

Daniel Niewiadomski

**SI2PEM – System Informacyjny
o Instalacjach wytwarzających
Promieniowanie ElektroMagnetyczne**

**Moduł symulacji wypadkowego natężenia
pola elektromagnetycznego**

IV Konferencja

Pole elektromagnetyczne i przyszłość telekomunikacji

Badania. Monitoring.

Doświadczenia krajowe i zagraniczne

4 grudnia 2019 r., Warszawa

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności



System Informacyjny o Instalacjach wytwarzających Promieniowanie ElektroMagnetyczne

Realizowany w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa na lata 2014-2020,
Oś Priorytetowa nr 2 "E-administracja i otwarty rząd",
Umowa nr POPC.02.01.00-00-0098/18-00 z dnia 12.03.2019 r.

Cel projektu:

- gromadzenie dostępnych wyników pomiarów PEM wraz z informacjami nt. lokalizacji i parametrów stosowanych urządzeń,
- symulacja rozkładów natężenia pól elektromagnetycznych na terenie całego kraju, umożliwiając określenie natężenia PEM w dowolnym, punkcie terenu z metrową dokładnością.

Korzyści:

- wsparcie procesu projektowania nowych i modyfikowania istniejących sieci radiokomunikacyjnych,
- zapewnienie dostępu do jednoznacznych, kompletnych i spójnych danych o instalacjach wytwarzających PEM,
- zapewnienie skutecznego monitorowania PEM,
- poprawa dostępu do informacji sektora publicznego, operatorów i społeczeństwa.

Odbiorcy:

- przedsiębiorcy telekomunikacyjni prowadzący instalacje radiokomunikacyjne wytwarzające PEM,
- obywatele,
- administracja,
- naukowcy.

Modelowanie pola

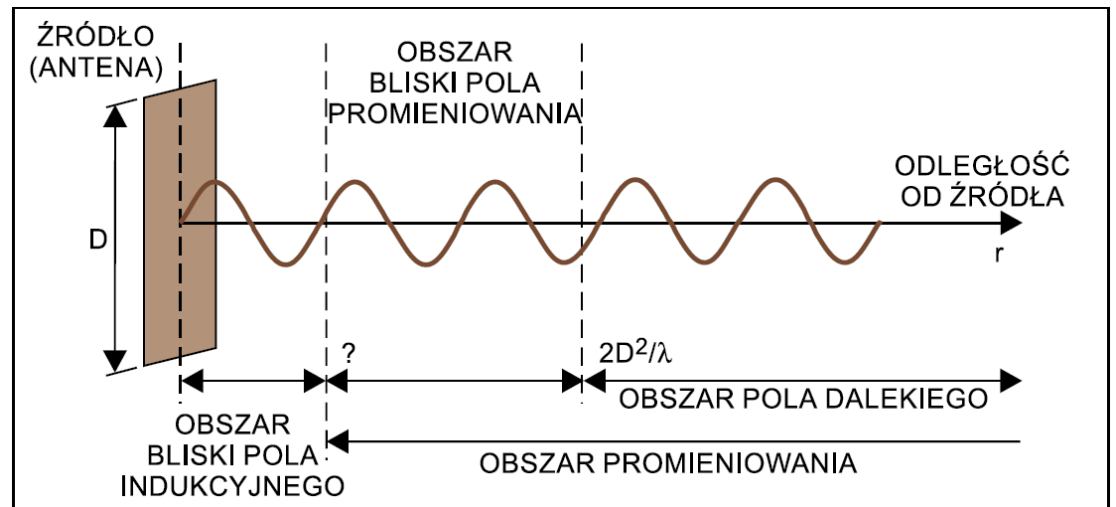
Szacowanie natężenia pola PEM na podstawie:

↳ Zalecenie ITU-T K.70 01/2018 "Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations"

↳ normy PN-EN 62232:2018 "Wyznaczanie natężenia pola RF, gęstości mocy i SAR w otoczeniu radiokomunikacyjnych stacji bazowych dla oceny poziomu ekspozycji człowieka"

Pole elektromagnetyczne w zależności od właściwości i w związku z tym w analizach zostało podzielone na następujące obszary:

- Strefa **bliska** (obszar promieniowania)
 - model sferyczno-cylindryczny
- Strefa **daleka** – model promieniowania źródła punktowego, przestrzenne charakterystyki promieniowania



Źródło: Karwowski Andrzej, Czy promieniowanie stacji bazowej telefonii komórkowej stanowi zagrożenie, Przegląd Telekomunikacyjny, część 1-3, numery 2/2002, 3/2002, 4/2002

Modelowanie pola

W celu realizacji analiz rozkładów PEM wokół stacji konieczne jest przyjęcie domyślnych referencyjnych wartości częstotliwości (f_{sr}) oraz wymiarów fizycznych anten (D).

