

Z. Mitera.

## Problemy zastosowania sejsmicznych metod refleksyjnych w Polskich Karpatach Wschodnich w świetle dotychczasowych wyników <sup>1)</sup>.

*(Problems of Application of Seismic Reflection Methods in the Polish Eastern Carpathian Mountains in the Light of Present Investigations).*

Zastosowanie poszukiwawczych metod geofizycznych w Karpatach napotyka na duże trudności zarówno natury technicznej, jak i metodycznej, z powodu skomplikowanej budowy geologicznej i tektonicznej tych obszarów. Trudności techniczne wynikają przede wszystkim z górzystości i nierówności form terenowych obszarów, na których należy wykonać pomiary. Na trudności metodyczne składają się głównie warunki budowy geologicznej formacji karpackich w jakich należy przeprowadzić badania. Jako korzystne warunki geologiczne można z punktu widzenia zastosowania metod geofizycznych uważać struktury niezbyt skomplikowane, mało drobiazgowo, o upadach nie przekraczających zwykle 40°. Struktury takie powinny odznaczać się istnieniem wyraźnych cech fizykalnych związanych z występującymi tam seriami skał, aby z pożytkiem można wybrać odpowiednią do postawionego problemu metodę geofizyczną.

Pośród znanych metod geofizyki stosowanej, stosunkowo najwięcej możliwości praktycznych przedstawiają dla warunków karpackich metody sejsmiczne i to zarówno refrakcyjne jak i też refleksyjne. Wynika to z istoty tych metod, które opierając się na własnościach zmiennej sprężystości skał pozwalają na określenie nie tylko rodzaju, głębokości, ale też i sposobu zalegania badanych seryj warstw. Tak szcze-

---

<sup>1)</sup> Opublikowano za zezwoleniem Dyrekcji S. A. „Pionier“ we Lwowie.

gólowych informacji nie mogą dostarczyć inne metody geofizyczne, gdyż albo posiadają za mały zasięg głębokościowy, albo też podają przybliżone i obciążone dużym błędem informacje co do głębokości zalegania skał.

Nie mniej jednak, nawet w prostych wypadkach geologicznych, metody sejsmiczne mogą naprowadzić nas na błędne wnioski — o ile nie będą zachowane duże ostrożności zarówno co do sposobu przeprowadzenia samych pomiarów w terenie, jak również co do metod interpretacji uzyskanych wyników.

Celem niniejszej pracy jest syntetyczne zestawienie i przedyskutowanie dostępnych obecnie rezultatów z prac sejsmicznych w Karpatach, dla zorientowania się co do dalszych możliwości zastosowania tych metod w tych obszarach.

Podstawowym warunkiem stosowania metod sejsmicznych do problemów geologicznych w obrębie Karpat jest znajomość własności sprężystych typowych utworów karpaccich. Z własnościami tymi związane są bezpośrednio prędkości przewodzenia sztucznie wywołanych fal sejsmicznych w tych utworach. Dlatego też pierwszym zagadnieniem, jakie nasuwa się przy tego rodzaju pomiarach, jest określenie rzeczywistych wartości prędkości przewodzenia fal sejsmicznych dla charakterystycznych formacji karpaccich, od nich bowiem zależy w dużej mierze wybór właściwej metody badań, nadającej się do postawionego problemu geologicznego.

### **Prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w utworach karpaccich.**

Na podstawie analizy kilkuset sejsmogramów uzyskanych w czasie prac sejsmicznych w Karpatach, wykonanych z ramienia Spółki Akcyjnej „Pionier“ w latach 1934 i 1935, zestawił autor tabelę przeciętnych wartości prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w typowych utworach Polskich Karpat Wschodnich. Ponieważ do obliczeń używano pierwszych impulsów na sejsmogramach, uważać należy, że otrzymane prędkości odnoszą się do podłużnych fal sejsmicznych.

W załączonej tabeli Nr. 1 podano rzeczywiste wartości prędkości fal sejsmicznych, wynikające z przeliczenia t. zw. prędkości pozornych, w których ujawnia się wpływ nachylenia warstw na wartość tych prędkości.

Na tym miejscu poczuwa się autor do miłego obowiązku

złożenia podziękowania Spółce Akcyjnej „Pionier“, za udostępnienie mu tych materiałów i zezwolenie na ich opublikowanie w niniejszej pracy.

Studia nad prędkościami rozchodzenia się fal sejsmicznych w skałach wskazują, że na wielkość tych prędkości wpływa nie tylko sam skład petrograficzny rozpatrywanych utworów, ale też sposób uwarstwienia, spękania, szczeliny, wielkość i kształt ziaren, rodzaj lepiszcza, procentowa zawartość wilgoci oraz efekt ciśnienia przed i po okresie formowania się danej skały. Wpływ tych czynników nie wszędzie jest jednakowy i często w obrębie tej samej serii skał napotkać można strefy i wkładki skalne znacznie różniące się co do własności sprężystych w porównaniu z pozostałą częścią tych utworów.

Dlatego też dużą wagę kładzie się na eksperymentalne wyznaczanie prędkości fal sejsmicznych wprost na naturalnych odsłonięciach skał w terenie, gdyż tak uzyskane daty najwierniej charakteryzują własności sprężyste badanych utworów. Wartości uzyskane w laboratorium nie mają już tego znaczenia, gdyż operuje się tam tylko fragmentami skał w zupełnie innych warunkach pomiarowych aniżeli w terenie.

Wśród wymienionych czynników bardzo wielką rolę odgrywa sposób uwarstwienia<sup>1)</sup> oraz procentowa zawartość wilgoci w samej skale. Dla ilustracji wpływu uwarstwienia można przytoczyć pomiary wykonane w Kanadzie, na wychodni łupków „Lorraine“ w prowincji Quebec, które wykazały, że w kierunku równoległym do uwarstwienia fale sejsmiczne rozchodzą się z prędkością o 40% wyższą, aniżeli w kierunku prostopadłym do uwarstwienia.

Wpływ wilgoci ujawnia się w obniżeniu prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych<sup>2)</sup> w skałach, co autorowie tłumaczą rozluźnieniem się cząstek skalnych pod wpływem wilgoci. Wpływ ten nie jest jednakowym i prędkość maleje tylko do pewnej granicy wraz ze wzrostem zawartości wody, po czym następuje jakby stan nasycenia, przy którym dalsze po-

---

<sup>1)</sup> B. M c. C o l l u m and F. A. S n e l l: „Asymmetry of Sound Velocity in Stratified Formations“, *Physics* (March, 1952), p. 174.

<sup>2)</sup> W. T. B o r n and J. E. O w e n: „Effect of Moisture upon Velocity of Elastic Waves in Amherst Sandstone“. *Bulletin of The American Association of Petroleum Geologists* Vol. 19, No 1, 1935, p. 9—18.

większenie zawartości wody nie wpływa już na zmiany prędkości.

Należy tu jednak dodać, że wyniki pomiarów prędkości uzyskane dla pewnej skały w danym obszarze mogą okazać się zupełnie inne dla tej samej skały w innym miejscu, wskutek innych warunków lokalnych, a przede wszystkim geologicznych, w jakich ta skała znalazła się. To też uzyskane wartości z pomiarów pozwalają raczej zorientować się co do rzędu wielkości tych prędkości dla pewnych gatunków skał, nie mogą jednak być absolutną miarą prędkości przewodzenia fal sejsmicznych dla tego rodzaju utworów, bez względu na miejsce ich pochodzenia.

Wartości samych prędkości charakterystycznych dla pewnych utworów karpackich też nie są stałe w obrębie tej samej serii warstw, lecz ulegają w większości wypadków wzrostowi w miarę powiększania się głębokości. Na wykresach refrakcyjnych obserwować można stopniowe przechodzenie do coraz to wyższych wartości, które dla większych głębokości nie ulegają już tak raptownym zmianom.

Podane w tabeli wartości odnoszą się do stref zalegających poniżej t. zw. zwietrzałej warstwy powierzchniowej, cechującej się bardzo niską prędkością przewodzenia fal sejsmicznych. Miąższość tej warstwy waha się w warunkach karpackich od kilku do kilkunastu metrów, a prędkości fal sejsmicznych od 300 m/sek. do 900 m/sek.

Z porównania zestawionych w tabeli wartości można zaobserwować, że największe wartości osiągają utwory kredowe (warstwy inoceramowe, piaskowiec jamneński) oraz eocen-skie (warstwy hieroglifowe), co zgadza się ze znanym ogólnie poglądem, że utwory starsze cechują się również większymi prędkościami przewodzenia fal sejsmicznych.

Stosunkowo niskie prędkości posiadają łupki menilitowe w porównaniu z warstwami solonośnymi oraz polaniczkimi. Wynika to prawdopodobnie wskutek istnienia spękań i szczelin w obrębie tej formacji pod wpływem wtórnych zjawisk tektonicznych i ruchów górotwórczych, które spowodowały znaczne rozluźnienie zwięzłości tych skał, a tym samym obniżenie prędkości przewodzenia fal sejsmicznych w tych utworach.

## **Badania sejsmiczne na obszarze znanych elementów geologicznych w rejonie Karpat Wschodnich.**

Przy ocenie możliwości zastosowania metod sejsmicznych w warunkach karpackich, należy wziąć pod uwagę, nie tylko przewidywane stosunki geologiczne i tektoniczne, ale także warunki powierzchniowe i topograficzne, od których w znacznej mierze zależy wybór właściwej metody pracy. Odnosi się to przede wszystkim do metody refrakcyjnej, przy której, dla otrzymania dużego zasięgu głębokościowego wymagane są stosunkowo długie i równe profile strzałowe. O wiele mniejsze ograniczenia co do długości profili strzałowych odnoszą się do metody refleksyjnej, tu jednak dużą rolę odgrywa znajomość t. zw. zwietrzałej strefy powierzchniowej, której miąższość musi być dokładnie oznaczona na całej długości profilu, ze względu na poprawki czasowe przy obliczeniu zarówno głębokości jak i też kąta upadu warstw.

