PSRD Projekt 2 – Grupa 1

# Wybór lokalizacji

Wybrałem punkty przydzielone nam w projekcie – linia radiowa Warszawa - Wołomin między punktami:

1. 21°0'40.67"E 52°13'6.18"N - Warszawa
2. 21°14'26.25"E 52°20'25.96"N - Wołomin

# Parametry systemu

Częstotliwości nośne systemu zostały ustalone na 24 563 MHz oraz 25 571 MHz, a szerokość kanału wynosi 28 MHz. Zastosowano modulację 80 Mb/s przy modulacji 16 QAM. Wymagana BER to 10-6,a dostępność łącza to 99.99%.

# Profil trasy

Profil trasy został wykonany przy użyciu programu Google Earth Pro i przedstawiony na Rys. 1. Oznaczone zostały na nim także przeszkody.



Rys. . Profil trasy między Warszawą, a Wołominem.

Parametry trasy:

* Długość trasy 20.7 km
* Wysokość początkowa 113 m
* Wysokość końcowa 98 m

Istotne przeszkody zostały scharakteryzowane poprzez podanie i zapisanie w tabeli ich odległości od nadajnika oraz wysokości. Do wysokości gruntu zostały dodane szacunkowe wysokości możliwych przeszkód takich jak budynki na terenie Warszawy i Wołomina, drzew itp.:

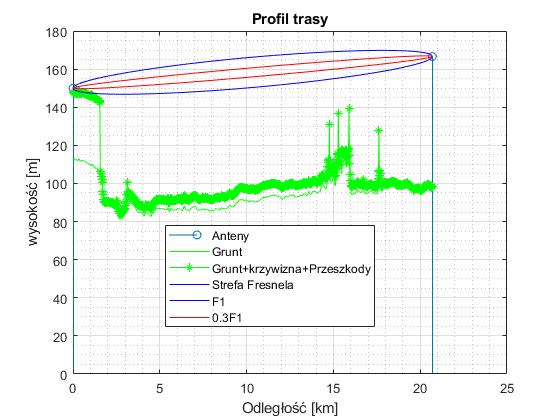
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **N** | **odl [km]** | **wys [m]** | **wys przesz [m]** | **uwagi** |
| 1 | 0,09 | 114 | 35 | gmach EiTI |
| 2 | 0,35 | 114 | 35 | plac konstytucji |
| 3 | 3,11 | 93 | 5 | zjazd z mostu |
| 4 | 14,7 | 110 | 20 | las |
| 5 | 15,3 | 113 | 20 | las |
| 6 | 15,9 | 115 | 20 | las |
| 7 | 17,6 | 106 | 20 | las |

Tab. . Istotne przeszkody.

# Wyznaczanie wysokości anten

Postępując zgodnie z zaleceniami zawartymi w ITU-R P.530 dla tras o długości większej niż 18 km:

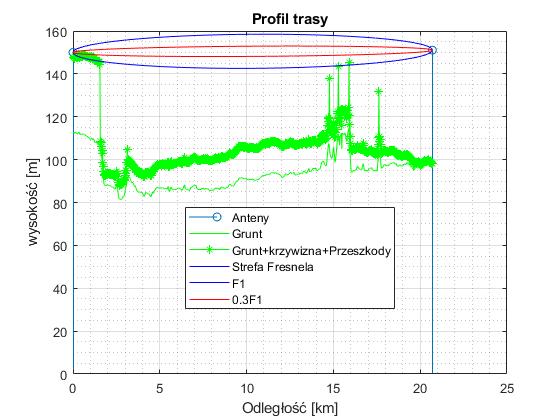
1. Zapewniając 100% pierwszej strefy Fresnela wolnej od przeszkód terenowych. W tym celu obliczyłem poprawkę która należy dodać do wysokości przeszkód oraz promień strefy Fresnela. W celu zasymulowania zabudowy miejskiej do wysokości gruntu zostały dodane 35m, które powinny zasymulować miejską zabudowę. Przyjąłem troposferę normalną k =4/3 i Rz=4/3 \*6370 = 8493.33 km. Wyniki obliczeń symulacyjnych minimalizujących wysokość anten zostały przedstawione na Rys. 2



Rys. . Obliczony profil trasy zapewniający wolną pierwsza strefę Fresnela.

