

# MEDIA TRANSMISYJNE 2

## PROJEKT 2

*TYTUŁ PROJEKTU:*

**Wyznaczanie zasięgu stacji bazowej sieci trunkingowej (450 MHz)  
zlokalizowanej w punkcie o współrzędnych: 20°24'47"E, 49°43'05"N  
(Limanowa).**

TERMIN: WTOREK 11:15  
AUTOR: IGOR MICHALSKI

# 1 Wstęp

Przy wykorzystaniu programu „Mapki” (MTV) oraz „Piastr” (dla porównania) wyznaczony zostanie zasięg stacji bazowej sieci trunkingowej (450 MHz) zlokalizowanej w punkcie o współrzędnych: 20°24'47"E, 49°43'05"N (Limanowa). Antena stacji bazowej zawieszona jest na wysokości 40 m od stopy masztu. Wysokość stopy masztu wynosi 392 m n.p.m. Zysk energetyczny anteny  $G_{max} = 8$  dBi. Antena ma dookólną charakterystykę. Zastępcza moc promieniowana izotropowo równa się 16 dBW. Stacja pracuje na trzech kanałach: 5, 32 i 42. ( $f_{kan} = 428,5 + (kan - 1) \cdot 0,0125$  MHz). Określony zostanie azymut maksymalnego i minimalnego zasięgu stacji, jeśli wartość graniczna natężenia pola zapewniająca poprawną łączność wynosi 22 dB $\mu$ V/m na wysokości 1,5 m (stosując poprawkę height gain zawartą w ITU P.370-7). Dla punktów wyznaczających zasięg wyznaczony zostanie także profil terenu.

## 2 Obliczenia własne

### 2.1 Poprawka height gain

Realizacja projektu z wykorzystaniem programu „Mapki” wymagała wyznaczenia poprawki height gain, która w rekomendacji ITU-R P-370.7 [1] opisana jest wzorem:

$$HG = \frac{c}{6} \cdot 20 \log_{10}\left(\frac{h_2}{10}\right), \quad (1)$$

gdzie:

- $c$  - współczynnik zależny od częstotliwości oraz zabudowy terenu,
- $\frac{h_2}{10}$  - wysokość zawieszenia anteny odbiorczej nad powierzchnią terenu, względem wysokości wyjściowej 10 metrów.

Z rekomendacji ITU-R P.370-7 wybrany został współczynnik  $c = 6$  dB. Odpowiada on zakresowi fal UHF (300 - 3000 MHz) w strefie podmiejskiej. Taki wybór jest optymalny dla warunków propagacyjnych w miejscowości o zabudowie niskiej i średnio gęstej, jaka występuje w Limanowej. Zakładana w projekcie wysokość  $h_1 = 1,5$  m n.p.t., a poprawka wyznaczona zostanie względem  $h_2 = 10$  m n.p.t. Po podstawieniu otrzymano:

$$HG = \frac{6}{6} \cdot 20 \log_{10}\left(\frac{1,5}{10}\right) = -16,48 \text{ [dB]} \quad (2)$$

Antena odbiorcza w symulacji umieszczona została na wysokości 10 m, gdzie poziom odebranego sygnału jest znacznie wyższy. Aby to skompensować należy wyznaczoną wartość  $HG$  odjąć od minimalnej wartości pola elektrycznego, która zapewnia poprawną łączność, tj. 22 dB $\mu$ V/m - zgodnie z założeniami projektu. Otrzymano:

$$E_{min} = 22 \text{ dB}\mu\text{V/m} + 16,48 \text{ dB} = 38,48 \text{ dB}\mu\text{V/m} \Rightarrow E_{min} = 39 \text{ dB}\mu\text{V/m} \quad (3)$$

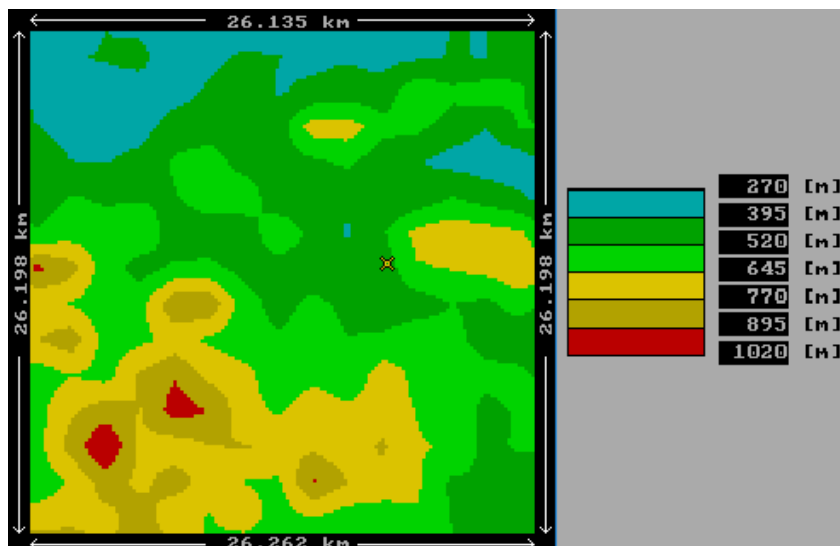
Wartość  $E_{min}$  została zaokrąglona w górę, ponieważ zaokrąglenie w dół spowodowałoby przekłamanie, skutkujące rzeczywistym zbyt niskim poziomem sygnału na wysokości 1,5 m, pomimo wyników symulacji wskazujących na natężenie pola elektrycznego na poziomie 22 dB $\mu$ V/m.