Zmienne, a zarazem skomplikowane warunki geologiczne obszarów karpackich wymagają zwykle uprzednich prac doświadczalnych dla ustalenia właściwej techniki przeprowadzania badań w terenie, jako też celem znalezienia klucza do poprawnej interpretacji uzyskanych wyników. Prace takie podzielić można na dwa etapy:

a) Badania próbne dla stwierdzenia zachowania się warstw pod względem sejsmicznym na badanym obszarze.

b) Ustalenie związku zaobserwowanych zjawisk sejsmicznych z pewnymi czynnikami geologicznymi dla stworzenia podstaw do logicznej i jednoznacznej interpretacji wyników.

Jest rzeczą wiadomą, że tak dla zastosowania metody refrakcyjnej jako też refleksyjnej najkorzystniejszym jest układ warstw o wzrastającej wraz z głębokością sprężystości pokładów. Im wybitniejsze są kontrasty co do tych własności tym lepszych należy oczekiwać rezultatów. W wielu wypadkach na obszarach karpackich mamy do czynienia z nasunięciami warstw starszych na utwory młodsze. Układy takie nie są korzystne pod względem sejsmicznym, gdyż warstwy starsze jako bardziej sztywne stanowią pewnego rodzaju zasłonę dla przenikania drgań sejsmicznych do głębszych horyzontów. Podobny efekt powodują również bardziej sprężyste

wkładki i strefy, zalegające płytko, które maskują i zacierają oddziaływanie sejsmiczne głębszych partyj i nie pozwalają na uchwycenie pewnych szczegółów budowy geologicznej w takich warunkach. Wypadki takie przedstawiają duże trudności techniczne i metodyczne w przeprowadzeniu właściwych badań. Wymagają one nie tylko znacznej wprawy i praktyki, ale także dużego wczucia się kierownictwa prac w warunki terenowe i geologiczne obszarów karpackich.

Badania sejsmiczne refleksyjne przeprowadzone w Karpatach przez Spółkę Akcyjną „Pionier“ w latach 1934 i 1935 miały charakter czysto doświadczalny nie tylko dla wypróbowania samej metody i aparatury, ale też dla przekonania się o możliwościach szerszego wykorzystania tej metody dla celów prospekcyjnych. Prace te wykonano w kilku odcinkach Karpat Wschodnich, gdzie budowa geologiczna była już uprzednio znana, aby tym łatwiej można było porównać otrzymane wyniki z danymi geologicznymi i znaleźć klucz do poprawnej interpretacji otrzymanych wyników w obszarach o podobnych warunkach geologicznych.

Na przytoczonych w dalszym ciągu przykładach zanalizowano otrzymane wyniki i rozpatrzono dotąd osiągnięte rezultaty pod kątem widzenia możliwości geologicznych zastosowania tych metod w warunkach karpackich.

### **Element wgłębny Nahujowic.**

Nahujowice były terenem, gdzie po raz pierwszy w Polsce (r. 1934) zastosowano metodę sejsmiczną refleksyjną. Prace wykonane tu miały na celu przede wszystkim wypróbowanie aparatury i metody refleksyjnej w warunkach geologicznych uprzednio znanych, na elemencie tektonicznym o prostej stosunkowo budowie, cechującym się wyraźnymi różnicami petrograficznymi.

Pomimo na pozór prostej budowy geologicznej, wyłoniły się tu znaczne trudności natury głównie technicznej, nie pozwalające na zupełnie jasne sprecyzowanie obrazu sejsmicznego tego elementu. Okazało się, że brak tu przewodnich refleksów, które możnaby związać ze znanymi seriami geologicznymi i prześledzić konsekwentnie na badanym obszarze. Badania te wykonano nad południowo-zachodnim skrzydłem tego elementu pomiędzy otworami wiertniczymi „Nobel 1“

i „Millie 1“. Razem odwiercono 6 otworów strzałowych o głębokości wahającej się od 8 do 16 m, z których otwory Nr. I, VI, IV i II znajdowały się na profilu łączącym oba wspomniane szyby.

Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że pomimo widocznego różniczkowania petrograficznego, brak tu wybitniejszych różnic co do własności sprężystych. Wskutek tego nie można było zauważyć na sejsmogramach wyraźnie odcinających się impulsów refleksyjnych, a natomiast zjawiała się tu duża liczba mniej wyraźnych faz refleksyjnych, nie dających się oddzielić, ze względu na wzajemną interferencję impulsów. Cały układ tych warstw odznaczał się dość dużą sprężystością, na co wskazują małe stosunkowo ładunki strzałowe (od  $\frac{1}{20}$  do  $\frac{1}{4}$  kg), które wyzwalały znaczne ilości energii sejsmicznej w postaci drgań o dużej amplitudzie. Wymagało to silnego tłumienia zarówno mechanicznego (sejsmografy) jak i też elektrycznego (wzmacniacze-filtry).

Na załączonym przekroju sejsmicznym (fig. 1) naniesiono obliczone punkty refleksyjne wraz z kątem upadu warstw. Punkty refleksyjne z obliczonym upadem naniesiono na dwusiecznych kąta padania i odbicia, przechodzących przez t. zw. punkty głębokościowe znajdujące się zwykle w środku profilu strzałowego.

Z przekroju tego widocznym jest, że najwięcej impulsów refleksyjnych występuje w serii warstw polanickich (P), które odznaczają się tutaj prędkością od 2100—3050 m/sek. W strefie łupków menilitowych zjawiają się mało wyraźne refleksy na głębokości odpowiadającej mniej więcej wtrąceniom rogowców. Widocznie formacja menilitowa nie odznacza się tutaj dużymi prędkościami przewodzenia fal sejsmicznych. W warunkach zbliżonych dla fałdu borysławskiego w nasunięciu zanotowano prędkości około 2300 m/sek. dla tej formacji.

Najwyraźniejsze stosunkowo refleksy otrzymano od wapieni eoceńskich (E) w głębokości około 750 m, jak to ilustruje załączony sejsmogram (fig. 2).

Poniżej wapieni eoceńskich nie otrzymano już nawet śladów impulsów refleksyjnych pomimo zwiększania ładunków strzałowych.

Z rozmieszczenia refleksów na profilu geologicznym za-

obserwować można, że nie trzymają się one żadnego stałego poziomu i przypuszczać należy, że pochodzą one raczej z bardziej sprężystych stref w obrębie różnych kompleksów warstw, a nie ze stropu lub spągu wymienionych seryj stratygraficznych.

Wskutek tego do interpretacji wyników nie można było użyć tu metody k o r e l a c j i, jak to uprzednio zdawało się, lecz trzeba było zastosować metodę wyznaczania upadów, zwaną w literaturze angielskiej „dip shooting method“.

Obliczone kąty upadów wykazują zupełną zgodność z datami geologicznymi, świadcząc równocześnie, że w tych warunkach metoda wyznaczenia upadów oddać może pewne usługi.

Próby metodyczne rozszerzone były również poza czoło elementu wglębnego w kierunku na północny wschód. Nie dały one jednak w tych warunkach pozytywnych rezultatów wskutek trudności głównie natury technicznej w uzyskaniu impulsów refleksyjnych. Należy się jednak spodziewać, że przy zastowaniu większych rozstawień i t. zw. profili zamkniętych możnaby częściowo uchwycić bardziej zagięte partie czoła w granicach dokładności wyznaczania upadów. Zaznaczyć tu należy, że dla bardziej szczegółowego prześledzenia tego elementu należy odpowiednio zagęścić sieć pomiarową.

### **Fałd wglębny borystawski.**

Po wstępnych próbach w Nahujowicach, dalsze prace eksperymentalne przeprowadzono w Tustanowicach w obrębie południowo-wschodniej części skrzydła fałdu borystawskiego.

Uzyskane tutaj sejsmogramy wskazują na istnienie kilku grup refleksów, które można związać ze znanymi poziomami stratygraficznymi, pomimo, iż nie stanowią one sejsmicznie biorąc horyzontów przewodnich.

Tego rodzaju próbną korelację przeprowadzono na załączonym przekroju sejsmicznym, przechodzącym przez szyby: Józef, Wanda, Renata, Karpaty-Dąbrowa Nr. 10 (fig. 6) z zachodu na wschód.

Należy tu się liczyć z pewnymi błędami wynikającymi z niedokładnej znajomości prędkości średnich dla tego kom-



pleksu warstw, jak również z niedokładnym oznaczeniem właściwych impulsów refleksyjnych, wskutek interferencji drgań od warstw powierzchniowych.

Grupa refleksyjna oznaczona na załączonym przekroju literą „A“ występuje na granicy ilów i łupków, która prawdopodobnie odpowiada strefie kontaktu ilów solnych i łupków warstw polanickich.

Stosunkowo wyraźnie zaznacza się impuls refleksyjny „A“ w serii warstw polanickich. Na podstawie porównania przekroju sejsmicznego z profilem geologicznym według K. T o ł w i ń s k i e g o, można uważać, że ten horyzont odpowiada strefie przejścia warstw łupkowych w piaszczyste.