System	f_{sr} [MHz]	D [m]	Pole bliskie bieme, < d [m]	Pole dalekie > d [m]
GSM900	942,5	2,4	4,52	36,19
GSM1800	1842,5	1,5	3,45	27,64
UMTS900	947,5	2,4	4,54	36,38
UMTS2100	2140	1,2	2,57	20,54
LTE/5G700	773	2,6	4,35	34,84
LTE800	806	2,4	3,87	30,95
LTE1800	1842,5	1,5	3,45	27,64
LTE2100	2140	1,2	2,57	20,54
LTE2600	2655	0,8	1,42	11,33
5G3600	3600	0,6	1,08	8,64

f_{sr} – częstotliwość referencyjna dla danego systemu i pasma (downlink)

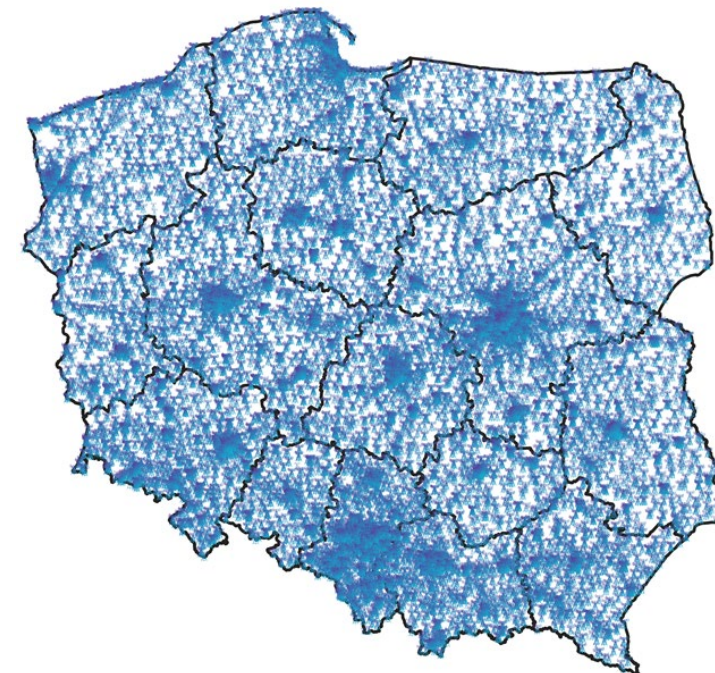
D – wymiar referencyjny anteny D dla danego systemu i pasma

Symulacje na terenie całego kraju:

- w wykazie pozwoleń radiowych publikowanym przez UKE (z dn. 25.10.2019) znajduje się ok. 190 tys. SBTK,
- wstępna liczba obszarów do analiz to ok. 312 tys. (uwzględniających wszystkie stacje nadawcze z obszaru 9 km),
- obliczenia dla całego kraju wykonane są jednorazowo,
- aktualizacja będzie odbywać się cyklicznie, obliczenia będą wykonywane tylko dla obszarów w których nastąpiła zmiana infrastruktury nadawczej (uruchomienie / modernizacja / usunięcie stacji nadawczej).

Symulacje wykonywane przez przedsiębiorców telekomunikacyjnych / administrację / naukowców: analizy będą zlecane online i realizowane niezwłocznie w ramach dostępnych zasobów obliczeniowych

Obliczenia modułu symulacji realizowana na układach GPU



Stacje bazowe
telefonii komórkowej w Polsce

Źródło danych o stacjach nadawczych :

- stan aktualny – dane stacji nadawczych dostarczane przez operatorów,
- nowe wpisy – stacje dodawane na podstawie zgłoszeń instalacji,
- dane do analiz planistycznych wprowadzane bezpośrednio przez podmioty.

Szczegółowe dane stacji bazowych (każdego sektora):

- współrzędne geograficzne stacji bazowej,
- wysokość posadowienia obiektu nadawczego oraz zawieszenia anteny nadawczej,
- azymut maksymalnego promieniowania w płaszczyźnie poziomej,
- kąt elewacji maksymalnego promieniowania w płaszczyźnie pionowej oraz pionowej,
- maksymalna moc promieniowana,
- pozioma oraz pionowa char. promieniowania (rozdzielczość 1°),
- rodzaj systemu,
- częstotliwość.

