1933) claimed that the joint systems in the Upper Cretaceous of the Upper Cretaceous of the Intrasudetic basin were caused by the Saxonian orogeny.

In Radwański's view (1959) one of joint systems in the Upper Cretaceous of the Góry Stołowe is due to folding. The results of observations presented below show that probably both the fault tectonic and primary joints exist in the Cretaceous rocks of the Intrasudetic basin.

### METHODICAL REMARKS

The procedure of investigation of joint orientation was the following:

1. Selection of proper joint planes and compass measurements.

2. Presentation of results on diagrams.
3. Interpretation of diagrams and critics of the results obtained.

Exactly 2680 joint measurements taken in

sandstones and marls are presented on diagrams. The measurements were grouped in regard of kind of rocks (separately for marls and sandstones) and of locality i.e. measurements taken in cliffs of similar or identical tectonic tilt of beds were grouped together. Particular measurement groups (27 groups) are pre-

sented on separate diagrams. Number of measurements in groups is from 40 to 210, approximately about 100. The measurements were presented on Schmidt stereographic projections and on rose diagrams. Contour lines on the stereographic projections were constructed by means of auxiliary Dimitrijević net (1956).

## INTERPRETATION OF DIAGRAMS

### Sandstones

Predominantly almost vertical joints i.e. tilted  $80^\circ$  to  $90^\circ$  are to be observed in the sandstones. Oblique joints of tilt  $50^\circ$  to  $70^\circ$  are less frequent what is clearly seen on quantitative diagrams (Fig. 2). Majority of joints are perpendicular to bedding planes (see Cloos 1936, p. 219). This dependence is clearly seen on diagrams. Maxima do not occur on perimeters because the bedding planes in which the measurements of joints were taken are not horizontal (their tilts are plotted on top of each diagram). It should be stressed here that this correlation is very distinct and statistical data of inclination of joints planes can be with confidence used in approximate determination of inclination of cross-bedding. This is particularly important in this case when the foreset beds are observable only (see Pl. II, 1).

In the whole area of the Góry Stołowe the joint directions close to  $130^\circ$  are distinctly marked. On diagrams they are seen in shape of distinct maxima and only in diagrams 30 and 33 (see Fig. 2) they are less distinct and on diagram 34 — are slightly shifted. Hence this direction is of regional character (I). Majority of joints and fractures were formed along this direction in the Góry Stołowe. The trends of morphological escarpments formed in sandstones are also controlled by it (see Fig. 1).

A direction (II) roughly perpendicular to the first one is frequently observable (diagrams 9, 12, 13, 14a, 14b, 26) but also not seldom the diagram image is complicated by appearance of other maxima. Three maxima cutting under the angle of about  $60^\circ$  (diagrams 8, 11, 15, 27, 31, 33, 34), or maxima cut under smaller angles

(diagrams 30 and 38) are to be seen. It may be supposed that the second direction (II) is interrelated with the first one (I). This system of fractures crossing at angle  $90^\circ$  is observable throughout the whole area. Disturbances of this image on diagrams caused by the appearance of a third maximum (on the diagram 38 also of the fourth one) or of local deviations from regional (I and II) directions can be ascribed to local tectonic phenomena. It should be also pointed out that the distribution of maxima on many diagrams (8, 11, 15, 27, 31, 33, 34) resembles the joint orientation which is formed in deposits in result of shrinking by losing water.

### Marls

The regional joint directions known from the sandstones are well marked in marls as well (see Figs. 1 and 3). It is also noteworthy that majority of joints is perpendicular to bedding planes regardless of the rock tectonic engagement (tilt or horizontal position) (see Fig. 3).

In the case of marls the diagrams are more complicated than these of sandstones. The most complicated diagrams were obtained from the measurements taken near inferred larger dislocations (see Fig. 3, diagrams 19, 20, 28, 29). In the dislocation zones very small joints occur which cause the rocks to be splitted into fine debris thus appearing as tectonic breccias (Pl. I, 2). The differences in orientation of bedding planes of sandstones and marls near dislocations and condensation and dispersion of joint directions in marls results most probably from the differences in compension of these rocks.