W wyniku dopasowania uzyskałem wysokość anten h1=37 m h2= 68.6323 m. W obliczeniach przyjąłem zastępczy krzywoliniowy układ współrzędnych pozwalający na modelowanie zakrzywionej trajektorii przez prostą.

1. W kolejnym kroku analogiczne obliczenia zostały wykonane przyjmując ke=0.57 oraz konieczność uzyskanie wolnej 0.3 pierwszej strefy Fresnela(Rys. 3):

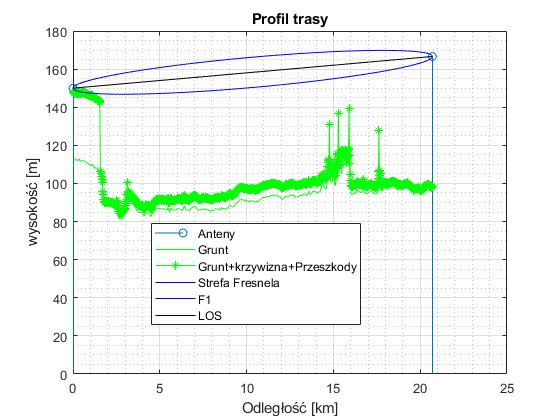


Rys. . Profil trasy zakładający wolne 0.3 pierwszej strefy Fresnela.

W tym przypadku otrzymałem wysokości h1=37 m oraz h2=53.0683 m. Obliczenia zostały wykonane dla niższej częstotliwości nośnej, która ma szerszą pierwszą strefę Fresnela.

Przyjmując najgorszy przypadek anteny powinny być zamocowane na wysokościach h1=37 m oraz h2=68.6323m.

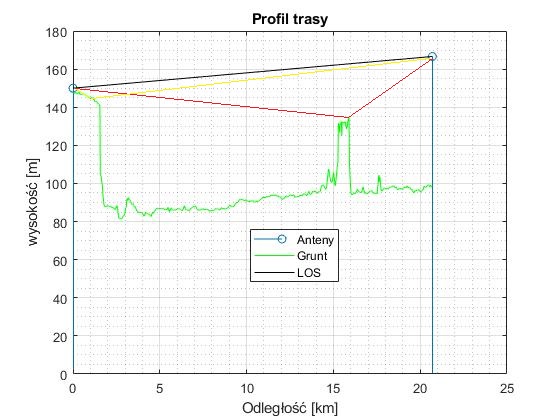
Ostateczny przekrój trasy wygląda zatem następująco:



Rys. 4. Profil trasy po ustaleniu wysokości anten.

## Wielkość obszarów decydujących o odbiciu

Po ustaleniu wysokości zawieszenia anten przystąpiono do wyznaczenia potencjalnych punktów odbić:



Rys. 5. Potencjalne punkty odbić.

W celu lepszego zasymulowania lasu do fragmentu obszaru od d=14.5 km do d=16 km została dodana wysokość 20 m.

Niektóre punkty nie zostały uwzględnione ze względu na to, że sygnał po odbiciu od nich nie mógłby trafić do anteny odbiorczej. Dla każdego z wytypowanych punktów zostały przeprowadzone obliczenia pozwalające wyznaczyć ich wpływ na odbierany sygnał. W tym celu obliczona została różnica dróg wyrażona w długościach fali, którą pokonuję fala bezpośrednia i odbita dla wartości ke zmieniającej się od 0.57 do 1e9. Dla przeszkody bliższej nadajnika różnica między tmax, a tmin była równa 3.5721 . W przypadku dalszej przeszkody różnica ta wyniosła , obie wartości są większe od jedności zatem ich wpływ powinien zostać uwzględniony.

