

04000 ÷ 1 + 315



PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

JEDNOSTKA BADAWCZO-ROZWOJOWA Krajowy Rejestr Sądowy 0000122099

ODDZIAŁ KARPACKI W KRAKOWIE

im. Prof. Mariana Książkiewicza

31-560 KRAKÓW, ul. Skrzatów 1

tel./fax: Sekretariat 411-26-32, Centrala: 411-38-22, 411-58-44

NIP 675-000-62-40

REGON 000332133-00058

E-mail: sekretariat@pigok.com.pl

Zod. 12/10/1131

Opinia Muszyna

opinia + projekt zod

**Opracowanie warunków geologicznych i geologiczno -
inżynierskich dla zabezpieczenia osuwiska w Muszynie
niszczącego drogę między Muszyną a przejściem
granicznym w Leluchowie**

opinie g-ini.

Wykonawca:

dr hab. Antoni Wójcik

nr upr. VIII-038

Dyrektor
Oddziału Karpackiego
Państwowego Instytutu Geologicznego

Dr hab. inż. Marek Krapiwa

Stwierdzam zgodność
z oryginałem od str 1 do 45

Stwierdza się zgodność
kserokopii z oryginałem

Muszyna 2005 -08- 16 dnia

URZĄD MIASTA I GMINY
UZDROWISKOWEJ MUSZYNA

Kraków 2004

BURMISTRZ

mgr Waldemar Serwiński

Spis treści

1. Cel badań geologicznych	3
2. Położenie terenu badań	4
3. Budowa geologiczna rejonu badań	5
4. Procesy osuwiskowe	8
5. Właściwości fizyko-mechaniczne gruntów	10
6. Warunki hydrogeologiczne	12
7. Ocena warunków geologiczno-inżynierskich i prognoza wpływu inwestycji na środowisko-naturalne	13
8. Ocena stateczności zbocza i korpusu drogowego	15
9. Wnioski i zalecenia	16
10. Literatura	18
11. zał. 1. Wyniki badań geofizycznych	19
12. zał. 2. Wyniki badań laboratoryjnych próbek gruntów	29

Spis załączników graficznych

Fig. 1. Szkic położenie terenu badań na tle podziału administracyjnego

Fig. 2. Położenie terenu badań na szczegółowej mapie Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Leluchów (1062).

Fig. 3 Szkic geologiczny osuwiska wraz z lokalizacją wykonanych prac geologicznych, geofizycznych i wiertniczych na mapie w skali 1 : 1 000.

Fig.4. Karty otworów wiertniczych L1-L4

Fig. 5. Przekrój geologiczny przez osuwisko A-A.

Fig. 6. Przekrój geologiczny przez osuwisko B-B.

Fig. 7. Przekrój geologiczny przez osuwisko C-C.

Fig. 8. Przekrój geologiczny przez osuwisko D-D.

Fig. 9. Mapa rejonów geologiczno inżynierskich

1. Cel badań geologicznych

Przeprowadzone prace miały na celu wykonanie dokumentacji geologicznej dla opracowania zabezpieczenia osuwiska w Muszynie, niszczącego drogę między Muszyną przejściem granicznym w Leluchowie, a zleconego przez Urząd Gminy Muszyna. Opracowanie zostało wykonane na podstawie zatwierdzonego Projektu badań przez Starostę Sądeckiego ORL.IV.7531-A/6/03 z dnia 14.11.2003.

Jednym z podstawowych zagadnień związanych z badaniem osuwisk jest określenie przebiegu powierzchni poślizgu oraz miąższości naruszonych utworów. Dla określenia tego zadania było konieczne przeprowadzenie badań geologicznych i geofizycznych (zał. 1) oraz wiertniczych.

Prace geologiczne polegały na szczegółowym wykonaniu zdjęcia geologicznego i geologiczno-inżynierskiego rejonu występowania osuwiska. Kartowaniem objęto formy nisz i progów obrzeżających osuwisko jak i występujących wewnątrz osuwiska. Wykonano pomiary biegu i upadu warstw odsłaniających się w wychodniach na terenie osuwisk jak i na terenie je obrzeżającym. Do badań laboratoryjnych zostały pobrane próbki z wierceń i odsłonieć. Badania laboratoryjne próbek gruntów zostały przeprowadzone w laboratorium gruntów Katedry Geologii Inżynierskiej i Geotechniki Środowiska AGH w Krakowie. Badania wykonano wg. Polskich Norm przez dr inż. H. Woźniak i tech. J. Dąbrowskiego na zlecenie Oddziału Karpackiego PIG (zał. 2).

Wykonano 4 wiercenia z pełnym rdzeniowaniem o głębokości 5 m i 20 m. Dwa głębsze wiercenia wykonano w środkowej części osuwiska. Uzysk rdzenia w czasie wiercenia był największym problemem ze względu na znaczną dezintegrację materiału skalnego, występowanie spękań oraz zaciskanie przewodu nie był możliwy jego pełny uzysk. Otwory o głębokości do 20 m w całości musiały być rurowane. Wykonano dwa otwory o głębokości do 5 m usytuowane wzdłuż drogi na obrzeżach osuwiska, 2 otwory do głębokości 20 m usytuowane na południe od drogi w miejscach gdzie na podstawie wyników badań geofizycznych spodziewano się największych miąższości koluwiów. Dzięki wykonanym otworom udało się stwierdzić powierzchnie poślizgu. Usytuowanie otworów w wyższych częściach osuwiska jest nie możliwe ze względu na nachylenia, oraz brak możliwości dojazdu.

Osuwisko było objęte badaniami geofizycznymi (sejsmika inżynierska, georadar, metody geoelektryczne). Wszystkie ciągi miały zbliżony przebieg i przebiegały obok siebie.

Najwięcej danych osiągnięto dzięki zastosowaniu metody sejsmiki inżynierskiej, która pozwoliła na rozdzielenie koluwiów od wychodni podłoża. Wyniki przeprowadzonych badań geofizycznych stanowią oddzielny załącznik do niniejszej dokumentacji (zał. 1).

2. Położenie terenu badań

Teren badań obejmuje obszar uaktywnionego osuwiska na drodze prowadzącej z Muszyny do przejścia granicznego w Leluchowie. Obszar badań położony jest, w powiecie nowosądeckim (województwo małopolskiego) na terenie gminy Muszyna (fig. 1). Osuwisko to zostało zgłoszone do priorytetowych zadań projektu „Ostona przeciwosuwiskowa” przez Urząd Gminy Muszyna, jako zadanie „Likwidacja osuwiska wraz z przebudową odcinka drogi prowadzącej do przejścia granicznego w Leluchowie”. Obszar objęty projektem badań leży w południowej części obszaru górniczego dla złoża wód mineralnych i leczniczych Muszyna (E. Maślankiewicz, 1996). Teren położony jest w obrębie Beskidu Sądeckiego o zróżnicowanej morfologii, na południe od dna doliny Popradu. Osuwisko rozwinęło się na wychodniach eoceńskich piaskowców z Piwnicznej.

Omawiane osuwisko nie było dotychczas badane. Również w rejonie jego występowania nie prowadzono szczegółowych badań geologicznych, geofizycznych i innych. Jedynymi badaniami jakie wykonano w tym rejonie to prace dla Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Leluchów (fig. 2; J. Chrzastowski i in., 1993, 1993). Osuwisko to jest usytuowane na południe od czynnego i wcześniej opisanego osuwiska w Wapiennym (B. Bargielewicz, 1961).

W czasie prowadzenia prac dla niniejszej dokumentacji uszkodzona była korona drogi, która stanowi jedyne połączenie z miejscowościami Dubne i Leluchów oraz z przejściem granicznym w Leluchowie (ciąg drogi gminnej i powiatowej). Droga stanowi jedyne połączenie wyżej wymienionych miejscowości, którą codziennie dowożone są dzieci i młodzież do szkoły w Muszynie. Z drogi korzystają służby Administracji Lasów Państwowych, Straży Granicznej oraz Zakładu Rozlewni Wód Mineralnych. Dodatkowo po zakończeniu rozbudowy przejścia granicznego zwiększy się wielokrotnie ruch samochodów osobowych i ciężarowych wykorzystujących ten ciąg komunikacyjny. Droga ta ma również znaczenie dla kontaktów transgranicznych powiatów nowosądeckiego, limanowskiego i tarnowskiego.

3. Budowa geologiczna rejonu badań

Obszar objęty badaniami leży na terenie arkusza Leluchów (1062) Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000 (fig. 2; J. Chrząstowski i in., 1992). Według przeprowadzonych badań analizowany obszar leży na terenie jednostki magurskiej, podjednostki krynickiej (J. Chrząstowski i in., 1992). Na terenie obszaru badań występuje jeden z fałdów rozwiniętych w obrębie piaskowców z Piwnicznej. Fałd ten o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego jest asymetryczny, jego skrzydło północne jest bardziej strome niż południowe (J. Chrząstowski i in., 1992). Przy zachodnim obrzeżeniu osuwiska przebiega poprzeczny uskoku, wzdłuż którego nastąpiła rotacja piaskowców o około 60° .

Obszar badań jest zbudowany z gruboławicowych piaskowców z Piwnicznej, w którym to ogniwie przeważają piaskowce o litotypie magurskim. Są one gruboławicowe (2,5-6 m), średnioziarniste o nieuporządkowanym rozsortowaniu, rzadziej strukturze frakcjonalnej. Charakteryzują je barwy od jasnoszarej do stalowoszarej, czasem są to piaskowce zlepieńcowate lub zlepieńce o średnicy ziaren do 2 cm. W skład, których wchodzi ziarna białego kwarcu z dużą domieszką skaleni i materiału egzotykowego oraz muskowit. Piaskowcom towarzyszą łupki o miąższości od 1 do 5 cm, barwy szaro-oliwkowej, piaszczyste, mikowe z siewką roślinną. W obrębie gruboławicowych piaskowców z Piwnicznej występują pakiety średnio- i drobnorytmicznego fliszu o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Składają się na nie cienioławicowe piaskowce typu hieroglifowego i oliwkowo-szare łupki margliste, czasem łupki mają barwy ciemne i szaro-brunatne. Tego typu utwory występują we wschodniej części omawianego osuwiska (fig. 3).

Pomiary biegu i zapadania warstw pomierzone przy zachodnim obrzeżeniu osuwiska, w obrębie wychodni gruboławicowych piaskowców z Piwnicznej (fig. 3), gdzie stwierdzono zapadanie warstw ku południowi pod kątem $22-28^{\circ}$. Natomiast przy wschodnim obrzeżeniu omawianego osuwiska łupkowo – piaskowcowe utwory w obrębie piaskowców z Piwnicznej zapadają ku północy pod kątem 25° . Nienaruszone wychodnie piaskowców z Piwnicznej stwierdzono w dnie doliny Popradu, gdzie zapadają one ku E pod kątem $25-28^{\circ}$. Taka zmienność kierunku zapadania i biegu warstw wskazuje, że osuwisko jest założone na uskoku, który przebiega prawdopodobnie pod kolumnami w środkowej jego części.

Wykonano również pomiary zapadania pakietów osuniętego fliszu w strefie

aktywnej niszy osuwiskowej (fig. 3), odsłaniające się tam utwory piaskowców z Piwnicznej są wyraźnie zrotowane w stosunku do wychodni na obrzeżach osuwiska (fig. 3).

Wyniki badań, profilowania otworów badawczych L1 - L4 (fig. 4,1-4,4) potwierdziły w części założenia projektowe. W wyniku wierceń podłoże koluwiów osiągnięto tylko 2 otworami o głębokości 20 m. a otworami nawiercono tylko górną część koluwiów.

W profilu **otworu L1** (fig.4,1; położony przy górnej granicy jezdni, wys. 494,0 m n.p.m.) stwierdzono:

0,00 - 1,70 m	gliny z rumoszem piaskowcowym;
1,70 - 2,20 m	rumosz łupkowy zagliniony;
2,20 - 2,40 m	fragmenty zlustrowanych łupków;
2,40 - 4,20 m	gliny z rumoszem piaskowcowym;
4,20 - 4,60 m	rumosz silnie zwietrzałych piaskowców;
4,60 - 5,10 m	rumosz świeżego piaskowca średnioziarnistego.

W profilu **otworu L2** (fig. 4,2; położony przy górnej granicy jezdni w dolnej części osuwiska, wys. 484,5 m n.p.m.) stwierdzono:

0,00-3,70 m	gliny piaszczyste z ostrokrawędzistym rumoszem zwietrzałych piaskowców (na głębokości 3,5 m poziom wody);
3,70 - 4,40 m	silnie zagliniony rumosz piaskowców;
4,40 - 5,00 m	rumosz piaskowcowy zagliniony.

W profilu **otworu L3** (fig. 4,3; wys. 487,5 m n.p.m.) stwierdzono:

0,00-0,30 m	zwir z piaskiem (nasyp drogowy);
0,30-2,90 m	gliny piaszczyste barwy szarozółtej z ostrokrawędzistym rumoszem piaskowców, silnie wapniste;
2,90-3,60 m	gliny ilaste barwy ciemnopopielatej z rumoszem piaskowców i łupków (na głębokości 3,6 m nawiercono poziom z wodą);
3,60-5,60 m	gliny barwy ciemnożółtej z ostrokrawędzistym rumoszem piaskowcowym;
5,60-5,70 m	blok piaskowca;
5,70-7,20 m	ostrokrawędzisty rumosz piaskowca z gliną wapnistą barwy szarozółtej;
7,20-7,60 m	łupki ilaste barwy szaro-zielonej z rumoszem piaskowców;
7,60-8,00 m	rumosz piaskowców średnioziarnistych;

- 8,00-10,6 m ostrokrawędzisty rumosz piaskowcowy z glinami barwy szarozółtej;
- 10,6-11,1 m drobny rumosz piaskowcowy lub mocno spękanе piaskowce;
- 11,1-11,2 m jasnopopielate łupki ilaste o cechach mylonitu (powierzchnia poślizgu);
- 11,2-16,5 m rumosz piaskowcowy z gliną barwy żółtej (bardzo mały uzysk rdzenia) oraz rumoszem popielatych i czarnych łupków;
- 16,5-17,5 m spękany piaskowiec średnioziarnisty;
- 17,5-18,0 m rumosz mułowców i łupków barwy czarnej z wyraźnymi śladami luster tektonicznych;
- 18,0-18,5 m ciemnoszare (prawie czarne) łupki piaszczyste, silnie nawodnione. Lustra na głębokości około 18 m o kącie upadu $8-10^0$, prawdopodobnie powierzchnia poślizgu;
- 18,5-19,3 m silnie spękanе łupki barwy ciemnoszarej, miejscami z iłem;
- 19,3-20,0 m mułowce i łupki barwy szaro-czarnej o poziomej laminacji, kat zapadania około 15^0 . W końcowych 0,2 m odcinku rdzenia obserwowano ślady luster tektonicznych na wielu płaszczyznach.

W profilu otworu L4 (fig. 4,4; wys. 493,5 m n.p.m.) stwierdzono:

- 0,00-4,00 m gliny piaszczyste z ostrokrawędzistym rumoszem piaskowców. Na głębokości 3,0 i 4,3 m gliny barwy popielatej mocno zawodnione;
- 4,00-4,50 m rumosz piaskowcowy z pojedynczymi słabo obtoczonymi żwirami piaskowcowymi;
- 4,50-6,80 m spękanе piaskowce różnoziarniste;
- 6,80-6,90 m łupki barwy popielatej, mocno zlustrowane. Lustra na powierzchniach prawie poziomych (powierzchnia ścicia);
- 6,90-8,00 m drobny rumosz piaskowcowy z gliną barwy szarozółtej;
- 8,00-8,50 m ostrokrawędzisty rumosz piaskowcowy;
- 8,50-11,0 m ostrokrawędzisty rumosz piaskowcowy (do 12 cm) z glinami barwy szarej i rumoszem łupków barwy szaro-popielatej;
- 11,0-12,5 m ostrokrawędzisty rumosz piaskowcowy lub silnie spękanе bloki piaskowcowe;
- 12,5-12,8 m jasnoszare gliny piaszczyste z rumoszem piaskowcowym;
- 12,8-14,3 m rumosz piaskowcowy z glina piaszczystą. Na głębokości 13-13,4 m kąt zapadania $5-10^0$.

- 14,3-16,6 m rumosz piaskowcowy i łupkowy z gliną barwy szarej;?
- 16,6-18,4 m piaski zaglinione ze słabo obtoczonymi żwirami piaskowcowymi, 2-3 rodzaje piaskowców noszących ślady obróbki rzecznej;
- 18,4-18,6 m blok spękanego piaskowca;
- 18,6-20,3 m piaskowce gruboławicowe i zlepieńcowate z pionowymi spękaniami i śladami lustra tektonicznego. Powierzchnie spękań noszą ślady zwietrzenia w postaci zabarwienia barwy rdzawo-żółtej.

Na utwory czwartorzędowe składają się koluwia osuwiskowe, utwory rzeczne oraz pokrywy stokowe wykształcone w postaci glin z różnym udziałem rumoszy piaskowców i łupków określanych jako zwietrzliny, a w dolnych częściach stoków jako pokrywy deluwialno-soliflukcyjne. Na uwagę zasługują żwirowo-piaszczyste aluwia rzeczne w dolinie Popradu i jego dopływach, z których zbudowane są terasy rzeczne. Duże powierzchnie zajmują gliny z rumoszem różnej genezy (zwietrzelinowe, deluwialne i soliflukcyjne) o miąższości od 0,5 m do kilku metrów w dolnych częściach stoków.

Na terenie prowadzonych prac geologicznych nie obserwowano naturalnych wypływów wód gruntowych poza okresem wiosennym. Zaznaczają się jedynie płytkie rozciągnięcia wód płynących okresowo. Na terenie osuwiska w czasie prac terenowych tylko we wschodniej części stwierdzono zawilgocenia w obrębie gruntów koluwalnych. W okresie wiosennym występowały wypływy w dolnej części aktywnego osuwiska. W otworach wykonanych we wschodniej części osuwiska (L2 i L3) nawiercono poziom wodonośny na głębokości 3,6 m, a w otworze L4 na głębokości 4,5 m stwierdzono słaby przyptyw wody. Są to lokalne poziomy wód gruntowych w obrębie koluwiów osuwiskowych.

4. Procesy osuwiskowe

Osuwisko uaktywniło się w 2001 roku. Po opadach w miesiącu lipcu miało miejsce osunięcie się koluwiów i nasunięcie się na modernizowaną drogę. Ruchy osuwiskowe miały miejsce na terenie nieaktywnego starego stoku osuwiskowego o zmiennym nachyleni od 5 do 40°. Osuwisko rozpoczyna się niszą w rejonie niewielkiego bocznego grzbietu na wysokości 575 m n.p.m. wyciętą w piaskowcach z Piwnicznej o charakterystycznym łukowatym kształcie i wysokości 10-12 m. Poniżej występują bloki piaskowcowe oraz charakterystyczne spłaszczenie wewnątrzosuwiskowe. Poniżej spłaszczenia po powierzchni którego biegnie droga leśna, występują kolejne progi i spłaszczenie, wskazujące że mamy

do czynienia z głębokim osuwiskiem strukturalnym, w obrębie którego uległy przemieszczeniu i zrotowaniu całe pakiety (kry) odkutego fliszu (w omawianym osuwisku ogniwa piaskowców z Piwnicznej). Osuwisko sięga dna doliny Popradu i schodzi do wysokości około 460–461 m n.p.m. Najniższa części osuwiska zaznacza się koluwalnymi blokami piaskowcowymi, które nasunięte są na nienaruszone wychodnie piaskowców z Piwnicznej, a odsłaniające się w krawędzi erozyjnej ponad korytem Popradu. Osuwisk to należy ze względu na rodzaj ruchu do osuwisk złożonych rotacyjno-translacyjnych, a ze względu na stosunek do ułożenia warstw skalnych można go zaliczyć także do osuwisk złożonych (L. Bober, 1984). W zachodniej części niszy aktualnie czynnego osuwiska stwierdzono istnienie licznych luster tektonicznych, co wskazuje też na duży związek omawianego osuwiska z uskokami występującymi w podłożu koluwiów. Ona wschód od omawianego osuwisk w kierunku Muszyny występują duże osuwiska strukturalne, co widoczne jest na publikowanej Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Leluchów (J. Chrzastowski i in., 1992). Czoła tych obecnie nieaktywnych osuwisk sięgają drogi Muszyna – Leluchów.

Uaktywnienie omawianego osuwiska dodatkowo spowodowane zostało podcięciem stoku osuwiskowego w czasie modernizacji drogi do przejścia granicznego w Leluchowie. W pierwszej kolejności uruchomione zostały masy koluwalne powyżej drogi, które w wyniku ruchu nasunęły się na jezdnie. Został zniszczony drzewostan leśny, w czasie gdy grunty ulegały przemieszczeniu już w 20001 roku. W latach 2002-2003 nastąpił dalszy rozwój osuwiska i znaczne przemieszczenia koluwiów oraz przesuwanie się stopniowo niszy w górę stoku dla osuwiska zarówno powyżej jak i poniżej drogi. Również w środkowej części osuwiska miały miejsce przemieszczenia i ruch osuwiska poniżej drogi w kierunku Popradu. W omawianym okresie czasu osuwisko wielokrotnie nasuwało się na korpus drogi, a osunięte na drogę koluwia były wywożone poza obszar współcześnie aktywnego osuwiska. Wyraźne nasunięcia zagrażające ruchowi na omawianym odcinku drogi widoczne były po roztopach wiosennych w 2004 roku oraz opadach w 2003 roku droga była zasypana glinami z rumoszem. Również w wyniku osuwania się koluwiów poniżej drogi, została ona zerwana. W wyniku prowadzonych napraw i bieżących zabezpieczeń latach 2002-2004 została przesunięta o ponad 3 m ku południowi. Krawędź niszy, którą rozpoczyna się obecnie aktywna części osuwiska ma wysokość od 0,5 do 3 m, jej przebieg jest zmienny (fig. 3). Powyżej występują otwarte szczeliny wskazujące na dalszy i ciągły rozwój osuwiska w górę stoku. W strefie niszy ma miejsce odkuwanie się

całych pakietów zwłaszcza we wschodniej części oraz rotacja odkuwających się pakietów fliszu o co najmniej 30° . Poniżej niszy znaczą się 2 progi o wysokości do 10 m przebiegające równoległe do strefy odkłucia. W obrębie aktywnej części koluwiów miały miejsce znaczne przemieszczenia, a morfologia wewnątrzosuwickowa ulegała w czasie obserwacji - w ciągu 2003 roku i na początku 2004 roku dosyć istotnym zmianom. Polegały one na zmianie powierzchni, powstaniu zagłębień bezodpływowych, przemieszczeniu gruntów w obrębie progów. Powierzchnia tereny między niszą a pierwszym progiem obniżyła się o co najmniej 1 m w ciągu ostatniego roku.

Osuwisko niszczące drogę rozwijało się wieloetapowo. Najstarsza część osuwiska występująca między grzbietem a aktywnym fragmentem osuwiska mogła powstać między wczesnym holocenem a czasami historycznymi i jest porośnięta lasem. Osuwisko to ulegało odmłodzeniu, na co wskazują wyraźnie zachowane formy nisz w środkowej części osuwiska (fig. 3), które w części zostały przekształcone lub zniszczone przez ruchy grawitacyjne zachodzące w ostatnich latach. Różnowiekowe etapy osunięć można również interpretować na załączonych przekrojach geologicznych (fig. 5,7).

5. Właściwości fizyko-mechaniczne gruntów

Występujące w podłożu grunty reprezentują czwartorzędowe pokrywy deluwialno-zwietrzelinowe i koluwialne, utwory rzeczne oraz wychodnie eoceńskich piaskowców z Piwnicznej, będących fliszowym podłożem skalnym. Klasyfikację gruntów podłoża przeprowadzono na podstawie polowych makroskopowych badań prób gruntów, badań laboratoryjnych, analizy materiałów archiwalnych zgodnie z normami PN-74/B-04482, PN-86/B-02480, PN-81/B-03020. Występujące na omawianym obszarze grunty zaliczono do 4-ech warstw geotechnicznych.

Do warstw geotechnicznej I zaliczono:

- utwory koluwialne reprezentowane przez gliny, gliny zwięzłe gliny i ily z rumoszem, rumosze i bloki gliniaste, pakiety fliszowe. Są one zróżnicowane w profilu pionowym jak i przestrzennym ich występowaniu. Stan gruntów spoistych jest zmienny od miękkoplastycznego do półzwarłego i zwartego. Koluwia omawianego osuwiska charakteryzują się zmiennym składem gruntów wzajemnie przemieszanych, a zwłaszcza zmiennym udziałem rumoszy, bloków i głazów piaskowcowych. Zawartość okruchów skalnych w znacznym stopniu decyduje o właściwościach tych utworów. W obrębie

górných części czynnych koluwiów w środkowej części osuwiska wykształcone są w postaci miękkoplastycznych glin z rumoszem piaskowcowym nasuwających się bezpośrednio na drogę. W obrębie koluwiów ze względu na aktywność można wyróżnić:

Ia – utwory koluwalne aktywne, które reprezentowane są przez gliny piaszczyste i gliny zwięzłe z rumoszem łupków i piaskowców oraz głazami i blokami piaskowców o średnicy od kilku centymetrów do 1 m. W wyniku nawodnienia ulegają ciągłemu przemieszczeniu. Osiągają one miąższości od 2 do 10 m. Są one spękane, porowate. Stan glin jest spowodowany infiltracją wód opadowych i roztopowych i zmienia się okresowo w zależności od warunków atmosferycznych. Charakteryzują się one dużym zróżnicowaniem parametrów fizyczno-mechanicznych. Próbki do badań pobrano z odsłoneń naturalnych i płytkich wkopów wykonanych w progach osuwiskowych. Cechy fizyczno-mechaniczne określone laboratoryjnie wahają się w granicach: wilgotność naturalna $W_n=12,87-29,87$; uogólniony stopień plastyczności $I_L=0,1-0,78$; wskaźnik plastyczności $I_p=8,71-17,5$; granica płynności $W_l=23,68-31,45$; gęstość objętościowa $P=2,08-2,16$; kąt tarcia wewnętrznego $\phi=7,8-15,1$; spójność $C_u=10,4-48,1$ kPa.

Ib- utworu koluwalne nieaktywne w przeważającej części profilu są one reprezentowane przez gliny zwięzłe przechodzące w sposób ciągły w gliny ilaste i ily z domieszką rumoszu, a także rumosze gliniaste i kamieniste z domieszką glin zwięzłych i iłów w ilości do 40%. Grunty te charakteryzują się miąższości do 4 do 18 m, przy czym w dolnej części występują pakiety silnie spękanego fliszu, a zwłaszcza w obszarach występowania w podłożu większego udziału łupków w obrębie piaskowców z Piwnicznej. Przeważają w całym profilu grunty od twardeplastycznych do glin plastycznych. Są to utwory należące do gruntów zwartych i rumoszy. Próbki do badań pobrano z otworów L3 i L4W. Cechy fizyczno-mechaniczne określone laboratoryjnie dla górnej części profilu koluwiów z głębokości 2-5 m wahają się w granicach: wilgotność naturalna $W_n=4,70-12,25$; $I_L=0,58-0,61$; wskaźnik plastyczności $I_p=11,96-17,12$; granica płynności $W_l=31,18-37,28$; gęstość objętościowa $P=2,04-2,18$; kąt tarcia wewnętrznego $\phi=14,9-21,3$; spójność $C_u=46,3-50,5$ kPa. Natomiast dla powierzchni poślizgu z głębokości 18,4 m otrzymano kąt tarcia wewnętrznego $\phi=16,1$ a spójność wynosiła $C_u=8,9$ kPa. Wyniki oznaczeń spójności i kąta tarcia wewnętrznego wykonano na aparacie bezpośredniego ścinania AB. Utwory te charakteryzują się prędkościami rozchodzenia się fal 900-1400 m/s. Prędkości rzędu 400-700 m/s prawdopodobnie pokazują zawodnienie w koluriach.

Do warstwy geotechnicznej II zaliczono:

piaski, żwiry i gliny rzeczne – zajmujące niewielkie obszary w dnie doliny Popradu oraz w podłożu nasuniętych koluwiów w rejonie otworu L4 (fig. 3, 6, 7). Grunty te zajmują niewielkie powierzchnie. Utwory rzeczne występują w postaci gruntów spoistych i niespoistych. Niespoiste grunty rzeczne to piaski i żwiry rzeczne przykryte koluwiami w rejonie otworu L4.

Do warstwy geotechnicznej III zaliczono

gliny zwietrzelinowo – deluwialne twar doplastyczne z domieszką rumoszu piaskowców i łupków oraz piaskowce z Piwnicznej. Utwory te występują na stokach o zmiennym nachyleniu do 7 do 25°. Utwory pokrywowe związane są bezpośrednio z utworami fliszowymi i mają zmienną miąższość zależną od położenia oraz nachylenia stoku, dlatego też włączono je do jednej warstwy geotechnicznej. Warstwy skalne są w stropie silnie zwietrzałe i spękane i przechodzą stopniowo ku górze w rumosze i rumosze z glinami oraz gliny z rumoszem piaskowców i łupków. Sam strop tych utworów poza obszarami osuwiskowymi występuje na głębokości nie większej niż 1-2 m p.p.t. Wychodnie piaskowców z Piwnicznej na powierzchni odsłaniają się tylko w zachodniej części omawianego osuwiska, oraz w krawędzi erozyjnej wzdłuż koryta Popradu. Dane dotyczące właściwości geomechanicznych piaskowców z Piwnicznej podaje w swojej pracy J. Pinińska (2003), z których należy wymienić: porowatość $n = 0,43-6,50\%$; gęstość pozorna $P_s = 2,51-2,67$; nasiąkliwość wagowa $n_w = 0,21-1,66\%$; wytrzymałość na rozciąganie $R_r = 5,25-11,1 \text{ Mpa}$; wytrzymałość na ścinanie $\tau = 10,50-22,22 \text{ Mpa}$. Zacytowane poniżej dane ulegają obniżeniu w strefach uskokowych oraz strefach zwietrzenia. Strop podłoża (calizny) określony na podstawie badań sejsmiki inżynierskiej charakteryzuje się prędkościami większymi od 1900-2000 m/s i na terenach osuwiskowych występuje od 5 do 20 m p.p.t.