## SANDSTONES AND LIMY SANDSTONES OF THE MIDDLE TURONIAN IN THE VICINITY OF KRZESZÓW

Joints orientation in the youngest rocks of the Upper Cretaceous cropping out in the vicinity of Krzeszów shows greater variability than that in its counterparts in the Góry Stołowe (Fig. 4). Maxima of directions seen in the first

quadrant of diagrams 1 and 2 deviate from the regional direction (I). The latter being best marked in the diagrams from the Góry Stołowe. This is, however, caused by tectonic tilt of beds. The complications of diagram ima-

ges probably result from the summing up of the primary joint which can be compared with the regional directions known from the Góry Stołowe and of the secondary one connected with local tectonics that had led to the formation of a local brachyanticlinal structure in the Cretaceous strata of the vicinity of Krzeszów (see Jerzykiewicz 1968).

The described diagram come from the middle

part of this structure. In the horizontally lying Cenomanian sandstones cropping out several kilometres south-east from the center of the Krzeszów brachysyncline vertical joints are observed which show directions identical with those of regional joint directions (I and II) known from the Góry Stołowe (unpublished diagrams).

## CONCLUSIONS

1. The view of the origin of joint system that had been formed in the Upper Cretaceous of the Intrasudetic basin in result of the Saxonian orogeny is difficult to prove, and the views explaining this by means of folding tectonics are erroneous.

2. At least two different joint systems are observable in the investigated area: a) primary joints, perpendicular to bedding planes and b) secondary joints, connected with local tectonics.

3. The primary joints form a regional system of similar orientation in the whole area under

investigation. They are independent of the local tectonics, which had caused local deformations of the Upper Cretaceous sedimentary cover. In order to explain the origin of the primary joints we should try to find other causes.

4. Local tectonic phenomena cause a differentiation of diagram images, which manifest itself by expansion of areas occupied by measurements, appearance of new maxima and also by shifting of maxima of primary joints.

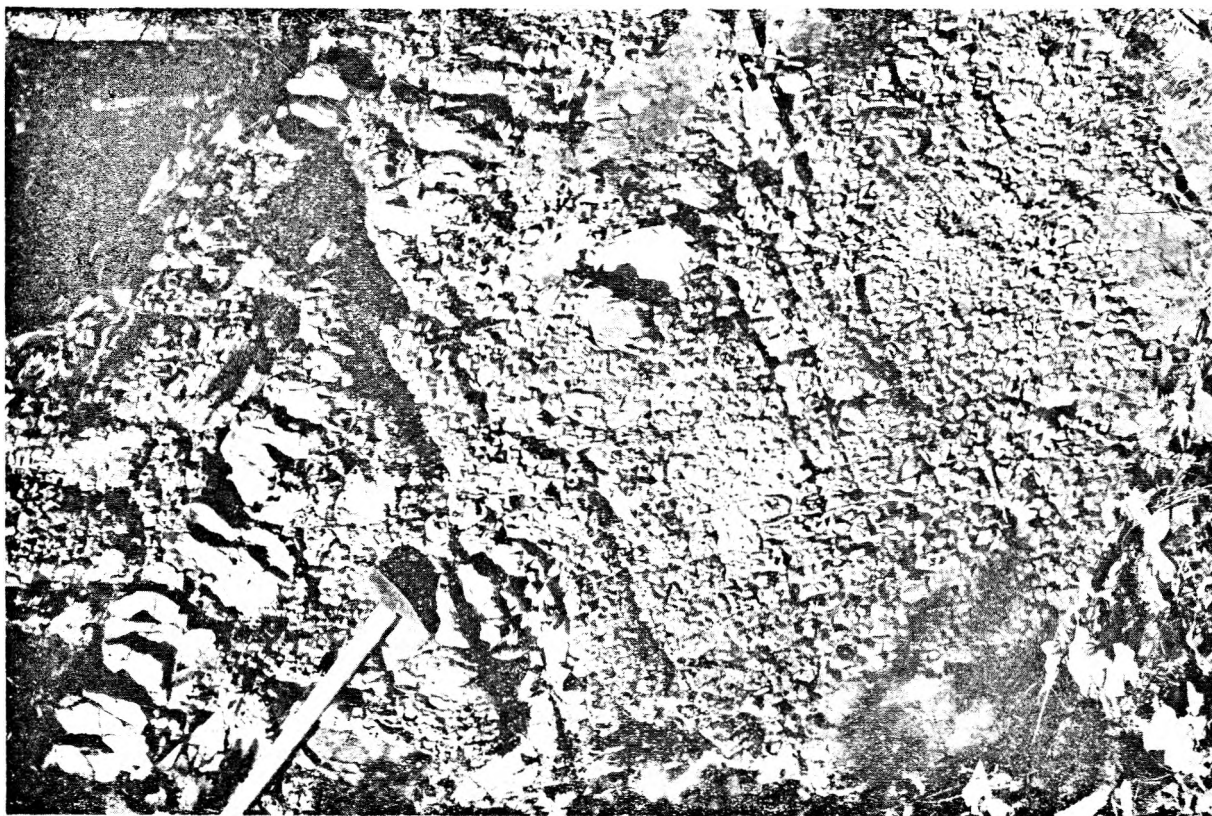
Laboratory of Old Structures  
Institute of Geological Sciences of the  
Polish Academy of Sciences  
Wrocław, April 1966