### 2.2 Konwersja z dBW na kW

$$EIRP \text{ [kW]} = 0,001 \cdot 1 \text{ [W]} \cdot 10^{\frac{EIRP \text{ [dBW]}}{10}} \Rightarrow EIRP = 0,001 \cdot 10^{\frac{16}{10}} = 0.04 \text{ [kW]} \quad (4)$$

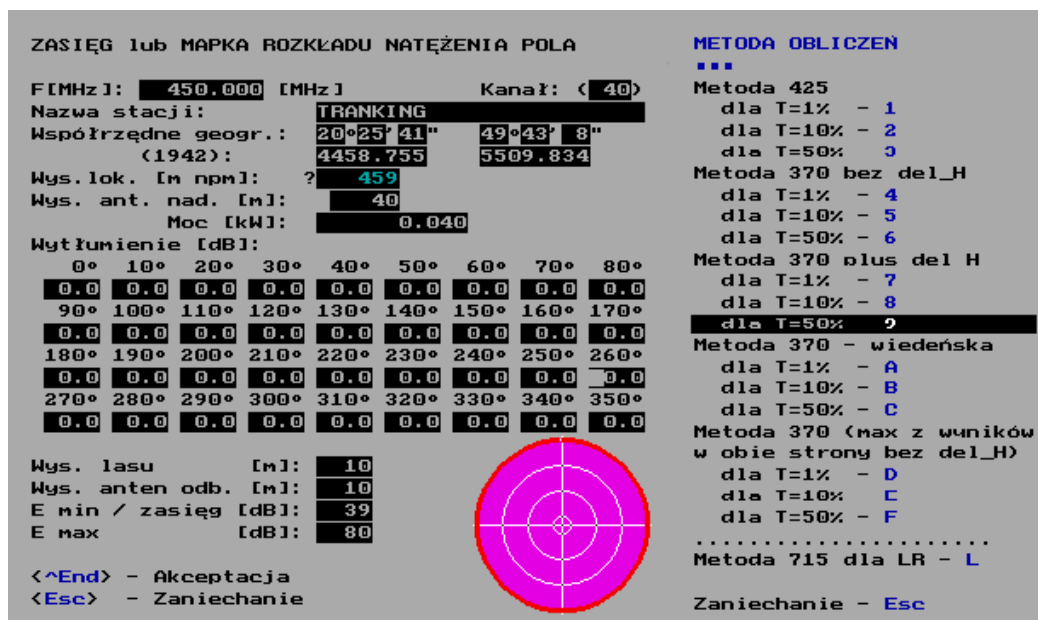
### 3 Symulacje wykonane programem „Mapki”

Z powodu niedokładności mapy zaimplementowanej w programie, do obliczeń przyjęty został punkt najbliższy od zakładanego w projekcie. Ma on współrzędne geograficzne 20°25'41"E, 49°43'8"N i znajduje się na terenie Limanowej. Tym samym zmieniła się też wysokość bezwzględna stopy masztu. Dla nowego położenia wynosi ona 459 m n.p.m.



