

Kierunek: TIN	Nazwa zajęć: LABORATORIUM SIECI BEZPRZEWODOWYCH	Ocena:
Nr. ćwiczenia: 1	Tytuł ćwiczenia: Obliczenia propagacyjne w środowisku wewnątrzbudynkowym	
Termin: Czwartek TN 13:15	Data wykonania ćwiczenia: 12.10.2017	Nr. grupy: 1
Osoby wykonujące ćwiczenie:		Podpisy:
Łukasz Gielec		<i>Łukasz Gielec</i>
Marcin Kołodziej		<i>Marcin Kołodziej</i>
Igor Michalski		<i>Igor Michalski</i>
Sprawozdanie wykonał:		Igor Michalski
Data wykonania sprawozdania:		23.10.2017r.
Sprawozdanie sprawdził:		

Oświadczam, że zapoznałem/łam się ze niniejszym sprawozdaniem i uważam je za poprawnie wykonane:

Marcin Kołodziej *Łukasz Gielec*

Oświadczam/y iż poniższe sprawozdanie zostało wykonane przeze mnie/nas samodzielnie:

Igor Michalski

1 Wstęp

Obliczenia propagacyjne mają na celu wyznaczenie rozkładu natężenia pola na danym obszarze. Podczas laboratorium wykonywane są symulacje dla trzech wewnątrzbudynkowych modeli propagacyjnych: Dominant-Path (DPM), Multi-Wall (MWM), One-Slope (OSM). Całkowite tłumienie pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem opisywane jest dla kolejnych modeli wzorami:

$$L = 20 \cdot p \cdot \log_{10}(d) + \sum_{i=1}^n f(\phi, i) + \sum_{j=1}^m L_j - \alpha, \quad (1)$$

gdzie:

- p - współczynnik tłumienia trasy zależny od otoczenia,
- d [m] - odległość między nadajnikiem i odbiornikiem,
- $f(\phi, i)$ [dB] - funkcja opisująca tłumienie związane ze zmianą kierunku rozchodzenia fali,
- L_j [dB] - tłumienie j-tej ściany,
- α [dB] - współczynnik falowodowy (np. zysk podczas propagacji w korytarzach, gdzie zachodzi efekt falowodowy).

$$L = L_{fs}(d) + L_c + \sum_{i=1}^I k_{wi} \cdot L_{wi} + k_f^{\left[\frac{k_f+2}{k_f+1} - b\right]} \cdot L_f, \quad (2)$$

gdzie:

- L_{fs} [dB] - tłumienie wolnej przestrzeni pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem,
- L_c [dB] - stałe tłumienie (często bliskie zeru),
- k_{wi} - ilość ścian i-tego typu na trasie propagacji,
- L_{wi} [dB] - tłumienie ściany i-tego typu,
- k_f - ilość stropów na trasie propagacji,
- L_f [dB] - tłumienie pomiędzy sąsiadującymi piętrami,
- b - parametr empiryczny.

$$L = L_0 + 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d), \quad (3)$$

gdzie:

- L_0 [dB] - tłumienie wolnej przestrzeni w odległości 1m od nadajnika,
- n - współczynnik zaniku,
- d [m] - odległość między nadajnikiem i odbiornikiem,

DPM oraz MWM są modelami dokładniejszymi - biorą pod uwagę więcej czynników, które wpływają na tłumienie trasy radiowej. OSM jest modelem znacznie prostszym, mniej dokładnym i wymaga oszacowania współczynnika zaniku dla danego obszaru.

Tabela 1: Tłumienie poszczególnych elementów w środowisku wewnątrzbudynkowym, w paśmie 2.4 GHz

Nazwa elementu	Material	Grubość [cm]	Tłumienie
Ściana wewnętrzna	Cegła	10	7 dB
Ściana zewnętrzna	Cegła	30	9 dB
Ściana działowa	Rigips i wełna szklana	7	2 dB
Strop	Beton	30	11 dB
Okno	Szkło	2 x szyba + 1 cm przerwy	4,5 dB
Drzwi	Drewno	4	2,5 dB

2 Stosowane wzory

Ponieważ obliczenia dotyczą wyłącznie jednego piętra, wzór dla MWM został uproszczony o człon wnoszący poprawki dla tras propagacji biegnących przez stropy. Wykorzystano go w poniższej formie.

$$L = L_{fs} + L_c + \sum_{i=1}^I k_{wi} L_{wi} \quad (4)$$

Opisuje on całkowitą tłumienność trasy jako sumę trzech składowych - tłumienie wolnej przestrzeni L_{fs} , stałe tłumienie L_c oraz sumę składającą się z iloczynów współczynnika tłumienia ściany L_{wi} oraz liczby k_{wi} ścian danego typu na trasie propagacji. Tłumienie wolnej przestrzeni jako funkcja odległości oraz częstotliwości opisywane jest wzorem (5).

$$L_{fs} = -27.55 + 20 \cdot \log_{10}(f [MHz]) + 20 \cdot \log_{10}(d [m]) \quad (5)$$

Do obliczenia modelu OS wykorzystany został wzór (3).

3 Przykładowe obliczenia

3.1 Multi-Wall Model

Do obliczeń przyjęte zostały:

- $P_N = 20 \text{ dBm}$
- $f = 2472 \text{ MHz}$
- $k_{w1} = 4$
- $L_{w1} = 6.9 \text{ dB}$
- $d = 17 \text{ m}$
- $L_c = 0 \text{ dB}$

Pierwszym krokiem jest obliczenie tłumienia wolnej przestrzeni:

$$L_{fs} = -27.55 + 20 \cdot \log_{10}(2472) + 20 \cdot \log_{10}(17) = 64.92 \text{ [dB]} \quad (6)$$

Następnie należy wykorzystać tę wartość do obliczenia całkowitego tłumienia trasy:

$$L = 64.92 + 0 + 5 \cdot 6.9 = 99.42 \text{ [dB]} \quad (7)$$

W porównaniu z wynikami symulacji okazuje się, że wartości są znacząco różne. W powyższych obliczeniach należy uwzględnić także szafy stojące na drodze. Można założyć, że każda z nich, w przybliżeniu, posiada tłumienie jak 1.5 drewnianych drzwi o grubości 4 cm. W tym wypadku powstają nowe współczynniki $k_{w2} = 4$ oraz $L_{w2} = 3.75 \text{ dB}$.

$$L = 99.42 + 4 \cdot 3.75 = 114.42 \text{ [dB]} \quad (8)$$

Jest to wynik zaledwie o 0.8 dB większy od wartości wyznaczonej podczas symulacji dla tego samego punktu.