## PLANSZA I

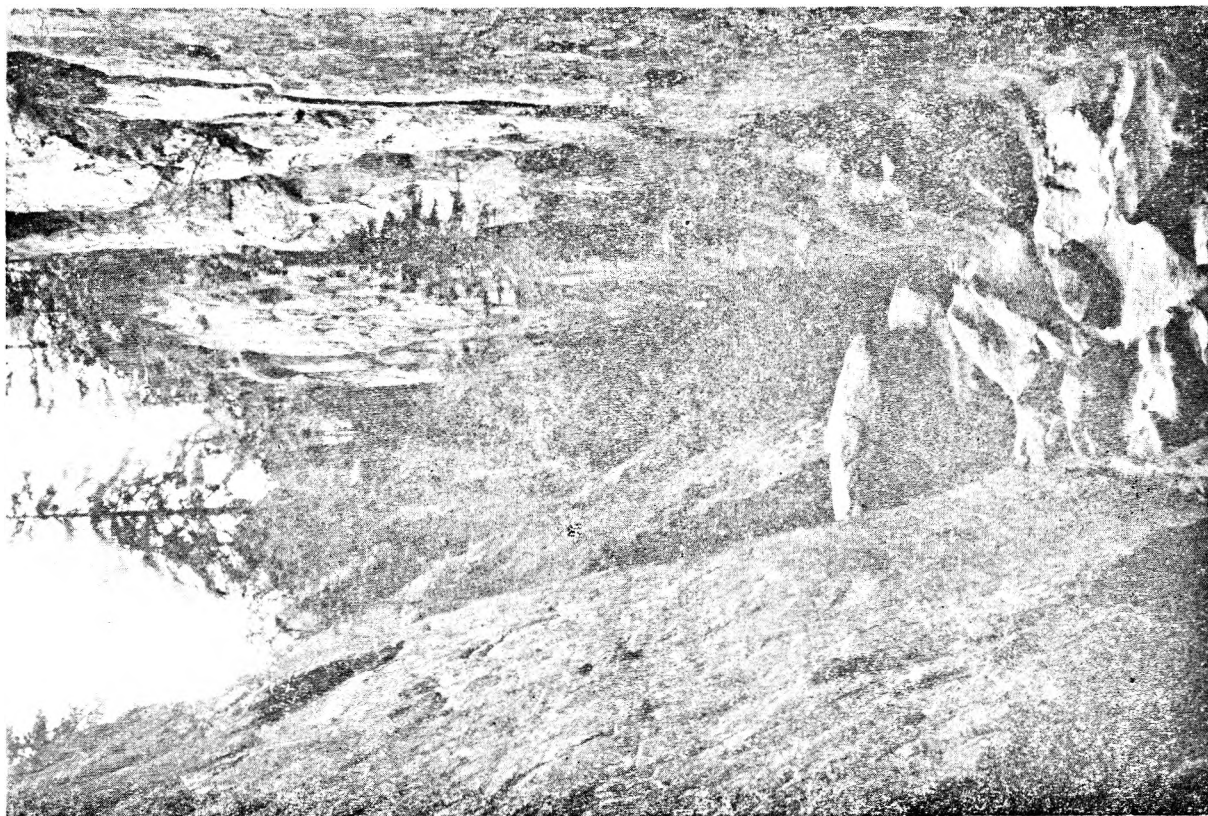
### PLATE I

1. Szczelina utworzona wzdłuż powierzchni ciosowej w górnych piaskowcach ciosowych na Szczelińcu Wielkim, tzw. „Wąwóz Piekiełko”.  
A fissure formed along the joint plane in the youngest sandstones in the Szczeliniec Wielki the so called „Piekiełko” ravine.
2. Spękania w marglach środkowego turonu w pobliżu dyslokacji po południowo-zachodniej stronie głównego grzbietu Gór Stołowych w okolicy Łężna. Oprócz ciosu prostopadłego i skośnego do uławiczenia widoczne są drobne spękania nadające skale charakter brekcji tektonicznej.  
Joints in the Middle Turonian marls near dislocation on south-western side of the main range of the Góry Stołowe near Łężno. Despite