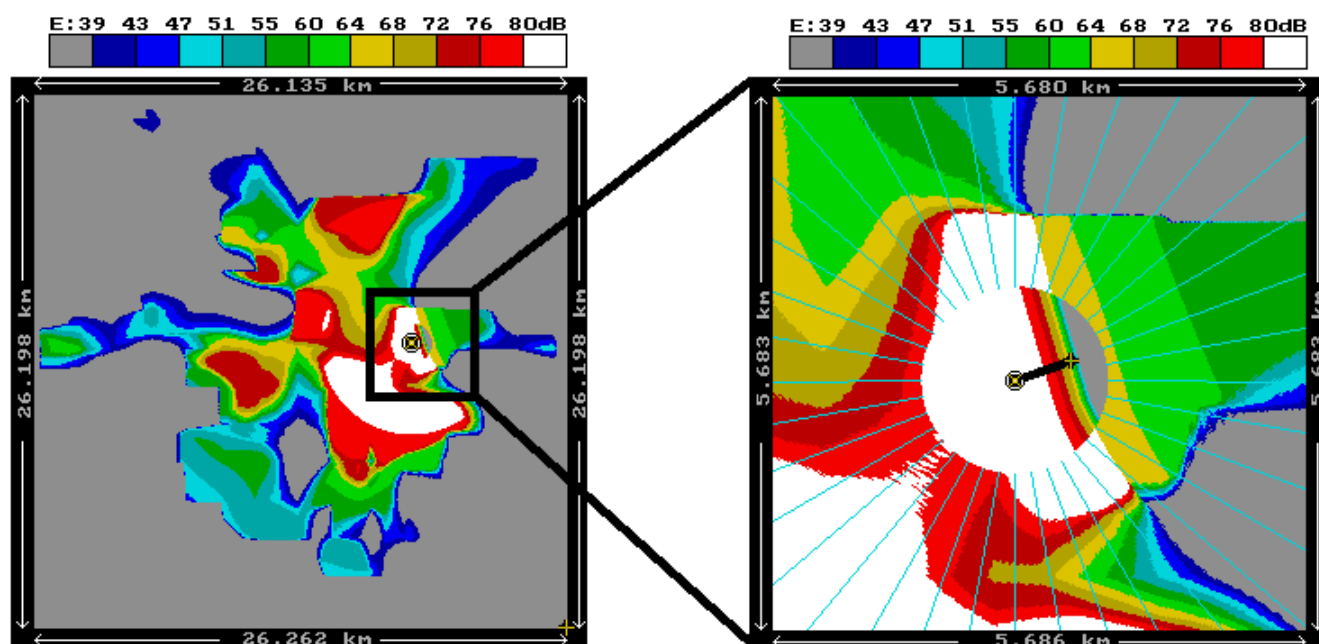
Rysunek 1: Mapa wysokościowa badanego terenu

Wstępna analiza wysokościowa obszaru wokół nadajnika pozwala zauważyć, że jest to teren górzysty, z dużymi zmianami wysokości, a nadajnik umieszczony jest w pobliżu wzniesienia, co prawdopodobnie ograniczy propagację fal radiowych w kierunku wschodnim.



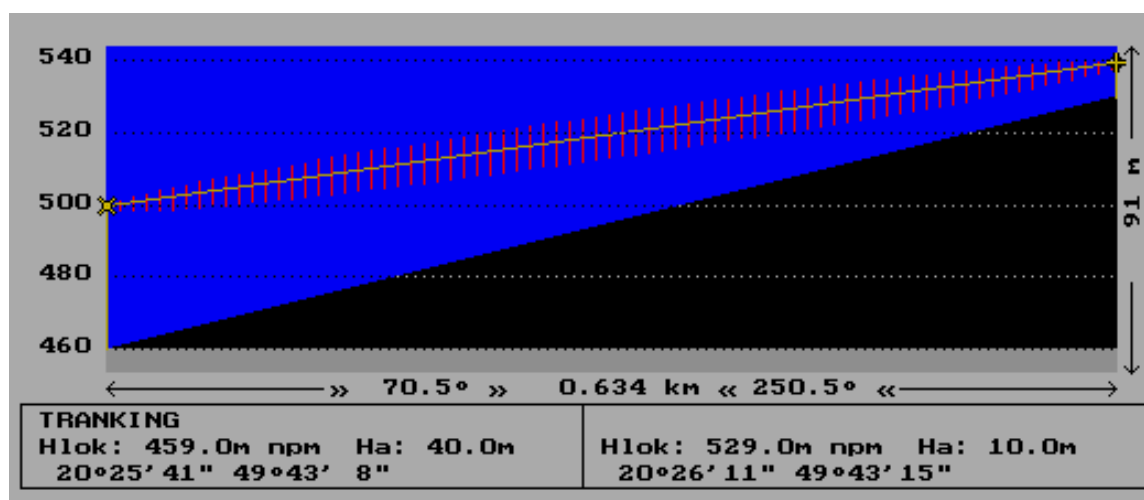
Rysunek 2: Częstotliwość, współrzędne geograficzne oraz wysokość zawieszenia anteny nadawczej, moc, wysokość zawieszenia anteny odbiorczej oraz  $E_{min}$  (z uwzględnieniem poprawki HG) i  $E_{max}$

### 3.1 Zasięg minimalny



Rysunek 3: Mapa poziomu sygnału oraz powiększony fragment z naniesioną siatką azymutalną oraz ścieżką pomiędzy nadajnikiem (X) i odbiornikiem (+) dla  $E_{min}$