3.2 One-Slope Model

Do obliczeń przyjęte zostały:

- $n = 6$
- $d = 10 \text{ m}$

Pierwszym krokiem ponownie jest obliczenie tłumienia wolnej przestrzeni w odległości 1 m od nadajnika:

$$L_0 = -27.55 + 20 \cdot \log_{10}(2472) + 20 \cdot \log_{10}(1) = 40.31 \text{ [dB]} \quad (9)$$

Następnie należy wykorzystać tę wartość do obliczenia całkowitego tłumienia trasy:

$$L = 40.31 + 60 \cdot \log_{10}(10) = 100.31 \text{ [dB]} \quad (10)$$

4 Przebieg ćwiczenia

Po zgłoszeniu gotowości i uruchomieniu przez prowadzącego odpowiedniego oprogramowania, można było przystąpić do wykonywania ćwiczenia. Zgodnie z instrukcją stworzony został nowy projekt bazujący na modelu ósmego piętra budynku C-5. Wczytane zostały predefiniowane ustawienia interfejsu radiowego zgodnego z IEEE 802.11g. W prawym, górnym rogu modelu umieszczony został punkt dostępowy. Przyjęto EIRP = 20 dBm oraz kanał nr 13 (częstotliwość środkowa 2472 MHz).

Wykonane zostały symulacje dla DPM, MWM, po czym nastąpiła awaria programu (zawiesił się). Po ponownym uruchomieniu umieszczono punkt dostępowy w tym samym miejscu i przeprowadzono symulację dla modelu OSM.

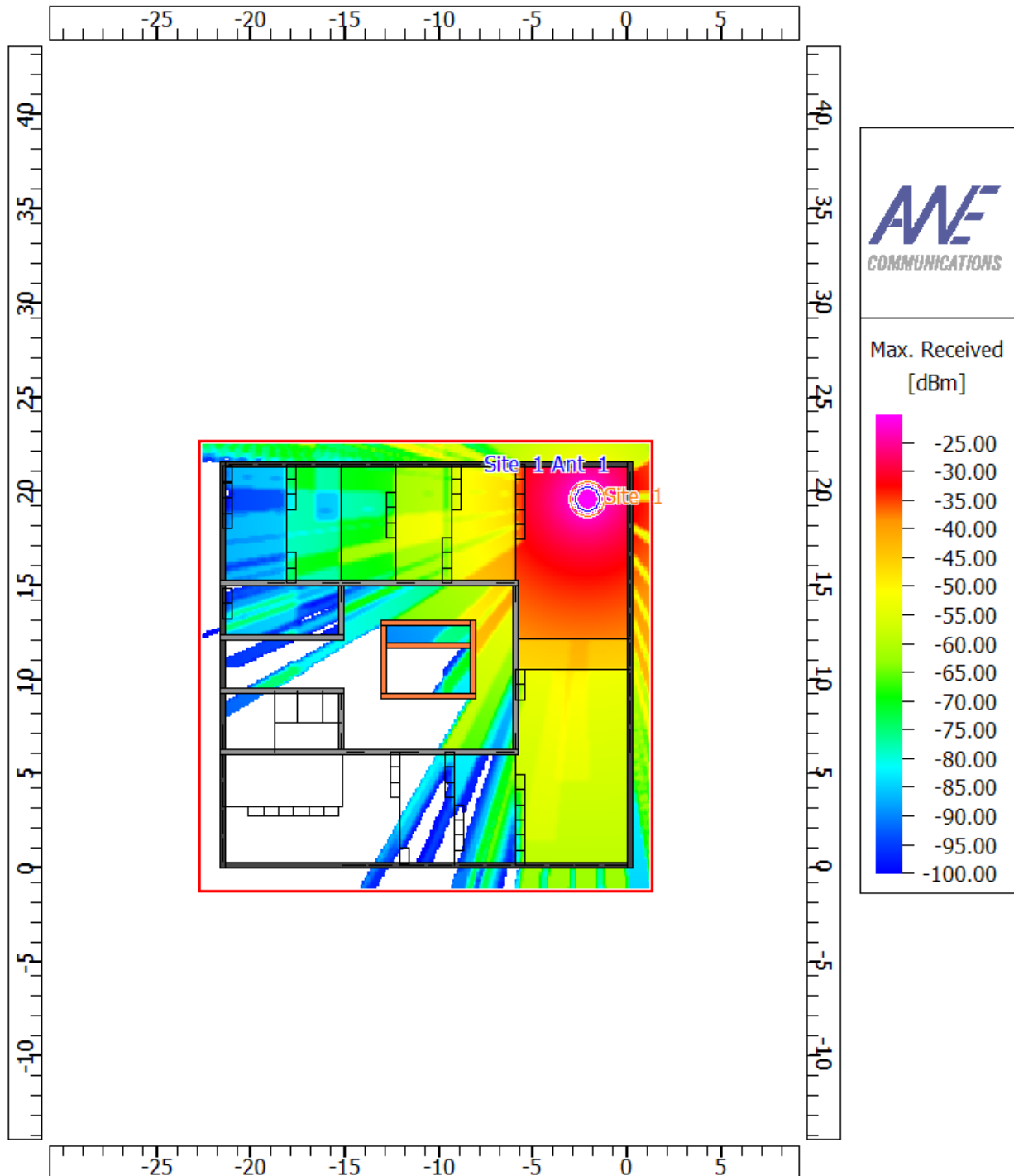
Do wszystkich obliczeń przyjęto rozdzielczość 0.1 m. Zapisano wyniki symulacji w postaci mapek rozkładów mocy, mapek szybkości transmisji oraz rozkładów mocy i szybkości transmisji dla dwóch ścieżek (zgodnych z instrukcją).

Następnie utworzono nowy projekt i dodano dwa punkty dostępowe o EIRP 20 dBm, pracujące na kanałach nr 1 (częstotliwość środkowa 2412 MHz) oraz nr 13. Oba punkty dostępowe zostały rozmieszczone metodą prób i błędów tak, aby uzyskać jak najlepsze parametry transmisji na poziomie całego piętra. Parametry wyznaczone zostały z wykorzystaniem MWM.