vertical and oblique joints also minute fractures are visible which give the rock a tectonic breccia like appearance.





Fot. 2



Fot. 1

Tomasz JERZYKIEWICZ — Uwagi o orientacji i genezie ciosu w skałach górnokredowych niecki śródsudeckiej  
Remarks on the origin and orientation of joints in the Upper Cretaceous rocks of the Intrasudetic Basin



## PLANSZA II

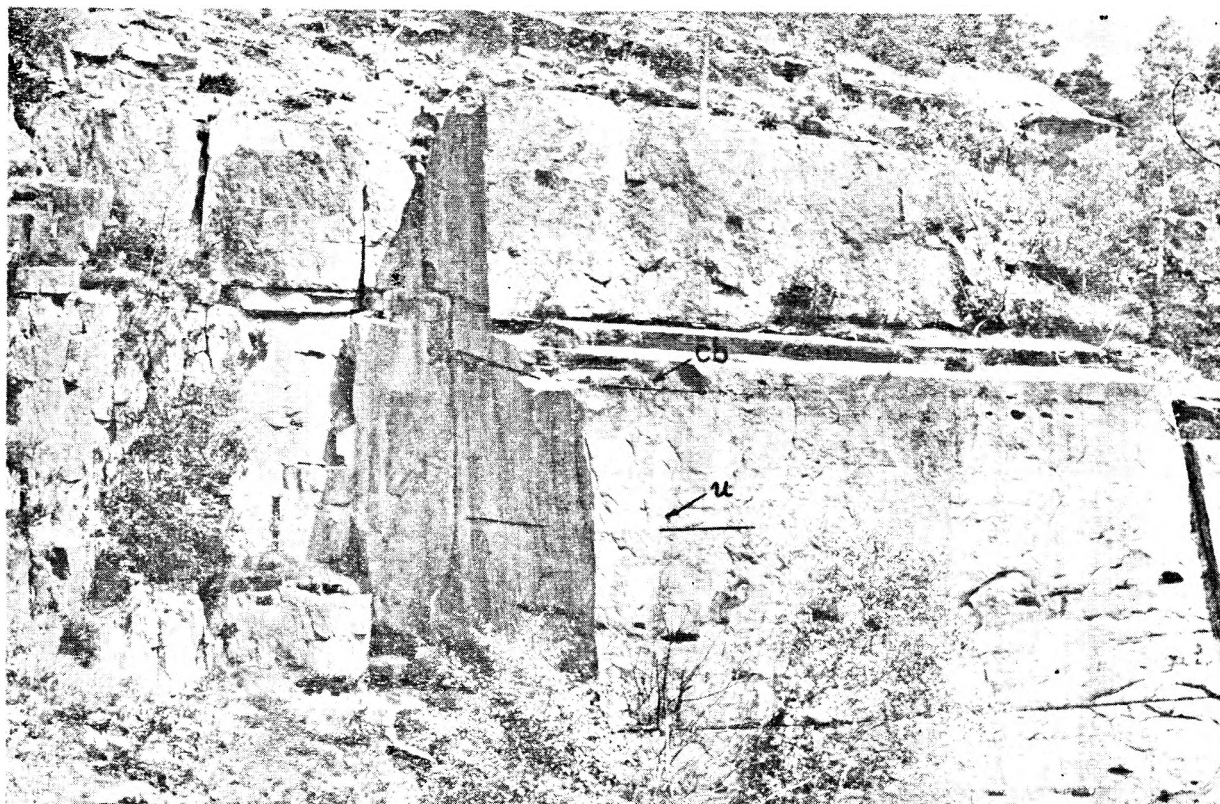
### PLATE II

1. Powierzchnie spękań ciosowych w górnych piaskowcach ciosowych. Fragment ściany nieczynnego kamieniołomu po południowej stronie głównego grzbietu Gór Stołowych w okolicach Łężna. Widoczny jest kąt utworzony przez powierzchnie ciosu z powierzchnią uławicenia (u) i skośnym warstwowaniem wielkiej skali (cb).