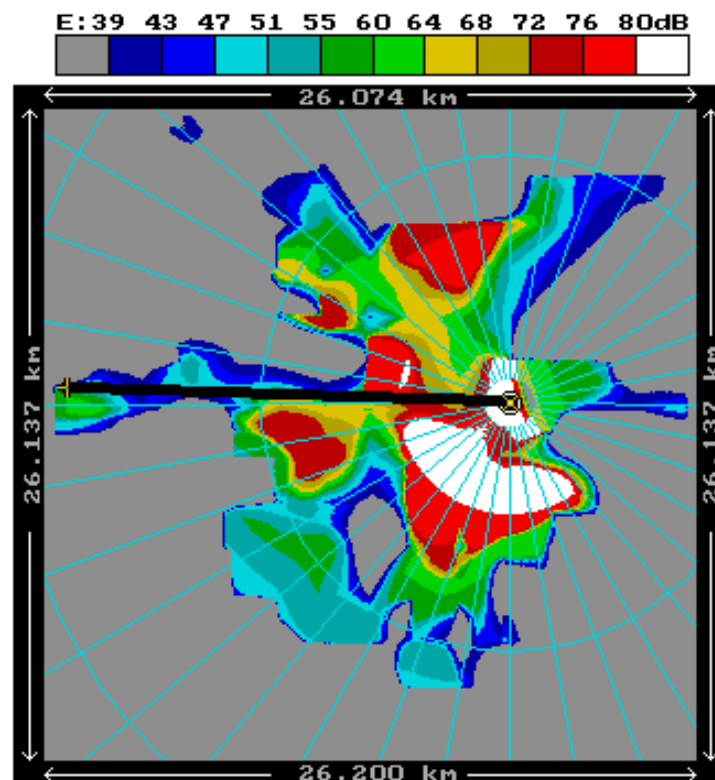
Sygnał, zgodnie z przewidywaniami jest bardzo szybko tłumiony w kierunku wschodnim. Minimalny zasięg - odległość do najbliższego punktu, w którym wartość natężenia pola elektrycznego spada poniżej  $E_{min}$  - występuje na azymucie  $70^\circ$ . Dokładną odległość od nadajnika do tego punktu można określić dzięki funkcji analizującej profil terenu.



Rysunek 4: Profil terenu dla ścieżki zaznaczonej na rys. 3 (dla  $E_{min}$ )

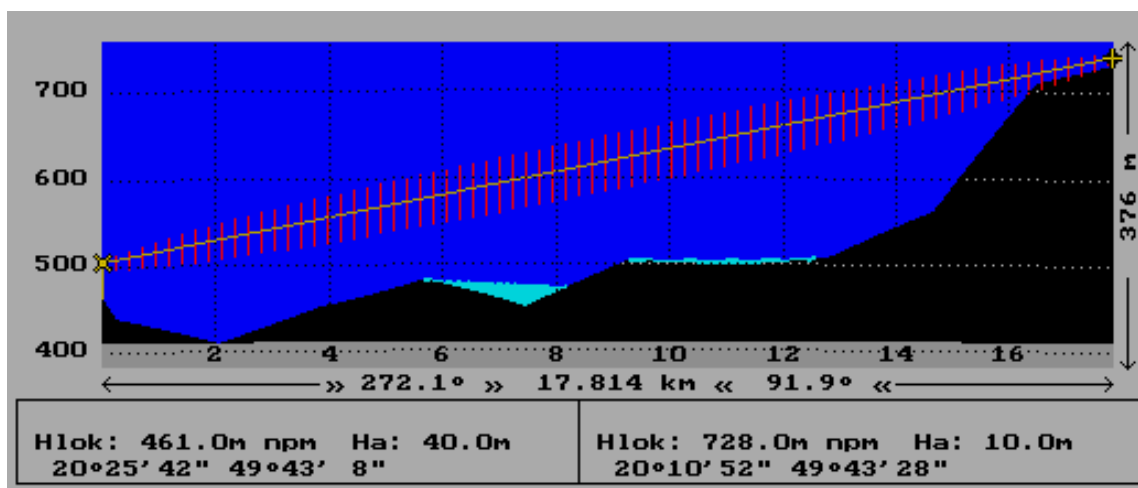
Z rys. 4 wynika, że zasięg minimalny wynosi 634 m na podanym powyżej azymucie. Dodatkowo funkcja analizy profilu terenu pozwala na zbadanie 1. strefy Fresnela, w której przenoszona jest największa część energii. Pomiędzy analizowanymi punktami jest ona całkowicie odsłonięta.

### 3.2 Zasięg maksymalny



Rysunek 5: Mapa poziomu sygnału z naniesioną siatką azymutalną oraz ścieżką pomiędzy nadajnikiem (X) i odbiornikiem (+) dla  $E_{max}$

Zasięg maksymalny można określić przez znalezienie najbardziej oddalonego od nadajnika punktu, w którym  $E \geq E_{min}$ . Dodatkowo na prostej łączącej ten punkt z nadajnikiem nie mogą występować spadki natężenia pola elektrycznego poniżej  $E_{min}$ .



Rysunek 6: Profil terenu dla ścieżki zaznaczonej na rys. 5 (dla  $E_{max}$ )

Na tej trasie 1. strefa Fresnela jest prawie w całości odsłonięta. Dopiero w odległości około 16 km można zaobserwować niewielkie przesłonięcie od dołu przez wypukłość terenu. Zasięg maksymalny wynosi 17,814 km na azymucie 272°.