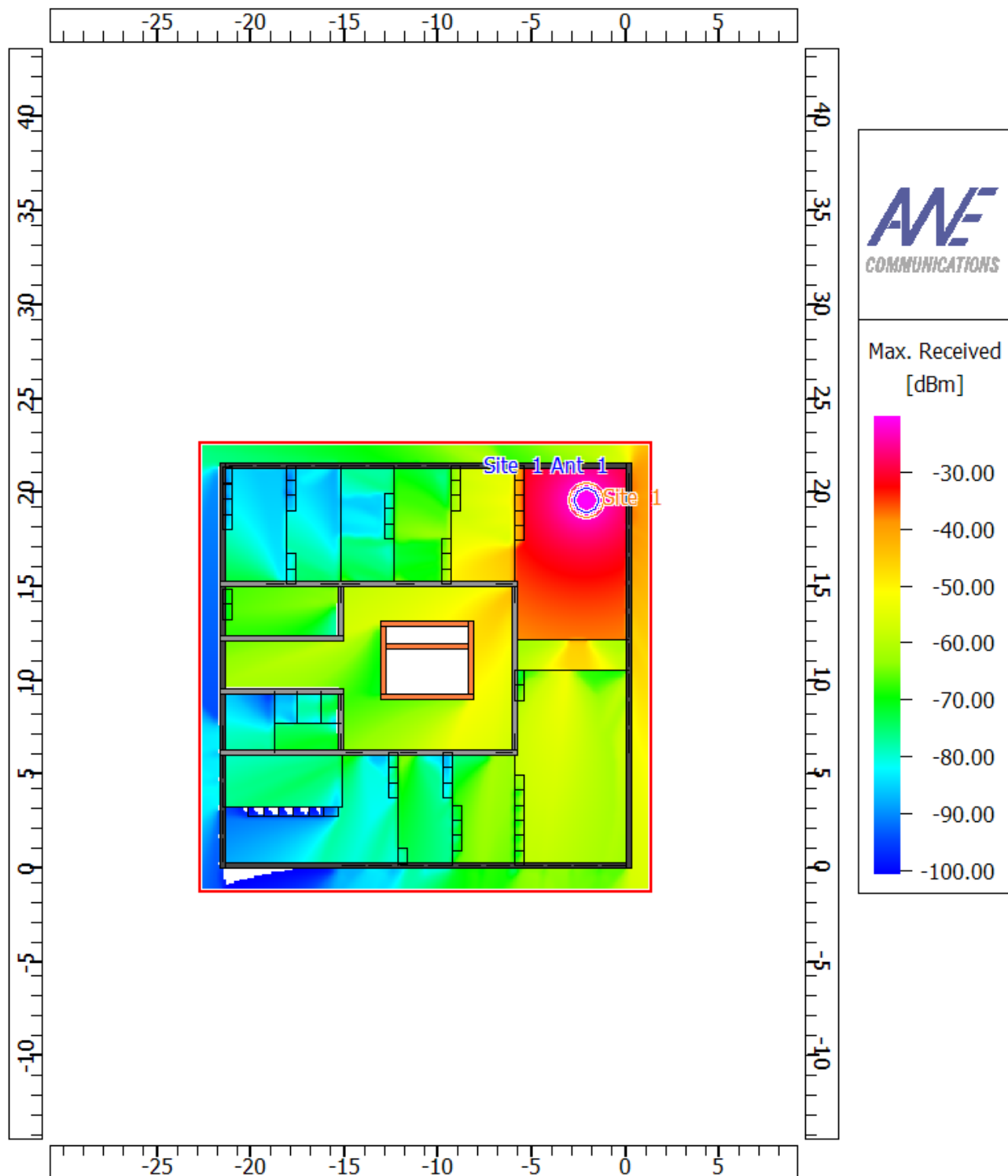
5 Wyniki symulacji

5.1 Mapki rozkładów mocy

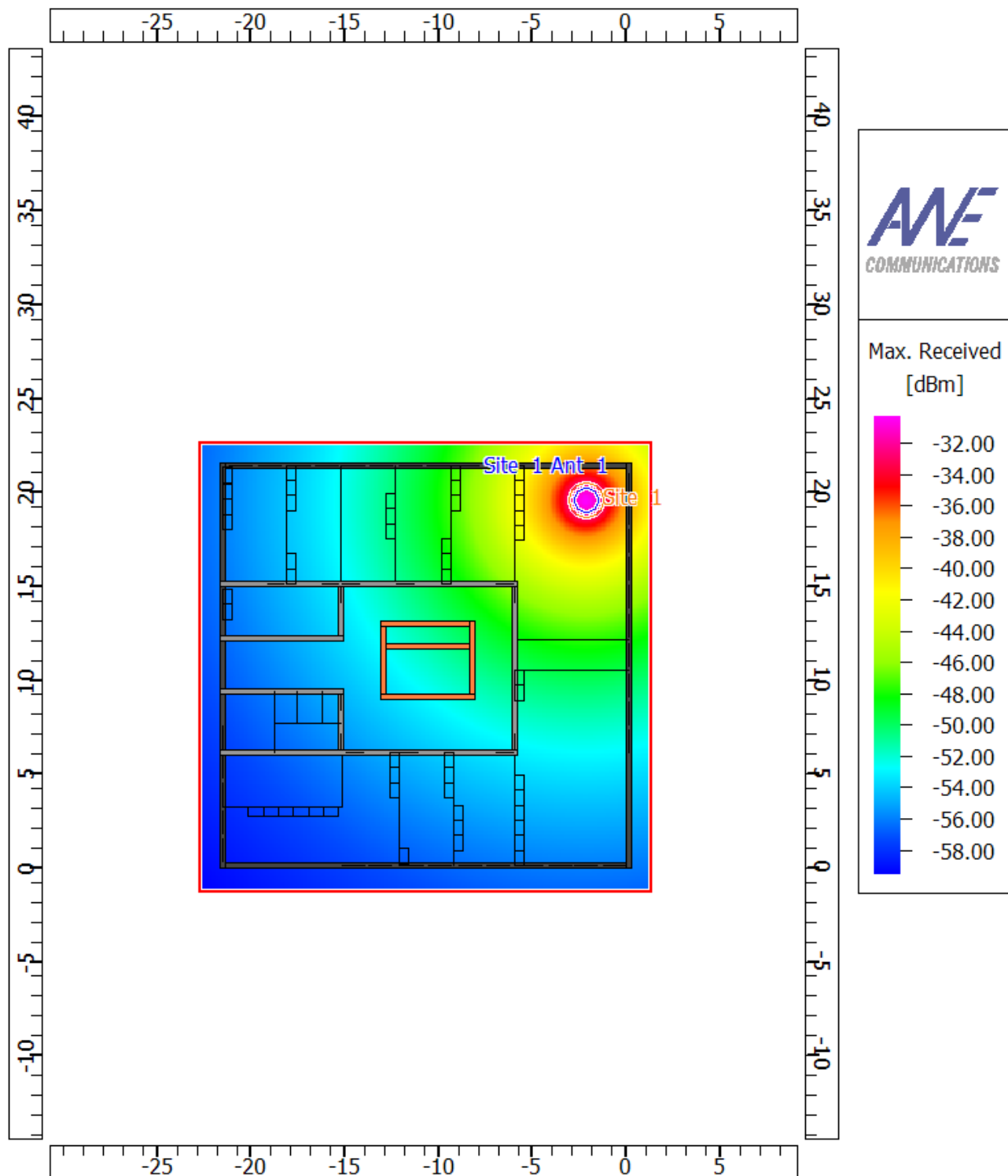
Rysunek 1: Rozkład mocy - Multi-Wall Model