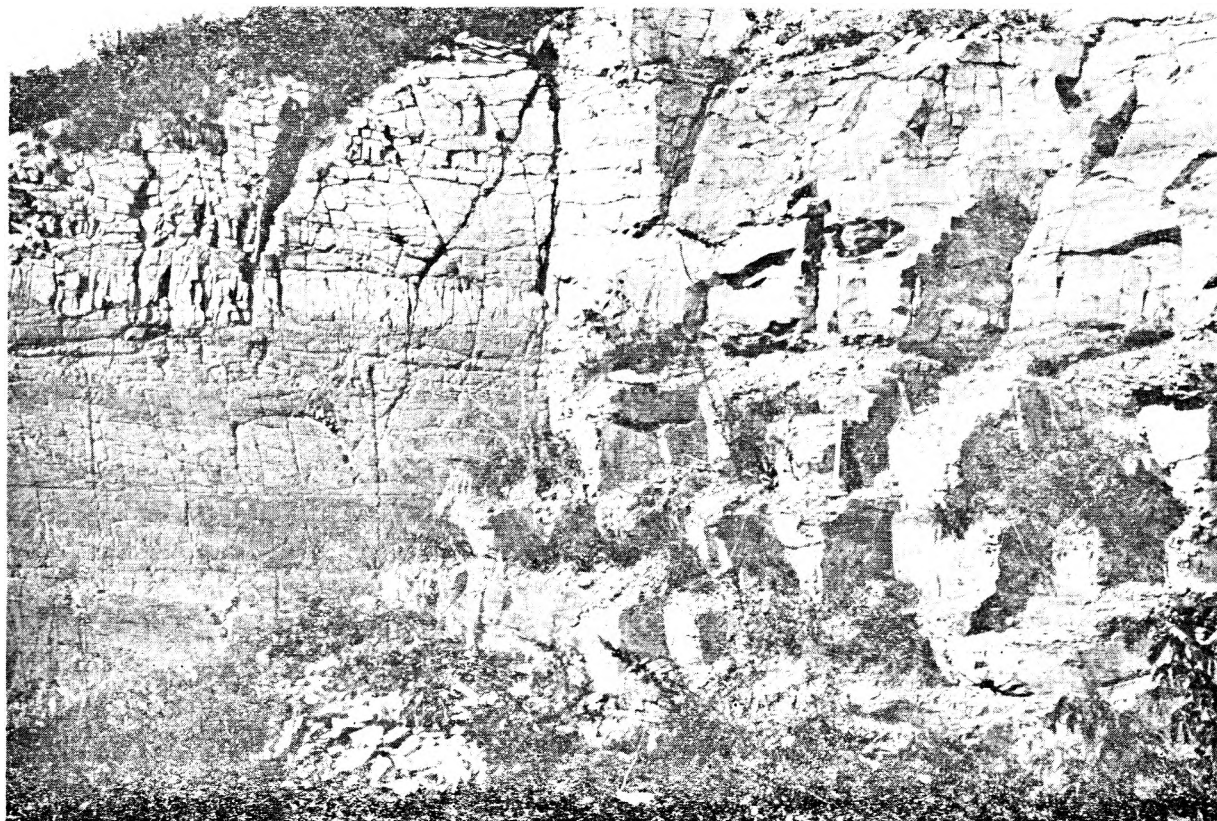
Joint planes in the youngest sandstones. Fragment of a wall in an abandoned quarry on the southern side of the main range of the Góry Stołowe in the vicinity of Łężno. The angle between joint plane and bedding (u) and large scale cross-bedding (cb) is visible.

2. Powierzchnie spękań ciosowych w marglach środkowego turonu. Kamieniołom w Szczytnej Śląskiej. Uławicenie poziome.

Joint planes in the Middle Turonian marls. Quarry at Szczytna Śląska. Horizontal bedding.



