

5. Badania geofizyczne metodą VLF wraz z interpretacją geofizyczną i geologiczną

5.1. Metodyka badań elektromagnetycznych VLF

Metody elektromagnetyczne badań geofizycznych polegają na pomiarze składowych zmiennego pola magnetycznego o określonej częstotliwości, które powstaje w ośrodku skalnym w złożonym procesie indukcji, pod wpływem pierwotnego pola elektromagnetycznego emitowanego przez źródła sztuczne, rzadziej naturalne (sygnał z zakresu fal radiowych, mikrofalowych).

Pierwotne zmienne pole elektromagnetyczne emitowane przez nadajniki fal elektromagnetycznych powoduje powstawanie w przewodnikach (także w gruncie o niskiej oporności) prądów wirowych, które z kolei indukują powstanie wtórnego pola elektromagnetycznego, mierzonego przez odbiornik. Wtórne pole nie jest identyczne z polem pierwotnym. W wyniku interakcji z podłożem ma zmienioną fazę, przy zachowanej częstotliwości. Pole wtórne może być również zorientowane odmiennie do pola pierwotnego. Urządzenia pomiarowe, w zależności od przyjętej techniki, mierzą poszczególne parametry wtórnego pola, a także wykorzystują nadajniki różnego typu, częstotliwości i mocy.

Technika VLF (ang. *very low frequency* – bardzo niskich częstotliwości) polega na wykorzystaniu fal radiowych o częstotliwościach 15-30 kHz. Sygnał taki jest emitowany z kilkunastu - kilkudziesięciu nadajników na świecie i w podstawowym zakresie służy do komunikacji z łodziami podwodnymi. Dzięki dalekiej propagacji fal o takich częstotliwościach i oddziaływaniu, jakie taki sygnał radiowy wywołuje na ośrodek skalny, pomiary takie wykorzystywane są w badaniach geofizycznych. Nadajniki niemieckie, francuskie, brytyjskie i włoskie pokrywają swoim zasięgiem całą Europę, a sygnał przez nieemitowany należy do najbardziej stabilnych na świecie, dzięki czemu Polsce można z powodzeniem wykorzystać metodę VLF. Zaletą wykorzystania fal radiowych w zakresie VLF jest ich duża moc, a także fakt, że front fali, w skali badań można przyjąć, jako płaski – co daje bardzo stabilne wyniki i stosunkowo głębokie rozpoznanie. Głębokość rozpoznania, zależy w dużej mierze od oporności podłoża – technika, która daje rozpoznanie do 100 m głębokości, w przypadkach, gdy mamy do czynienia z ośrodkiem o niskiej oporności, może pozwolić na prospekcję do głębokości jedynie kilku metrów. Ta sama uwaga odnosi się również do innych metod elektromagnetycznych – techniki, które w typowych warunkach

dają rozpoznanie do kilku metrów, w przypadku niskooporowego podłoża, pozwolą na rozpoznanie jedynie do głębokości rzędu centymetrów lub pojedynczych metrów.

Niestety, w przypadku techniki VLF, z uwagi na fakt, że w trakcie pomiarów nie ma kontroli nad mocą nadajnika, przełożenie wyników na oporność lub przewodność ośrodka jest niejednoznaczne. Przeważnie stosuje się jedynie względne wyniki w kategoriach jakościowych.

W trakcie badań wykonano pomiary dla stacji nadawczych (częstotliwości), zależnie od aktualnej mocy odbieranego sygnału, położonych w przybliżeniu na przedłużeniu biegu badanych struktur nieciągłych. Wykorzystano nadajniki niemiecki (Burlage, okolice Hamburga) i francuski (Rosnay, okolice Paryża) korzystnie usytuowane względem badanych obiektów. Nadajnik w Burlage znajduje się względem Dolnego Śląska na azymucie 290-300°, tak więc czoło fali jest w przybliżeniu prostopadłe do struktur równoległych do sudeckiego uskoku brzeżnego i pozwala na dobre rozpoznanie struktur o zbliżonym biegu. Nadajnik Rosnay znajduje się dla Dolnego Śląska na azymucie 245-255°, co pozwala na rozpoznanie struktur o biegu zbliżonym do równoleżnikowego. W trakcie wykonywania badań nie udało się zarejestrować pomiarów dla nadajnika włoskiego, który leżąc na azymucie około 200-210° pozwala na rozpoznanie struktur o przebiegu w przybliżeniu południkowym.

Pomiary zostały wykonane wzdłuż zaplanowanych profili z krokiem pomiarowym 10 m. Całkowita długość zrealizowanych profili VLF wynosi ponad 34 km. Lokalizację badań VLF ilustrują figury 5.1.1-5.1.22. Zestawienie tabelaryczne wykonanych badań VLF prezentuje tabela 5.1.

Badania metoda VLF wykonano aparaturą pomiarową ENVI VLF firmy Scintrex produkcji Kanadyjskiej.

Dane pomiarowe zamieszczone są w dwóch plikach stanowiących katalog danych VLF-2014.xls i VLF-2015.xls Wyniki badań VLF zostały przedstawione w postaci wykresów składowych fazowych in-phase (IP) i quadrature (Quad) składowej magnetycznej wtórnego zmiennego pola elektromagnetycznego dla dwóch częstotliwości (fig. 5.2.1-5.2.22). Zmiany parametrów o charakterze anomalnym, w tym struktur *cross-over* pozwoliły na wstępne wyznaczenie położenia stref uskokowych. Przy przetwarzaniu wyników nie zastosowano powszechnie wykorzystywanego filtra Frasera, gdyż przy wykonywaniu badań wzdłuż pojedynczej linii (profilu) nie ma możliwości korelacji między profilami i filtracja Frasera nie wnosi dodatkowej jakości w interpretacji wyników badań VLF. Filtracja Frasera została jedynie na próbę zastosowana do kilku profili, jednak nie wniosła istotnej, dodatkowej

Tabela 5.1. Długości wykonanych profili VLF dla poszczególnych linii pomiarowych. Numeracja rejonów badań i linii pomiarowych zgodna z przyjętą w całym raporcie.

Rejon badan/linia pomiarowa	długość
2. Szklarska Poręba - Kamienna	1,5
3. Przesieka	1,4
5.I. Stary Waliszów I	0,95
6. Idzików - Pasterskie Skąły	0,95
7. Wilkanów	0,8
8. Ławszowa	2,9
9. Tomaszów Bolestawiecki	1,8
10. Radziechów (Olszanica-Okmiany)	1,8
11. Męcinka	2,2
12. Myślibórz	1,8
13. Kłaczyna	1,5
14.I. Mokrzeszów I	1,6
14.II. Mokrzeszów II	1,8
15. Ostroszowice	2
16. Srebrna Góra-Brzeźnica	1,5
17. Mąkolno	1,15
18. Niemcza	0,85
19.I. Ciepłowodny I	2,5
20.I. Grabin I	1,3
21.I. Tułowice I	1,65
22. Głuchów	2
23. Kępa	1,1
SUMA km	35,05
ILOŚĆ PROFILI	22

informacji. Należy przy tym zaznaczyć, że określenia położenia stref o gwałtownych zmianach wartości parametrów fazowych, które mogą wskazywać na obecność uskoku lub strefy spękań, można wykonać z taką samą pewnością zarówno na wykresie wartości pola magnetycznego, jak i na wykresie jej pochodnej.

5.2 Wyniki badań VLF na profilach

(numeracja rejonów badań/linii pomiarowych użyta poniżej jest zgodna z przyjętą w całym raporcie).

2. Rejon badań Szklarska Poręba - Kamienna

Azymut linii pomiarowej 3°

Azymut nadajnika Burlage 298°

Azymut nadajnika Rosnay 252°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej WNW-ESE

Na linii pomiarowej zaznacza się wyraźny trend zmiany wartości wszystkich składowych indukowanego pola elektromagnetycznego (fig. 5.2.1). Dla częstotliwości 23,3 kHz wartość IP stopniowo wzrasta wzdłuż profilu, podczas gdy wartość QUAD w pierwszej części profilu spada nieznacznie, a pod koniec wzrasta. Dla częstotliwości 18,3 kHz trend jest odwrotny. Na ogólny trend zmian nakładają się zmiany krótkookresowe, stanowiące anomalie VLF. Anomalie zaznaczają się wyraźniej na wykresach wartości składowych częstotliwości 23,3 kHz. Na około 100 metrze profilu zaznacza się podwójna anomalia okresowa, zbliżona do struktury cross-over, zaznaczająca się wyraźnie dla częstotliwości 23,3 kHz i jedynie słabo zarysowana dla częstotliwości 18,3 kHz. Położenie anomalii współgra z położeniem źródeł w terenie, co wskazuje na prawdopodobną genezę anomalii związaną ze strefą spękań. Można przypuszczać, że strefa ta ma przebieg zbliżony do azymutu 120. Anomalie na 520, 950, 1100 i 1350 m zaznaczają się na wykresach dla obu częstotliwości i są związane ze strefami uskokowymi o bardziej równoleżnikowym przebiegu, gdyż na wykresach dla częstotliwości 18,3 kHz mają przebieg zbliżony do struktury typu cross-over.

3. Rejon badań Przesieka

Azymut linii pomiarowej 1,5°

Azymut nadajnika Burlage 298°

Azymut nadajnika Rosnay 252°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej W-E, WNW-ESE

Przebieg zmienności składowych indukowanego pola elektromagnetycznego na linii pomiarowej Przesieka cechuje się dużą zmiennością dla obu mierzonych częstotliwości

(fig. 5.2.2). Zaznacza się regularność, że wartości składowych zmieniają się stopniowo (rosnąco dla częstotliwości 23,3 kHz i malejąco dla 18,3 kHz) na odcinku 400-500 m, następnie trend odwraca się gwałtownie na odcinku o szerokości do 200 m. Można zaobserwować 3 strefy gwałtowniejszej zmiany wartości składowych, przy czym wszystkie one odzwierciedlają się na wykresach dla obu częstotliwości. Stosunkowo łagodny przebieg wykresów przy równoczesnej znacznej wartości składowych wskazuje, że anomalie te są związane z występowaniem stref uskokowych o znacznych kontrastach opornościowych, przebiegających skośnie do linii pola pierwotnego nadajników. Uskoki zlokalizowane są na metrażu około 150; 620 i 1150. Anomalia na 150 metrze zaznacza się jako struktura cross-over dla częstotliwości 23,3 kHz, co pozwala przypuszczać, że uskoki ją powodujący ma przebieg zbliżony do azymutu 120°

5. Rejon badań Stary Waliszów

Azymut linii pomiarowej 34°

Azymut nadajnika Burlage 300°

Azymut nadajnika Rosnay 256°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Na linii pomiarowej Stary Waliszów przebiegi składowych indukowanego pola elektromagnetycznego są stosunkowo jednostajne (fig. 5.2.3). Wartości składowych w znacznej części wykresów zawierają się w przedziale $-10 - +10$ jednostek. Znacząca anomalia zarejestrowana około 580 metra jako cross-over związana jest z obecnością linii energetycznej niskiego napięcia, wprowadzającą znaczne zakłócenia. Dopiero na 700-750 metrze profilu rejestruje się istotne obniżenie wartości IP dla obu mierzonych częstotliwości. Spadek ten jest stosunkowo łagodny i nie rejestruje się w składowej kwadraturowej. Może on być związany z obecnością strefy uskokowej rozdzielającej skały o różnej litologii, lub być wynikiem zmiany litologii skał wynikającej z innych przyczyn. Stopniowa zmiana parametrów fazowych może być spowodowana przebiegiem uskoku skośnie do linii sił pola pierwotnego, lub nachyleniem powierzchni wywołującej tą anomalię. Taką interpretację potwierdzają wyniki innych badań geofizycznych wykazujące występowanie położej powierzchni uskokowej.

6. Rejon badań Idzików (Pasterskie Skały)

Azymut linii pomiarowej 93°

Azymut nadajnika Burlage 300°

Azymut nadajnika Rosnay 256°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej N-S

Na linii pomiarowej Idzików przebiegi składowych indukowanego pola elektromagnetycznego są stosunkowo jednostajne (fig. 5.2.4). Wartości składowych w znacznej części wykresów zawierają się w przedziale -10 - +10 jednostek. Znacząca anomalia typu cross-over zarejestrowana około 490 metra związana jest z obecnością linii energetycznej niskiego napięcia, wprowadzającą znaczne zakłócenia. Anomalia ta maskuje negatywny trend widoczny słabo na składowej IP dla częstotliwości 23,3 kHz. Badania VLF nie pozwalają na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków, prawdopodobnie z uwagi na fakt, że ewentualne uskoki mają przebieg zbliżony do południkowego i są słabo rejestrowane przy wykorzystaniu użytych nadajników.

7. Rejon badań Wilkanów

Azymut linii pomiarowej 266°

Azymut nadajnika Burlage 300°

Azymut nadajnika Rosnay 257°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej N-S

Na linii pomiarowej Wilkanów zarejestrowano jedną wyraźną anomalię VLF typu cross-over (fig. 5.2.5). W części W linii pomiarowej przebiegi zmienności składowych indukowanego pola elektromagnetycznego dla obu mierzonych częstotliwości nie wykazują zmienności. Zaburzenia zanotowane w początkowym odcinku związane są z przebiegiem linii energetycznej niskiego napięcia. Dopiero na około 520-540 metrze linii pomiarowej notuje się bardzo wyraźną anomalię dla obu częstotliwości. Dla częstotliwości 23,3 kHz Anomalia ta ma przebieg zbliżony do anomalii cross-over. Tak wyraźny zapis zanotowano dla anomalii związanych z liniami energetycznymi, jednak na podstawie przebiegu wartości składowych dla częstotliwości 18,3 kHz, oraz zmiany charakteru przebiegów na E od anomalii (odchylenie wartości składowej IP) można wnosić, że jest to anomalia o pochodzeniu naturalnym. Anomalia ta związana jest prawdopodobnie z występowaniem strefy uskokowej rozdzielającej skały krystaliczne masywu Śnieżnika od skał osadowych (kredowych) występujących w rowie Górnej Nysy Kłodzkiej.

8. Rejon badań Ławszowa

Azymut linii pomiarowej 348°

Azymut nadajnika Burlage 293°

Azymut nadajnika Rosnay 249°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Przebieg profilu VLF na linii pomiarowej Ławszowa został zmieniony względem pierwotnie zaprojektowanego. Wzdłuż linii pierwotnie zaprojektowanej przebiega linia wysokiego napięcia, która całkowicie zakłócała pomiary metodą elektromagnetyczną. Profil wykonano wzdłuż drogi leśnej biegnącej równoległe do drogi 357, na zachód od doliny Kwisy. Linia badań VLF oddalona jest o około 1 km do pierwotnie planowanego przebiegu linii pomiarowej.