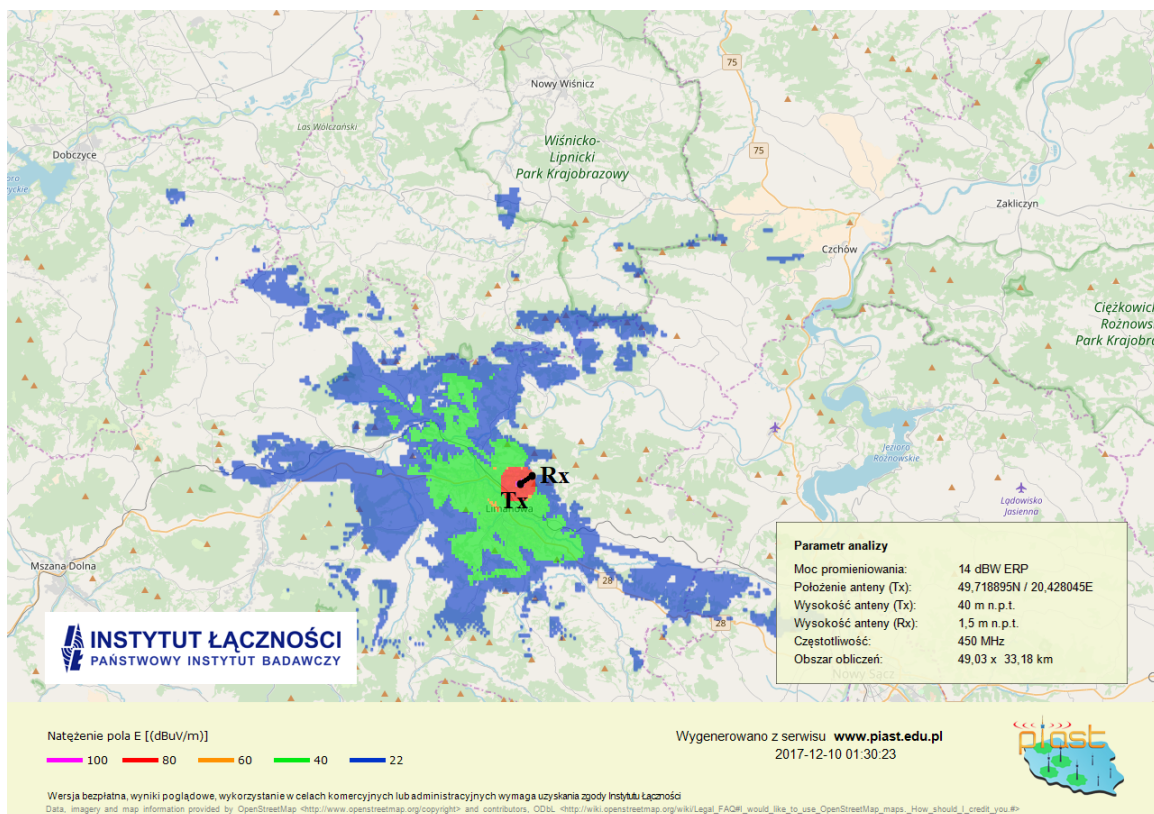
## 4 Symulacje wykonane na platformie „Piast”

<b>Położenie kursora</b> <b>49°40'52.8"N</b> <b>20°26'12"E</b> <small>20.43667, 49.68134</small>	dl. Geograficzna nadajnika: <b>20.428045</b> OK sz. Geograficzna nadajnika: <b>49.718895</b> OK	<b>Wysokość terenu</b> <b>472</b> <small>m n.p.m</small>	<b>Obszar obliczeń</b> <b>10 x 14.4</b> <small>[km]</small>	<b>Poziom sygnał w punkcie</b> <b>-</b> <small>[dB(μV/m)]</small>																																																																								
<b>Model propagacyjny</b> ITU-R P.1546	<b>Typ ch-a anteny</b> Wyłumienie	<b>Odniesienie</b> EIRP (dBi)	<b>System</b> Brak	<b>Rodzaj analizy</b> Natężenie pola elektr																																																																								
<b>Podstawowe parametry analizy</b>		<b>Charakterystyka pozioma anteny [dB]</b>																																																																										
Poziom mocy promieniowanej [dBW]: 16 Częstotliwość [MHz]: 450 Wysokość anteny nadawczej [m n.p.t.]: 40 Wysokość anteny odbiorczej [m n.p.t.]: 1.5 Numeryczny model terenu: SRTM3 Rozdzielczość [sek. geo]: 5		<table border="1"> <tr> <th>0°</th><th>10°</th><th>20°</th><th>30°</th><th>40°</th><th>50°</th><th>60°</th><th>70°</th><th>80°</th><th>90°</th><th>100°</th><th>110°</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <th>120°</th><th>130°</th><th>140°</th><th>150°</th><th>160°</th><th>170°</th><th>180°</th><th>190°</th><th>200°</th><th>210°</th><th>220°</th><th>230°</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <th>240°</th><th>250°</th><th>260°</th><th>270°</th><th>280°</th><th>290°</th><th>300°</th><th>310°</th><th>320°</th><th>330°</th><th>340°</th><th>350°</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>			0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°	210°	220°	230°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																	
120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°	190°	200°	210°	220°	230°																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																	
240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°																																																																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																	
<b>Parametry propagacyjne</b>																																																																												
Procent czasu [%]: 50 Procent lokalizacji [%]: 50 Poprawka na nieregularność terenu: Brak Wersja metody: 5																																																																												