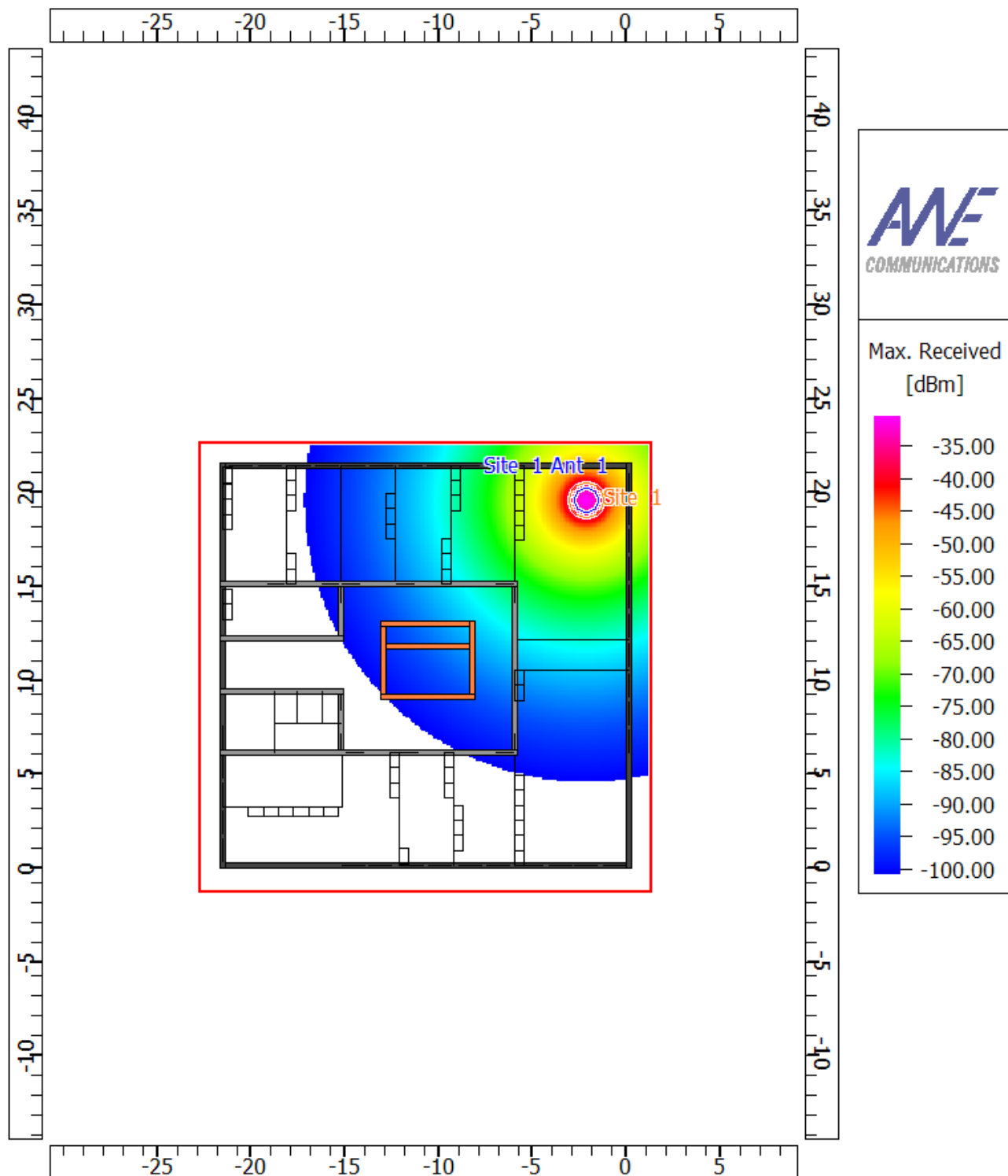
Rysunek 2: Rozkład mocy - Dominant-Path Model



