

# Symulacja sieci mobilnej LTE (2600MHz) sieci NetWorks! na terenie miasta Łomża (woj. Podlaskie)

Bartosz Siwik "Merituum"

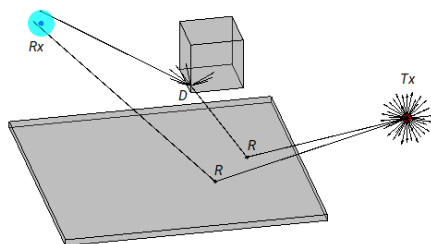
Grudzień 2024

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Mechanizmy symulacji</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Wyniki symulacji</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Podsumowanie</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>13</b>

# 1 Wstep

W tym repozytorium znajduje się symulacja sieci mobilnej LTE na terenie miasta Łomża. Jest to miasto o populacji około 60 tys. osób. Infrastruktura sieci mobilnej w tym mieście jest na bardzo dobrym poziomie. Nie występują praktycznie żadne braki zasięgu, bardzo rzadko występuje sklejanie komórek, oraz przepływność sieci również jest na odpowiednim poziomie. Symulacja została przeprowadzona za pomocą Altair Feko. Firma Altair Engineering jest liderem w branży produktów do symulacji zjawisk fizycznych. W swoim portfolio mają także oprogramowania m.in do symulacji mechaniki płynów. W tym repozytorium wykonano Feko Wallman - czyli program do obliczania Ray Tracingu[1], oraz Feko ProMan, który został wykorzystany do symulacji warstwy sieciowej.



Rysunek 1: Grafika przedstawiająca działanie Ray Tracingu



Rysunek 2: Mapa wektorowa Łomży

## 2 Mechanizmy symulacji

Jak wspomniano we wstępie, do wykonania tego projektu wykorzystano narzędzia Wallman i ProMan. Do programu Wallman została wprowadzona mapa obszaru, na którym przeprowadzona została symulacja [2]. Mapa ta została pobrana z serwerów Open Street Map wykorzystując do tego rozwiązanie Open Source'owe BBBlike. Poprzez obliczenie Ray Tracingu wyznaczono odbicia od obiektów znajdujących się na terenie całego miasta, dzięki czemu możliwe było obliczenie propagacji fali elektromagnetycznej. Zostało to zapisane jako mapa preprocesingowa.

Mapa ta została wprowadzona do oprogramowania Feko ProMan. Tam rozpoczęło się projektowanie sieci. Do tego wykorzystano gotowy plik ze standardem sieciowym dla LTE 2600MHz o szerokości 15MHz. Dzięki temu zaoszczędzono czas na ręczne ustawianie szerokości kanałów, częstotliwości i innych parametrów związanych z warstwą fizyczną sieci. Wprowadzone zostały również

CQI	Modulation	Coding Rate	Efficiency	ICACT SNR Estimate
1	QPSK	78/1024	0.1523	-6.3
2	QPSK	193/1024	0.3770	-2.6
3	QPSK	449/1024	0.8770	1.2
4	16QAM	378/1024	1.4766	5.1
5	16QAM	490/1024	1.9141	6.9
6	16QAM	616/1024	2.4063	8.8
7	64QAM	466/1024	2.7305	10.8
8	64QAM	567/1024	3.3223	12.7
9	64QAM	666/1024	3.9023	14.6
10	64QAM	772/1024	4.5234	16.3
11	64QAM	873/1024	5.1152	18.2
12	256QAM	711/1024	5.5547	20.2
13	256QAM	797/1024	6.2266	21.9
14	256QAM	885/1024	6.9141	23.8
15	256QAM	948/1024	7.4063	25.8

Rysunek 3: Grafika przedstawiająca kodowanie modulacji QAM dla LTE



Rysunek 4: Grafika przedstawia lokalizacje fizyczne nadajników NetWorks! na terenie miasta Lomża

MCS (Modulation Coderate Schemes), jednak z jakiegoś powodu Altair Enginnering nie aktualizuje tych danych, przez co konieczne było wprowadzenie ich ręcznie zgodnie z tabelą na grafice poniżej [3]. Następnie rozpoczęło się umiejscawianie nadajników na mapie w programie zgodnie z ich fizyczną lokalizacją. Fizyczne lokalizacje zostały pobrane z serwisu BTSearch [4]. Wiedząc gdzie mają być położone nadajniki, rozpoczął się kolejny krok wprowadzania danych do programu - ustawienie fizycznych azymutów anten i ich kątów pochylenia oraz mocy z jakimi nadają. Moce nadawania anten zostały ustawione na 40dBm (EIRP), a ich azymuty oraz kąty pochylenia zostały uzyskane z serwisu rządowego Si2pem.gov [5]. Podczas wprowadzania danych zaniedbano kąty połowy mocy. Antena, którą została użyta do symulacji to Kathrein741984 [6]. Wszystkie nadajniki ustawiono też na tryb nadawania MIMO2x2.