Fot. 1



Fot. 2

Tomasz JERZYKIEWICZ — Uwagi o orientacji i genezie ciosu w skałach górnokredowych niecki śródsudeckiej  
Remarks on the origin and orientation of joints in the Upper Cretaceous rocks of the Intrasudetic Basin

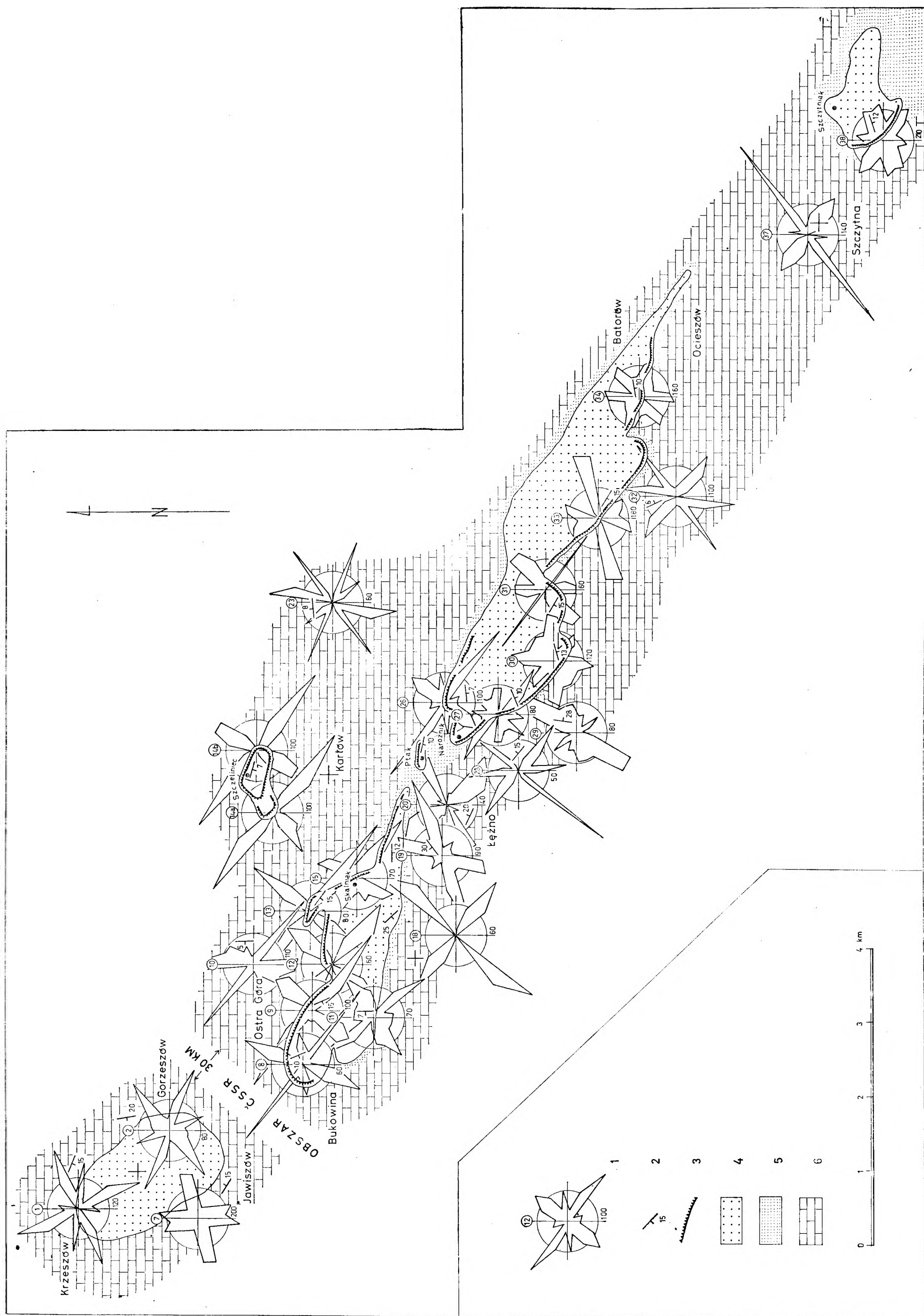


Fig. 1  
 Mapa kierunków biegu powierzchni ciosowych w górnych piaskowcach ciosowych i marglach środkowego turonu w obszarze Gór Stołowych i okolicach Krzeszowa  
 Map of joint directions in the youngest sandstones and marls of the Middle Turonian in the Góry Stołowe and in the vicinity of Krzeszów