Na linii pomiarowej Ławszowa (fig. 5.2.6) w południowej i środkowej części profilu przebiegi wartości składowych indukowanego pola elektromagnetycznego są stosunkowo jednorodne. Wartości parametru IP zmieniają się w zakresie -10 - +10 jednostek, a odchylenia wartości Quad nie przekraczają [5] jednostek. Zmienność jest długookresowa a parametr Quad podąża za wartościami IP. Jednopunktowe anomalie w przebiegu krzywych można wiązać z zakłóceniami generowanymi przez nadajniki radiowe w przejeżdżających samochodach. Od 2100-2200 metra profilu wartości zaczynają odbiegać od zera, dla częstotliwości 23,3 kHz IP rośnie stopniowo do blisko 40 jednostek; dla częstotliwości 18,3 kHz IP nieznacznie spada, natomiast parametr Quad rośnie powyżej 10 jednostek. Przebieg taki można wiązać ze zmianą litologii pokrywy osadowej i stopniową zmianą oporności podłoża.

9.I. Rejon badań Tomaszów Bolesławiecki, linia badawcza I

Azymut linii pomiarowej 227°

Azymut nadajnika Burlage 293°

Azymut nadajnika Rosnay 250°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Dla linii pomiarowej Tomaszów Bolesławiecki (fig. 5.2.7) zanotowano stopniowy spadek natężenia pierwotnego pola elektromagnetycznego o częstotliwości 23,3 kHz i niskie natężenie pola pierwotnego dla częstotliwości 18,3 kHz. Niskie natężenie pola pierwotnego ma odzwierciedlenie w wynikach pomiarów składowych pola wtórnego dając w efekcie

wyniki o niższym stosunku sygnału do szumu. Dla obu monitorowanych częstotliwości wartości utrzymują się w przedziale -10 - +10 jednostek dla obu składowych fazowych pola indukowanego. Nie zanotowano anomalii, które mogłyby jednoznacznie odpowiadać strefom uskokowym. Jest to prawdopodobnie związane z obecnością miększej pokrywy osadów luźnych pokrywających podłoże skalne, w którym można spodziewać się stref uskokowych. Notowana długookresowa zmienność przebiegu wartości składowych pola indukowanego może być związana ze zmianą litologii płytko położonych warstw.

10. Rejon badań Radziechów (Olszanica-Radziechów-Okmiany)

Azymut linii pomiarowej 3°

Azymut nadajnika Burlage 293°

Azymut nadajnika Rosnay 250°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Zmienność składowych indukowanego pola elektromagnetycznego na linii pomiarowej Radziechów (fig. 5.2.8) jest nieznaczna, wartości składowych tylko lokalnie nieznacznie przekraczają 10 jednostek. Anomalie krótkookresowe występujące równocześnie na wykresach wartości dla obu monitorowanych częstotliwości, które można przypisać występowaniu w podłożu stref uskokowych zanotowano na około 800 i 1200-1300 metrze profilu. Anomalie te mają przebieg nie odpowiadający typowym strukturom cross-over, co może świadczyć o tym, że wywołujące je uskoki mają przebieg skośny w stosunku do linii sił pól pierwotnych (nadajników).

11. Rejon badań Męcinka

Azymut linii pomiarowej 55°

Azymut nadajnika Burlage ---°

Azymut nadajnika Rosnay 250°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Dla linii pomiarowej Męcinka (fig. 5.2.9) zarejestrowano jedynie zmienność składowych pola indukowanego dla częstotliwości 18,3 kHz. Natężenie pola pierwotnego jest małe, dodatkowo zarejestrowano gwałtowny wzrost natężenia pola na odległości około 1100 m, który może być związany z momentem przełączenia nadajnika pola pierwotnego, lub zanikiem efektu ekranowania pola przez bazalty występujące w zboczach wąskiej doliny,

wzdłuż której wykonywano pomiary. Za drugą przyczyną przemawia fakt, że wzrost natężenia pola pierwotnego nastąpił w miejscu, gdzie dolina gwałtownie rozszerza się. Przyjmując, że niskie natężenie pola pierwotnego było efektem ekranowania, zmiany w natężeniu pola pierwotnego, szczególnie te, które korelują się ze zmianami składowych pola wtórnego, można interpretować jako efekty obecności struktur tektonicznych. Z takiego punktu widzenia można wyznaczyć położenie stref uskokowych na około 400 i 650 metrów profilu oraz około 1100 metrów profilu, gdzie występuje najsilniejsza anomalia typu cross-over rejestrowana na profilu.

12. Rejon badań Myślubórz

Azymut linii pomiarowej 38°

Azymut nadajnika Burlage 294°

Azymut nadajnika Rosnay 250°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Wykresy przebiegu wartości bezwzględnych składowych indukowanego pola elektromagnetycznego dla linii pomiarowej Myślubórz (fig. 5.2.10) w małej skali dla dwóch mierzonych częstotliwości prezentują bardzo zbliżony przebieg. Przy czym wartości pozytywne dla częstotliwości 23,3 kHz, dla częstotliwości 18,3 kHz odpowiadają wartościom ujemnym. W początkowej części profilu wartości parametru IP są wysokie, osiągają 30-50 jednostek dla częstotliwości 23,3 kHz i nawet -80 jednostek dla częstotliwości 18,3 kHz. Wartości bezwzględne zmniejszają się stopniowo osiągając okolice zera na dystansie około 500 m od początku profilu. Tak wysokie wartości można wiązać z obecnością w podłożu bazaltów. Pomędzy 500 a 1000 metrem profilu notuje się serię krótkookresowych zmian wartości składowych dla obu częstotliwości w zakresie -10 - +10 jednostek dla obu składowych obu mierzonych częstotliwości, część z nich o charakterze cross-over. Można przypuszczać, że spowodowane jest to występowaniem bezpośrednio w podłożu skał silnie spękanych i pociętych siecią drobnych uskoków. W końcowym fragmencie profilu, od około 1000 metra profilu wykresy dla obu częstotliwości przybierają bardzo wyrównany przebieg, a odchylenia zarejestrowane można uznać za efekt szumów elektromagnetycznych. Taki wyrównany przebieg można przypisać obecności niskooporowej miększej pokrywy osadowej.

13. Rejon badań Kłaczyna

Azymut linii pomiarowej 71°

Azymut nadajnika Burlage 295°

Azymut nadajnika Rosnay 252°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE, N-S

Na linii pomiarowej Kłaczyna zarejestrowano jedną wyraźną anomalię wartości składowych indukowanego pola elektromagnetycznego (fig. 5.2.11). Anomalia ta zlokalizowana jest między 800 a 1000 metrem profilu i notowana jest dla obu monitorowanych częstotliwości jako złożona anomalia typu cross-over. Wartości IP częstotliwości 23,3 kHz w strefie anomalii zmieniają się w zakresie -30 - +30 jednostek. W pozostałej części profilu zmienność rejestrowana jest znacząco mniejsza. Anomalia zarejestrowana ma prawdopodobnie związek z występowaniem złożonej strefy uskokowej.

14.I. Rejon badań Mokrzeszów, linia badawcza I

Azymut linii pomiarowej 68°

Azymut nadajnika Burlage 296°

Azymut nadajnika Rosnay 253°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE, W-E

Dla linii pomiarowej Mokrzeszów 1 (fig. 5.2.12) zarejestrowano bardzo dużą zmienność wartości składowych indukowanego pola elektromagnetycznego. Wartości IP dla obu częstotliwości dochodzą do 60-70 jednostek, a wartości Quad dochodzą do 20-30 jednostek. Zmiany parametrów notuje się w okresach 100-200 m a parametr IP i Quad zmienia się przeciwnie. Na podstawie wyznaczenia miejsc przechodzenia wartości przez zero (położenie centralnych części struktur cross-over) występujących wspólnie dla obu częstotliwości można wyznaczyć serię stref, w których prawdopodobnie występują strefy uskokowe. Wyraźne strefy występują na około 20, 180, 230, 350, 560, 620 i 720 metrze profilu. Zbliżony przebieg wykresów o przeciwnym znaku wskazywać może, że uskoki przecinające linię pomiarową przebiegają w azymucie zbliżonym do 95°. W północno-wschodniej części profilu zmienność zanika. Jedynie na 1260 metrze zarejestrowano nieznaczna anomalię dla częstotliwości 23,3 kHz, która może być związana z uskokiem występującym pod przykryciem niskooporowych skał nieskonsolidowanych.

14.II. Rejon badań Mokrzeszów, linia badawcza II

Azymut linii pomiarowej 133°

Azymut nadajnika Burlage 296°

Azymut nadajnika Rosnay 253°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej W-E

Na linii pomiarowej Mokrzeszów II (fig. 5.2.13) zanotowano dwie wyraźne anomalie krótkookresowe. Obie one rejestrowane są dla obu częstotliwości, zarówno w składowej kwadraturowej jak i IP. Charakter obu anomalii przypomina anomalie powstałe w wyniku obecności infrastruktury. Anomalia na około 780 metrze profilu ma prawdopodobnie związek z przebiegiem gazociągu. Anomalia na 520 metrze nie udało się połączyć z obecnością linii energetycznej lub gazociągiem, jednak jej charakterystyka wskazuje, że nie jest ona pochodzenia naturalnego, szczególnie, że skały podłoża w tej części pokryte są miększą pokrywą niskooporowych skał nieskonsolidowanych. Naturalne pochodzenie tak wyraźnej anomalii typu cross-over wymagałoby występowania strefy uskokowej w skałach wysokooporowych, przy samej powierzchni. W końcowym odcinku profilu notuje się zwiększoną zmienność w obrębie wartości składowych pola indukowanego dla częstotliwości 18,3 kHz, co może być efektem obecności strefy uskokowej na odległości 1500-1700 m.

15. Rejon badań Ostroszowice

Azymut linii pomiarowej 63°

Azymut nadajnika Burlage 297°

Azymut nadajnika Rosnay 255°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Na linii pomiarowej Ostroszowice (fig. 5.2.14) zanotowano występowanie dwóch bardzo wyraźnych anomalii. Pierwsza z nich jest położona na około 550 metrze profilu, dla częstotliwości 23,3 kHz ma wyraźny charakter anomalii typu cross-over, i koreluje się dobrze z położeniem dolnej krawędzi morfologicznej stoku Gór Sowich. Anomalia ta zaznacza się jako gwałtowna zmiana wartości parametru IP dla częstotliwości 23,3 kHz oraz początek trendu spadkowego składowej kwadraturowej dla częstotliwości 18,3 kHz. Anomalia druga położona jest na około 1300 metrze profilu i charakteryzuje się gwałtowną zmianą wartości parametru IP dla obu monitorowanych częstotliwości. Zmiana dla częstotliwości 18,3 kHz wynosi ponad 60 jednostek, a dla częstotliwości 23,3 kHz blisko 100 jednostek. W obu przypadkach dochodzi w miejscu anomalii do odwrócenia trendu, a wykresy IP dla dwóch częstotliwości różnią się generalnie znakiem. Można uznać, że obie rejestrowane anomalie

mają pochodzenie naturalne i są związane z obecnością stref uskokowych. Anomalia na 1300 metrze profilu wywołana jest prawdopodobnie uskokiem o przebiegu zbliżonym do 95°

16. Rejon badań Srebrna Góra – (Brzeźnica)

Azymut linii pomiarowej 57°

Azymut nadajnika Burlage 298°

Azymut nadajnika Rosnay 255°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Wszystkie składowe indukowanego pola elektromagnetycznego dla linii pomiarowej Srebrna Góra (Brzeźnica) (fig. 5.2.15) charakteryzują się stosunkowo mało zróżnicowanym przebiegiem. Wartości bezwzględne nie przekraczają [10] jednostek. Jedyna anomalia rejestrowana na profilu, która może mieć związek z obecnością strefy uskokowej występuje na około 400 metrze profilu, gdzie następuje szybka zmiana trendu zarówno parametry IP jak i kwadraturowego dla obu częstotliwości, odpowiadająca strukturze cross-over. Bezwzględna zmiana wartości składowych nie przekracza 20 jednostek.

17. Rejon badań Mąkolno

Azymut linii pomiarowej 64°

Azymut nadajnika Burlage 298°

Azymut nadajnika Rosnay 255°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej NW-SE

Na linii pomiarowej zanotowano wyraźną dwudzielność w wykresach zmienności składowych pola elektromagnetycznego (fig. 5.2.16). Dwudzielność ta dotyczy obu częstotliwości. W SW części profilu, do odległości około 500 m zaznacza się wyraźne podwyższenie wartości składowych pola indukowanego, oraz duża ich zmienność krótkookresowa. Zmienność ta obserwowana jest szczególnie mocno dla częstotliwości 23,3 kHz. Składowa IP wykazuje znacznie większą zmienność niż składowa kwadraturowa (Quad). Zmienność ta może być generowana występowaniem licznych drobnych stref uskokowych lub spękaniowych. W NE części linii pomiarowej notuje się wyrównanie przebiegu składowych, a ich wartości są zbliżone do zera. Zmianę zanotowaną na wykresach można wiązać z przekroczeniem granicy sudeckiego uskoku brzeźnego. Część SW linii pomiarowej przebiega w wiszącym skrzydle uskoku a w podłożu występują granitoidy

masywu kłodzko-złotostockiego, a część NE przebiega w obrębie bloku przedsudeckiego a w podłożu występują osadowe skały kenozoiczne. Zmiana, choć bardzo wyraźna i raptowna nie ma charakteru struktury cross-over, co wskazuje, że strefa uskokowa przebiega skośnie do linii pola pierwotnego dla obu częstotliwości. Położenie głównej strefy uskokowej na podstawie badań VLF można określić na pomiędzy 500-600 metrem profilu.

18. Rejon badań Niemcza

Azymut linii pomiarowej 67°

Azymut nadajnika Burlage 296°

Azymut nadajnika Rosnay 255°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej N-S

Na linii pomiarowej Niemcza (fig. 5.2.17) zanotowano jedną, rozległą anomalię VLF. Anomalia ta znajduje się pomiędzy 100 a 200 metrze profilu i ma charakter anomalii wywołanej obecnością linii energetycznej. W terenie położenie anomalii pokrywa się z położeniem 2 linii energetycznych krzyżujących się ze sobą. Na pozostałym odcinku profilu składowe indukowanego pola elektromagnetycznego przebiegają stabilnie. Dopiero pod koniec profilu (około 800 metra) występuje stopniowy wzrost parametru IP dla obu monitorowanych częstotliwości, co prawdopodobnie wiąże się z wzrastającą miąższością pokrywy osadowej.

19.I. Rejon badań Ciepłowody, linia badawcza I

Azymut linii pomiarowej 113°

Azymut nadajnika Burlage 296°

Azymut nadajnika Rosnay 255°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej N-S, NW-SE

Na linii pomiarowej Ciepłowody (fig. 5.2.18) zarejestrowano występowanie dwóch odcinków, różniących się charakterystyką przebiegu zmienności składowych indukowanego pola elektromagnetycznego. W odcinku wschodnim profilu rejestruje się obniżone wartości składowej IP dla obu monitorowanych częstotliwości. Wartości IP oscylują w granicach wartości -10 jednostek i wykazują stosunkowo dużą zmienność. Znaczące skoki wartości parametru IP, które mogą odpowiadać obecności stref uskokowych występują na około 100 i 400 metrze profilu. Od około 750 metra profilu przebieg wartości składowych pola

indukowanego wyrównuje się i wartości bezwzględne nie przekraczają [5] jednostek, co można uznać za poziom szumów. Występowanie istotnej zmienności w zachodniej części profilu i równoczesny brak typowych struktur cross-over wskazuje, że uskoki je generujące są znacząco kątowno odchyłone od linii sił pola pierwotnego nadajników, i prawdopodobnie są zbliżone do południkowych.