Później występujące grupy refleksyjne nie są już tak wyraźne, aby można ustalić fazy początkowe poszczególnych impulsów refleksyjnych. Grupy takie jednak służą jako punkty pomocnicze do obliczeń kąta upadu warstw, a także do powiązania ze sobą najbliższych horyzontów refleksyjnych.

Grupa refleksyjna „B“ zjawia się na granicy warstw polanickich i łupków menilitowych. Na załączonym sejsmogramie (fig. 3), uzyskanym w okolicy szybów „Józef“ i „Mukden 2“, zaznaczono wspomniane grupy refleksyjne A, A<sub>1</sub> i B.

Jak widać, na sejsmogramie najwyraźniej zaznacza się impuls refleksyjny A<sub>1</sub>, natomiast grupa refleksyjna B jest raczej śladem impulsu, zniekształconego pod wpływem interferencji z drganiami powierzchniowymi niskiej częstotliwości.

Próby uzyskania wyraźniejszych impulsów „B“ nie dały pozytywnych rezultatów pomimo zmian rozstawienia sejsmografów, zmian głębokości otworów strzałowych i wielkości ładunków. Nie otrzymano również śladów refleksów z warstw rogowców zalegających w obrębie formacji menilitowej. Fakt ten można tłumaczyć małą zdolnością refleksyjną tych utworów, co objawia się przede wszystkim obniżeniem prędkości przewodzenia fal sejsmicznych w porównaniu z warstwami polanickimi w warunkach fałdu borysławskiego (p. tabela Nr. 1). Stąd można wnosić, że formacja menilitowa wraz z serią rogowców w obrębie tej rozpatrywanej partii fałdu borysławskiego pomimo znacznej swej twardości, jako całość nie stanowi pod względem fizykalnym korzystnych warunków do odbijania fal sejsmicznych, prawdopodobnie wskutek

istnienia licznych spękań i szczelin w tej serii. Dla porównania można przytoczyć znany fakt fizyczny, że najlepsze nawet zwierciadło, gdy ulegnie popękaniu i porysowaniu, traci zdolność odbijania promieni świetlnych i powoduje raczej ich rozpraszanie się.

Poza grupą refleksyjną „B” można było przy użyciu większych ładunków otrzymać jeszcze dalsze 3 grupy refleksyjne, które oznaczono „C”, „D” i „E”. Grupa refleksyjna C występuje w obrębie piaskowca borysławskiego, a następane dwie grupy charakteryzują dolny poziom eocenu piaszczystego (D) oraz kontakt warstw eocenijskich z piaskowcem jamieńskim (E). Ostatnie dwie grupy refleksów udało się otrzymać dopiero przy użyciu stosunkowo dużych ładunków strzałowych (powyżej 10 kg dynamitu) i przy dłuższych rozstawach sejsmografów.

Na podstawie prac eksperymentalnych w Tustanowicach można stwierdzić, że w warunkach fałdu borysławskiego otrzymać można kilka grup refleksów, które dadzą się związać z określonymi poziomami stratygraficznymi. Nie można jednak procesu tego odwrócić, gdyż za wyjątkiem warstw polanickich refleksy uzyskane nie posiadają tak wybitnego i charakterystycznego wyglądu, aby na ich podstawie można było z całą pewnością określić rodzaj warstw z których one pochodzą. Wskutek tego, podobnie jak to się okazało w Nahujowicach, nie można tu zastosować metody korelacji refleksów przewodnich, tylko metodę wyznaczania upadów, która w połączeniu z korelacją sąsiadujących grup refleksyjnych o tym samym odstępie czasowym może dać pozytywne wskazówki co do ogólnego wyglądu wglębnych form strukturalnych. Ograniczeniem tej metody są upady warstw przekraczające  $40^{\circ}$  nachylenia, gdyż w takich wypadkach tylko wyjątkowo otrzymać można dobre refleksy, a w większości wypadków fale sejsmiczne w takich warunkach ulegają już całkowitemu rozproszeniu.

Z tego powodu wydaje się wątpliwą możliwość przesledzenia czoła fałdu borysławskiego i to nie tylko ze względu na duże upady w obrębie samego czoła, ale też ze względu na deformacje tektoniczne, które w dużym stopniu zmieniają własności sprężyste badanych utworów.

Jako możliwe rozwiązanie tego problemu uważać można

prześledzenie kulminacji czoła fałdu i to w partiach płytszych (warstwy polanickie), gdzie otrzymuje się stosunkowo wyraźniejsze impulsy refleksyjne.

### **Strefa nasunięcia na Orowie i w Mrażnicy.**

W obrębie skiby orowskiej przeprowadzono prace doświadczalne w pobliżu otworu wiertniczego „Pionier-Orów I”, na Orowie. Przekrój geologiczny tego otworu był znany wówczas do głębokości 2160 m (r. 1934). Na uzyskanych sejsmogramach można było wyróżnić kilka grup refleksów, z których najwyraźniejsze pochodziły z warstw inoceramowych, jak to ilustruje załączony sejsmogram z Orowa (fig. 4).

Refleks oznaczony na wspomnianym sejsmogramie literą „F” pochodzi z warstw inoceramowych na głębokości około 810 m. Stwierdzono, że w warstwach inoceramowych zjawia się zawsze kilka, całkiem wyraźnych grup refleksyjnych, które odpowiadają prawdopodobnie bardziej sprężystym strefom w obrębie tej serii. Granica nasunięcia, która występuje tu na głębokości około 1400 m cechuje się wystąpieniem wielokrotnych, ale niewyraźnie wykształconych impulsów refleksyjnych o stosunkowo dużej amplitudzie, które potem stopniowo zanikają. Zjawisko to odpowiada zapewne strefie zbrekcjonowanych utworów partii nasuniętej, dających niewyraźne, lecz silne ślady odbitych drgań sejsmicznych. Stopniowe zanikanie może odpowiadać przejściu w spokojniej zalegające warstwy elementu wglębnego.

Poniżej strefy nasunięcia, zupełnie wyraźne ślady głębokich refleksów otrzymano na kilku sejsmogramach przy użyciu dużych ładunków dynamitu (od 10 do 15 kg). Ślady te odpowiadają sztywniejszym warstwom zalegającym na głębokości od 2500 do 2670 m.

Dla znalezienia klucza do interpretacji tego zjawiska wykonano próbne pomiary w okolicy szybu „Stateland Południe” w Mrażnicy, gdzie granica nasunięcia stwierdzona wierceniem znajduje się w głębokości około 1021 m. Odpowiadające jej impulsy refleksyjne pojawiają się już na głębokości 860—920 m. Po tych impulsach obserwujemy znowu względne uspokojenie się drgań i dopiero na głębokości od 1820 do 1860 m występują wyraźne ślady głębokich impulsów, zbliżone swym wyglądem do zaobserwowanych drgań w okolicy

szybu „Pionier-Orów I“. Ślady tych impulsów należy związać z serią łupków menilitowych, które występują tu na głębokości 1821 m.

Na podstawie tego porównania należałoby przypuszczać, że głębokie impulsy refleksyjne zaobserwowane na Orowie odpowiadają również formacji łupków menilitowych występujących tu na głębokości od 2.500 do 2.670 m, pod nadległą serią warstw polanickich.

Dalsze prace doświadczalne wykonano w okolicy szybów „Bitumen 1“, „Petain 1“ i „Minister Kwiatkowski“ w Mrażnicy. Badania próbne w okolicy szybów „Bitumen 1“ i „Petain 1“ miały na celu wykazać w jaki sposób w tych warunkach odzwierciedla się sejsmicznie granica nasunięcia i czy będzie można uzyskać refleksy przewodnie nadające się do wyjaśnienia stosunków geologicznych w okolicy szybu „Minister Kwiatkowski“.

Rezultaty tych prac wskazują, że w tych warunkach nie można otrzymać refleksów przewodnich, któreby charakteryzowały dane serie stratygraficzne i pozwoliły tym samym na identyfikację pewnych horyzontów na większych obszarach. Zjawiają się tu raczej mało wyraźne, ale częste grupy refleksyjne, na podstawie których można jedynie obliczyć kąty upadu warstw i w ten sposób zobrazować wgłębne formy strukturalne. Stosunkowo wyraźniejsze impulsy refleksyjne otrzymano w serii warstw inoceramowych i w piaskowcu jamneńskim. Obliczone kąty upadu warstw zgadzają się prawie w zupełności z datami geologicznymi.

Z porównania przekroju sejsmicznego z profilem geologicznym wynika, że w większości wypadków grupy refleksyjne nie występują na granicy stratygraficznej warstw, ale w obrębie samych warstw, gdzie pojawiają się prawdopodobnie wkładki i strefy o wybitniejszych własnościach sprężystych. Doświadczenia te nie pozwoliły dotąd ustalić zupełnie pewnego kryterium co do granicy nasunięcia, poza stwierdzeniem pewnych różnic w występowaniu drgań sejsmicznych w obrębie partii nasuniętej i spokojnie zalegającej strefy pod nasunięciem. Zjawisko uspokojenia się i pewnego zaniku drgań sejsmicznych w odstępie czasowym odpowiadającym głębokości nasunięcia nie jest wystarczającym dowodem dla

stwierdzenia tej granicy, gdyż zanikanie drgań zależy nie tylko od warunków wglębnych, ale też od rodzaju i sposobu zalegania warstw powierzchniowych, będących źródłem niejednokrotnie silnych drgań sejsmicznych.

Właściwe grupy refleksyjne są tu rozrzucone i nie można tym samym ustalić spągu nasunięcia, pomimo tego, iż należałoby się spodziewać, że w obrębie granicy nasunięcia powinny wystąpić wyraźniejsze zmiany pod względem własności sprężystych.

