

Zakład Kompatybilności
Elektromagnetycznej
ul. Swojczycka 38
51-501 Wrocław
tel.: [+48 71] 36 99 803
fax: [+48 71] 37 28 878
e-mail: wroclaw@il-pib.pl
www.il-pib.pl



ul. Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

Lokalne sieci 5G na potrzeby samorządów terytorialnych

Raport nr Z21/21.10.1.01.09.4/055/2024



Ministerstwo
Cyfryzacji



Instytut Łączności
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Nr pracy : 21.10.1.01.09.4

Nazwa pracy : Lokalne sieci 5G na potrzeby samorządów terytorialnych

Zleceniodawca : Ministerstwo Cyfryzacji, Departament
Telekomunikacji

Data rozpoczęcia : Wrzesień 2024

Data zakończenia : Grudzień 2024

Wykonawcy pracy : Zespół Z-21

Data : 31.12.2024 r.

Miejscowość : Wrocław

Praca wykonana w Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma
Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej
Instytutu Łączności – PIB we Wrocławiu.

Spis treści

1.	Wprowadzenie	4
2.	Prywatne sieci 5G.....	5
2.1.	Architektura sieci.....	5
2.2.	Częstotliwości	8
2.3.	Rozwój na świecie.....	12
2.4.	Przykładowe scenariusze	14
2.5.	Zrealizowane wdrożenia	23
3.	Krajowe laboratorium badawcze sieci i usług 5G wraz z otoczeniem	31
4.	Warunki regulacyjne wykorzystania pasm częstotliwości.....	33
4.1.	Rezerwacja częstotliwości	34
4.2.	Pozwolenie radiowe	38
4.3.	Opłaty za częstotliwości.....	41
4.4.	Terminy rozpatrywania wniosków	42
4.5.	Podsumowanie	43
5.	Pomiary natężenia pola elektromagnetycznego	44
6.	Analiza szans i zagrożeń	46
6.1.	Zarządzanie ryzykiem w projekcie	46
6.2.	Przykładowa analiza	51
7.	Projekt sieci radiowej	79
7.1.	Planowanie zasięgu sieci – Krosno	80
7.2.	Planowanie zasięgu sieci – Starachowice	97
7.3.	Planowanie zasięgu sieci – Władysławowo	114
8.	Szacowanie kosztów	127
9.	Możliwe źródła finansowania dla budowy prywatnych sieci 5G przez samorządy	132
10.	Podsumowanie	134

1. Wprowadzenie

Praca pt. „Lokalne sieci 5G na potrzeby samorządów terytorialnych oraz w celu likwidacji białych plam” została wykonana przez Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy w ramach umowy dotacji celowej 1/DT/2024 zawartej pomiędzy Instytutem Łączności – Państwowym Instytutem Badawczym a Ministerstwem Cyfryzacji.

Niniejszy raport analizuje możliwości wdrożenia prywatnych sieci 5G w miastach, ukazując ich potencjał w kontekście rozwoju inteligentnych miast oraz optymalizacji infrastruktury miejskiej. W pierwszej części raportu omówiono podstawy technologii 5G oraz specyfikę prywatnych sieci. Następnie przedstawiono kluczowe korzyści wynikające z wdrożenia prywatnych sieci 5G, takie jak poprawa efektywności energetycznej, zwiększenie bezpieczeństwa publicznego, rozwój transportu autonomicznego oraz lepsze zarządzanie zasobami miejskimi. Raport zawiera również analizę przykładowych wdrożeń oraz studium przypadków z różnych firm i miast na świecie, które już skorzystały z technologii 5G lub innych technologii z obszaru inteligentnych miast.

Przedstawiono analizę szans i zagrożeń, które miasta mogą napotkać podczas realizacji projektu budowy prywatnej sieci 5G. Rozdział zawiera również informacje jak należy przeprowadzić taką analizę zgodnie z dobrymi praktykami wynikającymi z uznanych metodyk projektowych.

Wykonane zostało planowanie radiowe dla trzech miejscowości. Z dwoma miastami (Krosno i Starachowice) podpisane zostały porozumienia o współpracy, w wyniku których Instytut Łączności – PIB otrzymał podstawowe informacje konieczne do przeprowadzenia planowania radiowego, na bazie których przeprowadzono planowanie w warunkach rzeczywistych. Z kolei trzeci przedstawiony przypadek (Władysławowo) jest przypadkiem teoretycznym – wykonano symulację działania sieci radiowej.

We współpracy z krajowym integratorem w obszarze sieci telekomunikacyjnych oraz z jednym z największych na świecie producentów sprzętu telekomunikacyjnego wykonana została kalkulacja kosztów budowy sieci. Instytut Łączności – PIB wykonał również wycenę planowania radiowego, które musi poprzedzić budowę sieci.

W Załączniku 1 sporządzono Ramowy Plan Budowy Sieci, który jest uogólnieniem treści zawartych w raporcie i uproszczoną instrukcją, która będzie wspomagać jednostki samorządu terytorialnego (JST) w planowaniu i monitorowaniu procesu budowy prywatnej sieci 5G.

2. Prywatne sieci 5G

Rozwój technologii komunikacji bezprzewodowej w ostatnich dekadach znacząco zmienił sposób, w jaki ludzie na całym świecie komunikują się, pracują i korzystają z informacji. Od pierwszej generacji sieci komórkowych (1G), która umożliwiała jedynie połączenia głosowe, poprzez 2G wprowadzające wiadomości tekstowe, 3G dające początek mobilnemu dostępowi do Internetu, aż po 4G, które zrewolucjonizowało przesyłanie danych i umożliwiło dynamiczny rozwój aplikacji multimedialnych – każda kolejna generacja przynosiła ze sobą rewolucyjne zmiany.

Piąta generacja sieci komórkowych (5G) stanowi kolejny krok w tej ewolucji. Oferuje nie tylko znacznie wyższe prędkości transmisji danych, ale także znacznie mniejsze opóźnienia i zdolność obsługi jeszcze większej liczby urządzeń jednocześnie. Te cechy sprawiają, że 5G pełni rolę katalizatora dla zaawansowanego rozwoju istniejących technologii, takich jak Internet rzeczy (Internet of Things, IoT), autonomiczne pojazdy, telemedycyna czy inteligentne miasta. Sieć 5G nie tworzy tych technologii od podstaw, lecz umożliwia ich efektywniejsze działanie, poprawia skalowalność oraz zapewnia większą niezawodność i wydajność transmisji danych, co przyczynia się do implementacji innowacyjnych zastosowań w tych obszarach.

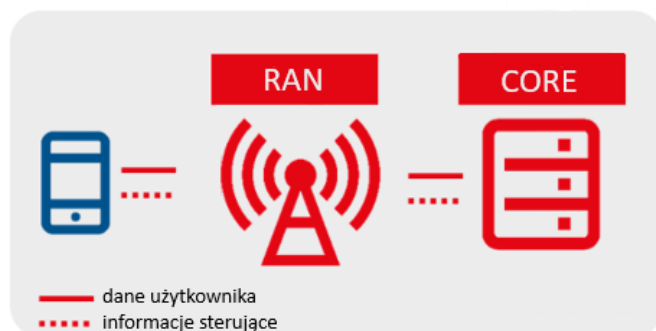
Celem tego rozdziału jest przybliżenie podstaw technologii 5G stosowanej w sieciach prywatnych, jej kluczowych funkcji i zastosowań.

Prywatna sieć 5G to sieć niezależna, dostosowana do potrzeb użytkownika, którym może być jednostka samorządu terytorialnego, przedsiębiorstwo lub inny podmiot. Sieć taka może działać lokalnie, np. w danym mieście, bądź rozproszona na obszarze całego kraju zależnie od rozmieszczenia infrastruktury właściciela sieci prywatnej. W odróżnieniu od publicznych sieci 5G, które są dostępne dla szerokiego grona użytkowników, sieci prywatne 5G oferują wysoki poziom kontroli dostępu i bezpieczeństwa danych.

2.1. Architektura sieci

Architektura sieci komórkowych od samych początków oparta jest na dwóch kluczowych elementach: sieci radiowego dostępu (radio access network, RAN) oraz sieci szkieletowej (core network, CN). W procesie ewolucji kolejnych generacji sieci komórkowych, niektóre komponenty zmieniały swoje umiejscowienie w architekturze lub były zastępowane przez nowe, jednak idea działania całości pozostaje zbliżona. Centralnym elementem jest sieć szkieletowa, która odpowiada za zarządzanie użytkownikami, zarządzanie dostępem do sieci, zarządzanie jakością usług, billingi czy przesyłanie danych do sieci zewnętrznych (np. Internet). W starszych generacjach sieci komórkowych za każdą z funkcji odpowiadały fizyczne urządzenia, obecnie sieć szkieletowa jest zaawansowanym oprogramowaniem instalowanym na serwerze. Do sieci szkieletowej dołączane są stacje bazowe, które tworzą sieć radiowego dostępu. Połączenie pomiędzy siecią RAN a szkieletową stanowi sieć transportowa (backhaul), która najczęściej tworzona jest z wykorzystaniem dedykowanych łączy światłowodowych, aby

zagwarantować wymaganą szybkość transmisji oraz wysoką dostępność. Stacje bazowe, z którymi łączą się urządzenia końcowe (np. smartfony, czujniki) wysyłają i odbierają bezprzewodowo dane użytkownika oraz dane sterujące. Odpowiadają także za niektóre funkcje związane np. z monitorowaniem jakości połączenia z urządzeniami końcowymi. Schemat architektury sieci przedstawiono na rysunku poniżej.



Rysunek 1. Schemat architektury sieci 5G; od lewej: urządzenie końcowe, sieć radiowego dostępu, sieć szkieletowa (GSMA¹)

Choć istnieje wiele modeli wdrażania sieci prywatnych, w niniejszym raporcie skoncentrujemy się na rozwiązaniu w pełni odizolowanym/izolowanym, ponieważ takie wdrożenie jest zgodne z aktualnymi uwarunkowaniami prawnymi obowiązującymi w Polsce.

Można wymienić następujące modele wdrożenia sieci mobilnych:

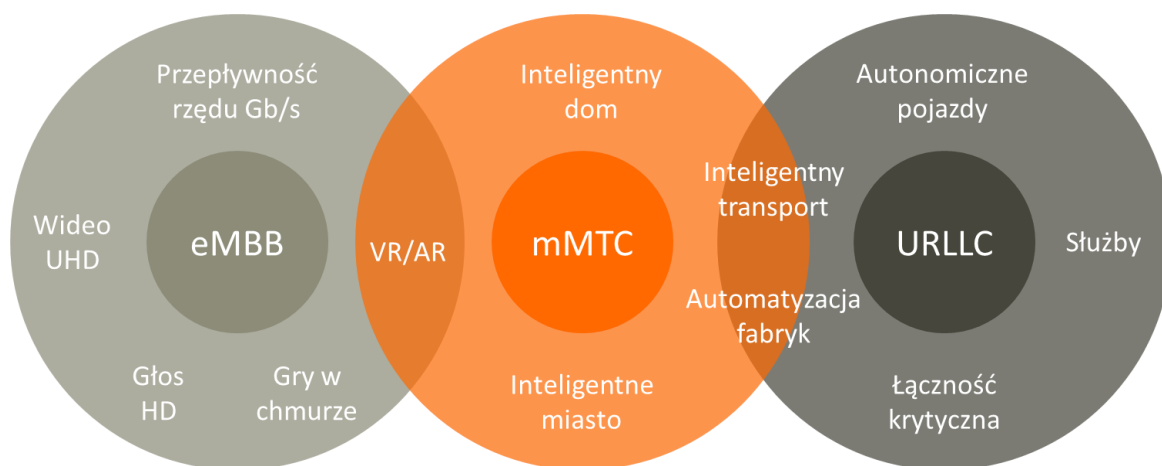
- sieć prywatna odizolowana / niezależna – sieć 5G jest całkowicie niezależna od publicznej sieci operatora, cała infrastruktura należy do właściciela sieci prywatnej i także zarządzanie siecią spoczywa na właścicielu sieci lub dostawcy urządzeń, zależnie od warunków umów; podejście to gwarantuje najwyższe bezpieczeństwo danych przesyłanych w sieci, przy zachowaniu odpowiednich procedur po stronie właściciela sieci, ponieważ nie ma ryzyka przypadkowego wycieku danych wskutek błędów lub nieprawidłowej konfiguracji po stronie operatora sieci,
- sieć współdzielona z operatorem – operator udostępnia zasoby swojej publicznej sieci do użytku prywatnego, tworząc wydzieloną część sieci dostosowaną do specyficznych wymagań klienta; jest to rozwiązanie niedozwolone do wdrożenia w myśl planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800 – 4200 MHz².

¹ GSMA, 5G Implementation Guidelines, 2019, <https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/wp-content/uploads/2019/03/5G-Implementation-Guideline-v2.0-July-2019.pdf> (dostęp: 20.12.2024)

² Zarządzenie Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 14 września 2023 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800 – 4200 MHz, https://bip.uke.gov.pl/gfx/bip/userfiles/w-gunia/czestotliwosci/25102023/plan_3800-4200_mhz.pdf (dostęp: 16.12.2024)

Aby sprostać różnorodnym wymaganiom przemysłowym i rynkowym Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny (ITU) sklasyfikował trzy przypadki użycia dla sieci 5G³:

- ulepszony Internet szerokopasmowy (Enhanced Mobile Broadband, eMBB) – to rozszerzenie funkcjonalności szerokopasmowego Internetu mobilnego, umożliwia bezprzewodowy dostęp do Internetu za pośrednictwem sieci komórkowych; przypadek eMBB kładzie nacisk na szybkość transmisji danych i odpowiada na potrzeby wynikające z postępującej cyfryzacji społeczeństwa, koncentrując się na usługach wymagających dużej przepustowości, takich jak np. wideo w ultra wysokiej rozdzielczości (4K UHD), rzeczywistość wirtualna (virtual reality, VR) oraz rozszerzona (augmented reality, AR),
- masowa komunikacja dla urządzeń (massive Machine Type Communications, mMTC) - koncepcja skupia się na łączeniu dużej liczby urządzeń na określonym obszarze, które charakteryzują się niskimi wymaganiami w zakresie prędkości transmisji danych i opóźnień oraz niewielkim zużyciem energii; zaprojektowana do obsługi ogromnej liczby urządzeń końcowych w sieci 5G, często stanowiących część Internetu rzeczy,
- niezawodna komunikacja z niskim opóźnieniem (Ultra Reliable Low Latency Communications, URLLC) - komunikacja o niskich opóźnieniach i wysokiej niezawodności, szczególnie istotna do zastosowań krytycznych, wymagających natychmiastowej reakcji, związanych z bezpieczeństwem takich jak choćby sterowanie autonomicznym samochodem czy chirurgia na odległość.



Rysunek 2. Klasyfikacja usług sieci mobilnych 5G (opracowanie własne)

³ Zalecenie ITU-R M.2083-0 – IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, 2015

2.2. Częstotliwości

Krajowa Tablica Przeznaczeń Częstotliwości (KTPCz) jest w Polsce podstawowym dokumentem normatywnym określającym przeznaczenia różnych zakresów częstotliwości dla poszczególnych służb radiokomunikacyjnych oraz sposób ich użytkowania (cywilne, rządowe lub cywilno-rządowe). KTPCz powstaje na bazie międzynarodowego Regulaminu Radiokomunikacyjnego publikowanego przez Sektor Radiokomunikacji ITU (ITU-R). W oparciu o KTPCz polski regulator telekomunikacyjny, Urząd Komunikacji Elektronicznej, opracowuje plany zagospodarowania częstotliwości.

Wdrażanie sieci prywatnych w dedykowanym do tego celu zakresie częstotliwości stało się w Polsce możliwe po ogłoszeniu Zarządzenia Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 14 września 2023 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800-4200 MHz⁴, opublikowanego w Dzienniku Urzędowym Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej pod pozycją 12 w dniu 15 września 2023 r. Plan dla zakresu 3800-4200 MHz uwzględnia przeznaczenie zgodnie z Krajową Tablicą Przeznaczeń Częstotliwości, stanowiącą załącznik do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 27 grudnia 2013 r. w sprawie Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości (Dz. U. z 2022 r. poz. 1988 oraz z 2023 r. poz. 439 i 1621). Fragment przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 1. Przeznaczenie zakresu 3800-4200 MHz według Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości

Lp.	F _{dolna} (MHz)	F _{górna} (MHz)	Przeznaczenie	Użytkowanie
405	3800	4200	STAŁA STAŁA SATELITARNA (kosmos-Ziemia) Ruchoma	cywilne cywilne cywilne

W tabeli 1 oznaczono wielkimi literami służby radiokomunikacyjne pierwszej ważności tzn. służby, które są chronione przed szkodliwymi zakłóceniami ze strony urządzeń wykorzystujących częstotliwości w służbie drugiej ważności oraz są chronione przed szkodliwymi zakłóceniami ze strony urządzeń wykorzystujących częstotliwości w tej samej służbie lub w innych służbach pierwszej ważności, którym częstotliwości zostały przydzielone w późniejszym terminie. Małymi literami oznaczono służbę radiokomunikacyjną drugiej ważności, której urządzenia radiowe nie podlegają ochronie przed szkodliwymi zakłóceniami ze strony urządzeń radiowych wykorzystujących częstotliwości w służbie pierwszej ważności oraz są chronione przed szkodliwymi zakłóceniami ze strony urządzeń radiowych wykorzystujących częstotliwości w tej samej służbie lub w innych służbach drugiej ważności, którym częstotliwości zostały przydzielone w późniejszym terminie.

⁴ Zarządzenie Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 14 września 2023 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800-4200 MHz, Dziennik Urzędowy Urzędu Komunikacji Elektronicznej, https://bip.uke.gov.pl/gfx/bip/userfiles/w-gunia/czestotliwosci/25102023/plan_3800-4200_mhz.pdf (dostęp: 13.11.2024)

W planie zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800-4200 MHz ustalono, że dla stacji małej i średniej mocy podzakres częstotliwości 3800-3900 MHz może być wykorzystywany przez jednostkę samorządu terytorialnego na jej potrzeby, na obszarze nie większym niż obszar obejmujący 20 gmin, a częstotliwości nie mogą być wykorzystywane do:

- świadczenia usług telekomunikacyjnych,
- rozszerzania zasięgu lub pojemności:
 - sieci telekomunikacyjnej wykorzystującej częstotliwości z zakresu 3800-4200 MHz,
 - publicznej ogólnokrajowej sieci telekomunikacyjnej.

Ponadto dla zakresu 3800-3900 MHz w służbie radiokomunikacyjnej stałej oraz w służbie radiokomunikacyjnej ruchomej wykorzystywanego przez urządzenia radiowe średniej i małej mocy używane w naziemnych bezprzewodowych systemach szerokopasmowych tworzących lokalne sieci telekomunikacyjne (WBB LMP), pracujące z dupleksem z podziałem czasowym (TDD), określa się:

- 1) zalecaną normę zharmonizowaną oraz dokumenty normalizacyjne:
PN–ETSI EN 301 908 – Sieci komórkowe IMT – Zharmonizowana norma zapewniająca spełnienie zasadniczych wymagań zgodnie z artykułem 3.2 dyrektywy 2014/53/UE,
- 2) standardy 3GPP i ETSI dla systemu 5G.

W zarządzeniu Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 14 września 2023 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800-4200 MHz wskazano także istotne warunki techniczne wykorzystania częstotliwości:

- 1) dla stacji małej mocy:
 - a. częstotliwości mogą być wykorzystywane przez urządzenie radiowe małej mocy wykorzystywane w stacjach bazowych zlokalizowanych na obszarze o promieniu 50 metrów od punktu wskazanego w decyzji, o której mowa w art. 143 ust. 2 lub art. 144b ust. 1 ustawy z dnia 16 lipca 2004 r. – Prawo telekomunikacyjne⁵,
 - b. jeżeli co najmniej jedna stacja bazowa spośród stacji bazowych zlokalizowanych na obszarze o promieniu 50 metrów od punktu wskazanego w decyzji, o której mowa w art. 143 ust. 2 lub art. 144b ust. 1 ustawy z dnia 16 lipca 2004 r. – Prawo telekomunikacyjne⁶, umieszczona jest na zewnątrz budynku, antena tej stacji bazowej powinna być umieszczona nie wyżej niż 10 m nad poziomem ziemi,

⁵ W Zarządzeniu Prezesa UKE, o którym mowa, przywołane są artykuły zawarte w Prawie telekomunikacyjnym (PT), które zostało uchylone, a nie te, które są zawarte w obowiązującym Prawie komunikacji elektronicznej (PKE). Zamiast art. 143 ust. 2 lub art. 144b ust. 1 PT w zarządzeniu tym powinny być przywołane odpowiednio art. 138 ust. 2 i art. 153 ust. 1 PKE. Treść tego zarządzenia powinna być więc znowelizowana.

⁶ Ibidem

- c. anteny nieaktywne, o maksymalnym zysku 10 dBi, o dowolnej polaryzacji i dowolnej charakterystyce promieniowania,
 - d. maksymalna zastępcza moc promieniowana izotropowo dla stacji bazowej małej mocy przedstawiona została w tabeli 2 poniżej,
- 2) dla stacji średniej mocy:
- a. antena stacji bazowej zlokalizowana na zewnątrz budynku powinna być umieszczona nie wyżej niż 20 m nad poziomem ziemi,
 - b. anteny nieaktywne lub aktywne, o maksymalnym zysku 16 dBi, o dowolnej polaryzacji i dowolnej charakterystyce promieniowania,
 - c. maksymalna zastępcza moc promieniowana izotropowo dla stacji bazowej średniej mocy przedstawiona została w tabeli 2 poniżej,
- 3) dla stacji małej i średniej mocy:
- a. częstotliwości mogą być wykorzystywane w blokach częstotliwości o szerokości będącej wielokrotnością 10 MHz ciągłego widma (minimalna szerokość wykorzystywanego widma wynosi 10 MHz, a maksymalna 100 MHz),
 - b. maksymalna moc telekomunikacyjnego urządzenia końcowego 28 dBm TRP⁷,
 - c. wykorzystywanie częstotliwości przez urządzenie radiowe wymaga zastosowania pasma ochronnego w zakresie 3800-3840 MHz, z wyjątkiem przypadku, w którym urządzenie radiowe małej mocy jest wykorzystywane w lokalnej sieci telekomunikacyjnej zsynchronizowanej z publiczną ogólnokrajową siecią telekomunikacyjną wykorzystującą częstotliwości z zakresu 3700-3800 MHz,
 - d. wykorzystywanie częstotliwości przez urządzenie radiowe wymaga synchronizacji z już działającymi na danym obszarze urządzeniami wykorzystującymi częstotliwości z zakresu 3800-3900 MHz - w przypadku możliwości wystąpienia szkodliwych zakłóceń pracy tych urządzeń,
 - e. urządzenia telekomunikacyjne mogą pracować wyłącznie w samodzielnej wyodrębnionej sieci telekomunikacyjnej.

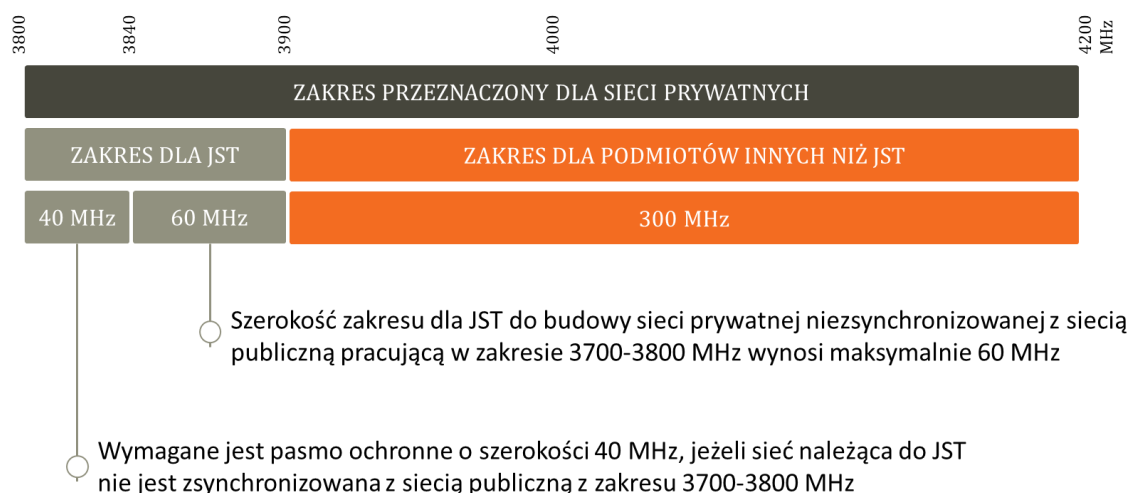
⁷ TRP – całkowita moc promieniowana

Tabela 2. Maksymalna zastępcza moc promieniowana izotropowo (equivalent isotropically radiated power, EIRP) dla stacji bazowych

Szerokość bloku częstotliwości (MHz)	Dla stacji małej mocy (dBm)	Dla stacji średniej mocy (dBm)
10	21	39
20	24	42
30	26	44
40	27	45
50	28	46
60	29	47
70	29	47
80	30	48
90	31	49
100	31	49

Podsumowując ograniczenia wynikające z treści zarządzenia, należy podkreślić kluczowe kwestie wpływające na zasięg oraz pojemność (przepustowość) prywatnych sieci 5G:

- ograniczenie wysokości zawieszenia anten do 10 m nad poziomem terenu dla stacji małej mocy i do 20 m nad poziomem terenu dla stacji średniej mocy ma istotny wpływ na zasięg sieci,
- ograniczenie mocy do maksymalnie 49 dBm (w kanale 100 MHz) ma również istotny wpływ na zasięg sieci,
- ograniczenie szerokości dostępnego pasma do 60 MHz dla sieci niesynchronizowanej z siecią publiczną w zakresie częstotliwości 3700-3800 MHz oznacza, że dla specyficznych zastosowań (np. kiedy w sieci prywatnej wymagana jest symetryczna przepływność w łączu w górę (uplink, UL) i w łączu w dół (downlink, DL)) pojemność sieci może być niewystarczająca,
- możliwość wykorzystania pełnego zakresu o szerokości 100 MHz wymusza synchronizację z siecią publiczną w zakresie częstotliwości 3700-3800 MHz i tym samym nakłada na sieć prywatną ustalony format ramki z proporcją około 80% czasu dla łącza w dół i 20% czasu dla łącza w górę i tym samym pojemność sieci może być niewystarczająca dla specyficznych zastosowań.



Rysunek 3. Podział zakresu częstotliwości przeznaczanego dla sieci prywatnych

2.3. Rozwój na świecie

Organizacja 3GPP, która odpowiada za standard techniczny sieci 5G NR (5G New Radio)⁸, a wcześniej za powszechnie używany standard LTE, rozpoczęła prace nad Release 15 (powszechnie stosowane w branży angielskie określenie „Release” oznacza wydanie, wersję standardu) pod koniec 2017 roku. Miała ona opisywać sieć 5G w pierwszej fazie, czyli sieć nie-autonomiczną (Non-Standalone, NSA), bazującą na sieci szkieletowej LTE. Zakres prac jednak rozszerzono także o architekturę autonomiczną (Standalone, SA), a intensywne prace trwały w 2018 roku i ostatecznie zostały zakończone w roku 2019. Wprowadzenie Release 15 można utożsamiać z rzeczywistym wejściem na rynek sieci 5G⁹. Obecnie w wielu krajach, w tym w Polsce, publiczne sieci 5G pracują w trybie NSA, opierając się o sieć szkieletową LTE. Jest to uzasadnione ekonomicznie, natomiast nie pozwala na wykorzystanie pełni możliwości, które wprowadza 5G.

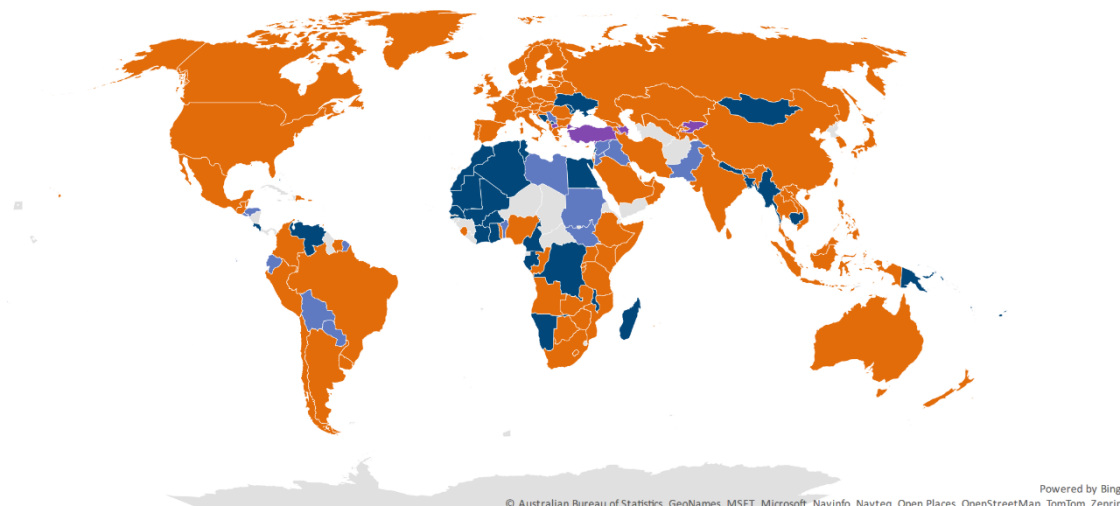
Zgodnie z raportem 5G-Standalone¹⁰ firmy GSA 617 operatorów na świecie inwestuje w sieci 5G (budowa, badania, wdrożenia testowe, itd.), z czego 143 operatorów w 61 krajach inwestuje w sieci 5G SA. Co najmniej 60 operatorów w 34 krajach na świecie uruchomiło już publiczne sieci 5G SA.

⁸ Równolegle w Europie za standard ten odpowiada Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych ETSI, który wprowadza na rynek normy odpowiadające normom 3GPP (normy ETSI i 3GPP noszą te same numery)

⁹ Normy w wersji Release 15 są obecnie obowiązujące, np. ostatnia norma dotycząca stacji bazowych systemu 5G NR wydana była w 2023 r. (ETSI EN 301 908-24 V15.1.1) natomiast specyfikacje techniczne dotyczące systemów 5G NR były w kolejnych latach rozwijane i od 2024 r. obowiązuje wersja Release 18 – np. specyfikacja dotycząca nadawania i odbioru przez stację bazową 5G NR (ETSI TS 138 104 V18.5.0)

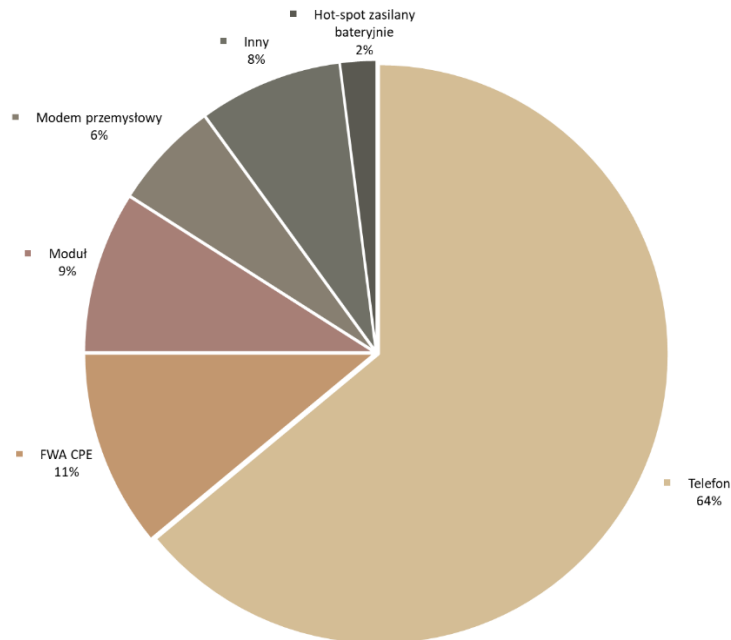
¹⁰ GSA, 5G-Standalone September 2024 - Updated, 2024, <https://gsacom.com/paper/5g-standalone-september-2024/> (dostęp: 13.11.2024)

■ Wdrożenie planowane/testowe ■ 5G wdrożone, dostępne komercyjnie ■ 5G wdrożone przedkomercyjnie ■ 5G wdrożone częściowo



Rysunek 4. Kraje i terytoria, na terenie których zidentyfikowano operatorów inwestujących w sieci 5G (GSA¹¹)

W raporcie 5G-Standalone opublikowano także informację o 659 organizacjach na świecie, które budują sieci 5G, w tym 82 organizacje budują sieci 5G SA. Przedstawiono również wzrost w liczbie dostępnych urządzeń końcowych gotowych do pracy w sieciach 5G SA. W marcu 2024 zidentyfikowano na rynku dostępne 1535 modeli urządzeń, co oznacza wzrost rynku o 41% w stosunku do końca 2022 roku, kiedy zidentyfikowano 1087 dostępnych modeli urządzeń 5G SA. Podział urządzeń ze względu na typ przedstawiono na rysunku poniżej.



Rysunek 5. Komercyjnie dostępne urządzenia 5G SA z podziałem na typ (GSA¹²)

¹¹ GSA, 5G-Market Snapshot November 2024, 2024, <https://gsacom.com/paper/5g-market-snapshot-november-2024/> (dostęp: 13.11.2024)

¹² GSA, 5G-Standalone September 2024 - Updated, 2024, <https://gsacom.com/paper/5g-standalone-september-2024/> (dostęp: 13.11.2024)

W większości krajów na świecie publiczne sieci 5G zostały już uruchomione komercyjnie. Coraz większa liczba operatorów (głównie w Europie) pracuje nad wdrożeniem sieci 5G SA. Ciągły wzrost uruchamianych i testowanych sieci oraz liczby urządzeń końcowych z możliwością pracy w sieci 5G SA, pokazuje, że rozwiązania to jest dojrzałe i gotowe do wdrożenia w obszarze sieci prywatnych.

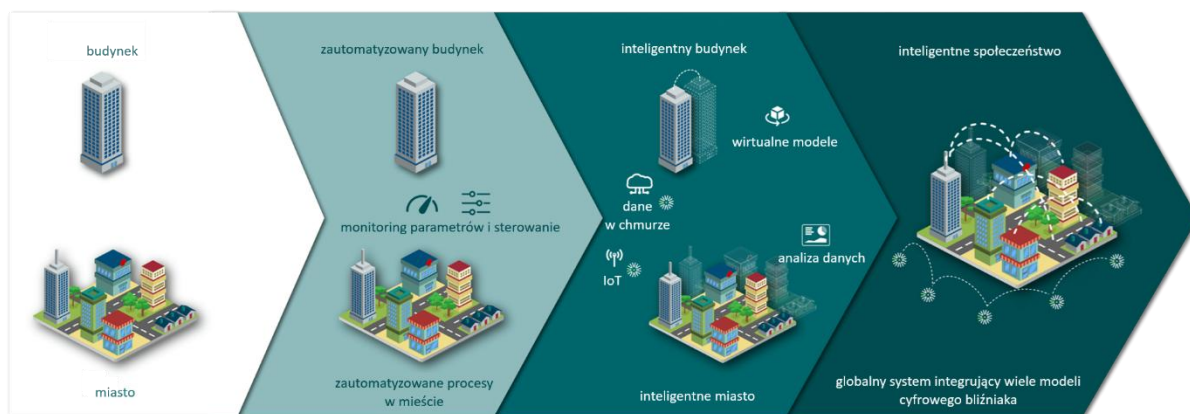
2.4. Przykładowe scenariusze

W niniejszym rozdziale omówiono najważniejsze przypadki użycia sieci 5G, które ilustrują, jak nowoczesna infrastruktura telekomunikacyjna może wspierać rozwój miast. Skoncentrowano się na przykładach praktycznego zastosowania. Każdy z przykładów może być składową inteligentnego miasta, natomiast pełne wykorzystanie potencjału sieci 5G wymaga odpowiedniego dostosowania oraz połączenia wielu przypadków użycia na danym obszarze.

Rozwój sieci 5G umożliwia wdrożenie zaawansowanych rozwiązań technologicznych dzięki możliwości przesyłania dużych ilości danych w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego. Każdy z przedstawionych scenariuszy zakłada wykorzystanie sieci 5G. Istotne jednak jest zapewnienie odpowiedniej infrastruktury serwerowej i wykorzystanie dedykowanych aplikacji wspomagających analizę danych pochodzących z urządzeń końcowych. Pojedyncze systemy dostarczające i analizujące dane mogą posłużyć także do zbudowania modelu cyfrowego bliźniaka¹³ dla miasta.

Cyfrowy bliźniak miasta może funkcjonować jako zaawansowane narzędzie planistyczne, które łączy dane z czujników rozmieszczonych w całym mieście z zaawansowanym przetwarzaniem danych, opartym o algorytmy sztucznej inteligencji. Dzięki temu zarządzający miastem mogą prognozować skutki wprowadzenia zmian (np. zamknięcie skrzyżowania na czas przebudowy, zmiana przebiegu linii autobusowej), przewidywać potrzeby w zakresie utrzymania infrastruktury, a nawet modelować przypadki sytuacji kryzysowych. Technologia ta zwiększa przejrzystość procesów decyzyjnych i umożliwia tworzenie efektywnych strategii zarządzania miastem.

¹³ Internet rzeczy, cyfrowe bliźniaki i AI, czyli o przyszłości miast inteligentnych, <https://www.gov.pl/web/wuf11/internet-rzeczy-cyfrowe-blizniaki-i-ai-czyli-o-przyszlosci-miast-inteligentnych> (dostęp: 20.12.2024)



Rysunek 6. Koncepcja rozwoju w kierunku cyfrowego bliźniaka (Sensative ¹⁴)

2.4.1. System zarządzania odpadami

Gospodarka odpadami w miastach boryka się z wieloma problemami. Często proces odbioru odpadów nie jest optymalny, co może powodować dodatkowe koszty, gromadzeniem się nadmiarowych ilości odpadów w przydomowych oraz publicznych koszach na śmieci. Równie często możemy spotkać się z tym, że mieszkańcy nie przykładają należytej wagi do procesu sortowania, co za tym idzie, do pojemników przeznaczonych na konkretny typ odpadów trafiają takie, które nie powinny się tam znaleźć. Analiza przeprowadzona od wiosny 2022 do wiosny 2023 przez naukowców z Politechniki Wrocławskiej wykazała, że średnio 68% odpadów trafiających do śmieci zmieszanych, można byłoby poddać recyklingowi¹⁵.

Wprowadzenie systemu zarządzania odpadami może nieść za sobą wiele korzyści, w tym:

- optymalizacja tras przejazdu pojazdów komunalnych pozwala zmniejszyć zużycie paliwa, zredukować czas przejazdu i obniżyć koszty działalności oraz zwiększyć częstotliwość odbioru odpadów w punktach, gdzie jest to najbardziej potrzebne; przykładem rozwiązania jest odbiór śmieci z przystanków komunikacji publicznej – zamiast angażować pracowników do sprawdzenia zapełnienia każdego z koszy, mogą oni korzystać z nawigacji pomiędzy pojemnikami wymagającymi opróżnienia,
- ekologia i zrównoważony rozwój – w związku z optymalizacją tras przejazdu i zmniejszeniem liczby pojazdów na trasach odbioru odpadów możliwe jest ograniczenie emisji CO₂,
- szczegółowy monitoring i analiza wytwarzanych odpadów – pomogą wypracować rozwiązania, które przyczynią się do zapobiegania marnowania zasobów (energia, żywność, tworzywa sztuczne), a dodatkowo pozyskane informacje mogą posłużyć do przygotowania materiałów instruktażowych dotyczących efektywniejszych metod segregacji i kompostowania w celu promowania gospodarki obiegu zamkniętego, zwiększenia ilości odpadów poddanych recyklingowi i odciążenia składowisk odpadów,

¹⁴ Sensative, Digital Twin, <https://sensative.com/iot-use-cases-by-sensative/digital-twin/> (dostęp: 20.12.2024)

¹⁵ Redakcja portalu www.wroclaw.pl, Kampania Odpadowa – Segregacja Odpadów we Wrocławiu!, <https://www.wroclaw.pl/zielony-wroclaw/segregacja-odpadow-we-wroclawiu> (dostęp: 21.10.2024)

- transparentność i zaangażowanie społeczne – dzięki zgromadzonym informacjom o efektywności sortowania odpadów przez mieszkańców możliwe jest kontrolowanie jakie odpady trafiają do poszczególnych pojemników, a w przypadku niewłaściwego sortowania istnieje możliwość skupienia uwagi mieszkańców na kluczowych problemach,
- integracja z innymi systemami zarządzania miastem – pozwala koordynować działania w celu zrównoważonego rozwoju miasta, a także dostarczać niezbędne informacje do systemów raportowania lub do cyfrowego bliźniaka,
- poprawa jakości życia mieszkańców – monitorowanie pojemników na odpady w czasie rzeczywistym pozwala ograniczyć zanieczyszczenie ulic i parków oraz poprawić estetykę przestrzeni miejskiej,
- edukacja i świadomość – platformy i aplikacje pozwalają w prostszy sposób informować mieszkańców o najlepszych praktykach zarządzania odpadami, a także dostosowywać i personalizować treści komunikatów, aby wspierać każdego mieszkańców w obszarach, które wymagają jego największej uwagi.

2.4.2. Opieka zdrowotna

Opieka medyczna powinna być łatwo dostępna i efektywna. Często jednak dochodzi do sytuacji, że placówki medyczne nie są dostatecznie dobrze wyposażone lub brakuje wykwalifikowanego personelu. Wyzwaniem jest także opieka nad pacjentami w obliczu epidemii, co pokazała pandemia Covid-19. Ponadto zarządzanie danymi medycznymi, mimo postępu technologicznego, jest często przestarzałe i nieefektywne, a różne systemy wewnątrz jednej placówki nie są ze sobą zintegrowane. Istotną kwestią jest także starzenie się społeczeństwa, co prowadzi do zwiększonego zapotrzebowania na świadczenia medyczne.

Wprowadzenie inteligentnych rozwiązań opartych na sieci prywatnej 5G pozwala usprawnić funkcjonowanie opieki medycznej poprzez:

- zdalny monitoring pacjentów – przy pomocy bezprzewodowych czujników, zainstalowanych na ciele lub odzieży pacjenta, dane dotyczące parametrów zdrowotnych mogą być wysyłane do lekarzy w czasie rzeczywistym, a systemy wspomagania decyzji mogą generować alarmy dotyczące stanu konkretnych pacjentów,
- rozwiązania autonomiczne – wózki dostarczające pacjentom leki do łóżek, czy drony przenoszące leki mogą wspomagać personel medyczny i ograniczać ryzyko pomyłek,
- optymalizacja wykorzystania zasobów – możliwe staje się śledzenie i inwentaryzacja zasobów medycznych, możliwa jest szybsza reakcja na potrzeby pacjentów i personelu,
- wykorzystanie rozszerzonej / wirtualnej rzeczywistości – szpitale kliniczne realizują także misję kształcenia personelu medycznego, który może ćwiczyć i podejmować decyzje posiadając pełną wiedzę o pacjentach oraz otrzymywać wskazówki od wirtualnego mentora.

2.4.3. Komunikacja miejska

Wiele miast ma problem z dużym natężeniem ruchu, zatłoczeniem ulic i powstawaniem korków. Transport publiczny ma na celu zmniejszenie tego obciążenia, jednak często okazuje się niewystarczający – pojazdy komunikacji miejskiej kursują rzadko lub niepunktualnie, co zniechęca mieszkańców. Niedostateczna koordynacja oraz trudności w monitorowaniu i optymalizacji tras stanowią poważne wyzwania w zarządzaniu ruchem miejskim. Duża liczba pojazdów oraz dynamicznie zmieniające się warunki drogowe utrudniają sprawne zarządzanie flotą i reagowanie na awarie czy nagłe zdarzenia. Tradycyjne systemy zarządzania transportem okazują się zbyt mało elastyczne i zbyt wolne, aby sprostać obecnym i przyszłym.

Zwiększając ilość gromadzonych informacji oraz wdrażając systemy wykorzystujące sztuczną inteligencję, można osiągnąć szereg korzyści:

- optymalizacja priorytetów w czasie rzeczywistym – automatyczne systemy zarządzania mogą na bieżąco monitorować warunki drogowe, zatory oraz opóźnienia i dynamicznie dostosowywać priorytety na skrzyżowaniach, aby umożliwić dotarcie każdego z pojazdów transportu miejskiego na czas,
- zwiększenie bezpieczeństwa pasażerów – monitorowanie parametrów technicznych, raportowanie awarii, wykrywanie nietypowego zachowania (długi postój, zjechanie z wyznaczonej trasy, hamowanie awaryjne),
- automatyczne raportowanie – wszystkie informacje związane ze stanem pojazdu, zapełnieniem, niebezpiecznymi sytuacjami mogą być automatycznie raportowane do dyspozytora, który podejmie decyzję o dalszych krokach,
- redukcja emisji spalin – dzięki lepszej koordynacji tras, upłynnieniu ruchu, pojazdy transportu miejskiego mogą unikać zatorów, co prowadzi do mniejszego zużycia paliwa i obniżenia emisji zanieczyszczeń,
- poprawa zadowolenia – dane z pojazdów mogą być przekazywane do aplikacji mobilnych, które na bieżąco pokazują pasażerom informacje o planowanej godzinie przyjazdu, trasie podróży czy dostępności miejsc w pojazdach,
- zwiększona elastyczność systemu – szybkie dostosowanie się do zmieniających się warunków miejskich, takich jak wypadki drogowe, imprezy masowe czy zmiany w liczbie pasażerów,
- gromadzenie danych statystycznych – które wraz z wykorzystaniem sztucznej inteligencji pomogą przewidywać awarie pojazdów, zapełnienie pojazdów w okolicach imprez masowych oraz wyszukiwać najlepsze trasy zastępcze.

2.4.4. Zarządzanie zielenią miejską

Miasta stawiają coraz częściej na rozwój terenów zielonych w celu poprawy jakości powietrza, utworzenia stref w których mieszkańcy mogą spędzać wolny czas, ale także by zwiększyć estetykę i poprawić termikę miejską i ułatwić odprowadzanie nadmiaru wody po intensywnych opadach deszczu. Aby utrzymać zielenią miejską w należytej kondycji niezbędne jest

zatrudnienie odpowiedniej liczby personelu. W celu ułatwienia pracy i poprawy wydajności możliwe jest wdrożenie inteligentnego systemu zarządzania. Dzięki takiemu rozwiązaniu można w czasie rzeczywistym monitorować wilgotność gleby, temperaturę i jakość powietrza, stopień nasłonecznienia i na podstawie zebranych danych efektywniej zarządzać systemami automatyki służącej do opieki nad roślinami w celu ich optymalnego wzrostu. Prywatna sieć 5G zapewnia szybką komunikację pomiędzy siecią czujników a urządzeniami automatyki służącymi do obsługi terenów zielonych.

Do korzyści dla JST oraz mieszkańców możemy zaliczyć takie czynniki jak:

- ekologiczne zarządzanie zasobami – oszczędność wody, prądu i redukcja emisji CO₂,
- wczesne rozpoznawanie chorób roślin – pozwoli na wczesną reakcję i tym samym uniknięcie rozprzestrzeniania się chorób oraz konieczności ponoszenia dużych nakładów na wymianę roślin,
- redukcja kosztów – automatyczne systemy pozwalają zmniejszyć nakład ludzkiej pracy i zapewnić odpowiednie dozowanie wody co przekłada się na niższe koszty,
- szybka reakcja na zagrożenia – dzięki czujnikom i danym przesyłanym w czasie rzeczywistym możliwa jest szybka reakcja na suszę lub przelanie oraz innych zagrożeń dla rozwoju roślin,
- wykrywanie kradzieży roślin – zintegrowane systemy monitoringu mogą szybko alarmować odpowiednie służby o kradzieżach,
- raportowanie – pracownicy wyposażeni w smartfony z aplikacją miejską mogą na bieżąco m.in. przysyłać informacje o potrzebnych do przeprowadzenia pracach, prowadzić i przysyłać dokumentację zdjęciową, oceniać rzeczywiste wyniki wdrożenia zautomatyzowanych działań.

2.4.5. Wykorzystanie dronów

Obecnie drony wykorzystywane są w wielu miastach Polski przez jednostki samorządu terytorialnego oraz służby im podległe. Pełnią one służbę w straży miejskiej, gdzie wspomagają strażników w badaniu składu dymu z kominów, są wykorzystywane przez miejskie wydziały komunikacji do inwentaryzacji infrastruktury drogowej oraz precyzyjnych inspekcji w miejscach trudno dostępnych dla człowieka. Drony wyposażać można także w taki osprzęt, jak np. kamera termowizyjna, lidar, czujniki cząstek stałych zawieszonych w powietrzu lub wysokiej kamery o wysokiej rozdzielczości.

Drony połączone z wykorzystaniem sieci 5G mogą odbywać autonomiczne loty¹⁶ i w czasie rzeczywistym przysyłać dane do serwerów, gdzie zostaną poddane dalszej analizie. Z wykorzystaniem odpowiednich aplikacji możliwe staje się automatyczne informowanie operatora o wynikach przeprowadzonego badania jeszcze podczas pobytu w terenie. Ogranicza to konieczność wielokrotnego prowadzenia pomiarów, umożliwia informowanie o wynikach

¹⁶ Przed rozpoczęciem użytkowania dronów należy przeprowadzić analizę prawną w zakresie regulacji lotniczych

inspekcji w czasie rzeczywistym, a także automatyczne generowanie odpowiednich raportów, alarmów i ostrzeżeń. Do przykładowych aplikacji dronów możemy zaliczyć:

- pomiar jakości powietrza z automatycznym raportowaniem do systemu miejskiego,
- wyszukiwanie ofiar katastrof wspomagane przez sztuczną inteligencję,
- pomiar jakości dymu z kominów z bezpośrednim informowaniem operatora,
- badanie efektywności energetycznej budynków wraz ze wspomaganiem komputerowo generowaniem map strat ciepła,
- monitoring i automatyczne wykrywanie niepożądanych zdarzeń oraz przesyłanie alarmów np. jednostkom zabezpieczającym wydarzenia masowe,
- inwentaryzacja infrastruktury miejskiej,
- analiza stanu drzewostanu i pozostałej zieleni miejskiej,
- tworzenie map powodziowych,
- szczegółowe inspekcje budynków, mostów, masztów bez konieczności pracy na wysokościach,
- analiza ruchu drogowego,
- przygotowanie dokumentacji fotograficznej obszaru inwestycji.

W przypadku wykorzystania dronów do tego typu rozwiązań należy także wziąć pod uwagę restrykcje związane z wykorzystaniem komercyjnych bezzałogowych statków powietrznych w przestrzeni powietrznej. W kontekście operowania dronami na terenie gminy, istotne jest wykorzystanie trybu działania drona poza strefą bezpośredniej widoczności (BVLOS), który pozwala na znaczne oddalenie drona od punktu sterowania i kontrolę jego działania wyłącznie za pomocą podglądu z kamer lub odpowiedniego oprogramowania. Kluczową zaletą trybu BVLOS jest możliwość automatyzacji lotu, co oznacza, że można zaplanować trasę drona na określonym obszarze i jedynie monitorować, czy realizuje on swoje zadanie. Loty BVLOS są dzięki temu bardziej efektywne w zadaniach wymagających wysokiej precyzji i jakości wykonania.

2.4.6. Bezpieczeństwo

Bezpieczeństwo jest zawsze kluczowym aspektem. Dotyczy to zarówno bezpieczeństwa mieszkańców, jak i infrastruktury, szczególnie tej o znaczeniu krytycznym. Istnieje wiele systemów monitorowania bezpieczeństwa – można wymienić systemy monitorujące zagrożenie pożarowe w budynkach, systemy wykrywania wycieków, systemy wykrywania trujących gazów, a także systemy bezpieczeństwa powodziowego. Warto wspomnieć także o systemach monitorowania infrastruktury energetycznej, które pozwalają zapobiegać awariom, przeciążeniom i zagrożeniom pożarowym. Stosowane są także systemy wykrywające wstrząsy i drgania w budynkach, a w szczególności w infrastrukturze przenoszącej duże obciążenia jak mosty, tunele i wiadukty. Sieci 5G umożliwiają przekazywanie informacji z systemów bezpieczeństwa w czasie rzeczywistym, co skraca czas konieczny do podjęcia reakcji na zagrożenie.

Do korzyści dla JST oraz mieszkańców możemy zaliczyć takie czynniki jak:

- integracja wielu systemów i centralne zarządzanie pozwala na szybką reakcję na zagrożenie,
- systemy monitorujące i alarmujące pozwalają odpowiednio wcześniej wykryć zagrożenie i dzięki temu możliwe jest zminimalizowanie szkód.

2.4.7. Szkoły

W przypadku szkolnictwa wdrożenie sieci prywatnych 5G niesie ze sobą duże możliwości. Uczniowie, nauczyciele oraz pomieszczenia dydaktyczne mogą zostać wyposażone w urządzenia zintegrowane w jeden system. Tego typu rozwiązania pozwalają także na personalizowany model edukacji, dostosowując materiał do indywidualnych potrzeb. Uczniowie zyskują także dostęp do materiałów interaktywnych i mogą współpracować nad projektami na zasadzie zdalnego współdzielenia plików. Sieć 5G pozwala także na inne realizacje dodatkowych materiałów edukacyjnych takich jak interaktywne tablice i wirtualne laboratoria z wykorzystaniem takich technologii jak wirtualna rzeczywistość (VR) i rzeczywistość rozszerzona (AR). Dodatkowo dostęp do sieci 5G pozwala na obsługę urządzeń pomiarowych, zdalnego sterowania robotów czy drukarek 3D co otwiera możliwości edukacji praktycznej oraz projektowania.

Do korzyści dla JST oraz mieszkańców możemy zaliczyć takie czynniki jak:

- personalizacja – spersonalizowane zadania wybrane przez wirtualnego asystenta, dostosowane do indywidualnych potrzeb w zależności od poczynionych postępów przez ucznia,
- wideokonferencje i interaktywne zajęcia na żywo – możliwość nauki w nowoczesnym środowisku, dostosowanym do przyszłych wyzwań zawodowych,
- dostęp do materiałów – łatwość odnajdywania i przeglądania materiałów cyfrowych oraz możliwość współdzielenia plików pozwala łatwiej poszukiwać interesujących informacji,
- wirtualna rzeczywistość (VR) i rzeczywistość rozszerzona (AR) pozwalające rozszerzyć możliwości konwencjonalnego przekazywania wiedzy z wykorzystaniem immersji, dzięki czemu uczniowie mogą uczestniczyć w praktycznych zajęciach, w wirtualnych laboratoriach,
- efektywniejsze zarządzanie szkołą – monitoring, sterowanie oświetleniem oraz systemami ogrzewania, klimatyzacji i wentylacji mogą zostać zoptymalizowane przy wykorzystaniu centralnego systemu.

2.4.8. Systemy parkingowe

Ruch samochodowy wiąże się z koniecznością pozostawienia samochodu na parkingu. Wszystkie duże miasta w Polsce rozwijają strefy płatnego parkowania. Wiele mniejszych miast również podąża tą drogą. Pomimo wprowadzenia opłat parkingi często są oblegane, a kierowcy, szukający miejsc parkingowych, często przemierzają nadmiarowe kilometry w poszukiwaniu wolnego stanowiska. Tym samym powodują dodatkowy ruch, spalają dodatkowe

paliwo i tracą czas, który mogliby poświęcić na realizację potrzeb i wcześniejsze opuszczenie centrum miasta. Rozwiązaniem, które może wspomóc kierowców są inteligentne systemy parkingowe, wyposażone w monitoring liczby wolnych miejsc. Informacja o wolnych miejscach może pochodzić z miejskiego monitoringu (poddany analizie obraz z kamer) lub z czujników zainstalowanych bezpośrednio na miejscach parkingowych, a następnie może zostać udostępniona mieszkańcom w dedykowanej aplikacji. Chcąc zaparkować w najdogodniejszej lokalizacji, użytkownik aplikacji może wskazać adres docelowy swojej podróży, a aplikacja poprowadzi go do najbliższego wolnego parkingu. Jeżeli parking zostanie zajęty lub pojawi się możliwość zaparkowania w dogodniejszej lokalizacji, to użytkownik może zostać o takiej możliwości poinformowany lub automatycznie przekierowany. Dodatkowo, parkometry wyposażone w panele solarne i dołączone do sieci 5G, nie potrzebują dodatkowego okablowania.

Do zalet takiego rozwiązania możemy zaliczyć:

- redukcję ilości spalin – mniejsza liczba niepotrzebnie przejechanych kilometrów to mniejsza ilość spalin,
- wzrost zadowolenia mieszkańców – prowadzenie do dostępnego parkingu oszczędza czas i zwiększa wygodę,
- integracja systemów – parkometry, aplikacja mobilna do zakupu biletów, urządzenia kontrolerów, automatyczny odczyt numerów rejestracyjnych z wykorzystaniem kamer i inne urządzenia bazują na jednym systemie.

2.4.9. Rozmowy głosowe i wideo rozmowy

Komunikacja między pracownikami jest ważnym elementem działania różnych służb miejskich. W przypadku jednostek samorządu terytorialnego: gmin, miast i wsi istnieje potrzeba zapewnienia komunikacji między władzami a służbami i innymi zespołami operacyjnymi. W zależności od potrzeb wymagana może być możliwość transmisji dużej ilości danych lub materiałów wideo o wysokiej rozdzielczości, bądź szybkiej i niezawodnej komunikacji głosowej. Rozwiązania typu „push to voice”, „push to video” to przykłady rozwiązań wykorzystujących specjalne terminale, pozwalające na natychmiastowe rozpoczęcie transmisji możliwe do implementacji w prywatnej sieci 5G. Tego typu rozwiązania komunikacyjne umożliwiają pracownikom natychmiastowe nawiązanie komunikacji głosowej bez potrzeby wybierania numeru, co jest istotne w sytuacjach wymagających szybkiej reakcji, ułatwia to także koordynację działań w czasie rzeczywistym oraz skraca czas potrzebny na komunikację. Natychmiastowe transmisje wideo, są przydatne w sytuacjach, gdzie wizualne potwierdzenie lub inspekcja są niezbędne, np. w zdalnej diagnostyce obiektów. Pozwala to także na zdalne wsparcie zespołu w terenie przez ekspertów znajdujących się w odległym miejscu. Sieci prywatne 5G zapewniają duże bezpieczeństwo danych, co jest istotne w komunikacji, gdzie poufność jest priorytetem. Tego typu rozwiązania są często stosowane w sytuacjach wymagających niezawodności i natychmiastowych reakcji, jednak znajdują także wykorzystanie przy codziennych pracach. W przypadku gmin pozwala to w skuteczny sposób skomunikować ze sobą na

przykład pracowników wodociągów i kanalizacji, służb porządkowych i prowadzących prace serwisowe na terenie gminy, a także inne niezależne podmioty jak dostawców energii elektrycznej, leśników i inne organizacje, które zazwyczaj pracują w terenie. Pozwala to na łatwiejsze i efektywniejsze zarządzanie i monitoring poszczególnych sektorów gminy.

2.4.10. Monitoring miejski

System monitoringu miejskiego umożliwia analizowanie w czasie rzeczywistym sytuacji, które dzieją się na ulicach miasta. Dzięki zaawansowanym technikom uczenia sztucznej inteligencji system ten może wykrywać podejrzanе zachowania lub sytuacje. Przykładowo analiza obrazu z kamer może pomóc w identyfikacji niebezpiecznych zachowań w przestrzeni publicznej. System taki jest również w stanie przewidywać potencjalne zagrożenia poprzez analizę trendów i anomalii w zachowaniu ludzi lub pojazdów, co umożliwia szybsze i bardziej precyzyjne reagowanie służb miejskich na ewentualne incydenty. Dzięki zastosowaniu sztucznej inteligencji, monitoring miejski nie tylko wykrywa potencjalne zagrożenia, ale także dostarcza informacji, które mogą posłużyć do planowania działań prewencyjnych, poprawiając tym samym bezpieczeństwo oraz komfort życia mieszkańców.

Do korzyści dla JST oraz mieszkańców możemy zaliczyć takie czynniki jak:

- monitorowanie w czasie rzeczywistym – monitoring miejski pozwala przysyłać obraz i dane w czasie rzeczywistym, co pozwala na natychmiastową reakcję w sytuacjach takich jak włamania, wandalizm, pożar czy wypadek drogowy,
- optymalizacja zasobów – zapisując nagrania tylko w przypadku wykrycia ruchu lub innych zdarzeń, można zaoszczędzić zasoby dyskowe na serwerach,
- integracja z innymi systemami bezpieczeństwa – każdy system może być zintegrowany z innymi systemami bezpieczeństwa w tej samej sieci prywatnej, tworząc kompleksową platformę monitorowania i zarządzania bezpieczeństwem,
- szybka reakcja na zagrożenia – system wspierający monitoring miejski może automatycznie generować powiadomienia w razie wykrycia podejrzanых zdarzeń,
- poprawa bezpieczeństwa w przestrzeni publicznej oraz prywatnej – wzmożony nadzór i inteligentna analiza pozwalają na skuteczniejsze zapobieganie przestępczości, zarówno w miejscach publicznych, jak i na terenie prywatnych posesji czy w zakładach pracy.

2.4.11. FWA - usługi stałego bezprzewodowego dostępu do Internetu

Stały dostęp bezprzewodowy (Fixed Wireless Access, FWA) to technologia łączności bezprzewodowej, która zapewnia dostęp szerokopasmowy do konkretnego użytkownika, takiego jak szkoła, przedsiębiorstwo miejskie czy urząd. Umożliwia tym użytkownikom podłączenie się do sieci i korzystanie z szybkiego Internetu za pomocą sieci 5G, bez potrzeby stosowania fizycznych przewodów. Jednak dostęp FWA uruchomiony w rozpatrywanym tutaj zakresie częstotliwości 3800-4200 MHz nie może służyć np. do dostarczania Internetu dla szkół ze względu na

ograniczenia wprowadzone w planie zagospodarowania częstotliwości¹⁷, które nie zezwalają na świadczenia usług telekomunikacyjnych, oraz rozszerzania zasięgu lub pojemności publicznej sieci telekomunikacyjnej. FWA może stanowić natomiast elastyczne i efektywne kosztowo rozwiązanie do monitorowania i zarządzania zasobami w wielu jednostkach i spółkach podległym JST.

FWA sprawdza się również w sytuacjach, gdzie konieczne jest szybkie i tymczasowe dostarczenie łączności. Dotyczy to m.in. organizacji wydarzeń kulturalno-sportowych, targów, festynów czy imprez plenerowych, gdzie w krótkim czasie należy zapewnić wysokiej jakości połączenie na potrzeby organizacji wydarzenia. Technologia ta może być również wykorzystywana w sytuacjach, gdy jednostki samorządowe przenoszą swoją działalność do tymczasowych lokalizacji, np. w trakcie remontu budynków urzędowych.

2.5. Zrealizowane wdrożenia

W rozdziale przedstawiono przykłady wdrożeń systemów z obszaru inteligentnego miasta. Są to rozwiązania, które zyskują coraz większą popularność i coraz więcej przedsiębiorstw, zakładów, placówek naukowych i medycznych a także miast i całych regionów decyduje się na ich wdrożenie. Niektóre z przedstawionych poniżej wdrożeń oparte są o inny rodzaj łączności niż sieć 5G, ponieważ realizowane były w latach wcześniejszych. Obecnie istnieją jednak odpowiednie możliwości techniczne, aby rozwiązania te zaimplementować z wykorzystaniem technologii 5G.

2.5.1. Sieć 5G w przedsiębiorstwie Lufthansa Technik AG

Przykładem prywatnej sieci jest uruchomiona od 2020 roku na terenie zakładu Lufthansa Technik AG w Hamburgu w Niemczech sieć 5G. Innowacyjnym rozwiązaniem pozwalającym znacznie zoptymalizować pracę było wprowadzenie VTI (Virtual Table Inspection) – narzędzia, które pozwoliło na zdalne uczestnictwo klientów w przeglądach silnika bez konieczności podróżowania do Hamburga. Transmisja wideo pozwala w czasie rzeczywistym komunikować się z mechanikami, którzy wykonują prace konserwacyjne, dzięki czemu możliwa jest inspekcja uszkodzonych komponentów w wysokiej rozdzielczości. Usługa VTI została także zintegrowana z cyfrowym rozwiązaniem do zarządzania flotą samolotów AVIATR. Ten przykład pokazuje, że tego typu rozwiązania zwiększające automatyzację procesów w zakładach przemysłowych możliwe są także do wdrożenia w przedsiębiorstwach znajdujących się na terenie gminy, w której zostanie uruchomiona prywatna sieć 5G. Szczególnie duże możliwości dają rozwiązania oparte na transmisji obrazu wysokiej rozdzielczości w czasie rzeczywistym takie jak VTI, które równie dobrze można wykorzystać na terenie miasta do monitoringu w celu optymalizacji ruchu ulicznego, zwiększenia bezpieczeństwa czy zarządzania energią. Spółki

¹⁷ Zarządzenie Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 14 września 2023 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800-4200 MHz

miejskie mogą wykorzystać podobne rozwiązania do celów zdalnej inspekcji stanu infrastruktury bądź pojazdów.

Główne korzyści:

- ograniczenie podróży,
- oszczędność czasu i kosztów,
- skrócenie czasu napraw i podjęcia decyzji dotyczących zamówień,
- poprawa wydajności funkcjonowania firmy,
- ciągłość świadczenia usług,
- szybsza i bardziej stabilna komunikacja wewnątrz zakładu,
- automatyzacja procesów i robotyzacja,
- poprawa bezpieczeństwa.

2.5.2. Toyota Material Handling – 5G w fabryce

W głównym kompleksie produkcyjnym Toyota Material Handling produkującym wózki widłowe w miejscowości Columbus, w stanie Indiana w Stanach Zjednoczonych w 2023 r. została uruchomiona we współpracy z firmą Ericsson prywatna sieć 5G¹⁸. Przed wdrożeniem tej sieci w powyższym obiekcie polegano na tradycyjnych rozwiązaniach Wi-Fi w zakresie łączności, jednak powszechne były zakłócenia i utrata łączności. Po uruchomieniu sieci 5G uzyskano poprawę wydajności i bezpieczeństwa a także przeprowadzono badania w kierunku możliwości wykorzystania autonomicznych pojazdów na obszarze fabryki. Obecnie łączność o znaczeniu krytycznym skoncentrowana wewnątrz pomieszczeń tego obiektu obejmuje powierzchnię około 20 000 m². Przykład stosowania autonomicznych pojazdów i automatyzacji systemów świetnie przekłada się na miejskie realia, gdzie możliwe jest wdrożenie autonomicznej komunikacji miejskiej oraz inteligentnych systemów zarządzania ruchem, które automatycznie dostosowują sygnalizację świetlną, informują o miejscach parkingowych czy omijaniu korków, co zmniejsza czas podróży.

Główne korzyści:

- zwiększenie produktywności,
- optymalizacja zarządzania flotą,
- poprawa komunikacji,
- szybsze dostawy,
- bezpieczeństwo środowiska danych,
- lepsze morale pracowników,
- wsparcia dla rozszerzone rzeczywistości AR w procesach serwisowych i szkoleniowych,
- zwiększenie bezpieczeństwa pracy,

¹⁸ Ericsson, Toyota Material Handling transforms production operations with Ericsson Private 5G, <https://www.ericsson.com/en/news/2024/2/toyota-material-handling-transforms-production-operations-with-ericsson-private-5g> (dostęp: 20.12.2024)

- wsparcie dla technologii autonomicznych.

2.5.3. Tampere – pierwsze miasto z prywatną siecią 5G w Finlandii

Miasto Tampere w Finlandii, przy współpracy z EDZCOM i Signify, wykonało wdrożenie pierwszej sieci prywatnej 5G dla miasta w Finlandii¹⁹. Realizacja tego projektu była możliwa dzięki wykorzystaniu rodzimej infrastruktury oświetleniowej co jest ekonomicznym rozwiązaniem pozwalającym na zbudowanie gęstej sieci na rozległym obszarze. Głównym stawianym celem była wizja, aby uczynić miasto lepszym miejscem dla obywateli do życia i pracy. Ideą było wykorzystanie danych do przeprowadzenia analiz predykcyjnych i poznawczych w celu sprawdzenia w jaki sposób sieci takie mogą ułatwić mieszkańcom miasta codzienne funkcjonowanie. Praktycznym testem wykorzystania potencjału sieci prywatnej były Mistrzostwa Świata w Hokeju na Lodzie w 2022 roku, podczas których drożono szereg udogodnień celem ulepszenia jakości usług i uzyskania poprawę bezpieczeństwa dla mieszkańców. Przykład ten doskonale obrazuje wachlarz korzyści – wynikających z wdrożenia prywatnej sieci 5G – dla władz, mieszkańców, ale i lokalnych przedsiębiorców.

Główne korzyści:

- umożliwienie miastom poprawy kwestii społecznych gospodarczych, środowiskowych,
- ograniczenie emisji dwutlenku węgla,
- ochrona zdrowia i życia,
- poprawa bezpieczeństwa i usług publicznych,
- przygotowanie miasta na wdrożenie autonomicznego systemu transportu,
- szybsze wdrożenie sieci 5G,
- rozwój przemysłu i innowacje w sektorze produkcyjnym,
- rozwój telemedycyny i opieki zdrowotnej,
- rozwój turystyki i sektora rozrywkowego.

2.5.4. Testy prywatnej sieci 5G w infrastrukturze przemysłowej kompleksu rafineryjno-petrochemicznego PKN Orlen w Płocku

PKN Orlen we współpracy z firmą Siemens przeprowadził pilotażowe wdrożenie sieci prywatnej 5G na terenie kompleksu rafineryjno-petrochemicznego w Płocku w 2021 roku²⁰. Przeprowadzono testy transmisji głosowej i wideo dotyczące systemu łączności krytycznej. Testy zostały przeprowadzone w realnym środowisku rozbudowanej architektury przemysłowej oraz na pobliskiej stacji paliw. W przypadku nowych rozwiązań sieci prywatnych istotną rolę

¹⁹ Boldyn Networks, EDZCOM and Signify enter a partnership to build a smart city private network for the City of Tampere, <https://www.boldyn.com/news/edzcom-and-signify-enter-a-partnership-to-build-a-smart-city-private-network-for-the-city-of-tampere> (dostęp: 20.12.2024)

²⁰ Siemens, Siemens wsparł PKN ORLEN w testach sieci 5G, <https://www.siemens.com/pl/pl/o-firmie/informacje-prasowe/siemens-wsparl-pkn-orken-w-testach-sieci-5g-dla-infrastruktury-krytycznej-.html> (dostęp: 20.12.2024)

odgrywają także istniejące systemy komunikacyjne. W tym wypadku wykonano integrację sieci prywatnej 5G z istniejącym systemem dyspozytorskim TETRA, co pozwoliło rozszerzyć wachlarz usług także o transmisję danych i streaming wideo. Wdrożenie sieci prywatnej zostało zrealizowane przy wykorzystaniu infrastruktury radiowej produkcji Siemens'a zarówno w części szkieletowej jak i dostępu radiowego. W testach wykorzystano także innowacyjne rozwiązanie obraz wideo jako czujnik (Video as a Sensor, VaaS) pozwalające na analizę strumienia wideo jako danych z czujnika pomiarowego, z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Przesyłanie tak dużych porcji danych wymaga stworzenia odpowiedniej (dużej) przepustowości kanałów radiowych, co można uzyskać przy zastosowaniu sieci 5G. W trakcie testów odnotowano prędkości transmisji danych sięgające 1 Gb/s, co pozwala na płynne działanie wyżej wymienionej aplikacji. Przykład realizacji systemu VaaS pokazuje, że sieci prywatne 5G są odpowiednim narzędziem w przypadku przesyłania dużych ilości danych w krótkim czasie, dzięki czemu wszystkie rozwiązania dotyczące streamingu w bardzo wysokiej jakości są możliwe do implementacji. Przypadek wykorzystania systemu VaaS świetnie pokazuje, że w przypadku miast możliwe jest wdrożenie systemów alarmowych i bezpieczeństwa wykorzystujących przetwarzanie obrazu w czasie rzeczywistym.

Główne korzyści:

- optymalizacja procesów wytwórczych i logistycznych,
- zwiększenie wydajności i automatyzacji procesów przemysłowych,
- ograniczenie ryzyka operacyjnego,
- osiągnięcie celów redukcji emisji,
- zapewnienia niezawodnej transmisji informacji w aplikacjach o znaczeniu krytycznym w zakresie sterowania i monitoringu procesów produkcyjnych,
- zwiększone bezpieczeństwo pracy i infrastruktury,
- wsparcie dla rozszerzonej rzeczywistości AR do celów szkoleń i wsparcia technicznego w czasie rzeczywistym,
- skalowalność rozwiązania.

2.5.5. Wdrożenie sieci prywatnej w mieście Cambridge

W Wielkiej Brytanii, w mieście Cambridge została utworzona strefa „Greater Cambridge” wokół miasta obejmująca zarówno samo miasto jak i sąsiednie miejscowości. Jest to obszar szczególnie istotny z punktu widzenia gospodarki, nauki i innowacyjności. Jest to jedno z największych europejskich centr naukowych i technologicznych, mieści się tutaj także Uniwersytet Cambridge. Ze względu na tak szybki rozwój w mieście pojawił się problem z zatłoczeniem ruchu ulicznego i niską jakością powietrza. Z tego względu lokalne władze zdecydowały się wdrożyć system autonomicznego transportu miejskiego. Uruchomiono projekt Connector, który zakładał dołączenie autonomicznych autobusów do istniejącego taboru komunikacji miejskiej w Cambridge przy wykorzystaniu sieci prywatnych 5G. Pojazdy autonomiczne będą testować wykorzystanie prywatnej sieci 5G do monitorowania ich ruchu, wspierając

bezpieczne i wydajne operacje autonomiczne. Przeprowadzone badanie ruchu miało na celu obserwacje w jaki sposób można wdrożyć technologię autonomiczną w sieci transportu publicznego. Przykład wdrożeń sieci prywatnych na tego typu obszarach pokazuje jak taka sieć pozwala zwiększyć atrakcyjność danego miejsca zarówno w sferze gospodarczej, naukowej, kulturalnej a także usprawnić opiekę zdrowotną, dzięki czemu samo miasto staje się przystępniejszym miejscem do życia dla mieszkańców.

Główne korzyści:

- redukcja zatłoczenia na drogach,
- rozwój autonomicznego transportu,
- poprawa jakości powietrza,
- efektywniejsza komunikacja,
- wsparcie dla innowacji i rozwoju technologii dla sektora akademickiego i badań naukowych,
- możliwość rozwoju nowych form edukacji takich jak rzeczywistość wirtualna (VR) i rozszerzona (AR),
- wsparcie dla lokalnych firm,
- poprawa usług publicznych i bezpieczeństwa.

2.5.6. Smart metering – wodociągi we Wrocławiu

Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu we współpracy z firmami AIUT oraz Emitel wdraża system zdalnego odczytu wodomierzy²¹. System ma umożliwić zdalny odczyt wskazań liczników. Rozwiązanie to oparte jest na sieci LoRaWAN, która pozwala na bezprzewodową transmisję od wielu urządzeń na dużym obszarze, a także w miejscach trudno dostępnych. Jest to stosunkowo istotne, ponieważ MPWiK zamierza zainstalować ponad 70 tys. wodomierzy, a większość z nich znajduje się w trudno dostępnych miejscach lub głęboko wewnątrz budynków co wpływa niekorzystnie na transmisję radiową. Wykorzystanie tego typu systemu pozwoli ograniczyć straty wody ze względu na efektywniejsze wykrywanie awarii i przecieków oraz monitorować jej zużycie w czasie rzeczywistym, co przekłada się na wymierne zyski dla przedsiębiorstwa i konsumentów. Warto zauważyć, że tego typu system do odczytu wskazań wodomierzy może być także zrealizowany przy wykorzystaniu sieci prywatnej 5G. Warto nadmienić, że sieć 5G oferuje znacznie wyższe szybkości transmisji niż np. powszechnie wykorzystywany system LoRaWAN, co umożliwia przesyłanie dużych ilości danych w czasie rzeczywistym, cechuje się znacznie niższymi opóźnieniami, jest zdolna do obsługi znacznie większej liczby urządzeń bez spadku wydajności. Przede wszystkim sieć taka oferuje zaawansowane mechanizmy szyfrowania i autoryzacji, dzięki czemu transmisje są lepiej zabezpieczone przed atakami przez co umożliwiają ściślejszą kontrolę nad danymi i ruchem sieciowym co jest istotne dla przedsiębiorstw, które chcą chronić poufne informacje.

²¹ AIUT, We Wrocławiu AIUT wdroży system zdalnego odczytu wodomierzy, <https://aiut.com/we-wroclawiu-aiut-wdrozy-system-zdalnego-odczytu-wodomierzy/> (dostęp: 20.12.2024)

Wykorzystując sieć 5G można ponadto tworzyć platformy składające się z zestawu wielu czujników mierzących różne parametry, co pozwala na efektywniejszą kontrolę i zarządzanie miejskimi sieciami przesyłowymi.

Główne korzyści:

- brak konieczności fizycznej obecności inkasenta w każdym mieszkaniu w celu sprawdzenia aktualnego stanu wodomierzy,
- oszczędność czasu i środków przekładająca się na niższe opłaty za usługę,
- efektywniejsze wykrywanie awarii.

2.5.7. Parking z automatycznym prowadzeniem do celu – Rzeszów

W Rzeszowie przy współpracy firmy Asseco Data Systems i miejskich władz uruchomiono inteligentny system parkingowy²². Rozwiązanie ma na celu przede wszystkim ułatwienie znalezienia miejsca parkingowego, szczególnie w czasie godzin szczytu, ale także pozwoli zredukować ruch i zmniejszyć ilość zanieczyszczeń. Platforma dostępna dla mieszkańców w formie aplikacji mobilnej pozwala na zlokalizowanie wolnego miejsca i wyznaczenia do niego optymalnej trasy, a także opłacenia postoj. Rozwiązanie oparte jest o sieć czujników parkowania i kamer monitorujących strefy parkowania, które połączone są za pomocą sieci światłowodowej. Informacja o wolnych miejscach przesyłana jest do systemu i udostępniona użytkownikowi w aplikacji. W przypadku zastosowania prywatnej sieci 5G do tego typu systemu nie jest konieczne prowadzenie sieci światłowodowej, co pozwala zmniejszyć koszty, uprościć architekturę systemu, zwiększyć elastyczność (np. szybkie podłączenie nowych miejsc) i zredukować liczbę przeróbek budowlanych w mieście, szczególnie w miejscach, gdzie poprowadzenie instalacji nie jest możliwe. Ponadto wysoka przepustowość łączy i niskie opóźnienia transmisji pozwalają wykorzystanie kamer o wysokiej rozdzielczości obrazu by precyzyjnie identyfikować wolne miejsca i dane pojazdu. Sieci prywatne 5G są ponadto zdolne do obsługi dużej liczby czujników i kamer monitorujących co wpływa na skalowalność rozwiązania.

Główne korzyści:

- zmniejszenie ruchu w mieście ze względu na szybszą możliwość znalezienia miejsca parkingowego,
- redukcja zanieczyszczeń ze względu na mniejszą ilość spalin,
- oszczędność czasu i paliwa,
- możliwość wyboru optymalnego miejsca parkingowego i efektywniejsze zarządzanie podróżą,
- możliwość opłacenia parkingu skracająca procedury w porównaniu fizycznego zakupu biletu.

²² Asseco, Inteligentna strefa parkowania dla 2200 pojazdów, <https://www.assecods.pl/casestudies/inteligentna-strefa-parkowania-dla-2200-pojazdow> (dostęp: 20.12.2024)

2.5.8. Amsterdam – system monitorowania wody w kanałach

Amsterdam to miasto, które posiada gęstą sieć kanałów wodnych pełniących rolę przeciwpowodziową oraz komunikacyjną ze względu na to, że miasto położone jest poniżej poziomu morza. Część z nich powstała w trakcie osuszania bagnistych terenów, na których powstało miasto. Oprócz tego kanały pełnią rolę systemu odciążającego kanalizację burzową, który odprowadza nadmiar wody. W Amsterdamie został wdrożony system monitorowania wody w kanałach w celu minimalizacji ryzyka powodzi. Zainstalowany został zespół czujników, które monitorują poziom wody w kanałach i informują o nadmiernym wzroście i spadku wody pozwalając automatycznie regulować poziom wody otwierając śluzy lub aktywując pompy. Dodatkowo wykorzystywane są czujniki przepływu, które zbierają informacje na temat prędkości i kierunku przepływu wody, co jest szczególnie istotne w trakcie opadów deszczu. Ostatnią grupą czujników, które nie są ściśle związane z poziomem i przepływem wody są czujniki jakości, które monitorują takie parametry jak poziom tlenu, kwasowość i zasadowość, temperatura i zanieczyszczenia, które służą głównie do wykrywania zagrożeń ekologicznych wody w kanałach. System monitorujący działa w sieci LoRaWAN co pozwala na przesyłanie danych do centrali systemu z wielu urządzeń. Informacje dostarczane są analizowane przez zespół ekspertów, dzięki czemu możliwe jest wczesne wykrycie zagrożeń, ponadto informacje te udostępniane są także dla obywateli za pośrednictwem aplikacji. Tego typu systemy mogą być również realizowane przy pomocy sieci prywatnej 5G. Umożliwia ona podłączenie dużej liczby urządzeń i przesyłanie danych w czasie rzeczywistym co ma kluczowe znaczenia w przypadku nagłych zmian parametrów wody w kanale. Ponadto możliwe jest też przesłanie jednocześnie dużej porcji danych, co może być pomocne w przypadku integracji z innymi systemami miejskimi oraz na przykład z wdrożeniem systemu kamer, który pozwala na monitoring poziomu wody w wysokiej rozdzielczości, ale wymaga dużej przepustowości łącza.

Główne korzyści:

- kontrola przepływu i poziomu wody w celu minimalizacji ryzyka związanego z powodzią,
- szczegółowe dane na temat parametrów wody w czasie rzeczywistym,
- dane statystyczne dotyczące wody pozwalające na wypracowanie predykcyjnych modeli działania w przypadku zagrożeń,
- informacje o stanie wód udostępniane publicznie.

2.5.9. Transport przesyłek za pomocą dronów – Belgia i Szwajcaria

W Szwajcarii, w 2017 poczta Swiss Post stała się jedną z pierwszych firm na świecie, które wykorzystywały drony do transportu próbek laboratoryjnych między szpitalami i laboratoriami. Wykorzystywała drony do realizowania dostaw do szpitali. Jednak pięcioletnie doświadczenia pokazały, że Swiss Post nie może w pełni efektywnie wykorzystywać dronów ani generować zysków z ich użycia, biorąc pod uwagę obecną technologię i obowiązujące przepisy. W związku z tym pod koniec grudnia 2022 r. Swiss Post postanowiła przekazać swój projekt

firmie Matternet, która jest wiodącym producentem komercyjnych, w pełni zautomatyzowanych, bezzałogowych statków służących do dostarczania przesyłek dla środowisk miejskich i podmiejskich i kontynuuje świadczenie usługi od 1 stycznia 2023 r.²³ W 2019 roku Szwajcarski Federalny Urząd Lotnictwa Cywilnego (FOCA) przyznał firmie Matternet certyfikat lekkiego bezzałogowego statku powietrznego (Light UAS Operator Certificate), który pozwala na autonomiczne loty dronów dostawczych nad miastami przez całą dobę. Jest to pierwszy LUC wydany przez szwajcarski FOCA dla lotów dronów poza zasięgiem bezpośredniej widoczności (BVLOS) nad zaludnionym obszarem. Autonomiczne zarządzanie trasami dostaw umożliwia łatwe rozszerzanie sieci oraz dostarczanie przesyłek o znaczeniu kluczowym takich jak krew do szpitali, ale także codziennych przesyłek bezpośrednio do prywatnych mieszkań. Drony mają możliwość przenoszenia ciężarów o wadze do 2kg, na odległość do 15 km w zależności od różnych czynników i warunków atmosferycznych²⁴, do komunikacji na większe odległości używają systemów komórkowych LTE, a systemy nawigacyjny GPS jest wykorzystywany do precyzyjnego lokalizowania dronów i monitorowania tras²⁵. Technologia ta pozwala na zapewnienie gęstej siatki połączeń nad zurbanizowanymi terenami i dostarczenie niewielkich przesyłek.