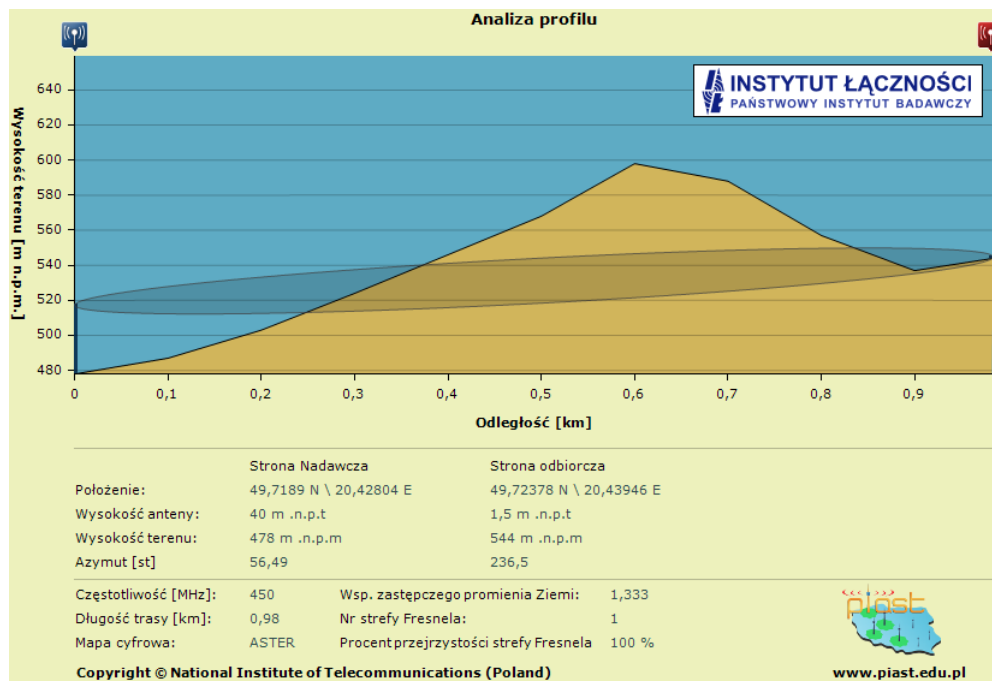
Rysunek 7: Częstotliwość, współrzędne geograficzne oraz wysokość zawieszenia anteny nadawczej, zastępcza moc promieniowana izotropowo, wysokość zawieszenia anteny odbiorczej

Na platformie „Piast” nadajnik umieszczony został w tym samym punkcie, co wcześniej w programie „Mapki”. Do wykonania symulacji użyta została metoda ITU.R P.1546-5. Wersja piąta jest najnowszą wersją tej metody. Wysokość anteny odbiorczej ustalona została na 1,5 m n.p.t. Pozwala to na opuszczenie wcześniej wprowadzonej poprawki na  $E_{min}$ , ponieważ „Piast” uwzględnia to automatycznie. Symulację wykonano dla 50% czasu i 50% lokalizacji.

## 4.1 Zasięg minimalny



Rysunek 8: Mapa poziomu sygnału oraz powiększony fragment z naniesioną ścieżką pomiędzy nadajnikiem (Tx) i odbiornikiem (Rx) dla  $E_{min}$