Lp.	Identyfikator stacji w UKE	Typ Producent anteny	Azymut	H	EIRP	Pasmo	Tilt	Tilt w trakcie pomiarów
			[°]	[m]	[W]	[MHz]	[°]	[°]
1	586	ATR4518R13v06 Huawei	30	26,00	8568*	800 2100 1800	6,0 - 6,0 4,0 - 4,0 4,0 - 4,0	6,0 4,0 4,0
2		ATR4518R13v06 Huawei	30	26,00	9927*	2600 900	6,0 - 6,0 2,0 - 2,0	6,0 2,0
3		ATR4518R13v06 Huawei	140	26,00	9972*	800 2100 1800	2,0 - 2,0 4,0 - 4,0 4,0 - 4,0	2,0 4,0 4,0
4		ATR4518R13v06 Huawei	140	26,00	9927*	2600 900	2,0 - 2,0 2,0 - 2,0	2,0 2,0
5		ATR4518R13v06 Huawei	260	26,00	9927*	2600 900	2,0 - 2,0 2,0 - 2,0	2,0 2,0
6		ATR4518R13v06 Huawei	260	26,00	8568*	800 2100 1800	2,0 - 2,0 4,0 - 4,0 4,0 - 4,0	2,0 4,0 4,0

\* moc EIRP łączna dla wszystkich częstotliwości anteny

Rysunek 5: Grafika przedstawiająca konfigurację nadajników dla przykładowej stacji

### 3 Wyniki symulacji

Po wprowadzeniu danych do programu nastąpiła symulacja. Wyniki są następujące: Throughput [7], wartości SINR [8], wartości RSRP [9], wartości RSRQ [10], i podział na komórki [11]

**Multi-band Panel  
Dual Polarization  
Half-power Beam Width**

1710–2170

X

88°

**KATHREIN**  
Antennen · Electronic

**XPoI Panel 1710–2170 88° 11.5dBi**

Type no.	741984v01			clamps included
Frequency range	1710–2170			
	1710 – 1880 MHz	1850 – 1990 MHz	1920 – 2170 MHz	
Polarization	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°	
Gain	2 X 11.3 dBi	2 X 11.5 dBi	2 X 11.6 dBi	
<b>Horizontal Pattern:</b>				
Half-power beam width	86°	87°	88°	
Front-to-back ratio (180° ± 30°)	copolar: > 23 dB total power: > 23 dB	copolar: > 23 dB total power: > 23 dB	copolar: > 23 dB total power: > 23 dB	
cross polar ratio				
main direction	Typically: 20 dB	Typically: 25 dB	Typically: 20 dB	
Sector	0°			
	±60°			
Tracking, Avg.		0.5 dB		
Squint		±3.0°		
<b>Vertical Pattern:</b>				
Half-power beam width	28°	26°	26°	
side-lobe suppression				
vertical sector ±45°	> 20 dB	> 20 dB	> 20 dB	
VSWR		< 1.4		
isolation, between ports		> 30 dB		
intermodulation IMA		< –150 dBc (2 X 43 dBm carrier)		
max. power per input		150 W (at 50 °C ambient temperature)		
input		2 X 7-16 female		
connector position		bottom or top		
wind load (at 150 km/h)		Frontal / lateral / rear side: 90 / 27 / 105 N		
Height/width/depth		342 / 155 / 69 mm		
Category of mounting hardware		L (Light)		
weight		2 kg / 2.2 kg (tension bands incl.)		
scope of supply		Panel and 1 unit of tension bands for 45 – 125 mm diameter		