## Wymagany stosunek SNR

Ze względu na maksymalną bitową stopę błędów BER=10-6 wymagany minimalny stosunek mocy sygnału do szumu może być obliczony w następujący sposób:

1. Oczytanie z wykresu wartości stosunku energii symbolu do gęstości mocy szumu zapewniający uzyskanie BER=10-6 dla modulacji 16 QAM z wykresu:

Obraz zawierający mapa

Opis wygenerowany automatycznie

Rys. . Wymagany stosunek Es/N0 dla różnych modulacji.

1. Odczytana z wykresu wartość wynosi 21 dB
2. Korzystając z zależności:
3. Następnie ze względu na fakt, że otrzymujemy:
4. Wyrażając powyższe równanie w mierze decybelowej:
5. Zatem wymagany stosunek SNRmin może być wyznaczony jako:

## Tłumienie opadowe

Tłumienie opadowe zostało wyznaczone na podstawie ITU-R P.837 dla polaryzacji wertykalnej (pozwala ona uzyskać mniejsze tłumienie).

1. Na podstawie położenie geograficznego trasy odczytana została intensywność opadów [mm/h] przekraczana w strefach klimatycznych przez 0.01 % czasu. Wartość ta wynosi R=32 mm/h.
2. Dla częstotliwości 25 GHz odczytane zostały współczynniki tłumienia opadowego dla polaryzacji wertykalnej *kv=*0.1533 oraz *av*=0.9491.
3. Wyznaczone zostało tłumienie właściwe
4. Wyznaczony został współczynnik skrócenia trasy
5. Wyznaczone zostało tłumienie przekraczane przez 0.01 % czasu

## Tłumienie wywołane przez chmury i mgłę

Ze względu na fakt, że nasza trasa ma niewielki kąt elewacji tłumienie wywołane przez chmury i mgłę zostało oszacowane na podstawie rekomendacji ITU-R P.840:

1. Wyznaczono tłumienność właściwą
2. M – gęstość chmury [g/m^3] typowo 0.05 g/m^3
3. K zostało wyznaczone jako
4. Całkowite tłumienie wywołane chmurami wyniosło

## Tłumienie wywołane przez gazy atmosferyczne

Tłumienie wprowadzane przez gazy atmosfery zostało oszacowane na podstawie wykresu zawartego w rekomendacji ITU-R P.676-9, według którego tłumienność częstotliwościach rzędu 25 GHz wynosi 1.9\*10-1 dB/km pozwala to na wyznaczenie całkowitego tłumienie wprowadzone przez tego gazy jako:

## Straty w wolnej przestrzeni

Straty w wolnej przestrzeni zależą od częstotliwości oraz odległości między antenami. Zatem będą one różne w zależności od tego, która częstotliwość nośna będzie wykorzystywana:

## Wielkość obszarów decydujących o odbiciu

## Głębokość zaników wielodrogowych

1. Współczynnik geoklimatyczny:

Odczytany gradient dN1=-1.56590e+02, standardowa dewiacja terenu wynosi 38.3 m zatem współczynnik geoklimatyczny wynosi

1. Wyznaczenie nachylenia trasy na podstawie wysokości anten:
2. Obliczenie procentu czasu w którym zanik jest przekraczany średnio w najgorszym miesiącu:
3. Wyznaczenie procentu czasu (średnio w ciągu roku) kiedy głębokość zaników przekracza A:
4. W naszym przypadku odbicia należy odwrócić problem i znając p=0.01% wyznaczyć pw, a następnie wyznaczyć tłumienie A, które jest przekraczane przez 0.01% czasu w ciągu roku.

Wykorzystując powyższe równania otrzymano wynik A = 18.4740 dB, zatem margines na zaniki wielodrogowe jest mniejszy od marginesu, który trzeba uwzględnić ze względu na opady atmosferyczne, który wynosi 43.52 dB, zatem wybieramy większą z tych dwóch wartości.

## Minimalna moc na wejściu odbiornika

Minimalna moc na wejściu odbiornika może być obliczona jako:

Gdzie RRX oznacza czułość odbiornika.

## Bilans mocy przy braku zaników