Rysunek 3: Rozkład mocy - One-Slope Model ze współczynnikiem $n = 2$

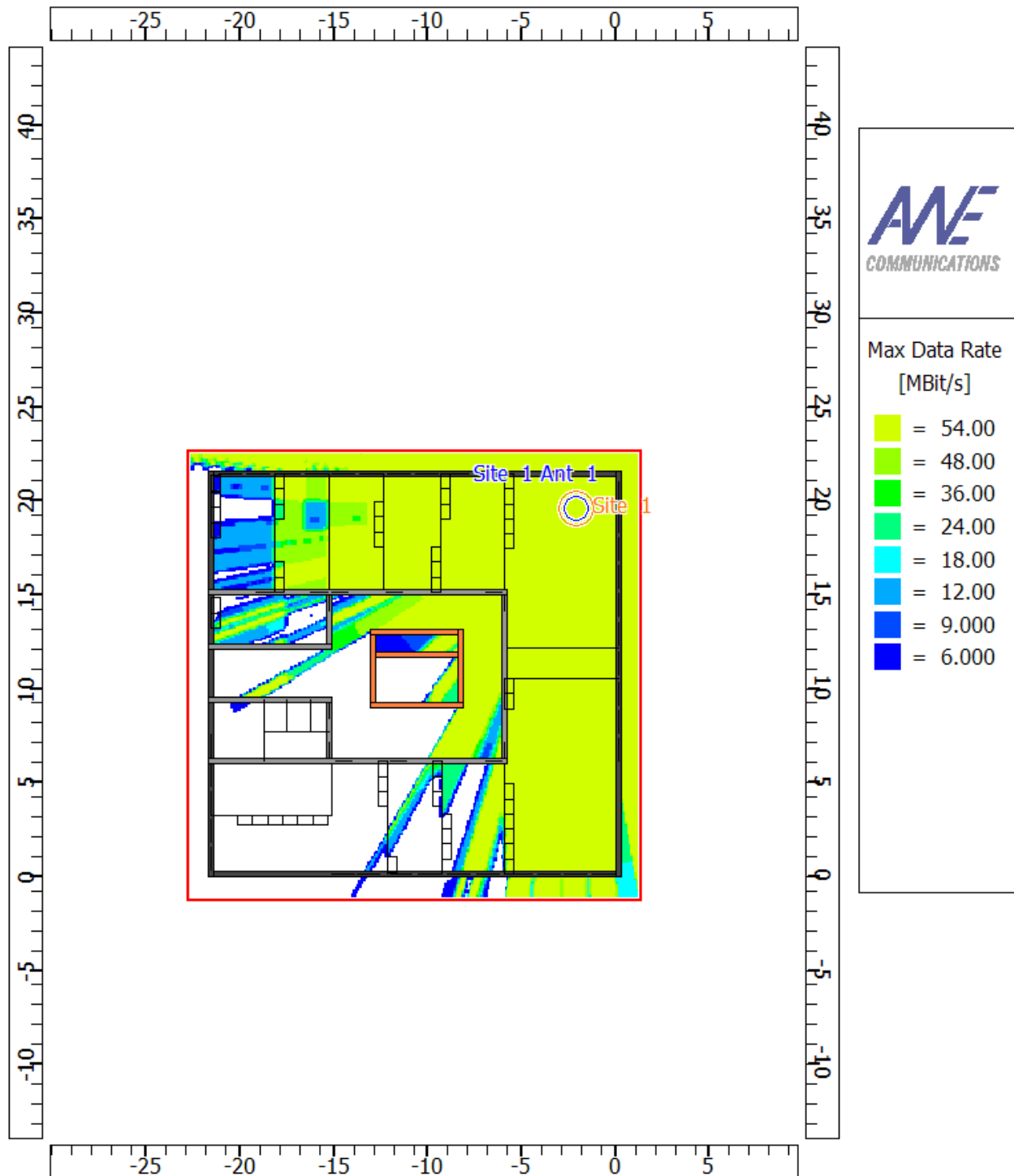


Rysunek 4: Rozkład mocy - One-Slope Model ze współczynnikiem $n = 6$

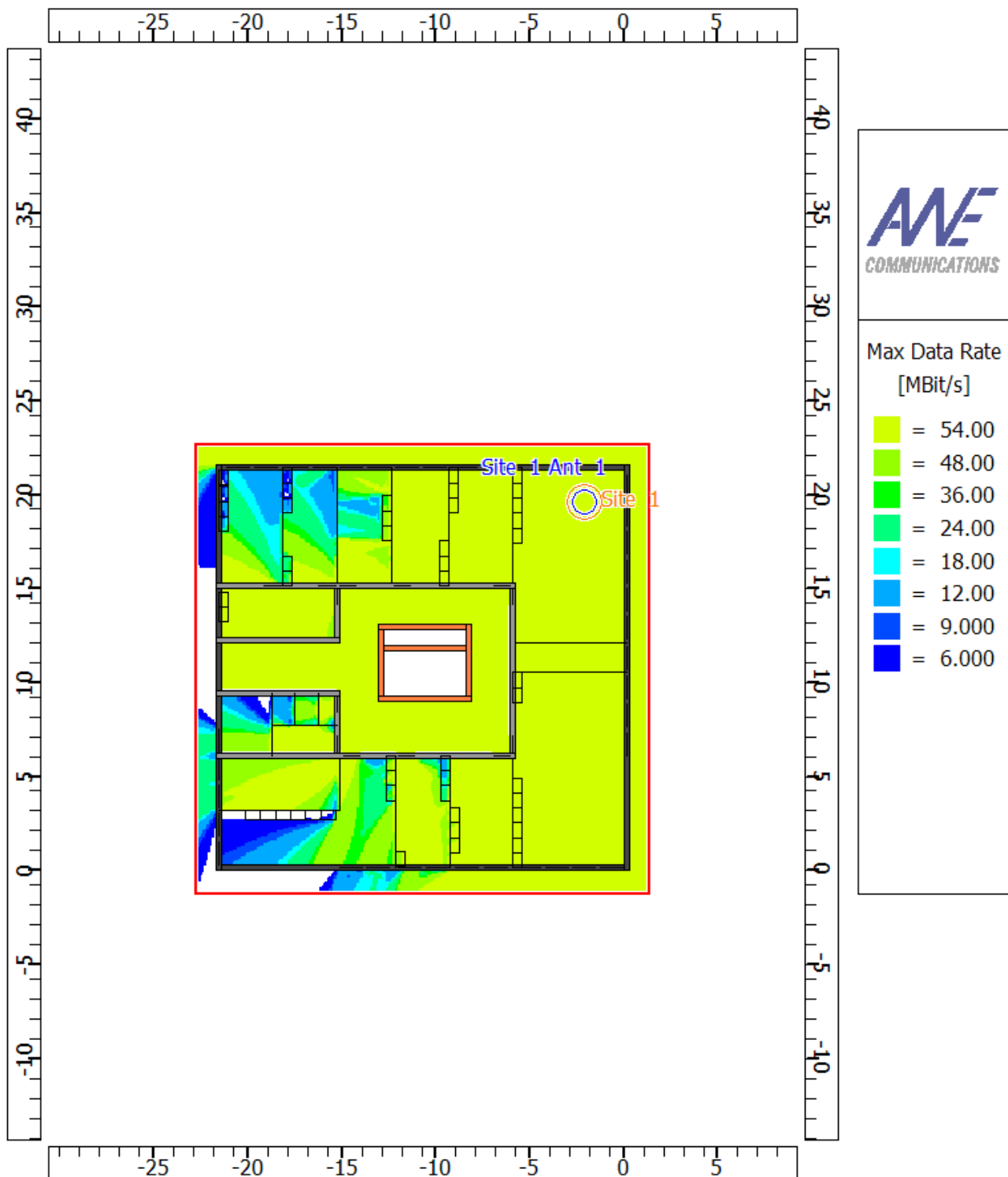


5.2 Mapki szybkości transmisji

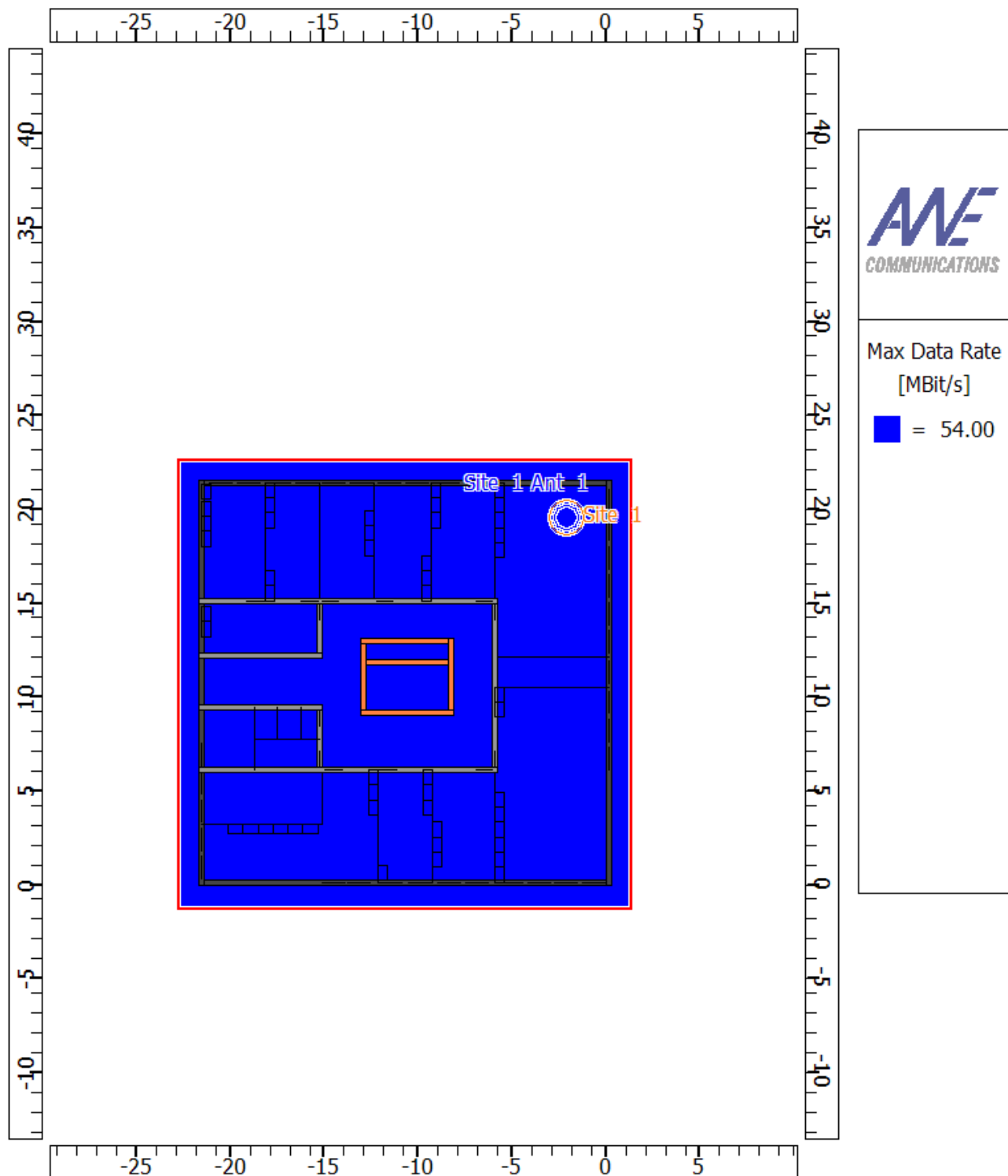
Rysunek 5: Szybkość transmisji - Multi-Wall Model