Nasypów korpusu drogowego w oddzielnej warstwy geotechnicznej nie wydzielano ze względu na małą miąższość. W składzie nasypu dominują gliny z domieszką żwiru i rumoszu.

6. Warunki hydrogeologiczne

W oparciu o analizę dostępnych materiałów oraz prace terenowe w omawianym rejonie wody podziemne występują w postaci:

a – **wód gruntowych** w obrębie koluwiów i pokryw deluwialno-zwietrzelinowych. Są to wody o charakterze punktowym związane z bardziej przepuszczalnymi fragmentami

pokryw w obrębie glin i rumoszy. Wodonośność tych utworów jest zmienna i generalnie niewielka z uwagi na ich litologiczne wykształcenie, małą miąższość oraz niewielkie rozprzestrzenienie. Wody sączeniowe są alimentowane wodami opadowymi infiltrującymi w ich obrębie w głębsze podłoże. Cechą charakterystyczną jest ich zmienna w czasie wydajność uzależniona od warunków pogodowych. Wody te mogą występować na różnych głębokościach, w okresie długich opadów oraz okresie roztopowym w całym profilu utworów koluwalnych. W czasie wierceń stwierdzono poziom wodonośny w rejonie otworów L2 i L3 na głębokości 3,4-3,6 m p.p.t. Związane jest to prawdopodobnie z większym udziałem łupków w obrębie ogniwa piaskowców z Piwnicznej. W rejonie otworów L3 i L4 obserwowano sączenia wody i wypływy, ale był to okres związany z czasem roztopów wiosennych. W okresie jesiennym w omawianej strefie nie stwierdzano takich wypływów. W zachodniej części osuwiska, gdzie dominują spękane piaskowce z Piwnicznej brak jest wypływów wód gruntowych.

b – wód szczelinowo-porowych w obrębie trzeciorzędowych piaskowców z Piwnicznej mogą występować zbiorniki wód podziemnych o charakterze szczelinowym. Lustro wody występuje na znacznych głębokościach. Zbiornik ten jest odwadniany źródłami, które występują w dolnych częściach stoków już poza obszarem omawianego osuwiska.

7. Ocena warunków geologiczno-inżynierskich i prognoza wpływu inwestycji na środowisko naturalne

Występujące w podłożu grunty charakteryzują się zróżnicowanymi warunkami geotechnicznymi uzależnionymi od ich genezy, stanu gruntu i wykształcenia. Na powierzchni zalegają czwartorzędowe pokrywy deluwialno-zwietrzelinowe i koluwia osuwiskowe, oraz trzeciorzędowe utwory fliszowe serii magurskiej (piaskowce z Piwnicznej).

Czwartorzędowe utwory koluwalne reprezentowane są w stropowych partiach przez gliny twardeplastyczne do miękkoplastycznych oraz ility z rumoszami łupków i piaskowców. Głębiej występuje gliny ilaste i ility z rumoszem oraz rumosze, głazy i bloki a także spękane pakiety osuniętego fliszu. Od niżej nienaruszonego podłoża oddziela je wąska strefa poślizgu, stwierdzona w otworze L3 na głębokości 18,5 m, natomiast w otworze L4 koluwia nasunięte są na blisko 2 m serie piasków i żwirów rzecznych, a miąższość

koluwii w tym miejscu wynosi 16,6 m. W otworze L3 ponadto powierzchnia poslizgu znajduje się na głębokości 11,1-11,2 m, gdzie łupki są wyraźnie zmienione i w tym przedziale głębokościowym otwór był w czasie głębiania silnie krzywiony i mógł być wiercony tylko w czasie ciągłego rurowania. Wskazuje to na istnienie dużych naprężeń ścinających na wspomnianej głębokości.

W otworze L3 ślady zlustrowań na łupka stwierdzono na głębokości 6,8-6,9 m, co wskazuje na istnienie młodszej powierzchni poslizgu w obrębie 16,6 m miąższości profilu koluwii. Szczegółowe warunki gruntowe panujące w podłożu scharakteryzowano na przekrojach geologicznych przez osuwisko.

Występujące na powierzchni w rejonie omawianego osuwiska utwory deluwialno-zwietrzelinowe mają niewielkie miąższości (1-2 m) i zalegają na utworach fliszowych wykształconych jako piaskowce z Piwnicznej. Grunty te charakteryzują się dobrą nośnością i stanowią podstawową warstwę geotechniczną dokumentowanego terenu. Pewne osłabienia tych gruntów związane są z istniejącymi uskokami

Na odcinku drogi przeznaczonej do zabezpieczenia można wydzielić 5 rejonów geologiczno-inżynierskich oznaczonych literami A, B, C, D, E.

Rejon A - obszary stoków naturalnych z pokrywą deluwialno zwietrzelinową o miąższości do 2 m leżące na piaskowcach z Piwnicznej

Rejon B - obszar stoków osuwiskowych nieaktywnych - masy koluwialne złożone z glin i ilów z różnym udziałem rumoszy piaskowcowych i łupkowych oraz głazów i bloków piaskowcowych oraz pakietów osuniętego fliszu. Lustro wody na głębokości około 3,5 m p.p.t. Grunty te charakteryzują się znaczną zmiennością parametrów geotechnicznych, a miąższość ich wynosi do 18-20 m. Nie można wykluczyć, że utwory te mogą być przemieszczane przy zbiegu niekorzystnych warunków np. meteorologicznych, zmiany nachylenia, dodatkowego obciążenia.

Rejon C - obszar aktywnego osuwiska - masy koluwialne złożone z glin i glin zwięzłych o różnym stopniu plastyczności i miąższości do 2 do 10 m. Masy koluwialne w czasie 2 lat nasuwające się na drogę. Jest to strefa całkowicie wykluczająca działalność, a drodze zagrażają osuwające się masy koluwialne. Występują wyraźne uszkodzenia korpusu i nawierzchni asfaltowej. W obrębie tej jednostki ze względu na udział piaskowców i łupków w budowie podłoża koluwii wyróżniono:

rejon C1 - obszar aktywnego osuwiska na wychodniach z przewagą piaskowców;

rejon C2 - obszar aktywnego osuwiska na wychodniach z dużym udziałem łupków.

Jest to obszar charakteryzujący się większymi przemieszczeniami i głębszym przebiegiem powierzchni poślizgi w stosunku do rejonu C1.

Rejon D – obszar stromego stoku krawędziowego poniżej drogi, zbudowanego z cienkiej pokrywy (do 1 m miąższości) złożonej z rumoszy i glin deluwialno – zwietrzelinowych okrywających wychodnie piaskowców z Piwnicznej zapadających ku E pod katami 25-29°. Ze względu na znaczne nachylenie stoku (miejscami ponad 25°) obszar ten nie nadaje się pod inwestycje i winien być użytkowany jak dotychczas.

Rejon E – obszar teras zalewowych w dolinie Popradu, który budują aluwia rzeczne złożone ze żwirów i piasków oraz glin. Są one składane w czasie wezbrań, a teren jest okresowo zalewany

Istniejąca droga charakteryzuje się dywanikiem asfaltowym o grubości 0,05-0,07 m ułożonym na podbudowie z pospółki rzecznej i kruszywa łamanego o grubości 0,3-0,5 m. Podbudowa jest ułożona na utworach koluwalnych złożonych z glin z domieszką rumoszu piaskowcowego, osiagających miąższości 14-18 m.

Projektowane prace zabezpieczające mają na celu zabezpieczenie stoku powyżej i poniżej użytkowanej drogi oraz wyeliminowanie zagrożeń związanych z zachodzącymi ruchami osuwiskowymi. Prace zabezpieczające powinny zmienić dosyć istotnie warunki gruntowo – wodne w obrębie koluwiów, natomiast nie zmieniają w istotny sposób warunków hydrogeologicznych mogących mieć szkodliwy wpływ dla środowiska, w tym szczególnie dla wód powierzchniowych. Prace budowlane przy stabilizacji osuwiska należy prowadzić tak aby unieszkodliwić ich skażenie. Należy zwrócić uwagę, że teren ten jest w obszarze górniczym wyznaczonym dla złoża wód mineralnych Muszyna.

8. Ocena stateczności zbocza i korpusu drogowego

Przewidywany do remontu i zabezpieczenia odcinek drogi przebiega w obrębie stoku objętego starym i głębokim osuwiskiem strukturalnym. Części tego osuwiska uległa uaktywnieniu w 2001 roku. Nisza odmłodzonego i aktywnego osuwiska przebiega na wysokości od 505 m n.p.m. w części ^{wschodniej} zachodniej, 528,9 m w części środkowej oraz 515 w części zachodniej. Sam korpus drogi leży na wysokości 482,2 m w części wschodniej i rośnie do 496,5 m w części zachodniej. Część aktywna osuwiska powyżej drogi ma miąższość 2 do 10 m (fig. 5, 7). Krawędź niszy osiąga wysokość od 0,5 do 3 m;

maksymalnie 5 m. Powyżej występują spękania i otwarte szczeliny, a poniżej niszy widoczne są świeże osunięcia, występują liczne garby i zagłębienia oraz zniszczony jest drzewostan leśny. W wyniku osuwania się tarasowana jest droga. Również niszczony jest korpus drogi w wyniku osunięć poniżej drogi, gdzie miało miejsce upłynnienie części koluwiów. Zniszczeniu uległ fragment korpusu drogi od strony Popradu. Określone kąty tarcia wewnętrznego w warunkach laboratoryjnych wynoszą od $7,8$ do 21° , co wiązać można z zawartością rumoszu oraz zawartością wody w gruncie. Natomiast spójność dla omawianych koluwiów wynosi od $8,9$ do $50,5$ kPa. Dane te pokazują na bardzo dużą zmienność parametrów w obrębie koluwiów, oraz na konieczność obliczenia współczynników stateczności przy uwzględnieniu wielu czynników mogących mieć wpływ na zachwianie równowagi zboczy. Obserwacje zachowania się otworów w czasie wiercenia wskazują, że w obrębie obecnie nie aktywnych części profilu koluwiów istnieją dynamiczne naprężenia ścinające. Obszar przewidziany do stabilizacji wymaga szczególnej ostrożności przy wykonywaniu prac zabezpieczających

9. Wnioski i zalecenia

Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na stwierdzenie, że miąższość koluwiów wynosi w rejonie drogi do 18 m, przebieg powierzchni poślizgu przebiega na znacznej głębokości a osuwisko należy do głębokich osuwisk strukturalnych. Wyniki prac powierzchniowych wskazują na wieloetapowy rozwój osuwiska. W obrębie dużej formy osuwiskowej wyraźnie zaznacza się forma osuwiska współcześnie aktywnego, gdzie przemieszczenia koluwiów w ciągu roku oszacować można na dziesiątki centymetrów. Osuwisko to położone na drodze o znaczeniu międzynarodowym winno być monitorowane w sposób ciągły. W strefie powyżej istniejącej drogi w najbliższym czasie winien być założony co najmniej jeden inklinometr do pomiarów i rejestracji przebiegu ruchów w obrębie koluwiów. Wymaga to jednak oddzielnych środków na zakup i montaż inklinometru oraz środki na prowadzenie i opracowanie obserwacji.

Zabezpieczeniu i stabilizacji wymaga zarówno stok powyżej i poniżej obecnie funkcjonującej drogi. Odcinek drogi wymagający zabezpieczenia przebiega w dolnej części stoku objętego osuwiskiem charakteryzujący się nachyleniami od 15 do 45° , a grunty koluwalne charakteryzują się bardzo zmiennymi parametrami geotechnicznymi. Pierwotna powierzchnia stoku w obrębie starego osuwiska została sztucznie podcięta w czasie

modernizacji drogi, na co nałożyły się opady w 2001 roku, co w efekcie spowodowało rozpoczęcie ruchu osuwiskowego powyżej drogi, a przemieszczenia trwają do chwili obecnej. Profile wykonanych wierceń badawczych wskazują na występowanie w podłożu drogi znacznej miąższości zróżnicowanych koluwiów z lustrami, wskazujące na występowanie powierzchni poślizgu. Strop fliszowych piaskowców nawiercono w rejonie drogi na głębokości 18 m p.p.t. Przy tej miąższości koluwiów oraz występujących nachyleniach stabilizacja będzie trudna i wymagała specjalistycznego projektu budowlanego jak i też projektu technologii wykonywania prac zabezpieczających. Nie prowadzono sondowań sondą dynamiczno-penetracyjną dla wyznaczenia powierzchni poślizgu, gdyż uzyskiwane wyniki przy tego typu budowie koluwiów byłyby nie wiarygodne.

W celu stabilizacji stoku oraz zabezpieczenia drogi zaleca się:

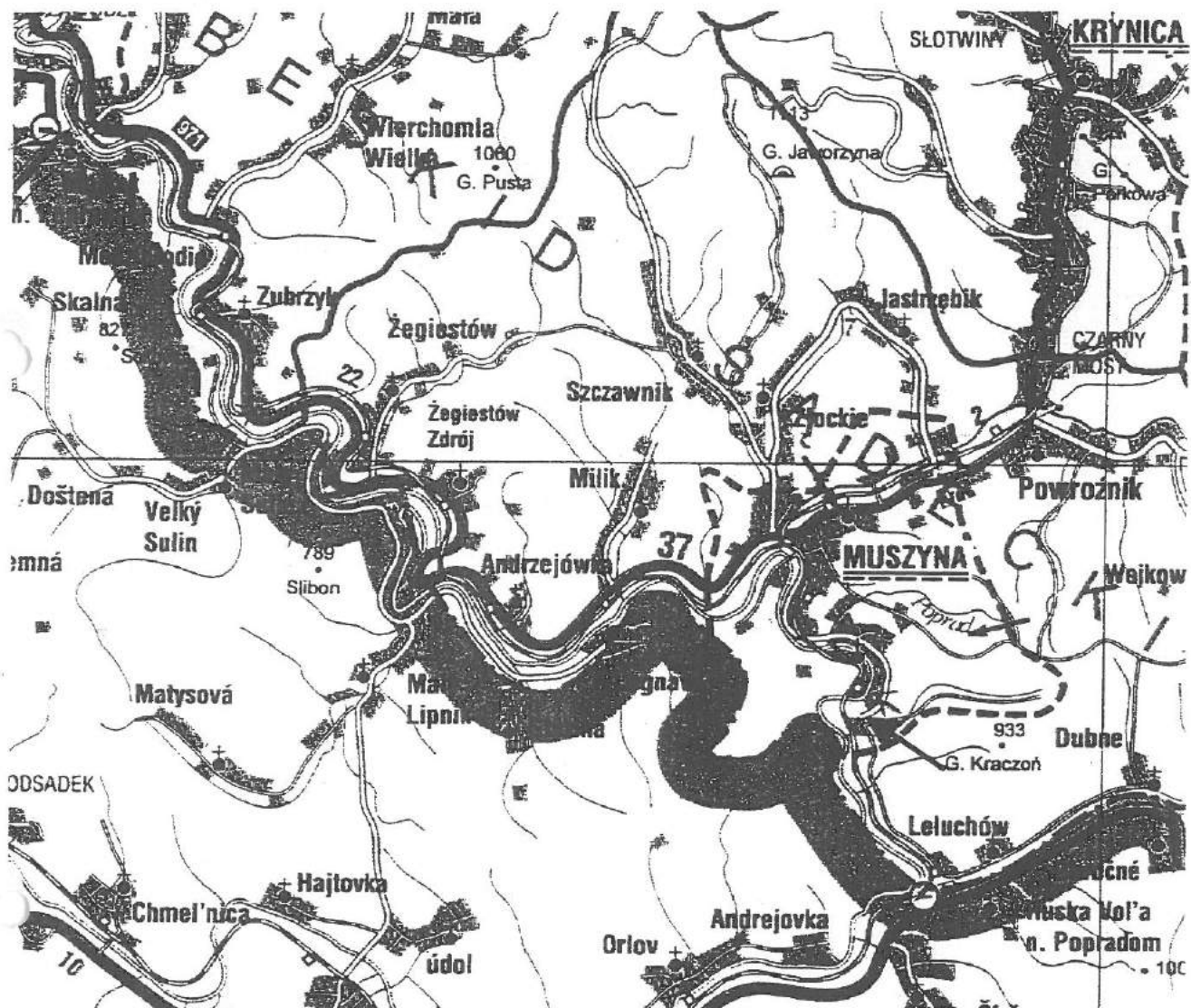
- wykonanie drenażu terenu powyżej niszy aktywnego osuwiska jak i na terenie objętym ruchami osuwiskowymi, aby zabezpieczyć cały obszar przed wpływem wód opadowych i roztopowych. Wody winny być odprowadzone poza obszar osuwiska szczelnymi kolektorami. Wymagało to będzie wybudowania nowych kolektorów wzdłuż drogi.
- zmniejszenie nachylenia stoku poprzez zaprojektowanie stopni tarasowych poniżej jak i powyżej drogi oraz powierzchniowe umocnienie skarp ;
- usunięcia części koluwiów z aktywnej części osuwiska
- przeprowadzić prace stabilizacyjne w rejonie obecnie aktywnej części niszy, tak aby zmniejszyć możliwość rozwoju osuwiska w górę i przeciwdziałać uruchomieniu coraz większej masy koluwiów. W przypadku uruchomienia osuwiska w wyższej części, obejmującej obecnie nieaktywny obszar, prawdopodobnie nie będzie zatrzymanie osuwiska w sposób ekonomicznie uzasadniony ;
- przeprowadzić zabiegi geotechniczne wzmacniające grunty koluwalne poprzez zaprojektowanie i wykonanie odpowiednich budowli np. przy użyciu mi9kropali, gabionów, itp.;
- w czasie prowadzenia prac zabezpieczających winien być prowadzony ciągły dozór geologiczny.

Należy także rozważyć koszty stabilizacji do ewentualnego przeniesienia drogi poza obszar osuwiska, co wymagałoby budowy 2 mostów na rzece Poprad oraz budowy nowego odcinka drogi w dolinie Popradu.

10. Literatura:

- B. Bargielewicz, 1961 – Osuwisko we wsi Wapienne koło Muszyny. *Prz. Geol.*, nr. 3.
- Bober L., 1984, Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 115-162.
- J. Chrzastowski, P. Nescieruk, A. Wójcik, 1992 – Szczegółowa Mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Leluchów (1062). *PIG*, Warszawa.
- J. Chrzastowski, P. Nescieruk, A. Wójcik, 1993 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Muszyna (1052) i arkusz Leluchów (1062). *PIG*, Warszawa.
- E. Maślankiewicz, J. Mądry, T. Opera, B. Porwisch. 1996 – Pakiet informacyjny dotyczący wód mineralnych i leczniczych złoża Muszyna. *PGSA w Krakowie*.
- Pinińska J., 2003 – Właściwości wytrzymałościowe i odkształceniowe skał. Część IV. Karpaty fliszowe. t. 7 Zakład Geomechaniki Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW. Warszawa.

Położenie terenu badań na mapie administracyjnej



obszar badań

Fig. 2

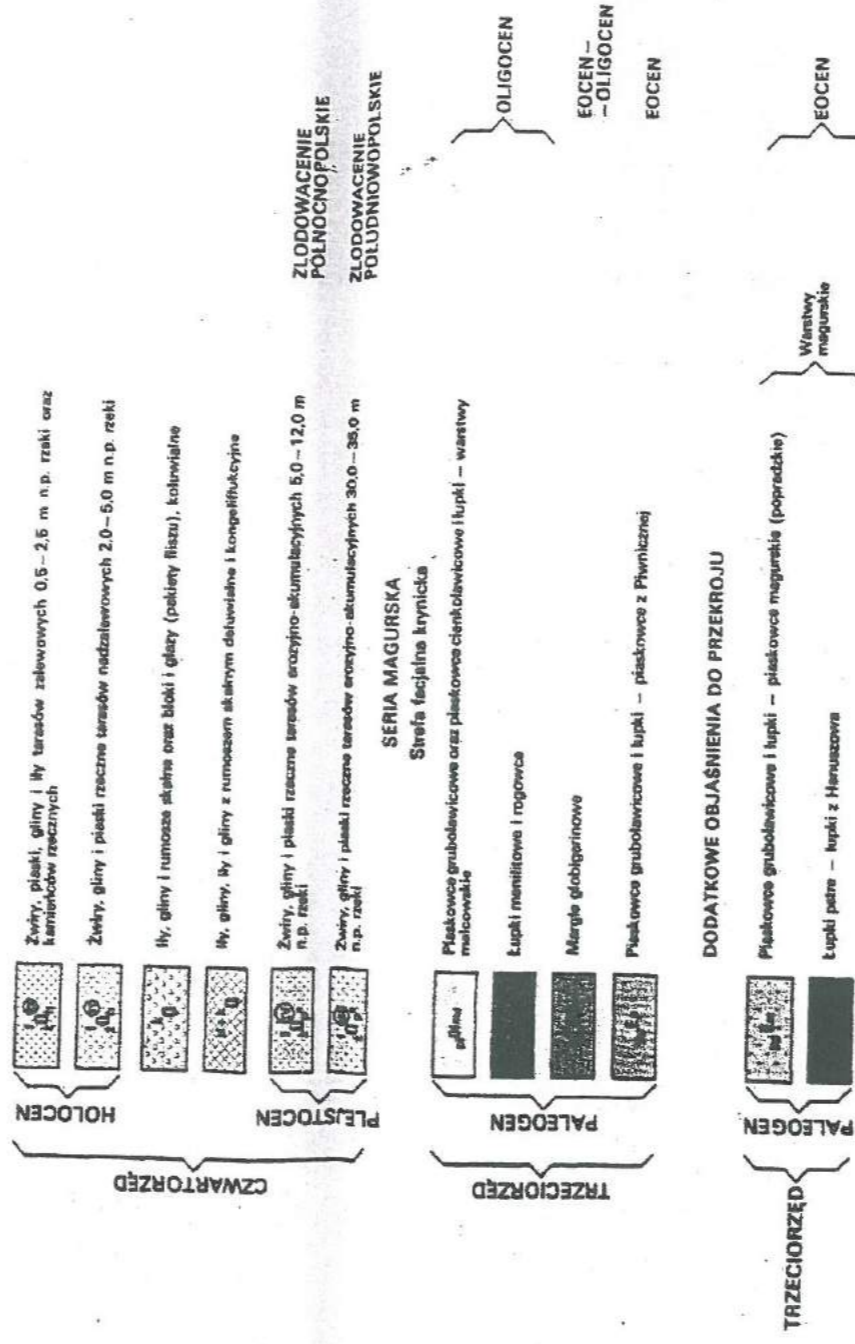
Położenie obszaru badań na SMGP w skali 1:50 000

Opracowali: J. CHRZASTOWSKI, P. NESCIERUK, A. WÓJCIK - 1991 r.
 Główny lezodrymat: Szczegółowej Mapy geologicznej Polski - J. Fortuna
 Koordynator regionu Karpackiego - K. Zytko

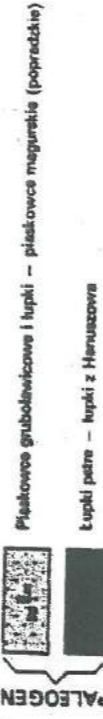
ark. Lełuchów



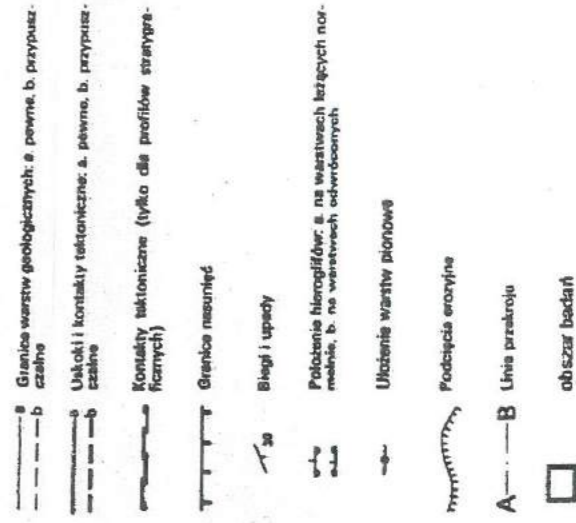
OBJAŚNIENIA BARW I SYMBOLI



DODATKOWE OBJAŚNIENIA DO PRZEKROJU

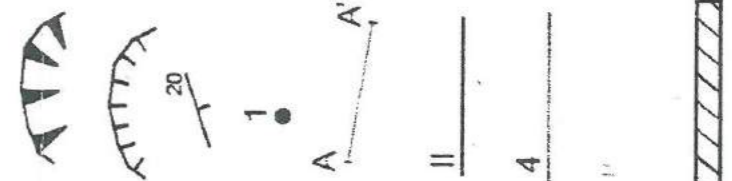
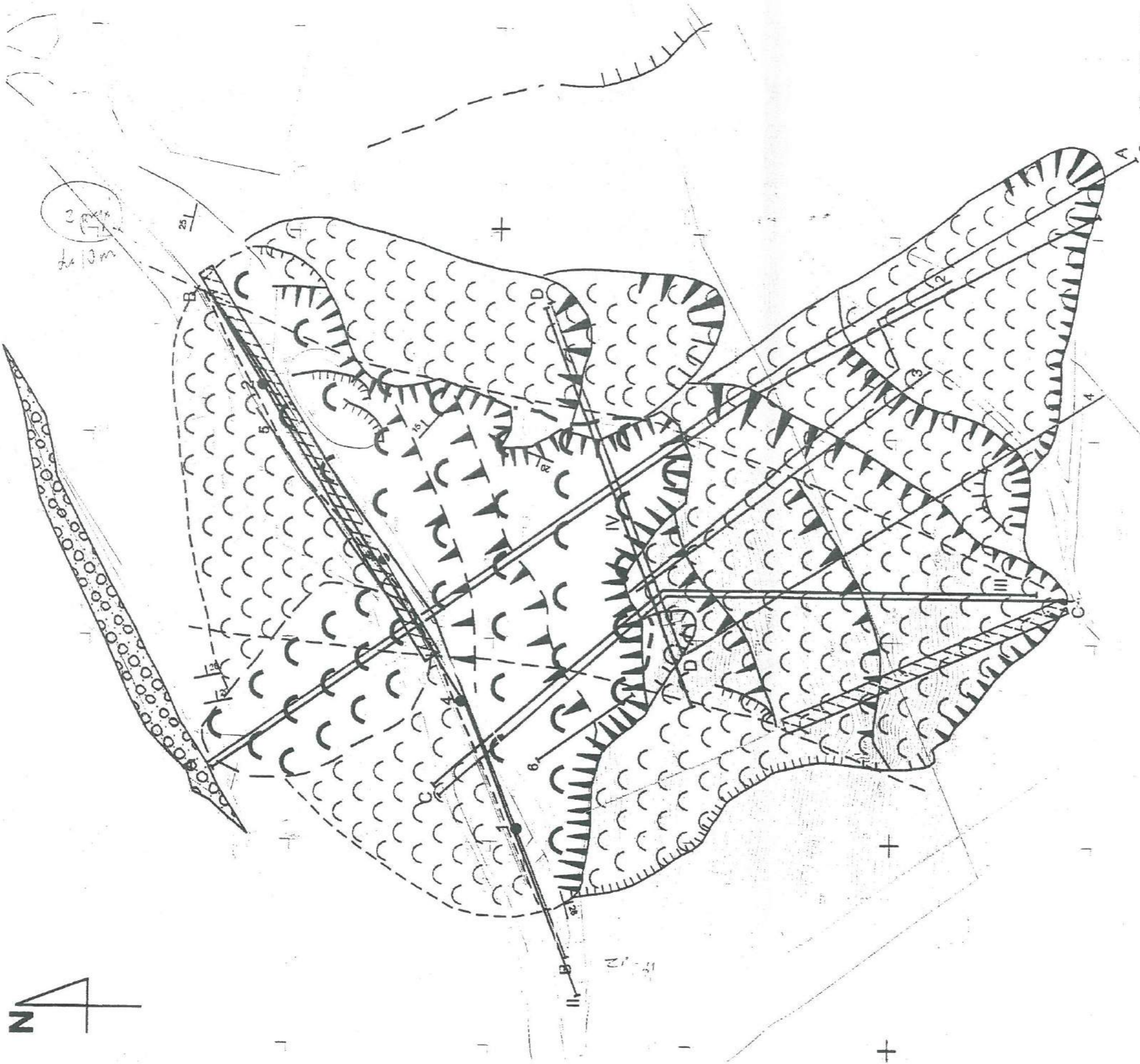


ZNAKI KONWENCJONALNE

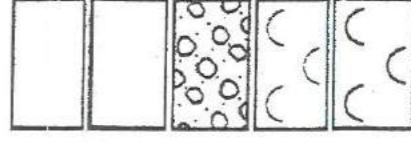


Osuwisko w Muszynie na drodze Muszyna-Leluchów

19.3



- wysokie i wyraźne niske osuwiskowe i krawędzie progów wewnątrz osuwiskowych
- niskie krawędzie nisz i progów osuwiskowych
- bieg i upad warstw
- otwory wiertnicze
- przekroje geologiczne
- przebieg profili sejsmicznych
- przebieg profili georadarowych
- przebieg profili elektrooporowych
- anomalia niskoporowa



