



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Instrukcja współfinansowana przez Unię Europejską  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego  
w projekcie

*„Innowacyjna dydaktyka bez ograniczeń  
– zintegrowany rozwój Politechniki Łódzkiej – zarządzanie Uczelnią,  
nowoczesna oferta edukacyjna i wzmacniania zdolności  
do zatrudniania osób niepełnosprawnych”*

Instrukcja jest dystrybuowana bezpłatnie.

## **Instrukcja do laboratorium, część 1**

---

Piotr Korbel

# **Bezprzewodowe sieci telekomunikacyjne**

Modelowanie propagacji w obszarach otwartych i zurbanizowanych

Zadanie nr 14 – Studia podyplomowe „Bezprzewodowe systemy nadzoru i monitorowania”



**Politechnika Łódzka**  
Instytut Elektroniki

90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116,  
tel. 042 631 28 83  
[www.kapitalludzki.p.lodz.pl](http://www.kapitalludzki.p.lodz.pl)

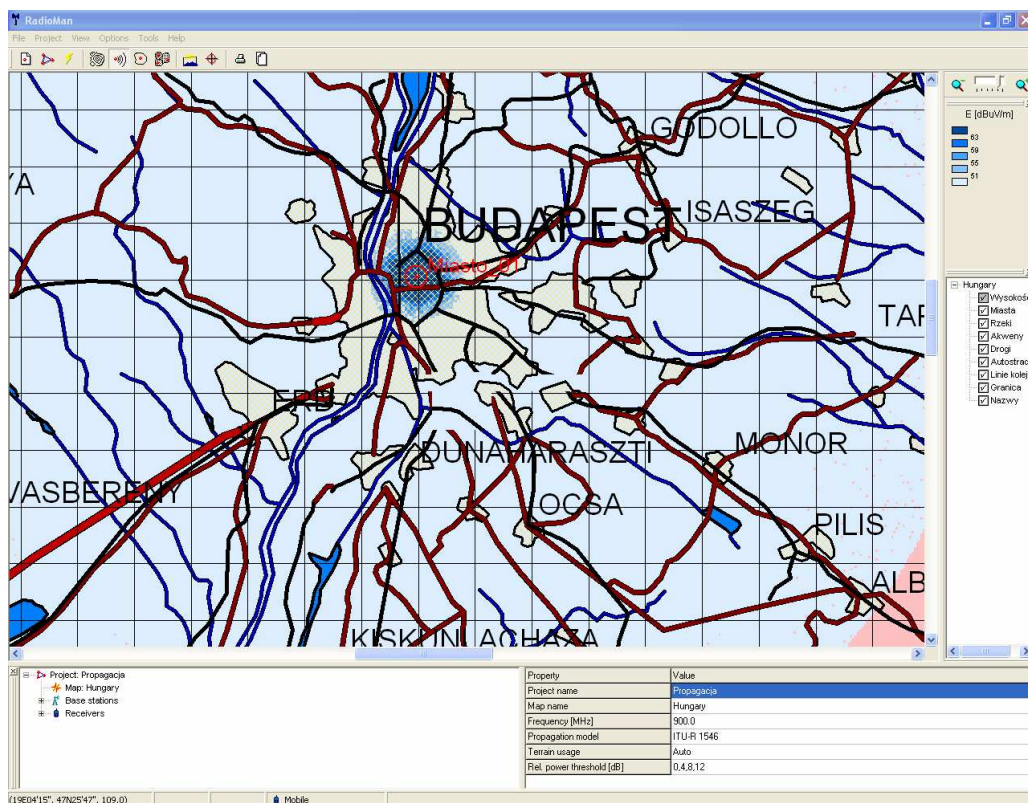
# Modelowanie propagacji w obszarach otwartych i zurbanizowanych

## 1. Wprowadzenie

Celem zajęć laboratoryjnych jest zapoznanie słuchaczy z charakterystyką propagacji fal radiowych w typowych środowiskach działania systemów radiokomunikacji ruchomej. W trakcie ćwiczeń przeanalizowane i omówione zostaną typowe problemy związane z propagacją fal w obszarach otwartych i zurbanizowanych. Analiza przeprowadzona zostanie z pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego służącego do modelowania propagacji fal radiowych.