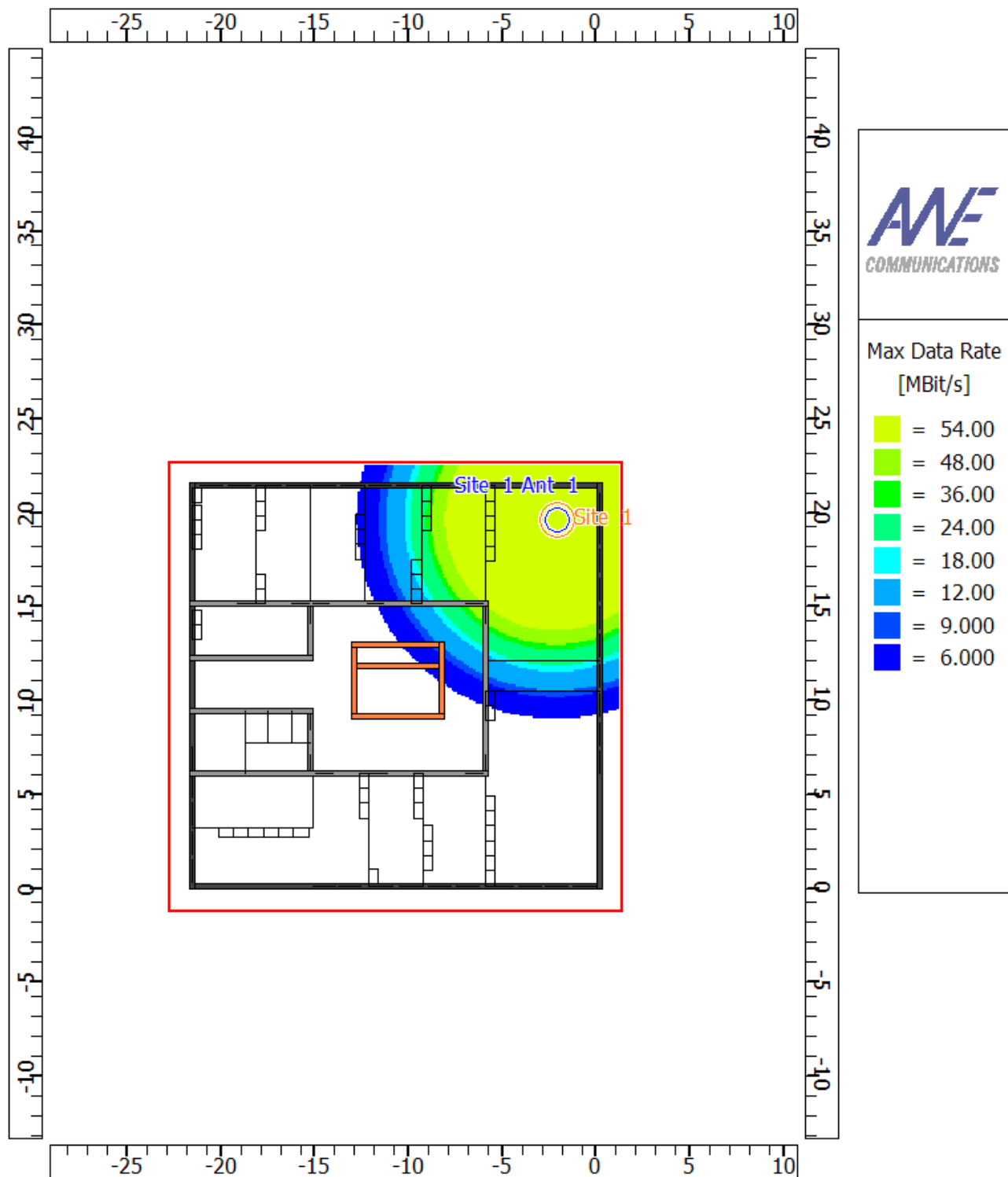
Rysunek 6: Szybkość transmisji - Dominant-Path Model