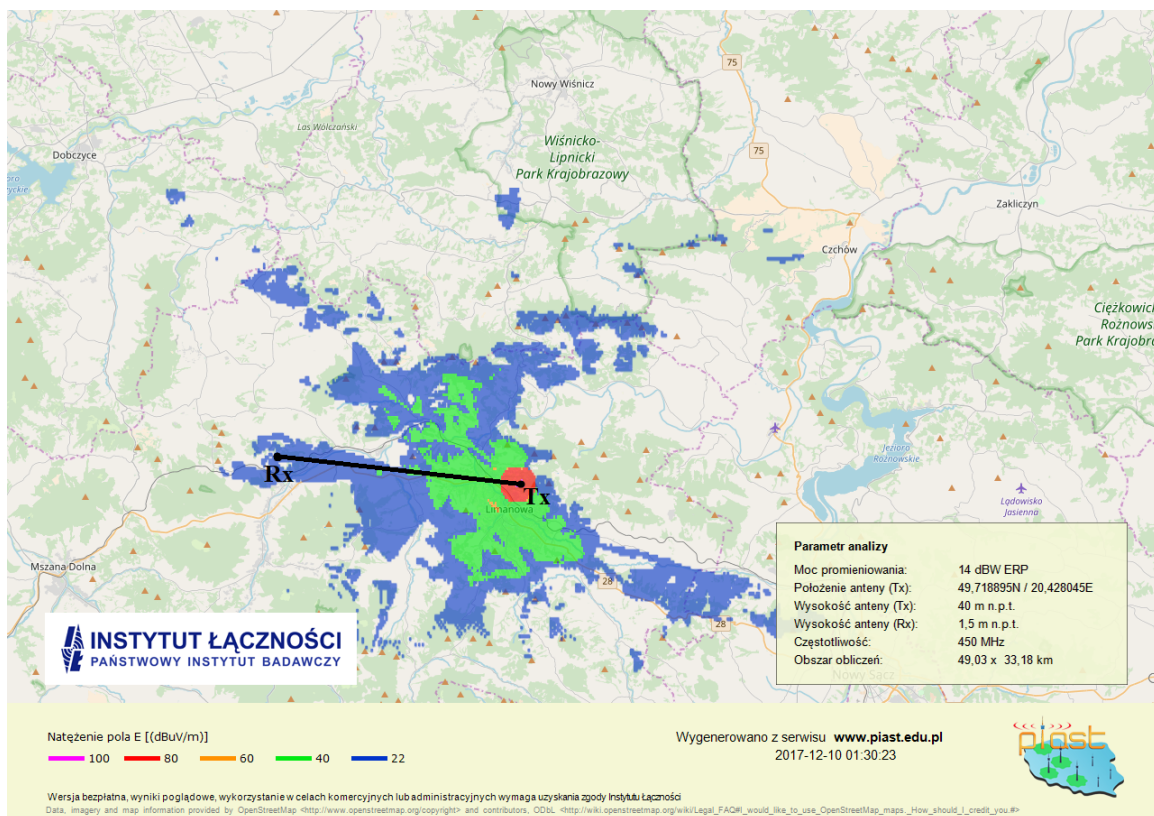


Rysunek 9: Profil terenu dla ścieżki zaznaczonej na rys. 8 (dla  $E_{min}$ )

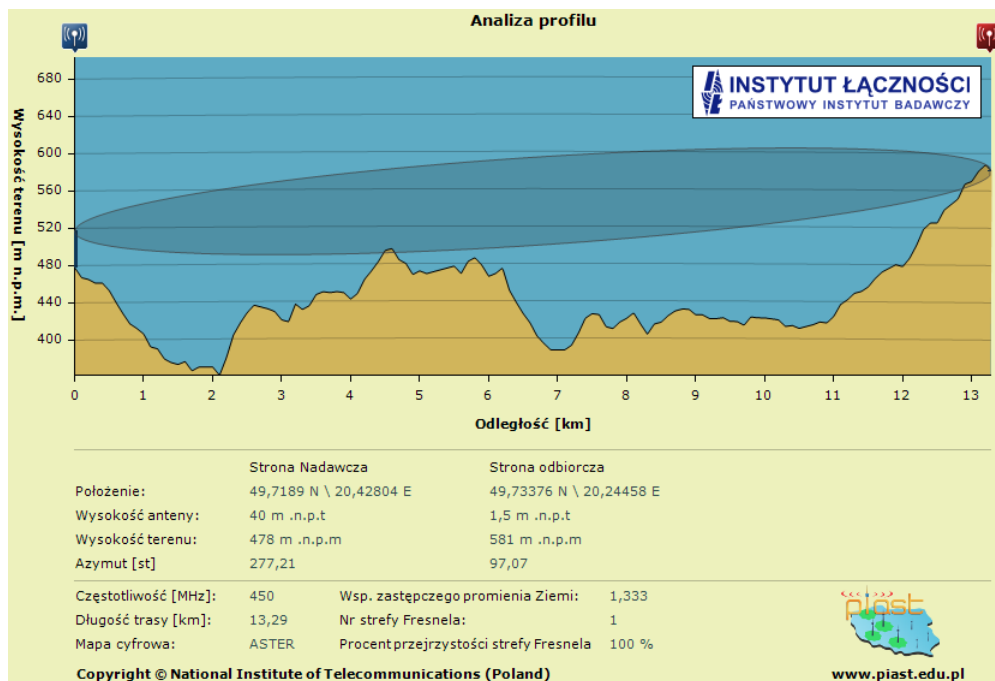
Wynik bardzo zbliżony do uzyskanego metodą ITU-R P.370-7. Szybko narastające zbocze góry okazuje się skuteczną przeszkodą. Zasięg minimalny na azymucie 56,49° wynosi 980 m.



## 4.2 Zasięg maksymalny



Rysunek 10: Mapa poziomu sygnału oraz powiększony fragment z naniesioną ścieżką pomiędzy nadajnikiem (Tx) i odbiornikiem (Rx) dla  $E_{max}$



Rysunek 11: Profil terenu dla ścieżki zaznaczonej na rys. 10 (dla  $E_{max}$ )

Rezultaty uzyskane są bardzo podobne do uzyskanych w programie „Mapki”. Zauważalne jest jednak skrócenie zasięgu maksymalnego o około 4,5 km. Wynosi on 13,29 km na azymucie 277,21°.