082/0000010001

**XPoI Panel 1710–2170 88° 14dBi 0°–10°T**

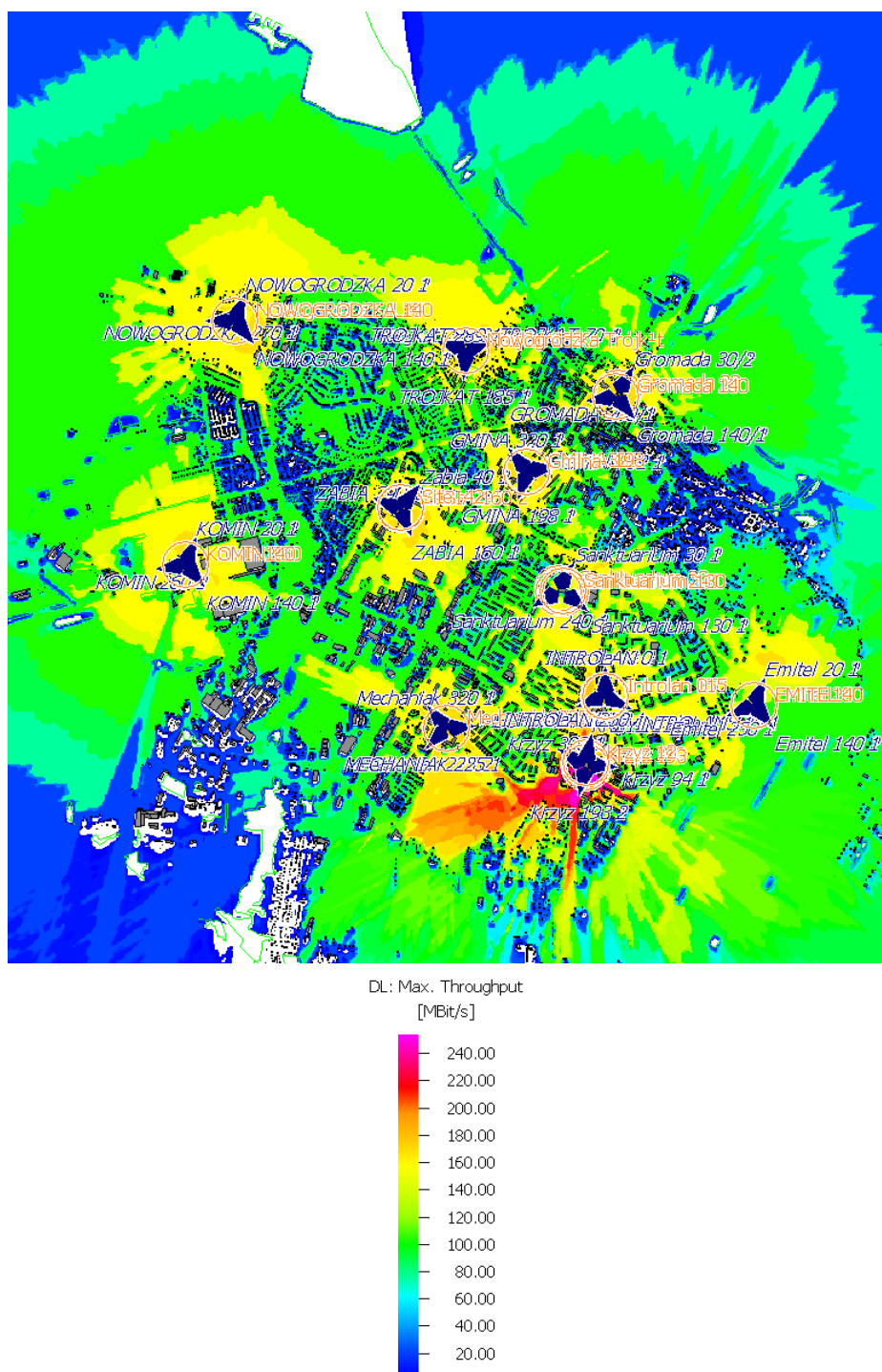
Type no.	741988v01			clamps included
Frequency range	1710–2170			
	1710 – 1880 MHz	1850 – 1990 MHz	1920 – 2170 MHz	
Polarization	+45°, –45°	+45°, –45°	+45°, –45°	
Gain	2 X 13.7 dBi	2 X 14 dBi	2 X 14.1 dBi	
<b>Horizontal Pattern:</b>				
Half-power beam width	88°	88°	88°	
Front-to-back ratio, copolar	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	
total power	> 25 dB	> 25 dB	> 25 dB	
cross polar ratio				
main direction	Typically: 20 dB	Typically: 20 dB	Typically: 20 dB	
Sector	0°			
	±60°			
Tracking, Avg.		0.5 dB		
Squint		±3.5°		
<b>Vertical Pattern:</b>				
Half-power beam width	14.7°	14°	13°	
Electrical tilt		0°–10°, continuously adjustable		
side-lobe suppression for first	0° ... 4° ... 8° ... 10° T	0° ... 4° ... 8° ... 10° T	0° ... 4° ... 8° ... 10° T	
side-lobe above main beam	18 ... 18 ... 18 ... 18 dB	18 ... 18 ... 18 ... 18 dB	18 ... 18 ... 18 ... 18 dB	
VSWR		< 1.5		
isolation, between ports		> 30 dB		
intermodulation IMA		< –150 dBc (2 X 43 dBm carrier)		
max. power per input		300 W (at 50 °C ambient temperature)		
input		2 X 7-16 female		
connector position		bottom		
Adjustment mechanism		1X, Position bottom continuously adjustable		
wind load (at 150 km/h)		Frontal / lateral / rear side: 175 / 65 / 200 N		
Height/width/depth		662 / 155 / 69 mm		
Category of mounting hardware		L (Light)		
weight		4.2 kg / 4.4 kg (tension bands incl.)		
scope of supply		Panel and 1 unit of tension bands for 45 – 125 mm diameter		