## 2. Wprowadzenie do obsługi programu Radioman

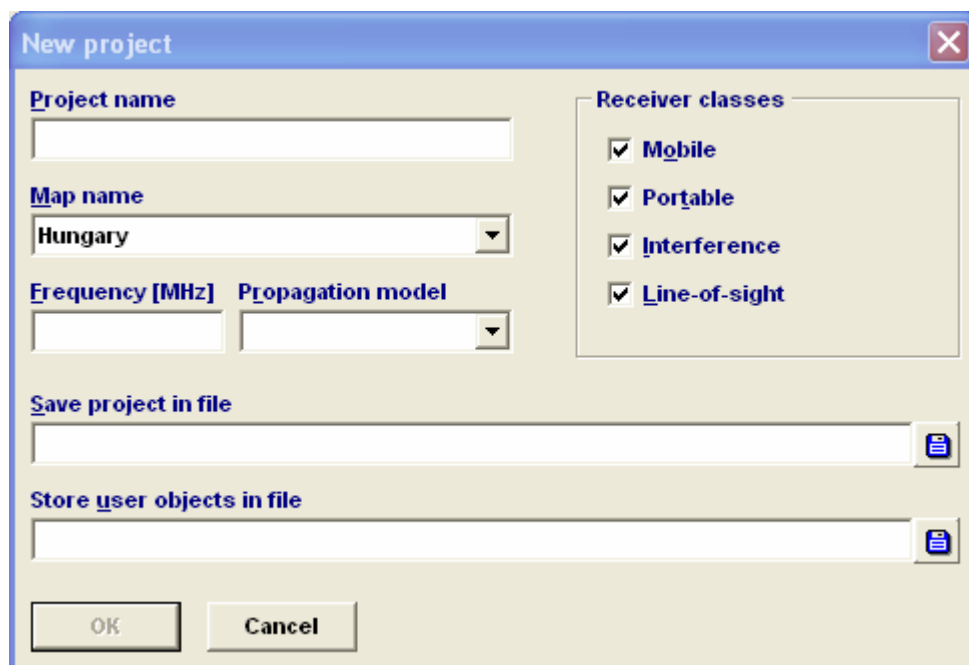
Program Radioman (Rys. 1) jest narzędziem służącym do wspomagania projektowania systemów łączności radiowej. Umożliwia realizację obliczeń zasięgów działania systemów radiokomunikacyjnych na podstawie wyników modelowania rozkładów natężenia pola w otoczeniu stacji bazowych. Obliczenia te wykonywane są z wykorzystaniem cyfrowych map terenu oraz przy użyciu jednego z dostępnych modeli propagacyjnych (ITU-R P. 370, ITU-R P. 1546, model Okumury, obliczenia zasięgów widzialności optycznej LOS anten nadajników radiowych).



Rys.1 Okno główne programu Radioman

## Tworzenie nowego projektu/otwieranie istniejącego projektu

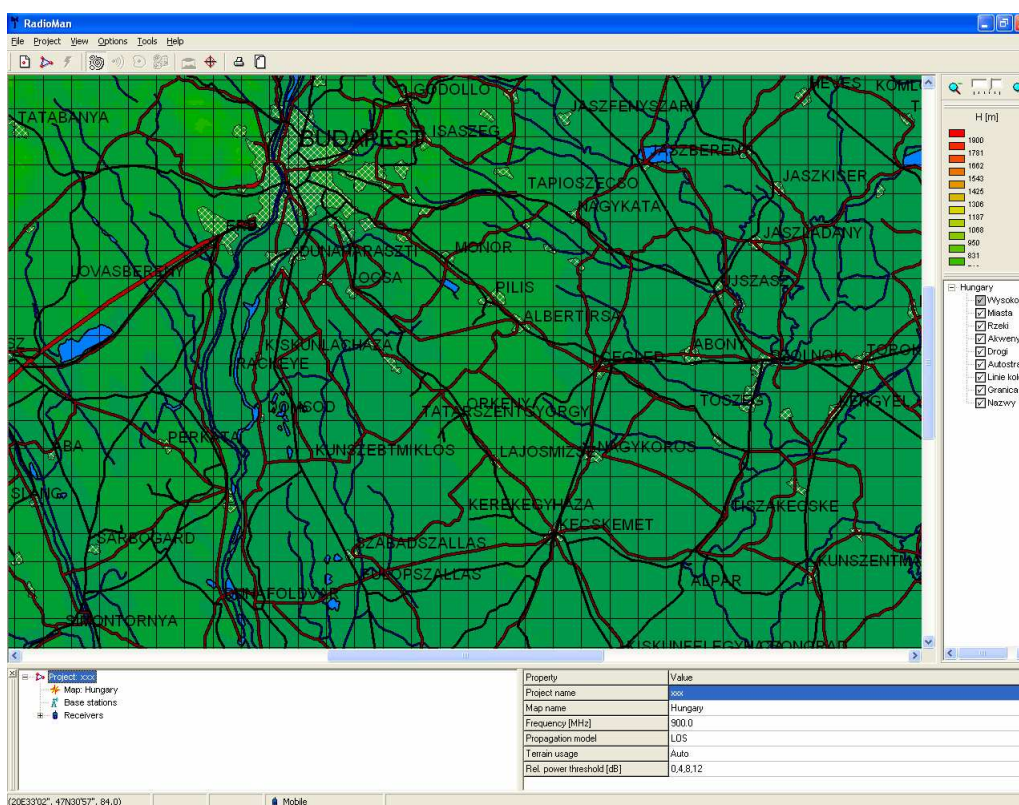
W celu utworzenia nowego projektu, należy wybrać z menu **Project->New Project**. W wyniku wykonania operacji pojawi się okno dialogowe (Rys. 2), które pozwala na ustawienie podstawowych właściwości projektu, takich jak nazwa, lokalizacja plików projektu, mapa cyfrowa terenu, częstotliwość pracy projektowanego systemu, model propagacyjny, klasy odbiorników. Po zatwierdzeniu wprowadzonych danych przyciskiem **OK**, plik projektu zostanie automatycznie utworzony oraz zapisany we wskazanej lokalizacji. Wszystkie wprowadzane w późniejszym czasie zmiany właściwości projektu zapisywane są automatycznie w pliku konfiguracyjnym (\*.rmp).



Rys.2 Okno właściwości projektu

W celu otworzenia istniejącego projektu, należy wybrać z menu **Project->Open Project** a następnie wskazać położenie pliku \*.rmp.

Po utworzeniu nowego bądź wczytaniu istniejącego projektu wyświetlona zostanie mapa ukształtowania terenu (Rys. 3). W prawej części okna dostępne są kontrolki pozwalające na ustawianie parametrów wyświetlania mapy (skala, wyświetlane obiekty, legenda). W dolnej części ekranu znajdują się kontrolki umożliwiające dostęp do ustawień zdefiniowanych obiektów (stacje bazowe, mapy, parametry odbiorników).



Rys.3 Mapa ukształtowania terenu

## Ustawianie parametrów wyświetlania mapy cyfrowej terenu

Parametry mapy można ustawić po wybraniu parametru **Map** z menu w dolnej części ekranu. Dostępne właściwości obejmują opcję automatycznego wczytywaniu mapy po otwarciu projektu, ustawienia siatki, ustawienia wyświetlania stacji bazowych oraz obiektów użytkownika.

## Ustawianie parametrów wyświetlania mapy cyfrowej terenu

Korzystając z menu w dolnej części ekranu można zdefiniować parametry klas odbiorników wykorzystywanych podczas obliczeń (**Receivers**). Domyślnie wyróżnione są cztery klasy urządzeń: przewoźne (**Mobile**), przenośne (**Portable**), odbiorniki wykorzystywane do badania zasięgów zakłóceń (**Interference**) oraz zasięgów widzialności optycznej (**LOS**). Zestaw dostępnych parametrów zależy od rodzaju odbiornika. W przypadku urządzeń typu *Mobile*, *Portable* oraz *Interference* do najważniejszych parametrów należą:

- wysokość zawieszenia anteny (*Antenna height [m]*)
- moc nadajnika (*Transmit power [dBW]*)
- zysk anteny (*Gain [dBi]*)
- polaryzacja (*Polarization*)
- minimalna moc wymagana do poprawnego odbioru (*Minimum power [dBm]*)



- minimalna wartość natężenia pola (*Minimum field strength [dBuV/m]*)
- model propagacyjny wykorzystywany do obliczeń rozkładu natężenia pola (*Propagation model*)
- opcja wyboru klasy terenu dla modelu propagacyjnego (*Terrain model*)
- wartość statystycznego prawdopodobieństwa przekraczania obliczonych wartości w zadanym miejscu (*Probability [%]*) – typowa wartość wykorzystywana dla obliczeń zasięgów użytecznych wynosi 50 % (mediana), dla zakłóceń 10 %.

Podstawowe parametry określone dla odbiorników typu *LOS* są następujące:

- wysokość zawieszenia anteny (*Antenna height [m]*)
- minimalny prześwit pierwszej strefy Fresnela (*Minimum clearance [%]*).

### Definiowanie struktury sieci – określanie parametrów stacji bazowych

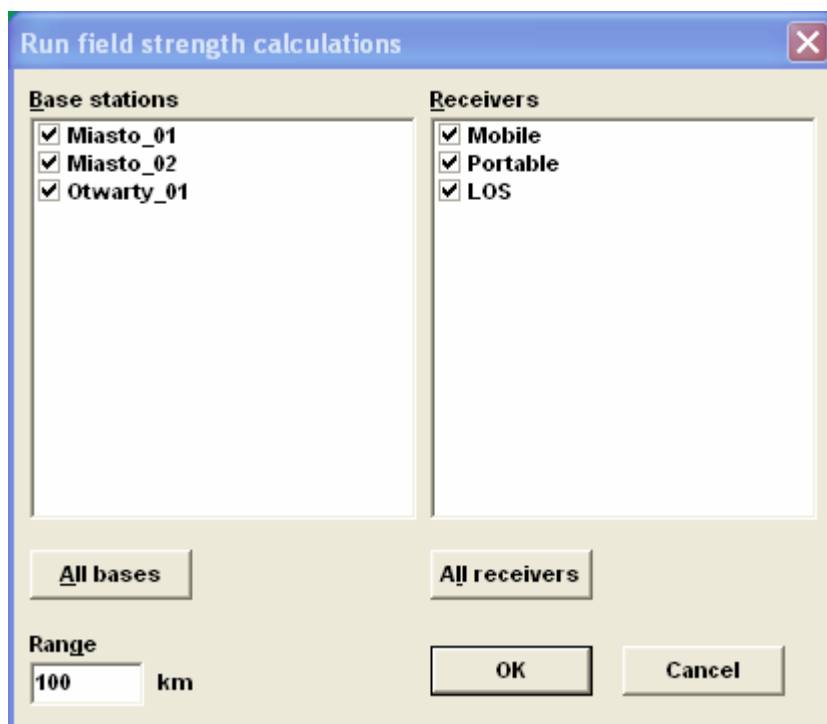
Strukturę sieci łączności radiowej określa się poprzez zdefiniowanie rozmieszczenia oraz parametrów nadajników stacji bazowych. Najprostszą metodą zdefiniowania nowej stacji bazowej jest wskazanie kursorem lokalizacji na mapie oraz skorzystanie z menu dostępnego pod prawym przyciskiem myszy (***Place base station***). Po wykonaniu operacji utworzona zostanie nowa stacja o domyślnej nazwie *New base*. Korzystając z menu w dolnej części ekranu można następnie zdefiniować parametry wskazanej stacji. W tym celu należy wybrać węzeł ***Base stations*** oraz wybrać nazwę stacji, której parametry chcemy zmodyfikować.

Dostępne parametry obejmują:

- nazwę stacji (*Name*)
- współrzędne położenia geograficznego (*Longitude, Latitude*)
- wysokość terenu (*Elevation [m]*)
- wysokość zawieszenia anteny (*Antenna height [m]*)
- rodzaj anteny (*Antenna type*)
- azymut anteny (*Azimuth [deg]*) – parametr ten ma znaczenie w przypadku anten kierunkowych
- moc nadajnika (*Power [dBW]*)
- straty w torze nadajnika (*Tx losses [dB]*)
- straty w torze odbiornika (*Rx losses [dB]*)
- polaryzacja (*Polarization*).

### Wykonywanie obliczeń

Po określeniu parametrów odbiorników oraz zdefiniowania struktury sieci można przystąpić do wykonania obliczeń. Należy w tym celu wybrać z menu polecenie ***Project->Calculate (F9)***. W wyniku wybrania polecenia wykonania obliczeń natężenia rozkładu pola elektromagnetycznego pojawi się okno dialogowe (Rys. 4) umożliwiające wybranie zestawu stacji bazowych i klas odbiorników, dla których chcemy przeprowadzić analizę. Możliwe jest także określenie maksymalnej odległości (***Range***) od stacji bazowych, w jakiej obliczane są wartości natężenia pola.



Rys.4 Okno dialogowe umożliwiające określenie parametrów wykonywanych obliczeń

### Wyświetlanie wyników obliczeń

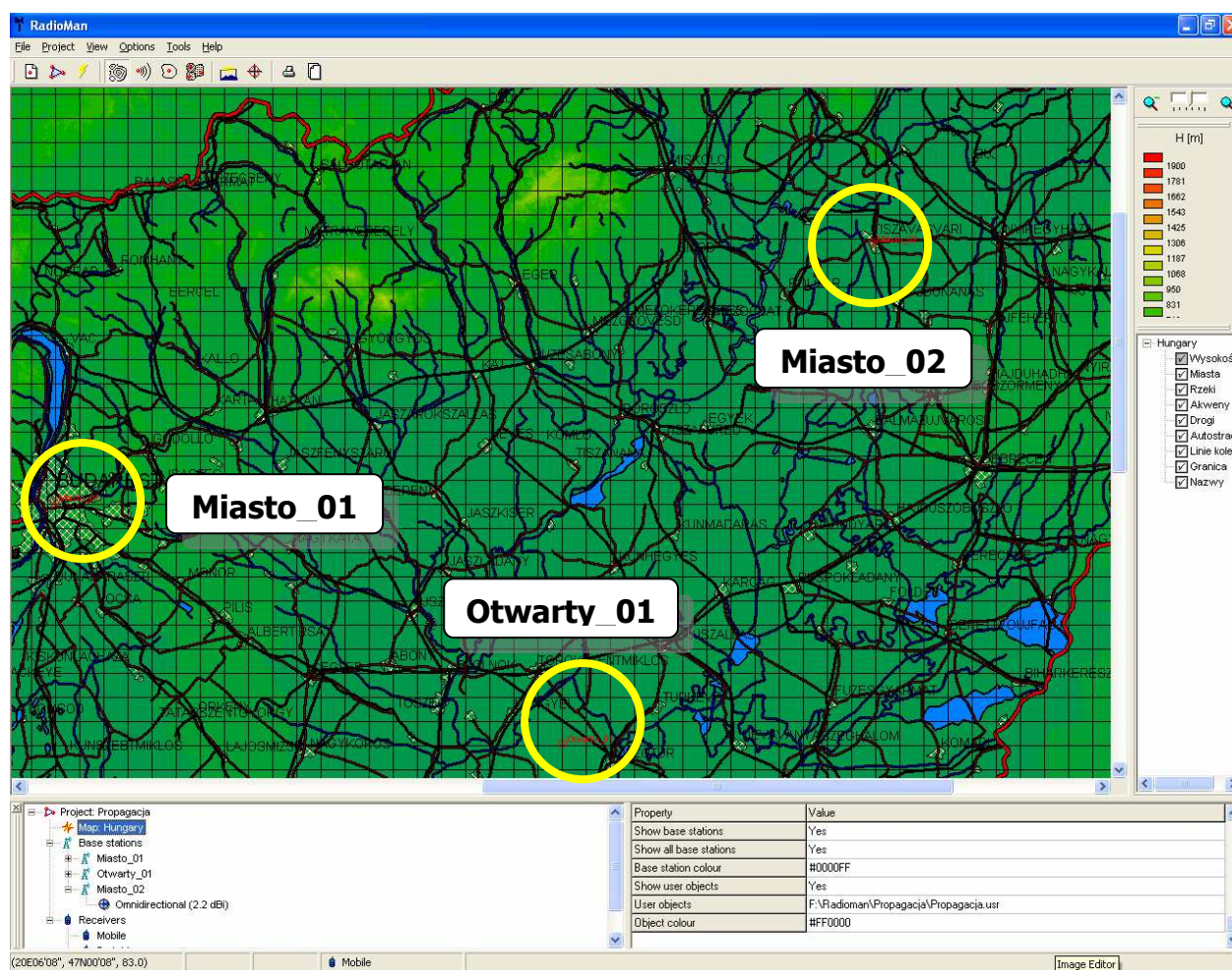
Po wykonaniu obliczeń można wybrać jedną z kilku metod prezentacji wyników. Dostępne opcje umożliwiają m.in. wyświetlanie rozkładu natężenia pola w otoczeniu stacji bazowych (**View->Field strength map**), rozkładu poziomu mocy odebranej dla wybranej klasy odbiornika (**View->Coverage map**), obszarów widzialności optycznej anten stacji bazowych oraz odbiornika klasy *LOS*. Wybór klas odbiorników, dla których chcemy wyświetlić wyniki odbywa się poprzez menu **View->Receiver->\_wybierany rodzaj odbiornika\_**.

### 3. Modelowanie propagacji fal radiowych

W celu realizacji ćwiczenia należy uruchomić program RadioMan oraz otworzyć projekt **Propagacja.rmp** zlokalizowany w folderze **Radioman->Propagacja**.

Projekt obejmuje zdefiniowane trzy stacje bazowe o jednakowych parametrach (Rys. 5) i zlokalizowane odpowiednio w terenie otwartym (stacja *Otwarty\_01*), w centrum dużej aglomeracji miejskiej (stacja *Miasto\_01*) oraz w niedużym mieście (stacja *Miasto\_02*). Model ITU-R P.1546 został zdefiniowany jako domyślny dla obliczeń propagacyjnych.

Określone zostały parametry dwóch klas odbiorników (*Mobile* oraz *Portable*), przy czym różnice pomiędzy rozważanymi klasami urządzeń dotyczą jedynie wysokości zawieszenia anteny.




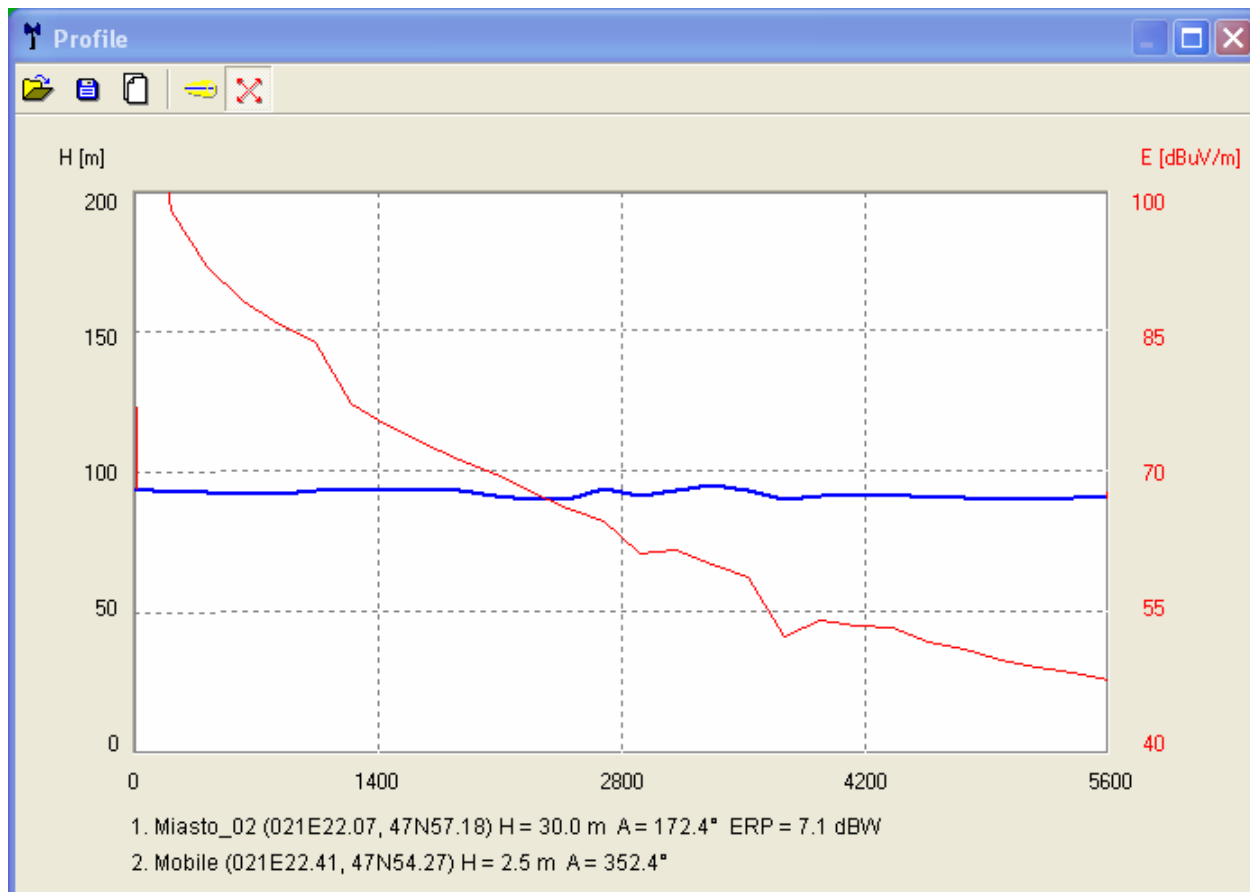
Rys.5 Mapa ukształtowania terenu z zaznaczonymi lokalizacjami stacji bazowych

W ramach realizacji ćwiczenia należy:

- wykonać obliczenia dla domyślnego modelu propagacyjnego (ITU-R P. 1546)
- porównać uzyskane rozkłady natężenia pola dla różnych lokalizacji stacji bazowych oraz poszczególnych klas odbiorników (*Mobile* oraz *Portable*)
- zaobserwować wpływ zmiany wysokości zawieszenia anteny odbiornika na uzyskiwane rozkłady natężenia pola
- wykonać obliczenia dla modelu Okumury – zaobserwować wpływ doboru modelu na obliczone rozkłady natężenia pola dla różnych rodzajów środowiska propagacji.

Podczas porównywania map natężenia pola w otoczeniu stacji bazowych pomocna może być opcja programu umożliwiająca wyświetlenie rozkładu natężenia pola wzdłuż wskazanego profilu terenu. W celu uzyskania wykresu należy wskazać kursorem stację bazową i po kliknięciu prawym przyciskiem wybrać menu **Terrain profile** a następnie wskazać końcowy punktu profilu (punktem początkowym jest miejsce, w

którym zlokalizowana została stacja bazowa). Następnie po naciśnięciu przycisku  na tle profilu terenu wyświetlony zostanie rozkład natężenia pola (Rys. 6).



*Rys.6 Wykres rozkładu natężenia pola wzdłuż wskazanego profilu terenu*





## Literatura

- [1] Wesołowski K., *Systemy radiokomunikacji ruchomej*, WKiŁ, Warszawa, 2003
- [2] *RadioMan – Skrócona instrukcja obsługi*, dokument dostępny w wersji elektronicznej jako część pakietu oprogramowania





## Dodatek A

### Tabela przeliczeń mocy

W obliczeniach bilansu mocy w systemach łączności radiowej najczęściej wykorzystywane są miary logarytmiczne a nie liniowe. Moc wyrażana jest zwykle w **dBW** (decybelach w odniesieniu do 1 W) lub **dBm** (decybelach w odniesieniu do 1 mW). Przeliczenie jednostek z watów i miliwatów na miarę decybelową można wykonać w wykorzystaniem wzorów:

$$P[dBW] = 10 \log \frac{P[W]}{1[W]}$$

$$P[dBm] = 10 \log \frac{P[mW]}{1[mW]}$$

Zależność pomiędzy **dBW** a **dBm** wynosi:

$$P[dBm] = P[dBW] + 30$$

Konwersję **dBm** do miary liniowej (**mW**) można wykonać za pomocą zależności:

$$P[mW] = 10^{P[dBm]/10}$$

Przeliczenia jednostek dla przykładowych wartości mocy przedstawiono w tabeli.

<b>W</b>	<b>mW</b>	<b>dBW</b>	<b>dBm</b>
0,001	1	-30,00	0,00
0,002	2	-26,99	3,01
0,005	5	-23,01	6,99
0,010	10	-20,00	10,00
0,020	20	-16,99	13,01
0,050	50	-13,01	16,99
0,100	100	-10,00	20,00
0,200	200	-6,99	23,01
0,500	500	-3,01	26,99
1,000	1000	0,00	30,00
2,000	2000	3,01	33,01
5,000	5000	6,99	36,99
10,000	10000	10,00	40,00
20,000	20000	13,01	43,01
30,000	30000	14,77	44,77
40,000	40000	16,02	46,02
50,000	50000	16,99	46,99
100,000	100000	20,00	50,00



## Dodatek B

### *Szablon projektu programu Radioman do modelowania propagacji w obszarach otwartych i zurbanizowanych*

#### Propagacja.rmp

```
<Project Name="Propagacja" Map="$(MAPS)\Hungary\hu.map" F="900.0">
  <FModel Method="ITU-R 1546" Options="0"></FModel>
  <Base Name="Miasto_01">
    <Location X="019E05.55" Y="47N29.41" E="112.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Mobile" File="0394B6A6_01_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Portable" File="0394B6A6_01_02.rmo"></Field>
    <Field Receiver="LOS" File="0394B6B6_01_03.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Otwarty_01">
    <Location X="020E29.02" Y="47N02.16" E="80.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Mobile" File="0394B6D5_03_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Portable" File="0394B6E4_03_02.rmo"></Field>
    <Field Receiver="LOS" File="0394B6F4_03_03.rmo"></Field>
  </Base>
  <Base Name="Miasto_02">
    <Location X="021E22.07" Y="47N57.18" E="93.0"></Location>
    <BSPParams H="30.0" A="0.0" P_dB="10.0" L_Tx="3.0" L_Rx="3.0"
TxPol="1"></BSPParams>
    <Antenna Name="OMNI0.ANT" N="1"></Antenna>
    <Field Receiver="Mobile" File="0350B002_03_01.rmo"></Field>
    <Field Receiver="Portable" File="0350B002_03_02.rmo"></Field>
    <Field Receiver="LOS" File="0350B012_03_03.rmo"></Field>
  </Base>
  <Receiver Name="Mobile">
    <Model Method="ITU-R 1546" Options="0"></Model>
    <RXParams H="2.5" P="3.0" G="0.0" Prob="50.0" P_min="-85.0"
RxPol="1"></RXParams>
  </Receiver>
  <Receiver Name="Portable">
    <Model Method="ITU-R 1546" Options="0"></Model>
```



```
<RXParams H="1.5" P="3.0" G="0.0" Prob="50.0" P_min="-85.0"
RxPol="1"></RXParams>
</Receiver>
<Receiver Name="LOS">
  <Model Method="LOS" Options="0"></Model>
  <RXParams H="2.5" LOS="1" N_min="60"></RXParams>
</Receiver>
<Visual>
  <AutoLoad>1</AutoLoad>
  <Bases All="1" Color="#0000FF">1</Bases>
  <Grid Spacing="5000">1</Grid>
  <Receiver>0</Receiver>
  <Thr>0,4,8,12</Thr>
  <UserObjects File="Propagacja.usr" ObjColor="#FF0000">1</UserObjects>
  <Zoom>1</Zoom>
</Visual>
<Print>
  <Area Org="0,0" Size="2574,1796"></Area>
  <Scale>100</Scale>
  <PageFit>1</PageFit>
  <PrintBases>1</PrintBases>
  <PrintUser>1</PrintUser>
  <TitleSize>14</TitleSize>
</Print>
</Project>
```