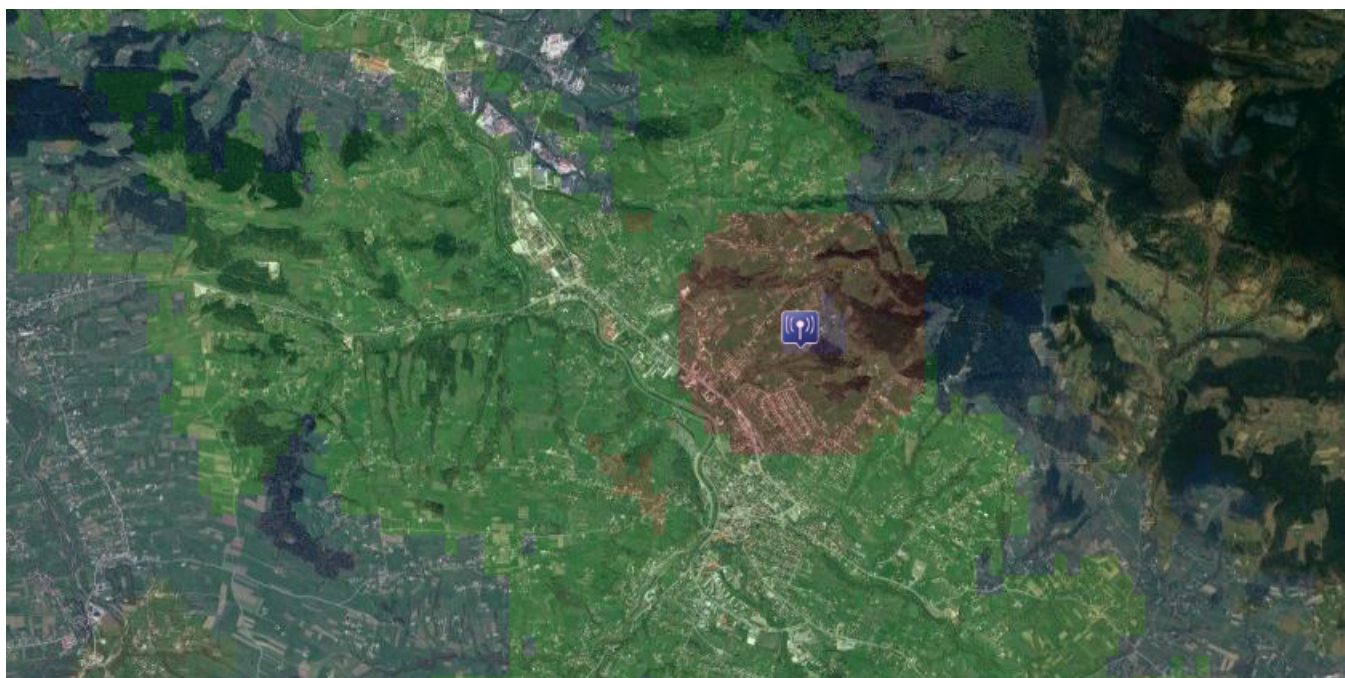
## 5 Podsumowanie

Tablica 1: Porównanie zasięgów: maksymalnego i minimalnego dla programów „Mapki” oraz „Piast”

Program Parametr	Mapki	Piast
<b>Zasięg minimalny</b>		
Azymut [°]	70	56,49
Dystans [km]	0,634	0,98
<b>Zasięg maksymalny</b>		
Azymut [°]	272	277,21
Dystans [km]	17,814	13,29

Z powyższego zestawienia wynika, że zarówno azymut zasięgu minimalnego, jak i maksymalnego dla obu metod jest podobny. Dla zasięgu minimalnego różnica wynosi  $13,51^\circ$ , a dla zasięgu maksymalnego zaledwie  $5,21^\circ$ . Zasięgi minimalne różnią się o 346 metrów na korzyść wyników otrzymanych metodą ITU-R P.1546-5. Większa różnica występuje dla zasięgów maksymalnych. Tutaj metodą ITU-R P.370-7 uzyskano zasięg większy o 4 524 m.

Należy też zaznaczyć, że metoda ITU-R P.370 jest już nieaktualna. ITU-R P.1546 jest jej następcą i to ona powinna być stosowana do obliczeń, tak więc wyniki nią otrzymane można uznać za bliższe rzeczywistości warunkom.



Rysunek 12: Pokrycie miasta Limanowa, w miejscach niepokolorowanych sygnał poniżej  $E_{min}$ , zdjęcie satelitarne z platformy „Piast”

Na rys. 12 przedstawione zostało zdjęcie satelitarne z naniesionymi poziomami natężenia pola. Jak widać tak umieszczony nadajnik zapewnia pokrycie terenu całego miasta, a także okolicznych wsi.

## 6 Bibliografia

[1] ITU, ITU-R Recommendation P.370-7, VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz