

Wdrażanie sieci 5G a poziomy PEM

Dariusz Wypiór

Grudzień 2020 r.

PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
Instytut Łączności



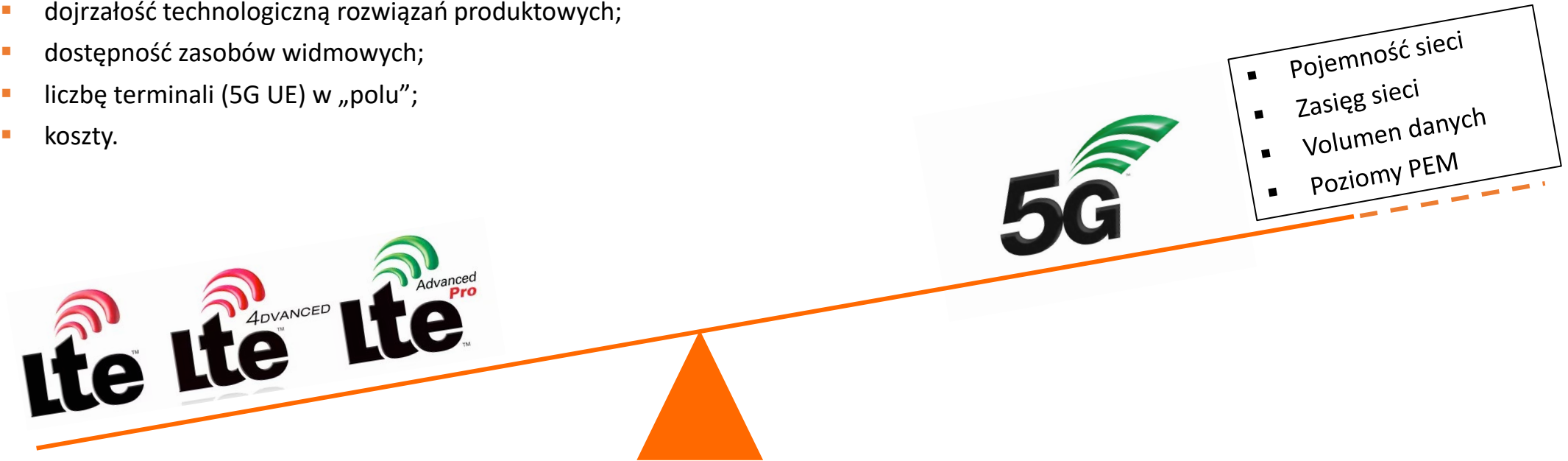
Materiał prezentowany w niniejszej prezentacji zawiera wyniki obliczeń poziomów pól elektrycznych (PEM) wyznaczonych za pomocą dedykowanych narzędzi opracowanych przez **zespół Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma Instytutu Łączności we Wrocławiu**, zrealizowanych w ramach prac nad komponentami systemu SI2PEM.

SI2PEM – System Informacyjny o Instalacjach wytwarzających Promieniowanie ElektroMagnetyczne realizowany jest w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa na lata 2014–2020.

5G stan obecny (PL)

Wdrażanie sieci 5G jest procesem ciągłym m.in. ze względu na:

- postęp prac standaryzacyjnych 3GPP;
- dojrzałość technologiczną rozwiązań produktowych;
- dostępność zasobów widmowych;
- liczbę terminali (5G UE) w „polu”;
- koszty.



3GPP Release 15

2019

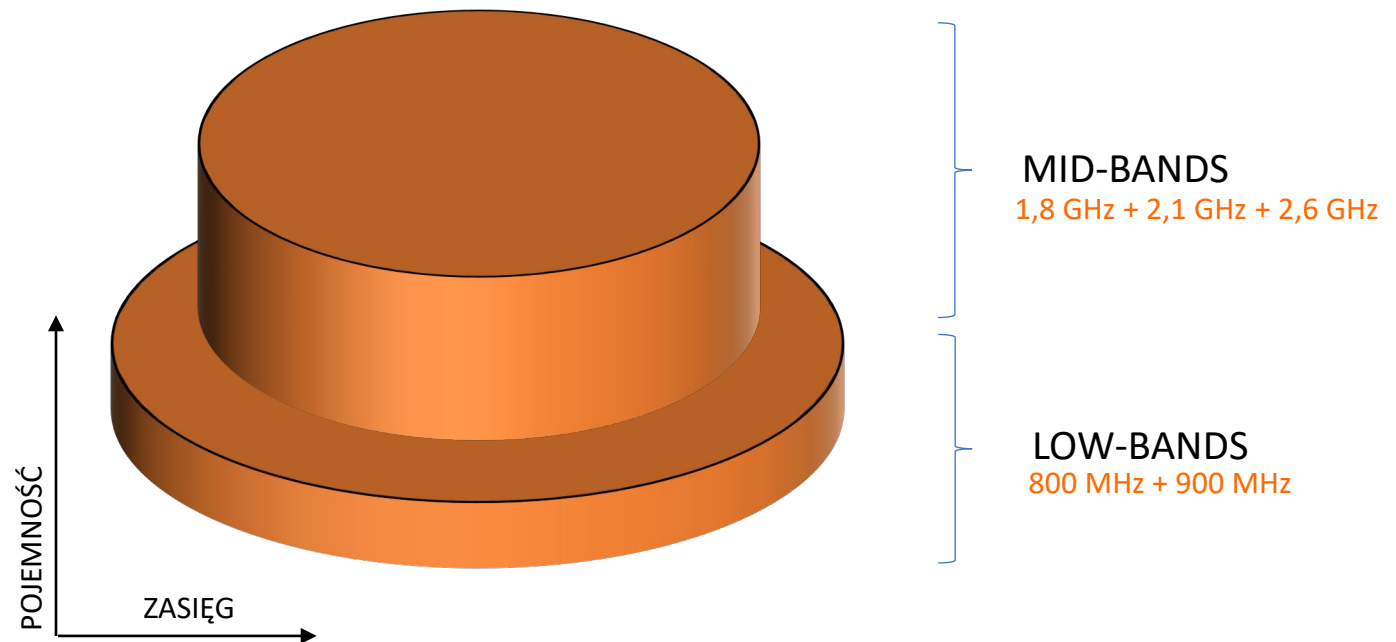
3GPP Release 16

2020

3GPP Release 17

2021

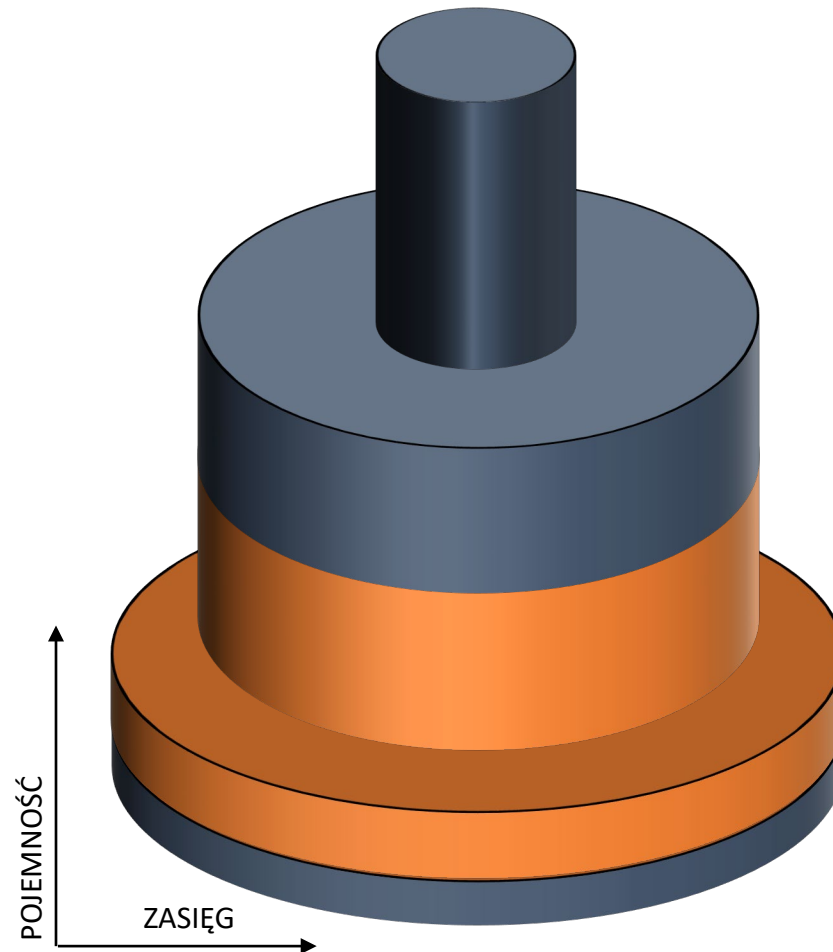
Zasoby radiowe dla sieci mobilnych w PL



Zasoby radiowe dla sieci mobilnych w Polsce

Przypadki użycia/zastosowanie

- Ultra-pojemność
 - FWA/Hot-spots
 - Opóźnienia < 1 ms
- Pojemność sieci (eMMB)
 - Sieci prywatne
 - Neutral Host
- Pokrycie krajowe
 - Zasięg wewnątrzbudynkowy
 - MTC
 - Ultra dostępna komunikacja



HIGH-BANDS
26 GHz

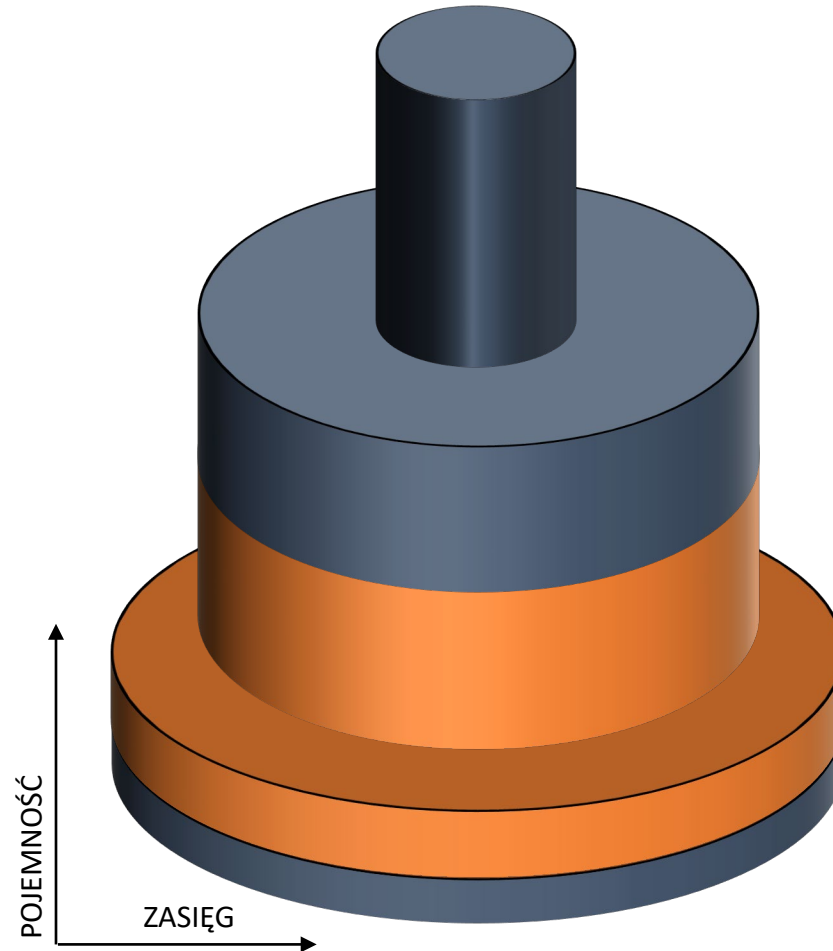
MID-BANDS
1,8 GHz + 2,1 GHz + 2,6 GHz
+ 3,5 GHz

LOW-BANDS
800 MHz + 900 MHz
+ 700 MHz

Zasoby radiowe dla sieci mobilnych w Polsce

Przypadki użycia/zastosowanie

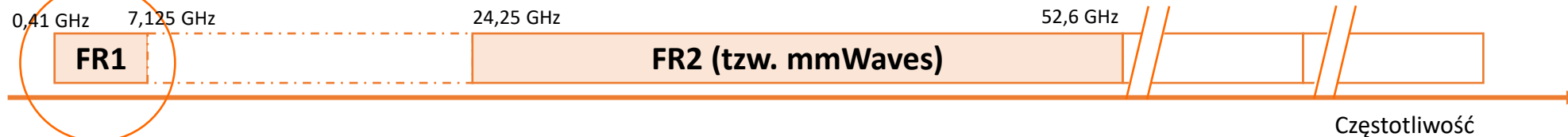
- Ultra-pojemność
 - FWA/Hot-spots
 - Opóźnienia < 1 ms
- Pojemność sieci (eMMB)
 - Sieci prywatne
 - Neutral Host
- Pokrycie krajowe
 - Zasięg wewnątrzbudynkowy
 - MTC
 - Ultra dostępna komunikacja



HIGH-BANDS
26 GHz

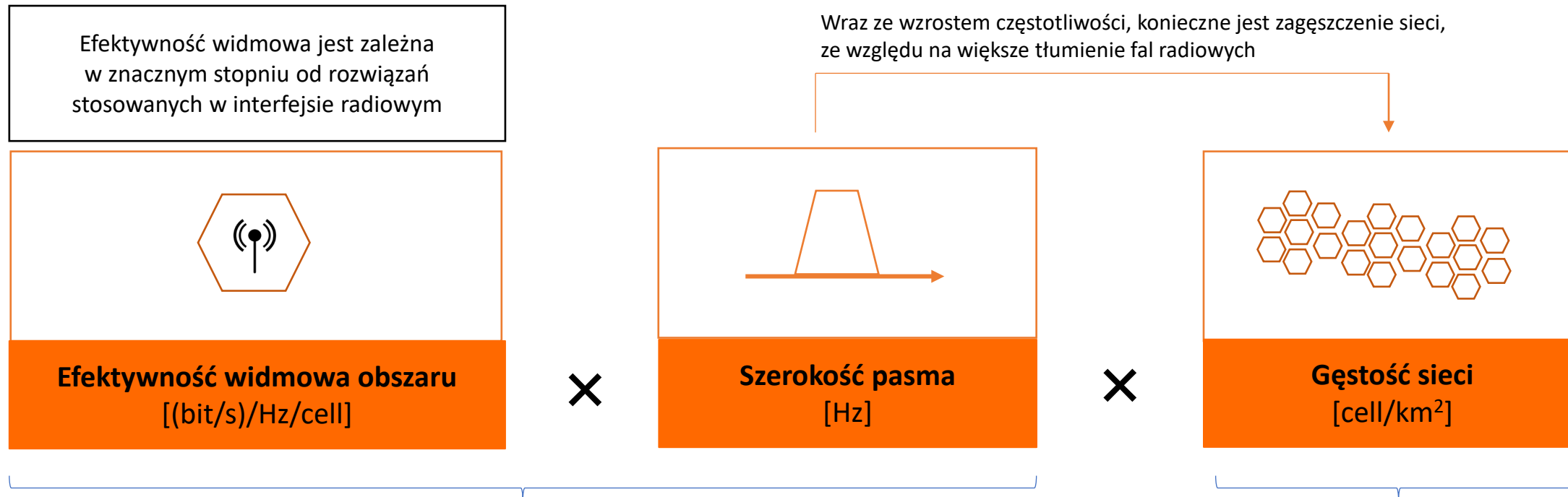
MID-BANDS
1,8 GHz + 2,1 GHz + 2,6 GHz
+ 3,5 GHz

LOW-BANDS
800 MHz + 900 MHz
+ 700 MHz



eMBB – Wypadkowa przepływność sieci

Pierwszym powszechnie wdrażanym przypadkiem użycia sieci 5G jest eMBB. Wypadkowa przepływność bitowa sieci na danym obszarze jest iloczynem 3 składowych (niezależnie od standardu sieci dostępowej).



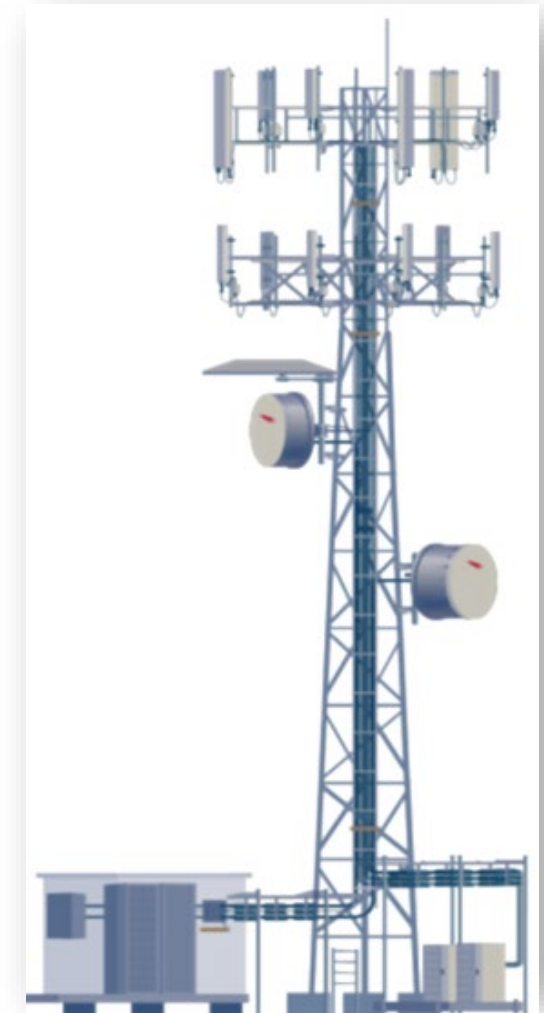
Np. W 5G-NR wykorzystanie mMIMO w paśmie C może pozwolić na kilkukrotny wzrost przepływności z perspektywy stacji bazowej

Gęstość sieci wynika również z przyjętej strategii operatora

W dalszej części prezentacji przedstawiono wpływ powyższych na poziomy PEM

Scenariusze wdrażania sieci 5G a poziomy PEM

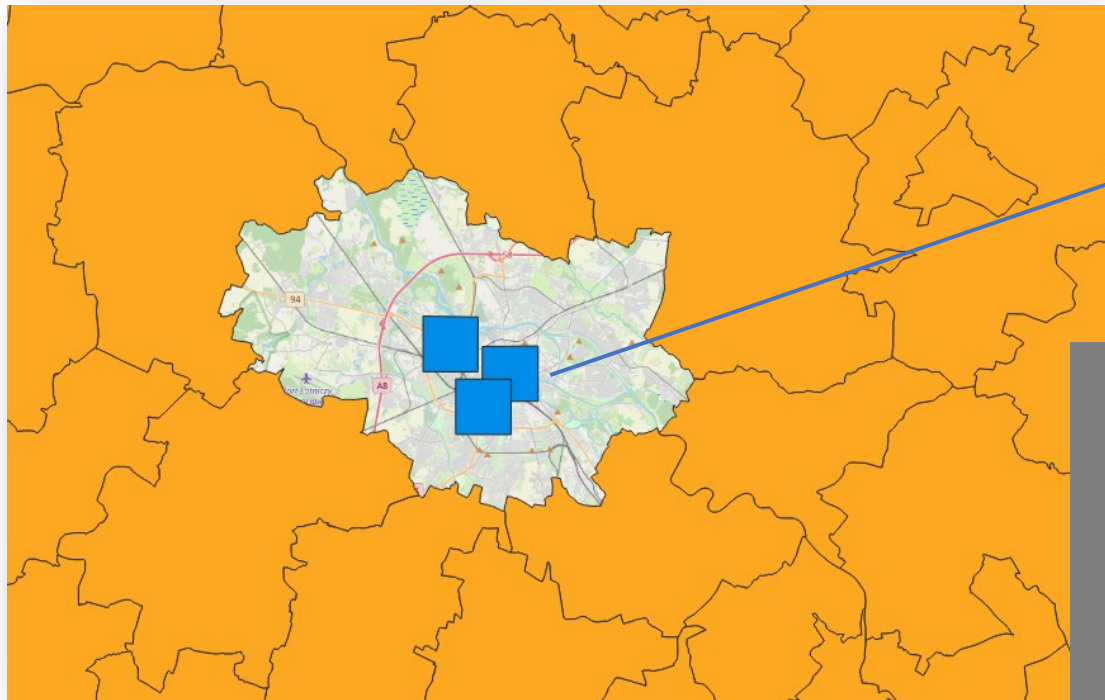
- **NSA (opcja 3)**
 - 5G UE musi być w zasięgu komórki systemu 4G oraz 5G jednocześnie.
 - Terminal wymienia dane użytkowe przez dwie sieci (EN-DC). Pewne funkcjonalności (np. VoLTE) realizowane są przez 4G co pozwala na szybkie/powszechne wdrożenie sieci 5G w „polu”.
 - W przypadku refarmingu kanałów systemów 3G/4G wpływ na PEM jest praktycznie neutralny.
- **NSA + DSS** – Nie wpływa negatywnie na zmianę poziomu PEM ze względu na wykorzystywanie obecnie stosowanych kanałów radiowych sieci LTE (przy czym poziom PEM zależy od ruchu w sieci podobnie jak w sieciach 4G).
- **Pioneer-bands (700 MHz; 3,5GHz)**
 - Dodając nową warstwę częstotliwości, poziom PEM ulegnie podwyższeniu.
 - Będzie zależny od topologii sieci (gęstość, rozwiązania antenowe, etc.)
- **SA** – Zasięg sieci jest niezależny od zasięgu sieci 4G. Sieć 5G zyska możliwość dostarczania nowych funkcjonalności dzięki wykorzystaniu 5GC oraz przesyłaniu sygnalizacji bezpośrednio przez interfejs NR.
- **Stopniowa migracja/refarming** obecnych sieci mobilnych do 5G-NR.



Symulacje poziomów PEM

Przedstawione na kolejnych slajdach wyniki symulacji PEM dla obszarów ogólnie dostępnych dla społeczeństwa, zostały wyznaczone za pomocą komponentów obliczeniowych systemu powstałego w ramach projektu SI2PEM. Cel projektu:

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



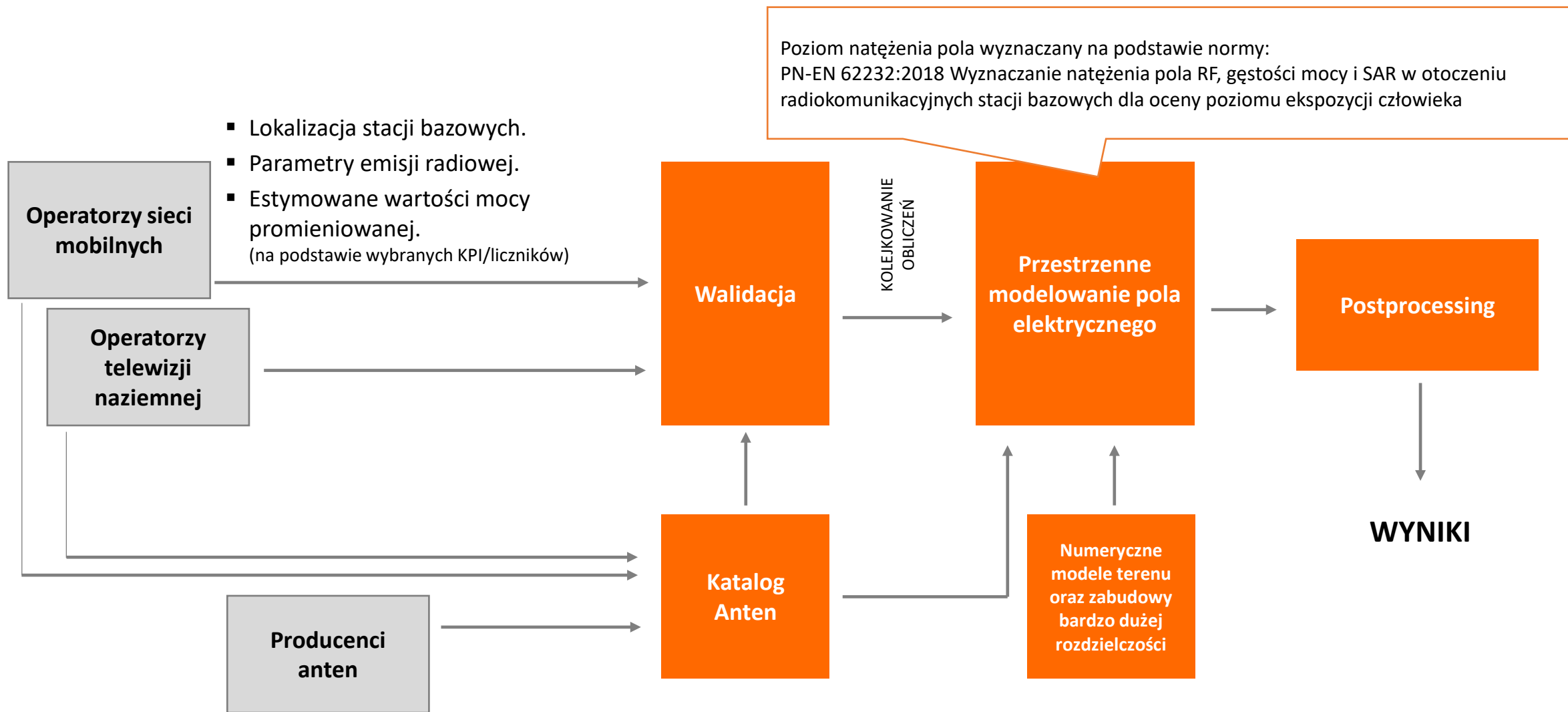
**Dwa obszary testowe.
Teren miejski/wielkomiejski**

Modelowanie poziomów pola elektrycznego zrealizowano dla następujących scenariuszy.

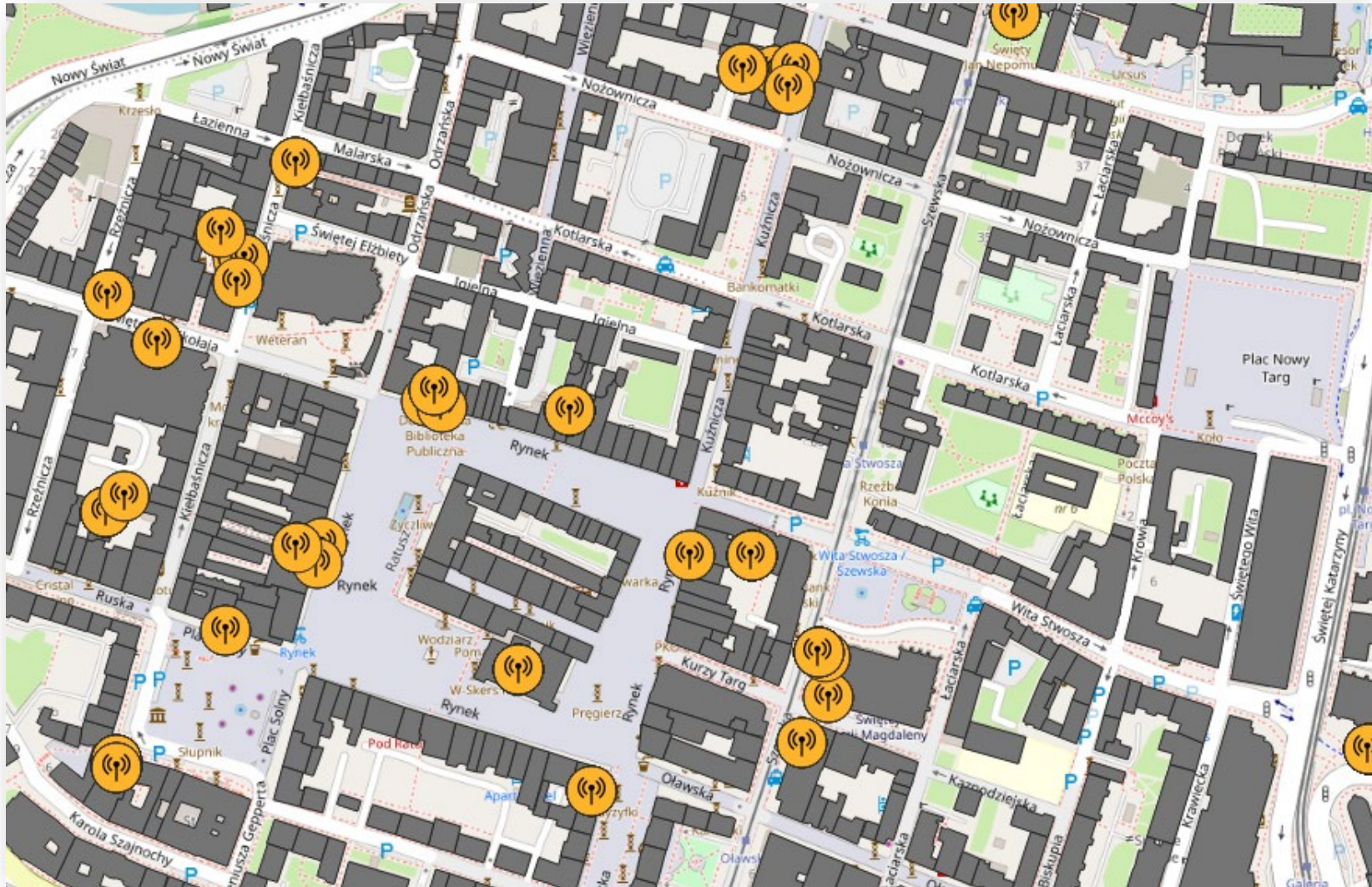
- Poziomy PEM dla obecnie wdrożonych sieci.
- Dodanie warstwy 700 MHz/3,5 GHz.
- Zagęszczenie stacji bazowych 5G w pasmach 3,5 GHz.

Wyniki przedstawiono dla warstwy 0,3-2 m n.p.t.

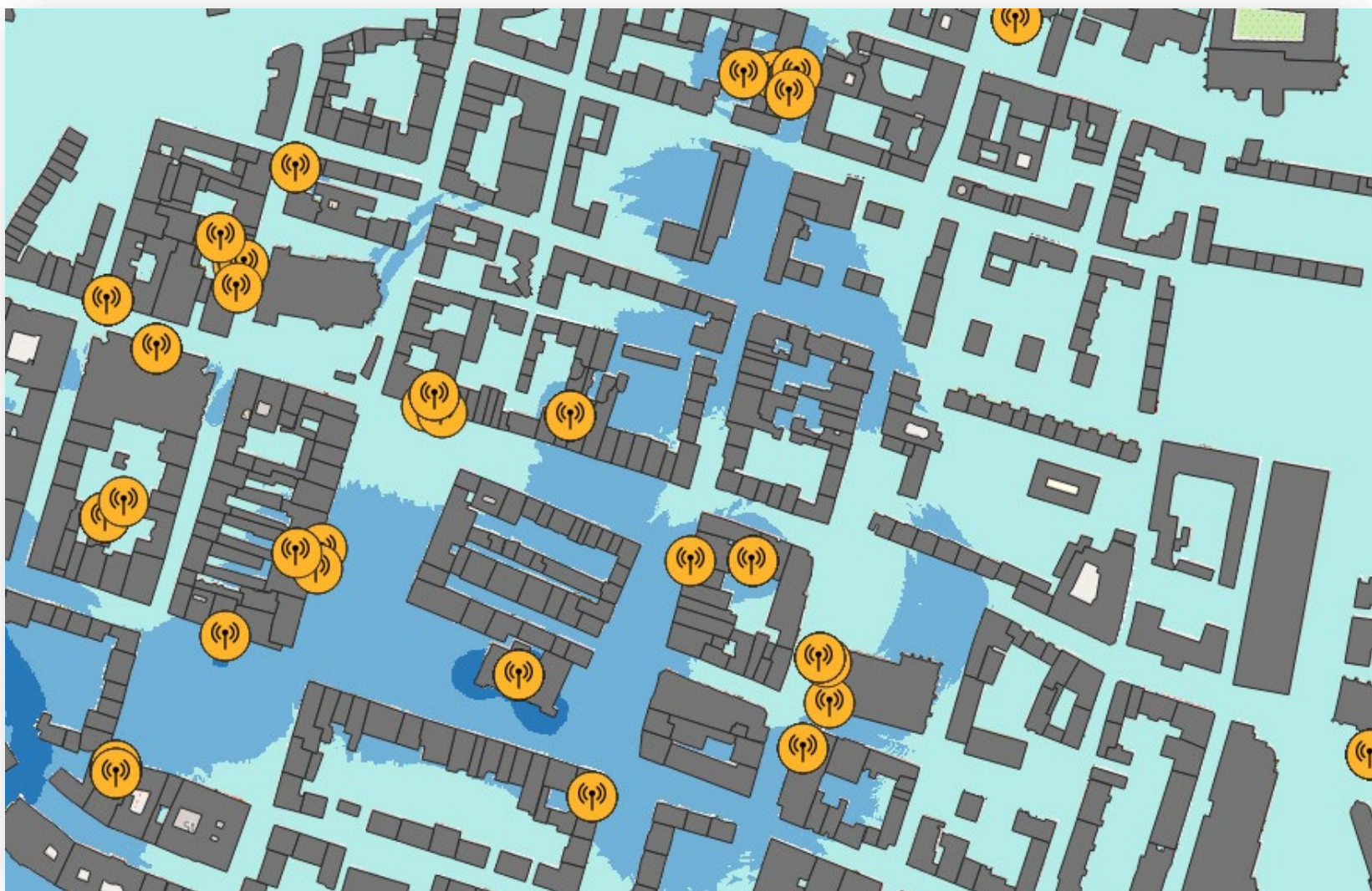
Pochodzenie danych w systemie SI2PEM



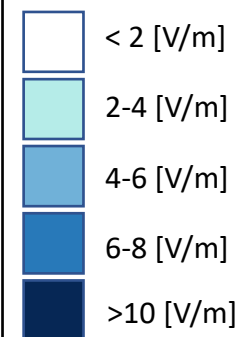
Wrocław Rynek – Obszar analiz



Wrocław Rynek – Poziom PEM aktualnie



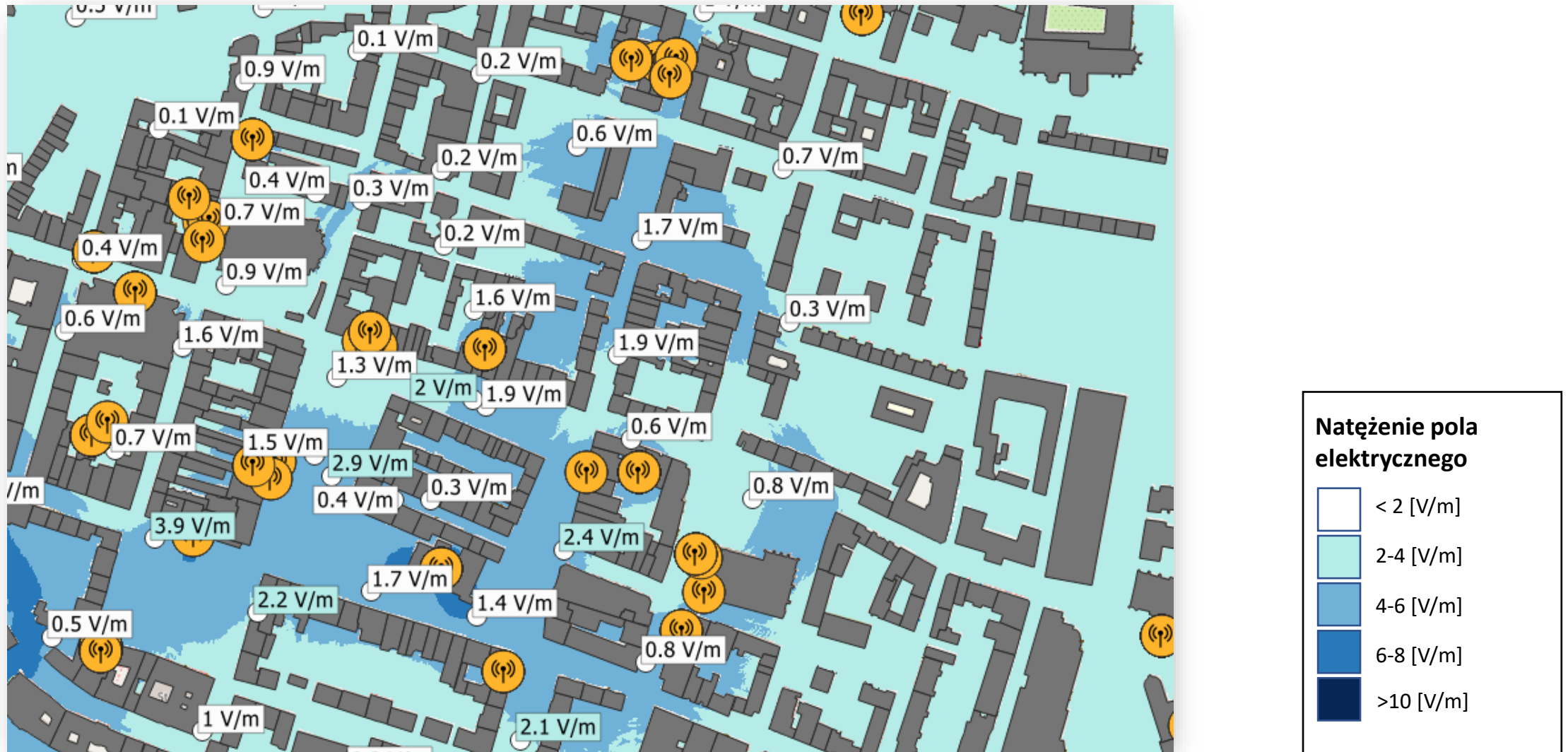
Natężenie pola elektrycznego



- Wartość min: **2,3 V/m**
- Wartość max: **19,6 V/m**
- Mediana: **3,4 V/m**

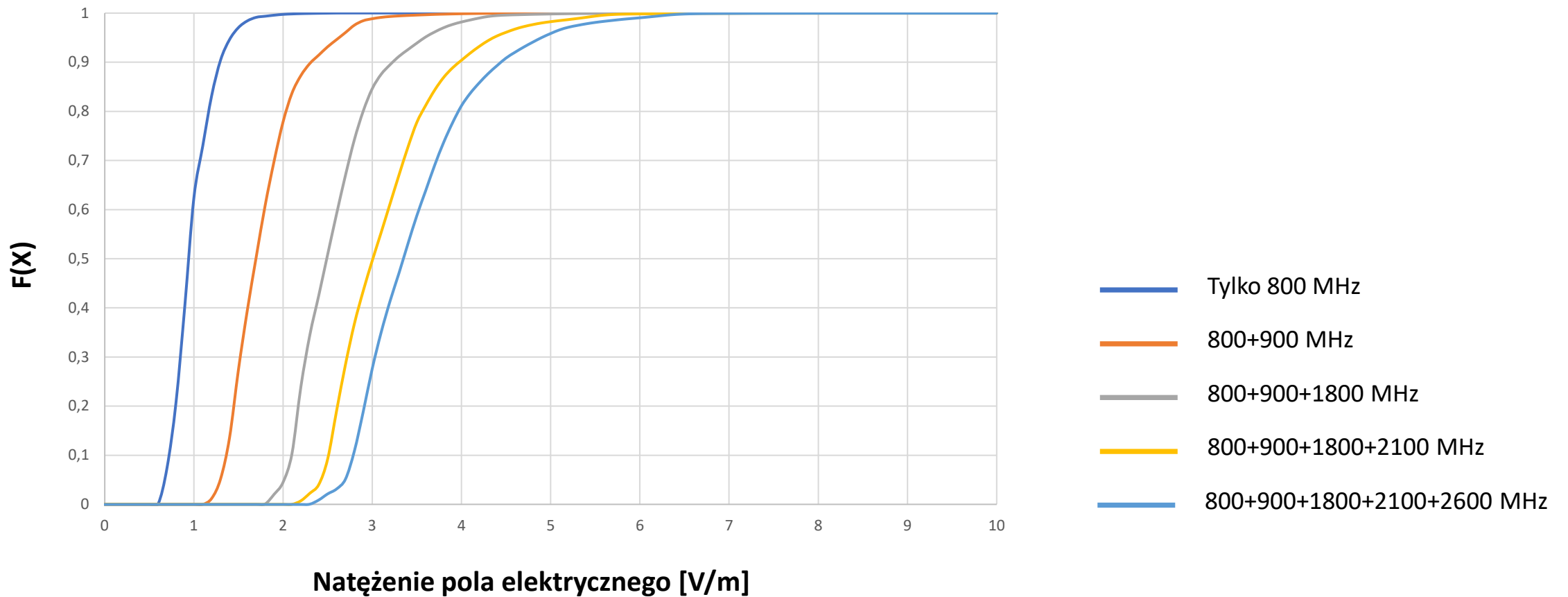
Do obliczeń przyjęto obciążenie sieci na poziomie 50% oraz maksymalne pochylenie elektryczne anteny.

Poziom PEM – Weryfikacja pomiarowa



Pomiary realizowano za pomocą selektywnego miernika natężenia pola Narda SRM-3006 z izotropową anteną pomiarową.

Na wykresie przedstawiono eCDF uwzględniając wpływ poszczególnych pasm częstotliwości wykorzystywanych przez stacje bazowe telefonii komórkowej.

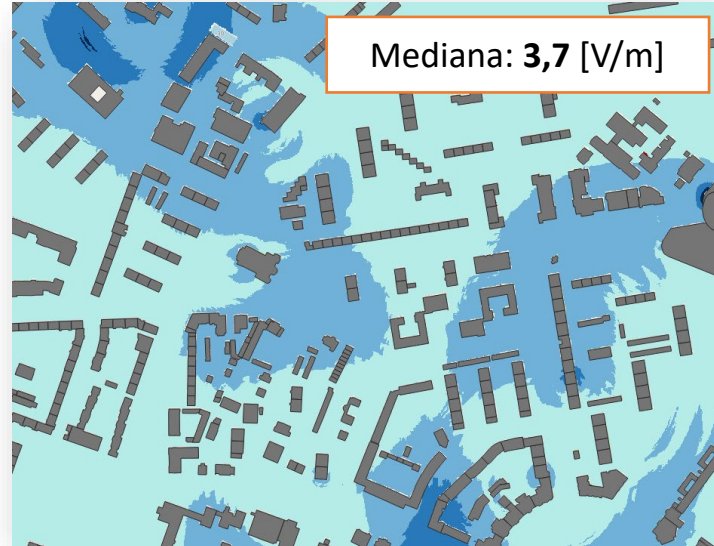
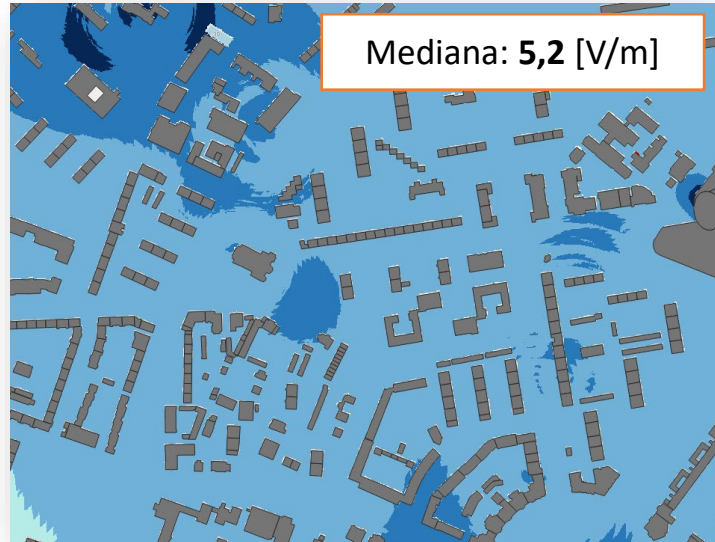


Parametryzacja modelowania PEM

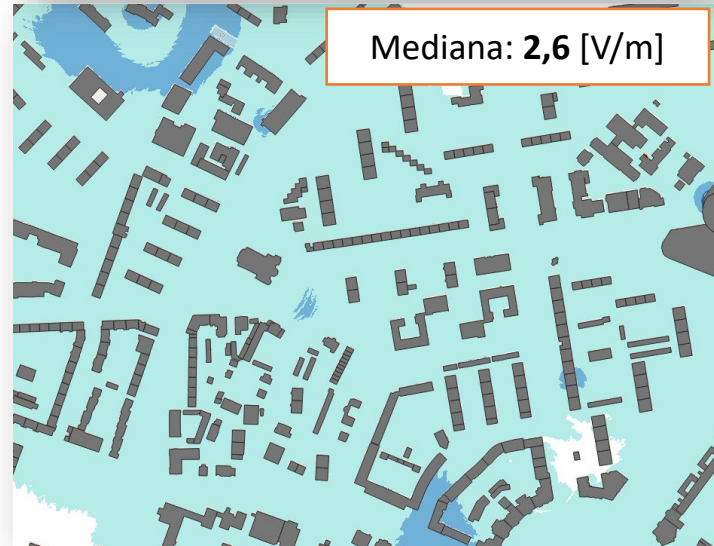
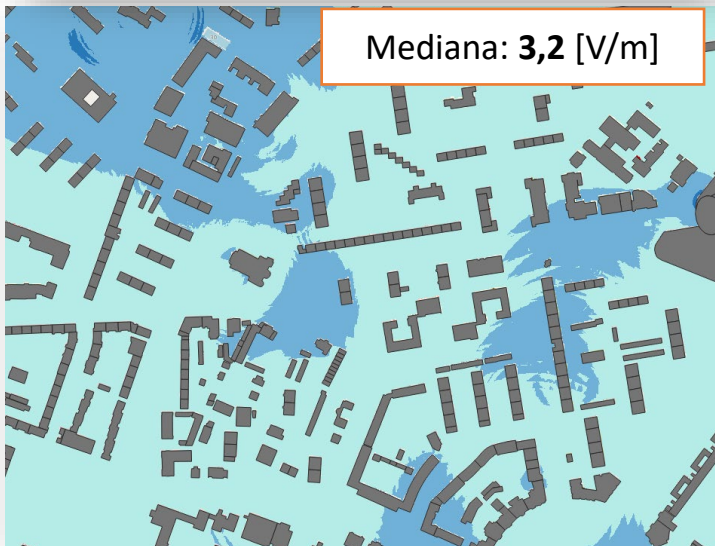
Charakterystyka anteny jako wypadkowa dla pełnego zakresu pochyłeń elektrycznych

Charakterystyka anteny tylko dla maksymalnego pochylenia elektrycznego anteny

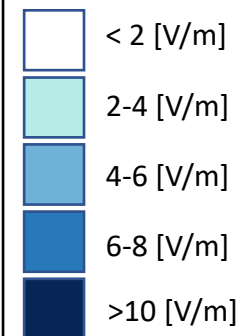
Obciążenie sieci 100%



Obciążenie sieci 50%



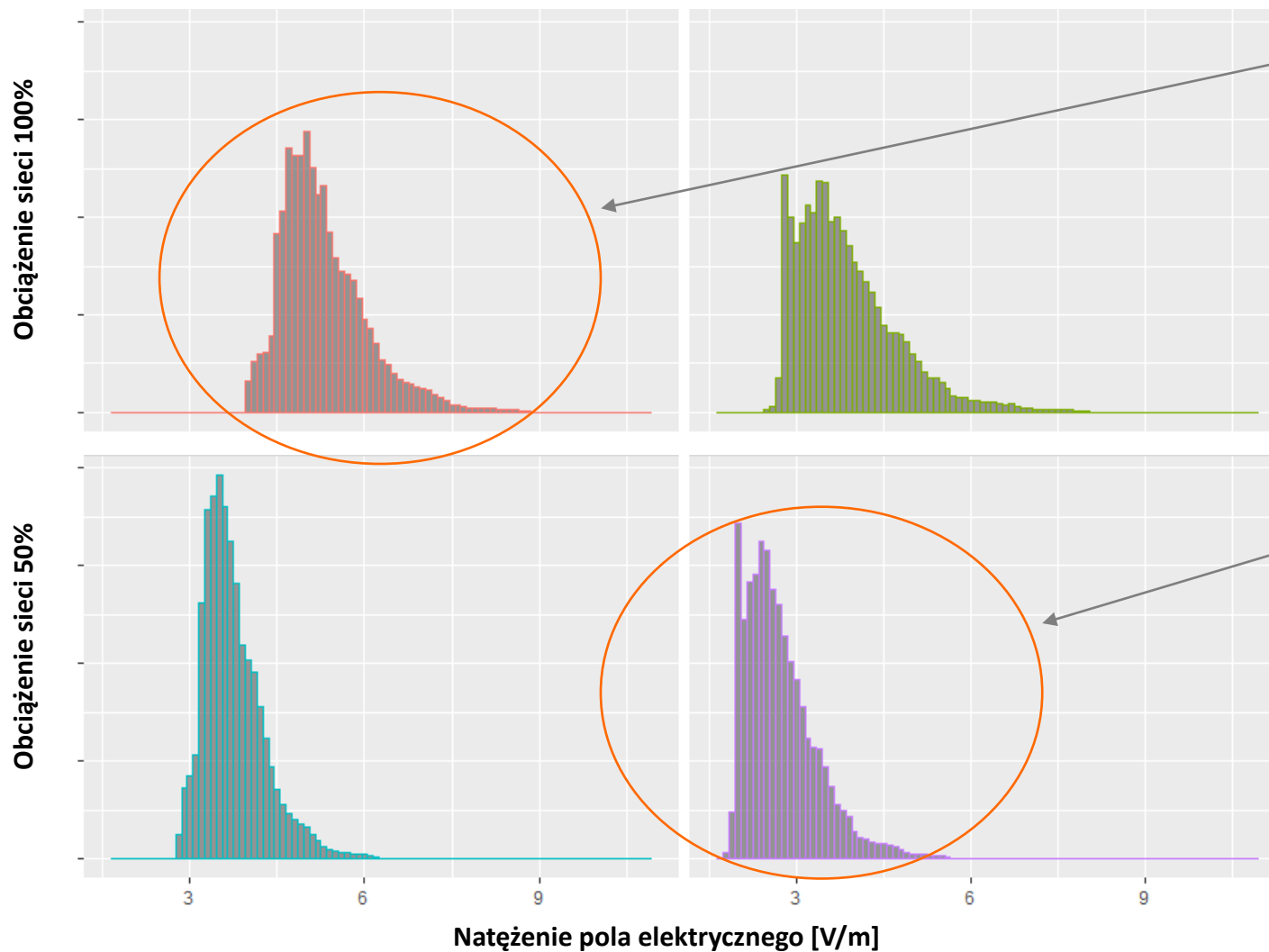
Natężenie pola elektrycznego



Parametryzacja modelowania PEM

Charakterystyka anteny jako wypadkowa dla pełnego zakresu pochyłeń elektrycznych

Charakterystyka anteny tylko dla maksymalnego pochylenia elektrycznego



Najgorszy przypadek (nierealizowany w praktyce)

Konfiguracja, dla której prezentowane są wyniki modelowania zawarte w prezentacji

Analiza PEM – dodanie nowych kanałów radiowych (low-band / mid-band)

Scenariusz bazowy
(Wrocław, obszar miejski)

Dodanie komórek
w warstwie 700 MHz

Dodanie komórek
w warstwie 3,5 GHz
@ 4 × 80 MHz TDD

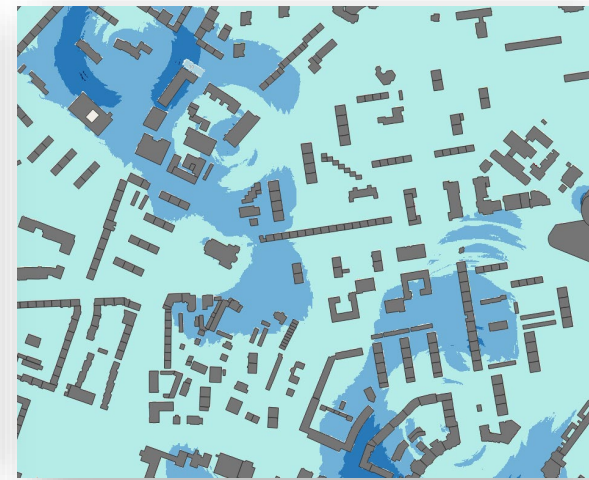
Zagęszczenie (×2) komórek
w warstwie 3,5 GHz
(nowe lokalizacje,
niższe wysokości anten)



Min: **1,7** [V/m]
Max: **7,2** [V/m]
Mediana: **2,6** [V/m]



Min: **1,8** [V/m]
Max: **7,3** [V/m]
Mediana: **2,7** [V/m]



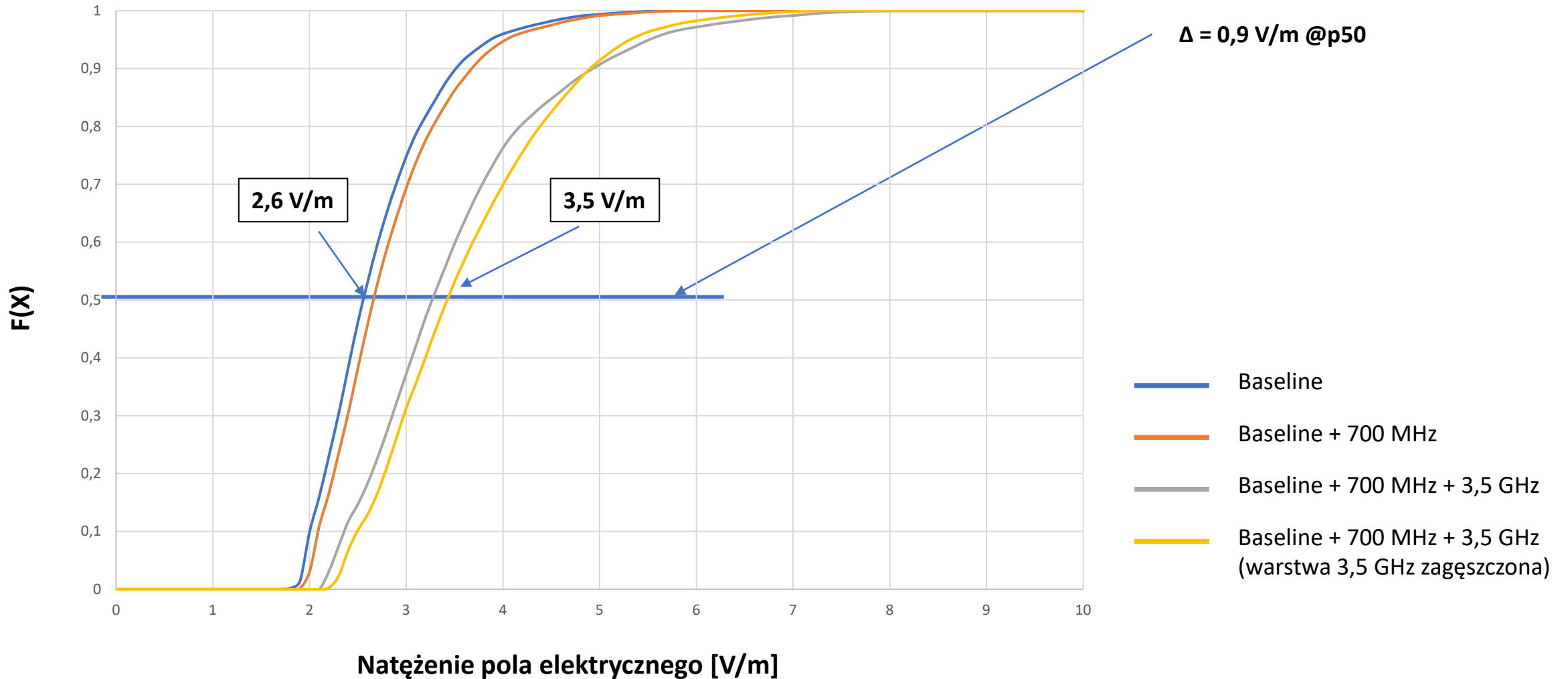
Min: **2,1** [V/m]
Max: **8,1** [V/m]
Mediana: **3,3** [V/m]



Min: **2,1** [V/m]
Max: **7,6** [V/m]
Mediana: **3,5** [V/m]

Lokalizacje stacji bazowych dla warstwy 700 MHz i 3,5 GHz oraz ich parametry emisyjne zostały przygotowane na potrzeby niniejszej analizy

Analiza PEM – dodanie nowych warstw radiowych (eCDF)



- W prezentacji przedstawiono przykładowe wyniki modelowania PEM w otoczeniu stacji bazowych, wykorzystując rzeczywiste parametry sieci mobilnych (dot. emisji radiowych) oraz cyfrowe mapy terenu i zabudowy wysokiej rozdzielczości.
- Wdrażanie sieci 5G jest procesem ciągłym, a zmiana poziomów PEM będzie zależeć od strategii rozwoju tej sieci.
- Zmiany poziomów PEM spowodowane wdrażaniem systemów 5G będą jednak nieistotne z punktu widzenia dopuszczalnych wartości – tj. dla prawidłowo zaprojektowanej sieci określone limity nie zostaną przekroczone.