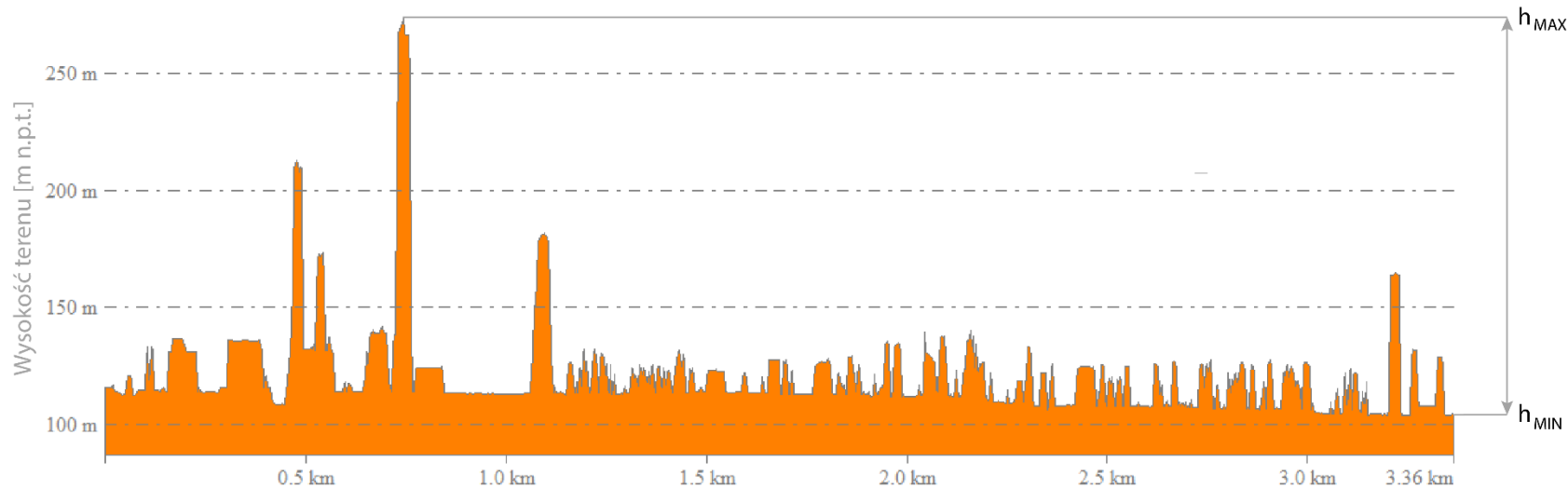


Obszar analizy

- Wyniki symulacji rozkładów pól elektromagnetycznych sumarycznie obejmują obszar całego kraju,
- obliczenia cząstkowe wykonywane dla obszarów o wymiarze 1 km × 1 km (około 312 tys. obszarów),
- obliczenia w obszarze 1 km × 1 km będą uwzględniały obiekty nadawcze pracujące także w obszarach sąsiednich (maksymalnie 8 sąsiednich obszarów).



Dane do analizy: zakres wysokości



Zakres wysokości analizy:

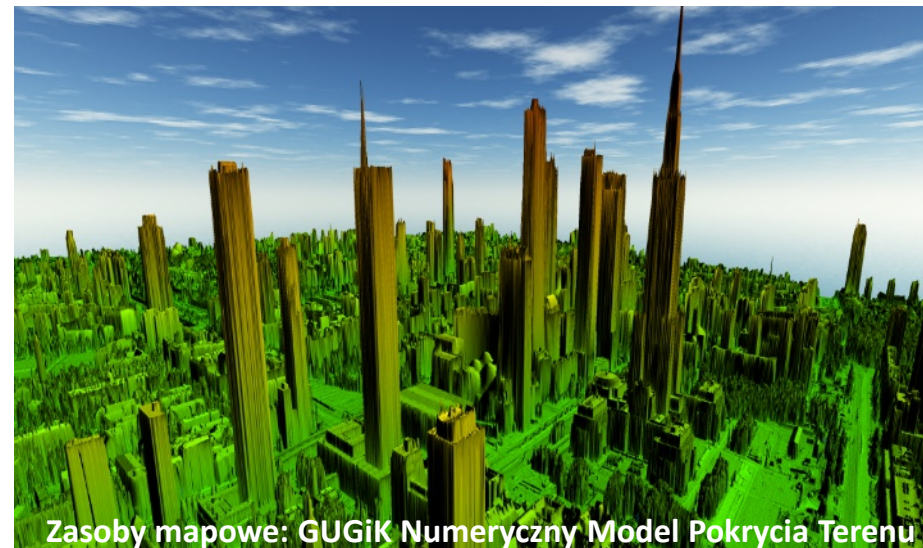
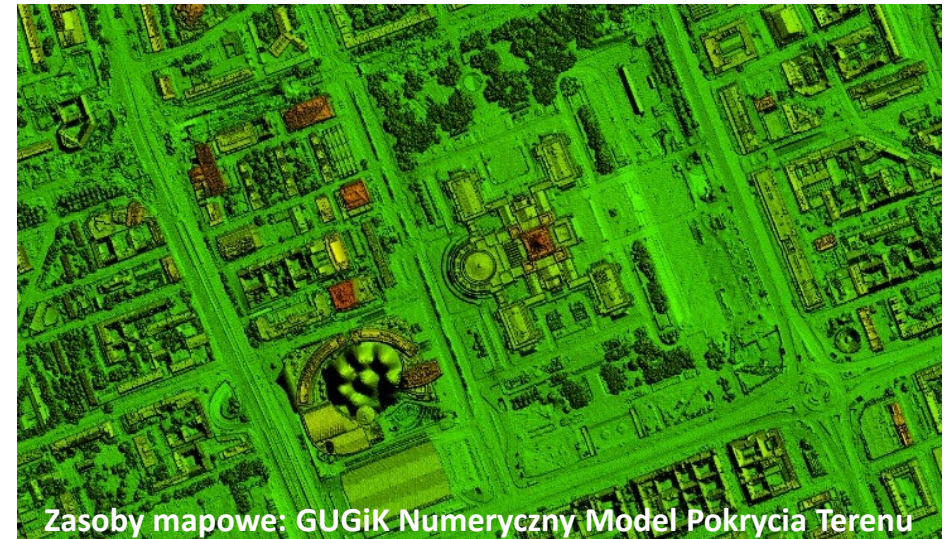
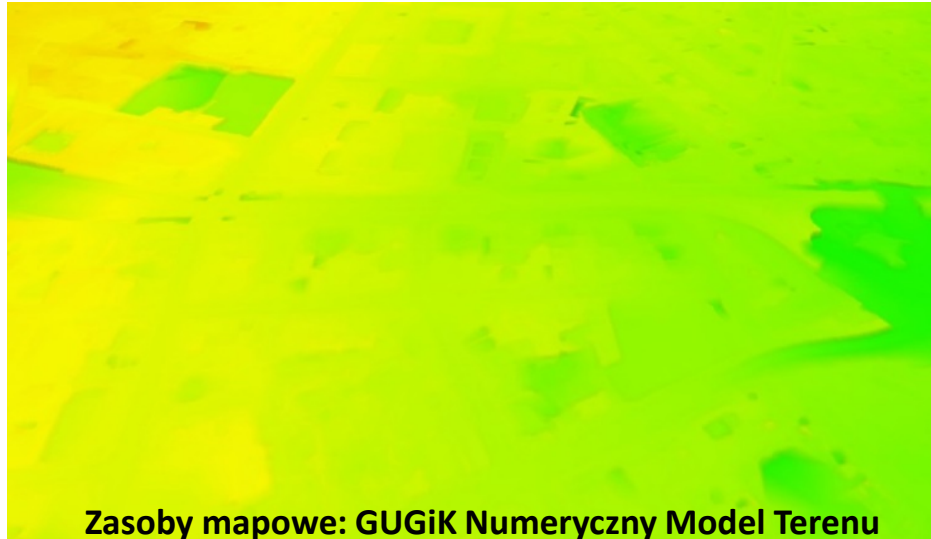
$$h_{max} - h_{min} + 2 \text{ m}$$

Zakres wysokości przyjęty do obliczeń rozkładu natężenia pola elektromagnetycznego:

h_{min} : minimalna wysokość terenu – najniższy punktu terenu w analizowanym obszarze (wartość wyznaczona z zasobów NMT)

h_{max} : maksymalna wysokość – najwyższy budynek lub najwyżej położony teren w analizowanym obszarze (wartość wyznaczona z zasobów NMPT)

Dane do analizy: zakres wysokości



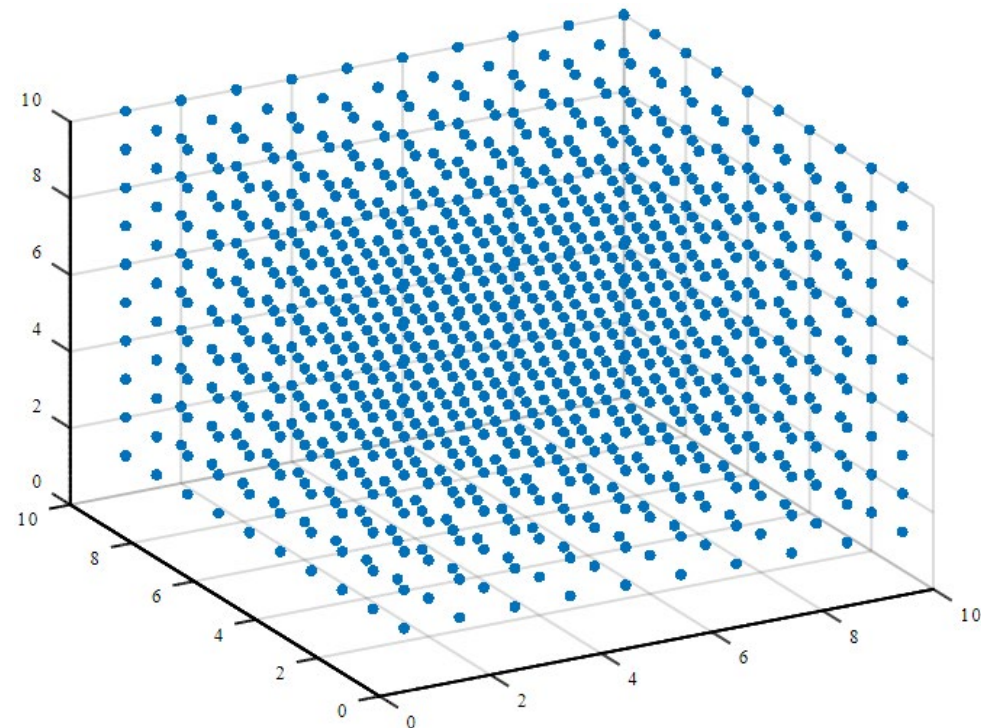
Przestrzenny rozkład natężenia pola elektromagnetycznego

Dwa formaty danych wyjściowych:

- przestrzenna siatka wypadkowego natężenie pola od wielu źródeł w punktach wyznaczonych zgodnie z zadaniem krokiem obliczeń
- warstwiczny rozkład przestrzenny ze zdefiniowaną wartością graniczną natężenia pola elektromagnetycznego



Warstwiczny rozkład przestrzenny ze zdefiniowaną wartością graniczną



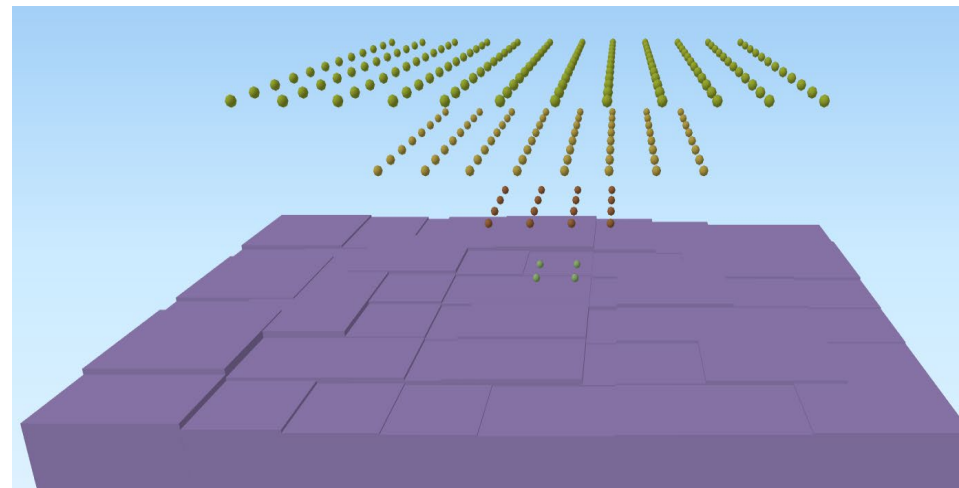
Przestrzenna siatka punktów

Odwzorowanie rozkładów natężenia pola w przestrzeni

Osadzenie przestrzenne otrzymanych rozkładów natężenia pola EM jest konieczne do prawidłowej interpretacji otrzymanych wyników oraz wizualizacji. Podczas odwzorowania wykonywane są operacje z wykorzystaniem map:

- zamodelowanie zabudowy oraz ukształtowania terenu,
- wyznaczenie obszarów dostępnych dla ludności (0,3-2 m n.p.t.),
- usunięcie punktów znajdujących się wewnątrz budynków,
- usunięcie punktów znajdujących się poniżej poziomu terenu.

Przykładowa wizualizacja punktów wypadkowego natężenia dla zadanego poziomu w obszarze dostępnym dla ludności (0,3-2 m n.p.t.)