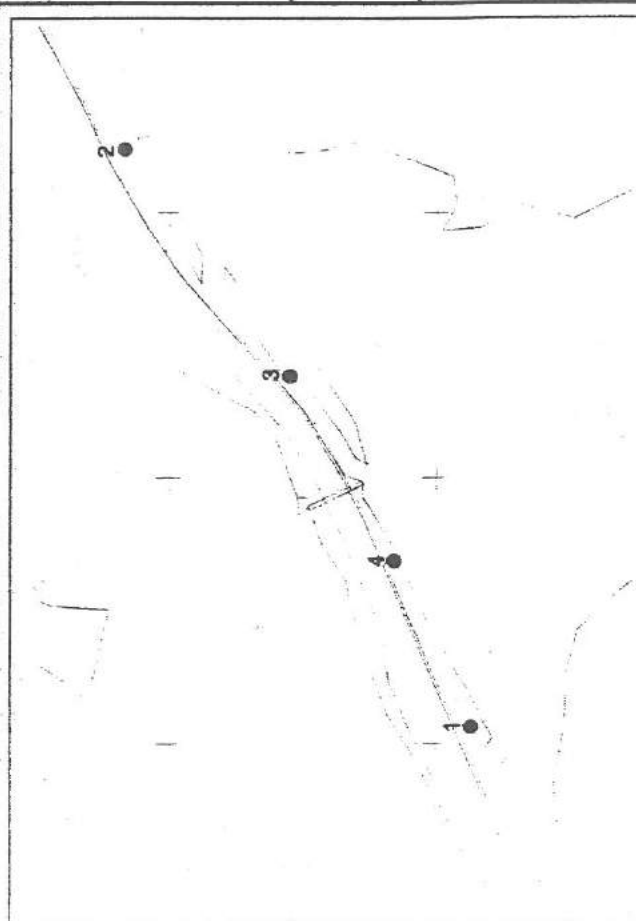
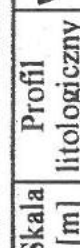
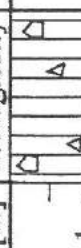
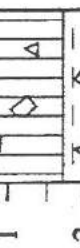

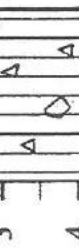
- piaskowce z Piwnicznej oraz gliny i rumosze zwietrzelinowe
- wkładki łupków w obrębie piaskowców z Piwnicznej
- gliny, mułki, piaski i żwiry rzeczne
- koluwia nieaktywne
- koluwia aktywne

0 10 20 30 40 50 m

ZBIORKCZE ZESTAWIENIE WYNIKÓW WIEKUCZENIA

(Karta otworu wiertniczego) Leluchów-1

Fig. 4.1

		Miejscowość: Muszyna Gmina: Muszyna Powiat: nowosądecki Województwo: małopolskie		Wykonawca: GEOTEST Tychy Inwestor bezpośredni: MP MOSTY Geolog dokumentator: dr hab. Antoni Wójcik	
		Współrzędne geograficzne: 20°54'51" 49°19'37"		Rzędna terenu: 494,0 m.n.p.m Głębokość odwiercona: 5,1 m	
System i sposób wiercenia: mechaniczny, obrotowy Sposób pobierania próbek skał: do skrzyniek Miejsce przechowywania próbek skał: magazyn OK PIG, Kraków, ul. Skrzatów 1					
Opis litologiczny warstw					
Skala [m]	Profil litologiczny	Wiek	Próby	Opis	
1				0,00 - 1,70 m	gliny z rumoszem piaszczawym zwietrzałym
2				1,70 - 2,20 m	rumosz łupkowy zagliniony
3				2,20 - 2,40 m	fragmenty zlustrowanych łupków
4				2,40 - 4,20 m	gliny plastyczne z rumoszem piaszczawym
5				4,20 - 4,60 m	rumosz silnie zwietrzałych piaszczawców
				4,60 - 5,10 m	rumosz świeżego piaszczawca średnioziarnistego

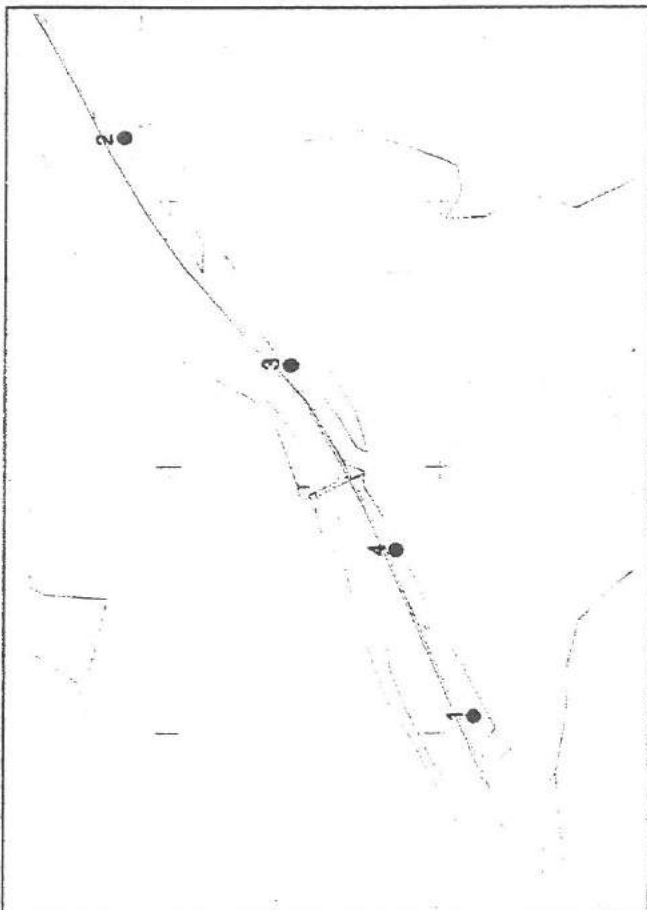
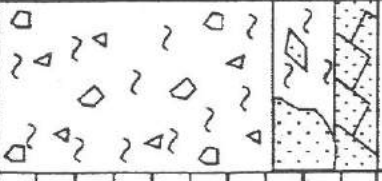
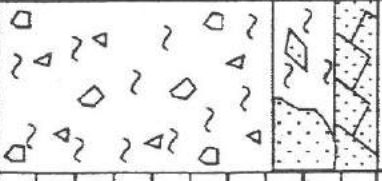
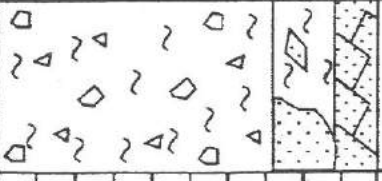
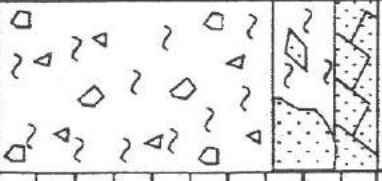
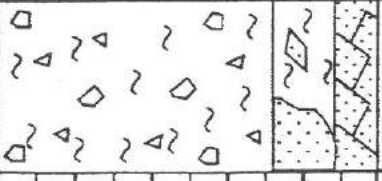
CZWARTORZĘD

• PLO1

ZBIORCZE ZESTAWIENIE WYNIKÓW WIERCENIA

Fig. 42

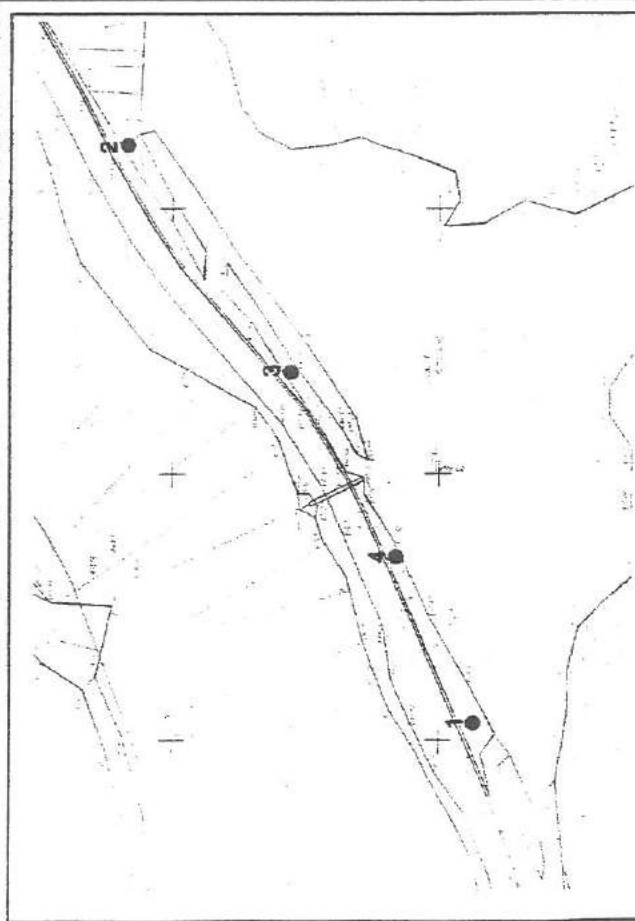
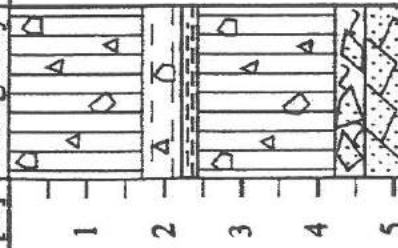




(Karta otworu wiertniczego) Leluchów-2

		Miejscowość: Muszyna Gmina: Muszyna Powiat: nowosądecki Województwo: małopolskie		Wykonawca: GEOTEST Tychy Inwestor bezpośredni: MP MOSTY Geolog dokumentator: dr hab. Antoni Wójcik	
		Współrzędne geograficzne: 20°54'48" 49°19'37"		Rzędna terenu: 485 m.n.p.m Głębokość odwiercona: 5,0 m	
System i sposób wiercenia: mechaniczny, obrotowy Sposób pobierania próbek skał: do skrzynek Miejsce przechowywania próbek skał: magazyn OK PIG, Kraków, ul. Skrzatów 1					
Opis litologiczny warstw					
Skala [m]	Profil litologiczny	Wiek	Próby	0,00-3,70 m gliny piaszczyste z ostrokrawędzistym rumoszem zwietrzałych piaskowców (na głębokości 3,5 m silny dopływ wody) 3,70- 4,40 m silnie zagliniony rumosz piaskowców 4,40- 5,00 m rumosz piaskowcowy zagliniony	
1		CZWARTORZĘD	• PLO2 • PL1/1		
2					
3					
4					
5					

ZBIORKCZE ZESTAWIENIE WYNIKÓW WIERCENIA

(Karta otworu wiertniczego) Leluchów-1

Fig. 4.1

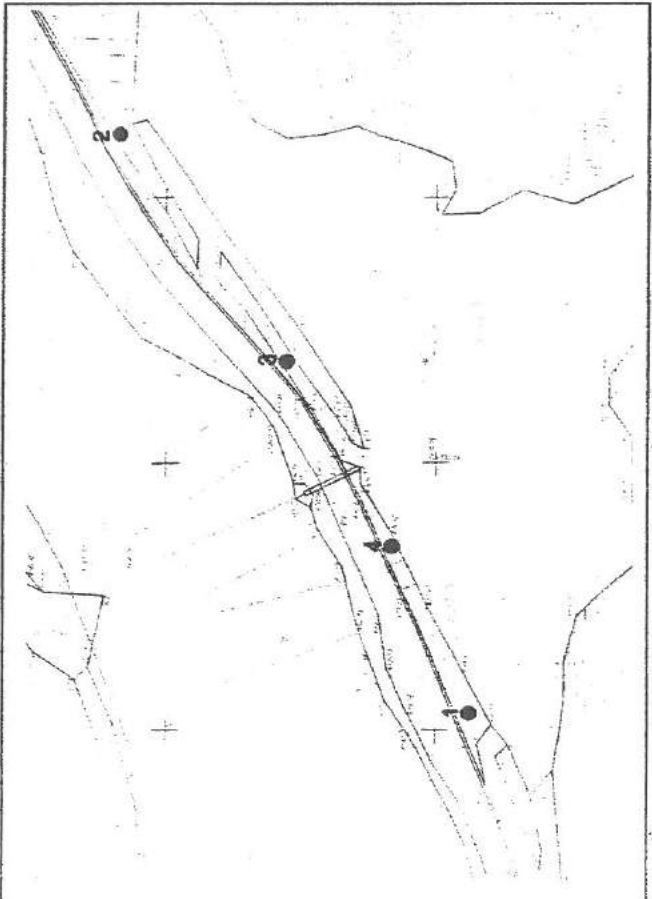
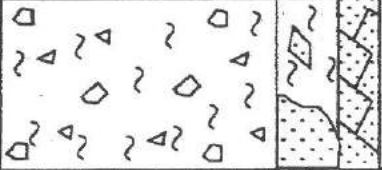
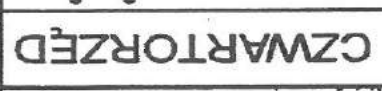



		Miejscowość: Muszyna Gmina: Muszyna Powiat: nowosądecki Województwo: małopolskie		Wykonawca: GEOTEST Tychy Inwestor bezpośredni: MP MOSTY Geolog dokumentator: dr hab. Antoni Wójcik	
Współrzędne geograficzne: 20°54'51" 49°19'37"		Rzędna terenu: 494,0 m.n.p.m		Głębokość odwiercona: 5,1 m	
System i sposób wiercenia: mechaniczny, obrotowy Sposób pobierania próbek skał: do skrzyniek Miejsce przechowywania próbek skał: magazyn OK PIG, Kraków, ul. Skrzatów 1					
Opis litologiczny warstw					
Skala [m]	Profil litologiczny	Wiek Próby	Opis litologiczny warstw		
1		• PLO1	0,00 - 1,70 m	gliny z rumoszem piaszkowcowym zwietrzałym	
2			1,70 - 2,20 m	rumosz łupkowy zagliniony	
3			2,20 - 2,40 m	fragmenty złustrowanych łupków	
4			2,40 - 4,20 m	gliny plastyczne z rumoszem piaszkowcowym	
5			4,20 - 4,60 m	rumosz silnie zwietrzałych piaszkowców	
			4,60 - 5,10 m	rumosz świeżego piaskowca średnioziarnistego	

CZWARTORZĘD

ZBIORCZE ZESTAWIENIE WYNIKÓW WIERCENIA

Fig. 42

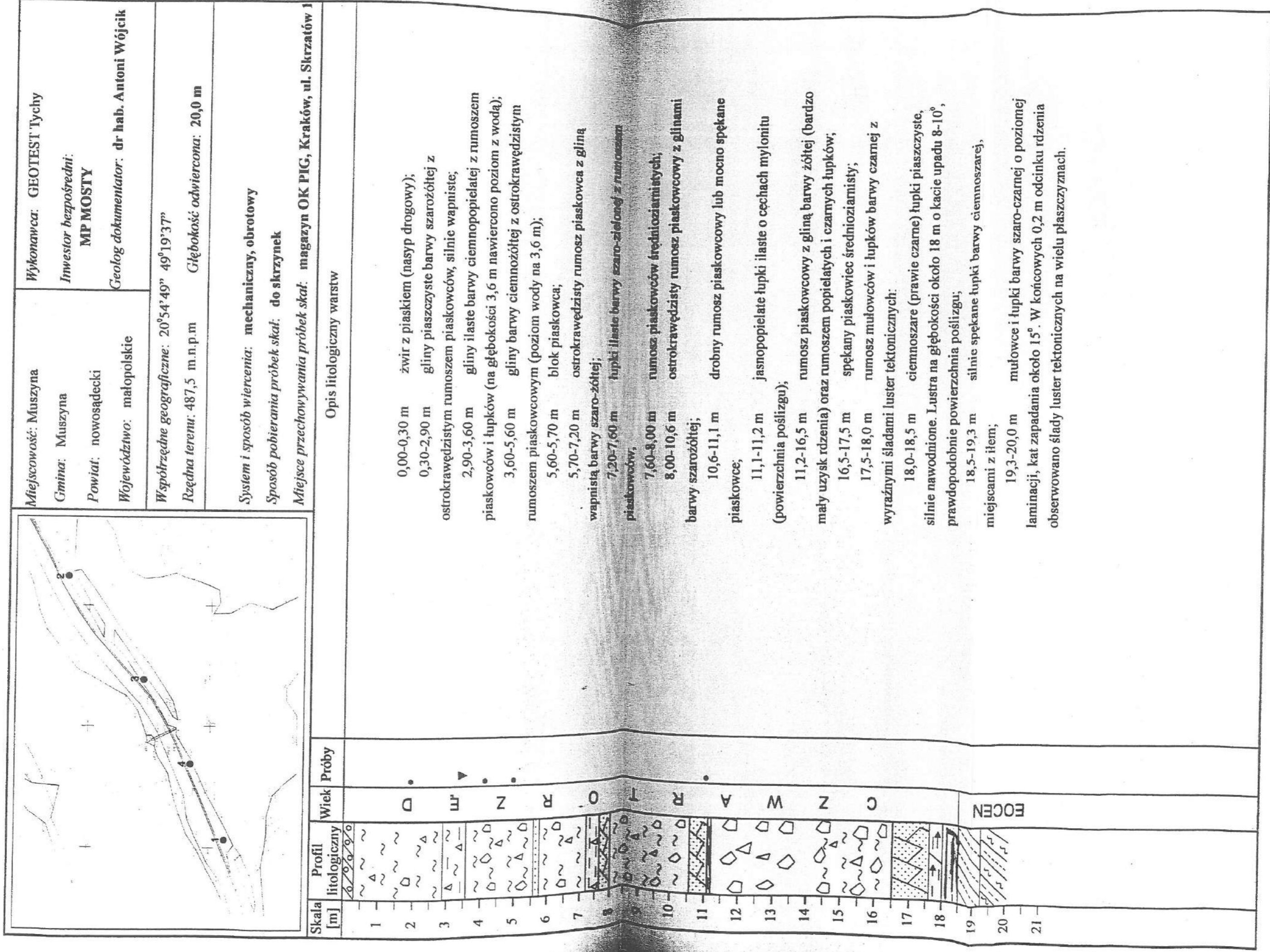
(Karta otworu wiertniczego) **Leluchów-2**

		Wykonawca: GEOTEST Tychy Inwestor bezpośredni: MP MOSTY Geolog dokumentator: dr hab. Antoni Wójcik	
		Miejscowość: Muszyna Gmina: Muszyna Powiat: nowosądecki Województwo: małopolskie	
Współrzędne geograficzne: 20°54'48" 49°19'37" Rzędna terenu: 485 m.n.p.m Głębokość odwiercona: 5,0 m			
System i sposób wiercenia: mechaniczny, obrotowy Sposób pobierania próbek skal: do skrzynek Miejsce przechowywania próbek skal: magazyn OK PIG, Kraków, ul. Skrzatów 1			
Opis litologiczny warstw			
Skala [m]	Profil litologiczny	Wiek	Próby
1		CZWARTORZĘD	• PLO2
2			• PL1/1
3			
4			
5			
	0,00-3,70 m	gliny piaszczyste z ostrokrawędzistym rumoszem zwietrziałych piaszczowców (na głębokości 3,5 m silny dopływ wody)	
	3,70- 4,40 m	silnie zagliniony rumoszcz piaszczowców	
	4,40- 5,00 m	rumoszcz piaszczowcowy zagliniony	

ZBIORCZE ZESTAWIENIE WYNIKÓW WIERCENIA

(Karta otworu wiertniczego) Leluchów-3

Fig. 43



Miejscowość: Muszyna
 Gmina: Muszyna
 Powiat: nowosądecki
 Województwo: małopolskie

Wykonawca: GEOTEST Tychy
 Inwestor bezpośredni: MP MOSTY
 Geolog dokumentator: dr hab. Antoni Wójcik

Współrzędne geograficzne: 20°54'49" 49°19'37"

Rzędna terenu: 487,5 m.n.p.m Głębokość odwiercona: 20,0 m

System i sposób wiercenia: mechaniczny, obrotowy
 Sposób pobierania próbek skal: do skrzynek

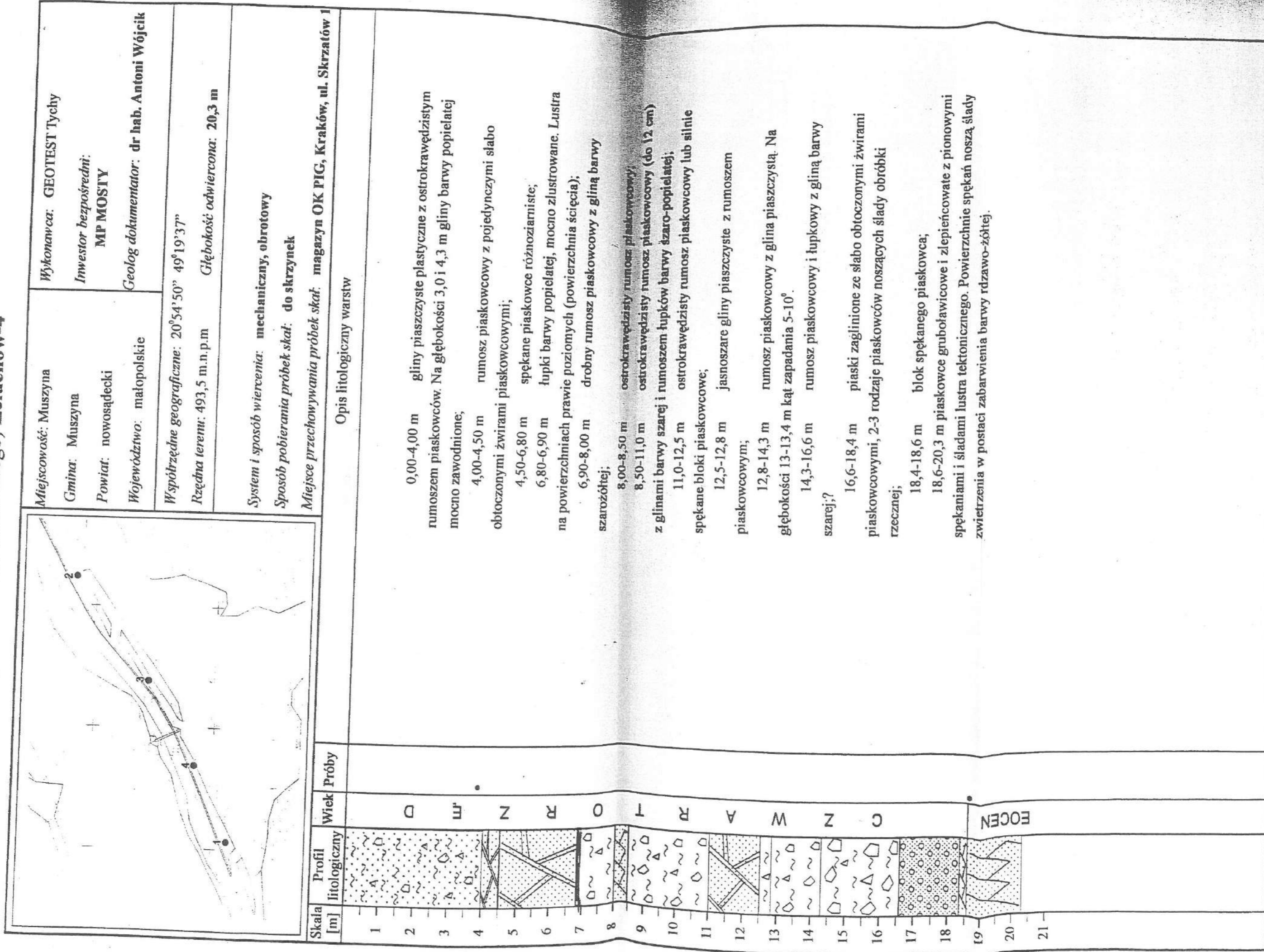
Miejsce przechowywania próbek skal: magazyn OK PIG, Kraków, ul. Skrzatów 1

Opis litologiczny warstw

ZBIORCZE ZESTAWIENIE WYNIKÓW WIERCENIA

(Karta otworu wiertniczego) Leluchów-4

Fig. 44



Miejscowość: Muszyna
Gmina: Muszyna
Powiat: nowosądecki
Województwo: małopolskie

Wykonawca: GEOTEST Tychy
Inwestor bezpośredni: MP MOSTY
Geolog dokumentator: dr hab. Antoni Wójcik

Współrzędne geograficzne: 20°54'50" 49°19'37"
Rzędna terenu: 493,5 m.n.p.m. **Głębokość odwiercona:** 20,3 m

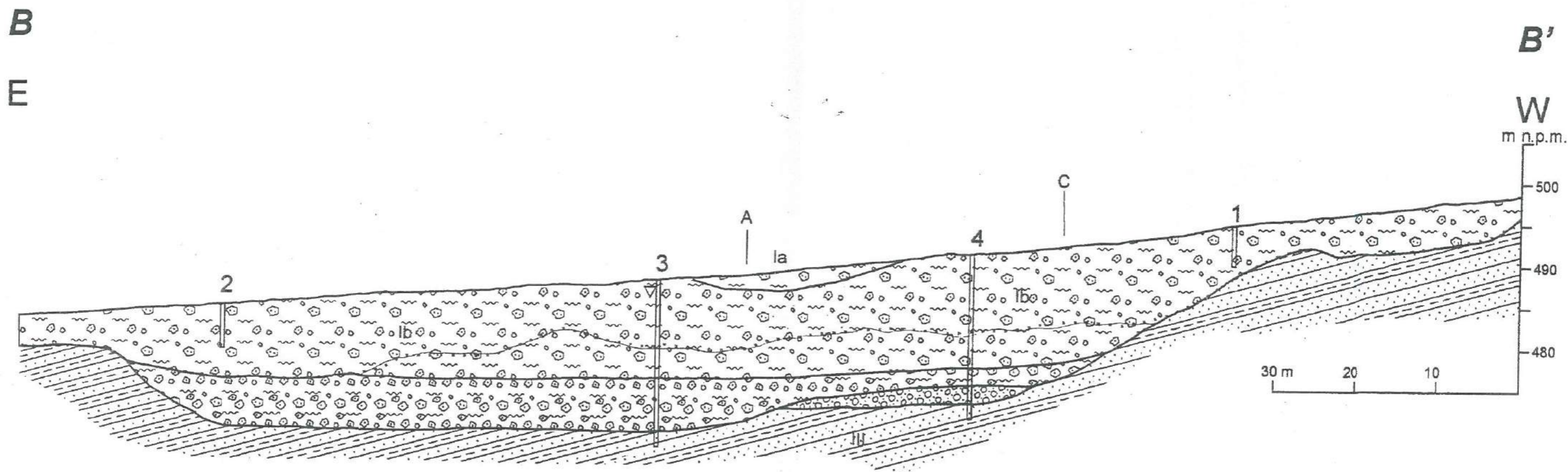
System i sposób wiercenia: mechaniczny, obrotowy
Sposób pobierania próbek skał: do skrzyniek





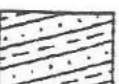
Miejsce przechowywania próbek skał: magazyn OK PIG, Kraków, ul. Skrzatów 1






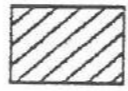
Opis litologiczny warstw

Przekrój B-B' przez osuwisko w Muszynie

Fig. 5



-  gliny z rumoszem
-  rumosze, gliny i pakiety fliszu
-  bloki i pakiety fliszu
-  piaskowce z Piwnicznej
-  łupki w obrębie piaskowców z Piwnicznej

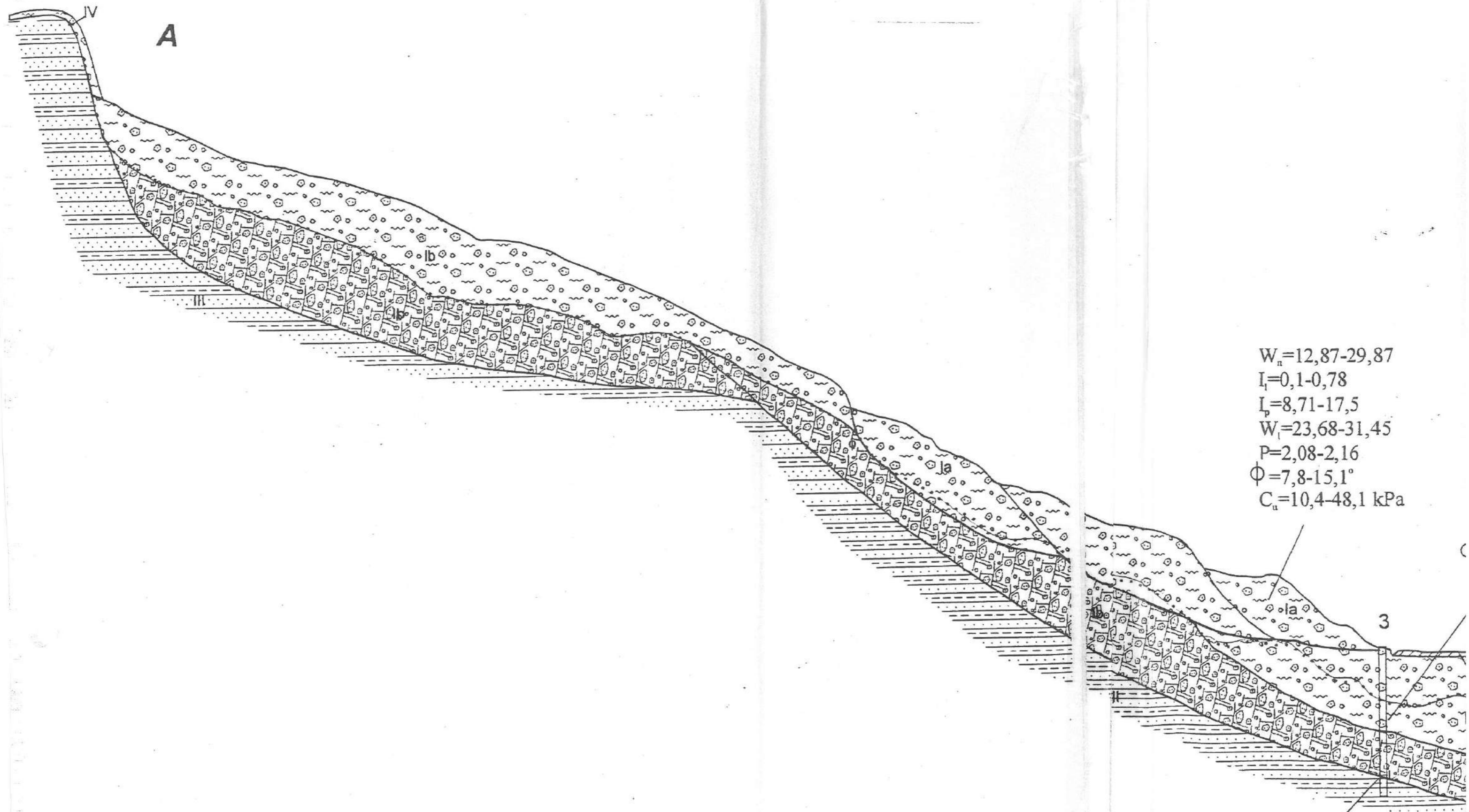
-  żwiry i piaski rzeczne
-  poziom wód gruntowych
-  obszar wiertniczy
-  wyniki prac sejsmicznych (przy prędkości 400-700 m/s)
-  powierzchnie poślizgu
-  nasypy drogowe

prace podobnie jak w Muszynie

Przekrój A-A' przez wisko w Muszynie

SE

A



$W_n=12,87-29,87$
 $I_t=0,1-0,78$
 $I_p=8,71-17,5$
 $W_l=23,68-31,45$
 $P=2,08-2,16$
 $\phi=7,8-15,1^\circ$
 $C_u=10,4-48,1 \text{ kPa}$

$\phi=16,1^\circ$
 $C_u=8,9 \text{ kPa}$

Objaśnienia jak na fig. 5

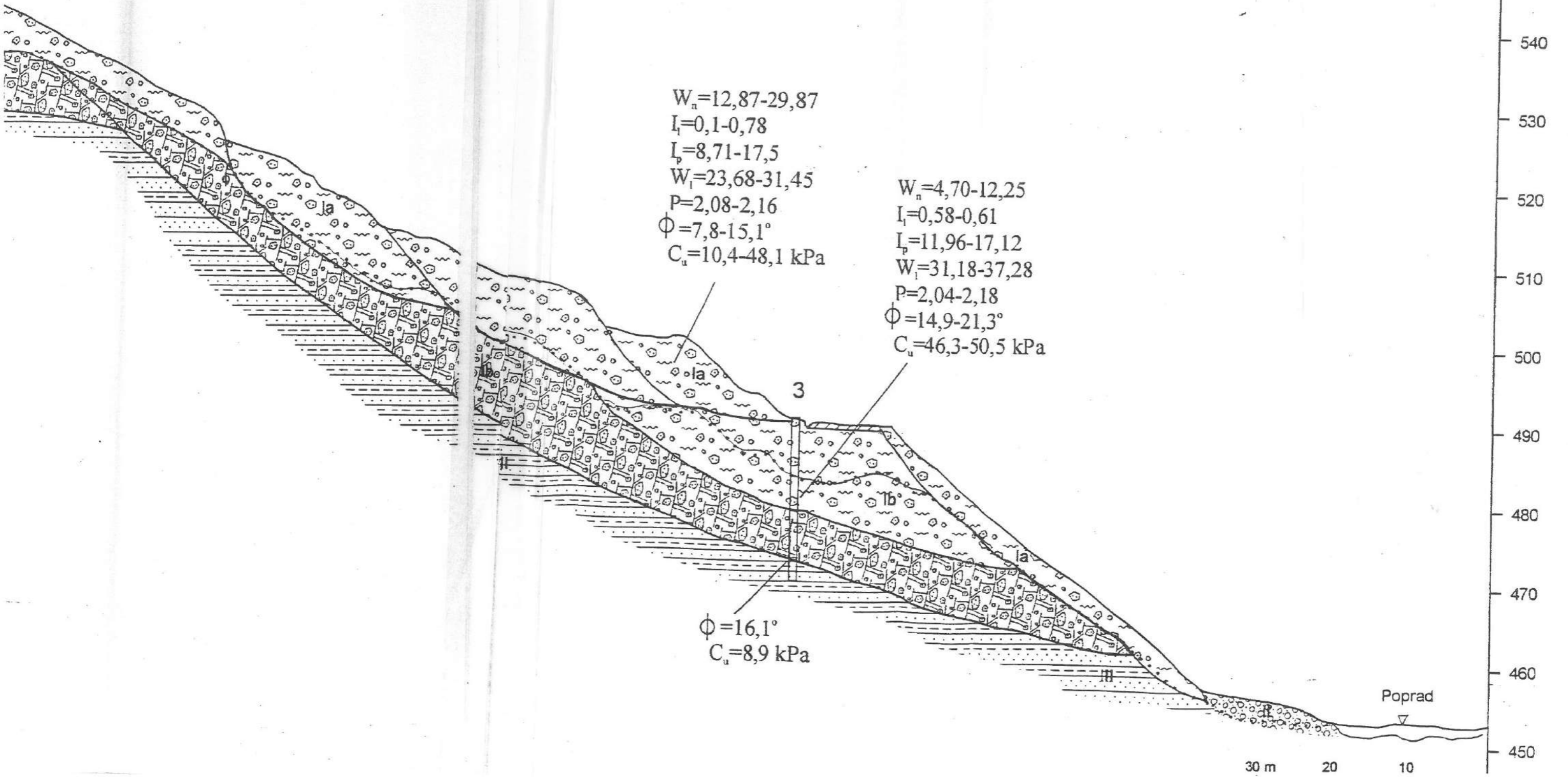
Przekrój A-A' przez wisko w Muszynie

Fig. 6

NW

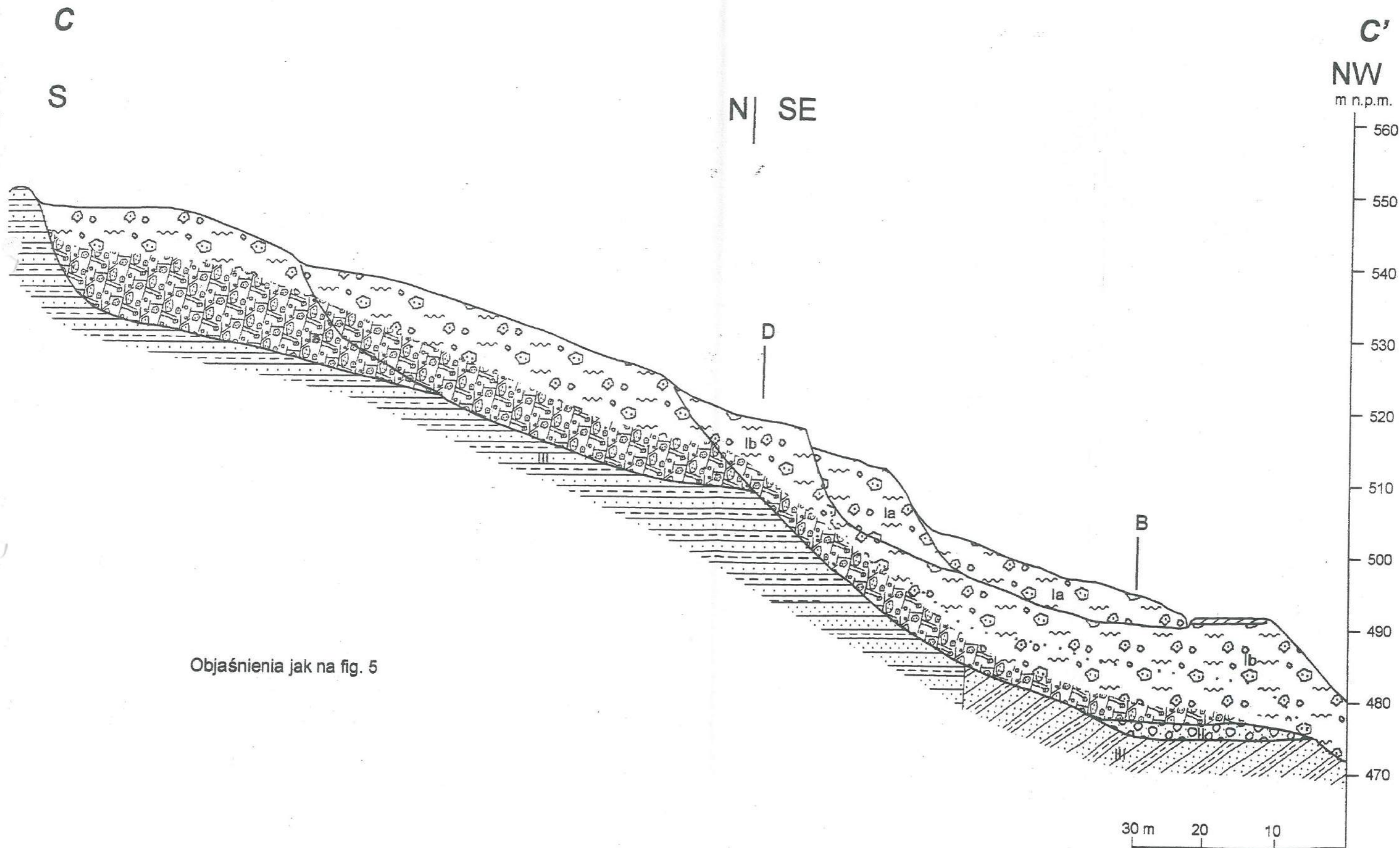
m n.p.m.

A'



Przekrój C-C' przez osuwisko w Muszynie

Fig. 7



Objaśnienia jak na fig. 5

Fig. 8

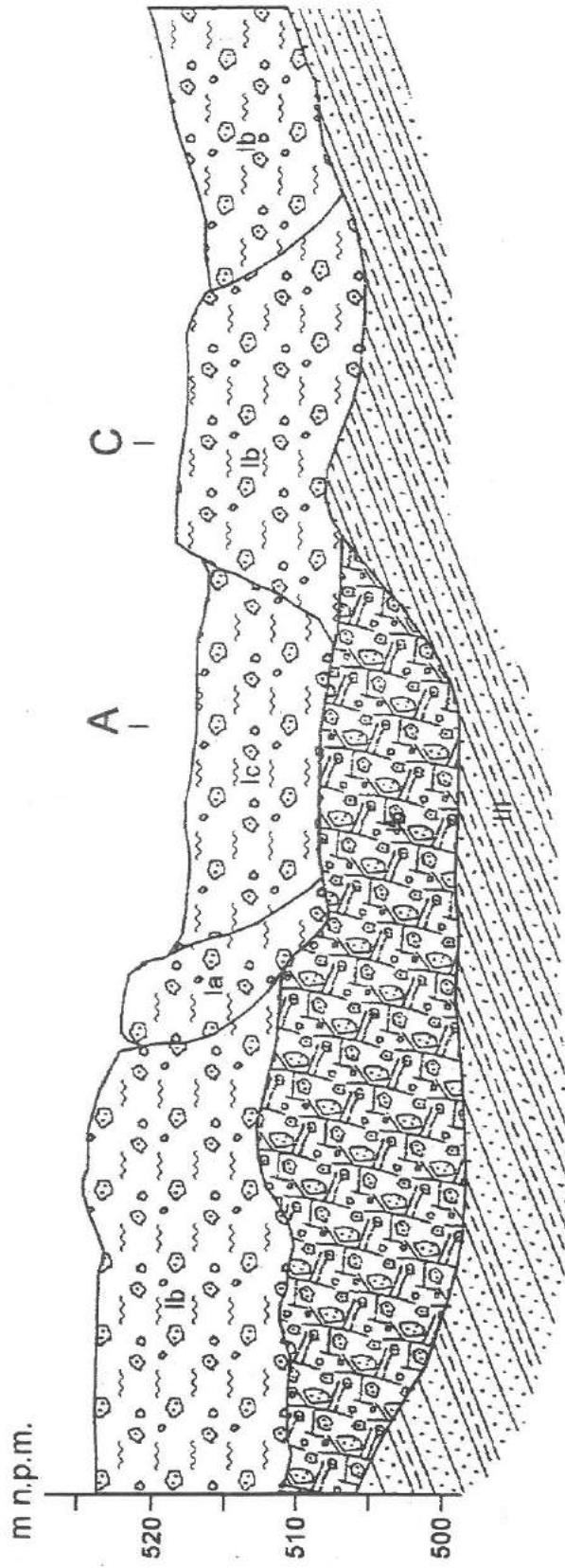
Przekrój D-D' przez osuwisko w Muszynie

D

D'

E

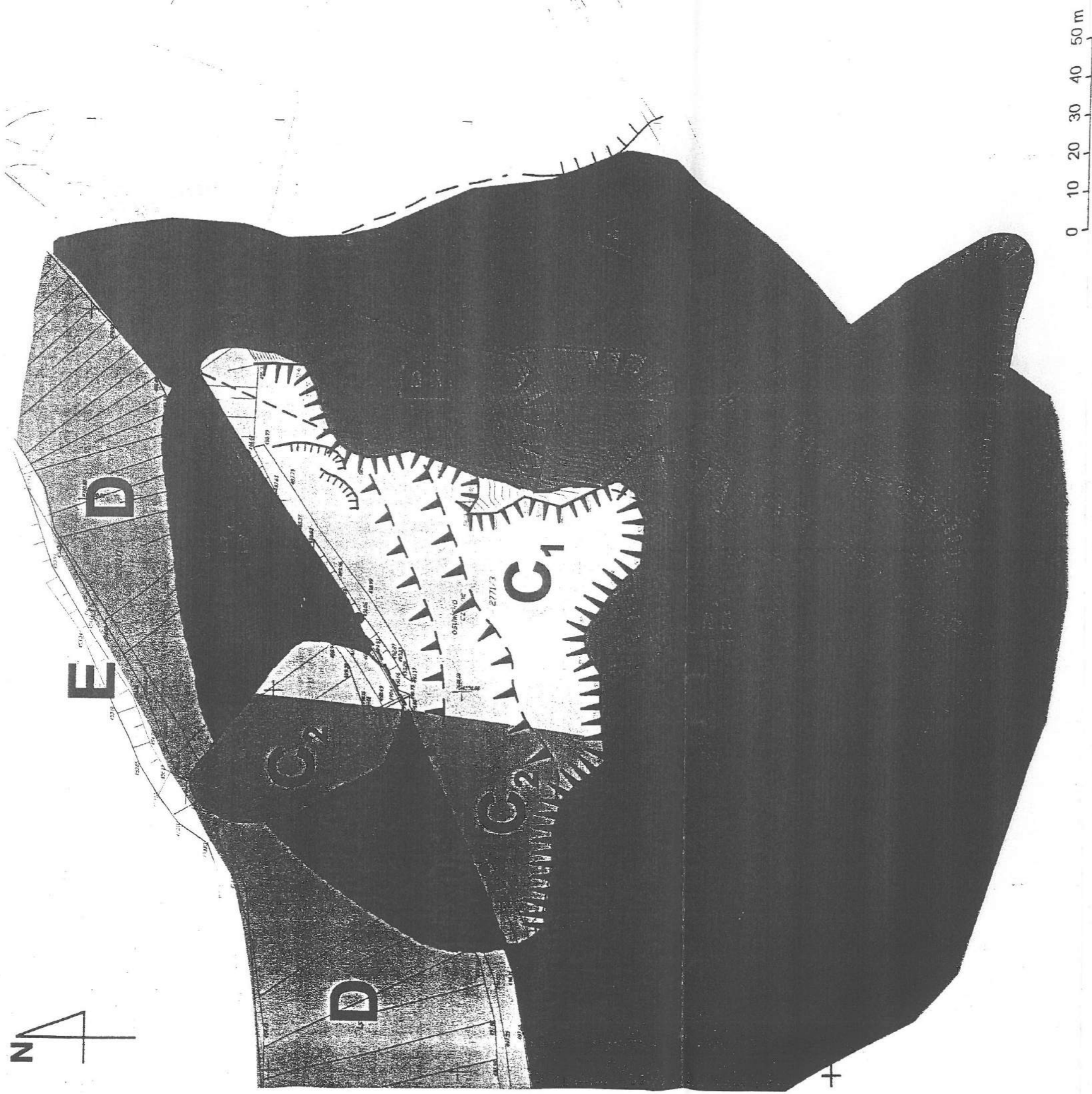
W



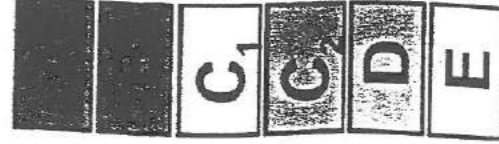
Objaśnienia jak na fig. 5

Osuwisko w Muszynie na drodze Muszyna-Leluchów
Rejony geologiczno-inżynierskie

1999



Rejony geologiczno-inżynierskie



obszar stoków skalnych z pokrywą deluwialno-zwietrzelinową

obszar stoków osuwiskowych

obszar stoków z aktywnymi osuwiskami na wychodniach piaskowców

obszar stoków z aktywnymi osuwiskami na wychodniach łupkowo-piaskowcowych

obszar stoku krawędzistego o nachyleniu 25°

obszar teras zalewowych

Wyniki badań geofizycznych osuwiska w Muszynie przy drodze Muszyna-Leluchów

Wykonawcy:

Prof. dr hab. inż. Ryszard Ślusarczyk, dr inż. Jerzy Dec, mgr inż. Jerzy Ziętek

mgr inż. Andrzej Bugajski

Akademia Górniczo-Hutnicza

(20 załączników graficznych 11.1 – 11.18)

Interpretacja wyników badań i opracowanie modelu osuwiska „Leluchów” na podstawie badań sejsmicznych, georadarowych i geoelektrycznych

Na osuwisku w rejonie Leluchowa wykonano badania sejsmiczne, georadarowe i geoelektryczne. Celem badań było zbadanie struktury rozległego osuwiska i określenie płaszczyzny odkucia, a zwłaszcza wyznaczenie głębokości tej płaszczyzny jako powierzchni poślizgu w aspekcie oceny zagrożenia drogi biegnącej do rozbudowywanego przejścia granicznego w Leluchowie.

Profile usytuowano (rys.1) w rejonie widocznego w terenie przemieszczenia utworów przypowierzchniowych z uwzględnieniem możliwości przeprowadzenia pomiarów. Ze względu na strome zbocze, porośnięte wysokimi drzewami, miejscami powalonymi, warunki pomiarowe należy uznać za bardzo trudne. Warunki te spowodowały, że realizacja pomiarów była żmudna i niebezpieczna, a jakość uzyskanych rejestracji sejsmicznych i radarowych nie jest w pełni zadowalająca.

W dalszej części sprawozdania zostaną omówione wyniki w zakresie wspomnianych metod geofizycznych.

Badania sejsmiczne

Badania sejsmiczne zostały zlokalizowane wzdłuż czterech profili w obrębie osuwiska. Sytuacja profili jest przedstawiona na rys.1. Profile sejsmiczne zostały oznaczone kolorem czerwonym.

Profile I i II mają kierunek zgodny z osią osuwiska, a profile II i IV biegną poprzecznie do osi osuwiska. Badania wykonano metodą sondowań refrakcyjnych wzdłuż wymienionych profili.

Profil I, na którym wykonano trzy sondowania, miał długość 286m, a profil II z dwoma sondowaniami posiadał długość 190m. Podobnie profil III z dwoma sondowaniami miał długość 190m. Natomiast na profilu IV o długości 94m wykonano jedno sondowanie.

Orientacyjną relację pomiędzy krzyżówkami i odległości poszczególnych profili pokazuje rysunek 2.

Odległość między kanałami wynosiła 2m. Wzbudzanie udarowe fali przeprowadzano w 5ciu punktach dla każdego rozstawu. Interpretację wykonano metod hodografów zbieżnych przy założeniu błędu wiązania nie przekraczającego 3ms.

Na przekrojach sejsmicznych wydzielono strefę naruszoną i określono głębokość związłego podłoża. Prędkości w strefie nadkładu zawierały się w przedziale 400-700 m/s a w podłożu od 2000 do 3000 m/s. Prędkości graniczne dla warstw wiązanych z podłożem wskazują, że powierzchnię stropu tych warstw można korelować z płaszczyzną poślizgu osuwiska.

Wyniki badań

Profil I

Wzdłuż tego profilu wydzielić można dwie warstwy (rys.3). Pierwsza z nich o prędkościach fali P 400-700m/s to wilgotne koluwia z rumoszem skalnym. Druga warstwa to związłe masyw fliszowy o prędkościach fali P 2200-2500m/s. Granica sejsmiczna pomiędzy tymi warstwami wyznacza powierzchnię poślizgu wzdłuż tego profilu. W podłożu fliszowym

widoczne są dwie formy morfologiczne w postaci niecki oddzielone od siebie pionową granicą zmiany prędkości fali P we fliszu.

Profil II

Podobny obraz ośrodka (rys.4) uzyskujemy wzdłuż profilu II biegnącego wzdłuż drogi Muszyna-Leluchów i usytuowanego poprzecznie do profilu I. W podłożu wydzielić można trzy strefy różniące się prędkością. Pierwsza strefa to niecka o prędkościach fali P we fliszu pomiędzy 2200 a 2500m/s. Druga strefa będąca również niecką cechuje się prędkościami o wartości około 3000m/s (piaskowce gruboławicowe?). Trzecia strefa stanowi wyniesiony brzeg niecki o prędkościach około 2500m/s. Pionowe granice zmian prędkości można z pewną rezerwą korelować z ewentualnymi strefami uskoków.

Profil III

Dwuwarstwowy przekrój wzdłuż tego profilu (rys.5) jest bardzo podobny do widocznego na profilu I. Górna niecka jest obcięta, gdyż profil ten zaczynał się nieco niżej niż profil I. W centralnej niecce prędkość jest stała i wynosi około 2400m/s. Poniżej drogi (końcówka przekroju) mała prędkość 1640m/s może być związana z błędem pomiarowym (trudne warunki terenowe).

Profil IV

Widoczny tu, również dwuwarstwowy przekrój (rys.6) pokazuje w masywie fliszowym podłoża dwie strefy o odmiennych własnościach oddzielone granicą pionową zmiany prędkości z 1600 na 2300m/s (uskok?).

Uwagi końcowe

Badania sejsmiczne wskazują wyraźnie na dwuwarstwowy model ośrodka. Warstwę pierwszą o prędkościach sejsmicznej fali P w przedziale 400-700m/s stanowią koluwia.

Warstwę drugą stanowi masyw fliszowy w obrębie którego prędkości fali P osiągają wartości powyżej 2000m/s. Granica sejsmiczna pomiędzy tymi warstwami wyznacza powierzchnię poślizgu.

Z wartości prędkości wynika, że koluwia są wilgotne z grubym rumoszem skalnym, a w ich obrębie nie zaznacza się poziom wody jako granica sejsmiczna.

Biorąc pod uwagę planowane otwory wiertnicze należy przyjąć, że przypuszczalna głębokość granicy związanej z płaszczyzną poślizgu odpowiada głębokości granicy sejsmicznej o prędkości granicznej ponad 2000m/s (rys.3,4,5,6).

Badania georadarowe

Podstawy metody georadarowej

Metoda georadarowa należy do grupy metod radiofalowych. Aparatura pomiarowa składa się m.in. z dwu anten: nadawczej i odbiorczej. Antena nadawcza emituje w głąb górotworu falę elektromagnetyczną, która rozchodząc się ulega odbiciu, załamaniu i tłumieniu. Najważniejszym zjawiskiem, z punktu widzenia metody georadarowej, jest odbicie fali na granicy dwóch ośrodków. Fala odbita rejestrowana jest przez antenę odbiorczą.

Otrzymany obraz falowy jest odzwierciedleniem budowy geologicznej ośrodka. Z uwagi na duże tłumienie fali elektromagnetycznej, jak również niewielką moc anteny

nadawczej, zasięg metody georadarowej nie przekracza na ogół kilkunastu metrów. Głębokość penetracji zależy od warunków geologicznych i wilgotności badanego ośrodka oraz od częstotliwości emitowanej fali e.m.

Metoda georadarowa ma szereg zalet. Pomiaru georadarowe nie powodują żadnego zniszczenia terenu. Dzięki temu można wykonywać pomiary georadarowe na terenach chronionych (rezerwach, parkach narodowych), wewnątrz budynków (w kościołach - lokalizacja krypt, itp.), badać drogi, pasy startowe lotnisk, itp. Metoda ta pozwala na natychmiastową, wstępną ocenę wyników, już w trakcie pomiarów terenowych. Jakość zarejestrowanych rezultatów, znacznie bardziej niż w innych metodach geofizycznych, zależy od poprawnego doboru parametrów pomiarowych. Dotyczy to przede wszystkim prawidłowego doboru częstotliwości anten, wzmocnienia sygnału, parametrów filtrów i in. Bardzo często warunki terenowe (nierówności gruntu, niecki, zagłębienia, poszycie leśne, krzaki, drzewa i in.) praktycznie uniemożliwiają wykonanie pomiarów. Współczynnik odbicia na granicy dwóch ośrodków jest tym większy, im większy jest kontrast stałych dielektrycznych tych ośrodków. Ponadto wartość stałej dielektrycznej ma zasadniczy wpływ na prędkość propagacji fali e.m. w ośrodku geologicznym

Dla skał osadowych: piasków, piaskowców, ilów, wapieni i dołomitów wartość ϵ zależy przede wszystkim od ich porowatości i wilgotności, a w mniejszym stopniu od ich składu mineralnego. Minimalne wartości stałej dielektrycznej obserwuje się w skałach osadowych o wysokim współczynniku porowatości, lecz nie nasyconych wodą, maksymalne w tych samych skałach nasyconych wodą w 100%.

Aparatura pomiarowa

Pomiary wykonano georadarem RAMAC/GPR produkcji szwedzkiej firmy MALA GEOSCIENCE. Radar ten może współpracować z dziewięcioma kompletami anten o częstotliwościach: 10, 25, 50, 100, 200, 400, 500, 800 i 1000 MHz. Są to anteny bistatyczne, monostatyczne, ekranowane i nieekranowane. Anteny połączone są z jednostką centralną światłowodami. Aparatura zapisuje próbki w formacie 16 bitowym, amplituda pojedynczej próbki może się więc zmieniać od 0 do 65000.

Maksymalna liczba złożzeń (sumowań) sygnału wynosi nawet 32768, co praktycznie całkowicie eliminuje niskoamplitudowy szum losowy i zwiększa niesłuchanie stosunek S/N.

Georadar ten jest sterowany podłączonym komputerem IBM PC (notebookiem). Podstawowy pakiet oprogramowania umożliwia wybór podstawowych parametrów pomiarowych (długość okna czasowego, wzmocnienie sygnału), zawiera on ponadto podstawowe procedury interpretacyjne.

Metodyka pomiarowa

Istnieją trzy główne sposoby wykonywania pomiarów georadarowych:

- profilowanie,
- profilowanie prędkości,
- prześwietlanie i tomografia.

W pierwszym z nich obie anteny (nadawcza i odbiorcza) są przesuwane równocześnie wzdłuż profilu. W wariancie podstawowym obie anteny znajdują się w stałej, niewielkiej odległości od siebie. Bardzo ważny jest dobry kontakt anten z podłożem. W przypadku uniesienia, poderwania anten w górę momentalnie powstają wielokrotne impulsy (pomiędzy antenami i powierzchnią gruntu), które maskują refleksy rzeczywiste pochodzące od granic litologicznych.

Drugim, bardzo ważnym sposobem wykonywania pomiarów georadarowych jest profilowanie prędkościowe, zwane WARR (Wide Angle Reflection and Refraction) lub CMP

(Common Mid Point). Służy ono do obliczenia prędkości fali elektromagnetycznej w miejscu pomiaru. Znajomość prędkości fali e.m. jest niezbędna do obliczenia skali głębokościowej rejestrowanych echogramów. Warunki terenowe istniejące na osuwisku (znaczne nachylenie powierzchni pomiarowej i szata roślinna) uniemożliwiły wykonanie profilowania WARR zatem prędkość fali e.m. niezbędną do określenia skali głębokościowej przyjęto z danych literaturowych.

Wyniki pomiarów

Lokalizację wykonanych profili pomiarowych przedstawiono na rys.1. Profile 2,3,4 wykonano antenami nieekranowanymi o częstotliwości 50 MHz a profile 5 i 6 anteną ekranowaną o częstotliwości 250 MHz. Wszystkie pomiary wykonano stosując wyzwalacze odległościowe: nitkowy dla anten 50 MHz i kółko pomiarowe dla anteny 250 MHz. Należy podkreślić, że bardzo trudne warunki terenowe miały niewątpliwie znaczny, negatywny wpływ zarówno na jakość uzyskanych echogramów jak i dokładność dowiązania geodezyjnego.

Dokładna analiza całego uzyskanego materiału pomiarowego prowadzi do stwierdzenia, że na żadnym profilu nie osiągnięto głównej płaszczyzny odkucia osuwiska lub też kontrast prędkości fali e.m. na tej płaszczyźnie jest zbyt mały aby zaznaczyć się w zapisie georadaru. Możliwe jest natomiast wyznaczenie szeregu lokalnych, wtórnych płaszczyzn osunięć.

Wprowadzony do echogramów profili 2 i 3 kształt powierzchni topograficznej posiada znacznie mniejsze nachylenie niż w rzeczywistości. Spowodowane jest to ograniczeniami programu przetwarzającego dane georadarowe. Nachylenie terenu widoczne na echogramie profilach 4 i 6 jest zbliżone do rzeczywistego.

Profil nr 2

Rzeczywisty zasięg głębokościowy georadaru nie przekracza ok. 18m. Pomiedzy 48 a 65 mb profilu widoczne jest silne zakłócenie spowodowane obecnością rozłożonego w niedużej odległości kabla sejsmicznego. W całym echogramie nie da się wyznaczyć wyraźnie widocznych płaszczyzn osunięć. Widoczna jest jedynie słabo korelująca się granica przebijająca się do powierzchni około 60 mb profilu.

Profil nr 3

Profil ten jest równoległy do profilu 2, przeciwny jest natomiast kierunek przesuwania anten. Profil został skrócony o ok. 30 m przy czym koniec profilu 2 i początek 3 pokrywają się. Słabo widoczna na profilu 2 płaszczyzna osunięcia zaznacza się również na profilu 3.

Profil nr 4

Chęć odwzorowania rzeczywistego nachylenia terenu spowodowała rozdzielanie echogramu na dwie części. W części drugiej wyraźnie widoczna jest płytka płaszczyzna odkucia (na głębokości 4 – 7 m). Natomiast wyznaczenie głębszych płaszczyzn ześlizgu jest zdecydowanie zbyt mało wiarygodne. W części pierwszej echogramu można wyznaczyć długą płaszczyznę (około 55 m), która może być jedną z płaszczyzn ześlizgu.

Profil nr 5

W odróżnieniu od poprzednich rejestracji zastosowano ekranowaną antenę 250 MHz. Profil wytyczony został równoległy do drogi, około 1.5 m powyżej poziomu jezdni. Z uwagi na wybudowaną drogę hipotetyczna płaszczyzna odkucia powinna mieć najmniejszą głębokość zalegania w miejscu lokalizacji profilu. Zasięg głębokościowy na całym profilu nie przekracza 3 – 3,5 m, jedynie w końcowej części widoczne są refleksy z głębokości 5.5 – 7 m.

Na głębokości około 2 m wyróżnia się poziomy refleks widoczny od 17 mb i kontynuujący się do końca profilu. Refleks ten może być odwzorowaniem przebiegającej poniżej płaszczyzny ześlizgu.

Profil nr 6

Profil ten wykonano również ekranowaną anteną 250 MHz. Naniesiony kształt powierzchni topograficznej jest zbliżony do rzeczywistego nachylenia terenu. Na echogramie można wyróżnić stosunkowo dobrze korelujące się płaszczyzny. Zasięg głębokościowy miejscami dochodzi do 8 metrów.

Badania geoelektryczne

Opis warunków podłoża

Podłoże stanowią piaskowce luźne, zwarte i łupki ilaste. Tworzą one stok o nachyleniu ok. 40° opadający w kierunku rzeki Poprad. Strop piaskowców zwartych może występować do głębokości ok. 25m. W miejscu przecięcia stoku drogą asfaltową łączącą miejscowości Muszyna i Leluchów stwierdzono wycieki wody. Z uwagi na rejon prowadzonych badań wody te mogą mieć dużą mineralizację.

Piaskowce luźne mogą posiadać opór właściwy w przedziale $5 \times 10 - 5 \times 10^2$, piaskowce zwarte $2 \times 10^2 - 10^4$, a łupki ilaste $3 \times 10^2 - 10^4 \Omega m$ [1]. Przedziały oporu właściwego dla tych minerałów są podobne. Wynika z tego, że decydujący wpływ na zróżnicowanie przewodnictwa elektrycznego w badanym ośrodku może mieć woda gruntowa.

Zastosowane metody badawcze

W przeprowadzonych badaniach zastosowano metodę profilowania elektrooporowego i [2]. Istotą tej metody jest wytworzenie sztucznie pola elektrycznego w środowisku gruntowym przez układ elektrod zasilających np. AB, oraz wyznaczenie różnicy potencjału pomiędzy elektrodami pomiarowymi MN. Następnie oblicza się opór właściwy warstw gruntu (oporności), znajdujących się w obrębie wytwarzanego pola. Interpretacja polega na wydzieleniu takich podpowierzchniowych stref w ośrodku, które różnią się wartością oporności.

Oporność warstw podpowierzchniowych jest proporcjonalna do wartości różnicy potencjałów i określona jest wzorem:

$$\rho_k = k \cdot \frac{\Delta U}{I}$$

gdzie:

- ρ_k - opór właściwy [Ωm],
- ΔU - zmierzona różnica potencjałów na elektrodach MN [V],
- I - wartość prądu zasilającego elektrody prądowe AB [A],
- k - stała zależna od odległości między elektrodami.

W przypadku podłoża jednorodnego otrzymana wartość oporu właściwego jest zawsze równa rzeczywistemu oporowi właściwemu skał budujących podłoże. Zazwyczaj badane jest podłoże niejednorodne, zbudowane ze skał różniących się oporem właściwym i sposobem ułożenia w przestrzeni. Linie przepływu prądu w takim ośrodku ulegają załamaniu tworząc skuplikowany układ przestrzenny. Konsekwencją tego faktu jest pomiar i obliczenie zdolności przewodzenia prądu elektrycznego dla całego kompleksu skalnego, a wyliczony wg. podanego opór nazywany jest oporem pozornym.

Profilowanie elektrooporowe polega na wykonaniu w różnych punktach leżących wzdłuż linii profilu pomiarowego pomiarów oporu pozornego przy jednakowej odległości między elektrodami zasilającymi. Rejestrowane są w ten sposób zmiany oporu pozornego mierzonego przy jednakowej głębokości wnikania linii prądowych pola elektrycznego. Rozstaw układu elektrodowego w metodzie elektrooporowej oblicza się tak, aby zapewnić żadaną głębokość penetracji pola elektrycznego.

Opis wykonanych badań

Badania wykonano aparaturą zmiennoprądową ZMG wzdłuż profili I – I, II – II i III – III (porównaj zał.1). Wybór miejsca położenia profili dokonano na podstawie analizy morfologii powierzchni terenu. Profile I i III usytuowano równolegle do siebie wzdłuż stoku obok osuwiska, a profil II wzdłuż drogi prostopadle do stoku i osuwiska.

W profilowaniu elektrooporowym zastosowano symetryczny układ pomiarowy Wennera gdzie kolejne pomiary oporu pozornego wykonuje się przy zachowaniu stałego stosunku odległości między elektrodami AM, MN i NB równemu 1/3 odległości elektrod pomiarowych AB.

Wykonano profilowanie trójpoziomowe dla rozstawów: AB=80m i MN=13,33 m; AB=40 m i MN=6,66 m; AB=20 m i MN=3,33 m. Układ ten powinien odzwierciedlać opór pozorny podłoża do głębokości odpowiednio 20 m; 10 m i 5 m. Pomiary wykonano z krokiem pomiarowym 10 m. Wyniki pomiarów i obliczeń „przeprowadzonych dla k równych odpowiednio 80m – k=167,44, 40m – k=83,7, 20m k- 41,92, zestawiono w tabeli nr 1, 2 i 3. Na ich podstawie sporządzono wykresy profilowania elektrooporowego przedstawione na załącznikach nr 2,3 i 4.

Analiza wyników badań

Na podstawie trójpoziomowego profilowania elektrooporowego wykonanego wzdłuż trzech profili stwierdzono, że opory pozorne podłoża dla przyjętych zasięgów głębokościowych są podobne. Mieszczą się one w przedziałach od 70 do 240 Ω m. W danym punkcie pomiarowym profilu dla wszystkich trzech rozstawów AB różnice oporu są niewielkie. Nie przekraczają one w skrajnych przypadkach 60 Ω m dla poszczególnych rozstawów. Różnice te są znacznie mniejsze na profilach I i III wykonanych wzdłuż stoku, a trochę większe na profilu II poprzecznym do osuwiska. Potwierdza to podane na wstępie teoretyczne przedziały oporów właściwych dla piaskowców i łupków ilastych [1]. Wynika z tego, że na wartości mierzonych oporów pozornych decydujący wpływ mają wody gruntowe i zawilgocenie podłoża.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów nie można wyróżnić miejsc mogących być interpretowanych jako pochodzących od wychodni piaskowca lub jego dużych odłamków.

Potwierdzeniem znaczącego wpływu wód gruntowych na pomiary mają wyniki otrzymane na profilu II. Pomiedzy 60 i 120m występuje zniżenie oporu na wszystkich trzech rozstawach (150-70 Ω m) z minimum na 110m. Strefę tę zaznaczono jako anomalną na załączniku 1. Na podstawie obserwacji terenowych stwierdzono, że występują w niej wycieki wody. Pozwala to na powiązanie ze sobą wycieków wody ze strefą anomalii. Należy zauważyć, że strefa ta jest nieznacznie przesunięta w stosunku do centrum osuwiska.

Przez analogię wyznaczono strefę na profilu I. Wyznaczona anomalia pomiedzy 30 i 70 m o opornościach 120-160 Ω m rejestrowana jest na wszystkich trzech rozstawach. Bardzo małe różnice oporów pozornych w tej strefie pomiedzy poszczególnymi rozstawami AB (do 10 Ω m) może również sugerować małą głębokość położenie piaskowców zwartych (wychodnia?)

Uwagi końcowe

- Skąły podłóża – piaskowce zwarte, luźne i łupki ilaste charakteryzują się małym zróżnicowaniem oporów właściwych co utrudnia i wydzielenie metodami geoelektrycznymi.
- Profilowanie elektrooporowe nie wykazało występowania anomalii mogących być związanymi z występowaniem dużych brył piaskowca.
- Wyznaczone strefy anomalii o zaniżonym oporze podłóża są prawdopodobnie związane z migracją wód zmineralizowanych wód gruntowych.
- Celowym wydaje się połączenie badań georadarowych z sondowaniami PSE wykonywanym i w miejscach anomalii georadarowych.

Podsumowanie wyników badań geofizycznych

Korelacja wyników badań sejsmicznych, geoelektrycznych i georadarowych wskazuje, że ósrodek w obrębie osuwiska jest silnie zaburzony, zawodniony i zmineralizowany.

Badania geoelektryczne i georadarowe ze względu na znaczną głębokość osuwiska nie umożliwiły wyznaczenia głębokości podłóża a jedynie pozwalają na stwierdzenie znacznego zniszczenia strefy osuniętej.

Badania elektryczne nie wykazały obecności bloków skalnych a wyniki tych badań są miarodajne w bezpośrednim sąsiedztwie osuwiska.

Badania radarowe wskazują na obecność płaszczyzn, które występują w strefie naruszonej osuwiska. Ponadto na echogramach widoczne są dyfrakcje, które prawdopodobnie można wiązać z jakimiś krawędziami nie stwierdzonymi w innych badaniach.

Badania sejsmiczne wskazują wyraźnie na dwuwarstwowy model ósrodka. Warstwę pierwszą o prędkościach sejsmicznej fali P w przedziale 400-700m/s stanowią koluwia.

Warstwę drugą stanowi masyw fliszowy w obrębie którego prędkości fali P osiągają wartości powyżej 2000m/s. Granica sejsmiczna pomiędzy tymi warstwami wyznacza powierzchnię poślizgu.

Z wartości prędkości wynika, że koluwia są wilgotne z grubym rumoszem skalnym, a w ich obrębie nie zaznacza się poziom wody jako granica sejsmiczna.

Biorąc pod uwagę planowane otwory wiertnicze należy przyjąć, że przypuszczalna głębokość granicy związanej z płaszczyzną poślizgu odpowiada głębokości granicy sejsmicznej o prędkości granicznej ponad 2000m/s (rys.3,4,5,6).

LITERATURA:

[1] Dachnow W.N., Intierprietacija .iezultatow geofiziczeskich isledowanij razriezow. Gostoptiechizdat, Moskwa, 1962.

[2] Fajklewicz Z., Praca Zbiorowa, Zarys geofizyki stosowanej, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1972

Tabela nr 1 Wyniki pomiarów profilowania elektrooporowego
Profil I - I

Numer punktu	Rozstaw AB = 80 m; MN = 13,33 m;			Rozstaw AB = 40 m; MN = 6,66 m;			Rozstaw AB = 20 m; MN = 3,33 m;		
	k = 167,44			k = 83,7			k = 41,92		
	ΔU	I	ρ_k	ΔU	I	ρ_k	ΔU	I	ρ_k
0,0	135,0	110,0	206,0	195,0	70,0	233,0	510,0	120,0	178,0
10,0	150,0	125,0	201,0	220,0	82,0	225,0	730,0	175,0	175,0
20,0	73,0	73,0	167,0	79,0	36,0	184,0	240,0	65,0	155,0
30,0	49,0	56,0	147,0	420,0	235,0	150,0	260,0	68,0	160,0
40,0	36,0	43,0	140,0	105,0	59,0	149,0	1200,0	360,0	140,0
50,0	52,0	56,0	155,0	250,0	130,0	161,0	245,0	66,0	157,0
60,0	110,0	135,0	136,0	78,0	48,0	136,0	295,0	99,0	125,0
70,0	135,0	160,0	141,0	165,0	100,0	138,0	145,0	48,0	127,0
80,0	97,0	88,0	185,0	125,0	59,0	177,0	235,0	58,0	170,0
90,0	115,0	130,0	148,0	155,0	69,0	188,0	230,0	54,0	179,0

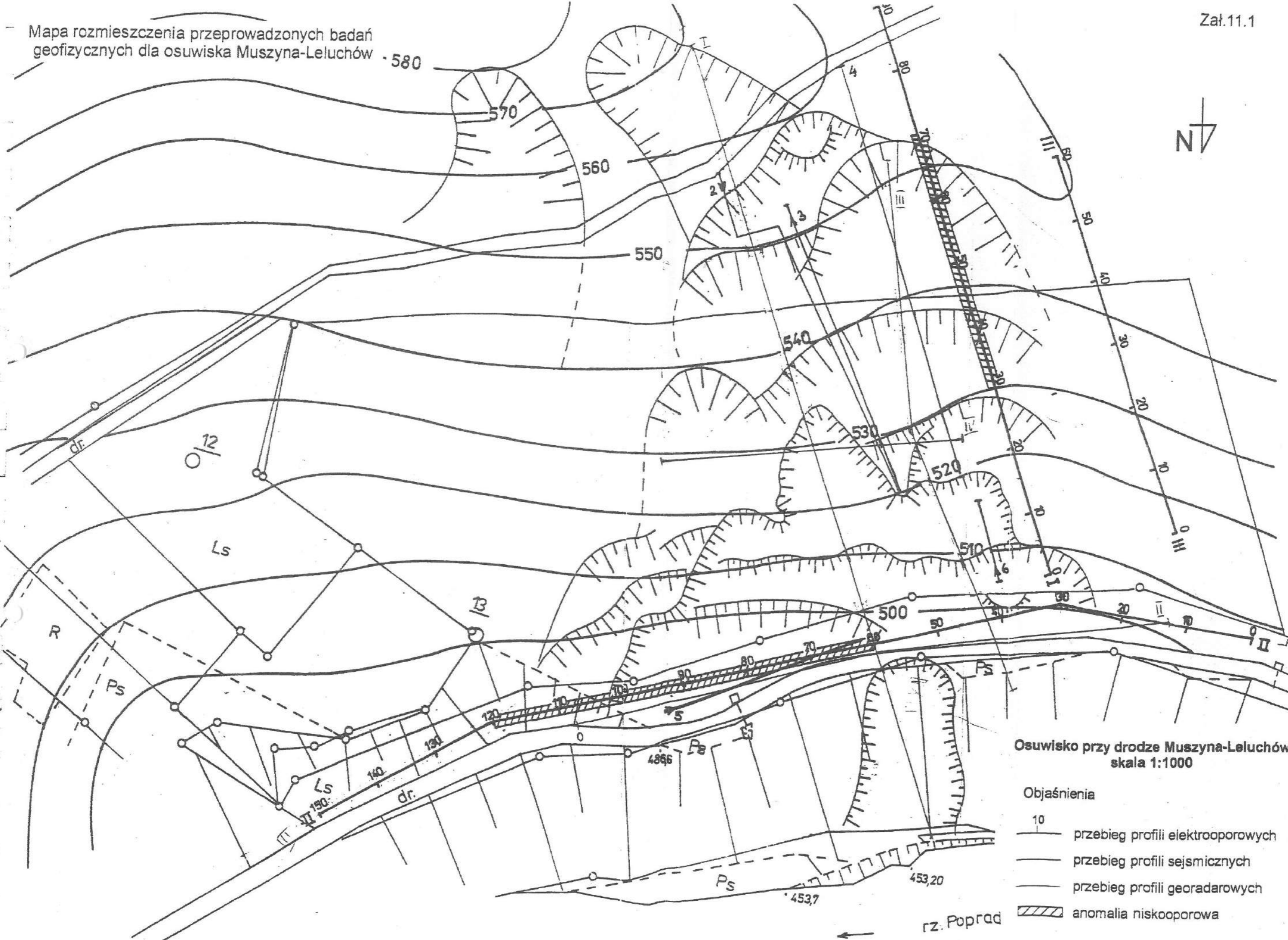
Tabela nr 2 Wyniki pomiarów profilowania elektrooporowego
Profil II - II

Numer punktu	Rozstaw AB = 80 m; MN = 13,33 m;			Rozstaw AB = 40 m; MN = 6,66 m;			Rozstaw AB = 20 m; MN = 3,33 m;		
	k = 167,44			k = 83,7			k = 41,92		
	ΔU	I	ρ_k	ΔU	I	ρ_k	ΔU	I	ρ_k
0,0	95,0	81,0	196,0	560,0	255,0	184,0	730,0	170,0	180,0
10,0	120,0	105,0	191,0	310,0	135,0	192,0	820,0	185,0	185,0
20,0	390,0	345,0	189,0	350,0	185,0	158,0	690,0	220,0	131,0
30,0	340,0	310,0	183,0	300,0	145,0	173,0	860,0	210,0	172,0
40,0	255,0	205,0	208,0	640,0	300,0	179,0	410,0	110,0	156,0
50,0	255,0	225,0	190,0	420,0	175,0	201,0	950,0	225,0	177,0
60,0	92,0	100,0	154,0	245,0	120,0	171,0	945,0	240,0	165,0
70,0	54,0	73,0	124,0	165,0	105,0	132,0	1050,0	285,0	154,0
80,0	61,0	82,0	125,0	480,0	260,0	155,0	900,0	255,0	148,0
90,0	168,0	205,0	137,0	84,0	64,0	110,0	510,0	170,0	126,0
100,0	160,0	235,0	114,0	89,0	60,0	124,0	160,0	57,0	118,0
110,0	145,0	230,0	106,0	175,0	170,0	86,0	112,0	68,0	69,0
120,0	160,0	225,0	119,0	255,0	190,0	112,0	137,0	57,0	101,0
130,0	59,0	71,0	139,0	295,0	200,0	124,0	260,0	88,0	124,0
140,0	76,0	87,0	146,0	205,0	135,0	128,0	800,0	230,0	146,0
150,0	50,0	74,0	113,0	54,0	41,0	110,0	645,0	175,0	155,0





Tabela nr 3 Wyniki pomiarów profilowania elektrooporowego
 Profil III - III

Numer punktu	Rozstaw AB = 80 m; MN = 13,33 m;			Rozstaw AB = 40 m; MN = 6,66 m;			Rozstaw AB = 20 m; MN = 3,33 m;		
	k = 167,44			k = 83,7			k = 41,92		
	ΔU	I	ρ_k	ΔU	I	ρ_k	ΔU	I	ρ_k
0,0	178,0	120,0	248,0	251,0	90,0	24,0	577,0	110,0	220,0
10,0	119,0	83,0	240,0	189,0	70,0	226,0	708,0	140,0	212,0
20,0	85,0	66,0	215,0	246,0	95,0	217,0	315,0	68,0	194,0
30,0	129,0	110,0	197,0	233,0	105,0	186,0	389,0	90,0	181,0
40,0	79,0	74,0	178,0	176,0	80,0	184,0	426,0	105,0	170,0
50,0	59,0	58,0	169,0	156,0	75,0	174,0	266,0	68,0	164,0
60,0	103,0	105,0	164,0	236,0	120,0	165,0	300,0	79,0	159,0

Mapa rozmieszczenia przeprowadzonych badań geofizycznych dla osuwiska Muszyna-Leluchów - 580

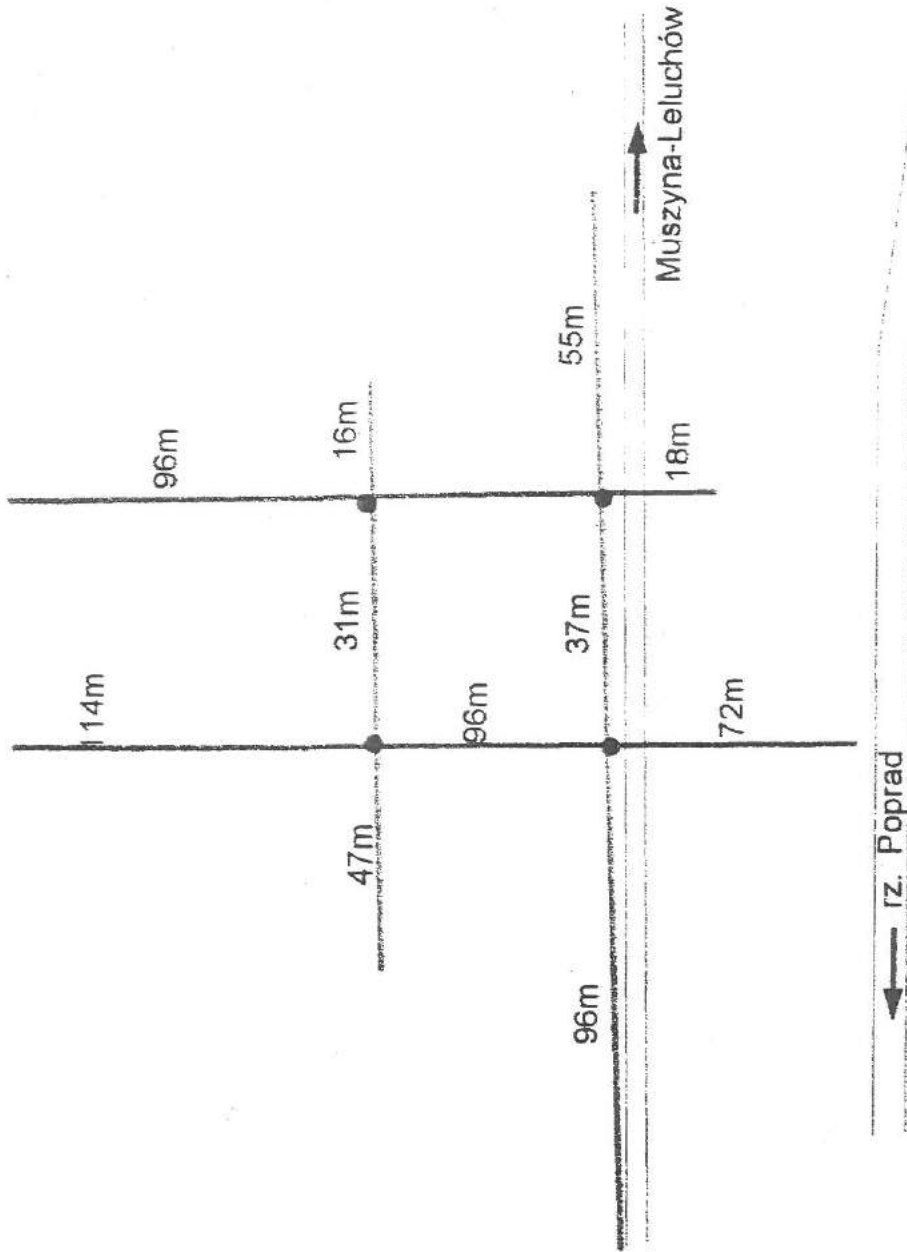


Osuwisko przy drodze Muszyna-Leluchów skala 1:1000

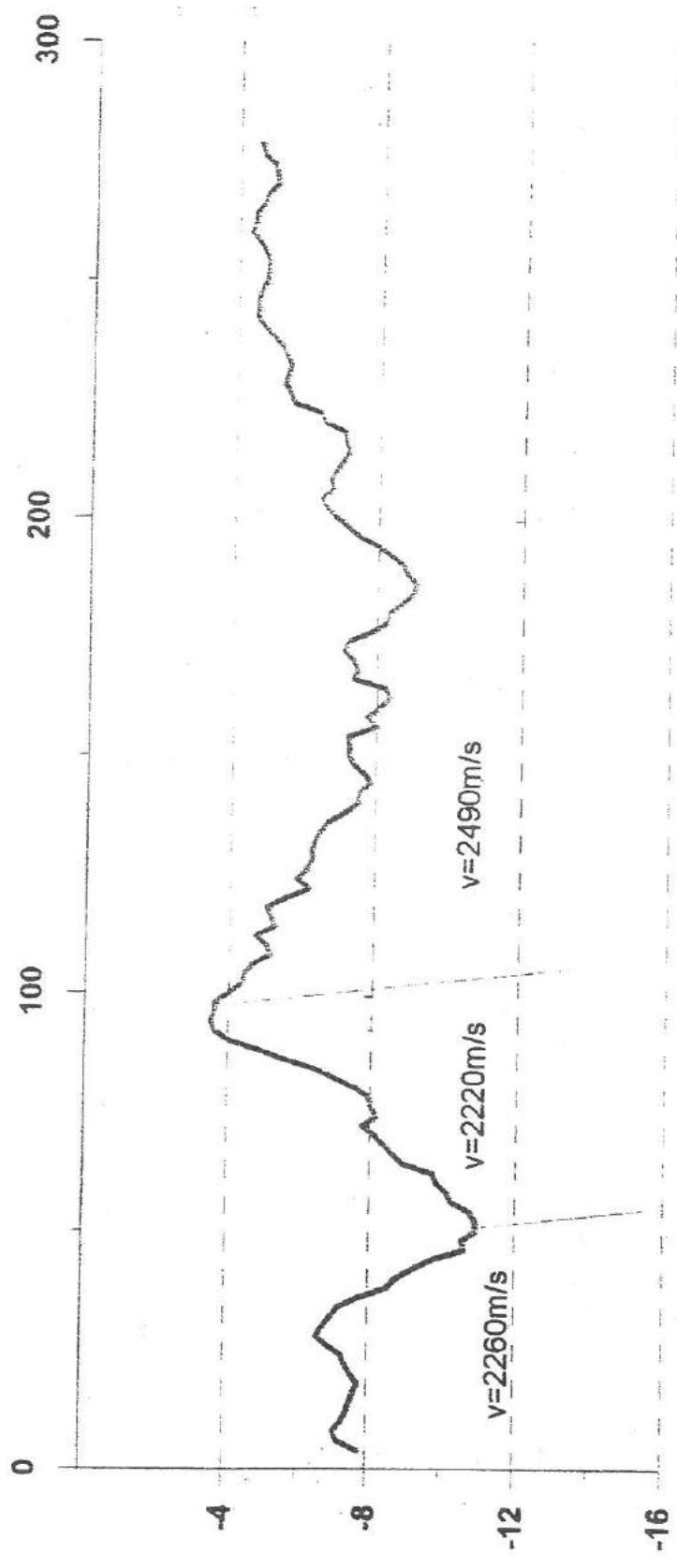
- Objaśnienia
-  10 przebieg profili elektrooporowych
 -  przebieg profili sejsmicznych
 -  przebieg profili georadarowych
 -  anomalia niskooporowa

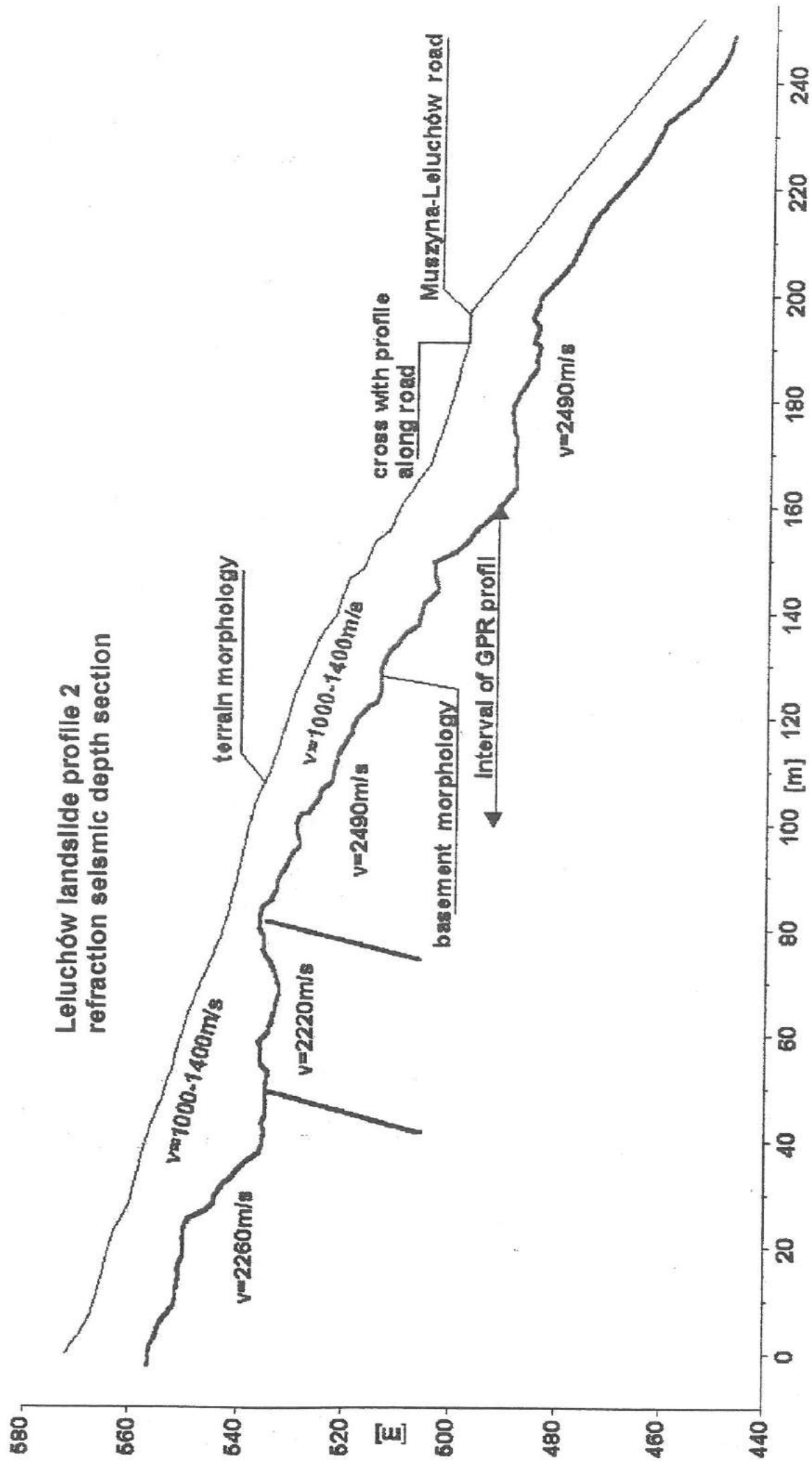
rz. Poprad

Zał. 11.2



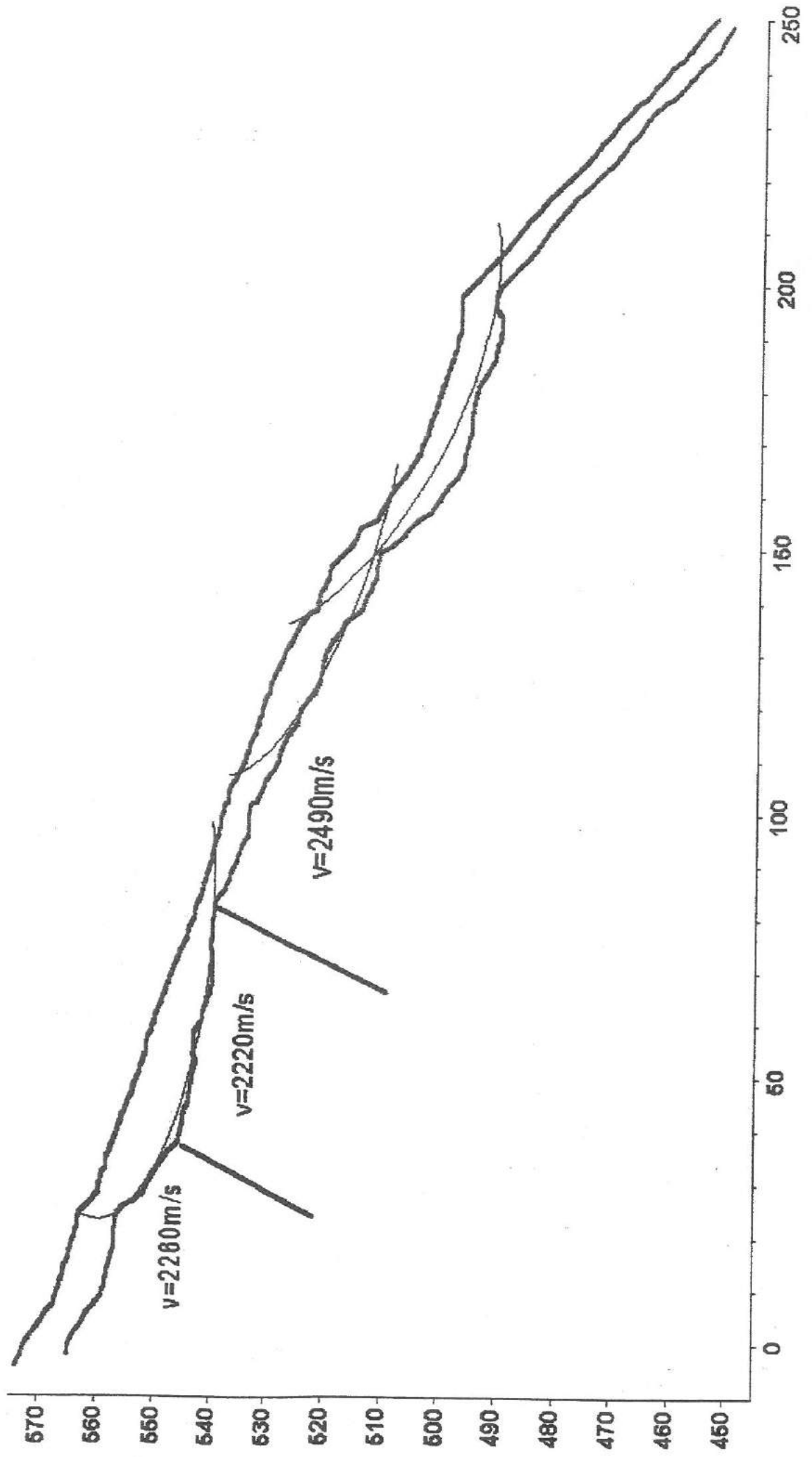
Leluchów-profil 1



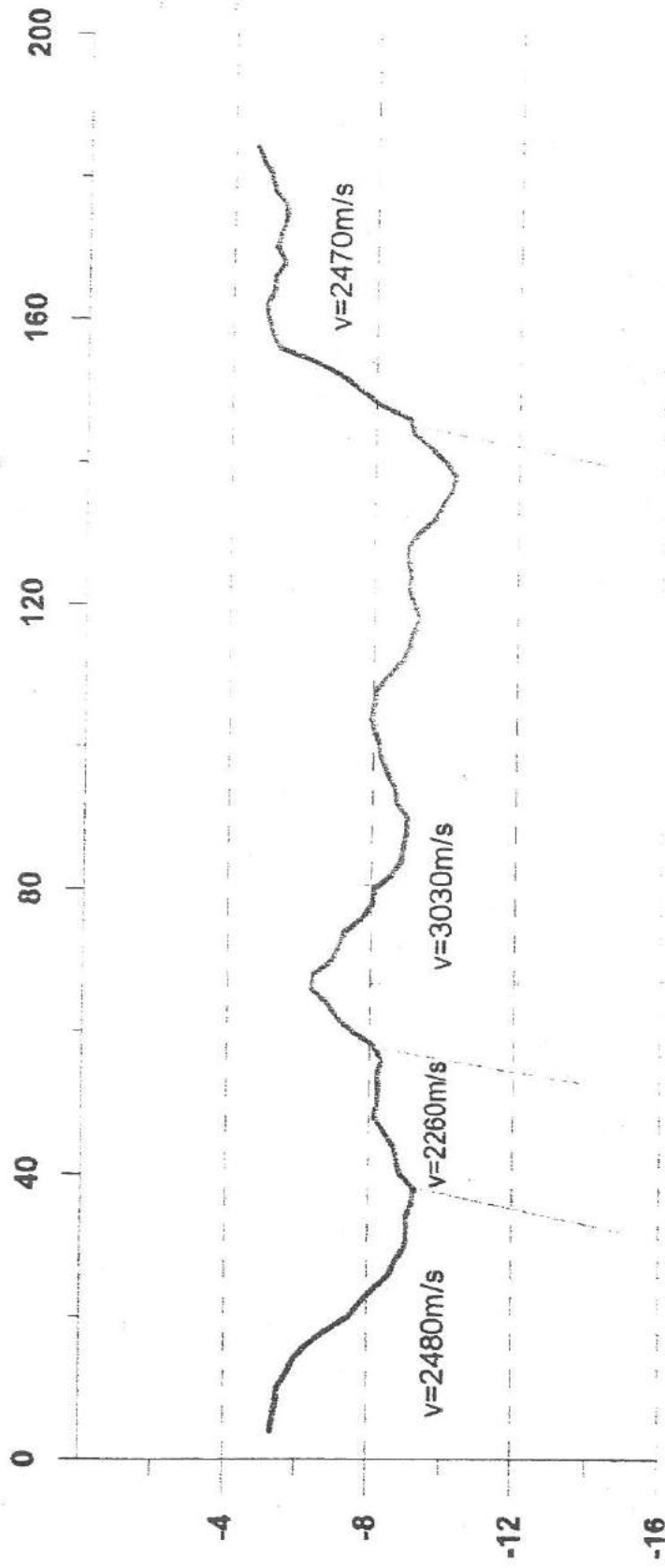


Zař. 11.3.3

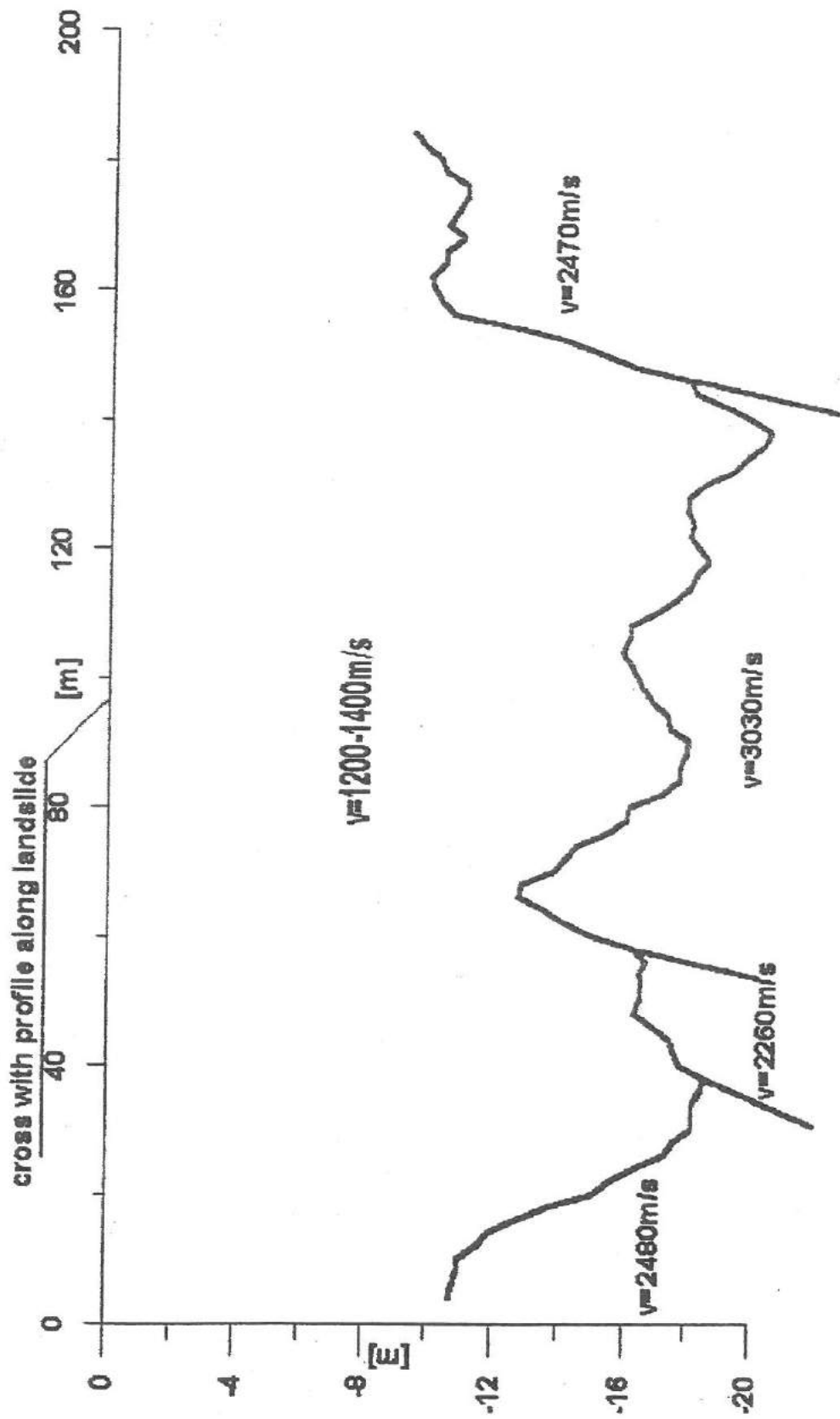
Leluchów - profil 1



Leluchów - profil 2

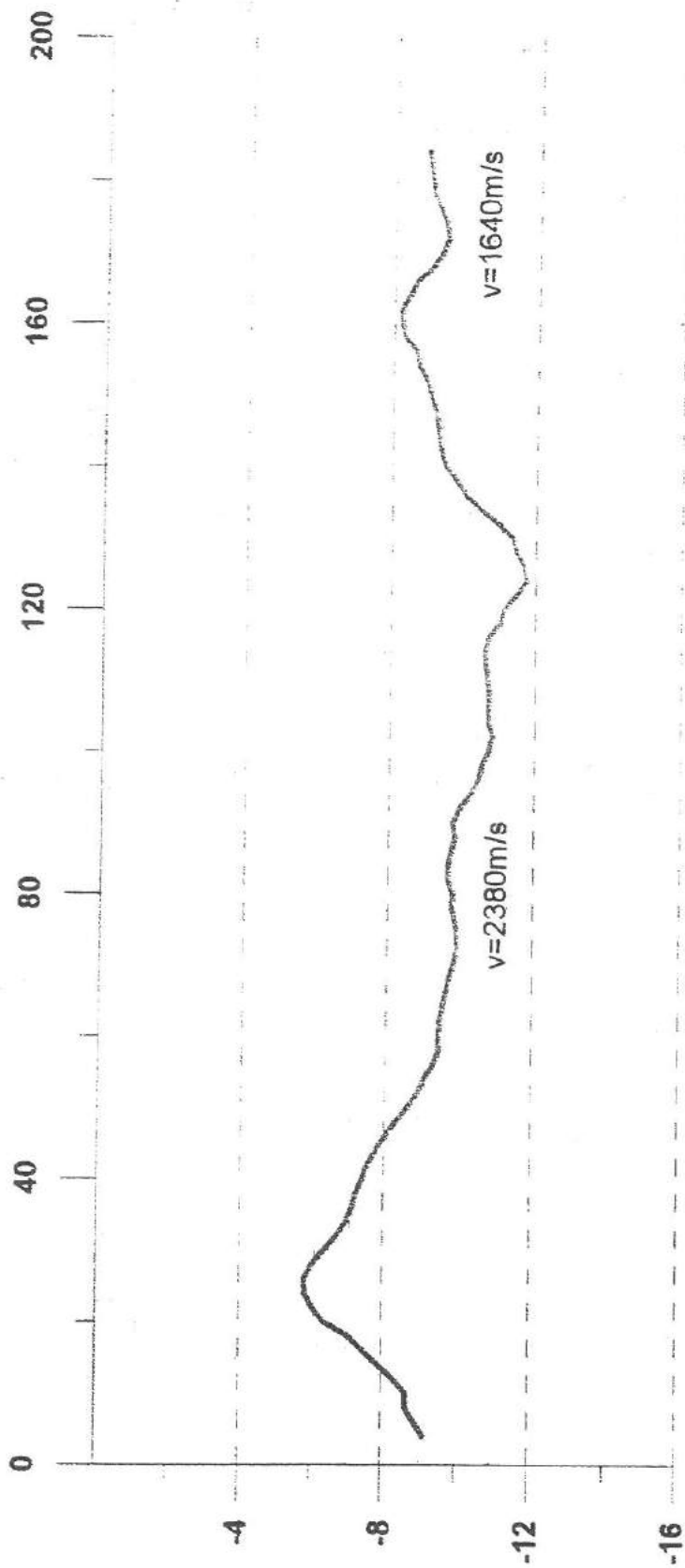


Leluchów landslide
Refraction seismic depth section across landslide
along Muszyna-Leluchów road

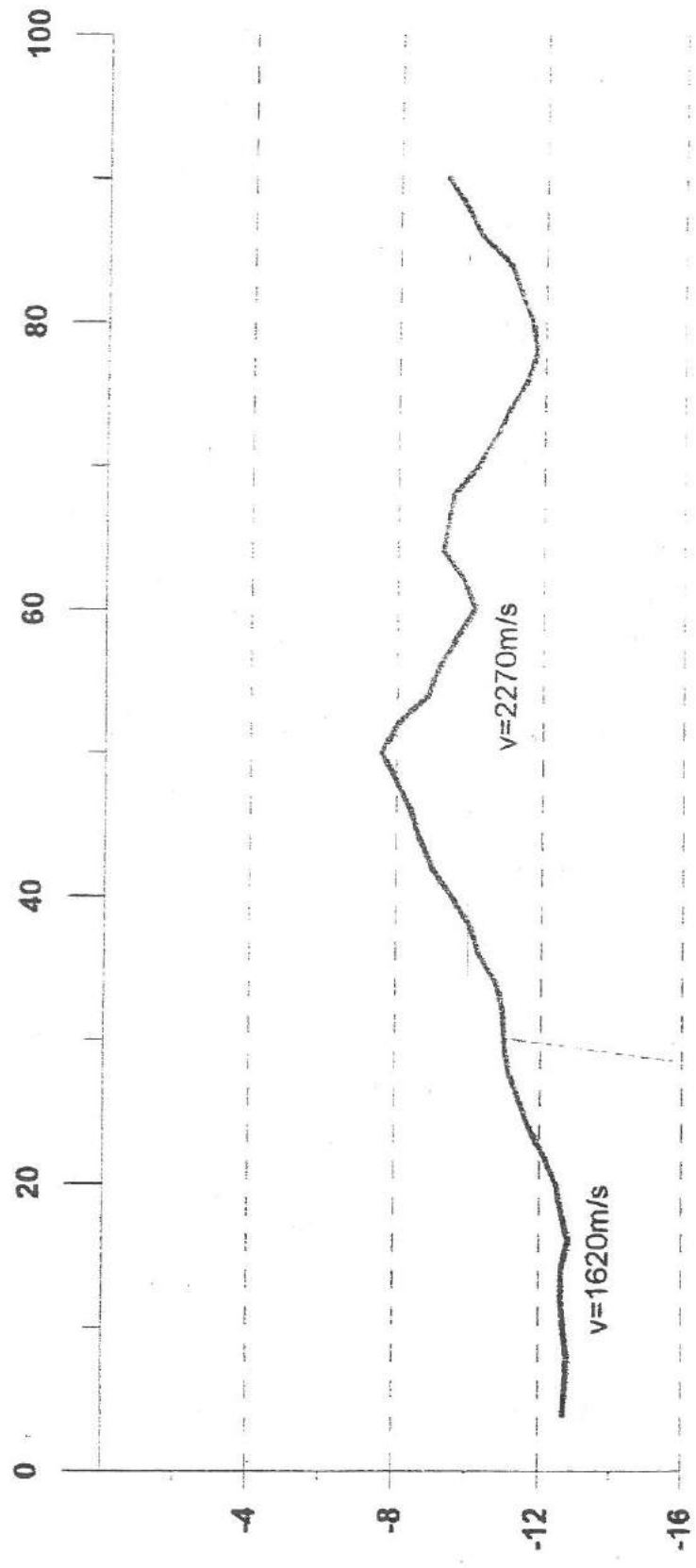


Zal. 11.6

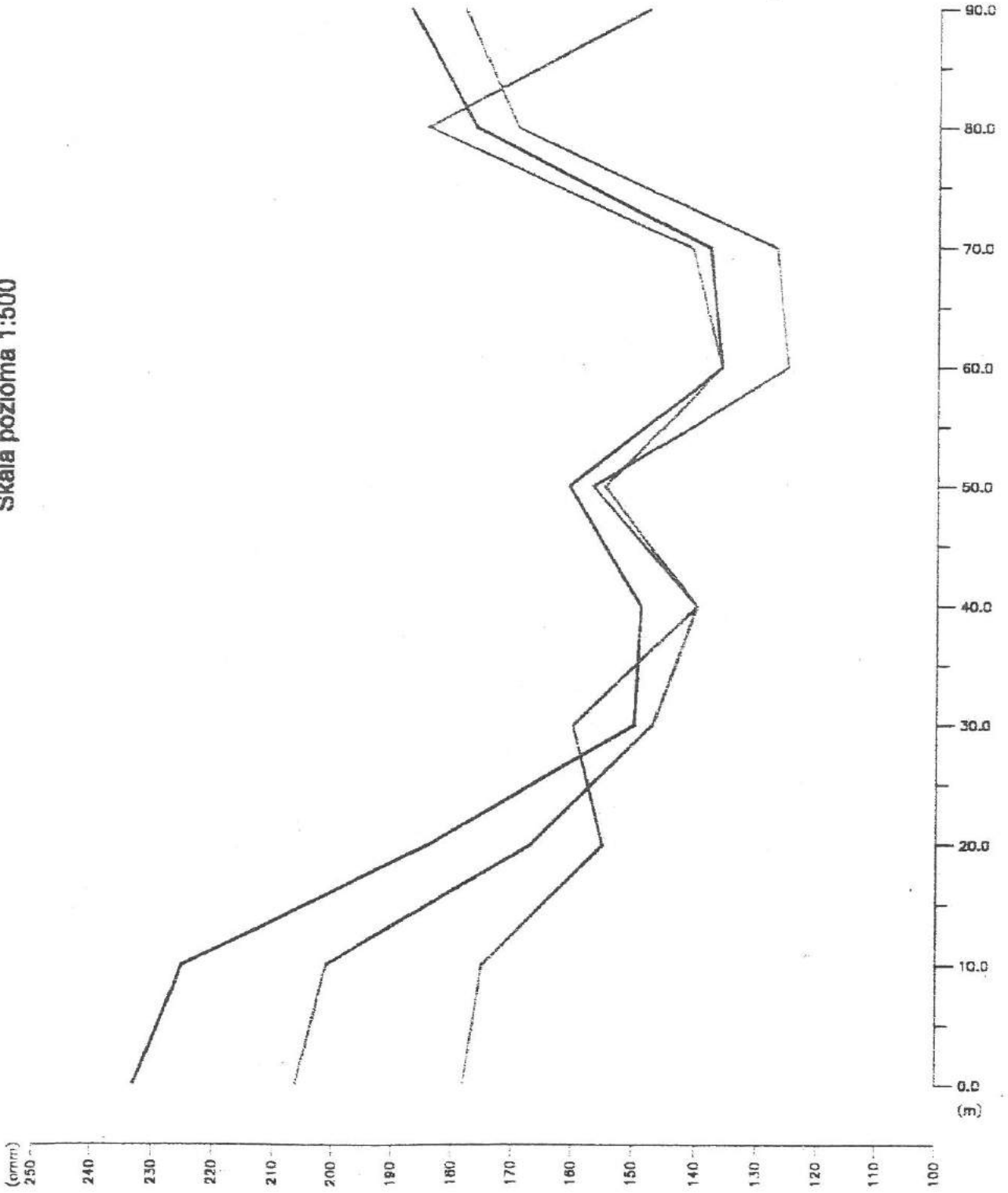
Leluchów - profil 3



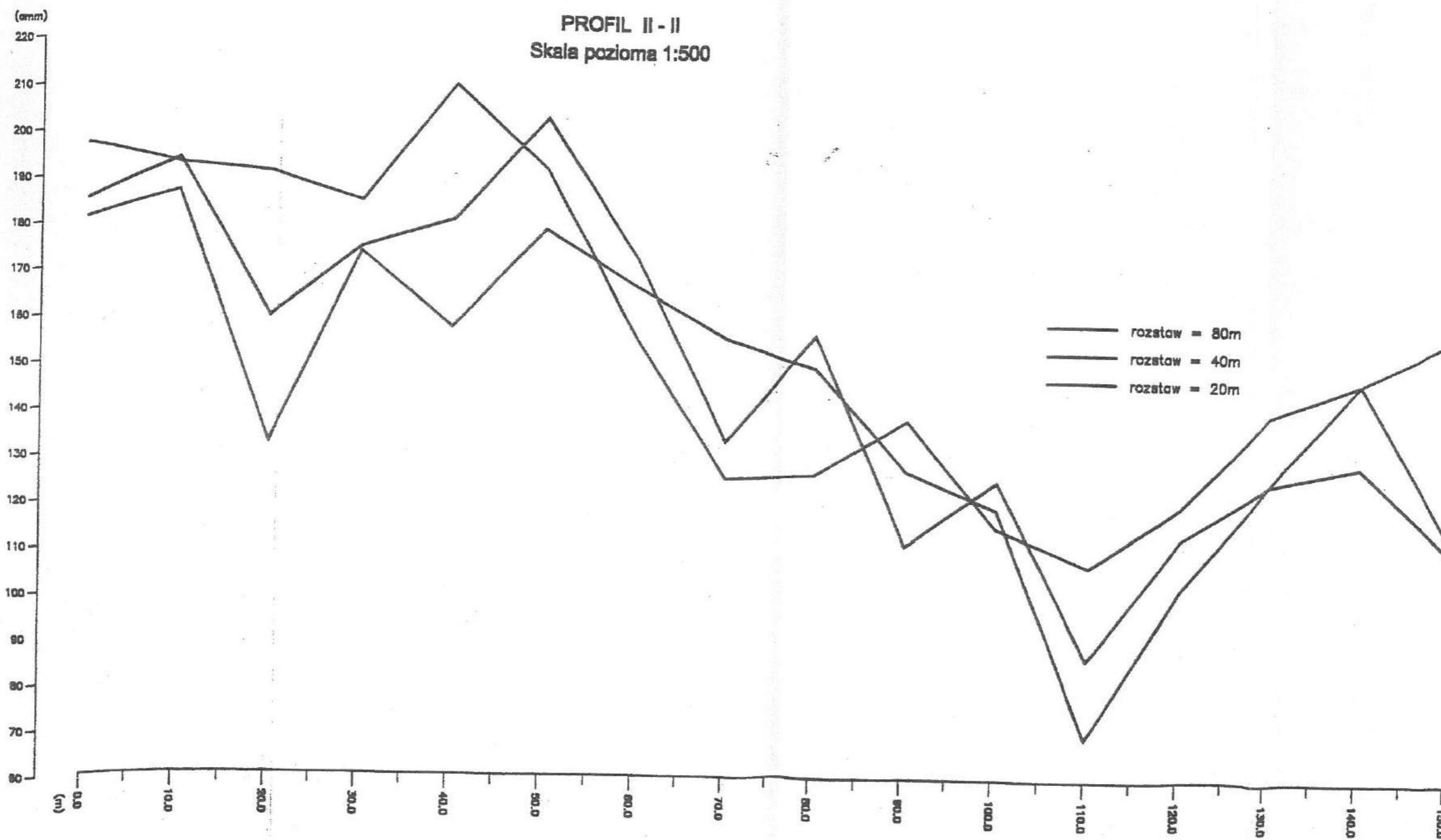
Leluchów - profil 4



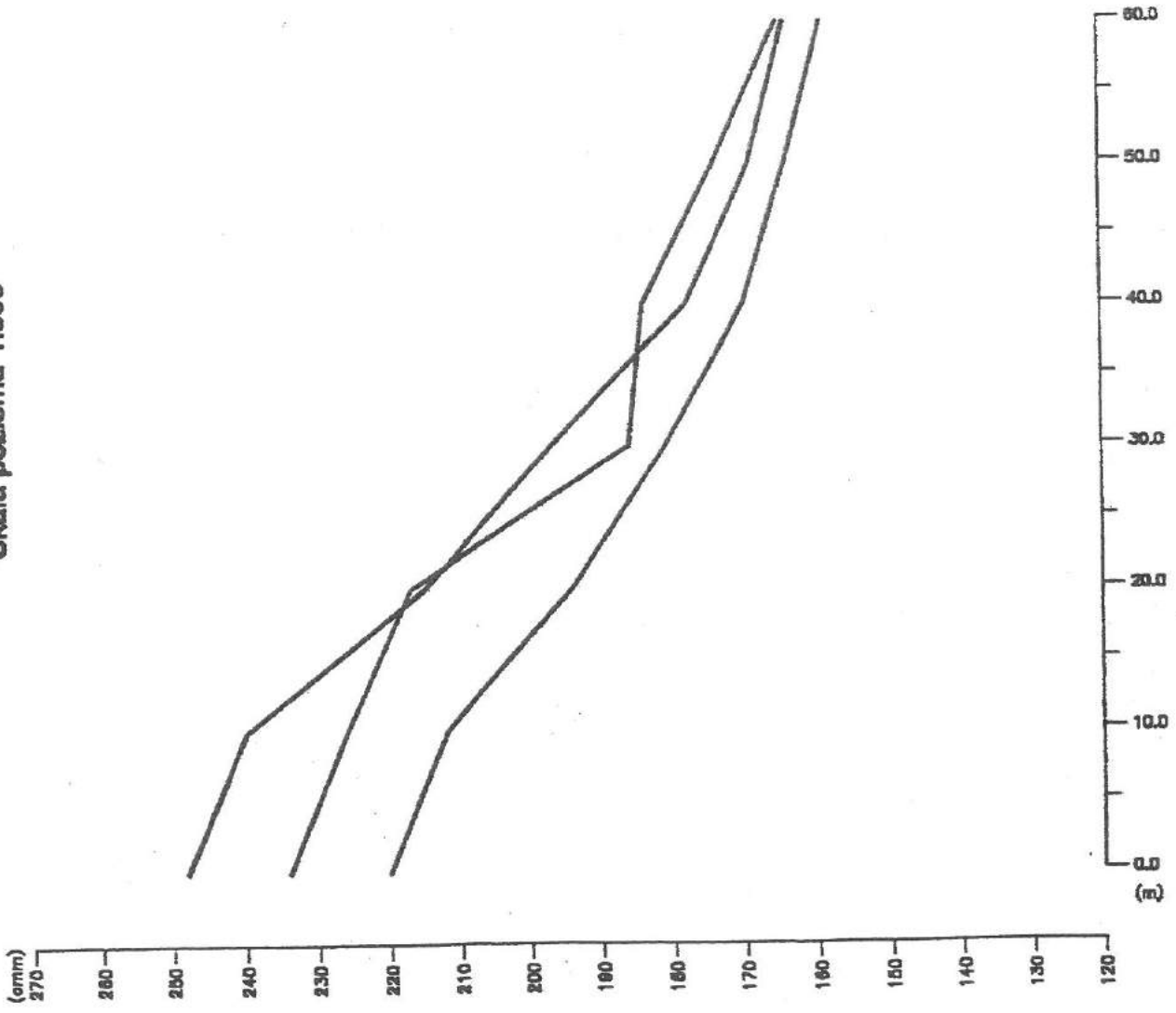
PROFIL I - I
Skala pozioma 1:500



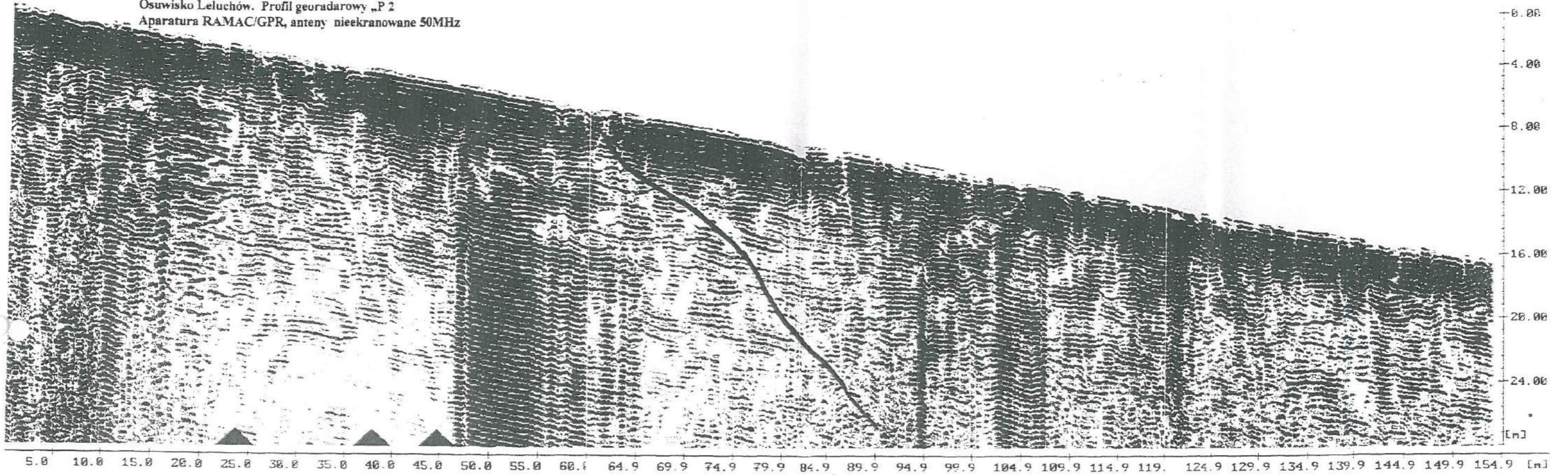
rozstaw = 80m
rozstaw = 40m
rozstaw = 20m



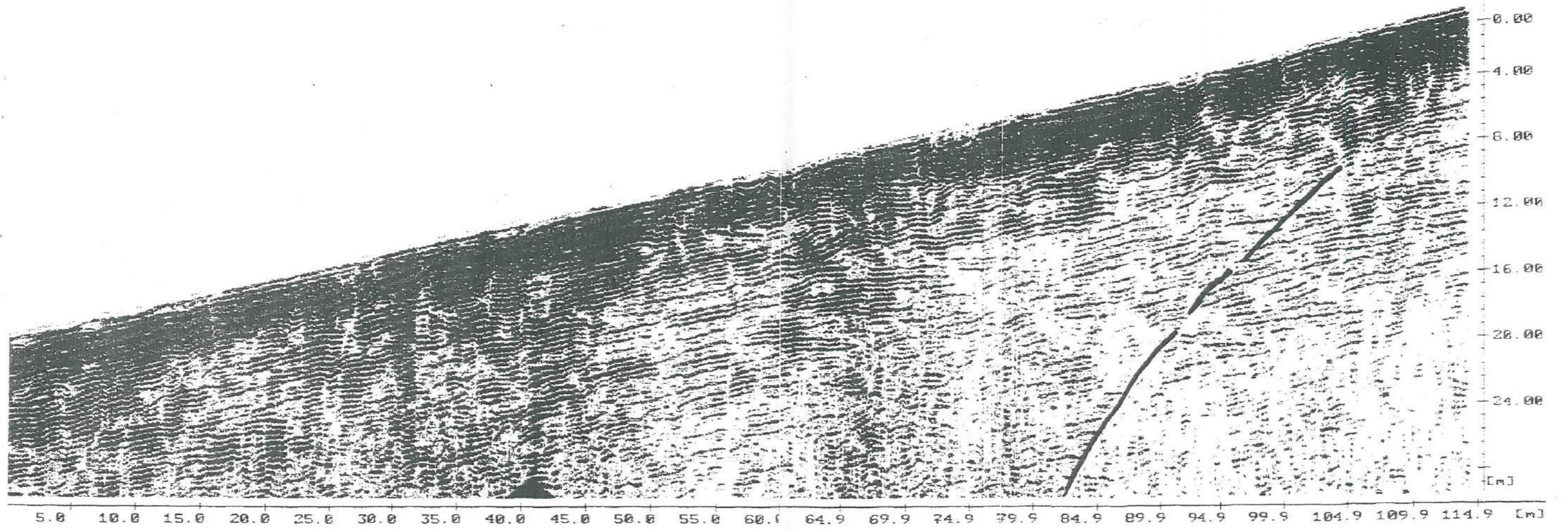
PROFIL III - III
Skala pozioma 1:500



Osuwisko Leluchów. Profil georadarowy „P 2”
Aparatura RAMAC/GPR, anteny nieekranowane 50MHz

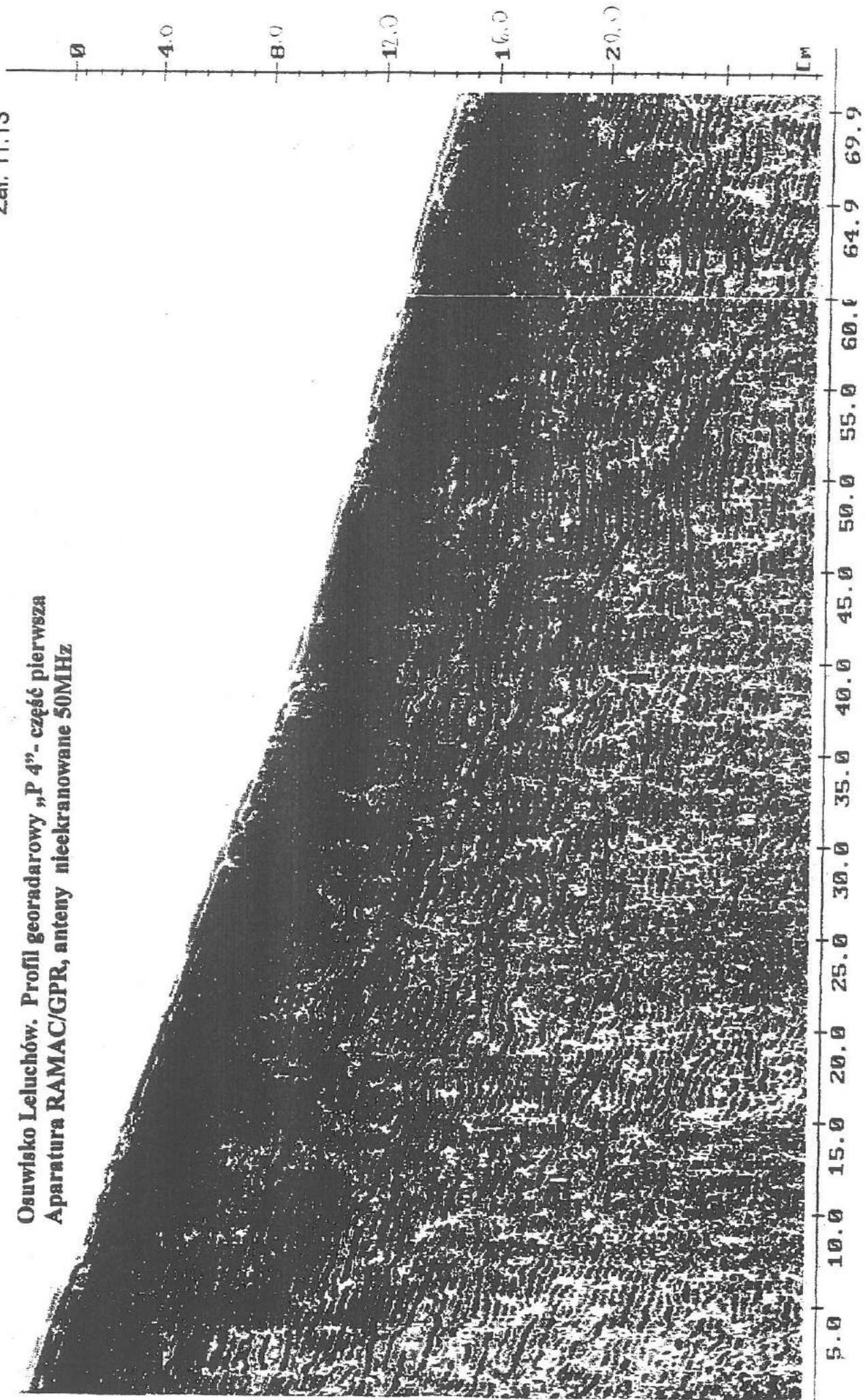


Osuwisko Leluchów. Profil georadarowy „P 3”
Aparatura RAMAC/GPR, anteny nieekranowane 50MHz

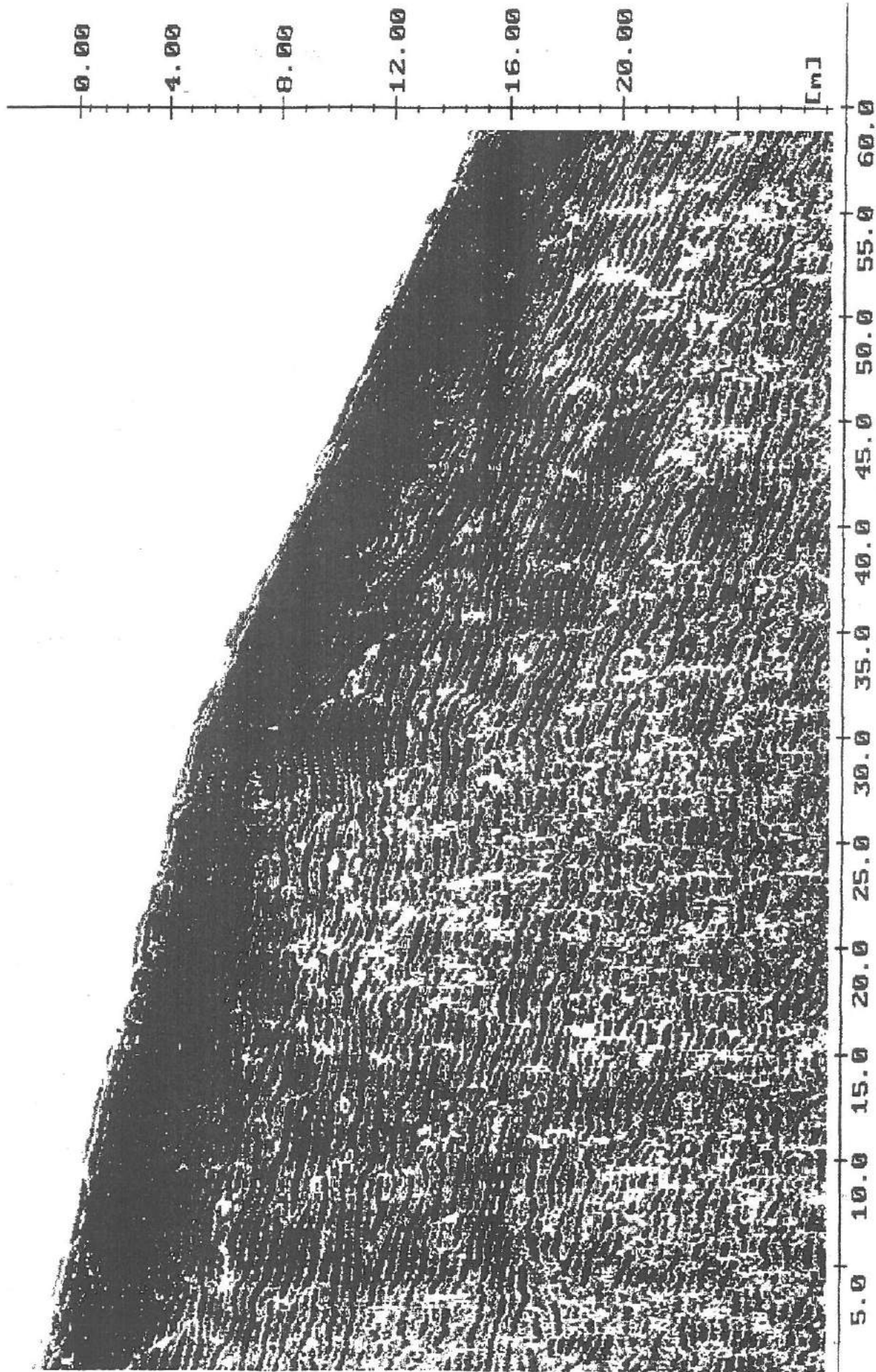


Załącznik 11.13

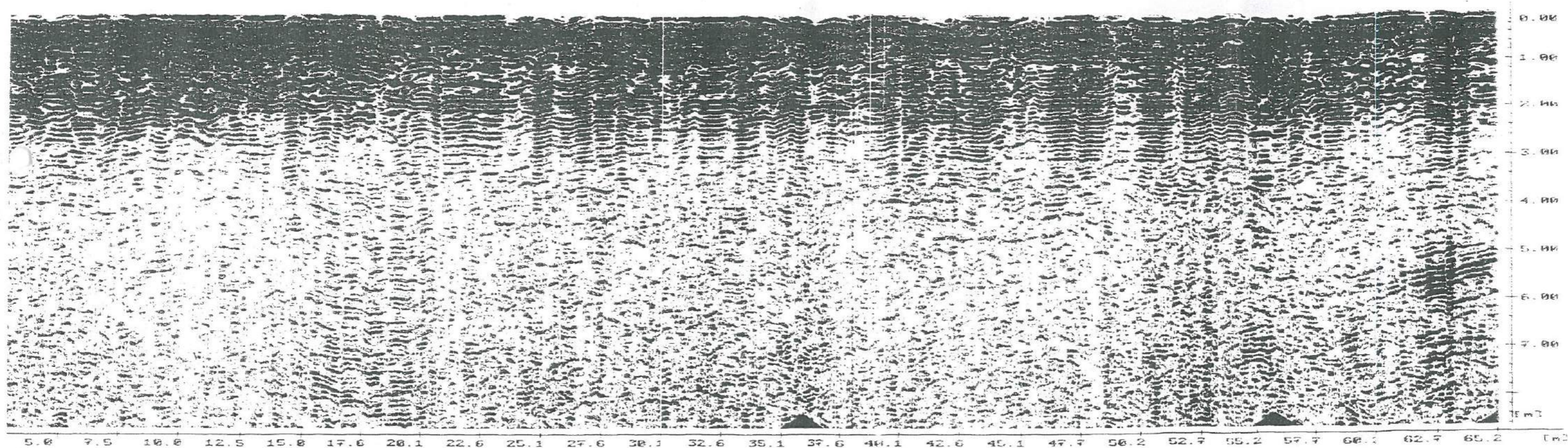
Osuwisko Leluchów. Profil georadarowy „P 4” - część pierwsza
Aparatura RAMAC/GPR, anteny nieekranowane 50MHz



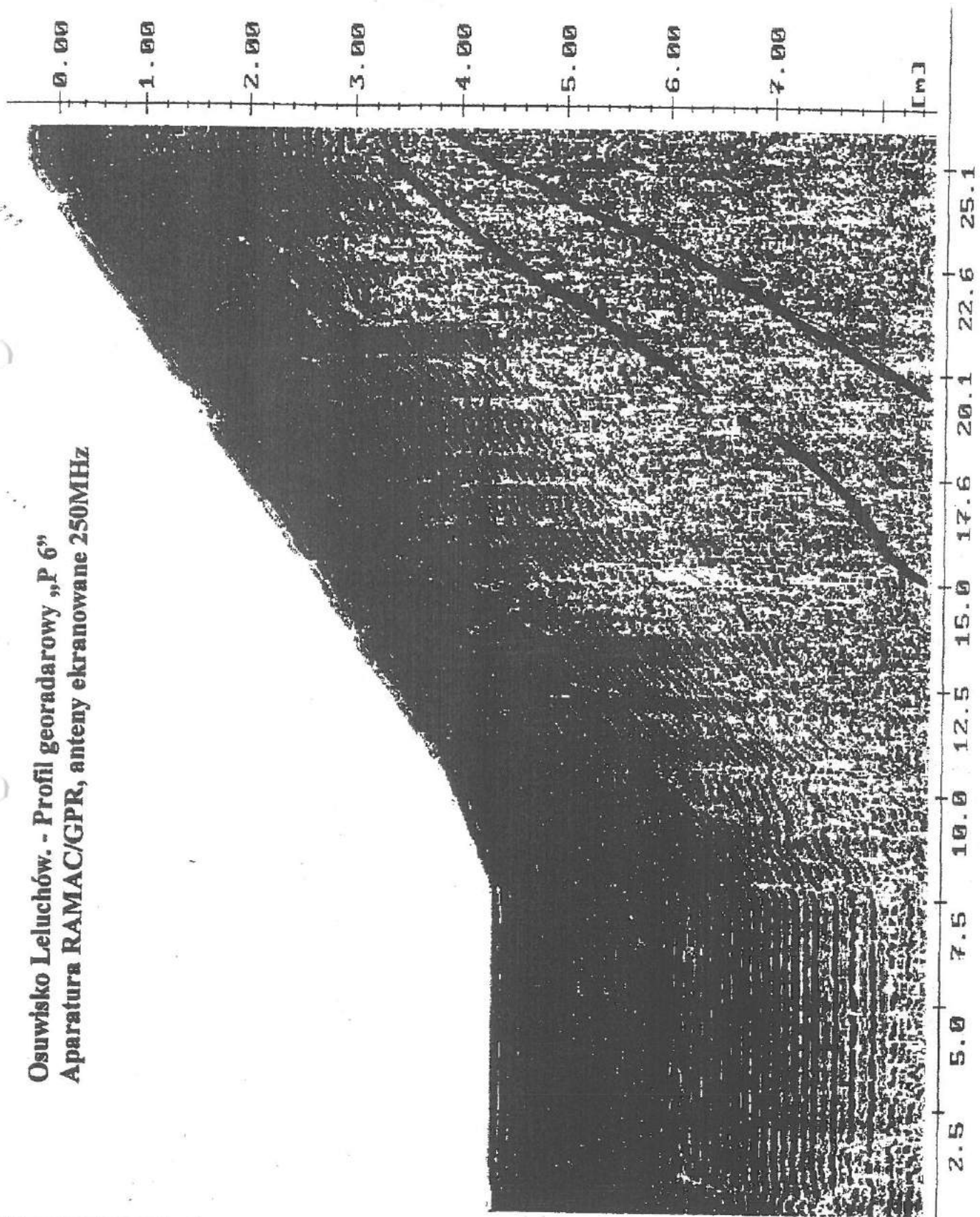
Osuwisko Leluchów. Profil georadarowy „P 4” - część druga
Aparatura RAMAC/GPR, anteny nieekranowane 50MHz



Osuwisko Leluchów. Profil georadarowy "P5"
Aparatura RAMAC/GPR, anteny ekranowane 250 MHz



**Osuwisko Leluchów. - Profil georadarowy „P 6”
Aparatura RAMAC/GPR, anteny ekranowane 250MHz**



Wyniki badań laboratoryjnych próbek gruntów dla osuwiska przy drodze Muszyna – Leluchów

dr inż. Henryk Woźniak, Jacek Dąbrowski (tech. geol.)

Badania laboratoryjne próbek gruntów dostarczonych przez zleceniodawcę zostały przeprowadzone w laboratorium gruntów Katedry Geologii Inżynierskiej i Geotechniki Środowiska AGH w Krakowie. Badania wykonano wg. PN z uwzględnieniem zaleceń i uwag zleceniodawcy.

Objaśnienia oznaczeń próbek::

PLO – odsłonięcia naturalne

PL1 – odsłonięcia naturalne powyżej otworu L1

PL2 - odsłonięcia naturalne powyżej otworu L2

PL3 - odsłonięcia naturalne powyżej otworu L3

L1 – próbka pobrana z rdzenia z podaniem głębokości pobrania

Wyniki oznaczeń analiz makroskopowych próbek gruntu.
Oznaczenie wykonano zgodnie z PN-74/B-04452

(Grunty budowlane. Badania polowe.)

Oznaczenie próbki wg metki na woreczku	Opis makroskopowy
PLO - 1	Zwierzelina gliniasta - glina piaszczysta z okruchami zwietrzonego piaskowca (50% obj.), brązowa, pl/mpl, CaCO ₃ <1
PLO - 2	Zwierzelina gliniasta - glina piaszczysta z okruchami zwietrzonego piaskowca, jasnobrązowa-jasnozielona, pl/mpl, CaCO ₃ 1-3
PL - 1/1	Zwierzelina gliniasta - glina zwięzła z okruchami zwietrzonego piaskowca (2-3mm, poj. płytki do 1cm), brązowo-szara, tpl/pl, CaCO ₃ 1-3
PL - 1/2	Zwierzelina gliniasta - glina zwięzła z okruchami zwietrzonego piaskowca (2-3mm, poj. do 5cm), brązowa, mpl/pl, CaCO ₃ <1
PL - 2	Zwierzelina gliniasta - glina piaszczysta z okruchami zwietrzonego piaskowca (80% obj., 3-5mm, poj. do 1cm), jasnozielona, tpl/pl, CaCO ₃ 3-5
L 3 - 1.8 - 1.9 m	Zwierzeliny piaskowiec wymieszany ze zwierzeliną piaskowca, mało wilgotny, jasnozielony, CaCO ₃ 1-3 (piaskowiec), CaCO ₃ 3-5 (zwierzelina)
L 3 - 3.0 - 3.1 m	Zwierzelina ilolupka - il z okruchami zwietrzonego ilolupka, szara, zw/pzw, CaCO ₃ 1-3
L 3 - 4.1 - 4.2 m	Zwierzeliny piaskowiec wymieszany ze zwierzeliną piaskowca, mało wilgotny, jasnozielony, CaCO ₃ < 1 (piaskowiec), CaCO ₃ 3-5 (zwierzelina)
L 3 - 5.0 m	Zwierzelina gliniasta - glina pylasta zwięzła z okruchami zwietrzonego piaskowca (2-5mm), brązowa, pzw, CaCO ₃ > 5
L 3 - 11.2 m	Piaskowiec lub zwierzeliny piaskowiec obtoczony gliną, szary, tpl, CaCO ₃ 1-3 (piaskowiec), CaCO ₃ 3-5 (grunt spoisty)
Lel 4 - 3.8 m	Brekcja - glina zwięzła z okruchami zwietrzonego piaskowca (2mm) poj. piaskowce do 5cm, zielona, zw/pzw, CaCO ₃ 1-3 (piaskowiec i grunt spoisty)
Lel 3 - 18.4 m	Zwierzeliny piaskowiec wymieszany ze zwierzeliną piaskowca, wilgotny, jasnozielony, CaCO ₃ 1-3 (piaskowiec), CaCO ₃ 3-5 (zwierzelina)
PL 3 - 4.0 m	Zwierzelina gliniasta - glina zwięzła z okruchami zwietrzonego piaskowca (3-5mm), jasnobrązowa, pl, CaCO ₃ 3-5

Wyniki oznaczeń wilgotności naturalnej próbek gruntów
Oznaczenia wykonano zgodnie z PN-88/B-04481

(Grunty budowlane . Badanie próbek gruntu .)

Oznaczenie próbki wg metki na woreczku	Wilgotność W_{n1} [% wag.]	Wilgotność W_{n2} [% wag.]	Wilgotność $W_{n\text{sr}}$ [% wag.]
PLO - 1	16,83	17,09	16,96
PLO - 2	14,54	14,68	14,61
PL - 1/1	17,01	17,07	17,04
PL - 1/2	29,33	29,83	29,58
PL - 2	12,69	13,05	12,87
L 3 - 1.8 - 1.9 m	4,55	4,85	4,70
L 3 - 3.0 - 3.1 m	10,28	10,60	10,34
L 3 - 4.1 - 4.2 m	8,17	8,31	8,24
L 3 - 5.0 m	12,19	12,31	12,25
L 3 - 11.2 m	12,05	11,97	12,01
Lel 4 - 3.8 m	12,57	12,65	12,61
Lel 4 - 18.4 m	7,25	7,53	7,39
PL 3 - 4.0 m	17,21	17,45	17,33

Wyniki oznaczeń gęstości objętościowej gruntu ρ
Oznaczenia wykonano zgodnie z PN - 88/B-04481

(Grunty budowlane. Badania próbek gruntów)

Oznaczenie próbki wg metki na woreczku	Gęstość objętościowa ρ_1 [g/cm ³]	Gęstość objętościowa ρ_2 [g/cm ³]	Gęstość objętościowa ρ_3 [g/cm ³]	Gęstość objętościowa ρ_4 [g/cm ³]	Gęstość objętościowa $\rho_{\text{śr.}}$ [g/cm ³]
PLO - 1	2,17	2,16	2,17	2,15	2,16
PLO - 2	2,16	2,14	2,22	2,21	2,18
PL - 1/1	2,09	2,08	2,07	2,09	2,08
PL - 2	2,18	2,09	2,21	2,19	2,17
L - 3 - 3,0 - 3,1	2,10	2,07	2,10	2,09	2,09
PL - 3 - 4	2,03	2,05	2,01	2,07	2,04
L 3 - 3.0	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
Lel 4 - 3,80	2,20	2,18	2,12	2,22	2,18

UWAGA :

Duże zróżnicowanie badanego gruntu powoduje zróżnicowanie wyników, dlatego w celu dokładnego uśrednienia wartości ρ , oznaczenie dla każdej próby dokonywano na czterech próbkach .

Wyniki oznaczeń granicy plastyczności W_p i płynności W_L
 Oznaczenia wykonano zgodnie z PN-88/B-04481
 (Grunty budowlane . Badanie próbek gruntu .)

Oznaczenie próbki wg metki na woreczku	Wilgotność naturalna W_n [% wag.]	Granica plastyczności W_p [% wag.]	Granica płynności W_L [% wag.]	Wskaźnik plastyczności I_p [% wag.]	Stopień plastyczności I_L
PLO - 1	18,65	15,35	24,61	9,26	0,36
PLO - 2	18,05	14,97	23,68	8,71	0,35
PL - 1 / 1	18,29	16,85	31,72	14,87	0,10
PL - 1 / 2	28,34	17,40	31,45	14,05	0,78
L3 - 3,0 - 3,1 m	10,34	20,70	37,28	17,12	- 0,61
L3 - 5,0 m	12,25	19,22	31,18	11,96	- 0,58
Lel4 - 3,8 m	12,61	17,40	26,07	12,07	- 0,12
PL3 - 4,0 m	23,53	18,99	35,07	16,08	0,28

UWAGA !

Wilgotność oznaczana dla materiału spoistego, po wyceliminowaniu rumoszu, w celu wykonania oznaczenia granic konsystencji.

Wyniki oznaczeń spójności c_u i kąta tarcia wewnętrznego ϕ_u w aparacie bezpośredniego ścinania AB.

Oznaczenia wykonano zgodnie z PN-88/B-04481

(Grunty budowlane . Badanie próbek gruntu .)

Numer otworu / numer próbki rodzaj próbki / głębokość pobrania	Spójność c_u	Kąt tarcia wewnętrznego ϕ_u
[m ppt]	[kPa]	[°]
PLO - 1 ¹	21,3	14,8
PLO - 2 ²	10,4	14,8
PL - 1 / 1 ³	31,6	7,8
PL - 2	48,1	15,1
L3 - 1.8 - 1.9 m	46,8	14,9
L3 - 3.0 - 3.1 m	48,4	15,9
L3 - 4.1 - 4.2 m	46,4	21,3
L3 - 5.0 m	50,5	20,3
Lel4 - 3.8 m	46,3	16,9
Lel4 - 18.4 m	8,9	16,1
PL3 - 4.0 m ⁴	32,7	15,4

Uwagi:

- ¹ - Podczas ścinania i konsolidacji próbka oddaje wodę (ilość dość duża, dla wszystkich stopni obciążeń , dużo rumoszu)
- ² - Podczas ścinania i konsolidacji próbka oddaje wodę (ilość dość duża, dla wszystkich stopni obciążeń , dużo rumoszu)
- ³ - Podczas ścinania i konsolidacji próbka oddaje wodę (ilość mała, dla wszystkich stopni obciążeń)
- ⁴ - Podczas ścinania i konsolidacji próbka oddaje wodę (ilość mała, dla wszystkich stopni obciążeń , dużo rumoszu)

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów

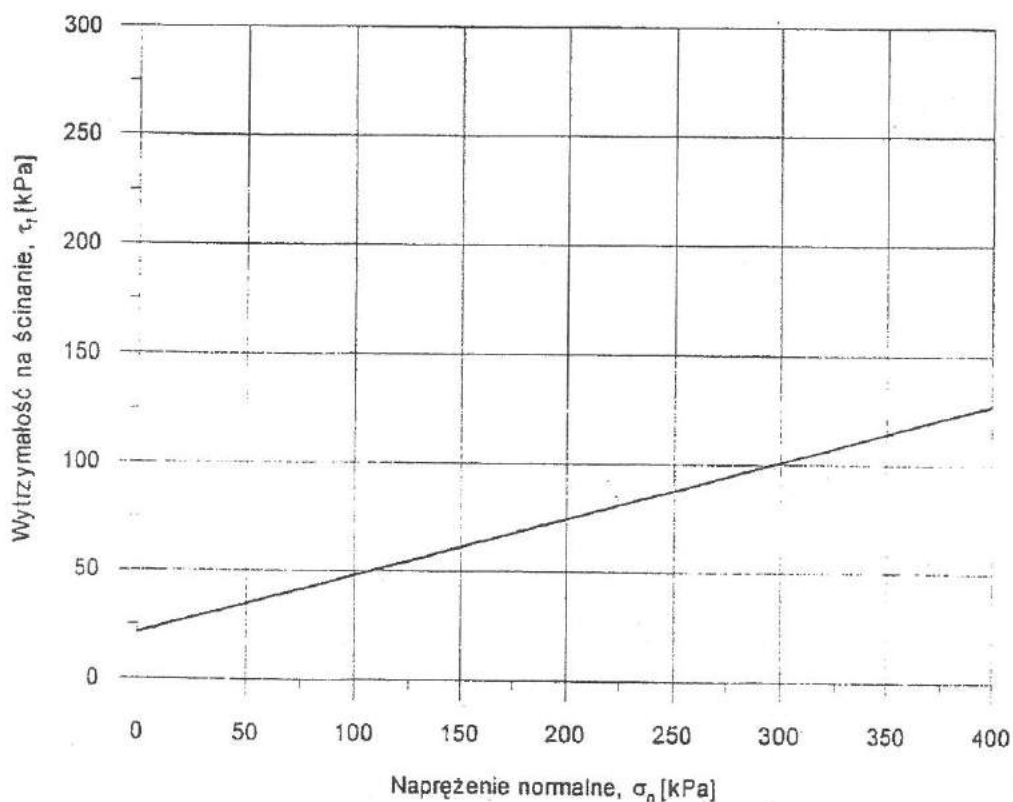
Próba nr: PLO - 1

Głębokość poboru:

Rodzaj gruntu: Gлина piaszczysta + okruchy zwięzłego piaskowca
(zwietrzelina gliniasta)

Stan konsystencji: pl

Wilgotność naturalna: 16,96%



Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

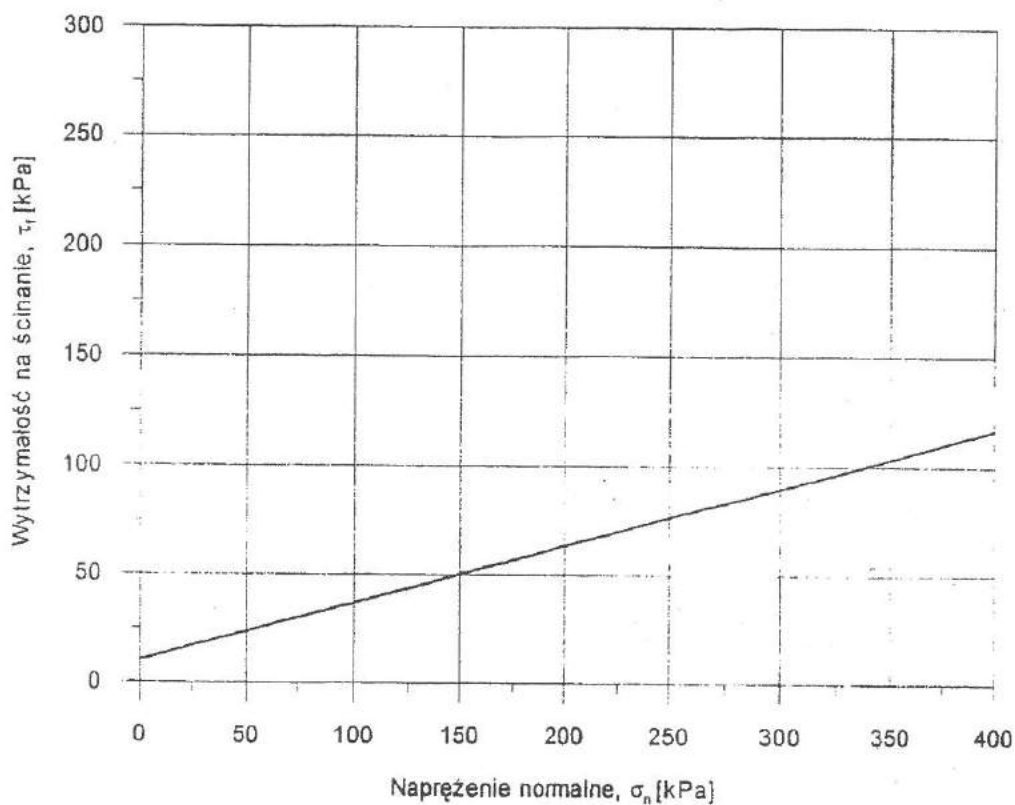
Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481

Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrzny: ϕ_u - 14,8 [°]
spójność: c_u - 21,3 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: PLO - 2
Głębokość poboru:
Rodzaj gruntu: Głina piaszczysta + okruchy zwiertzałego piaskowca
Stan konsystencji: pl
Wilgotność naturalna: 14,61%



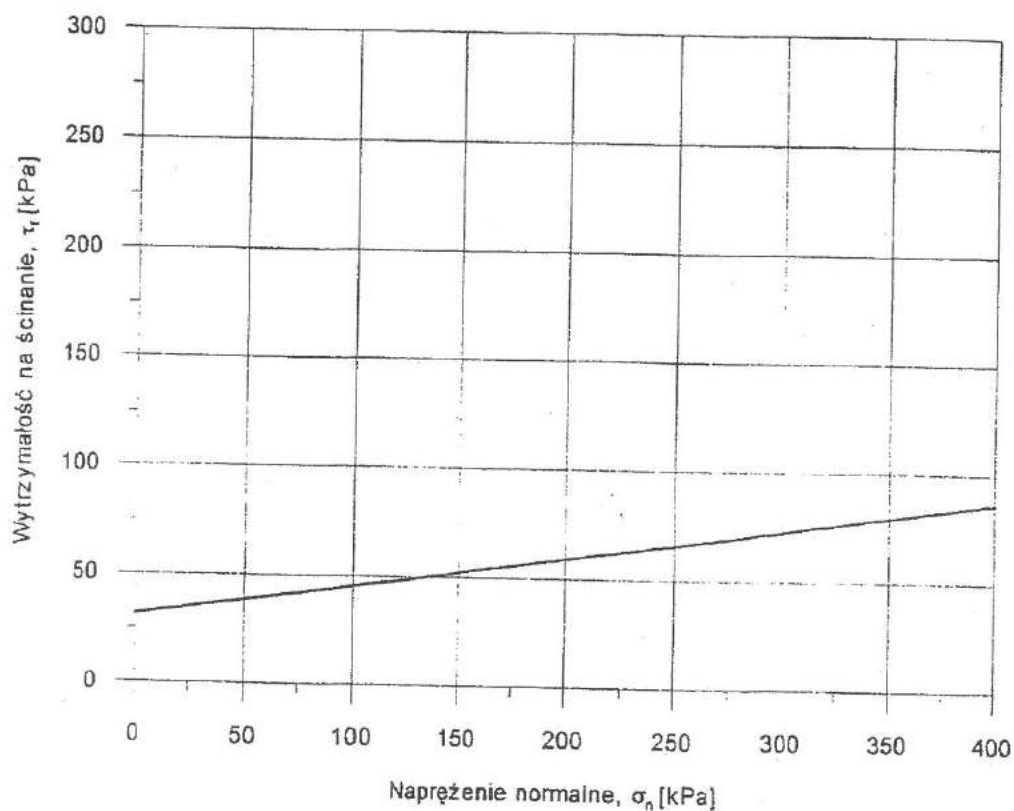
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 14,8 [°]
spójność: c_u - 10,4 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: PL - 1/1
Głębokość poboru:
Rodzaj gruntu: Gлина zwięzła + okruchy zwięzłego piaskowca
Stan konsystencji: tpi/pl
Wilgotność naturalna: 17,04%



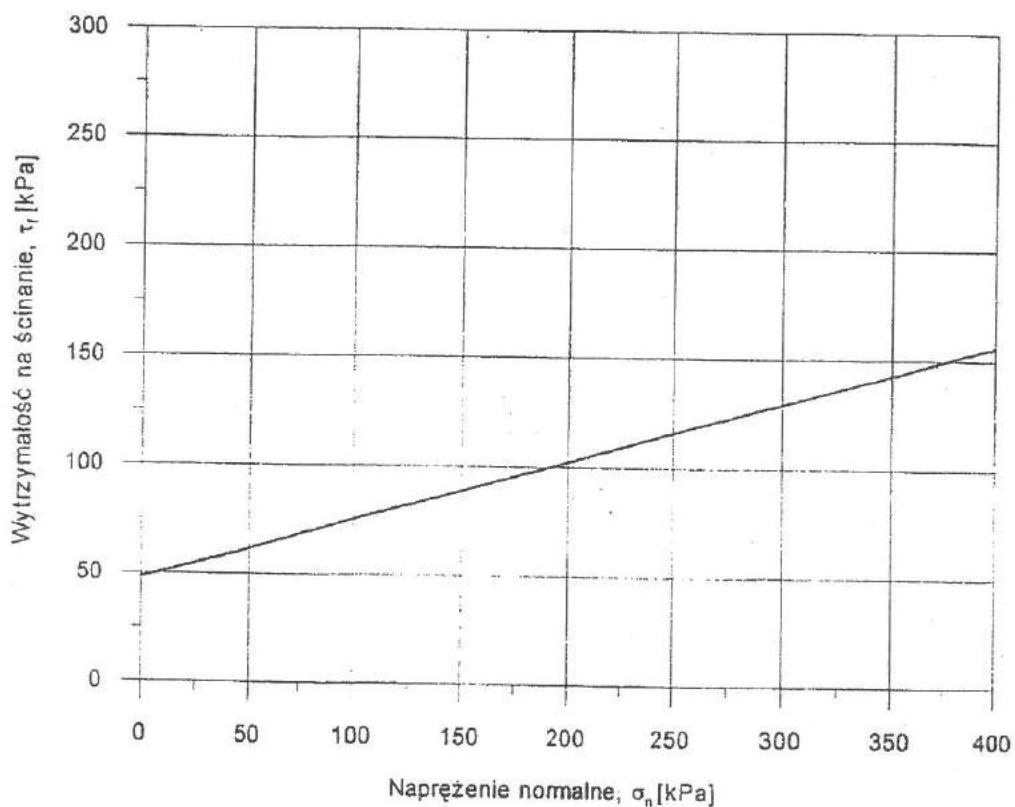
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 7,8 [°]
spójność: c_u - 31,6 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: PL-2
Głębokość poboru:
Rodzaj gruntu: Zwiertzelina gliniasta
Stan konsystencji: tpi
Wilgotność naturalna: 12,87%



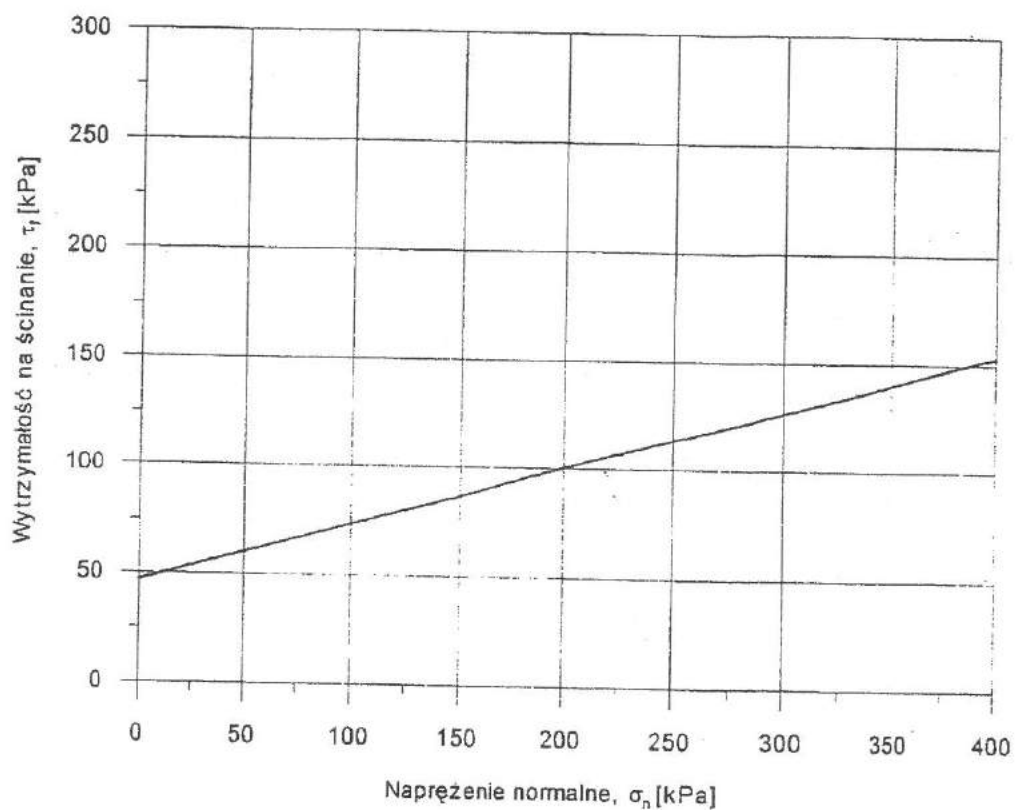
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 15.1 [°]
spójność: c_u - 48.1 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: L-3
Głębokość poboru: 1.80-1.90 m
Rodzaj gruntu: Zwięzłały piaskowiec + zwięzrelina piaskowca
Stan konsystencji: mało wilgotny
Wilgotność naturalna: 4,70%



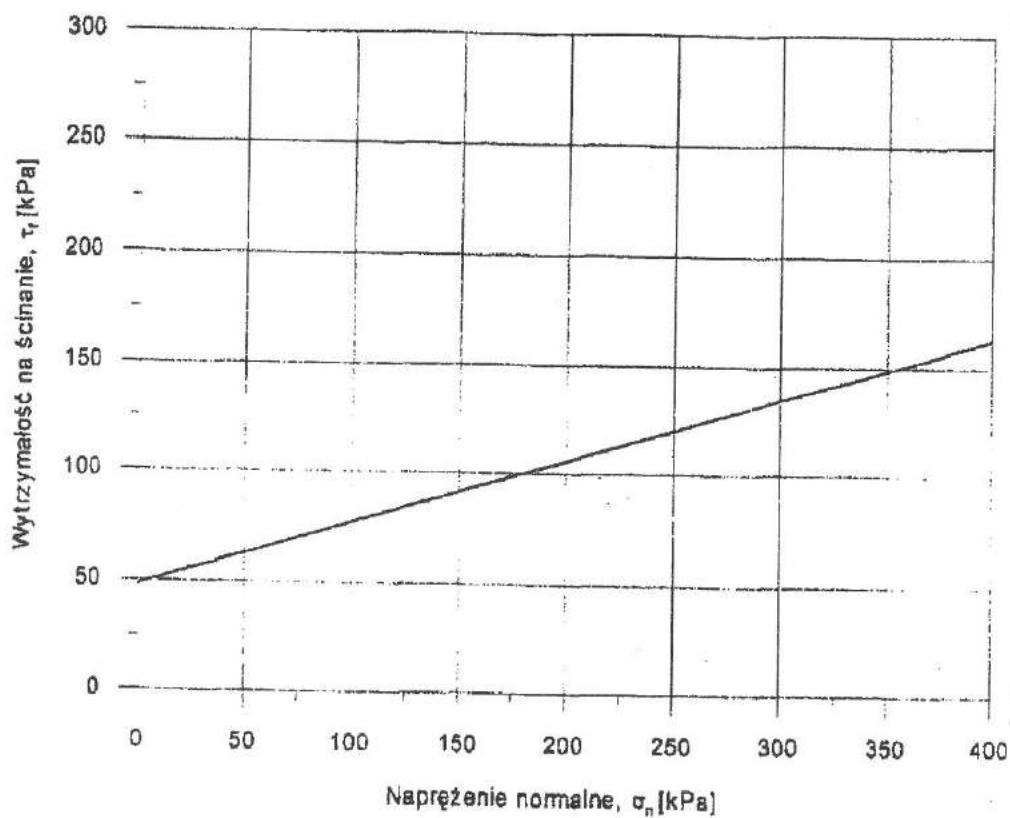
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 14.9 [°]
spójność: c_u - 46.8 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: L 3
Głębokość poboru: 3,00-3,10 m
Rodzaj gruntu: II + okruchy zwietrzałego ilolupku (zwietrzelina ilolupka)
Stan konsystencji: zw
Wilgotność naturalna: 10,34%



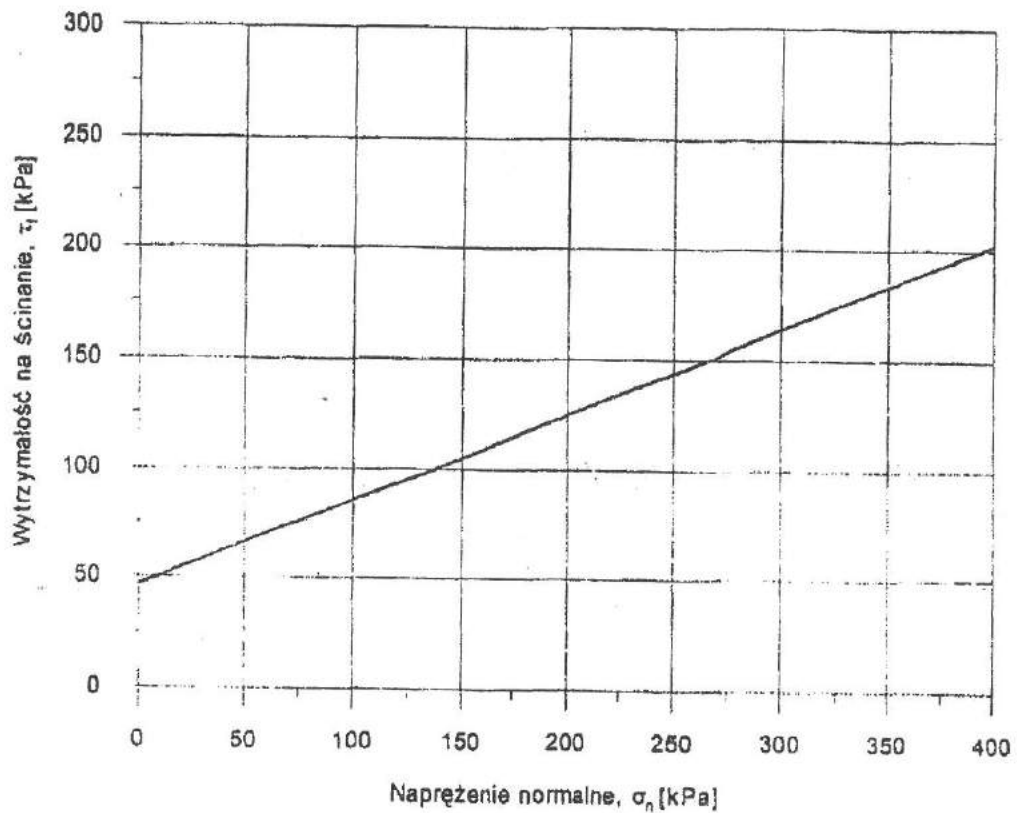
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrzny: ϕ_u - 15.9 [°]
spójność: c_u - 48.4 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: L3
Głębokość poboru: 4.10-4.20 m
Rodzaj gruntu: Zwięzłały piaskowiec + zwięznelina piaskowca
Stan konsystencji: mało wilgotny
Wilgotność naturalna: 8,24%



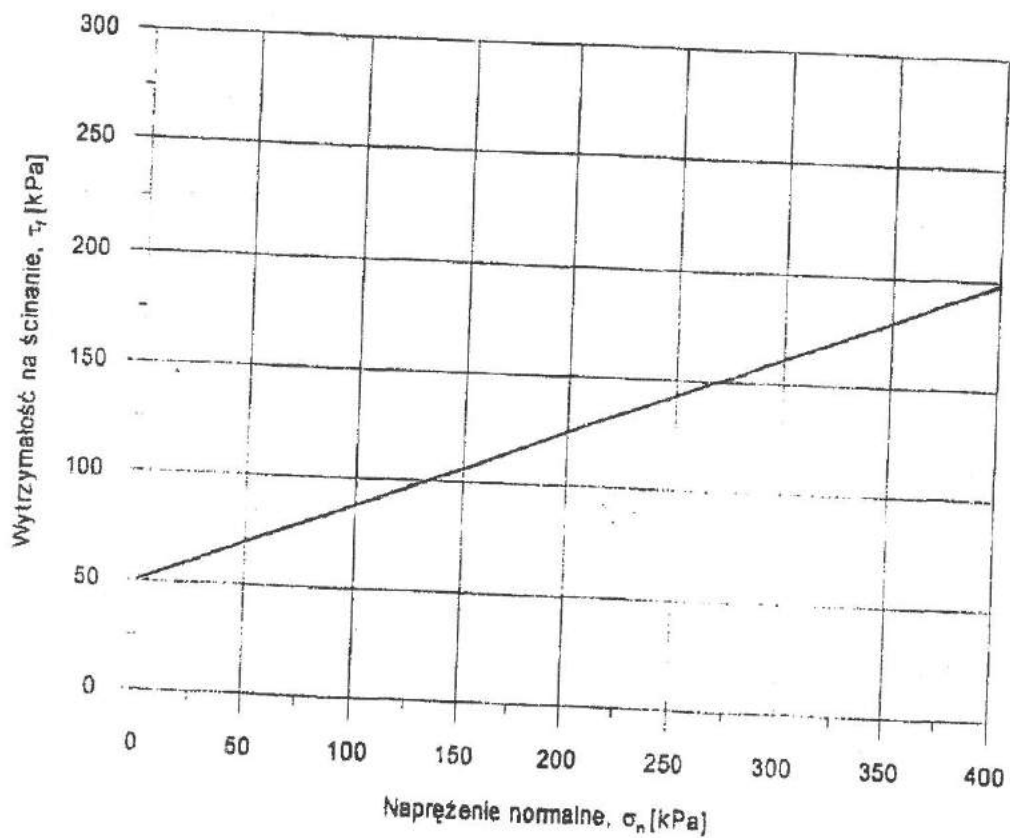
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 21.3 [°]
spójność: c_u - 46.4 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: L-3
Głębokość poboru: 5.00 m
Rodzaj gruntu: Gлина pylasta zwięzła + okruchy zwiętrzałego piaskowca
Stan konsystencji: zw / pzw
Wilgotność naturalna: 12,25%



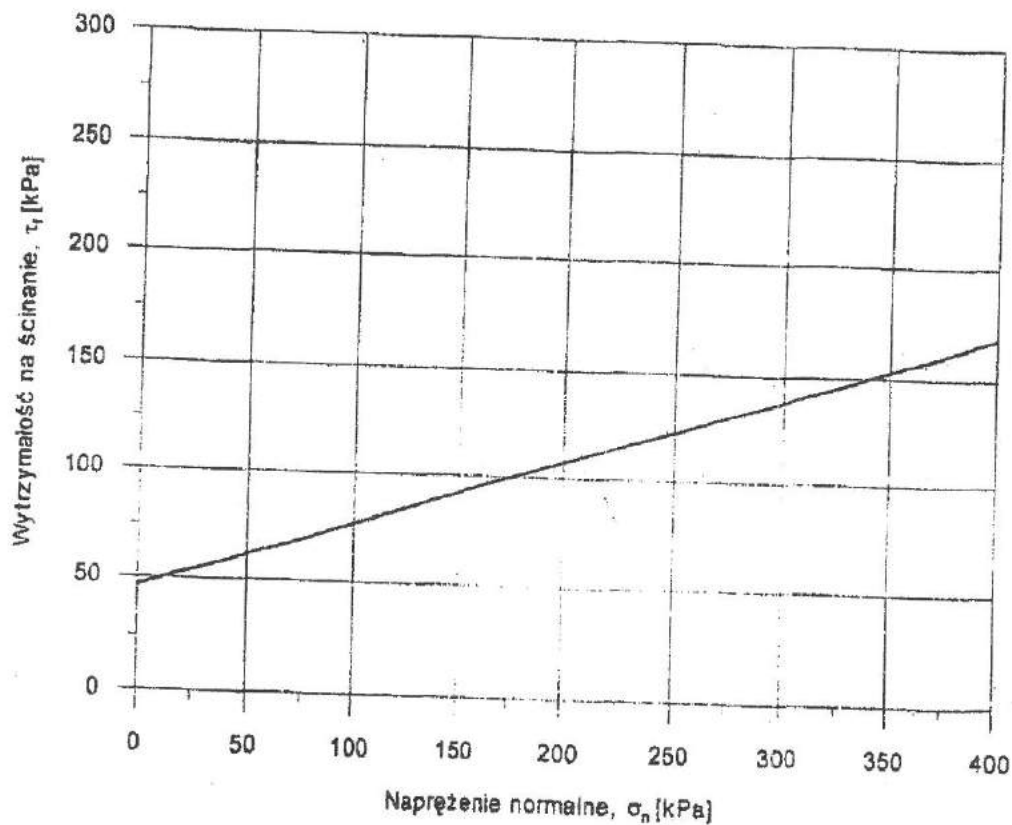
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 20.3 [°]
spójność: c_u - 50.5 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: Lel 4
Głębokość poboru: 3.80 m
Rodzaj gruntu: glina zwięzła + okruchy zwięzłego piaskowca (brekcja)
Stan konsystencji: zw
Wilgotność naturalna: 12,61%



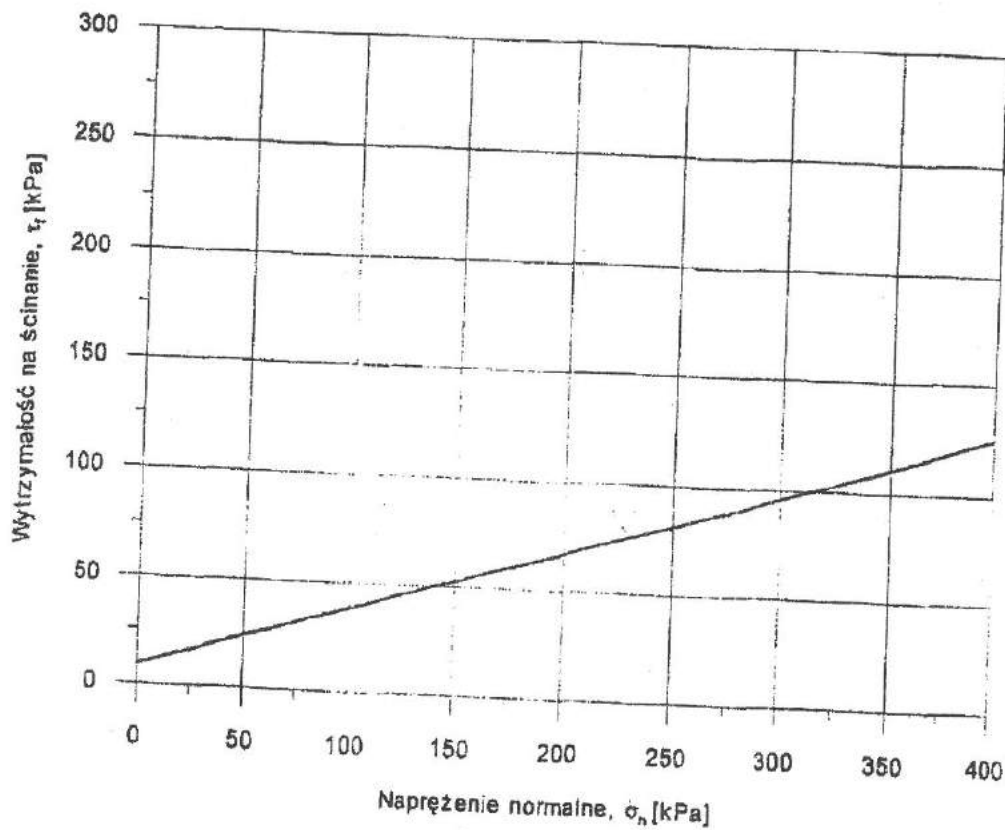
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 16.9 [°]
spójność: c_u - 46.3 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: Lei 4
Głębokość poboru: 18.40 m
Rodzaj gruntu: Zwięzła piaskowica + zwięzła piaszczysta
Stan konsystencji: wilgotny
Wilgotność naturalna: 7,39%



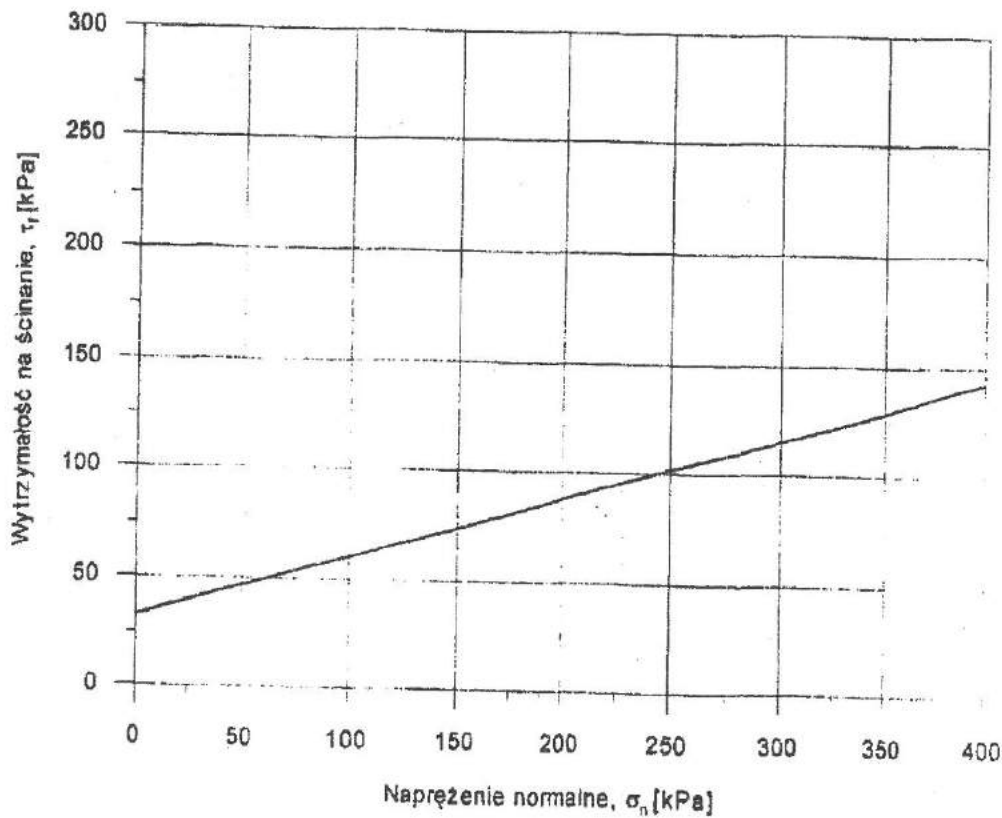
Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 16.1 [°]
spójność: c_u - 8.9 [kPa]

WYNIKI BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE

Miejsce poboru: Leluchów
Próba nr: PL 3
Głębokość poboru: 4,00 m
Rodzaj gruntu: Gлина zwięzła + okruchy zwietrzałego piaskowca
Stan konsystencji: tpi/pl
Wilgotność naturalna: 17,33%



Rodzaj próbki: próbka o naruszonej strukturze
próbka o naturalnej wilgotności

Metoda badania: standardowa wg PN-88/B-04481
Data badania: kwiecień 2004 rok

kąt tarcia wewnętrznego: ϕ_u - 15.4 [°]
spójność: c_u - 32.7 [kPa]