Inną firmą, która ma udział w rozwoju bezzałogowych statków powietrznych działających w oparciu o sieci komórkowe jest Nokia²⁶, która jest międzynarodowym przedsiębiorstwem zajmującym się telekomunikacją, technologią informacyjną i elektroniką konsumencką, specjalizuje się w infrastrukturze sieci, technologiach 5G, IoT oraz rozwiązaniach związanych z inteligencją sztuczną i chmurą. Rozwiązanie Nokii dotyczy dronów wraz ze stacją dokującą (Drone-in-a-Box), systemem kamer i przetwarzaniem danych w chmurze brzegowej co pozwala na całodobowe, w pełni autonomiczne działanie, a także integrację aplikacji firm trzecich.

Przykładem wdrożenia jest realizacja ogólnokrajowej sieci dronów w Belgii do celów bezpieczeństwa publicznego i dla służb ratunkowych realizowanej przez Nokię we współpracy z operatorem telefonii komórkowej Citymesh o nazwie Safety Drone Shield. Do realizacji systemu wykorzystano platformę Nokia Drone Networks, która wykorzystuje drony wyposażone w kamery termowizyjne i HD, aby zapewnić nagrania w czasie rzeczywistym w ciągu 90 sekund od zgłoszenia. Służby ratunkowe muszą szybko reagować na sytuacje kryzysowe, ale tradycyjne metody monitoringu napotykają na trudności, takie jak ograniczony zasięg i opóźnienia w przekazywaniu danych. Obrazowanie w czasie rzeczywistym i precyzyjne monitorowanie są kluczowe, jednak konwencjonalne rozwiązania często zawodzą. Działając w prywatnej sieci

²³ Swiss Post, Swiss Post hand over its drone operation to Matternet, <https://www.post.ch/en/about-us/media/press-releases/2022/swiss-post-hands-over-its-drone-operation-to-matternet> (dostęp: 20.12.2024)

²⁴ Swiss Post, Drone Logistic, Matternet M2V9: Specifications, https://www.post.ch/-/media/portal-opp/k/dokumentation/factsheet-drohne.pdf?sc_lang=en&hash=EC1A2134BB57BEC6F754A09EDBA1F4DD (dostęp: 20.12.2024)

²⁵ Matternet M2 Drone Specification, <https://www.matternet.com/our-system-aircraft> (dostęp: 20.12.2024)

²⁶ Nokia, Nokia's turnkey 5G-connected drone platform selected by Belgium's Citymesh for world's first nationwide drone network, <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2023/05/17/nokias-turnkey-5g-connected-drone-platform-selected-by-belgiums-citymesh-for-worlds-first-nationwide-drone-network/> (dostęp: 21.01.2025)

5G²⁷, drony mogą pokryć obszar o promieniu nawet 5 km, pomagają one zespołom ratunkowym szybko oceniać sytuację i podejmować bardziej świadome decyzje. Obecnie działa 16 dronów ze stacjami dokującymi, natomiast projekt ma zostać rozszerzony do 70 dronów ze stacjami dokującymi do 2024 r., obejmując 200 km² terytorium Belgii. System ma na celu poprawę mechanizmu predykcji nieoczekiwanych zdarzeń na podstawie zebranych danych, przyspieszenie czasu reakcji i zwiększenie ogólnej wydajności służb ratunkowych. Rozwiązanie Nokia Drone Networks może być obsługiwane zdalnie w celu prowadzenia działań poszukiwawczo-ratowniczych oraz w celu oceny uszkodzeń w niebezpiecznym środowisku.

W odpowiedzi na wezwanie straży pożarnej, policji i służb bezpieczeństwa dron jest uruchamiany w ciągu 90 sekund, aby dotrzeć do odpowiedniego miejsca w czasie do 4 minut. Drony można również zaprogramować do zarządzania autonomicznymi zaplanowanymi lotami do celów takich jak dodatkowe zabezpieczenia podczas dużych wydarzeń lub do zarządzania regularnymi zdalnymi inspekcjami sprzętu.

Główne korzyści:

- krótszy czas dostarczenia przesyłki w porównaniu do tradycyjnych metod transportu,
- redukcja zatłoczenia dróg miejskich,
- zmniejszenie zanieczyszczeń miastach ze względu na ograniczenie emisji CO₂ i hałasu,
- drony mogą łatwiej dostarczać przesyłki do miejsc trudno dostępnych, zwłaszcza z ograniczonym dostępem drogowym,
- monitoring niebezpiecznych miejsc w celu minimalizacji ryzyka dla pracowników,
- przyspieszenie czasu reakcji i zwiększenie ogólnej wydajności służb ratunkowych,
- prowadzenie działań poszukiwawczo-ratowniczych oraz w celu oceny uszkodzeń w niebezpiecznym środowisku, np. na terenie obejmującym obszar katastrofy chemicznej lub biologicznej.

3. Krajowe laboratorium badawcze sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Celem projektu pod nazwą „Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem” (akronim: PL-5G) było zbudowanie krajowego laboratorium wraz z otoczeniem do prowadzenia praktycznych badań sieci i usług 5G, które przyczyni się w istotny sposób do dalszego rozwoju infrastruktury przez stymulowanie procesów powstawania nowych usług i aplikacji 5G, zwiększenie poziomu współpracy zespołów badawczych z partnerami przemysłowymi, ukierunkowanie zespołów badawczych na uczelniach oraz młodych naukowców na badania praktyczne, danie możliwości zdalnego i lokalnego dostępu dla krajowych zespołów badawczych

²⁷ Nokia, Nokia Drone Networks, <https://dacwebsitesaprod.prod.acquia-sites.com/?product-info=201%20> (dostęp: 21.01.2025)

i podmiotów gospodarczych oraz podwyższenie jakości wykształcenia inżynierów specjalizujących się w sieciach i usługach 5G.

Konsorcjantami naukowymi projektu były następujące organizacje: Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy (IŁ-PIB), Politechnika Warszawska (PW), Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) afiliowane przy Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN, Politechnika Gdańska (PG), Politechnika Wrocławska (PWr) oraz Akademia Górnicza-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie (AGH).

W ramach projektu zbudowano lokalne laboratoria sieci 5G w poszczególnych organizacjach konsorcjum, a także międzyregionalną, prywatną sieć 5G łączącą wszystkie jednostki biorące udział w projekcie.

Laboratorium Instytutu Łączności składa się z laboratorium sieci 5G, laboratorium otoczenia IoT oraz laboratorium symulacji i pomiarów, które stanowi hybrydowa komora bezodbićowa SAC10M/FAR3M przeznaczona do prowadzenia pomiarów kompatybilności elektromagnetycznej (EMC), w tym badania wpływu innych urządzeń na pracę sieci 5G, badania zakłóceń międzysystemowych i wewnątrzsystemowych, w tym różnych typów zakłóceń interferencyjnych wspólnie- i sąsiedniokanałowych oraz badania wpływu zaburzeń elektromagnetycznych występujących w sąsiedztwie urządzeń nadawczych.

Laboratorium Politechniki Warszawskiej obejmuje kontrolowane środowisko sieci 5G i umożliwia badanie technik wirtualizacji oraz infrastruktury „edge-cloud continuum”, emulatory i narzędzia pomiarowe 5G, stanowisko do badań sieci programowalnych i wirtualizacji oferujące możliwość prowadzenia badań na poziomie przetwarzania pakietów i protokołów sieciowych oraz stanowiska multimedialne i IoT wykorzystywane do modelowania i rozwijania aplikacji rozszerzonej rzeczywistości, przesyłania danych multimedialnych oraz systemów IoT z wykorzystaniem sieci 5G.

Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe oferuje możliwość prowadzenia badań laboratoryjnych sieci 5G umieszczonych w kontrolowanym środowisku propagacyjnym. Future-Lab powstały w ramach projektu służy do badania przenośnych rozwiązań sieci 5G wraz z usługami, z kolei na lotnisku w Kąkolewie przygotowano infrastrukturę do prowadzenia eksperymentów związanych z przetwarzaniem danych na brzegu sieci, jak i opracowywania nowych rozwiązań i aplikacji dla bezzałogowych statków powietrznych oraz pojazdów naziemnych.

Na Politechnice Gdańskiej stworzono laboratorium obejmujące lokalne centrum danych do tworzenia zwirtualizowanych systemów sieci 5G oraz system do badania zastosowań sieci 5G w środowisku morskim.

Laboratorium Politechniki Wrocławskiej pozwala na rozbudowane testy aplikacyjne, demonstrację systemów usługowych w środowisku sieci 5G, badanie wydajności oraz możliwości integracji usług obliczeniowych z mechanizmami udostępnianymi przez sieć 5G.

Na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie zbudowano laboratorium obejmujące infrastrukturę umożliwiającą prowadzenie praktycznych badań dotyczących sieci i usług 5G, które złożone jest z laboratorium sieci 5G, laboratorium symulatorów i aparatury pomiarowej, laboratorium otoczenia sieci 5G w zakresie badań IoT i laboratorium otoczenia sieci 5G w zakresie badań multimedialnych.

Przykładowymi eksperymentami do wykonania w laboratoriach powstałych w projekcie PL-5G są między innymi:

- testowanie wydajności urządzeń końcowych w sieci 5G mające na celu ocenę maksymalnej przepływności sieci 5G w kontrolowanych warunkach radiowych,
- badanie monitoringu wizyjnego z obiektów latających ze strumieniowaniem i analizą obszarów wideo w czasie zbliżonym do rzeczywistego,
- badanie zastosowań techniki Open RAN (O-RAN)²⁸ w celu zwiększania niezawodności, minimalizacji opóźnień i poprawy efektywności w wykorzystaniu zasobów sieciowych w różnych scenariuszach,
- zastosowanie metod sztucznej inteligencji w optymalizacji pracy sieci przez szacowanie przepływności łącz bezprzewodowych.

Laboratoria projektu dostępne są dla szerokiego grona użytkowników końcowych. Aby skorzystać z oferty laboratoriów można skontaktować się z Instytutem Łączności – PIB (Zakładem Kompatybilności Elektromagnetycznej we Wrocławiu) lub innymi konsorcjantami (np. poprzez dedykowany portal²⁹).

4. Warunki regulacyjne wykorzystania pasm częstotliwości

W celu wykorzystywania dostępnych pasm dla celów łączności w sieciach radiowych 5G powinny być spełnione następujące warunki:

- istnienie odpowiedniego przeznaczenia dla systemów radiokomunikacji ruchomej lądowej w Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości,
- istnienie planu zagospodarowania częstotliwości opracowanego przez UKE,
- uzyskanie rezerwacji częstotliwości dla danego zakresu częstotliwości lub wyznaczonych kanałów częstotliwości na określonym/całym obszarze kraju możliwe jest uzyskanie rezerwacji na warunkach komercyjnych, na dłuższy okres czasu, bądź na warunkach testowych – do roku czasu z możliwością jednokrotnego przedłużenia na kolejny rok,
- uzyskanie pozwolenia uprawniające operatora do używania urządzeń radiowych w lokalizacji i z parametrami określonymi w danej rezerwacji, w tym uzyskanie warunków

²⁸ Platforma Przemysłu Przyszłości, O łączności mobilnej w modelu Open RAN oraz o sieciach prywatnych 5G, <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/o-laczności-mobilnej-w-modelu-open-ran-oraz-o-sieciach-prywatnych-5g/> (dostęp: 22.12.2024)

²⁹ Portal PL-5G, <https://portal.pl5g.pl/> (dostęp: 22.12.2024)

wykorzystywania częstotliwości tj. przydzielonych kanałów radiowych, parametrów techniczno-eksploatacyjnych stacji bazowych i stacji ruchomych oraz obszaru wykorzystywania częstotliwości.

4.1. Rezerwacja częstotliwości

Rezerwacja częstotliwości lub zasobów orbitalnych, zwana „rezerwacją częstotliwości” (art. 2 pkt 50 Prawa komunikacji elektronicznej, PKE³⁰), określa częstotliwości lub zasoby orbitalne, które w okresie rezerwacji pozostają w dyspozycji podmiotu, na rzecz którego dokonano rezerwacji, przeniesiono uprawnienia do częstotliwości lub uprawnienia do dysponowania częstotliwościami na cele związane z uzyskiwaniem pozwoleń radiowych.

Rezerwacji częstotliwości dokonuje, zmienia lub cofa Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej. Zmiana rezerwacji częstotliwości nie może polegać na: zwiększeniu zasobów częstotliwości pozostających w dyspozycji podmiotu, wyrażonych w MHz; zamianie zasobów częstotliwości na inne zasoby, chyba że dokonywana jest na podstawie art. 99 ust. 1 pkt 9 lub ust. 6 PKE; rozszerzeniu obszaru, na którym mogą być wykorzystywane częstotliwości. Stąd wniosek, że należy określić docelową liczbę kanałów w danej lokalizacji.

Rezerwacji częstotliwości (zgodnie z art. 69 PKE) dokonuje się dla podmiotu, który spełnia wymagania określone ustawą oraz jeżeli częstotliwości: są dostępne; zostały przeznaczone w Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości dla wnioskowanej służby radiokomunikacyjnej oraz plan zagospodarowania częstotliwości przewiduje ich zagospodarowanie zgodnie z wnioskiem; mogą być chronione przed szkodliwymi zakłóceniami; mogą być wykorzystywane przez urządzenie radiowe bez powodowania szkodliwych zaburzeń elektromagnetycznych lub kolizji z przyznanymi na rzecz innych podmiotów rezerwacjami, pozwoleniami radiowymi lub decyzjami o pozwoleniach czasowych lub celem dokonywania badań lub testów; mogą być wykorzystywane w sposób efektywny; zostały międzynarodowo uzgodnione w zakresie i formie określonej w międzynarodowych przepisach radiokomunikacyjnych lub umowach, których Rzeczpospolita Polska jest stroną – w przypadku gdy zachodzi możliwość powodowania szkodliwych zakłóceń poza granicami Rzeczypospolitej Polskiej.

W rezerwacji częstotliwości (zgodnie z art. 87 PKE) określa się uprawniony podmiot, na rzecz którego dokonano rezerwacji częstotliwości, oraz jego siedzibę i adres; zakres częstotliwości lub pozycje orbitalne objęte rezerwacją; obszar, na którym mogą być wykorzystywane częstotliwości; rodzaje służby radiokomunikacyjnej; okres obowiązywania rezerwacji; okres wykorzystywania częstotliwości; termin, w którym podmiot jest obowiązany rozpocząć wykorzystywanie częstotliwości; wymagania w zakresie wykorzystania częstotliwości oraz wskazanie czy ich realizacja jest możliwa w drodze dzierżawy lub przekazania do użytkowania częstotliwości; warunki wydania pozwolenia radiowego uwzględniające warunki wynikające z wiążących

³⁰ Ustawa z dnia 12 lipca 2024 r. Prawo komunikacji elektronicznej, (Dz. U. z 2024 r. poz. 1221), <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20240001221>, (dostęp: 23.12.2024)

Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych oraz zobowiązania podmiotu podjęte w ramach postępowania selekcyjnego, o ile zostały podjęte.

W rezerwacji częstotliwości można także określić w szczególności: warunki wykorzystywania częstotliwości, w tym także w ramach ewentualnego współużytkowania częstotliwości; wymagania dotyczące zapobiegania szkodliwym zaburzeniom elektromagnetycznym lub kolizjom z przyznanymi na rzecz innych podmiotów rezerwacjami częstotliwości, pozwoleniami lub decyzjami o prawie do wykorzystania częstotliwości; obowiązki ochronne w zakresie promieniowania elektromagnetycznego; proporcjonalne i niedyskryminujące ograniczenia sposobu wykorzystywania częstotliwości objętych rezerwacją mogące polegać na określeniu rodzaju: sieci radiowych lub rodzaju technik dostępu radiowego, które mogą być używane z wykorzystaniem tych częstotliwości; możliwość lub obowiązek współużytkowania częstotliwości lub dostępu do elementów sieci telekomunikacyjnej i usług dodatkowych służących do wykorzystywania częstotliwości objętych rezerwacją; możliwość lub obowiązek zapewnienia dostępu telekomunikacyjnego na potrzeby roamingu lokalnego; obowiązek uruchamiania, wspólnie z innym podmiotem, infrastruktury na potrzeby dostarczania sieci lub świadczenia usług, które uzależnione są od wykorzystania częstotliwości objętych rezerwacją; wyłączenie możliwości dokonania rezerwacji częstotliwości na kolejny okres.

Decyzję w sprawie rezerwacji częstotliwości wydaje Prezes UKE w terminie 6 tygodni od dnia złożenia wniosku przez podmiot ubiegający się o rezerwację częstotliwości, z zastrzeżeniem, że jeżeli dokonanie rezerwacji częstotliwości wymaga przeprowadzenia przetargu, aukcji, konkursu albo uzgodnień międzynarodowych, to wydanie decyzji w sprawie rezerwacji częstotliwości odbywa się w terminie 6 tygodni od dnia ogłoszenia wyników powyższego przetargu, aukcji, konkursu albo zakończenia uzgodnień międzynarodowych.

Wykaz dostępnych częstotliwości dla chętnych na uzyskanie rezerwacji dostępny jest na stronie internetowej BIP UKE³¹. Informacja o zajętości widma sporządzona jest w formie tabelarycznej, w postaci plików htm. Dla ułatwienia wyszukiwania dane zostały podzielone na województwa, powiaty i gminy. Aby wejść do tabeli z informacją o zajętości należy kliknąć na wybraną gminę. Każda tabela zawiera wskazanie daty wygenerowania informacji. Zestawienie zawiera: spis kanałów przeznaczonych do wykorzystania w każdej gminie zgodnie z planem zagospodarowania częstotliwości; informację o najbliższym obszarze, na którym wykorzystywany jest ten sam kanał i odległości (w km) od granic obszaru gminy, której informacja dotyczy, do granic obszaru, na którym jest wykorzystywany ten sam kanał (kanał zakłócający), wraz z informacjami o decyzji, na podstawie której kanał jest wykorzystywany (numer decyzji, oznaczenie kanału zakłócającego, nazwa stacji obszar, podmiot wykorzystujący kanał zakłócający).

³¹ Informacja o zajętości widma, BIP UKE, <https://bip.uke.gov.pl/dostepnosc-czestotliwosci/informacja-o-zajetosci-widma/#> (dostęp: 25.10.2024)

Wniosek o dokonanie rezerwacji częstotliwości w służbie ruchomej lądowej należy składać do Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej na formularzu RRL-R³². We wniosku podaje się podstawowe dane dotyczące rezerwacji: dane o Wnioskodawcy, definiuje się obszar rezerwacji (z dokładnością do gminy), podaje się informację o wnioskowanych kanałach częstotliwościowych (zakres częstotliwości, liczba kanałów), rodzaj pracy w kanale, planowane użytkowanie (indywidualne/współużytkowanie), rodzaj transmisji (ciągła/nieciągła), rodzaj i kategoria służby radiowej, rodzaj emisji (kod cyfrowo-literowy rodzaju modulacji), szerokość kanału, nazwa i standard systemu radiowego oraz okres planowanego wykorzystywania częstotliwości i przeznaczenie częstotliwości (w przypadku sieci prywatnych – dla zaspokojenia potrzeb własnych). Dane takie powinny być podane w porozumieniu z projektantem systemu (sieci) radiokomunikacyjnego.

Do wniosku o rezerwację częstotliwości należy dołączyć podstawy prawne Wnioskodawcy (ubiegającego się o rezerwację częstotliwości), w tym aktualne na dzień złożenia wniosku pełnomocnictwo dla osoby podpisanej na wniosku, oraz założenia techniczno-organizacyjne planowanej sieci, które powinny zawierać obszar zgodny z administracyjnym podziałem kraju, na którym planowane jest wykorzystywanie częstotliwości, rodzaj sieci telekomunikacyjnej lub usług telekomunikacyjnych, w której częstotliwości objęte rezerwacją mogą być wykorzystywane, termin rozpoczęcia wykorzystywania częstotliwości, schemat funkcjonalny obejmujący parametry sieci oraz planowane relacje łączności, opis planowanego do zastosowania systemu, a także zamierzenia rozwojowe sieci.

Wniosek, wraz z wymaganymi dokumentami oraz potwierdzeniem wniesienia opłaty skarbowej, należy złożyć w Kancelarii Ogólnej UKE lub przesłać pocztą na adres: Urząd Komunikacji Elektronicznej, ul. Giełdowa 7/9, 01-211 Warszawa. W przypadku gdy Wnioskodawca działa przez pełnomocnika, do wniosku należy załączyć pełnomocnictwo, lub odpis pełnomocnictwa, jeżeli jego zgodność z oryginałem została poświadczona przez notariusza albo przez występującego w sprawie pełnomocnika strony będącego adwokatem, radcą prawnym, rzecznikiem patentowym lub doradcą podatkowym - (poświadczenie winno zawierać datę i miejsce jego sporządzenia), pełnomocnictwo zgodnie z art. 33 § 3 kpa może być przedłożone do akt wyłącznie jako: oryginał, urzędowo poświadczony odpis przez notariusza (konsula) lub odpis uwierzytelniony przez występującego w sprawie pełnomocnika, będącego adwokatem, radcą prawnym, rzecznikiem patentowym, a także doradcą podatkowym. Za pełnomocnictwo pobierana jest stosowna opłata skarbową zgodnie z ustawą z dnia 16 listopada 2006 r. o opłacie skarbowej z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. 2023 poz. 2111: 17 zł - od złożonego dokumentu pełnomocnictwa lub prokury oraz jego odpisu, wypisu lub kopii - do każdego stosunku pełnomocnictwa prokury (z wyjątkami zawartymi w załączniku), 5 zł - od złożonego poświadczenia zgodności odpisu, kopii lub wyciągu pełnomocnictwa

³² RRL – wniosek o dokonanie rezerwacji częstotliwości w służbie ruchomej lądowej, <https://bip.uke.gov.pl/jak-uzyskac-rezerwacje--pozwolenie--zezwozenie-tresc/sluzba-ruchoma-ladowa-i-satelitarna,9,0.html>, (dostęp: 27.12.2024)

niepodlegającego opłacie skarbowej lub od niej zwolnionego - część II, poz. 4. których wniesienie należy potwierdzić załączonym do wniosku dowodem należnej opłaty skarbowej.