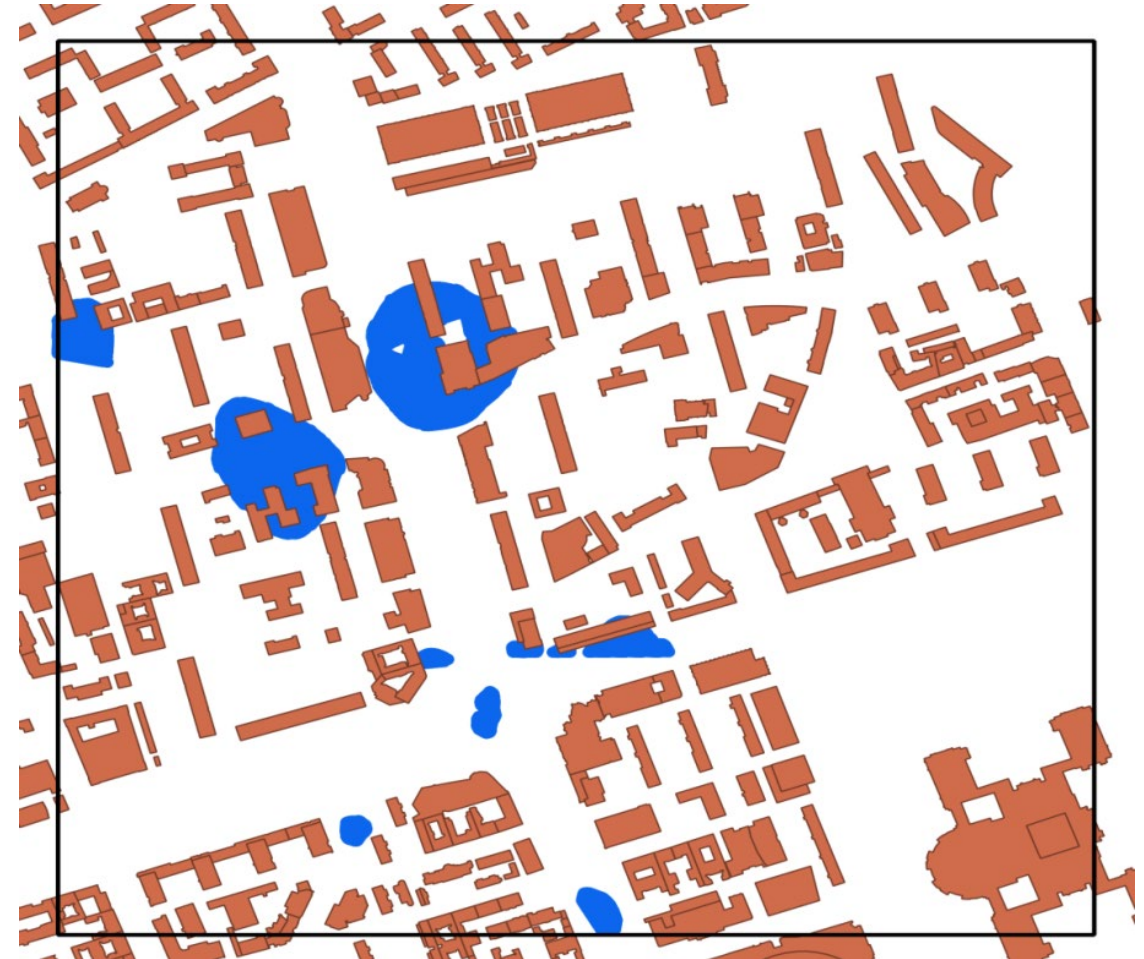


Eliminacja punktów znajdujących się wewnątrz budynków

Wizualizacja wyników – 2D

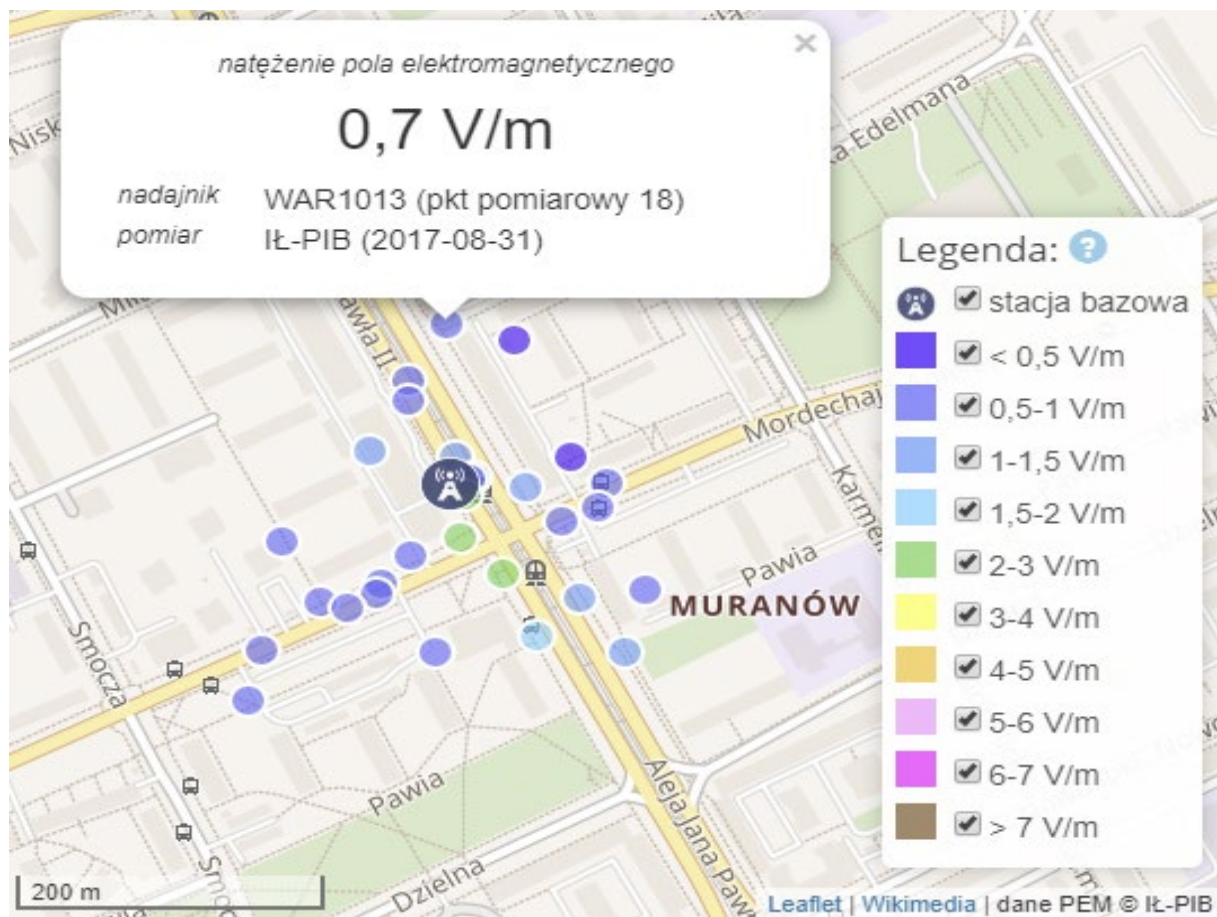
- Identyfikacja obszarów, w których występuje przekroczenie zadanego poziomu natężenia pola

Przykładowa wizualizacja natężenia pola dla punktów z zakresu wysokości 0,3-2 m n.p.t., w których wartość natężenia pola PEM jest równa lub wyższa zadanemu poziomowi.



Wizualizacja wyników – 2D

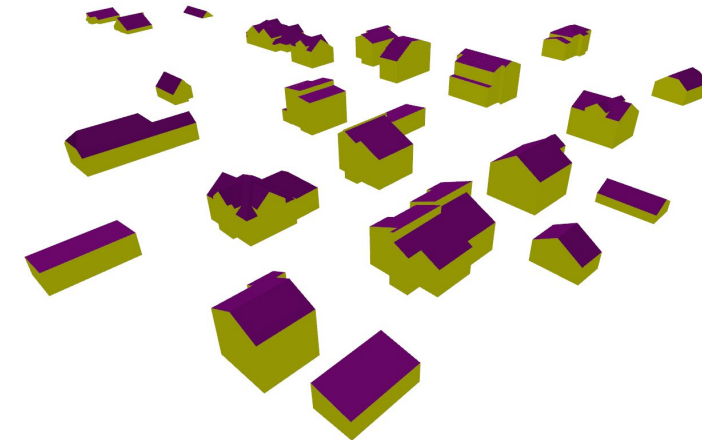
Odczyt wartości natężenia pola w dowolnym punkcie wskazanym na mapie na wysokości 0,3-2 m n.p.t.



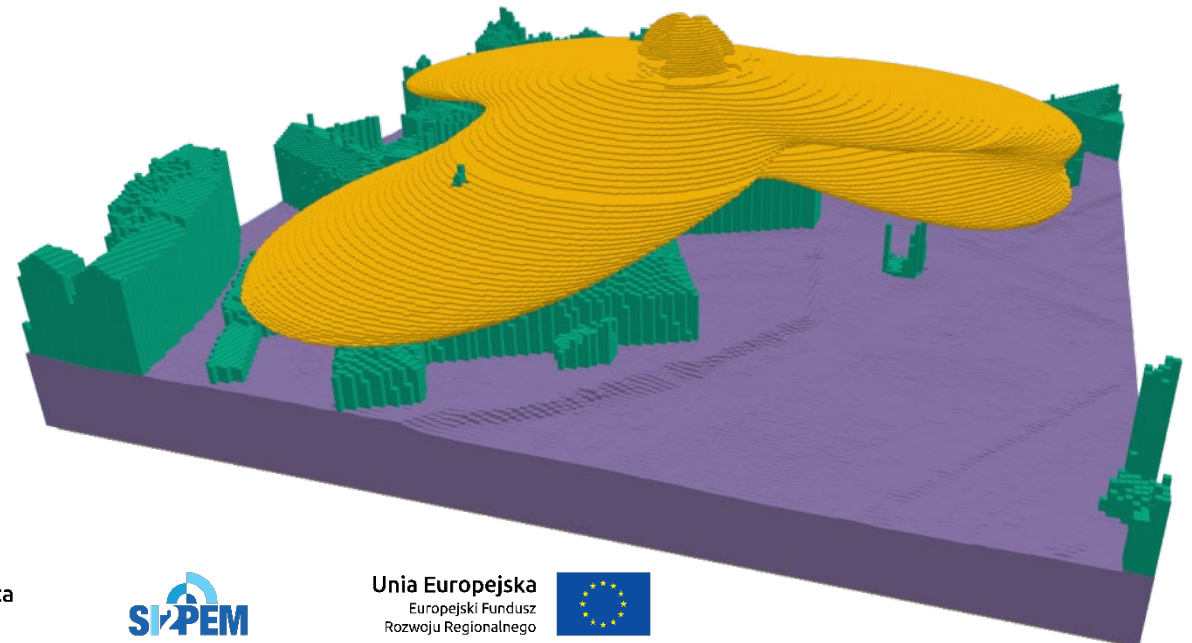
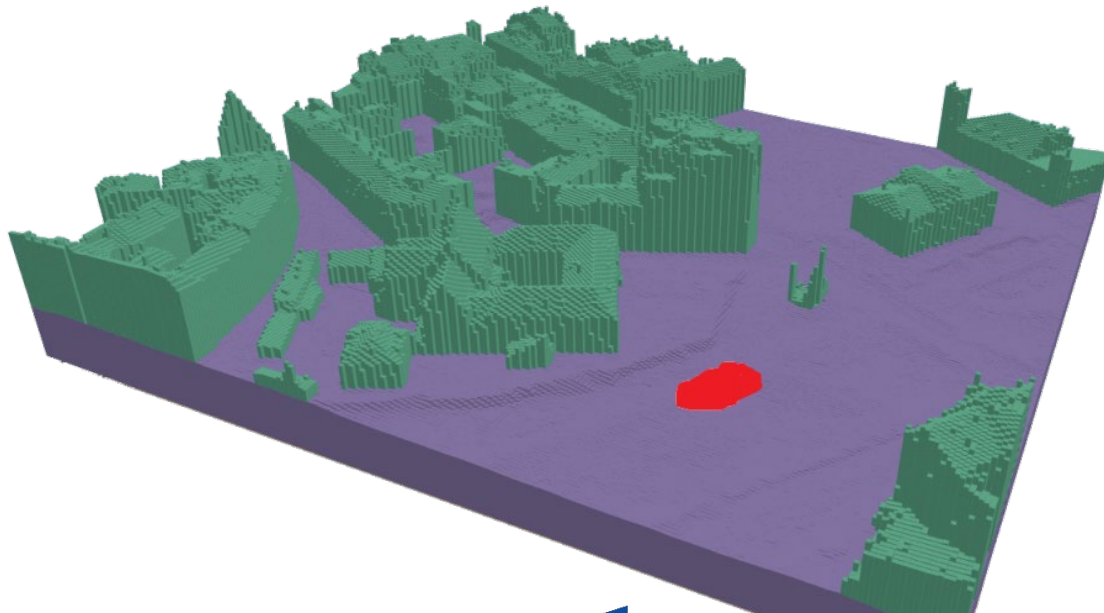
Przykładowa prezentacja punktów pomiarowych zlokalizowanych wokół jednej ze stacji bazowych.

Wizualizacja wyników – 3D

- Wizualizacja przestrzenna rozkładu natężenia pola elektromagnetycznego dla dowolnej wartości granicznej,
- odwzorowanie rozkładu natężenia pola w dowolnym środowisku z uwzględnieniem ukształtowania terenu oraz zabudowy,
- możliwość oceny miejsc dostępnych dla człowieka, w których może wystąpić przekroczenie obowiązujących wartości granicznych (w tym dachy, tarasy, balkony).



Wizualizacja zabudowy BDOT10K



Moduł symulacyjny SI2PEM pozwala na:

- weryfikację wypadkowego natężenia pola elektromagnetycznego pod kątem spełnienia wymagań ochrony obywatela / środowiska w dowolnym punkcie kraju z rozdzielczością 1 m, również na dachach i balkonach,
- ocenę możliwości uruchomienia nowych instalacji lub modyfikacji istniejących z uwzględnieniem istniejących emisji innych operatorów w najbliższym sąsiedztwie,

Moduł symulacyjny SI2PEM pozwala na:

- przyspieszenie procesu inwestycyjnego przedsiębiorców telekomunikacyjnych (na etapie predefiniowania architektury sieci poprzez symulację emisji PEM stacji bazowej w konfiguracji, która nie spowoduje przekroczenia wartości granicznych PEM),
- wyznaczenie wypadkowej wartości natężenia pola elektromagnetycznego w środowisku dla dowolnego poziomu.

W celu maksymalnego zbliżenia wyników symulacji do wyników pomiarów zostanie wykonana kalibracja modułu symulacyjnego na podstawie rzeczywistych danych pomiarowych gromadzonych w systemie SI2PEM z uwzględnieniem danych operatorów o obciążeniu stacji bazowych.

- ✓ Dziękuję za uwagę!
- ✓ Pytania?
- ✓ Kontakt:

Daniel Niewiadomski
e-mail: D.Niewiadomski@il-pib.pl

 @Instytut.Laczności  @IL_PIB