20.I. Rejon badań Grabin, linia badawcza I

Azymut linii pomiarowej 102°

Azymut nadajnika Burlage 296°

Azymut nadajnika Rosnay 256°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej ?, N-S

Na linii pomiarowej Grabin zanotowano nieznaczną zmienność składowych indukowanego pola elektromagnetycznego, w zakresie -10 – 10 jednostek (fig. 5.2.19). Zanotowane zmiany mają jednak charakter gwałtowny. Dla obu monitorowanych częstotliwości zmiany zanotowane dla parametru fazowego (IP) są znacznie wyraźniejsze niż dla parametru kwadraturowego (Quad) Dla częstotliwości 23,3 kHz spadek wartości IP na odcinku między 100 a około 250 metrem związany jest ze zmianą natężenia pola pierwotnego. W części zachodniej linii pomiarowej dla częstotliwości 23,3 kHz notuje się wyraźnie dodatnie wartości parametru IP, dla częstotliwości 18,3 kHz, wartości z początku łagodnie spadają i przyjmują wartości ujemne. Pomiędzy 650 a 780 metrem notuje się dla obu częstotliwości wyraźną gwałtowną zmianę wartości parametru IP, o charakterze zbliżonym do typowej anomalii cross-over, której właściwie nie towarzyszy zmiana wartości parametru Quad. Zmiana ma prawdopodobnie związek z gwałtowną zmianą oporności w podłożu. Zastanawia fakt, że zmiana wartości nie występuje w tym samym miejscu. Może mieć to związek ze skośnym przebiegiem granicy oporności. Przebieg tej granicy nie pokrywa się prawdopodobnie również z przebiegiem linii pola pierwotnego.

21.I. Rejon badań Tułowice, linia badawcza I

Azymut linii pomiarowej 21°

Azymut nadajnika Burlage 296°

Azymut nadajnika Rosnay 256°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej ?, NNW-SSE

Na linii pomiarowej Tułowice zarejestrowano zmiany składowych indukowanego pola elektromagnetycznego w zakresie kilku jednostek (fig. 5.2.20). Maksyma wyniosły nieznacznie poniżej 10 jednostek. Równocześnie długość zaburzeń w przestrzeni odpowiada w przybliżeniu krokowi próbkowania (10 m). Obraz taki wskazuje, że zarejestrowana zmienność jest efektem szumów, a nie obecności sygnału użytecznego. Podłoże linii pomiarowej Tułowice jest w przewodzie niskooporowe, co uniemożliwiło wykrycie anomalii VLF związanych z obecnością ewentualnych uskoków. Jedyne znaczniejsze odchylenia pomierzonych parametrów można wiązać z lokalnym występowaniem piasków eolicznych o znacznie podwyższonej oporności.

22. Rejon badań Głuchów

Azymut linii pomiarowej 7°

Azymut nadajnika Burlage 291°

Azymut nadajnika Rosnay 253°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej WNW-ESE

Na linii pomiarowej Głuchów (fig. 5.2.21) zarejestrowano stosunkowo wysoką zmienność wartości składowych indukowanego pola elektromagnetycznego. Wartości składowych dla obu monitorowanych częstotliwości wahają się w granicach -30 +30 jednostek, zarówno dla składowej IP jak i kwadraturowej. Maksymalne wartości mierzone, dochodzące do [80] jednostek zanotowano na początkowym (południowym) odcinku profilu, i są one wywołane przejściem linii pomiarowej pod linią energetyczną. W południowej części profilu, do odległości około 500 m przebiegi zmienności składowych pola indukowanego są zdominowane przez wpływ zakłóceń związanych z przebiegiem linii niskiego napięcia. Przepuszczalnie odchylenia od zera wartości składowych zarejestrowane na pozostałym odcinku profilu są związane również z obecnością linii energetycznej przebiegającej równoległe do linii pomiarowej. Największe zaburzenia przebiegu wykresów rejestruje się na odcinku pomiędzy 1100-1500 metrem profilu, gdzie linia energetyczna przebiega najbliżej linii pomiarowej.

23. Rejon badań Kępa

Azymut linii pomiarowej 17°

Azymut nadajnika Burlage 291°

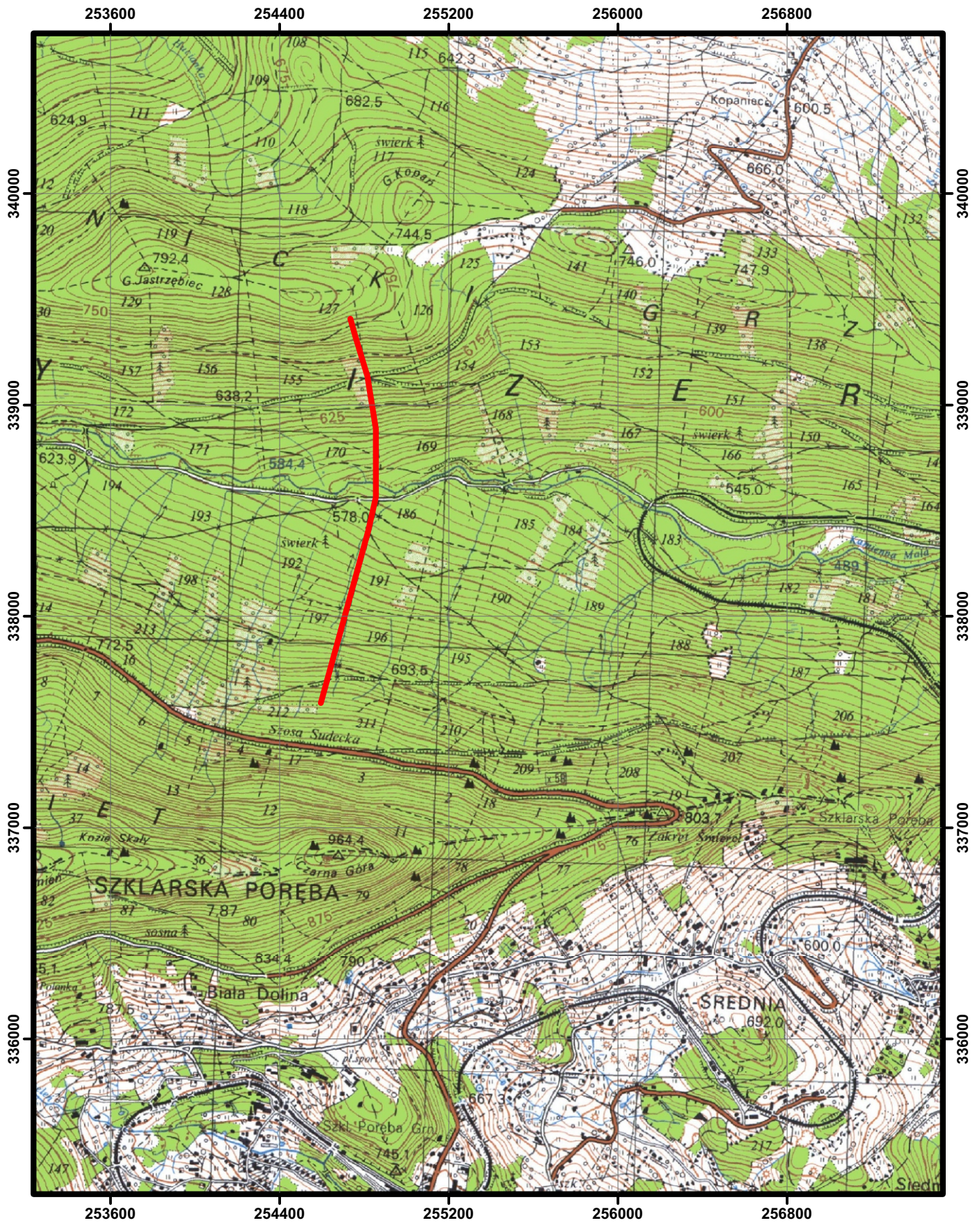
Azymut nadajnika Rosnay 253°

Przewidywany przebieg badanej struktury nieciągłej WNW-ESE

Na linii pomiarowej Kępa zanotowano stosunkowo monotony przebieg wartości składowych wtórnego pola elektromagnetycznego (fig. 5.2.22). Wartości składowych dla obu monitorowanych częstotliwości od około 200 metra linii zmieniają się stopniowo (dla częstotliwości 18,3 kHz spadają, dla częstotliwości 23,3 kHz wzrastają), co związane jest ze stopniową zmianą wilgotności gruntu w miarę wznoszenia się powierzchni terenu. Trend ten odwraca się na około 900 metrze linii. Zmiany natężenia składowych pola elektromagnetycznego są stopniowe i nieznaczne, co wskazuje na fakt, że na linii pomiarowej nie występuje jednoznaczna strefa uskokowa kontynuująca się w pobliże powierzchni terenu. Zanotowane gwałtowne zmiany obu składowych pola dla obu częstotliwości na około 100 metrze linii pomiarowej spowodowane są przebiegiem gaziociągu podziemnego.

5.3 Wnioski z przeprowadzonych badań VLF

- Badania techniką VLF pozwoliły w przypadku części linii pomiarowych zidentyfikować strefy o anomalnym przebiegu składowych fazowych indukowanego pola elektromagnetycznego. Strefy takie można wiązać z występowaniem uskoków i innych stref o znacząco kontrastującej oporności (np. stref spękań). Położenie stref anomalnych zwykle odpowiada lokalizacji stref uskokowych określonych innymi metodami geofizycznymi.
- Czytelne, przestrzennie zdefiniowane anomalie występują na obszarach o podłożu skalnym lub podłożu z cienką pokrywą skał luźnych i zwietrzelin. W przypadku występowania miększych, niezlityfikowanych pokryw osadowych przebiegi składowych VLF nie rejestrują sygnału pochodzącego od podłoża skalnego, ani stref uskokowych.
- Wykonanie badań VLF wzdłuż pojedynczych profili dla każdej linii pomiarowej, nawet jeśli rejestrowane są anomalie powstałe w wyniku oddziaływania stref uskokowych, nie pozwalają na przestrzenną identyfikację struktur. Wyniki techniki mogłyby mieć większe zastosowanie, gdyby badania VLF były prowadzone jako zdjęcia 2D na obszarach występowania wcześniej stwierdzonych uskoków w celu przestrzennego rozpoznania ich przebiegu.



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

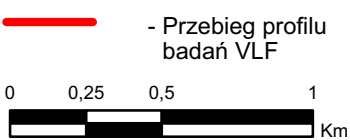
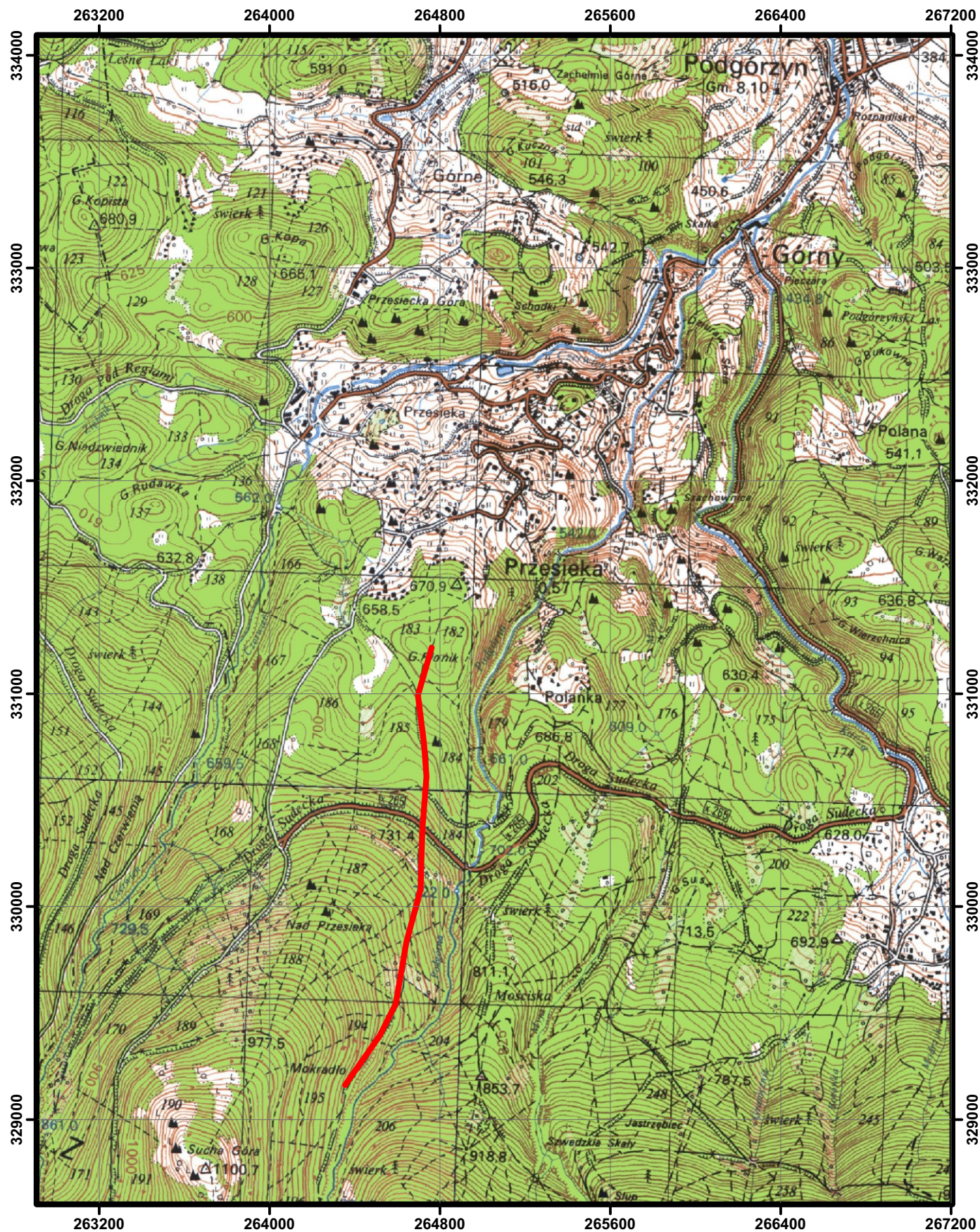


Fig. 5.1.1.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
 Szklarska Poręba - Kamienna



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

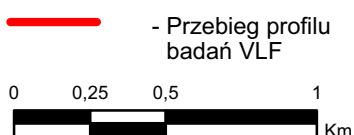
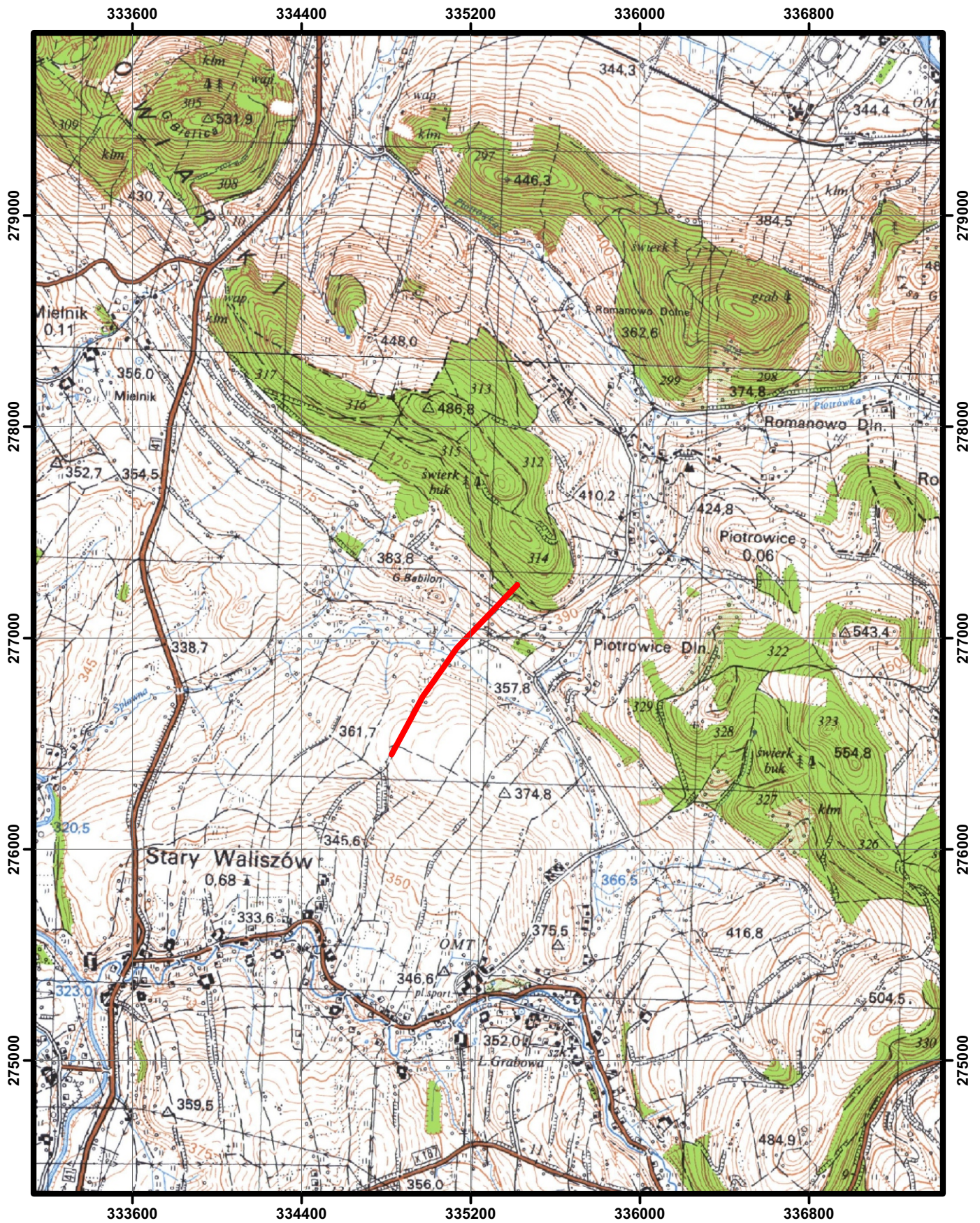



Fig. 5.1.2.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej Przesieka



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

 Przebieg profilu VLF

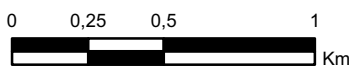
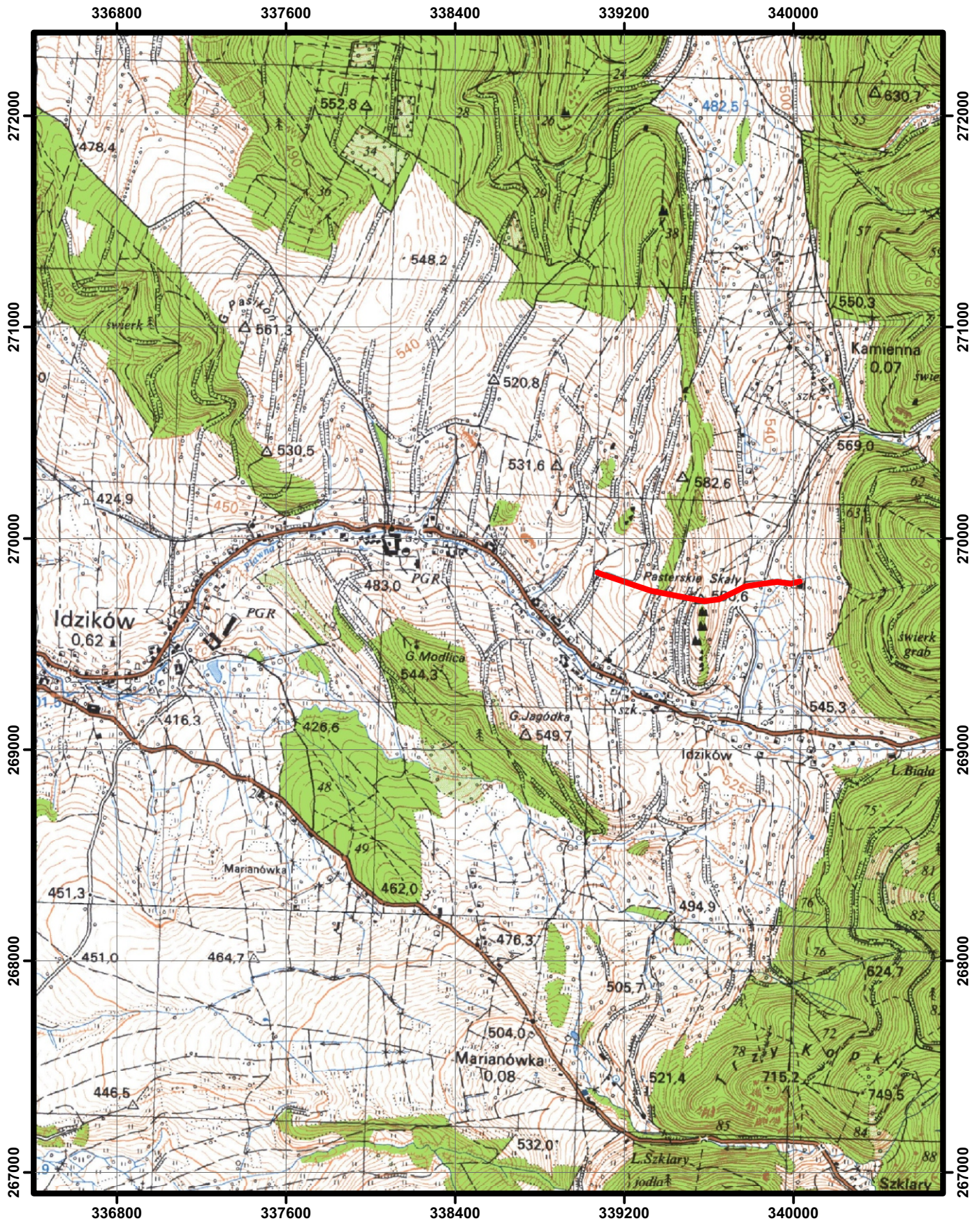


Fig. 5.1.3.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej **Stary Waliszów I**



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

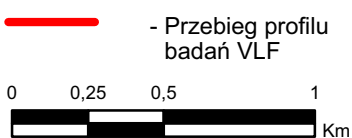
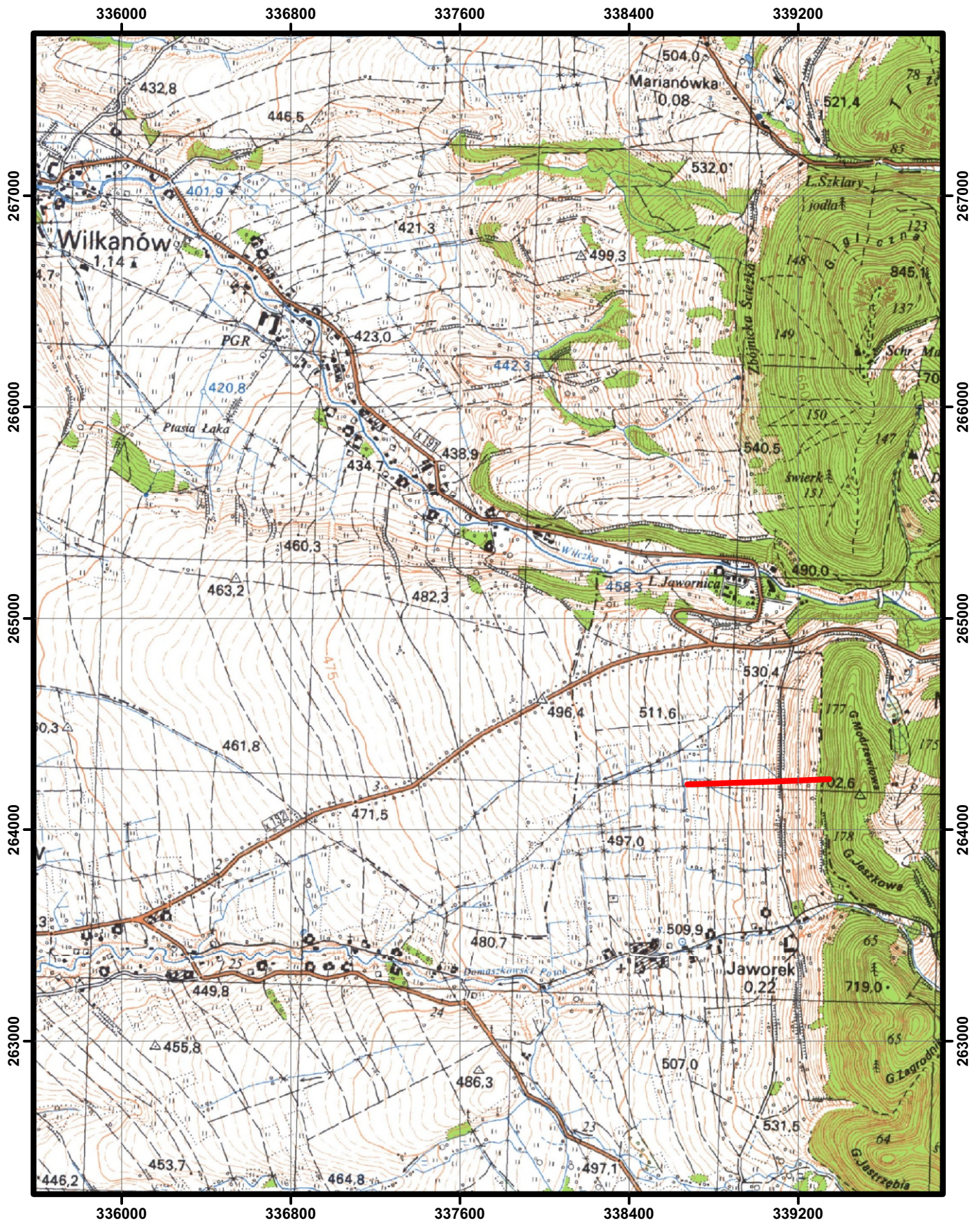


Fig. 5.1.4.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej Idzików (Pasterskie skały)



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

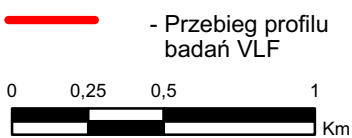
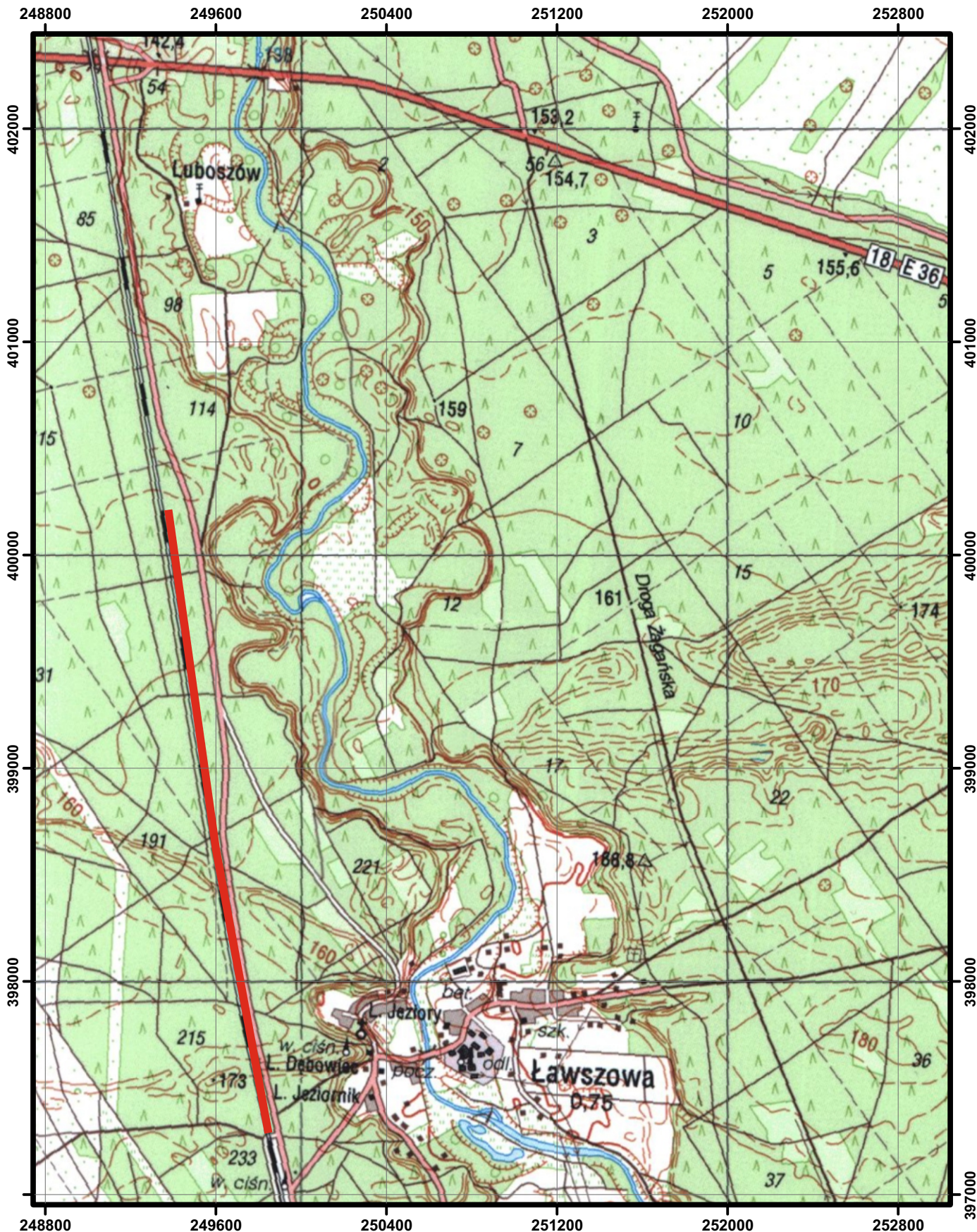


Fig. 5.1.5.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej Wilkanów

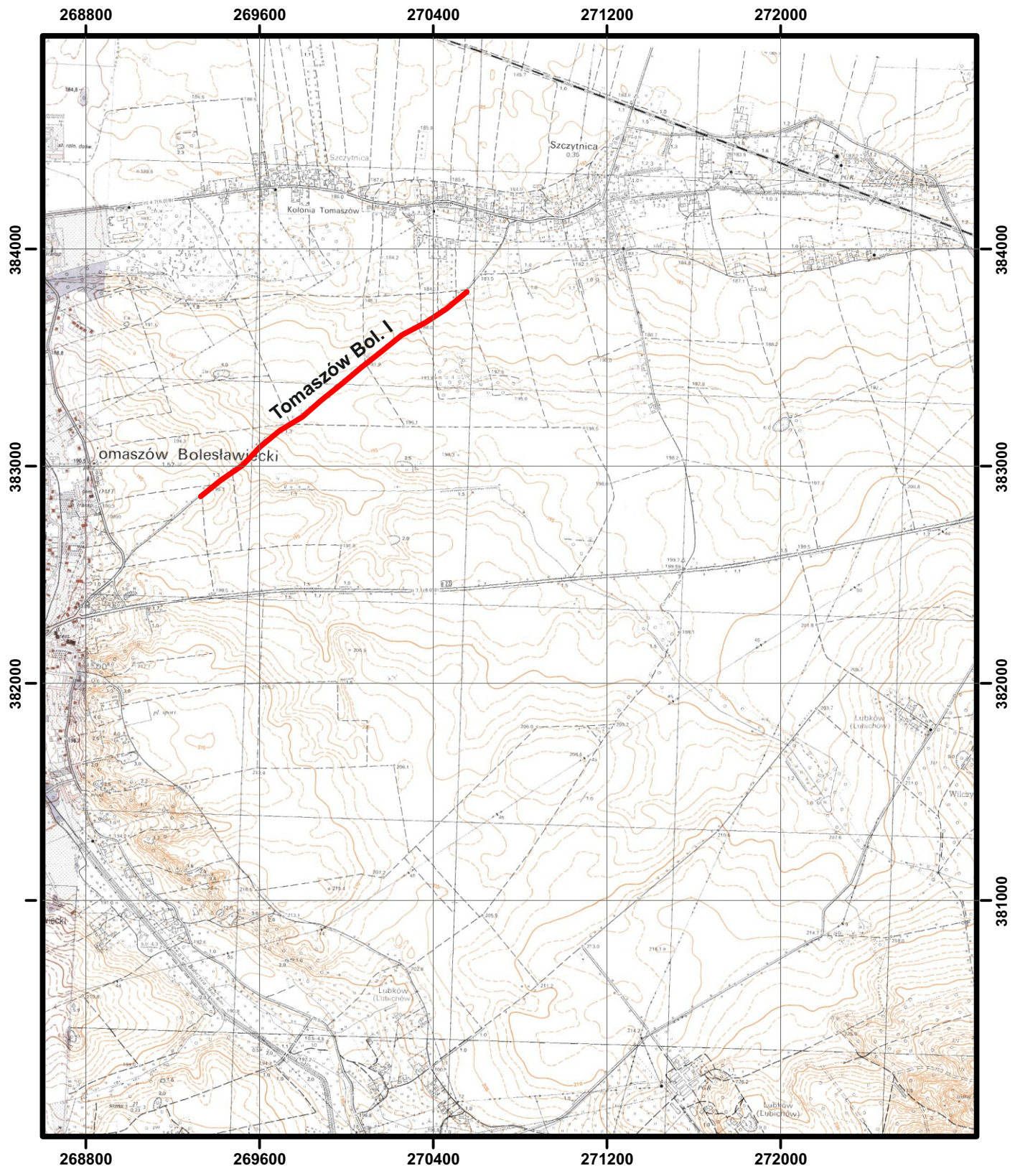


Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

Legenda:

— - Przebieg profilu VLF

Fig. 5.1.6.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
 Ławszowa



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

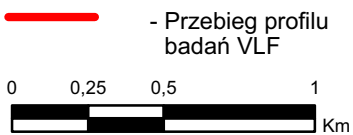
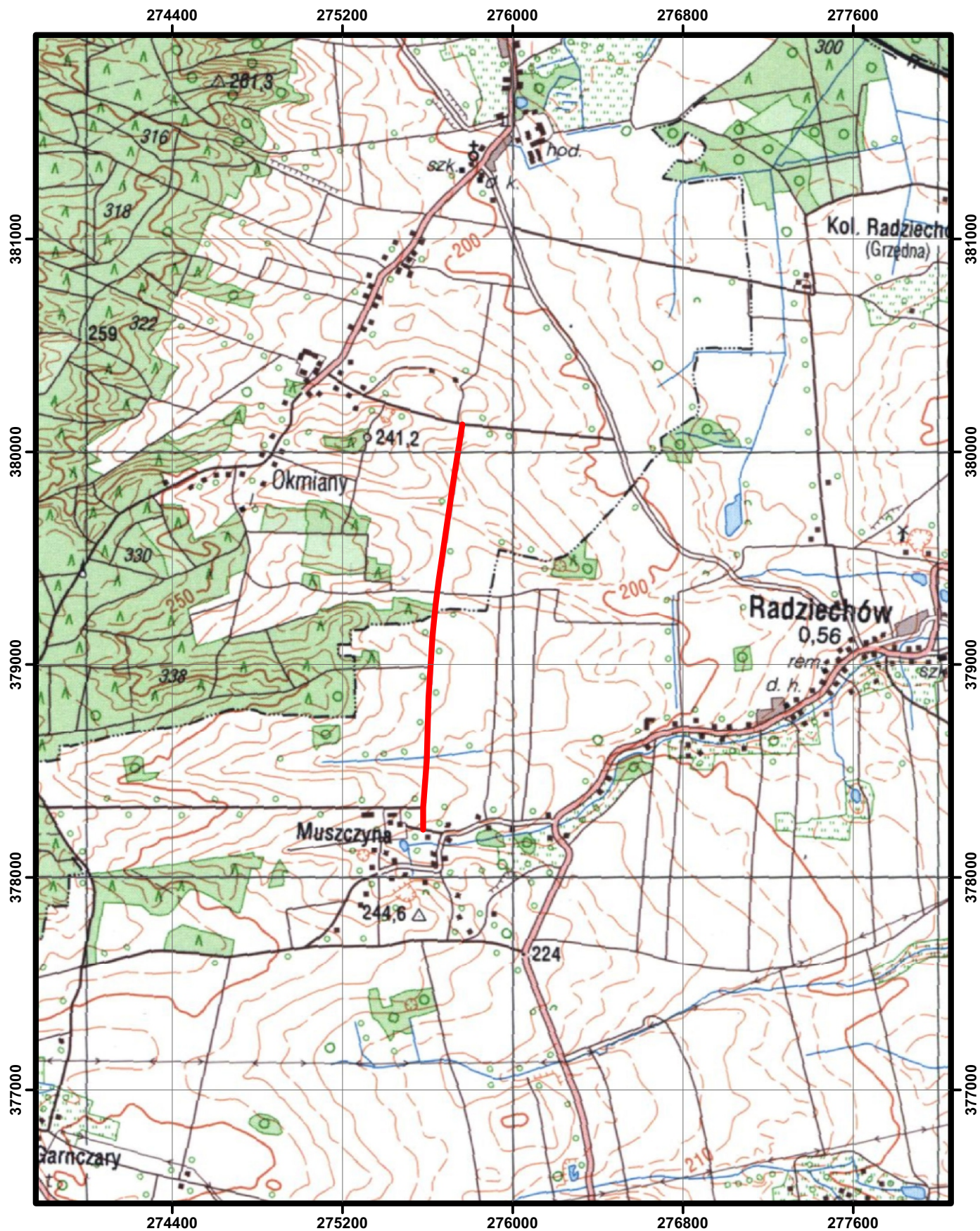


Fig. 5.1.7.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
Tomaszów Bolesławiecki I

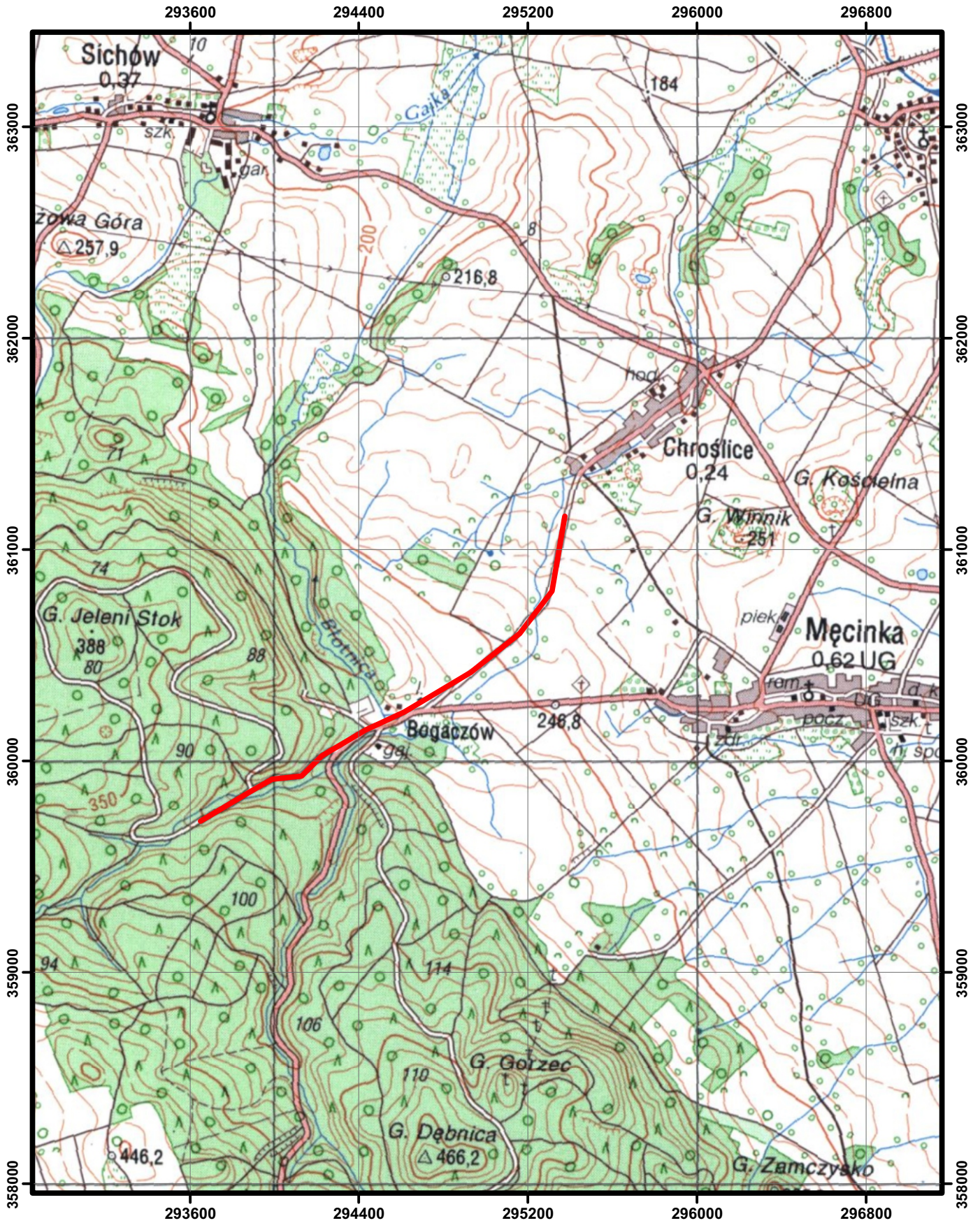


Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

Legenda:

— - Przebieg profilu VLF

Fig. 5.1.8.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
 Radziechów



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

 - Przebieg profilu VLF

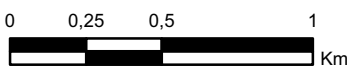


Fig. 5.1.9.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
Męcinka

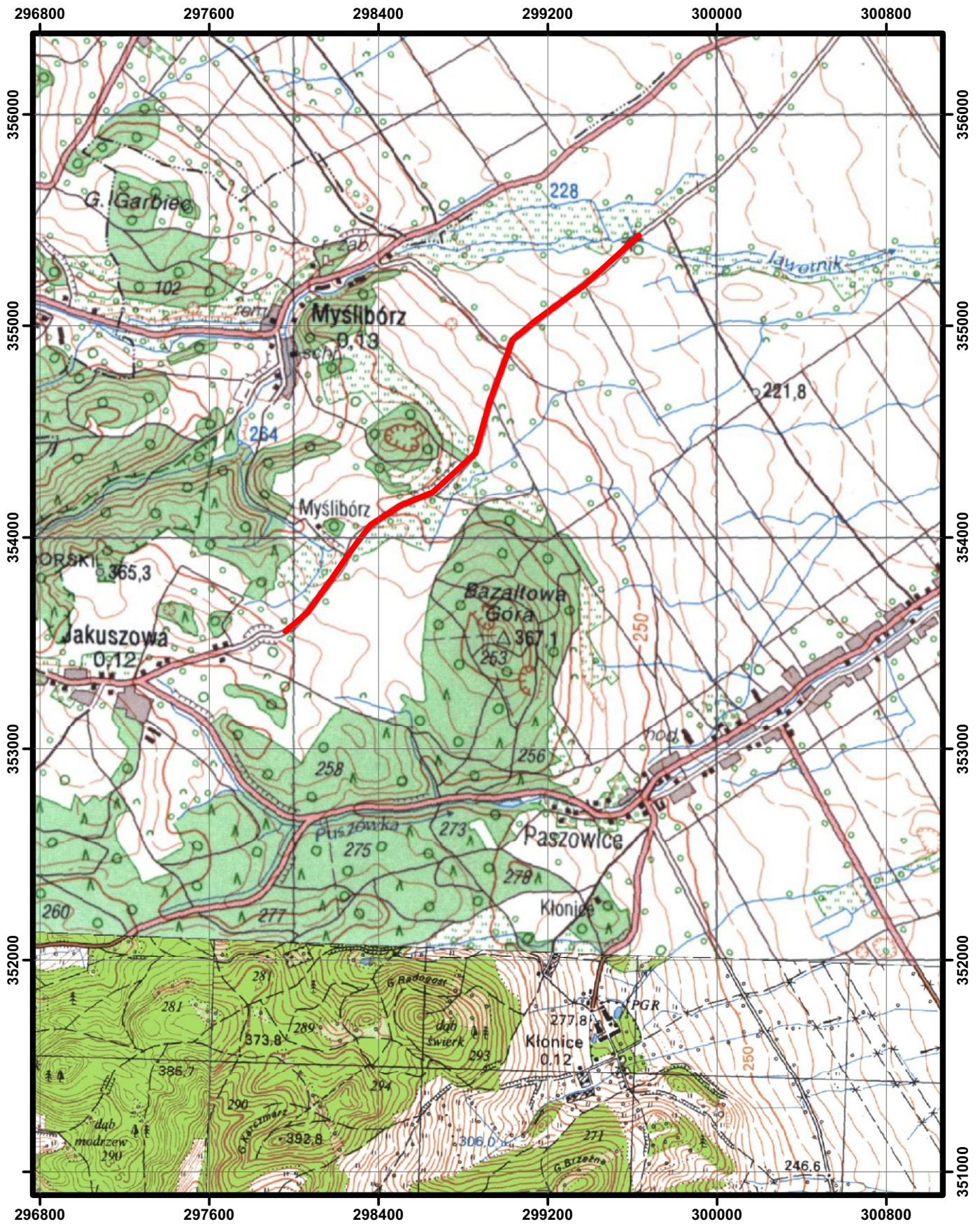
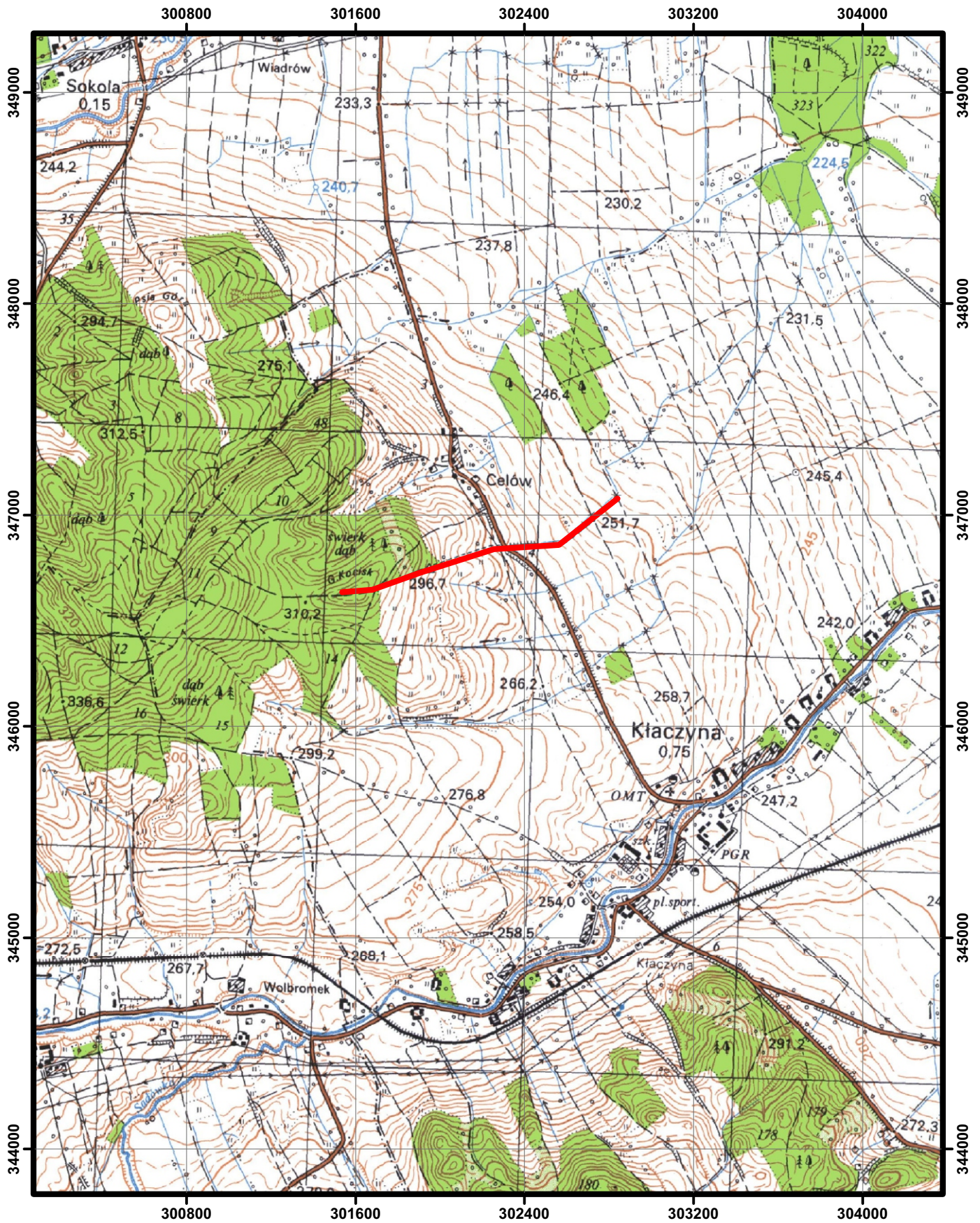


Fig. 5.1.10.
Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
Myślubórz



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

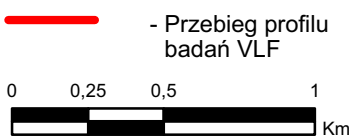
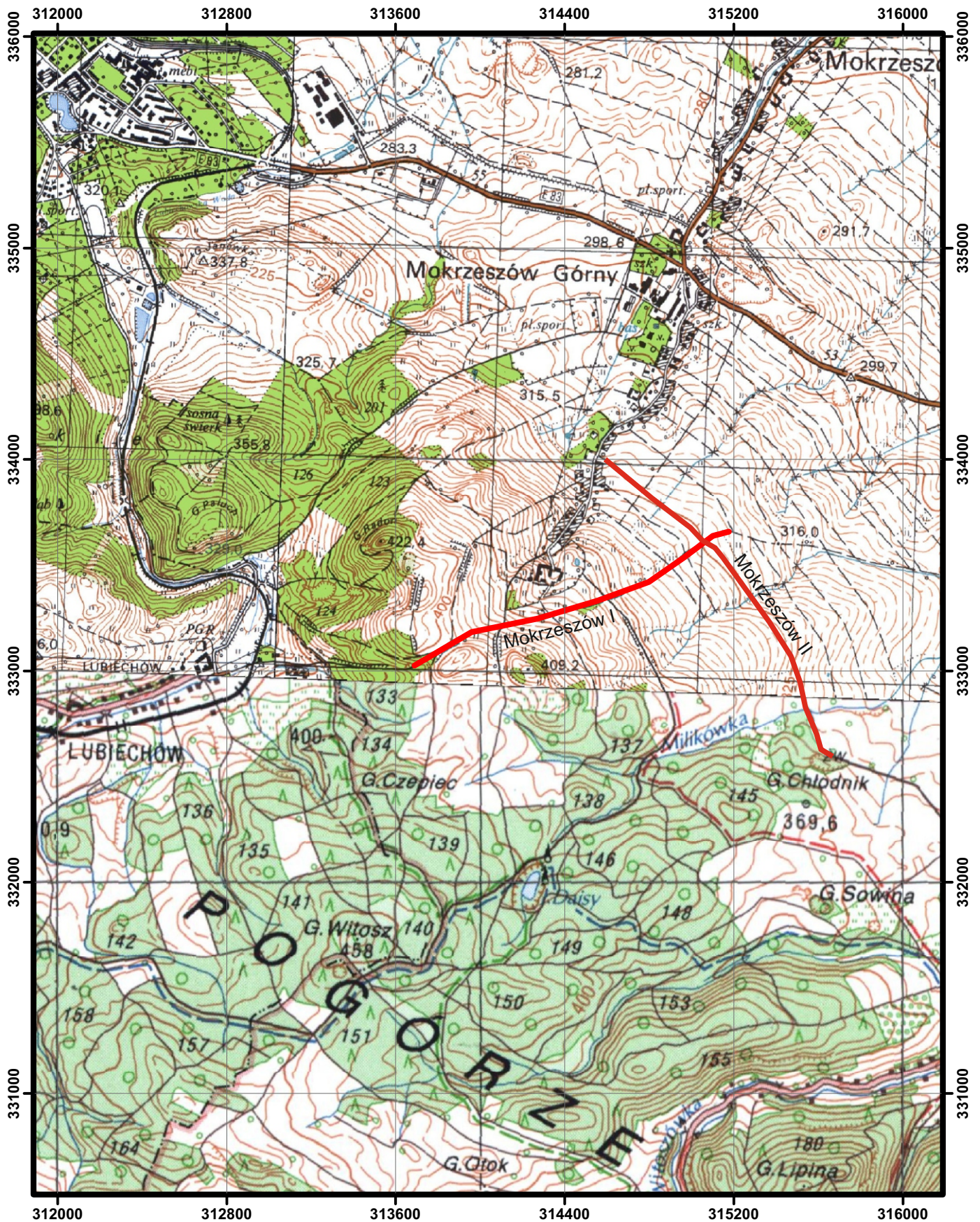


Fig. 5.1.11.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej Kłaczyna



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

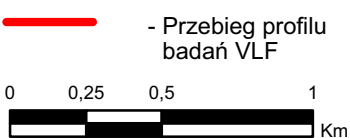
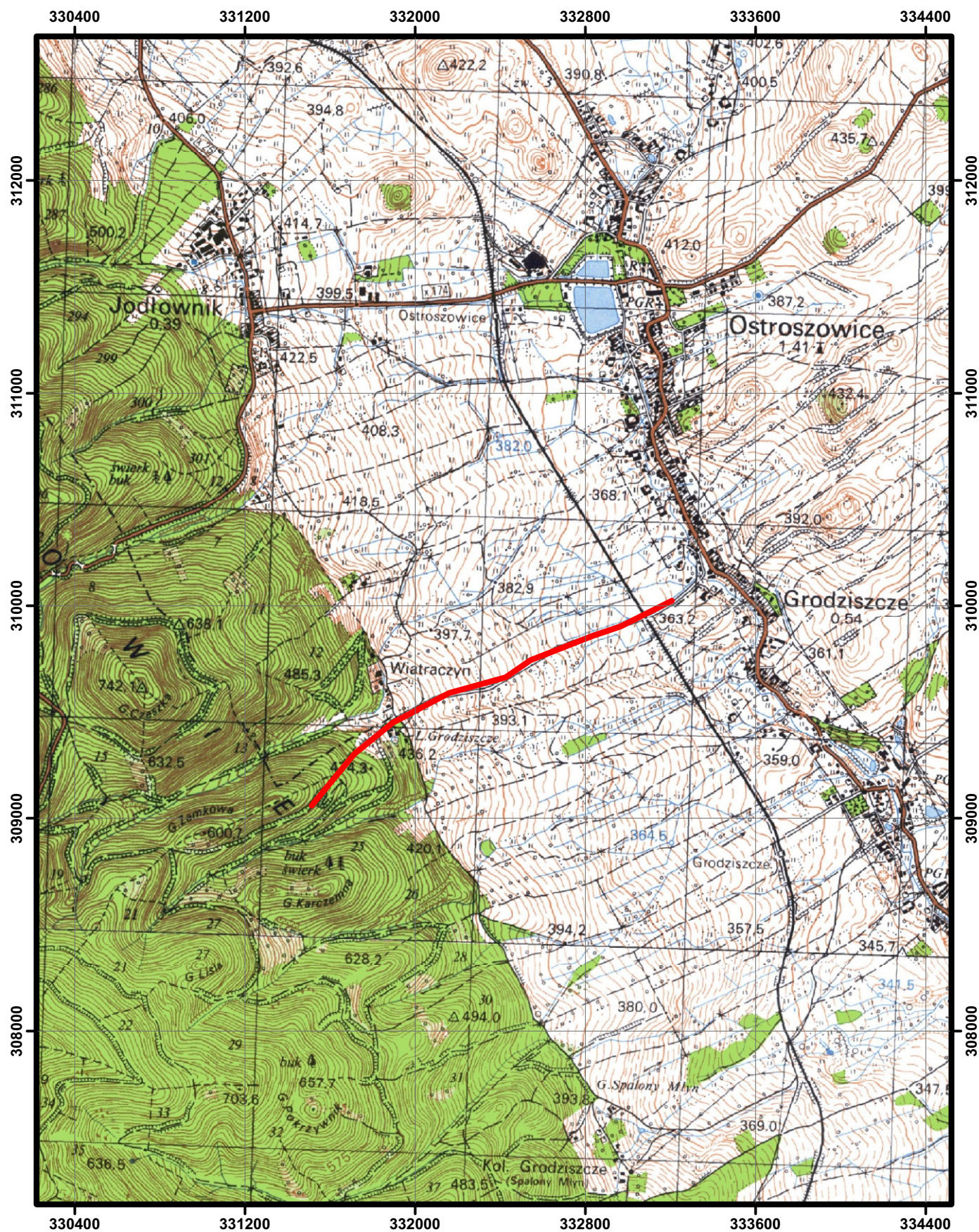


Fig. 5.1.12.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowych Mokrzeszów I i Mokrzeszów II



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

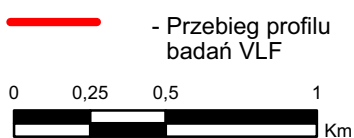
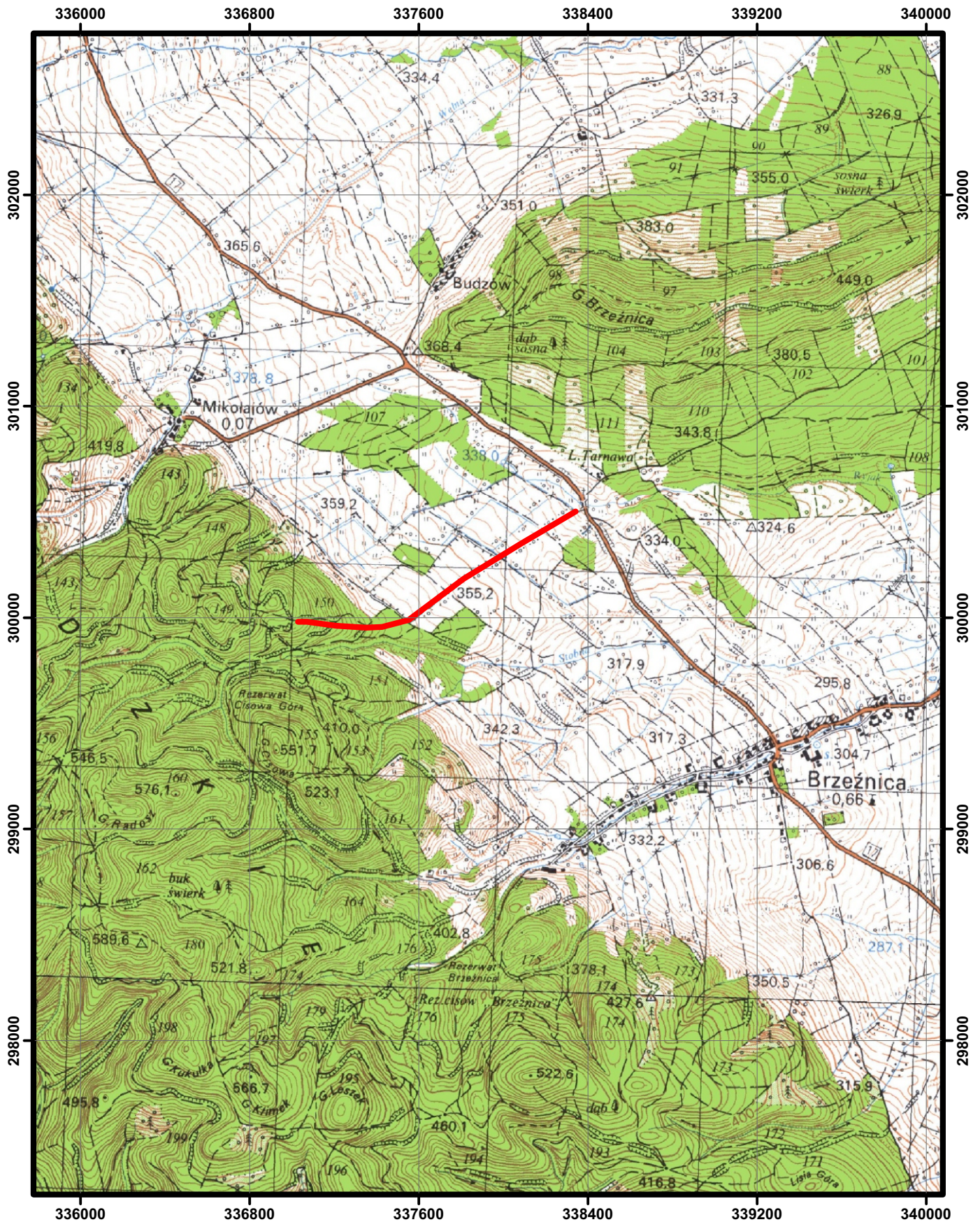