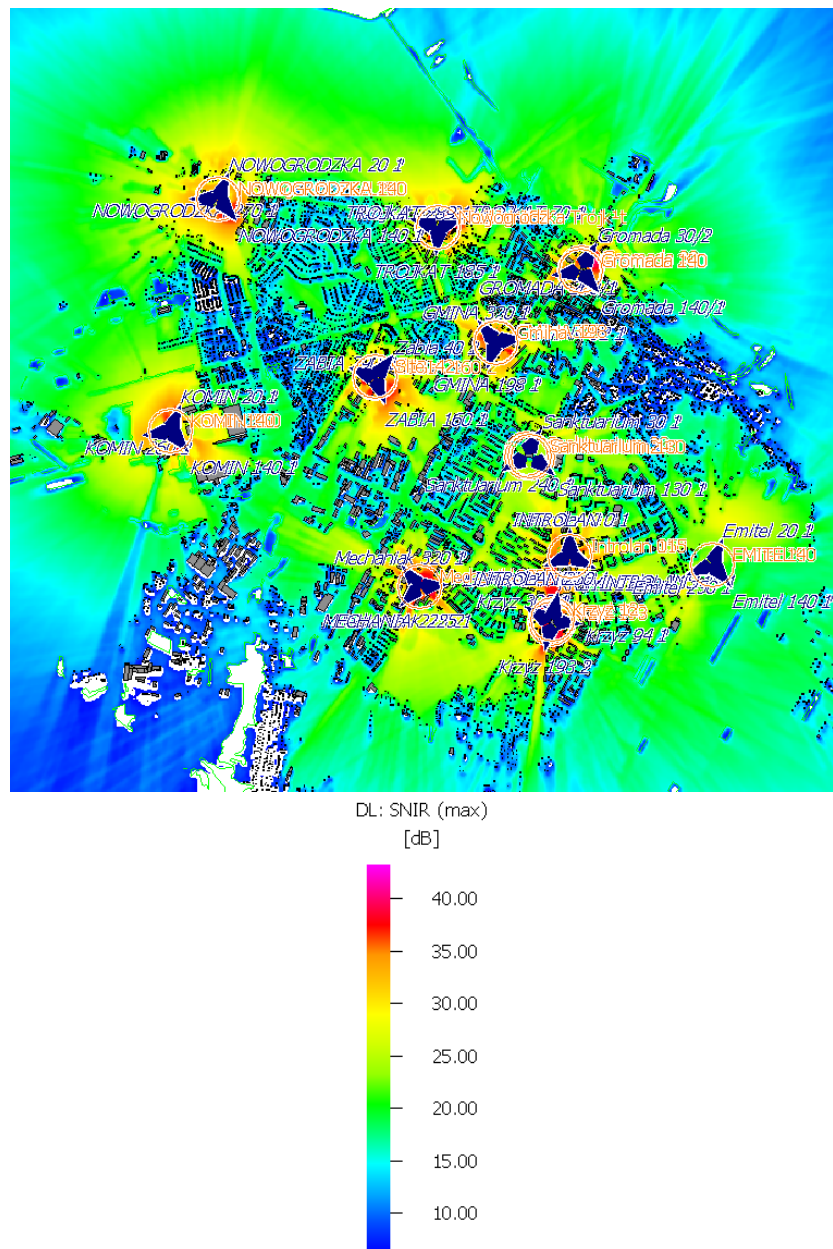
For more information about additional mounting accessories please refer to page 186