### **Element wglębny Bitkowa<sup>1)</sup>.**

Prace doświadczalne na terenie Bitkowa miały na celu stwierdzenie jak odzwierciedla się sejsmicznie budowa geologiczna tego obszaru, poznanego już dokładnie na podstawie istniejących tam wierceń. W szczególności zadaniem tych prac było stwierdzenie w jaki sposób zachowuje się sejsmicznie element wglębny i element nasunięty, jako dwie odmienne jednostki tektoniczne biorące udział w budowie geologicznej Bitkowa.

Badania wykonano wzdłuż potoku Rosicz w obrębie łuski „Starej kopalni“ i łuski „Działu“, w kierunku od północnego Wschodu na południowy zachód. Do przeprowadzenia tych badań przygotowano uprzednio 4 otwory strzałowe, z których poprowadzono w kilku kierunkach profile strzałowe. Otwór strzałowy Nr. I. założony był w serii łupków menilitowych, otwór Nr. II. w obrębie łupków eoceńskich, a pozostałe dwa otwory Nr. III. i IV. w warstwach inoceramowych.

Głębokości otworów strzałowych wahały się od 9 do 12 m.

Z wytyczonych otworów przeprowadzono prace eksperymentalne przy użyciu 16 profili strzałowych, których długości i kierunki były uzależnione z jednej strony możliwością dojazdu aparatury sejsmicznej, a z drugiej strony warunkami technicznymi rejestracji impulsów refleksyjnych. Rozstawienia te wahały się od 30 do 400 m, przy czym jako najkorzystniejsze okazały się profile przebiegające mniej więcej z południowego wschodu na północny zachód.

Aparatura sejsmiczna mieściła się w przyczepce instru-

---

<sup>1)</sup> Wyniki prac eksperymentalnych na obszarze Bitkowa stanowią własność Galicyjskiego Towarzystwa Naftowego S. A. „Galicja“, które zezwoliło na zamieszczenie ich w niniejszej pracy.

mentowej, która na lepszych drogach była ciągniona autem ciężarowym, a w miejscach trudniej dostępnych końmi (fig. 7 i 8).

Pomimo bardzo trudnych nieraz warunków transportu na drogach leśnych i na stokach górzystych Karpat, aparatura ta wykazała dużą wytrzymałość na wstrząsy i pozwoliła na pomiary w takich nawet miejscach, które uważane były dotąd za niedostępne dla tego rodzaju badań.

Uzyskane w czasie tych prac sejsmogramy wykazywały znaczne zaburzenia z powodu silnych drgań powierzchniowych, wywołanych przez stosunkowo zwarte utwory znajdujące się pod bardzo płytkim nakładem glin i żwirów (piaskowce, łupki). Zjawisko to utrudniało w dużym stopniu wyodrębnienie właściwych impulsów i faz refleksyjnych nadających się do obliczeń. Przy interpretacji sejsmicznej zastosowano tu kombinację metody wyznaczania upadów z metodą korelacji horyzontów refleksyjnych o tym samym upadzie. Nie można było w tych warunkach uzyskać refleksów przewodnich, które dałoby się związać ze znaną serią warstw i na tej podstawie oprzeć interpretację geologiczną. Zjawiały się natomiast liczne, lecz mało wyraźne grupy refleksów i faz refleksyjnych, które przede wszystkim nadawały się do obliczeń kątów upadu warstw odbijających. Do obliczeń tych użyto kilku wartości prędkości średnich, wyśredkowanych na podstawie analizy prędkości przewodzenia fal sejsmicznych w rozpatrywanych utworach.

Duże trudności, a zarazem pokaźne źródło błędów w obliczeniach, stanowiły różnice wzniesień stanowisk sejsmografów i otworów strzałowych, dochodzące niejednokrotnie do  $\pm 100$  m. Dla tego rodzaju warunków wyprowadzono osobne wzory, pozwalające na wyeliminowanie średniego nachylenia terenu z obliczeń, celem uzyskania bardziej do rzeczywistości zbliżonych kątów upadu. Obliczone kąty upadów podają średnie nachylenia liniowe w płaszczyźnie profili strzałowych. Wskutek przeniesienia tych upadów na płaszczyznę głównego przekroju sejsmicznego, jak również wskutek odrzutowania głębokości warstw powstają pewne nieuniknione zresztą błędy, które jednak nie zniekształcają ogólnego obrazu sejsmicznego uzyskanego przy pomocy tej metody.

Na załączonym przekroju sejsmicznym Bitkowa (fig. 9) uwidoczniło się wyróżnione strefy i horyzonty refleksyjne.

Horyzonty i strefy, które pozwoliły na zidentyfikowanie tych samych grup względnie faz refleksyjnych, uwidoczniło się na przekroju liniami pełnymi, a inne jako przypuszczalne liniami kropkowanymi.

Na fig. 10 zestawiono przekrój sejsmiczny refleksyjny z profilem geologicznym wykonanym przez B. B u j a l s k i e g o.

Z porównania tego przekroju z profilem geologicznym widocznym jest, że pierwsze 3 horyzonty, oznaczone literami  $E_1$ ,  $E_2$  i  $E'_2$ , leżą w obrębie warstw eoceńskich, przy czym horyzonty  $E_2$  i  $E'_2$  należy najprawdopodobniej związać ze spągiem i stropem twardej serii wapieni eoceńskich. Wskutek nieznamości dokładnych dat co do prędkości średniej w tej głębokości, naniesione punkty refleksyjne nie pokrywają się dokładnie z tą serią, odstęp ich jednak odpowiada mniej więcej miąższości tych warstw. Horyzont „K”, odnosi się prawdopodobnie do bardziej sprężystych stref w obrębie warstw inoceramowych w nasunięciu.

Głębiej znajdujące się horyzonty oznaczone przez  $O_1$  i  $O_2$  należy związać z serią łupków menilitowych (O) i prawdopodobnie rogowców ( $O_2$ ), a w obrębie punktów strzałowych III i IV w kierunku na południowy zachód z serią warstw dobrotowskich ( $O_1$ ). Horyzont „M” występuje już w obrębie serii solonośnej miocenu. W serii tej zjawia się kilka faz refleksyjnych, podobnie jak w warstwach dobrotowskich, gdzie zauważyć można było kilka horyzontów refleksyjnych, stosunkowo dość wyraźnych.

Profile strzałowe wykonane w otoczeniu punktu Nr. I pozwoliły uzyskać sejsmogramy, wykazujące istnienie horyzontów refleksyjnych na głębokości od 1400 do 1950 m. Horyzonty te mogą odnosić się do jeszcze głębszego dziś nieznanego sfałdowania. Na przekroju horyzonty te oznaczono pyłajnikami ze względu na brak podstaw geologicznych do ich interpretacji.

Jeśli weźmiemy pod uwagę trudności techniczne w uzyskiwaniu impulsów refleksyjnych to stwierdzić należy, że były one najmniejsze w otoczeniu punktu Nr. I potem stopniowo wzrastały w miarę posuwania się na południowy za-

chód, w kierunku punktu Nr. IV. W związku z tym stoi długość czasu potrzebna na prace eksperymentalne w tych warunkach. Średnio trzeba było poświęcić 2 dni na każdy otwór strzałowy, z którego wykonywano przeciętnie po 4 profile w kilku kierunkach i na kilku rozstawach.

Względna łatwość uzyskania impulsów refleksyjnych w otoczeniu punktu strzałowego Nr. I należy wytłumaczyć stosunkowo niską wartość prędkości fal sejsmicznych w obrębie łupków menilitowych (p. tabela Nr. 1), w których otwór ten był założony. Wskutek tego fale sejsmiczne mogły łatwiej przechodzić do głębszych partij i ulegać odbiciu od bardziej sztywnych utworów. W innych partiach natomiast utwory powierzchniowe cechowały się odrazu dużymi prędkościami przewodzenia fal sejsmicznych, wskutek czego rozpraszały one większą część energii sejsmicznej wyzwolonej w czasie wybuchu i utrudniały wnikanie fal do głębszych stref.

Pomimo wspomnianych trudności uzyskany obraz sejsmiczny na podstawie badań refleksyjnych uwydatnia w sposób zadowalniający wgłębne formy tektoniczne fałdu Bitkowa, nie oddaje jednak mniej ważnych dla całości szczegółów budowy geologicznej. Nieco więcej szczegółów możnaby uzyskać przez zwiększenie ilości otworów strzałowych i zbliżenie ich do siebie. To jednak nie było celem tych prac, które miały przede wszystkim posłużyć dla zorientowania się co do możliwości użycia tej metody w warunkach budowy geologicznej Bitkowa i dla zdobycia doświadczeń do ewentualnego zastosowania tych badań w obszarach o podobnej budowie geologicznej.

### **Wnioski z przeprowadzonych badań.**

Porównując wszystkie dotąd dostępne nam wyniki badań sejsmicznych metodą refleksyjną w Karpatach Wschodnich dochodzimy do wniosku, że w obrębie utworów karpacczych nie można wyróżnić refleksów przewodnich, któreby umożliwiły konsekwentne prześledzenie pewnych charakterystycznych warstw. Odnosi się to przede wszystkim do t. zw. płytszych i średnich refleksów pochodzących z głębokości od kilkuset do 1500 m.

Głębiej występujące refleksy posiadają już bardziej zdecydowany wygląd i charakter drgań i dzięki temu mogłyby



one posłużyć w pewnych problemach do wyjaśnienia warunków głębokiej budowy geologicznej i tektonicznej. Możliwości takie zarysowują się np. w okolicach Bitkowa oraz w Tustanowicach i Mrażnicy. Podkreślić tu jednak należy, że uzyskanie głębokich refleksów w tych warunkach połączone jest również z dużymi trudnościami natury technicznej i metodycznej.