Fig. 5.1.13.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
 Ostroszowice



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

 - Przebieg profilu
 badań VLF

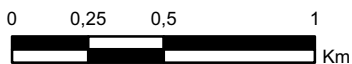
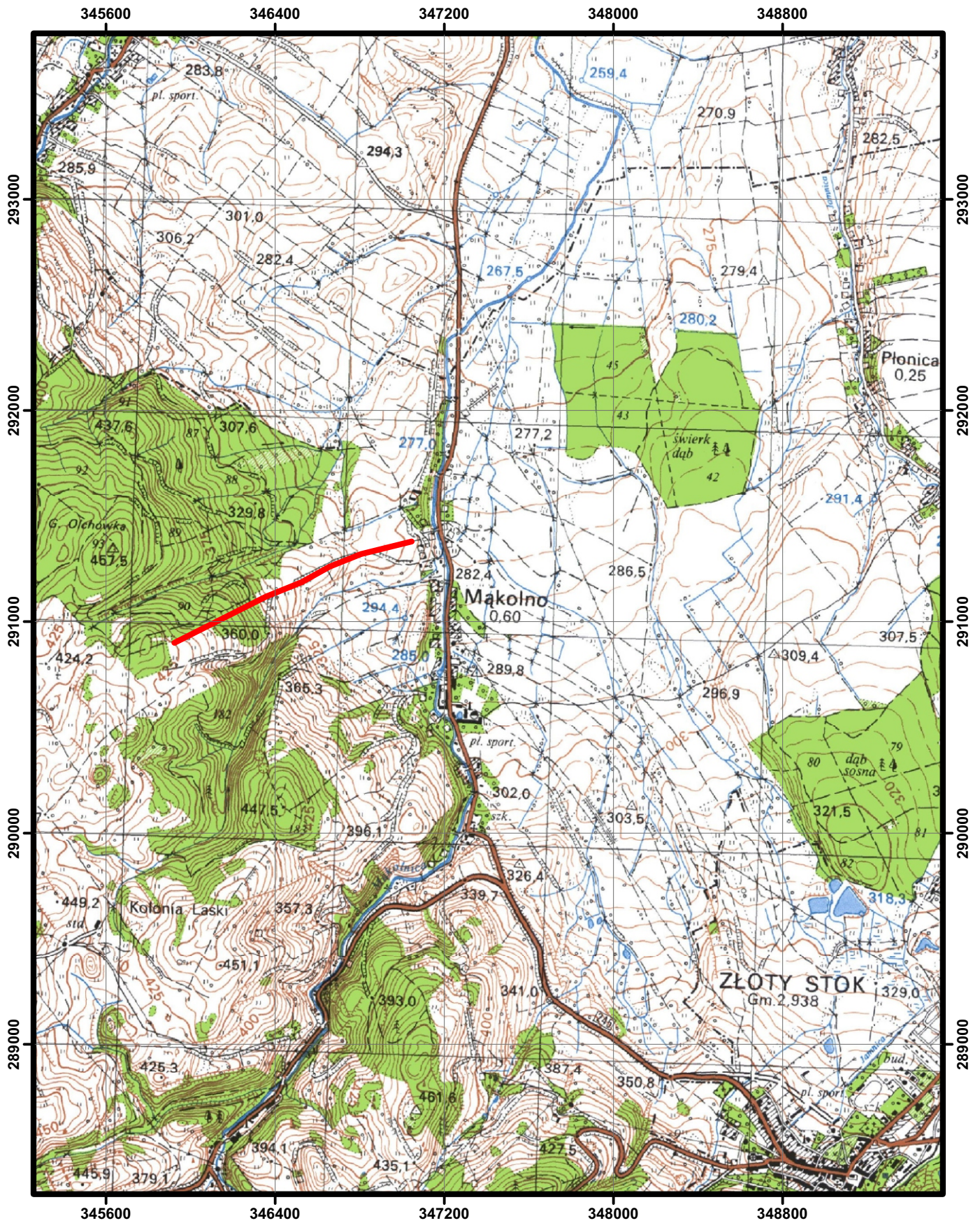


Fig. 5.1.14.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej Srebrna Góra (Brzeźnica)



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

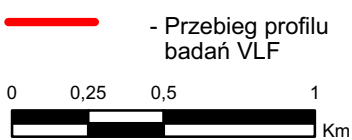
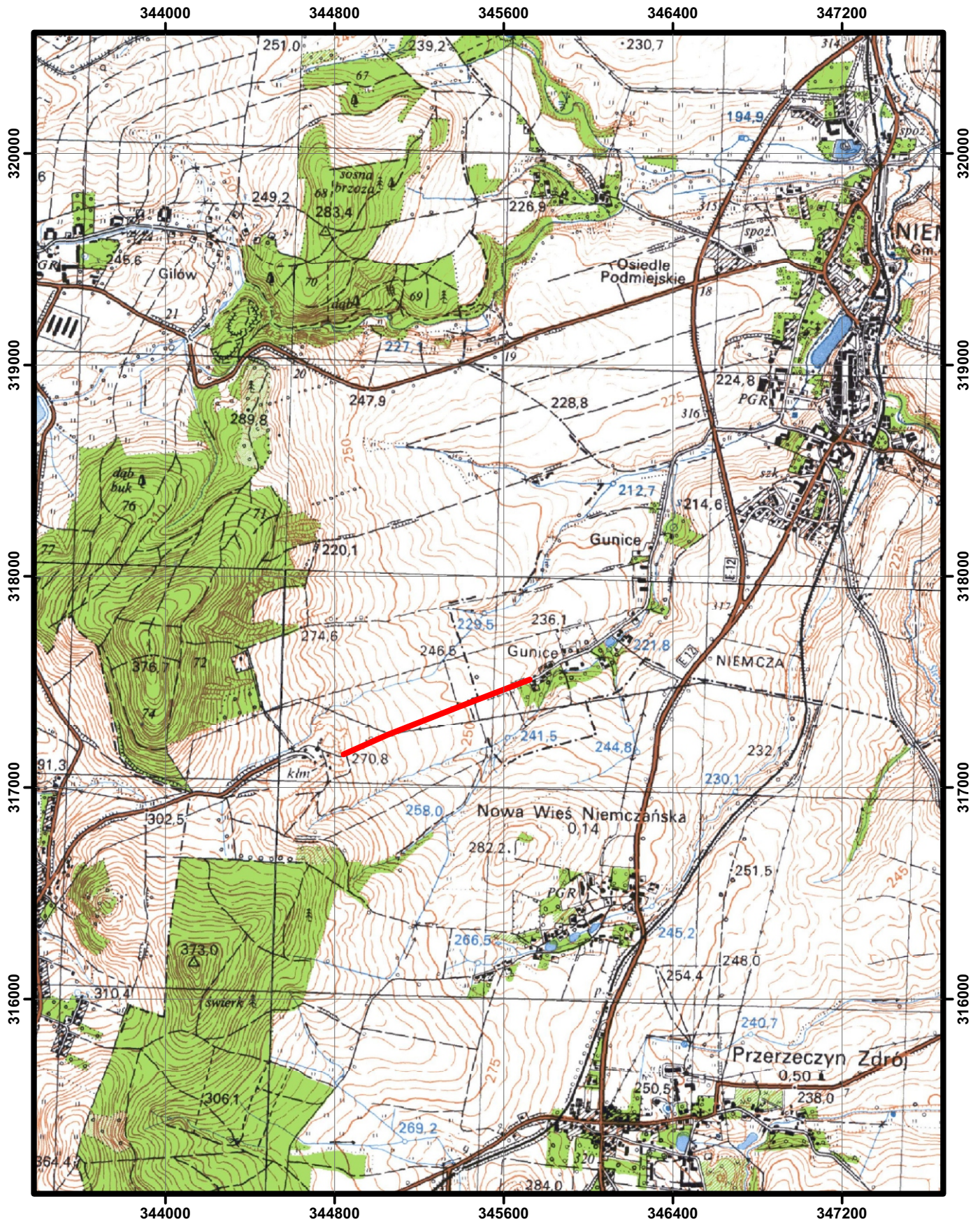


Fig. 5.1.15.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
Mąkolno



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

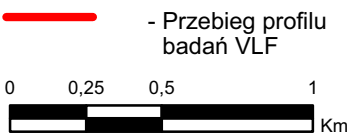
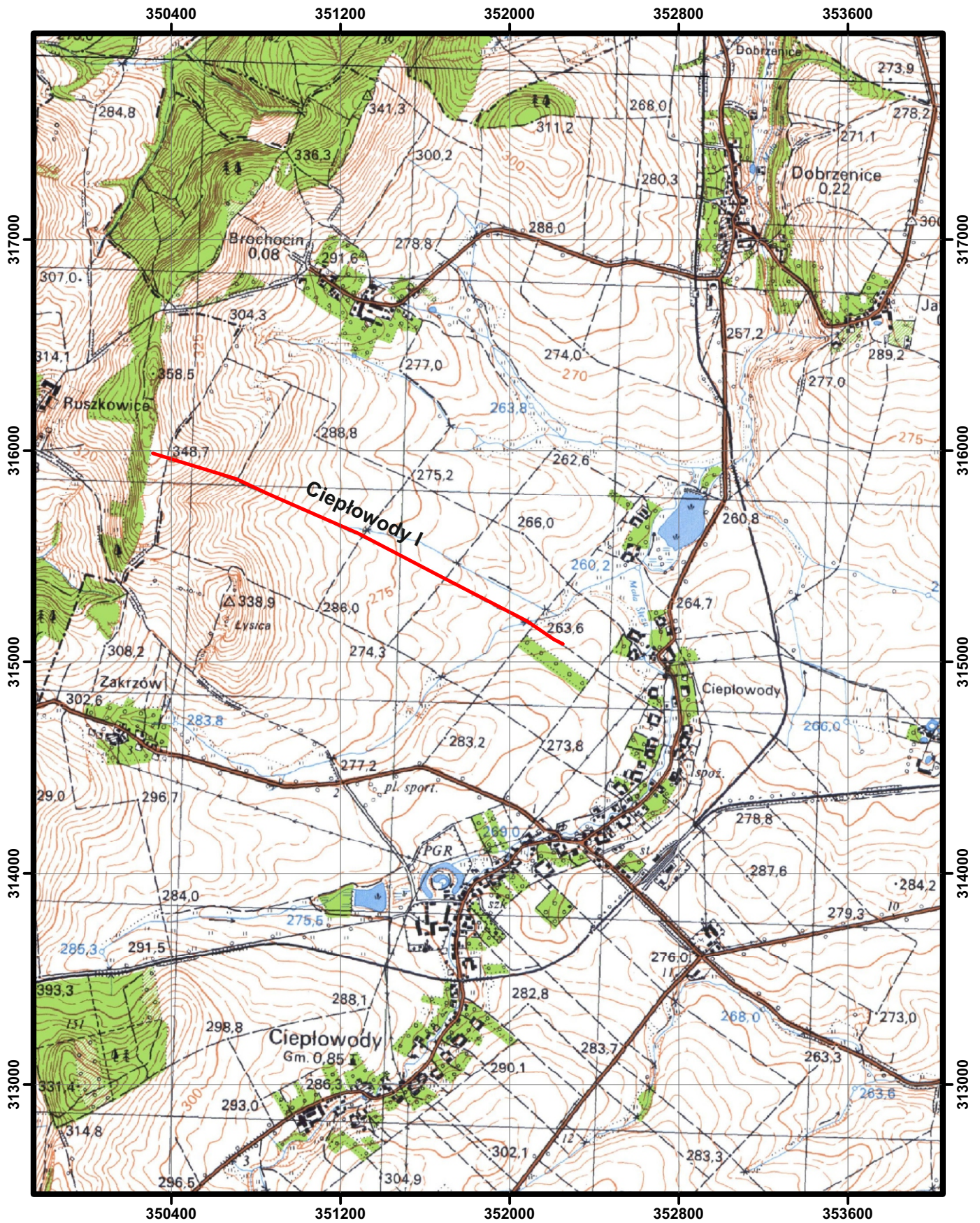



Fig. 5.1.16.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
 Niemcza



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

 - Przebieg profilu
 badań VLF

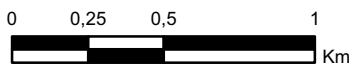
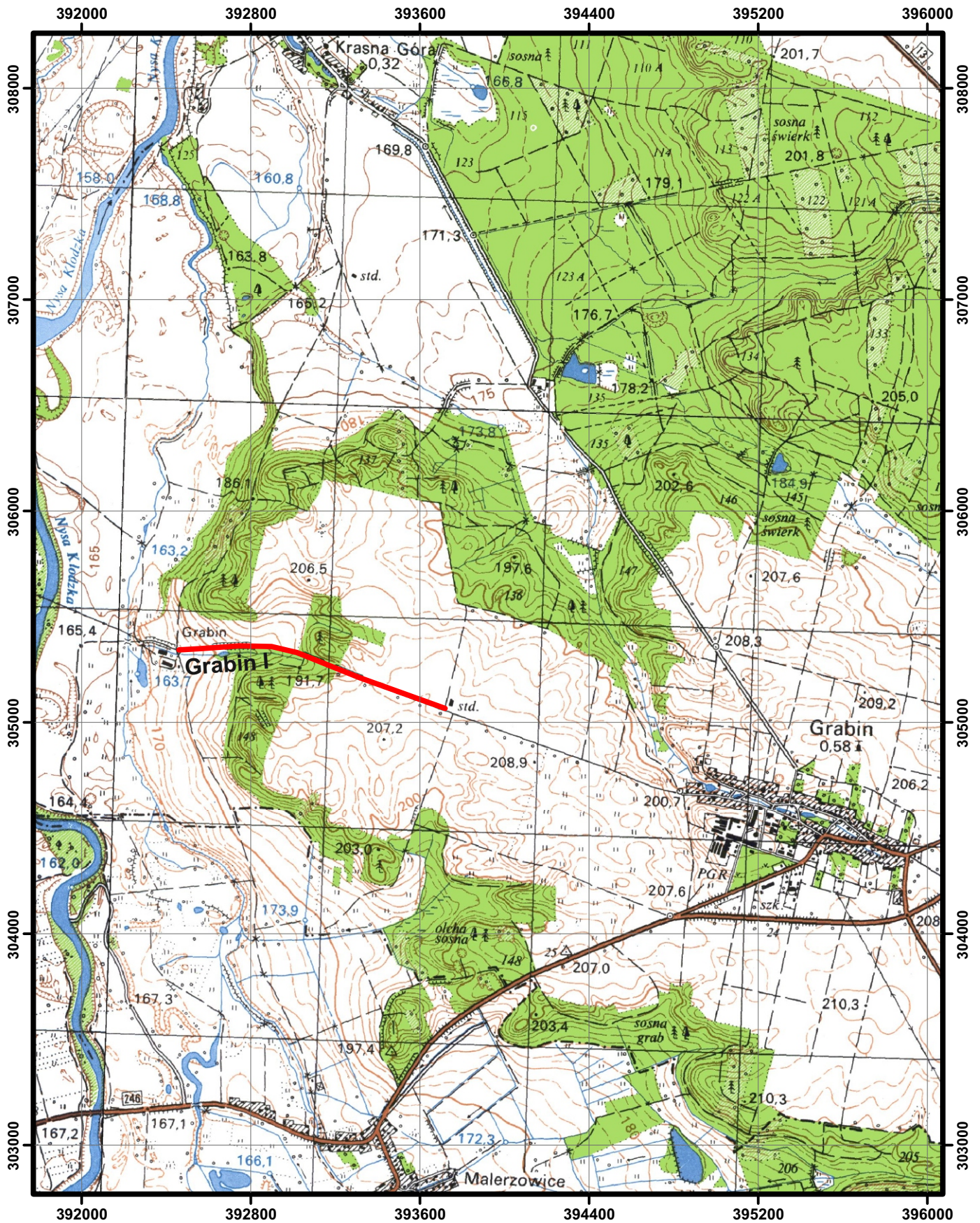


Fig. 5.1.17.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej **Cieplowody I**



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

 Przebieg profilu VLF

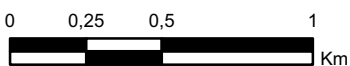
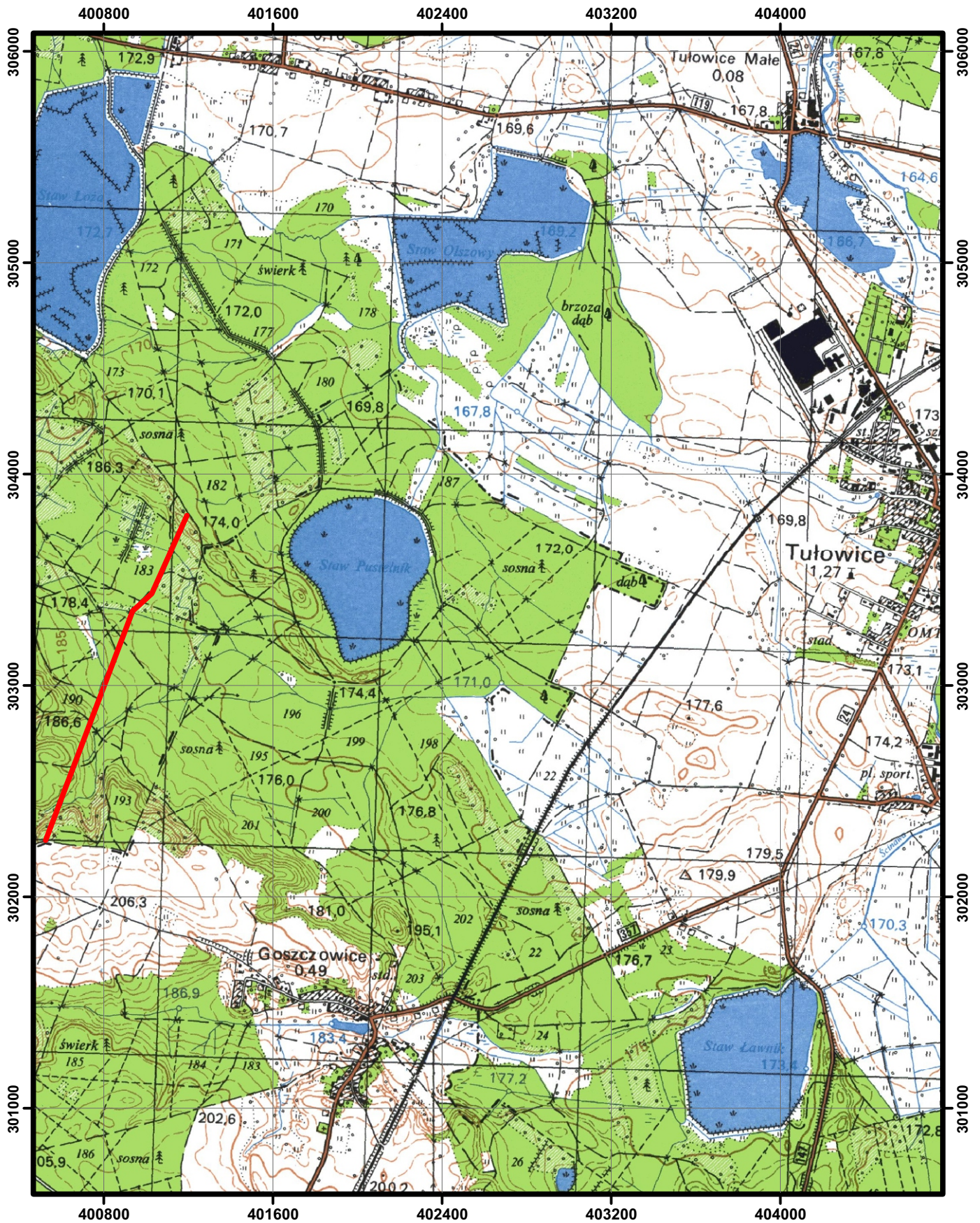



Fig. 5.1.18.
 Przebieg profilu geofizycznego wzdłuż linii pomiarowej
 Grabin I



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

 - Przebieg profilu VLF

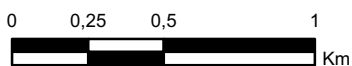
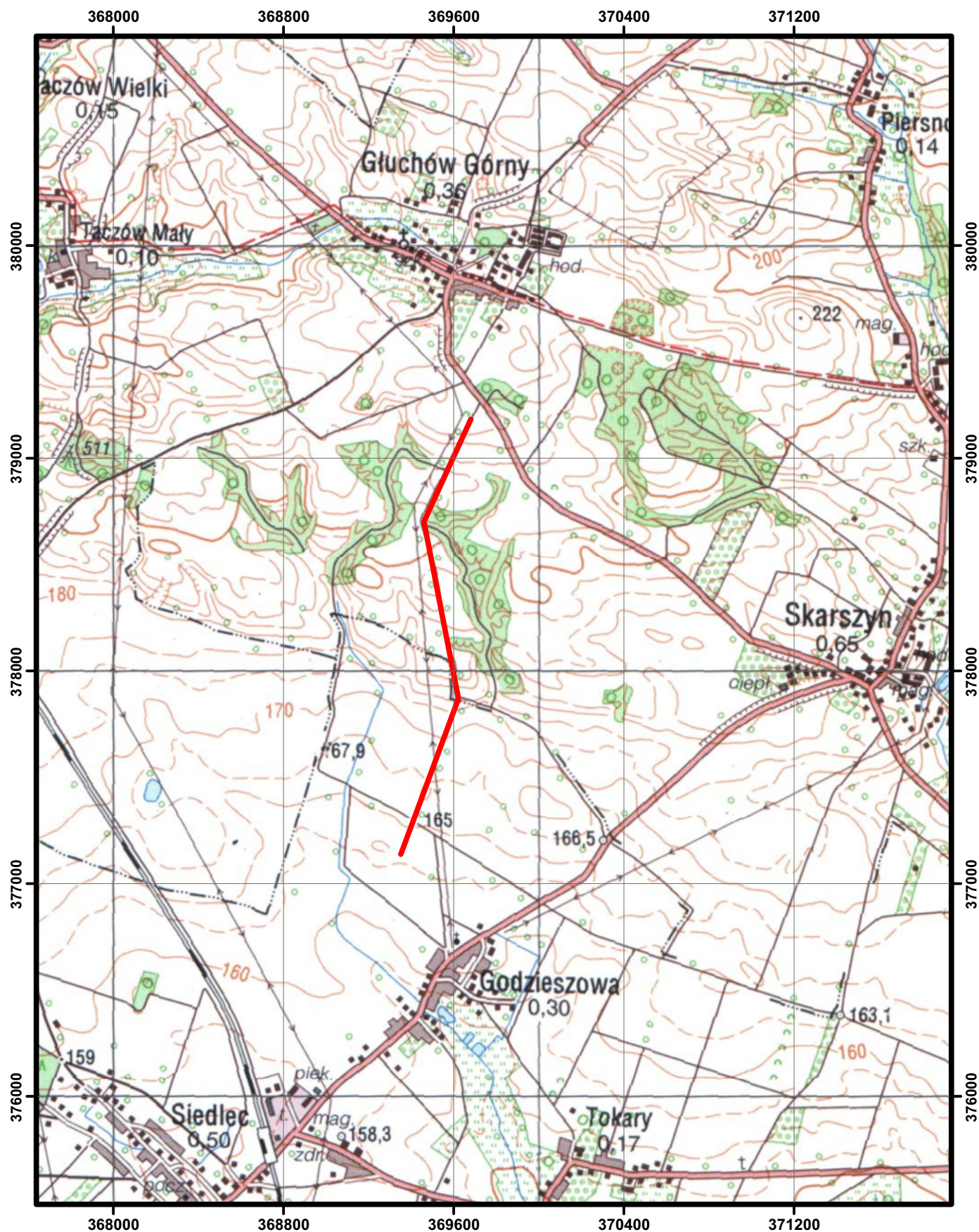


Fig. 5.1.19.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej
 Tułowice I



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

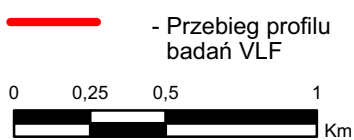
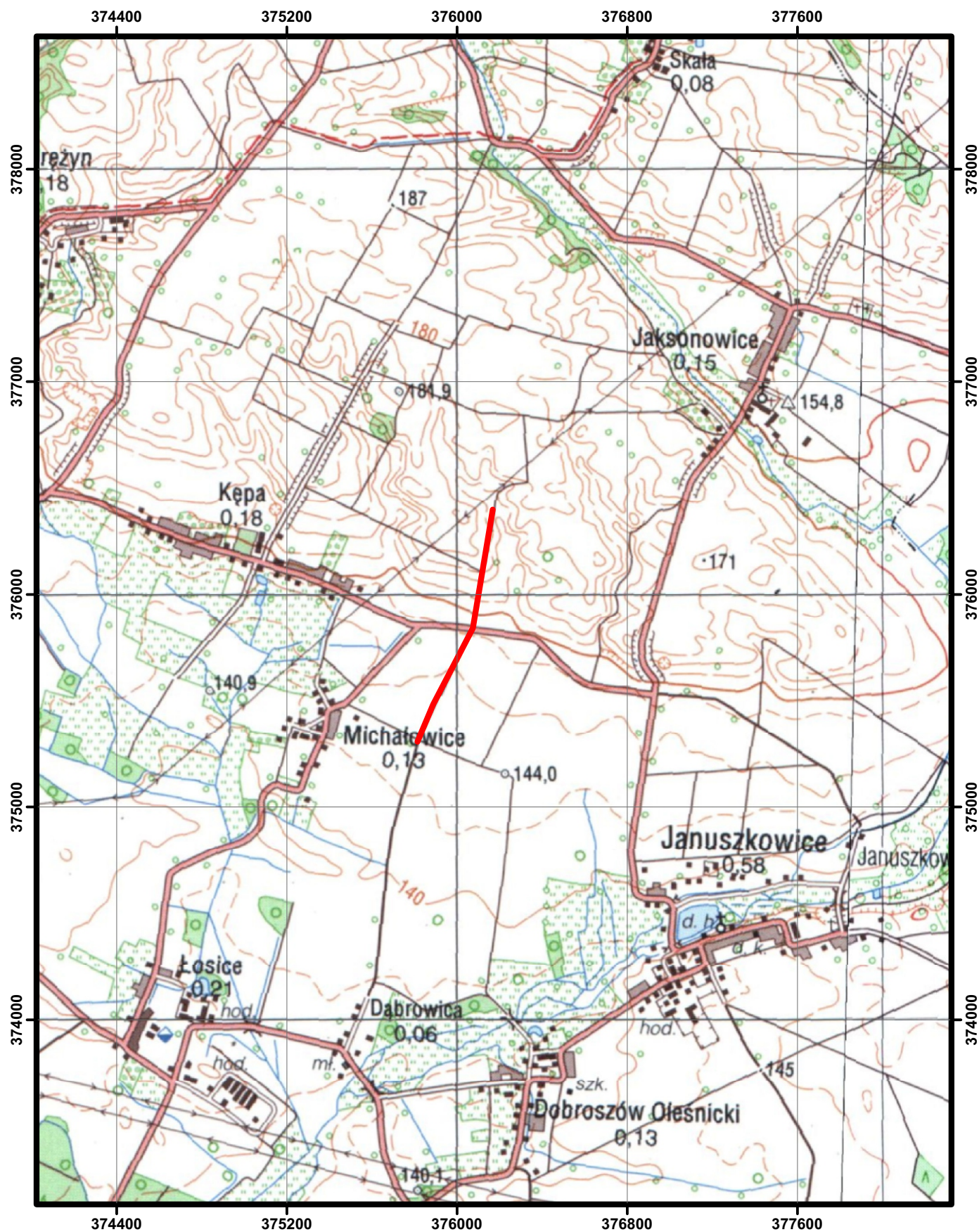


Fig. 5.1.20
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej **Gluchów Górny**



Układ współrzędnych "1992"
 Skala mapy topograficznej 1: 25 000

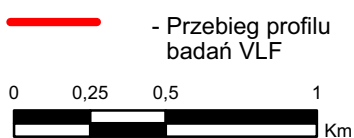


Fig. 5.1.21.
 Przebieg profilu VLF wzdłuż linii pomiarowej Kępa