Rysunek 7: Szybkość transmisji - One-Slope Model ze współczynnikiem $n = 2$

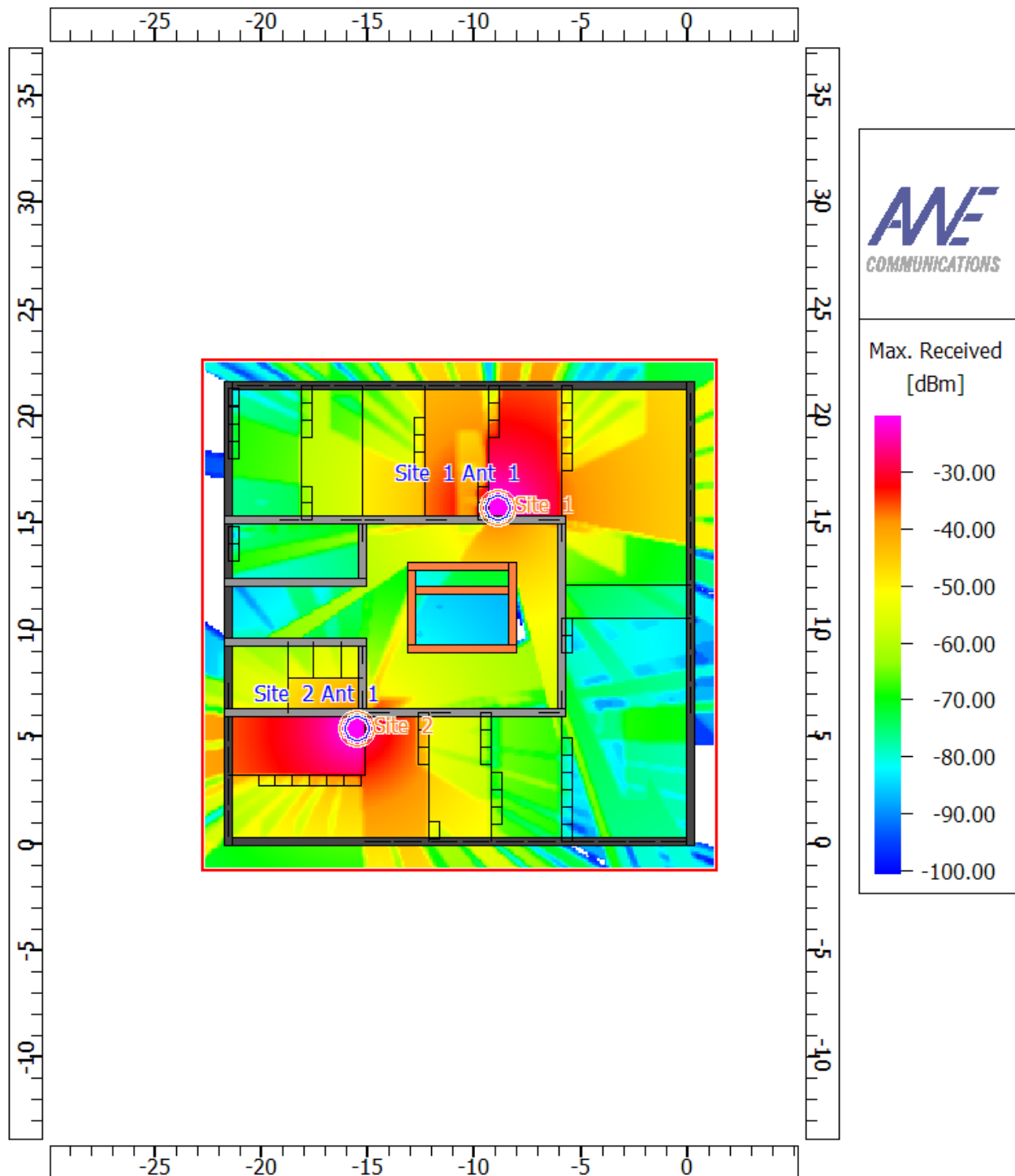


Rysunek 8: Szybkość transmisji - One-Slope Model ze współczynnikiem $n = 6$

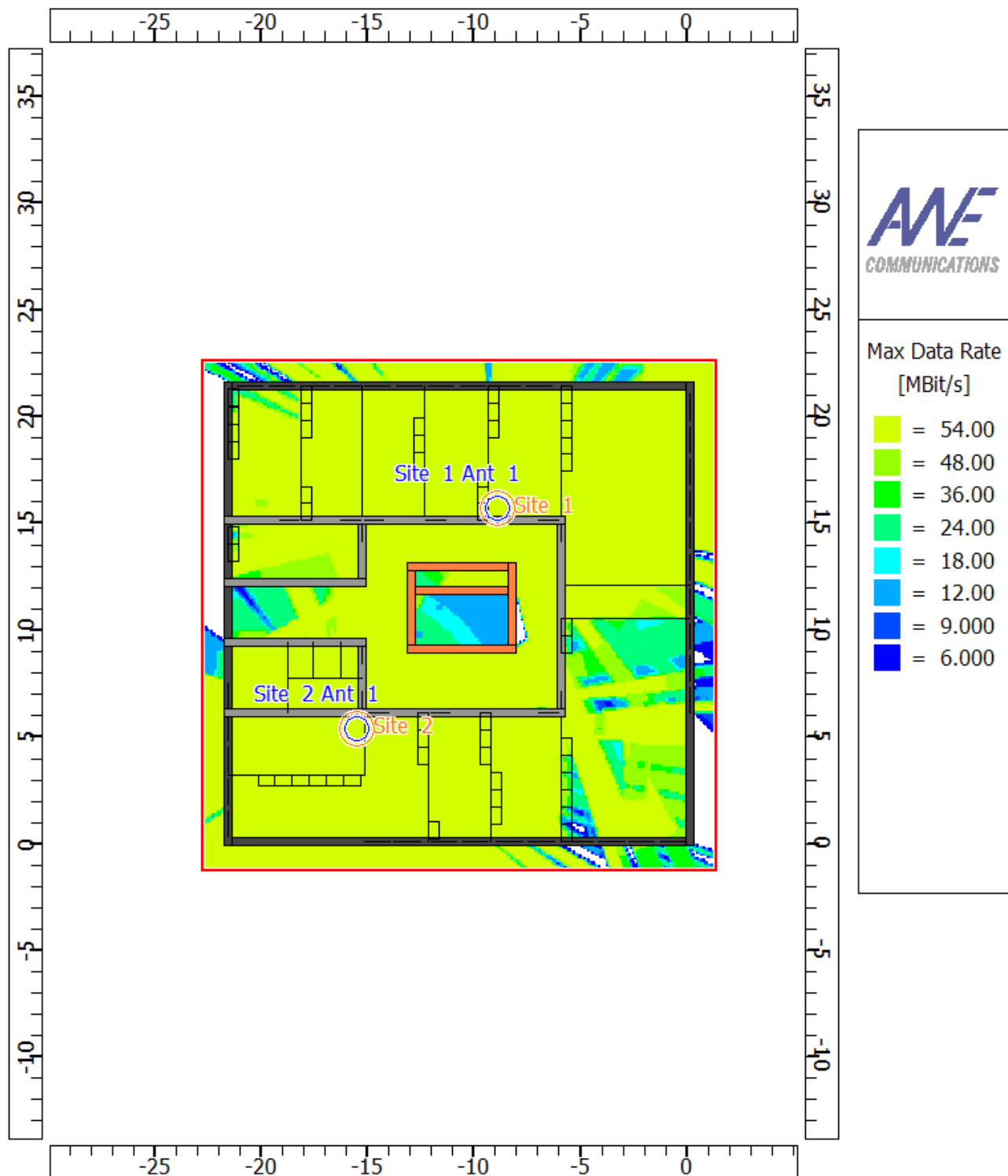


5.3 Mapki rozkładów mocy oraz szybkości transmisji dla dwóch nadajników pracujących na częstotliwościach odległych o 12 kanałów

Rysunek 9: Rozkład mocy - Multi-Wall Model

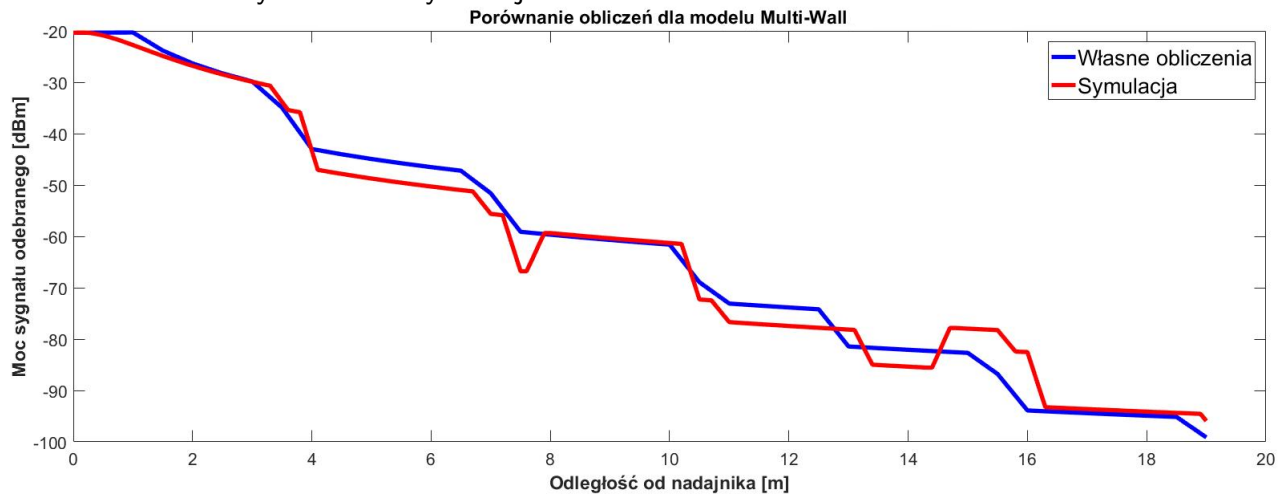


Rysunek 10: Szybkość transmisji - Multi-Wall Model

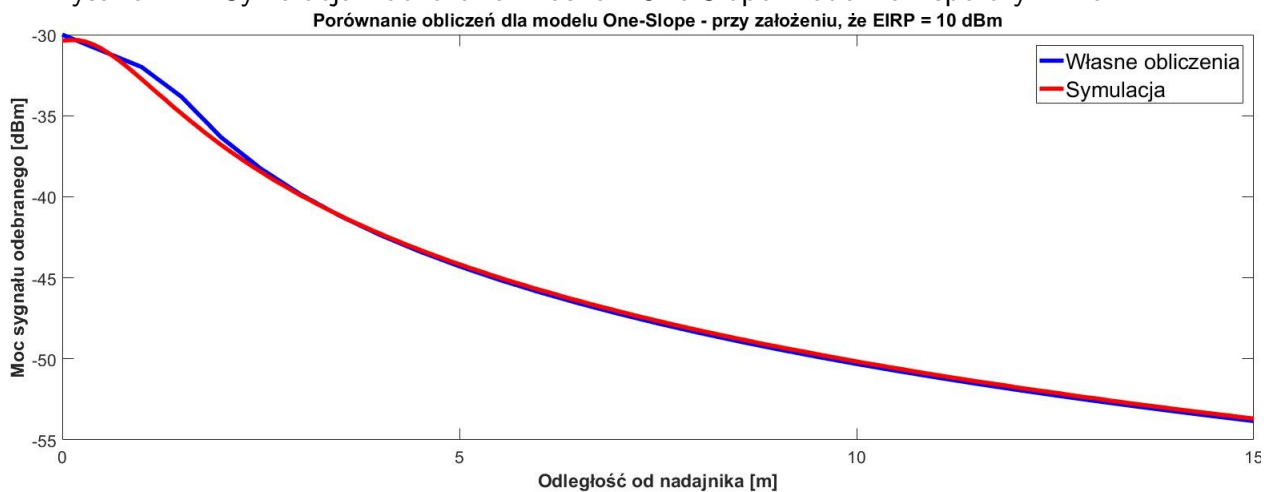


6 Zestawienie wyniku symulacji z obliczeniami własnymi

Rysunek 11: Symulacja i obliczenia własne - Multi-Wall Model



Rysunek 12: Symulacja i obliczenia własne - One-Slope Model ze współczynnikiem $n = 2$



7 Wnioski

Porównując modele DPM, MWM oraz OSM zauważamy znaczne różnice przede wszystkim w obszarze za silnie tłumiącą windą.

DPM dzięki analizie odbić potrafi określić rozkład pola także za windą, co czyni go najdokładniejszym z analizowanych modeli. Takie podejście najlepiej przybliża zachowanie się fali EM w rzeczywistym środowisku propagacyjnym. W tym modelu największą przeszkodę stanowią ściany otaczające windę, w której poziom odbieranego sygnału spada poniżej -100 dBm, co w przypadku większości odbiorników jest zbyt mało, aby wykryć sygnał.

MWM analizuje jedynie prostą łączącą każdy punkt mapy z nadajnikiem, co powoduje, że punkty za zbrojoną ścianą, która otacza windę, nie otrzymują sygnału na poziomie, który umożliwiłby prowadzenie transmisji.

W trakcie wykonywania ręcznych obliczeń dla modelu One-Slope okazało się, że po awarii programu najprawdopodobniej została ustawiona zła wartość EIRP dla nadajnika. Można to zauważyć, ponieważ dla każdego punktu na rysunku 13, krzywa przedstawiająca wynik symulacji jest obniżona o 10 dBm, co odpowiada ustawieniu $EIRP = 10 \text{ dBm}$, czyli 10 dBm mniej niż zakładany poziom.

OSM jest modelem, który w ogóle nie uwzględnia wnętrza budynku, tj. ścian, przeszkód w postaci mebli, etc. Nie jest on modelem miarodajnym przy dokładnych obliczeniach, a pozwala jedynie na pewne szacowanie tłumienia w otoczeniu nadajnika. Prawdopodobnie lepiej sprawdziłby się w dużych pomieszczeniach, jak np. hale produkcyjne, jednak w testowanym modelu budynku jest on zbyt mało dokładny. Jednocześnie porównując model OSM z pozostałymi dwoma (uwzględniając, że ustawiono złe EIRP), można zauważyć, że przyjmując $n = 2$ otrzymano wyniki zbyt pesymistyczne względem DPM oraz MWM - w bliskim otoczeniu i zbyt optymistyczne w porównaniu do MWM - dla dalszych obszarów. Przy $n = 6$ wyniki są zbyt pesymistyczne w porównaniu zarówno z DPM, jak i MWM.

Dla dwóch punktów dostępowych, wykorzystując MWM do przeprowadzenia symulacji, uzyskano około 90% pokrycia terenu szybkością transferu 54 MBit/s i blisko 100% pokrycia terenu z szybkością transferu $\geq 18 \text{ MBit/s}$, co było pożądane w tym ćwiczeniu, a także pozwala na komfortową, dla użytkownika systemu, transmisję danych. Większość terenu pokryta jest mocą $\geq -70 \text{ dBm}$.

8 Literatura

1. Łukasz Jasiński, „Analiza i porównanie modeli propagacyjnych dla środowiska wewnątrzbudynkowego”, Wrocław, 2011
2. Gerd Wölfle, René Wahl, Pascal Wildbolz, Friedrich Landstorfer, „Dominant Path Prediction Model for Indoor Scenarios”, GeMiC, 2005