We wszystkich prawie wypadkach, zamiast odosobnionych i wyraźnie odcinających się od reszty drgań impulsów, zaobserwowano dużą liczbę faz i grup refleksyjnych, pochodzących zapewne od stref i wkładek o większej sprężystości w obrębie wszystkich charakterystycznych utworów karpaccich. Stosunkowo wyraźniejsze impulsy występowały w obrębie warstw polanickich oraz inoceramowych, przy czym wyrazistość ta zależną była od rodzaju i kolejności ułożenia warstw w nadkładzie.

Pod serią warstw nasuniętych zauważyć można było prawie zawsze zacieranie się i zanikanie impulsów refleksyjnych natomiast w obrębie samego nasunięcia występowały niejednokrotnie wyraźne impulsy (Orów, Mrażnica).

Przeprowadzone prace doświadczalne nie wyczerpały wszystkich możliwości metodycznych użycia metody refleksyjnej, w warunkach Polskich Karpat Wschodnich. Badania te pozwoliły jednak już obecnie zorientować się jakiego rodzaju wskazówek można oczekiwać przy użyciu tych metod w Karpatach. Przekonano się, że w obrębie utworów karpaccich w większości wypadków brak przewodnich horyzontów refleksyjnych związanych z pewnymi seriami warstw, któreby pozwoliły prześledzić zaleganie tych warstw na większych obszarach. Wskutek tego odpada tu możliwość użycia metody korelacyjnej, tak charakterystycznej dla metody refleksyjnej. Natomiast zastosować tu można metodę wyznaczania upadów, która pozwala w sprzyjających warunkach na odtworzenie zarysu wgłębnych form strukturalnych. W pewnych wypadkach, gdzie badania rozpoczyna się w obrębie znanych już uprzednio obiektów geologicznych i rozciąga się je na obszary o nieznannej budowie geologicznej, posłużyć się można kombinacją metody korelacyjnej i metody wyznaczania upadów.

Duże trudności stanowią ciągłe zmiany tak co do kąta nachylenia warstw jak również co do kolejności ułożenia

wzajemnego warstw. Utrudnia to w znacznym stopniu wyznaczenie właściwej wartości prędkości średnich i może powodować niejednokrotnie błędną interpretację uzyskanych wyników.

W porównaniu z innymi metodami geofizycznymi metoda sejsmiczna refleksyjna jest może jedyną metodą pozwalającą na stosunkowo duży, realny zasięg głębokościowy, który odgrywa bardzo ważną rolę przy interpretacji wyników pod kątem możliwości geologicznych. Przy metodach wahadłowych i magnetycznych, gdzie wchodzi w grę również duże głębokości, nie możemy podać głębokości z taką dokładnością z jaką czynimy to przy metodzie refleksyjnej. W tych wypadkach ocenia się z większym lub mniejszym prawdopodobieństwem rząd głębokości, do jakich mogą odnosić się pomiary wahadłowe lub też magnetyczne.

Pomimo niewątpliwych zalet metody refleksyjnej w porównaniu z innymi metodami geofizycznymi, nie należy jednak sądzić, że metoda ta nadawać się będzie do rozwiązania wszelkich zagadnień związanych z poznaniem budowy geologicznej obszarów karpackich. Specyficzne warunki geologiczne budowy tych obszarów ograniczają raczej możliwość stosowania tej metody. Tam, gdzie mamy do czynienia z bardzo silnymi sfałdowaniami, zbyt drobiazgową budową lub też z nasunięciem warstw starszych na utwory młodsze, szanse powodzenia metody refleksyjnej są bardzo ograniczone, w świetle dotychczas uzyskanych wyników.

### **Warunki zastosowania metody sejsmicznej na Przedgórzu Karpat.**

Obok doświadczeń przeprowadzonych w obrębie Karpat fliszowych wykonano w ramach programu poszukiwań S. A. „Pionier“ na znacznych obszarach Przedgórza Karpat Wschodnich zdjęcia sejsmiczne metodą refleksyjną, mające za zadanie wyświetlić warunki budowy starszego podłoża, na którym zalegają utwory dolnego i górnego miocenu.

Przedyskutowanie osiągniętych tutaj wyników wykracza poza ramy niniejszej pracy. Jedynie dla porównania z pracami w Karpatach wspomnieć należy, że warunki Przedgórza Karpat doskonale nadają się do prac metodą sejsmiczną refleksyjną, zwłaszcza o ile chodzi o wyjaśnienie głębokiej

budowy geologicznej i tektonicznej przedgórza. Mamy tu do czynienia z dużymi różnicami co do własności sprężystych pomiędzy monotonna serią utworów tortońskich, złożoną głównie z ilów, ilów marglistych, iłolupków, żwirów i piasków, a głębiej występującymi warstwami łupków, anhydrytów i piaskowców, które niejednokrotnie tworzą twarde i zbite ławice i dlatego są równocześnie dobrymi poziomami refleksyjnymi.

W okolicach na północ od Stryja stwierdzono istnienie przewodniego horyzontu refleksyjnego, nadającego się doskonale do korelacji dzięki ostremu i wyraźnie odcinającemu się impulsowi, którego charakterystyczny wygląd pozostaje bez zmian na dużych obszarach.

Dla ilustracji typu tego refleksu załączono sejsmogram (fig. 5) otrzymany w okolicy Lasu Bilczewskiego, niedaleko miejscowości Bilcze na północ od Stryja.

Wyraźnie zaznaczający się tam impuls refleksyjny, po prawie zupełnym zaniku drgań powierzchniowych, w czasie około 0.815 sek., pochodzi od twardej serii anhydrytów, występujących tu na głębokości około 1100 m. Impuls ten cechuje się zupełnie ostrym zrywem i znaczną amplitudą drgań, co świadczy o dużej zmianie twardości i elastyczności pomiędzy nadległą serią miękkich utworów, a warstwami odbijającymi. Obok tego impulsu, można zauważyć na sejsmogramie kilka mniej wybitnych refleksów (0.650 i 0.530 sek.), które zapewne pochodzą od bardziej sprężystych stref i wkładek w obrębie monotonnej serii ilasto-łupkowej górnego miocenu.

Porównując ten sejsmogram z sejsmogramami uzyskanymi w Karpatach widzimy znaczne różnice w sejsmicznym zachowaniu się utworów karpackich i utworów Przedgórza Karpat.

Sejsmogramy karpackie posiadały charakter wybitnie zaburzony i z dużą trudnością można było wyróżnić na nich nadające się do interpretacji impulsy i ślady refleksyjne. Natomiast sejsmogramy uzyskane w warunkach Przedgórza Karpat (niesfałdowanego) cechują się o wiele spokojniejszym przebiegiem drgań oraz zupełnie odosobnionymi i ostrymi impulsami głębokich refleksów, występującymi po prawie zupełnym uspokojeniu się drgań i nadającymi się doskonale do korelacji.

Dzięki temu uważać należy, że nie same Karpaty, ale właśnie Przedgórze Karpat jest terenem, gdzie z dużym pożytkiem zastosować można metodę sejsmiczną refleksyjną do odzwierciedlenia budowy geologicznej tych obszarów, na których brak naturalnych odsłoneń i odkrywek oraz stosunkowo gruby nakład warstw najmłodszych utrudnia zastosowanie zwykłych zdjęć geologicznych.

*Lwów, październik 1936.*

### S u m m a r y.

Application of geophysical methods of prospecting in the region of Carpathian Mountains is rather difficult, due to the complexity of the geological structures encountered in this area. Among these methods some possibilities offers the refraction and reflection seismology. The determination of elastic properties of the rocks involved in the investigated area is very important for selection of suitable method and field technique of seismic prospecting. From several hundred records, obtained during the seismic work conducted by the Pionier Company in 1934 and 1935 in Poland, it was possible to tabulate the velocities of elastic waves for most typical Carpathian formations (Table No. 1). The examination of these velocities indicates, that, with exception of the Cretaceous beds, other strata do not show great differences in the magnitude of their velocities. For this reason majority of the Carpathian rocks do not form favorable conditions for the reflection work, especially when they contain a number of intercalated high speed beds. Besides that, steep dips, which are usually found in the Carpathian geologic structures, represent further difficulty and limitation in application of reflection seismology in this area. The same refers to the application of refraction method, which is still more limited, due to small dimensions of geologic structures in comparison with the necessary length of refraction profiles, which should be laid down during the measurements.

In the subsequent part discusses the author the results obtained in different localities in the Eastern Carpathians. Figure 1 represents the seismic reflection profile together with



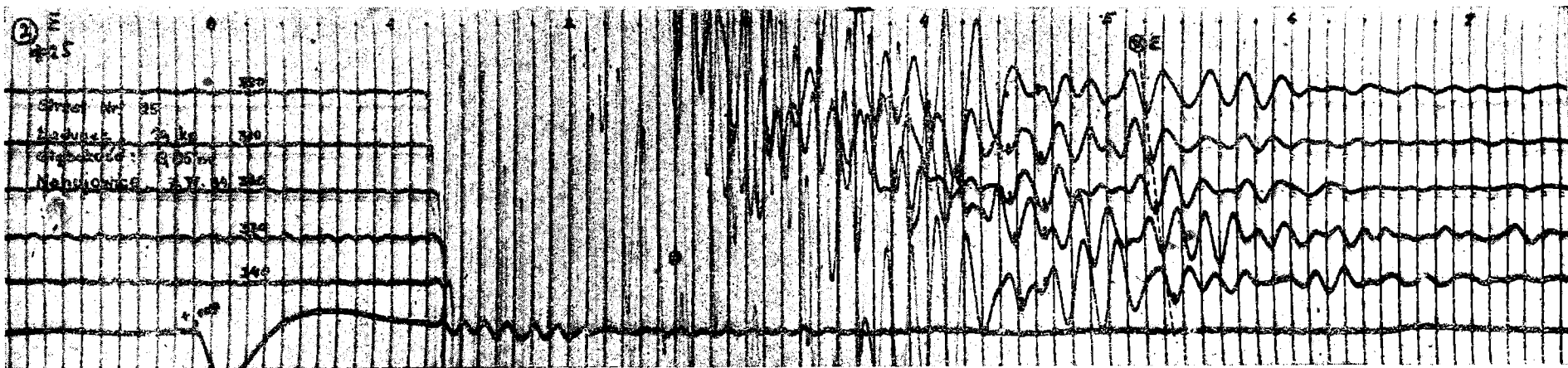


Fig. 2.

Sejsmogram otrzymany w pobliżu szybu „Millie 1“ w Nahujowicach. Refleks E pochodzi z wapieni eoceńskich w głęb. 750 m.

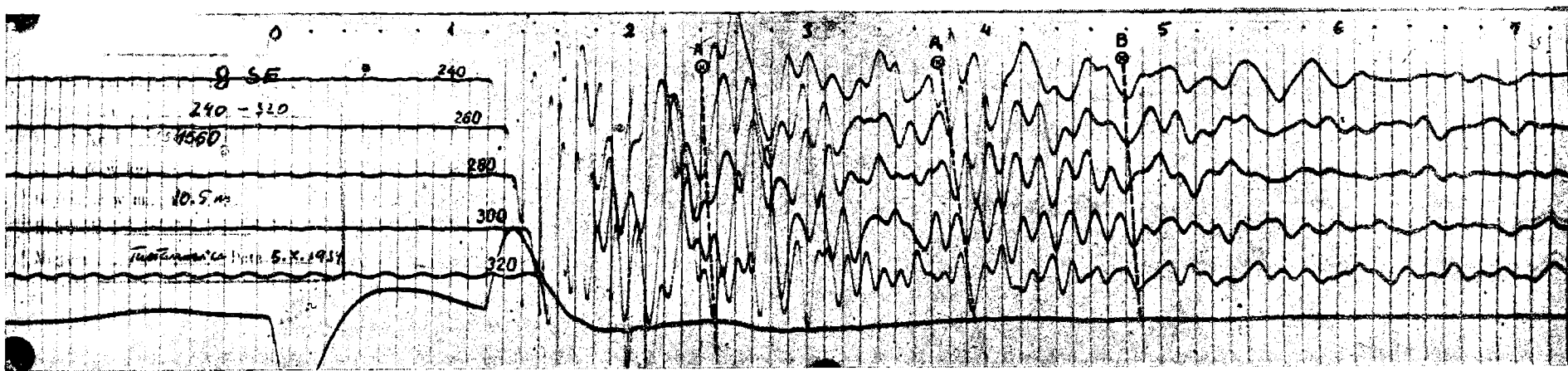


Fig. 3. Sejsmogram otrzymany na profilu strzałowym w okolicy szybów „Józef“ i „Mukden 2“ w Tustanowicach.

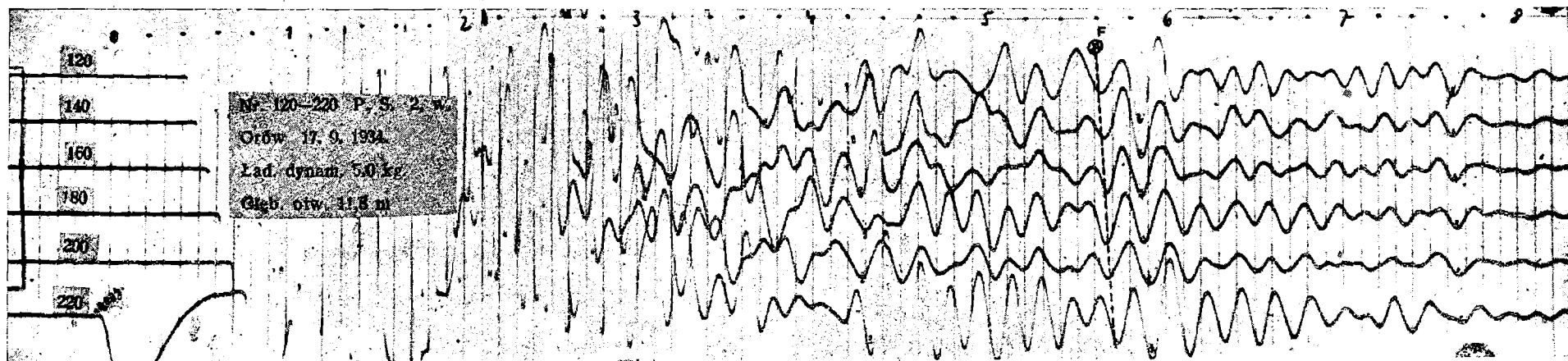


Fig. 4. Sejsmogram otrzymany w pobliżu otworu wiertniczego „Pionier-Orów I” na Orowie.

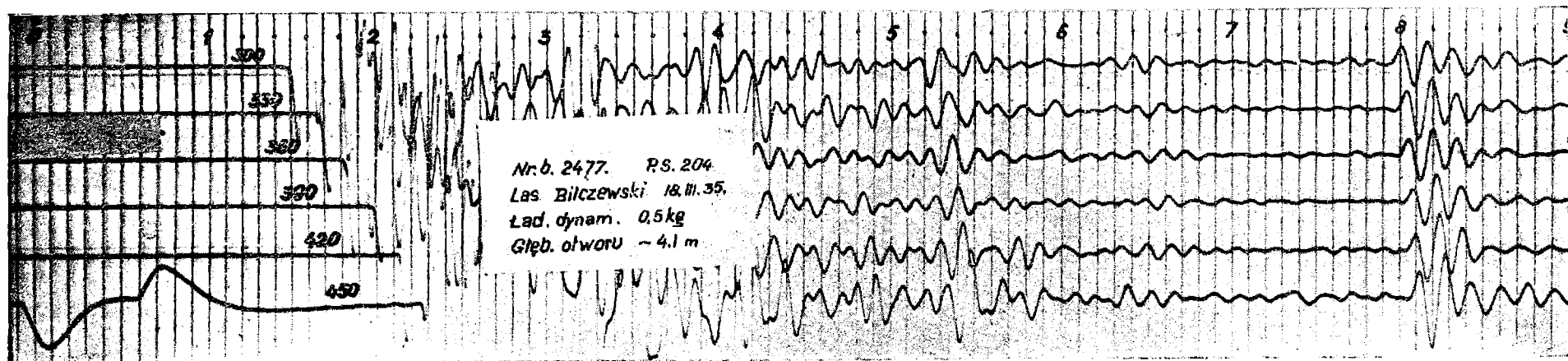


Fig. 5. Sejsmogram otrzymany na Przedgórze Karpat niedaleko miejscowości Bilcze na północ od Stryja.

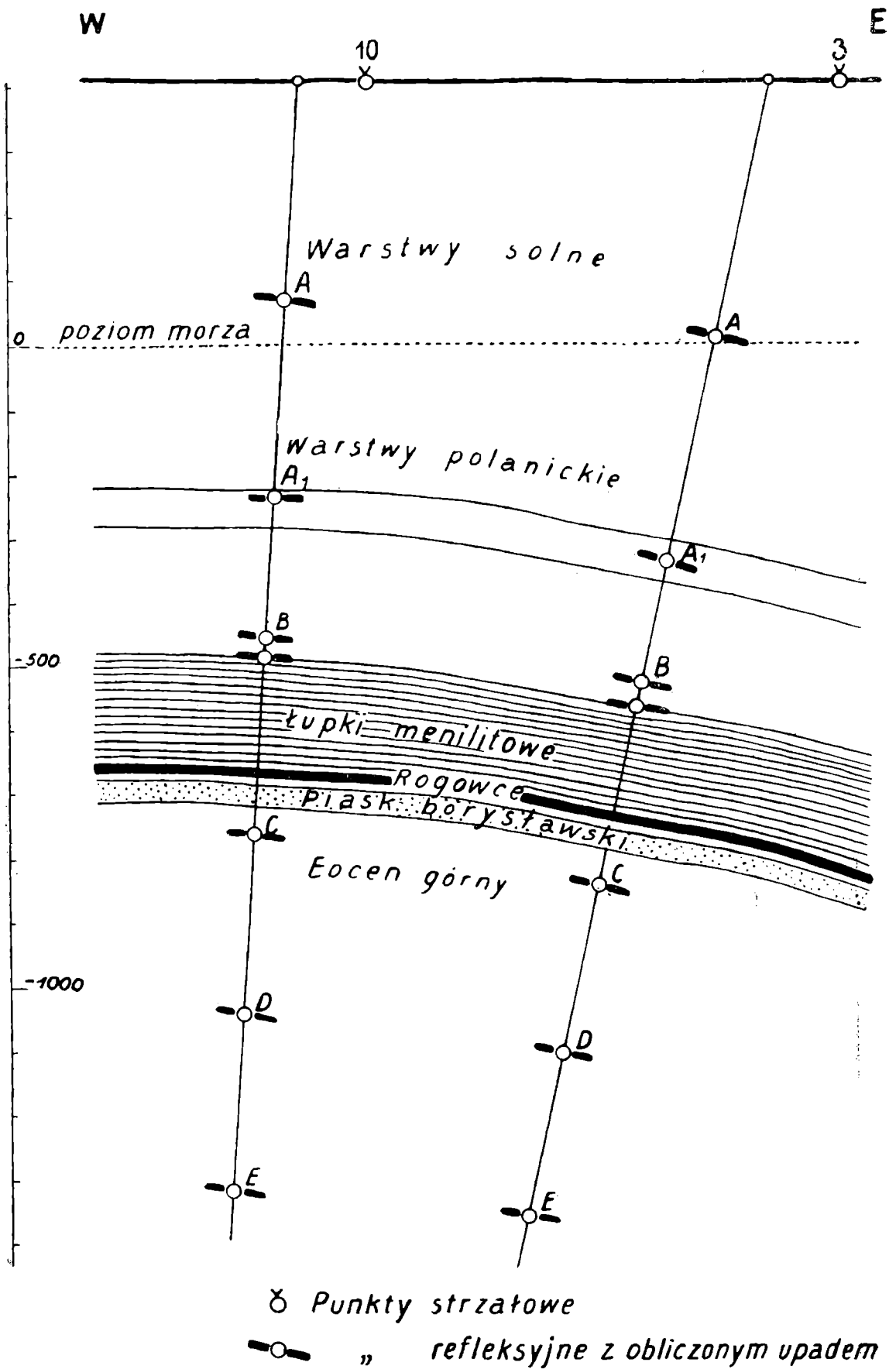


Fig. 6.

Profil sejsmiczny przez szyby Józef, Wanda, Renata i Dąbrowa Nr. 10 w Tustanowicach. Przekrój geologiczny według K. Tołwińskiego.



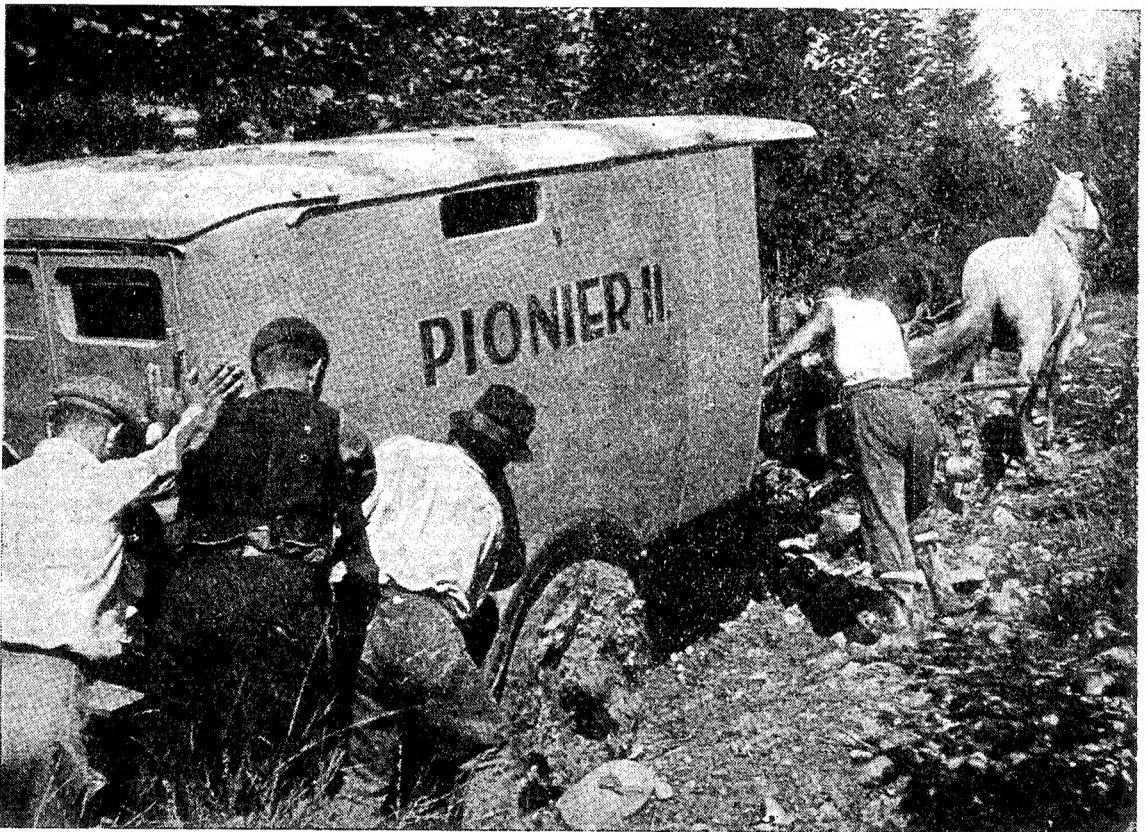


Fig. 7.  
Transport przyczepki instrumentowej na drodze leśnej w okolicy Bitkowa.

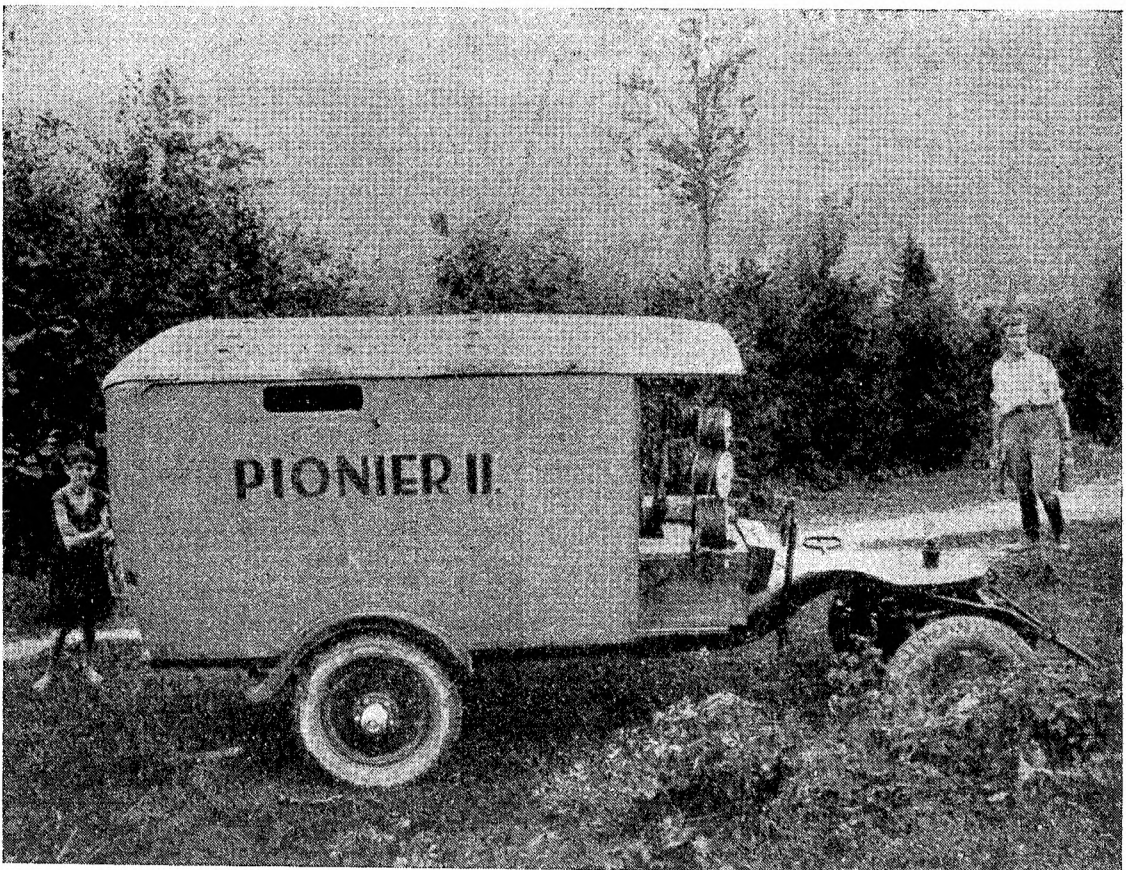


Fig. 8.

Tabela 1.

Charakterystyczne prędkości przewodzenia fal sejsmicznych  
w typowych utworach karpaccich.

Rodzaj warstw	Formacja geologiczna	Prędkość fal sejsmicznych	Miejscowość
Utwory ilaste solonośne	Miocen	2600—3100 m/sek	Tustanowice
„	„	2600—3060 „	Maniawa
„	„	2400—2800 „	Niebyłów
Warstwy polanickie	Oligocen	2100—3050 m/sek	Nahujowice
Łupki menilitowe	Oligocen	2540—3100 m/sek	Słoboda
„	„	2480—2700 „	Niebyłowska
„	„	2300	Bitków
			Borysław (w nasunięciu)
Łupki czerwone	Eocen dolny	2000 2700 m/sek	Mrażnica
Warstwy hieroglifowe	„	3280 „	„M. Kwiatkowski“
			Bitków
Piaskowiec jamneński	Kreda górna	3040 m/sek	Mrażnica
Warstwy inoceramowe	Kreda	3080—3600 „	„Bitumen I“
„	„	3020—3330 „	Orów (Pionier-Orów I)
			Bitków.

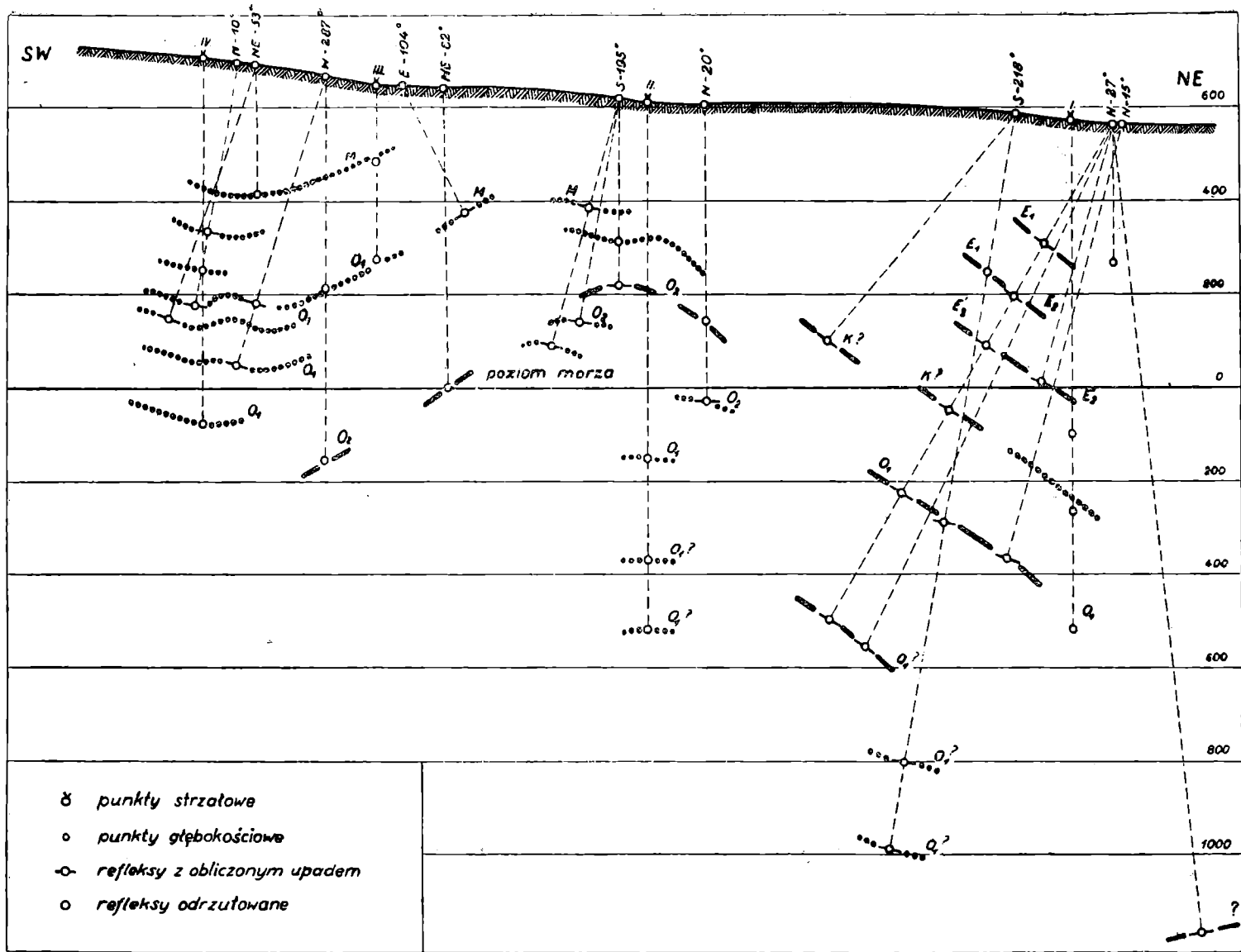


Fig. 9. Przekrój sejsmiczny refleksyjny Bitkowa przeprowadzony wzdłuż potoku Rosicz przez łuskę „Starej Kopalni“ aż po szyb „Prezydent“ na „Dziale“.

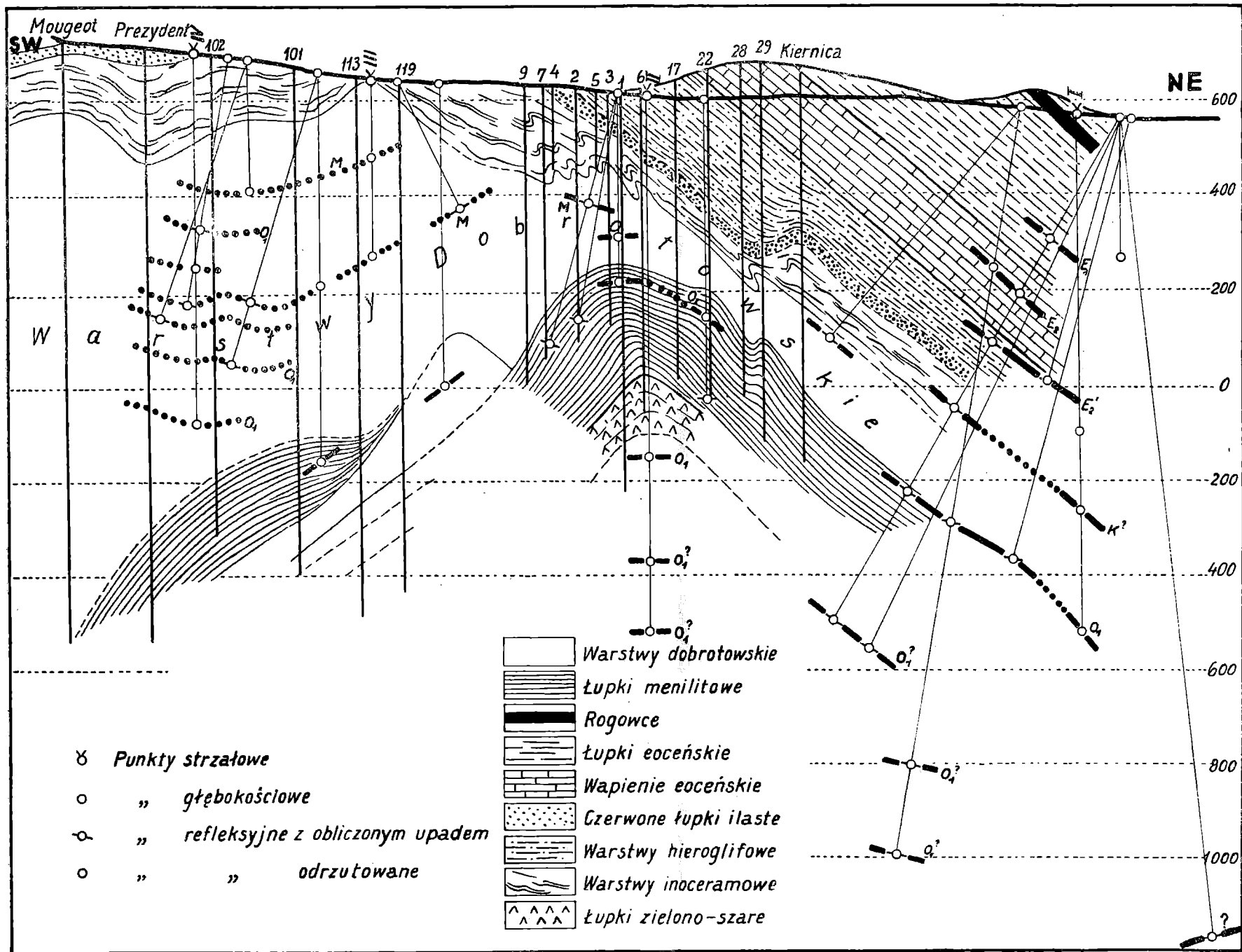


Fig. 10. Przekrój sejsmiczny refleksyjny oraz profil geologiczny Bitkowa wzdłuż potoku Rosicz. — Profil geologiczny według B. Bujalskiego.

the geologic section of the so called deep element of Nahujowice, west of Borysław. Majority of the recorded reflections occur in the Polanica beds (Oligocene). The Menilitic formation, together with the hornstones does not produce any outstanding reflections. Probably they are crushed by the tectonic movements and therefore do not represent, in spite of their high hardness, favorable conditions for the reflection of elastic waves. Fig. 2 reproduces the record obtained in vicinity of the well „Millie 1“ in Nahujowice. Further investigations carried out in the region of the deep element of Borysław have shown, that also in this area it is difficult to obtain reliable reflections, which could serve for the correlation of certain beds. Fig. 6 represents a trial correlation of recorded reflections with known geologic strata in Borysław, and fig. 3 shows the typical reflections obtained in this region. Better conditions for reflections seem to exist in the Carpathian overthrust in the region of Orów and Mrażnica. In fig. 4 are reproduced the records obtained there. Another experiments have been conducted in the vicinity of Bitków, about 100 kilometers southeast of Borysław, where oil and gas horizons are in folded tectonic elements of the type of Borysław. Figures 7 and 8 give the general view of this part of Carpathian Mountains and show the type of an instrument trailer used in this difficult and inaccessible area. The results obtained there are reproduced in fig. 9, which shows the seismic profile through the deep folds of Bitków. In fig. 10 are demonstrated both the seismic and geologic profiles through Bitków.

Much better conditions for application of seismic reflection method exist in the Sub-Carpathian Depression, between the Carpathian Range and the Podolian Plateau. In most cases there are soft beds of clays, shales and sands in contact with much harder formations, which represent good reflection horizons. A typical reflection record from this area is shown in Fig. 5. The outstanding deep reflection occurring on this record, can be identified with hard gypsum beds in the depth of about 1100 meters. These beds may be followed continually over large areas in the Carpathian Foreland. Therefore in conclusion it may be stated, that not the Carpathian Mountains but the Foreland offers most possibilities for successful application of reflection seismology.

---