75

Rysunek 6: Nota katalogowa anteny Kathrein 741984

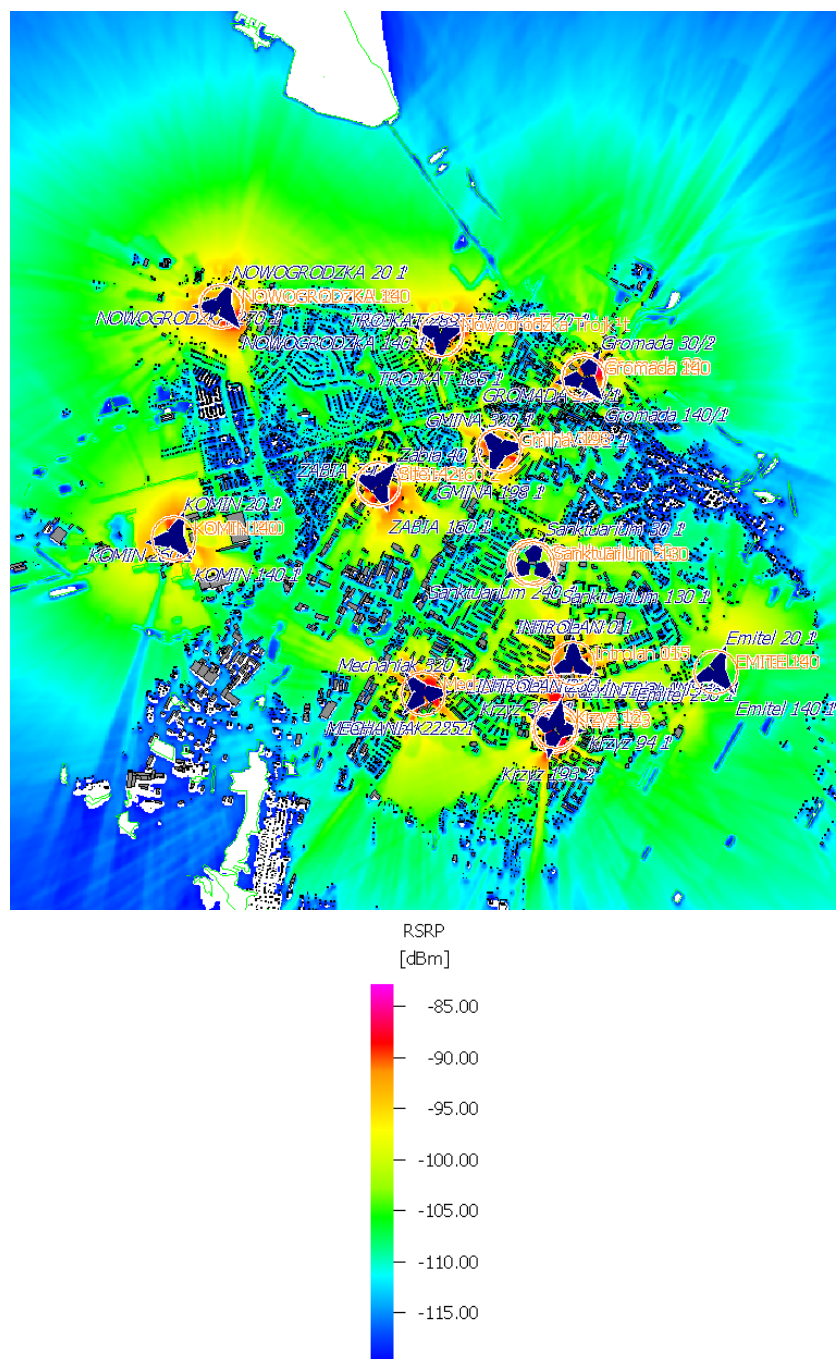


Rysunek 7: Heatmapa z wartościami przepływności w danym miejscu

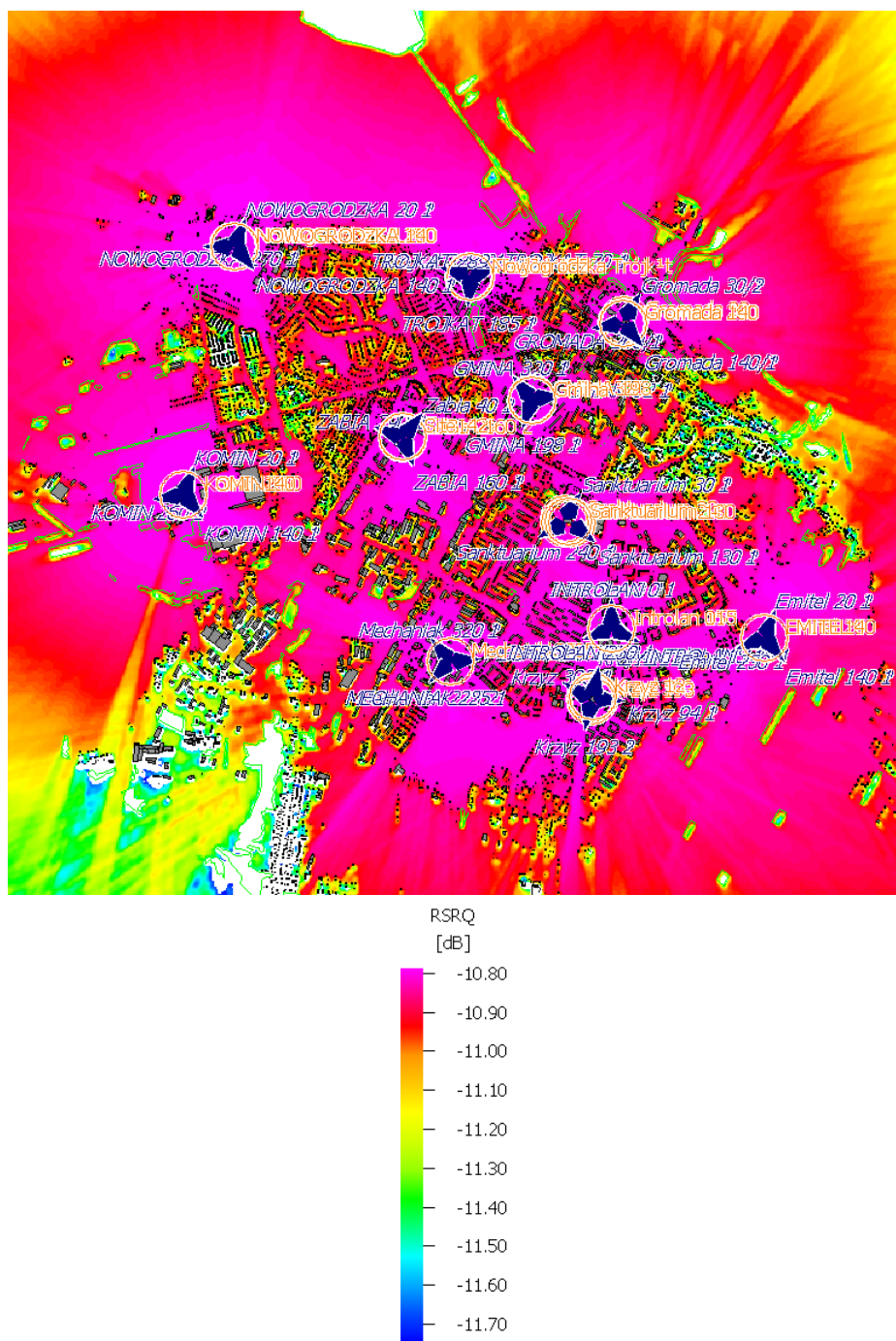


Rysunek 8: Wartości SINR uzyskiwane w danym miejscu

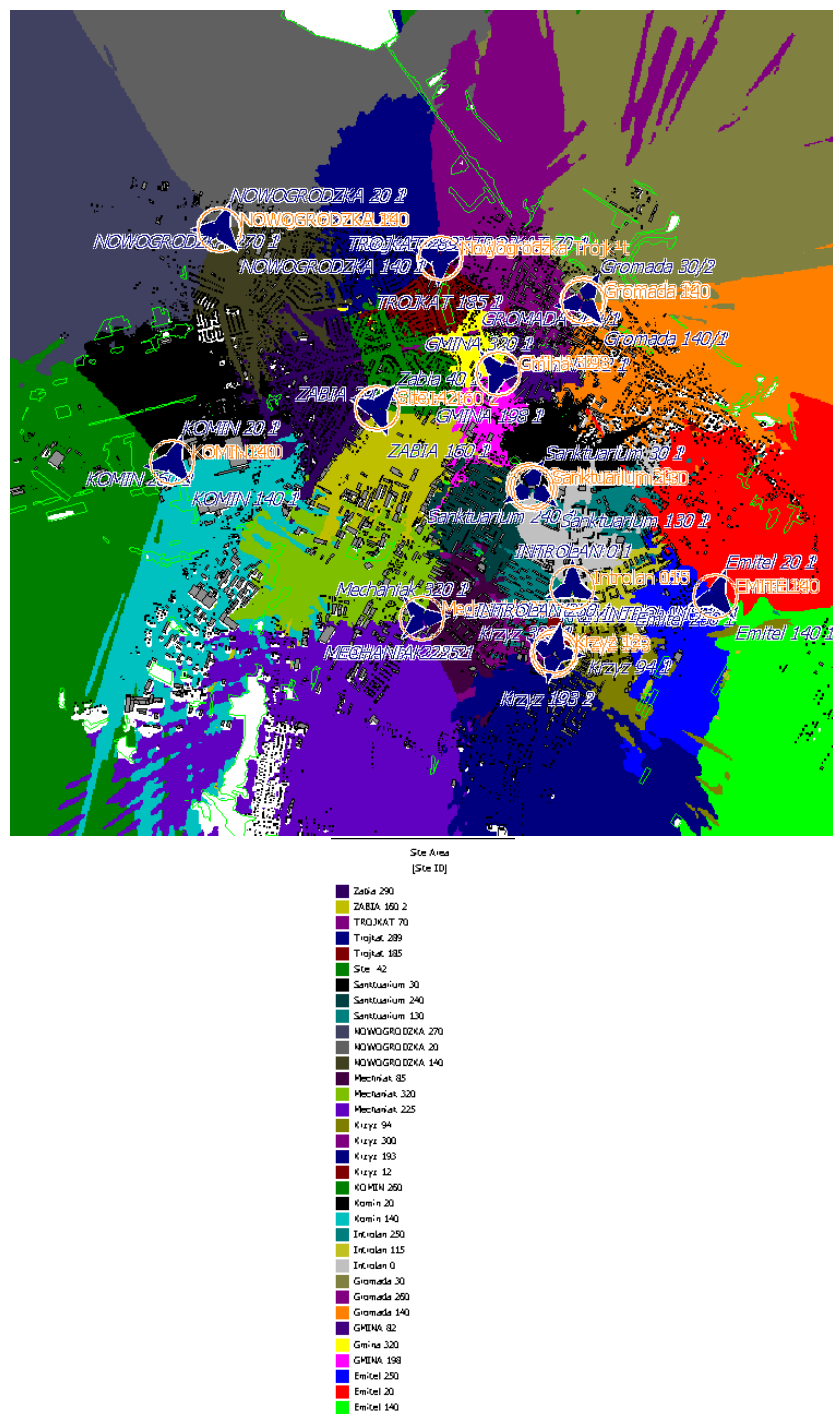




Rysunek 9: Wartości RSRP uzyskiwane w danym miejscu



Rysunek 10: Wartości RSRQ uzyskiwane w danym miejscu



Rysunek 11: Podział na komórki oraz ich colorcode

## 4 Podsumowanie

Przedstawiono wyniki symulacji teoretycznych wartości przepływu oraz mocy sygnału i innych parametrów sieci mobilnej. Wyniki te są jednak niedokładne, ponieważ nie biorą one pod uwagę obciążenia stacji oraz algorytmów do oszczędzania energii od operatorów, w dodatku UE (user equipment) nie będzie się zawsze łączył z nadajnikiem, z którym powinien się połączyć według symulacji, ponieważ wpływają na to inne czynniki takie jak obciążenie stacji, a także miejscowe zakłócenia, które zostały pominięte w trakcie przeprowadzania symulacji. Nie mniej jednak, Altair Feko jest potężnym narzędziem i gdyby uzyskać te brakujące dane, to wyniki byłyby z pewnością bardziej prawdopodobne.

## 5 Bibliografia

Dokumentacja Altair Feko  
<https://beta.btsearch.pl/>  
<https://si2pem.gov.pl/>