Rezerwacja częstotliwości nie zezwala na dowolne uruchamianie stacji bazowych sieci 5G – aby było to możliwe konieczne jest uzyskanie pozwolenia radiowego na każdą stację bazową.

Na etapie uzyskiwania rezerwacji częstotliwości nie jest potrzebna znajomość parametrów radiowych stacji bazowych, które precyzowane są w kolejnym kroku – na etapie uzyskiwania pozwoleń radiowych.

Zgodnie z ustawą z dnia 16 listopada 2006 r. o opłacie skarbowej z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. 2023 poz. 2111) opłata za decyzję w sprawie rezerwacji częstotliwości wynosi 100zł (Część I poz. 52d), płatna na konto Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy, który jest organem właściwym w sprawach pobierania opłaty skarbowej za czynności wykonane przez Urząd Komunikacji Elektronicznej.. Do wniosku powinien być załączony dowód wniesienia opłaty skarbowej.

W przypadku wpłynięcia wniosku o rezerwację częstotliwości z dostępnego zasobu Prezes UKE ogłasza niezwłocznie na stronie podmiotowej BIP UKE informację o wpłynięciu wniosku i wyznacza zainteresowanym podmiotom termin 14 dni na złożenie wniosku o rezerwację częstotliwości. Jeżeli w terminie wyznaczonym przez Prezesa UKE zostanie złożony wniosek o rezerwację częstotliwości, którego uwzględnienie spowoduje przekroczenie dostępnego zasobu częstotliwości, oznacza to brak dostatecznego zasobu częstotliwości.

Na stronie internetowej UKE³³ stwierdza się, że do postępowania w sprawie rezerwacji częstotliwości stosuje się przepisy i terminy wynikające z ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. - Kodeks postępowania administracyjnego.

W praktyce, jeśli w ciągu 14 dni od opublikowania na stronach UKE informacji o wpłynięciu wniosku o rezerwację częstotliwości nie zgłosi się konkurencyjny podmiot (JST) chcący dokonać rezerwacji na tym samym obszarze (lista gmin) to wniosek jest dalej procedowany przez UKE i stosowna rezerwacja powinna zostać wydana w terminie 6 tygodni od dnia złożenia wniosku przez podmiot ubiegający się o rezerwację częstotliwości (art. 82 PKE).

Zgodnie z zapisami art. 99 PKE Prezes UKE, w drodze decyzji, może zmienić lub cofnąć rezerwację częstotliwości w przypadkach: stwierdzenia, że używanie urządzenia radiowego zgodnie z rezerwacją częstotliwości powoduje szkodliwe zakłócenia lub szkodliwe zaburzenia elektromagnetyczne; zmiany w Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości przeznaczenia częstotliwości objętych rezerwacją częstotliwości; wystąpienia okoliczności prowadzących do zagrożenia obronności, bezpieczeństwa państwa lub bezpieczeństwa i porządku publicznego; nie-rozpoczęcia wykorzystywania częstotliwości objętych rezerwacją częstotliwości w terminie, w którym podmiot jest obowiązany rozpocząć wykorzystywanie częstotliwości, z przyczyn

³³ UKE, Służba ruchoma lądowa i satelitarna, <https://bip.uke.gov.pl/jak-uzyskac-rezerwacje--pozwolenie--zezwo-lenie-tresc/sluzba-ruchoma-ladowa-i-satelitarna,9,0.html> (dostęp: 21.01.2025)

leżących po stronie podmiotu dysponującego tą rezerwacją; zaprzestania wykorzystywania częstotliwości przez co najmniej 6 miesięcy, z przyczyn leżących po stronie podmiotu dysponującego rezerwacją częstotliwości; wystąpienia powtarzających się naruszeń warunków wykorzystania częstotliwości lub obowiązku wnoszenia opłat za częstotliwości; niewywiązywania się ze zobowiązań podmiotu podjęte w ramach postępowania selekcyjnego (o ile zostały podjęte) z przyczyn leżących po stronie podmiotu dysponującego rezerwacją częstotliwości; gdy częstotliwości objęte rezerwacją są wykorzystywane w sposób nieefektywny; gdy jest to konieczne dla realizacji zobowiązań wynikających z wiążących Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych lub aktów prawnych Unii Europejskiej, dotyczących gospodarowania częstotliwościami; stwierdzenia, że na skutek transakcji handlowej, w szczególności skutkującej przejęciem kontroli w rozumieniu art. 4 pkt 4 ustawy z dnia 16 lutego 2007 r. o ochronie konkurencji i konsumentów nad podmiotem dysponującym rezerwacją częstotliwości, doszło do nadmiernego skupienia częstotliwości przez podmiot lub grupę kapitałową.

Ponadto w kilku przypadkach określonych w art.99 PKE (punkty 4 – 6) Prezes UKE może zmienić rezerwację częstotliwości w zakresie warunków wykorzystywania częstotliwości, bądź dokonać zmiany przydzielonych rezerwacji częstotliwości, szczególnie w przypadku, gdy w pracy urządzeń radiowych pojawią się zakłócenia radiowe.

Również w kilku przypadkach wymienionych w art.100 PKE Prezes UKE może odmówić udzielenia rezerwacji częstotliwości, szczególnie wtedy, gdy wnioskodawca nie jest w stanie wywiązać się z warunków związanych z wykorzystaniem częstotliwości.

4.2. Pozwolenie radiowe

Używanie urządzenia radiowego wymaga posiadania pozwolenia radiowego (art. 138 ust. 1 PKE), zwanego dalej „pozwoleniem”. Pozwolenie wydaje Prezes UKE w drodze decyzji. Postępowanie w sprawie wydania pozwolenia wszczyna się na wniosek zainteresowanego podmiotu. Podmiot posiadający rezerwację częstotliwości lub podmiot przez niego upoważniony lub podmiot, któremu częstotliwości zostały wydzierżawione lub przekazane do użytkowania może żądać wydania pozwolenia dotyczącego wykorzystania zasobu częstotliwości objętego rezerwacją częstotliwości w okresie jej obowiązywania. W rezerwacji częstotliwości można zwolnić dany podmiot z obowiązku uzyskania pozwolenia radiowego, jeżeli określono warunki wykorzystywania częstotliwości.

Prezes UKE, w drodze decyzji (art. 153 PKE), na wniosek zainteresowanego podmiotu, może zezwolić na czasowe używanie urządzenia radiowego nadawczego lub nadawczo-odbiorczego w celu przeprowadzenia badań, testów lub eksperymentów, pod warunkiem przedstawienia celu oraz harmonogramu prowadzenia tych badań, testów lub eksperymentów. Stroną postępowania w sprawie o wydanie decyzji, o której mowa powyżej, jest także podmiot dysponujący rezerwacją częstotliwości. Zezwolenie nie może być wydane na okres dłuższy niż rok. Zezwolenie może być na wniosek zainteresowanego podmiotu jednokrotnie przedłużone na okres nie dłuższy niż rok. Prezes UKE odmawia przedłużenia zezwolenia w przypadku

nieprzedłożenia w terminie sprawozdania, o którym mowa poniżej. Podmiot, który uzyskał zezwolenie, obowiązany jest do przedłożenia Prezesowi UKE sprawozdania z przeprowadzonych badań, testów lub eksperymentów, w terminie nie dłuższym niż 14 dni od dnia ich zakończenia. Sprawozdanie to, z zastrzeżeniem przepisów o ochronie własności przemysłowej i intelektualnej, powinno zawierać w szczególności: określenie urządzeń radiowych wykorzystanych w badaniach, testach lub eksperymentach, oraz ich parametry; opis metodyki badań, testów lub eksperymentów i ich wyniki; wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, testów lub eksperymentów.

Używanie radiokomunikacyjnych urządzeń nadawczych lub nadawczo - odbiorczych pracujących w sieciach radiokomunikacji ruchomej lądowej wymaga posiadania pozwolenia radiowego. W pozwoleniu określone są: uprawniony podmiot oraz jego siedzibę i adres; rodzaj, wyróżnik typu oraz nazwę producenta urządzeń radiowych, których dotyczy pozwolenie; warunki wykorzystywania częstotliwości; warunki używania urządzenia radiowego, w szczególności rodzaj służby radiokomunikacyjnej lub sieci telekomunikacyjnej, w której urządzenie może być wykorzystywane; okres ważności oraz termin rozpoczęcia wykorzystywania częstotliwości, nie dłuższy niż 12 miesięcy od dnia wydania pozwolenia. W pozwoleniu można także określić warunki używania urządzenia radiowego i obowiązki użytkownika w sytuacjach szczególnych zagrożeń.

Pozwolenie radiowe, wydaje się na pisemny wniosek złożony do Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej. Wniosek powinien zawierać informacje dotyczące m.in.: pełnej nazwy wnioskodawcy, jego adresu, prawnej podstawy działalności oraz warunków wykorzystywania częstotliwości. Istotne jest, że Prezes UKE w rezerwacji częstotliwości może zwolnić podmiot z obowiązku uzyskania pozwolenia radiowego, o ile zawarte zostały porozumienia międzynarodowe z państwami sąsiadującymi dotyczące warunków wykorzystywania częstotliwości w rejonach przygranicznych oraz jeżeli określono warunki wykorzystywania częstotliwości, o których mowa w art. 141 ust. 1. PKE.

Wzór stosownego formularza (traktowanego jako wniosek), w przypadku stacji 5G sieci prywatnej niezbędny do wydania pozwolenia radiowego, znajduje się na stronach UKE: RRL-S – o wydanie pozwolenia radiowego na używanie urządzeń nadawczych lub nadawczo-odbiorczych pracujących w stacjach bazowych szerokopasmowych cyfrowych systemów radiokomunikacyjnych³⁴. Wniosek dotyczy podmiotów, które wcześniej uzyskały decyzję w sprawie rezerwacji częstotliwości lub też starają się o pozwolenie radiowe bez uzyskiwania takiej rezerwacji. Wniosek wraz z wymaganymi dokumentami oraz potwierdzenie wniesienia opłaty skarbowej, należy złożyć w Kancelarii Ogólnej UKE lub przesłać pocztą na adres: Urząd Komunikacji Elektronicznej, ul. Giełdowa 7/9, 01-211 Warszawa.

³⁴ RRL-S – wniosek o wydanie pozwolenia radiowego na używanie urządzeń nadawczych lub nadawczo-odbiorczych pracujących w stacjach bazowych szerokopasmowych cyfrowych systemów radiokomunikacyjnych, <https://bip.uke.gov.pl/jak-uzyskac-rezerwacje--pozwolenie--zezwozenie-tresc/sluzba-ruchoma-ladowa-i-satelitarna,9,0.html>, (dostęp: 27.12.2024)

Dokumentami wymaganymi jako załączniki do wniosku o pozwolenie radiowe są:

- wypełniony formularz KS informacji niezbędnych do wydania pozwolenia radiowego,
- w przypadku gdy Wnioskodawca działa przez pełnomocnika, do wniosku należy załączyć pełnomocnictwo, lub odpis pełnomocnictwa, jeżeli jego zgodność z oryginałem została poświadczona przez notariusza albo przez występującego w sprawie pełnomocnika strony będącego adwokatem, radcą prawnym, rzecznikiem patentowym lub doradcą podatkowym - (poświadczenie winno zawierać datę i miejsce jego sporządzenia), pełnomocnictwo zgodnie z art. 33 § 3 kpa może być przedłożone do akt wyłącznie jako: oryginał, urzędowo poświadczony odpis przez notariusza (konsula) lub odpis uwierzytelniony przez występującego w sprawie pełnomocnika, będącego adwokatem, radcą prawnym, rzecznikiem patentowym, a także doradcą podatkowym; Za pełnomocnictwo pobierana jest stosowna opłata skarbową zgodnie z ustawą z dnia 16 listopada 2006 r. o opłacie skarbowej z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. 2023 poz. 2111: 17 zł - od złożonego dokumentu pełnomocnictwa lub prokury oraz jego odpisu, wypisu lub kopii - do każdego stosunku pełnomocnictwa prokury (z wyjątkami zawartymi w załączniku), 5 zł - od złożonego poświadczenia zgodności odpisu, kopii lub wyciągu pełnomocnictwa niepodlegającego opłacie skarbowej lub od niej zwolnionego - część II, poz. 4. których wniesienie należy potwierdzić załączonym do wniosku dowodem należnej opłaty skarbowej,
- dokument potwierdzający spełnienie wymagań zasadniczych urządzeń nadawczych (pozyskiwany od dostawcy sprzętu urządzeń nadawczych),
- dowód zapłaty należnej opłaty skarbowej.

Zgodnie z ustawą z dnia 16 listopada 2006 r. o opłacie skarbowej z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. 2023 poz. 2111) opłata za decyzję w sprawie pozwolenia radiowego (dla każdej stacji bazowej osobno) wynosi 82 zł (Część III poz. 44 ustawy z dnia 16 listopada 2006 r. o opłacie skarbowej z późniejszymi zmianami), płatna na konto Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy, który jest organem właściwym w sprawach pobierania opłaty skarbowej za czynności wykonane przez Urząd Komunikacji Elektronicznej. Do wniosku powinien być załączony dowód wniesienia tej opłaty skarbowej.

W przypadku jednostek samorządu terytorialnego możliwe jest wykorzystywanie zasobów częstotliwości zarówno na zasadzie uzyskania rezerwacji częstotliwości a następnie, w kolejnym etapie, pozwoleń radiowych dla kolejnych stacji bazowych dla wydanej rezerwacji lub też wyłącznie na podstawie samych pozwoleń radiowych bez konieczności wcześniejszego uzyskania rezerwacji częstotliwości. W tym drugim przypadku procedura będzie krótsza czasowo (brak oczekiwania na wydanie rezerwacji częstotliwości), tańsza (brak wniosku i opłat za wydanie rezerwacji) i prostsza (tylko składane wnioski o pozwolenia radiowe), wymagać będzie jednak posiadania już szczegółowych parametrów urządzeń nadawczych (stacji bazowych) w momencie składania wniosku o pozwolenia radiowe. W przypadku składania wniosku o rezerwację częstotliwości parametry poszczególnych stacji bazowych, które mają pracować w projektowanym systemie (sieci) nie muszą być jeszcze znane.

W przypadku częstotliwości radiowych, których przeznaczenie określono w Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości lub ustalono w planie zagospodarowania częstotliwości, Prezes UKE wydaje decyzję o pozwoleniu w terminie 6 tygodni od dnia złożenia wniosku. Termin ten nie ma zastosowania w przypadkach wymagających uzgodnień międzynarodowych lub wynikających z wiążących Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych dotyczących użytkowania częstotliwości radiowych.

4.3. Opłaty za częstotliwości

Zgodnie z art. 24 ustawy Prawo komunikacji elektronicznej podmiot, który uzyskał prawo do dysponowania częstotliwością w rezerwacji częstotliwości, uiszcza roczną opłatę za prawo do dysponowania częstotliwością. Opłatę tę uiszcza również podmiot nieposiadający rezerwacji częstotliwości, który uzyskał prawo do wykorzystywania częstotliwości w pozwoleniu radiowym, na podstawie decyzji, o której mowa w art. 152 ust. 1 lub art. 153 ust. 1 PKE.

- Podmiot, który uzyskał prawo do wykorzystywania częstotliwości określonych w rezerwacji częstotliwości lub pozwoleniu radiowym uiszcza roczne opłaty zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 6 grudnia 2013 r. (Dz.U. 2013 poz. 1586) w sprawie rocznych opłat za prawo do dysponowania częstotliwością (z późn. zm.: Dz.U. 2014 poz. 1596, Dz.U. 2017 poz. 2407, Dz.U. 2018 poz. 2002, Dz.U. 2022 poz. 2513).
- Rozporządzenie to określa wysokość, terminy i sposób uiszczania rocznych opłat za prawo do dysponowania częstotliwością przez podmioty, które uzyskały prawo do dysponowania częstotliwością lub prawo do wykorzystywania częstotliwości. Wysokości opłat za prawo do dysponowania częstotliwościami o łącznej szerokości 1 MHz na obszarze jednej gminy lub mniejszym w zakresach powyżej 3400 MHz są następujące: gmina wiejska 10 zł/MHz, gmina miejsko-wiejska 25 zł/MHz, gmina miejska, z wyłączeniem miast na prawach powiatu 125 zł/MHz, miasto na prawach powiatu 250 zł/MHz.
- Wysokość opłaty za prawo do dysponowania częstotliwościami, o których mowa powyżej, wykorzystywanymi na obszarze większym niż obszar jednej gminy jest obliczana jako suma opłat za poszczególne gminy. Jeżeli suma ta przekroczy kwotę 50 000 zł, wysokość opłaty za prawo do dysponowania częstotliwościami oblicza się według wzoru: $50\,000\text{ zł} + 12\,000\text{ zł} \times (n/N_{\max})$, gdzie:

n – liczba gmin objętych prawem do dysponowania częstotliwością,

$N_{\max}$ – liczba wszystkich gmin w Polsce.

Przykładowe opłaty roczne dla jednego kanału 5G o szerokości X MHz, umieszczonego w zakresie częstotliwości 3800-3900 MHz dla miasta na prawach powiatu:

- 50 MHz: 12,5 tys. zł rocznie,
- 80 MHz: 20 tys. zł rocznie,
- 100 MHz: 25 tys. zł rocznie.

W przypadku gminy miejskiej z wyłączeniem miast na prawach powiatu opłaty te będą następujące:

- 50 MHz: 6,25 tys. zł rocznie,
- 80 MHz: 10 tys. zł rocznie,
- 100 MHz: 12,5 tys. zł rocznie.

W przypadku gminy miejsko-wiejskiej opłaty te będą następujące:

- 50 MHz: 1 250 zł rocznie,
- 80 MHz: 2 000 zł rocznie,
- 100 MHz: 2 500 zł rocznie.

W przypadku gminy wiejskiej opłaty te będą następujące:

- 50 MHz: 500 zł rocznie,
- 80 MHz: 800 zł rocznie,
- 100 MHz: 1 000 zł rocznie.

Opłatę roczną uiszcza się w ratach kwartalnych w wysokości równej 1/4 opłaty rocznej, w terminach do dnia 15 kwietnia, 15 lipca, 15 października i 31 grudnia danego roku.

Opłatę roczną za kwartał, w którym podmiot uzyskał prawo do dysponowania częstotliwością lub jej wykorzystywania, lub w którym to prawo ustało, uiszcza się w kwocie równej iloczynowi liczby dni objętych w danym kwartale tym prawem i raty kwartalnej opłaty rocznej podzielonej przez liczbę dni w tym kwartale, w terminie do: 1) 15 dnia miesiąca następującego po danym kwartale – w przypadku uzyskania lub ustania prawa do dysponowania częstotliwością lub jej wykorzystywania w pierwszym, drugim lub trzecim kwartale danego roku; 2) 31 grudnia danego roku – w przypadku uzyskania lub ustania prawa do dysponowania częstotliwością lub jej wykorzystywania w czwartym kwartale danego roku.

Częstotliwości do wykorzystania eksperymentalnego – możliwe jest czasowe (na okres 1 roku) uzyskanie zezwolenia na eksperymentalne wykorzystywanie częstotliwości, które nie podlegają opłacie za wykorzystywanie częstotliwości.

4.4. Terminy rozpatrywania wniosków

W przypadku złożenia wniosku o rezerwację częstotliwości radiowych zawartych w zakresach, których przeznaczenie określono w Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości a szczególne ich wykorzystanie ustalono w planie zagospodarowania częstotliwości, decyzja o udzieleniu rezerwacji powinna być podjęta w terminie 6 tygodni od dnia złożenia wniosku. Za dzień złożenia uważa się dostarczenie kompletu wymaganych dokumentów, w przypadku konieczności ich modyfikacji/uzupełniania termin liczy się od dnia dostarczenia kompletu dokumentów.

4.5. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej analizy doboru częstotliwości dla sieci radiowych przeznaczonych na potrzeby jednostek samorządu terytorialnego jako optymalne do wykorzystania zakresy częstotliwości określono zasoby w tzw. zakresie FR1: w paśmie C, w zakresie 3800-3900 MHz. Zakres ten zapewnia stosowny zasięg transmisji radiowej oraz możliwość uzyskania odpowiednich przepływności i opóźnień gwarantujących właściwą pracę systemu 5G na rzecz jednostek samorządowych. W tym zakresie częstotliwości możliwe jest uzyskanie przez JST zarówno rezerwacji częstotliwości, jak i pozwoleń radiowych wg procedur UKE opisanych w niniejszym rozdziale. Należy przy tym podkreślić, że użytkowanie częstotliwości w powyższym zakresie może się odbywać jedynie na potrzeby własne jednostek samorządu terytorialnego, nie jest dopuszczalne wykorzystywanie ich do celów świadczenia usług telekomunikacyjnych. Szczegółowe warunki techniczne jakim powinny podlegać stacje sieci 5G uruchamiane w zakresie 3800 – 3900 MHz przez JST opisane są w Zarządzeniu Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej z dnia 14 września 2023 r. w sprawie planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800 – 4200 MHz.

Sieci radiowe 5G mogą być realizowane poprzez uzyskanie rezerwacji częstotliwości – co gwarantuje zabezpieczenie użytkowania częstotliwości przez dłuższy okres, bez konieczności wskazania na starcie szczegółowych parametrów stacji bazowych 5G potrzebnych w przypadku uzyskania pozwoleń radiowych lub też mogą być realizowane bez rezerwacji częstotliwości – na zasadzie samych pozwoleń radiowych – w tej sytuacji jednak konieczne jest wskazanie szczegółowych parametrów stacji. Wykorzystywanie licencjonowanych pasm częstotliwości radiowych do celów nieeksperymentalnych zawsze wymaga wystąpienia o rezerwację częstotliwości lub o pozwolenia radiowe dla działania nadawczych urządzeń radiowych i jest związane z koniecznością wniesienia stosowanych opłat za wnioski oraz po otrzymaniu zezwoleń za wykorzystywanie częstotliwości o których mowa była wyżej. Możliwe jest też występowanie o pozwolenia radiowe wyłącznie do celów eksperymentalnych – jednak jest to możliwe na okres tylko 1 roku z możliwością przedłużenia maksymalnie o kolejny rok. W takim przypadku nie są wnoszone opłaty za wykorzystywanie częstotliwości (PKE art. 24 ust. 12 pkt. 6) wymagane jest natomiast przedstawienie harmonogramu testów w momencie składania wniosku o pozwolenie radiowe oraz sprawozdania z testów po rocznym okresie eksperymentu. Te warunki uruchamiania (na zasadzie eksperymentalnej) raczej nie będą odpowiednie do realizacji sieci 5G jednostek samorządowych na własne potrzeby.

Jednostkom samorządu terytorialnego tam, gdzie planowana jest budowa sieci 5G, rekomenduje się więc pozyskanie samych pozwoleń radiowych (lub ewentualnie rezerwacji częstotliwości a dopiero potem pozwoleń radiowych) w zakresie częstotliwości 3800-3900 MHz. Umożliwi to długookresowe zapewnienie użytkowania częstotliwości, dla których jest dostępny stosowny sprzęt 5G – zarówno nadawczy jak i odbiorczy. Prostszy rozwiązaniem dla JST wydaje się pozyskiwanie kolejnych pozwoleń radiowych, wtedy omijana jest procedura

składania wniosku o rezerwację częstotliwości i pominięcie ewentualnej procedury przetargowej (aukcji).

5. Pomiary natężenia pola elektromagnetycznego

Pole elektromagnetyczne (PEM) to pole fizyczne złożone z dwóch składowych – pola elektrycznego występującego wokół ładunków elektrycznych oraz pola magnetycznego występującego wokół namagnesowanych przedmiotów lub przewodów z przepływającym przez nie prądem. Podstawową miarą wielkości składowych pola elektromagnetycznego jest natężenie jego składowej elektrycznej wyrażone w V/m oraz natężenie składowej magnetycznej wyrażonej w A/m. Promieniowanie elektromagnetyczne pochodzące od instalacji telekomunikacyjnych, ale także np. od gwiazd, przemieszcza się w przestrzeni w postaci fali elektromagnetycznej – naprzemiennie drgającego i wzajemnie powiązanego pola elektrycznego i magnetycznego. W przypadku fali płaskiej stosunek natężenia składowej elektrycznej do składowej magnetycznej jest stały, stąd w praktycznych pomiarach wystarczające jest wyznaczenie tylko jednej z dwóch wielkości. Przyjęto, że natężenie pola magnetycznego (H) wyznacza się dla aplikacji indukcyjnych (częstotliwości zmian pola magnetycznego rzędu kilku – stu kilkudziesięciu kHz) natomiast natężenie pola elektrycznego (E) wyznacza się dla aplikacji radiowych (częstotliwości zmian pola elektrycznego rzędu kilku kHz do kilku THz).

W myśl ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska³⁵ art. 122a ust. 1 po uruchomieniu urządzenia emitującego pola elektromagnetyczne (tj. stacji bazowej) konieczne jest przeprowadzenie pomiarów natężenia składowej elektrycznej pola elektromagnetycznego w jego otoczeniu. Ustawa zwalnia z tego obowiązku instalacje o zastępczej mocy promieniowanej izotropowo (EIRP) poniżej 15 W (poniżej około 42 dBm).

Pomiary te muszą być wykonywane przez laboratoria, które otrzymały akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (m.in. akredytowane laboratoria w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej oraz w Zakładzie Badania Systemów i Urządzeń Instytutu Łączności – PIB)³⁶. Wyniki pomiarów należy dostarczyć w formie elektronicznej, podpisane podpisem elektronicznym (nie skany dokumentów papierowych), wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska i państwowemu wojewódzkiemu inspektorowi sanitarnemu w terminie 30 dni od dnia wykonania pomiarów oraz przekazać do systemu SI2PEM.

Art. 122a Prawa ochrony środowiska

„1. Prowadzący instalację oraz użytkownik urządzenia emitującego pola elektromagnetyczne, które są stacjami elektroenergetycznymi lub napowietrznymi liniami elektroenergetycznymi o napięciu znamionowym nie niższym niż 110 kV, lub instalacjami

³⁵ Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627, z późniejszymi zmianami

³⁶ Pełna lista laboratoriów akredytowanych dostępna jest na stronie Polskiego Centrum Akredytacji, <https://www.pca.gov.pl/akredytowane-podmioty/akredytacje-aktywne/laboratoria-badawcze/> (dostęp 20.12.2024)

radiokomunikacyjnymi, radionawigacyjnymi lub radiolokacyjnymi, emitującymi pola elektromagnetyczne, których równoważna moc promieniowana izotropowo wynosi nie mniej niż 15 W, emitującymi pola elektromagnetyczne o częstotliwościach od 30 kHz do 300 GHz, są obowiązani do wykonania pomiarów poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku:

- 1) bezpośrednio przed rozpoczęciem użytkowania instalacji lub urządzenia;*
- 2) każdorazowo w przypadku zmiany warunków pracy instalacji lub urządzenia, w tym zmiany spowodowanej zmianami w wyposażeniu instalacji lub urządzenia, o ile zmiany te mogą mieć wpływ na zmianę poziomów pól elektromagnetycznych, których źródłem jest instalacja lub urządzenie;*
- 3) każdorazowo w przypadku zmiany istniejącego stanu zagospodarowania i zabudowy nieruchomości skutkującej zmianami w występowaniu miejsc dostępnych dla ludności w otoczeniu instalacji lub urządzenia – na pisemny wniosek właściciela lub zarządcy nieruchomości, na której nastąpiła ta zmiana.*

1a. Pomiarów, o których mowa w ust. 1 pkt 3, nie przeprowadza się, o ile ostatnie pomiary nie wykazały przekroczeń dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych na terenie objętym wnioskiem. O wynikach ostatnich pomiarów informuje się wnioskodawcę.

1b. W przypadku wprowadzenia na części albo całym terytorium Rzeczypospolitej Polskiej stanu nadzwyczajnego, o którym mowa w art. 228 ust. 1 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz. U. poz. 483, z 2001 r. poz. 319, z 2006 r. poz. 1471 oraz z 2009 r. poz. 946), lub stanu zagrożenia epidemicznego lub stanu epidemii, o których mowa w art. 46 ustawy z dnia 5 grudnia 2008 r. o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi (Dz. U. z 2023 r. poz. 1284, 909 i 1938), pomiarów, o których mowa w ust. 1, nie przeprowadza się w lokalach mieszkalnych oraz w lokalach użytkowych zlokalizowanych na terytorium objętym stanem nadzwyczajnym, stanem zagrożenia epidemicznego lub stanem epidemii.

- 2. Wyniki pomiarów, o których mowa w ust. 1, przekazuje się w postaci elektronicznej wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska i państwowemu wojewódzkiemu inspektorowi sanitarnemu w terminie 30 dni od dnia wykonania pomiarów.*
- 3. Minister właściwy do spraw klimatu może określić, w drodze rozporządzenia, wymagania dotyczące wyników pomiarów, o których mowa w ust. 1, kierując się potrzebą ujednolicenia wyników pomiarów oraz zapewnienia właściwego ich wykonywania.”*

W 2019 r. nastąpiła rewizja podejścia do ochrony przed polem elektromagnetycznym w środowisku ogólnym polegająca na tzw. zmianie delegacji ustawowej. Wycofane już obecnie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. obejmowało jednocześnie dwa bardzo ważne aspekty: definiowało dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych w środowisku oraz określało sposoby weryfikacji dotrzymania tych poziomów poprzez

wykonanie pomiarów. W efekcie zmian powstały dwa rozporządzenia: Rozporządzenie Ministra Zdrowia³⁷ z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz Rozporządzenie Ministra Klimatu³⁸ z dnia 17 lutego 2020 r. w sprawie sposobów sprawdzania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku. Opisują one parametry fizyczne charakteryzujące oddziaływania pól elektromagnetycznych na środowisko oraz określają sposoby wykonywania pomiarów tych parametrów.

6. Analiza szans i zagrożeń

Budowa prywatnej sieci 5G niesie za sobą wiele szans i zagrożeń, które mogą znacząco wpłynąć na rozwój miasta. Prywatna sieć 5G umożliwia rozwój inteligentnych miast, lepsze zarządzanie infrastrukturą, szybkie dostosowywanie działań do zmieniającego się otoczenia, oszczędności w budżecie, a także umożliwia oferowanie mieszkańcom zupełnie nowych e-usług. Z drugiej strony, istnieją wyzwania, takie jak koszty wdrożenia i utrzymania infrastruktury, niski poziom zaufania do nowych technologii wśród mieszkańców regionu czy kwestie związane z cyberbezpieczeństwem.

W tym rozdziale zostaną przedstawione wybrane metody związane z analizą ryzyka w projektach, które pozwolą na wczesnym etapie zidentyfikować zasadność rozpoczęcia projektu budowy prywatnej sieci 5G. Ułatwią również identyfikację zdarzeń mogących w przyszłości mieć wpływ (pozytywny lub negatywny) na przebieg projektu. Następnie przedstawiona zostanie pomocnicza baza szans i zagrożeń, którą jednostki samorządu terytorialnego mogą wykorzystać pomocniczo, do prowadzenia własnych analiz. Na zakończenie przeprowadzona zostanie przykładowa analiza.

6.1. Zarządzanie ryzykiem w projekcie

Ryzyko definiowane jest jako niepewne zdarzenie, które w przypadku wystąpienia będzie mieć wpływ (pozytywny lub negatywny) na osiągnięcie celów³⁹. W podstawowym podziale ryzyka możemy wyróżnić szanse, które mogą mieć wpływ pozytywny oraz zagrożenia, które mogą mieć wpływ negatywny. Proces zarządzania w projekcie jest ciągły, powtarzalny i składa się z pięciu działań:

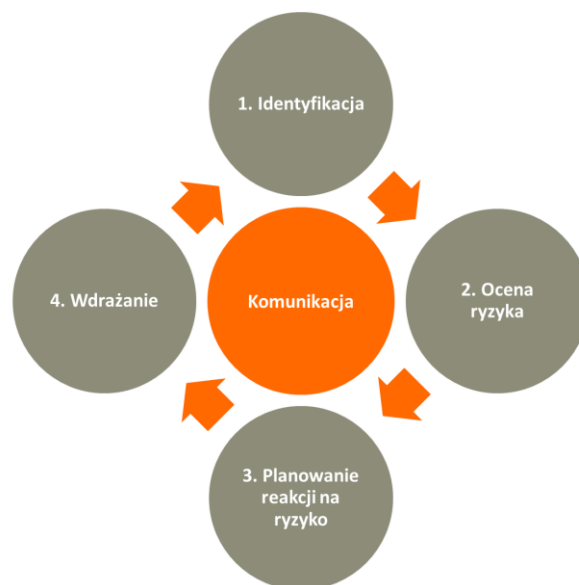
1. identyfikacja – ma za zadanie odpowiedzieć, jakie zewnętrzne czynniki mogą wpływać na projekt i jakie mogą spowodować odchylenia od zakładanych rezultatów,

³⁷ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, Dz.U. 2019 poz. 2448, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190002448> (dostęp: 20.12.2024)

³⁸ Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 17 lutego 2020 r. w sprawie sposobów sprawdzania dotrzymania dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku, Dz. U. 2020 poz. 258, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20200000258> (dostęp: 20.12.2024)

³⁹ A. Kos, Zarządzanie ryzykiem w projekcie, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witolda w Legnicy nr 30(1)/2019

2. ocena ryzyka – ma na celu oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia, bliskości oraz potencjalnego wpływu ryzyka,
3. planowanie reakcji na ryzyko – zidentyfikowane i ocenione ryzyka wymagają podjęcia decyzji o właściwej reakcji w celu uniknięcia zaskoczenia, zmniejszenia lub usunięcia zagrożeń oraz maksymalizacji szans,
4. wdrażanie – ma na celu zapewnienie, że zaplanowane reakcje zostaną wdrożone i będą odpowiednio monitorowane,
5. komunikacja – powinna być realizowana w sposób ciągły i obejmować zarówno zespół projektowy, jak i interesariuszy.



Rysunek 7. Proces zarządzania ryzykiem w projekcie (opracowanie własne)

Istnieje wiele technik identyfikacji ryzyka. Wybór konkretnych w projekcie będzie uzależnione od różnych czynników, m.in. doświadczenia zespołu czy zróżnicowania czynników zewnętrznych. Do przykładowych technik identyfikacji ryzyka możemy zaliczyć:

- analizę doświadczeń – z poprzednich projektów,
- analizę SWOT – prezentującą silne strony (S) i słabe strony (W) naszej organizacji, a także zewnętrzne szanse (O) i zagrożenia (T) wpływające na naszą organizację,
- analizę PESTLE – obejmującą otoczenie polityczne (P), ekonomiczne (E), społeczne (S), technologiczne (T), legislacyjne (L) i ekologiczne/środowiskowe (E),
- analizę interesariuszy projektu,
- wywiady z interesariuszami,
- analizę SOAR – skupioną na silnych stronach (S), szansach (O), aspiracjach (A) i wynikach (R),
- analizę scenariuszy – pobudzającą myślenie o długofalowych skutkach projektu.

Przykładowe czynniki, które mogą zostać umieszczone w analizie SWOT oraz PESTLE zaprezentowano na rysunkach poniżej.

CECHY ORGANIZACJI	MOCNE STRONY - Jakie jest doświadczenie organizacji w realizacji projektów? - Jakie są kwalifikacje pracowników? - Jakie technologie są już rozwinięte w organizacji? - Jakie cechy organizacji będą kluczowe dla projektu? - Jakie jest doświadczenie organizacji w zdobywaniu funduszy na projekty?	SŁABE STRONY - Jakie braki infrastrukturalne lub kompetencyjne mogą opóźnić wdrożenie sieci 5G? - Jakie wyzwania finansowe organizacja może napotkać w procesie wdrożenia? - Czy organizacja jest gotowa na realizację projektu i późniejsze utrzymanie sieci? - Czy organizacja jest wystarczająco elastyczna, aby dostosować się do zmian w technologii?
	SZANSE - Jakie nowe możliwości może przynieść wdrożenie 5G dla rozwoju organizacji? - Czy wdrożenie sieci 5G może przyciągnąć nowych inwestorów lub stworzyć nowe miejsca pracy? - Jakie programy mogą wspierać finansowo wdrożenie sieci 5G? - Jak można wykorzystać współpracę z uczelniami i firmami technologicznymi?	ZAGROŻENIA - Jakie ryzyko niosą ze sobą zagrożenia cybernetyczne? Jak się przed nimi bronić? - Jakie zagrożenia mogą wynikać z oporu społecznego wobec technologii 5G? - Czy zostały przewidziane pieniądze na zagrożenia zewnętrzne dla budowy i utrzymania sieci? - Czy organizacja otrzyma dofinansowanie na utrzymanie sieci?

Rysunek 8. Przykładowe pytania pomocnicze do przeprowadzenia analizy SWOT



Rysunek 9. Przykładowe czynniki wpływające na projekt, przedstawione w analizie PESTLE

Na etapie identyfikacji ryzyka należy także utworzyć rejestr ryzyka i zapisać w nim wszystkie ryzyka zidentyfikowane podczas analiz.

Ocena zidentyfikowanego ryzyka powinna zawierać ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka, jego wpływu na realizację celów, bliskość oraz ewentualną zmianę stopnia oddziaływania w różnych fazach projektu. Do oceny prawdopodobieństwa najczęściej wykorzystuje się skalę punktową (np. 1-5) lub wyrażoną w procentach. Prawdopodobieństwo można także wyrazić opisowo (małe, średnie, itd.). Podobnie ocenę wpływu ryzyka można wyrazić w skali punktowej, opisowo lub w konkretnych wartościach, jak wartość pieniężna lub liczba dni opóźnienia. Określone liczbowo prawdopodobieństwo oraz wpływ mogą posłużyć do określenia poziomu istotności ryzyka.

$$I_n = P_n \times W_n \quad (5.1)$$

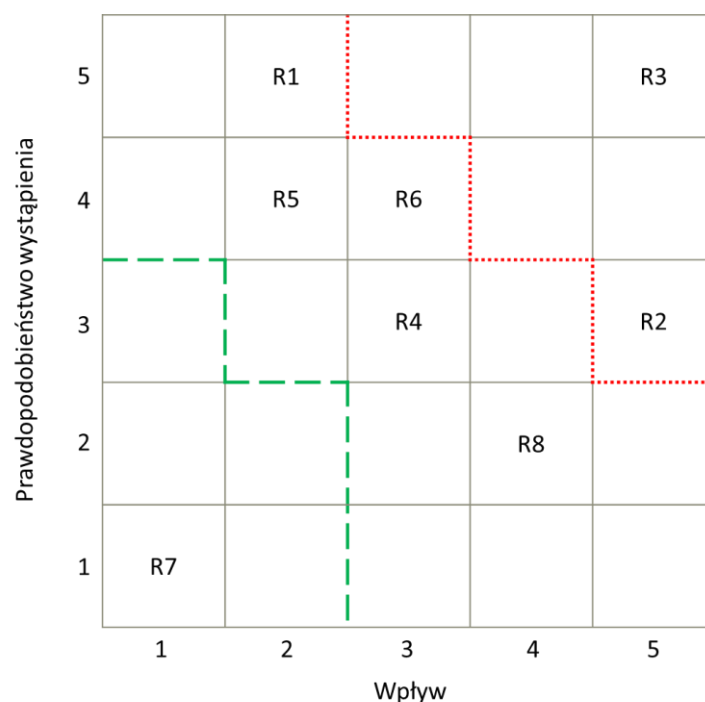
Gdzie:

I_n – poziom istotności ryzyka,

P_n – prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka,

W_n – wpływ ryzyka.

Wyniki oceny zidentyfikowanego ryzyka można przedstawić w formie graficznej na mapie ryzyka lub w macierzy ryzyka. Metody te ułatwiają komunikację oraz pozwalają na dokonanie wstępnej oceny dalszego postępowania. W zależności od wewnętrznej polityki zarządzania ryzykiem można także nanieść linię akceptacji (ryzyka poniżej tylko obserwujemy) i eskalacji ryzyka (ryzyka powyżej eskalujemy np. do komitetu sterującego).



Rysunek 10. Mapa ryzyka z zaznaczoną linią akceptacji ryzyka (zielona, kreskowana) i linią eskalacji ryzyka (czerwona, kropkowana)

Planowanie reakcji na ryzyko obejmuje cztery sposoby reakcji na szanse oraz cztery sposoby reakcji na zagrożenia. Sposoby reakcji przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 3. Typy reakcji na ryzyko

Reakcja na zagrożenie	Reakcja na szanse
Unikanie (eliminacja) działań, które mogą przyczynić się do materializacji zagrożenia	Wykorzystanie pojawiającej się szansy
Redukowanie prawdopodobieństwa materializacji zagrożenia i/lub jego oddziaływania	Wzmocnienie poprzez zwiększenie prawdopodobieństwa materializacji szansy i/lub wpływu
Plan rezerwowy redukujący oddziaływanie zagrożenia po jego zmaterializowaniu	
Przeniesienie ryzyka do innego podmiotu	
Współdzielenie z innym podmiotem potencjalnych strat/zysków	
Akceptowanie i świadome zaniechanie działań, przy jednoczesnym monitorowaniu zagrożenia	Odrzucenie pojawiającej się szansy

Każdy plan reakcji na ryzyko musi zawierać także informacje co należy zrobić w ramach wybranej reakcji na ryzyko, kto będzie wykonawcą reakcji, kiedy należy zrealizować poszczególne zadania, jakie będą rezultaty tych zadań i w jaki sposób podjęte prace będą monitorowane oraz raportowane.

Etap wdrażania reakcji na ryzyko ma na celu zapewnienie, że zaplanowane reakcje zostaną zrealizowane. Ważne jest, aby każde ryzyko miało przydzielonego właściciela (osobę odpowiedzialną za zarządzanie i monitorowanie) oraz wykonawcę reakcji (role te mogą być przydzielone jednej osobie lub podzielone).

Niezależnie od etapu zarządzania ryzykiem powinna być prowadzona komunikacja wewnątrz projektu oraz na zewnątrz – do interesariuszy. Metodami komunikacji mogą być np. raporty okresowe, raporty z etapów, spotkania z interesariuszami, spotkania zespołu projektowego.

6.2. Przykładowa analiza

Opracowano przykładową analizę szans i zagrożeń związanych z budową prywatnej sieci 5G. Czynniki te zostały podzielone na 6 kategorii, zgodnie z wcześniej zaproponowaną metodą PESTLE. Każde z ryzyk zostało opisane następującymi parametrami:

- typ: szansa lub zagrożenie,
- identyfikator (np. PS1),
- proponowana reakcja – jedna z możliwych reakcji (Tabela 3) oraz przykładowy sposób jej realizacji,

- prawdopodobieństwo wystąpienia,
- wpływ – na co i wystąpienia,
- bliskość wystąpienia.

6.2.1. Czynniki polityczne

Szanse wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (PS1) Rząd może promować rozwój nowoczesnych technologii, takich jak 5G, co może prowadzić m.in. do ulg, grantów, dotacji lub preferencyjnego traktowania.
 - Reakcja na szansę: wykorzystanie szansy – JST powinna przygotować solidny biznesplan i studium wykonalności, podkreślając korzyści społeczne i gospodarcze z wdrożenia sieci 5G a także zidentyfikować dostępne źródła finansowania oraz nawiązać współpracę z doświadczonymi partnerami przy składaniu wniosków o fundusze.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 5 (bardzo wysokie).
 - Wpływ: przyspiesza realizację projektów, umożliwia jednocześnie prowadzenie działań (np. projektowanie, budowa, testy) i zmniejsza obciążenie finansowe JST, pozwalając alokować środki na inne priorytety. Dzięki finansowaniu JST może wdrażać zaawansowane technologie i innowacyjne usługi. Dodatkowe fundusze umożliwiają współpracę z wiodącymi dostawcami, zapewnienie wysokiej jakości wdrożenia oraz rozszerzenie zakresu usług na większy obszar lub przysłą rozbudowę infrastruktury.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: początkowa faza projektu.
- (PS2) JST staje się centrum innowacji na mapie rozwoju technologicznego kraju.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie szansy poprzez skuteczne promowanie swojego osiągnięcia i kontynuacja rozwoju infrastruktury, a także poprzez tworzenie partnerstw prywatno-publicznych wspierających dalsze inwestycje i rozwój ekosystemu technologicznego oraz i aktywna współpraca z uczelniami oraz instytutami badawczymi.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: zwiększenie znaczenia w krajowych strategiach rozwoju i zyskanie dodatkowego wsparcia finansowego i organizacyjnego, przyciągnięcie inwestorów z branży technologicznej. JST stanie się liderem cyfrowej transformacji, wspierając lokalnych przedsiębiorców i wzmacniając dochody z inwestycji. Dodatkowo przyciągnięcie ekspertów oraz nawiąże współpracę z uczelniami, budując środowisko innowacji i wzmacniając swój wizerunek jako regionu atrakcyjnego do życia i pracy.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (PS3) Sieci 5G umożliwiają rozwój systemów monitoringu, zarządzania ruchem i inteligentnych usług miejskich, co może być korzystne dla władz lokalnych.

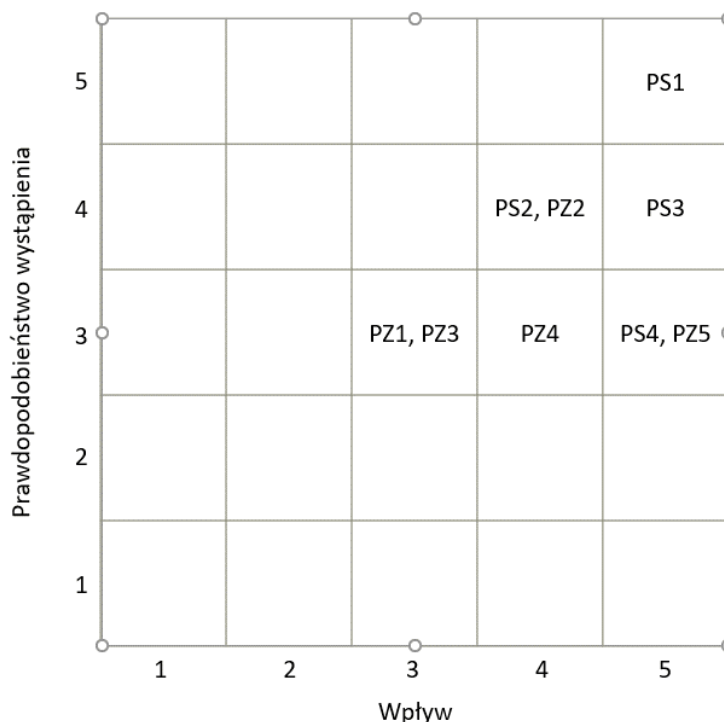
- Reakcja na szansę: wykorzystanie poprzez inwestycje w infrastrukturę oraz wdrażanie inteligentnych systemów zarządzania ruchem i monitoringu miejskiego, które poprawiają bezpieczeństwo i optymalizują transport. Kluczowa jest integracja danych z różnych obszarów, takich jak transport czy środowisko oraz współpraca z sektorem prywatnym w celu wdrażania innowacji. JST mogą pozyskiwać fundusze zewnętrzne na rozwój inteligentnych miast, edukować mieszkańców o korzyściach nowych rozwiązań i monitorować ich efektywność, aby ciągle je doskonalić. Te działania zwiększają efektywność zarządzania miastem i wzmacniają jego innowacyjność.
- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
- Wpływ: zaawansowane systemy monitoringu, optymalizacja zarządzania ruchem i zasobami miejskimi poprawiają bezpieczeństwo, redukują korki i emisję spalin, podnosząc jakość życia. Inwestycje te wspierają rozwój lokalnej gospodarki, tworzą miejsca pracy, przyciągają inwestorów i zwiększają konkurencyjność regionu, wspierając transformację cyfrową JST jako lidera innowacji.
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (PS4) Efektywniejsza komunikacja między mieszkańcami i służbami w porównaniu z dotychczasową, wdrożenie infrastruktury alarmowej nowego typu.
 - Reakcja na szansę: wdrożenie zaawansowanych systemów alarmowych i aplikacji mobilnych umożliwia szybsze przekazywanie danych i lokalizację zdarzeń w czasie rzeczywistym. Integracja systemów komunikacyjnych, współpraca z operatorami służb publicznych i pozyskiwanie funduszy unijnych wspierają rozwój infrastruktury. Edukacja mieszkańców i testowanie nowych systemów zwiększają bezpieczeństwo i efektywność zarządzania kryzysowego.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowana).
 - Wpływ: znacząca poprawa bezpieczeństwa publicznego, szybsza reakcja służb dzięki przesyłaniu danych w czasie rzeczywistym. Lepsza koordynacja działań służb oraz łatwiejszy dostęp mieszkańców do narzędzi komunikacyjnych zwiększają zaufanie do JST i wspierają spójność społeczną. Efektywność komunikacji i redukcja kosztów operacyjnych przekładają się na długoterminowe oszczędności i poprawę jakości życia mieszkańców, jednocześnie wspierając transformację cyfrową JST.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.

Zagrożenia wynikające z wdrożenia sieci prywatnej 5G:

- (PZ1) Obawy mieszkańców związane z promieniowaniem elektromagnetycznym mogą prowadzić do protestów w celu ograniczenia rozwoju sieci.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie sprzeciwu przez kampanie edukacyjne wyjaśniające bezpieczeństwo systemów 5G, otwarty dialog z mieszkańcami oraz rozmieszczenie nadajników w miejscach nie budzących sprzeciwu. Samorządy powinny zapewnić zgodność z normami bezpieczeństwa, zmniejszyć koncentrację nadajników w gęsto zaludnionych obszarach, być transparentne

- w decyzjach o lokalizacji i rozważać niskiej mocy stacje, co zwiększy akceptację społeczną.
- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń, konieczność konsultacji społecznych i dodatkowych ekspertyz zwiększają koszty i mogą prowadzić do kar finansowych lub utraty dotacji. Negatywne reakcje społeczne ograniczają akceptację dla 5G, obniżając potencjalne korzyści i wizerunek JST. Kompromisy technologiczne, jak ograniczenie liczby stacji, wpływają na wydajność sieci i zmniejszają efektywność projektu.
 - Istotność wpływu: 3 (umiarkowana).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (PZ2) Lobbing przeciwko prywatnym sieciom 5G, szczególnie jeśli konkurują z istniejącymi sposobami dostarczania usług.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja poprzez budowanie silnych argumentów wspierających znaczenie prywatnej sieci 5G dla lokalnego rozwoju a także nawiązywanie współpracy z organami regulacyjnymi oraz organizacjami wspierającymi transformację cyfrową, aby przeciwdziałać potencjalnym naciskom lobbystów.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: może prowadzić do restrykcyjnych regulacji, opóźnień w realizacji, wzrostu kosztów prawnych i ograniczenia dostępu do funduszy. Może również wymusić ograniczenia infrastrukturalne, kompromisy technologiczne oraz zmniejszyć potencjał innowacyjny sieci, utrwalając dominację tradycyjnych operatorów. Tego typu sytuacje negatywnie wpływają na wizerunek JST.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
 - (PZ3) Współpraca z niektórymi producentami sprzętu może budzić kontrowersje w kontekście geopolitycznym, prowadząc do sankcji gospodarczych lub ograniczeń handlowych.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie (eliminacja), rekomendowane jest dywersyfikowanie dostawców i wybór firm spełniających najwyższe standardy bezpieczeństwa oraz stosowanie zasad transparentności i zgodności z regulacjami krajowymi, oraz unijnymi.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: możliwość wystąpienia ograniczeń handlowych, skutkując trudnościami w dostępie do technologii, części zamiennych czy wsparcia serwisowego. Może także wymagać dodatkowych zabezpieczeń zwiększając koszty oraz opóźniając projekt. Sankcje mogą zmusić JST do zmiany dostawców, co dodatkowo wydłuży realizację i zwiększy wydatki. Kontrowersje geopolityczne oraz obawy o cyberbezpieczeństwo mogą negatywnie wpłynąć na wizerunek JST, zmniejszyć zaufanie inwestorów i ograniczyć dostęp do międzynarodowych funduszy.
 - Istotność wpływu: 3 (umiarkowany).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie projektu.

- (PZ4) Zmienność regulacji dotyczących sieci 5G, takich jak wymogi licencyjne, umowy międzynarodowe, standardy bezpieczeństwa czy przepisy ochrony danych osobowych, może opóźniać lub utrudniać wdrożenie.
 - Reakcja na zagrożenie: współpraca z ekspertami prawnymi i doradcami ds. zgodności pozwoli lepiej przewidywać i dostosowywać się do zmian a także planowanie wdrożenia z uwzględnieniem elastyczności regulacji oraz rezerw finansowych na spełnienie dodatkowych wymogów.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń i dostosowywaniu projektu do nowych wymagań wydłużają harmonogram i zwiększają koszty. Regulacje mogą ograniczyć elastyczność, zmniejszyć innowacyjność i zniechęcić inwestorów, prowadząc do mniej optymalnych rozwiązań i obniżenia efektywności projektu.
 - Istotność wpływu: 4 (wysokie).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie projektu.
- (PZ5) Potencjalne ograniczenia związane z lokalizacją stacji bazowych, wynikające z przepisów o ochronie środowiska, obiektów zabytkowych lub krajobrazu.
 - Reakcja na zagrożenie: przeprowadzenia analiz pod kątem znalezienia optymalnej lokalizacji stacji bazowych przy współpracy z organami ochrony środowiska, konserwatorami zabytków oraz społecznością lokalną. Kluczowe jest rozważenie alternatywnych lokalizacji, takich jak istniejące infrastruktury oraz dostosowanie projektów do wymogów prawnych poprzez estetyczne maskowanie lub stosowanie mniejszych urządzeń.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: możliwe wystąpienie opóźnienia w realizacji projektu i zwiększenie kosztów związanych z dostosowaniem infrastruktury. Utrudnienia te mogą ograniczyć zasięg sieci, wpływając na jakość usług oraz prowadzić do konfliktów społecznych, szczególnie w obszarach o wysokiej wartości przyrodniczej lub kulturowej. Konieczność modyfikacji planów i ryzyko negatywnego wizerunku JST mogą ograniczyć potencjalne korzyści wynikające z wdrożenia sieci 5G, takich jak poprawa komunikacji i rozwój innowacyjnych usług.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie projektu.



Rysunek 11. Mapa ryzyk dla czynników politycznych
(PS – szansa polityczna, PZ – zagrożenie polityczne)

6.2.2. Czynniki ekonomiczne

Szanse wynikające z wdrożenia sieci prywatnej 5G:

- (ENS1) Przyciągnięcie startupów oraz firm technologicznych specjalizujących się w Internecie Rzeczy, sztucznej inteligencji, rzeczywistości rozszerzonej i wirtualnej oraz mobilnych aplikacjach.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie poprzez promocję JST jako centrum technologicznego, organizowanie wydarzeń branżowych, tworzenie centrów technologicznych i oferowanie ulg podatkowych. Kluczowe działania to wspieranie projektów naukowo-badawczych we współpracy z uczelniami, organizowanie szkoleń, udostępnianie laboratoriów technologicznych, a także przyciąganie inwestorów poprzez partnerstwa publiczno-prywatne, wsparcie merytoryczne oraz doradztwo dla lokalnych firm.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: wygenerowanie nowych miejsc pracy, zwiększenie inwestycji i napędzenie rozwoju innowacji szczególnie w smart city i Przemysle 4.0. Współpraca z uczelniami wspiera badania, a region zyskuje reputację innowacyjnego centrum technologicznego, przyciągając kolejnych inwestorów. Firmy technologiczne wspierają cyfryzację usług publicznych, podnosząc jakość życia mieszkańców, a ich działalność generuje dochody dla JST z podatków, wspierając długoterminowy rozwój gospodarki i budowę szybko rozwijającego się środowiska technologicznego.

- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (ENS2) Wspieranie transformacji zakładów produkcyjnych w kierunku Przemysłu 4.0.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie, JST powinna skupić się na rozwoju infrastruktury 5G, wspieraniu cyfryzacji lokalnych firm, oferowaniu zachęt finansowych i promowaniu innowacyjnych rozwiązań. Partnerstwa z dostawcami technologii i instytucjami badawczymi oraz działania edukacyjne są kluczowe dla skutecznej transformacji lokalnej gospodarki w kierunku Przemysłu 4.0 i rolnictwa.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: wdrożenie sieci 5G przez JST ma dalekosiężny i pozytywny wpływ na gospodarkę, społeczeństwo i środowisko. Poprawa efektywności lokalnych przedsiębiorstw oraz transformacja w kierunku Przemysłu 4.0 zwiększają konkurencyjność regionu, przynosząc wymierne korzyści finansowe, społeczne i ekologiczne.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (ENS3) Tworzenie nowych miejsc pracy związanych z budową, zarządzaniem i utrzymaniem infrastruktury 5G.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie poprzez promowanie inwestycji lokalnych, organizację szkoleń dla mieszkańców, współpracę z uczelniami oraz wsparcie dla lokalnych firm i startupów. Ważne jest także zwiększanie świadomości o korzyściach gospodarczych i priorytetowe uwzględnianie lokalnych przedsiębiorstw w projektach związanych z 5G.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie)
 - Wpływ: na rozwój lokalnej gospodarki, zwiększając dochody mieszkańców i stymulując przedsiębiorczość. Przyczynia się do podnoszenia kwalifikacji, ograniczenia migracji oraz rozwoju innowacji w regionie, co wzmacnia jego atrakcyjność i konkurencyjność.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (ENS4) Zwiększenie atrakcyjności regionu dla specjalistów i ekspertów z różnych branż.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie, wspieranie poprzez promocję nowoczesnej infrastruktury 5G oraz inwestowanie w centrów rozwoju innowacji i partnerstwa z branżami. Kluczowe jest rozwijanie infrastruktury społecznej, tworzenie dobrze płatnych miejsc pracy oraz organizowanie wydarzeń branżowych, takich jak konferencje i warsztaty. Te działania przyciągają ekspertów i liderów, wzmacniając konkurencyjność regionu.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowana).
 - Wpływ: wzrost dochodów z podatków, rozwój innowacyjności i zatrzymanie osób o cennych kompetencjach. Przyczynia się do poprawy wizerunku regionu jako nowoczesnego miejsca oraz sprzyja rozwojowi infrastruktury społecznej, wspierając długofalowy rozwój gospodarczy i społeczny.

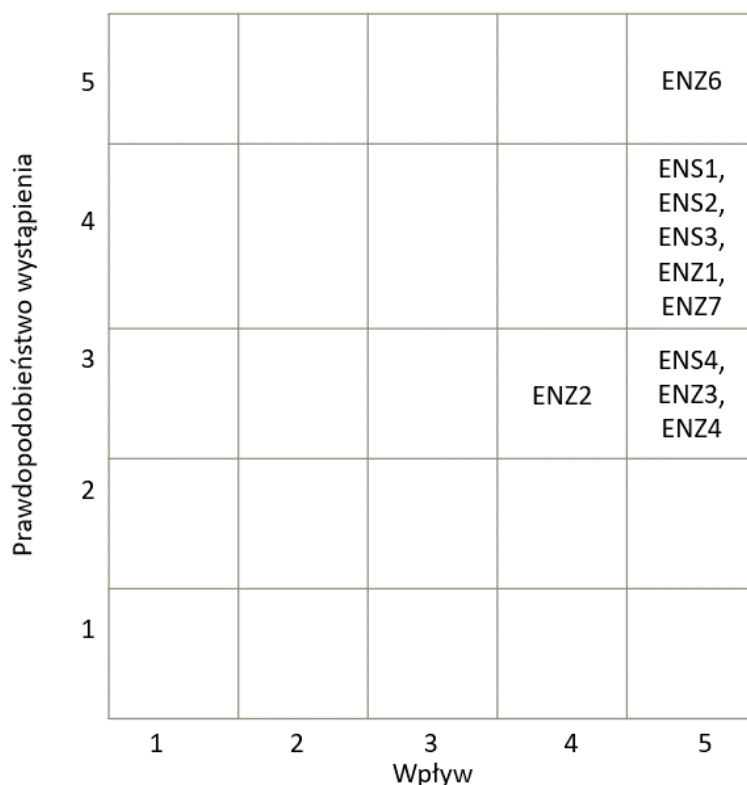
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.

Zagrożenia wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (ENZ1) Duże nakłady finansowe na budowę infrastruktury oraz jej późniejszą ewentualną modernizację.
 - Reakcja na zagrożenie: koncentrowanie się na pozyskiwaniu zewnętrznych funduszy, optymalizacji kosztów oraz wykorzystaniu modeli biznesowych generujących przychody. Właściwe planowanie i współpraca z sektorem publicznym i prywatnym pozwalają skutecznie zarządzać kosztami budowy i modernizacji infrastruktury 5G, minimalizując ryzyko finansowe dla JST.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: wysokie nakłady finansowe na budowę i modernizację infrastruktury 5G mogą prowadzić do wzrostu kosztów, opóźnień, ograniczenia zakresu projektu, presji finansowej oraz ryzyka wizerunkowego. JST powinna skoncentrować się na skutecznym planowaniu budżetu, pozyskiwaniu zewnętrznych funduszy i optymalizacji kosztów, aby zminimalizować te negatywne skutki.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoki).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (ENZ2) Długofalowe koszty utrzymania, w tym opłaty licencyjne i wsparcie techniczne, mogą obciążyć budżet gminy.
 - Reakcja na zagrożenie: przeprowadzenie szczegółowej analizy kosztów projektu, zidentyfikować okresy zwiększonych wydatków oraz opracować harmonogram płatności. Optymalizacja zasobów, np. poprzez wirtualizację funkcji sieciowych i szkolenie pracowników w zakresie wsparcia technicznego, może ograniczyć wydatki operacyjne.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: ograniczenie środków na inne inwestycje lub usługi publiczne. Niewłaściwe oszacowanie wydatków może prowadzić do deficytu budżetowego i konieczności przesuwania środków lub zaciągania kredytów. Wysokie koszty utrzymania mogą także hamować innowacyjność i rozwój infrastruktury, a problemy finansowe mogą wywoływać niezadowolenie mieszkańców i presję społeczną na JST w celu ograniczenia wydatków.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoki).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (ENZ3) Konieczność wdrożenia systemów rezerwowych do przeciwdziałania sytuacjom kryzysowym.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja poprzez przeprowadzenie analizy ryzyka i wdrażanie rozwiązania etapami, minimalizując jednorazowe koszty. Warto korzystać z technologii chmurowych, negocjować warunki z dostawcami oraz poszukiwać zewnętrznego finansowania. Kluczowe jest regularne testowanie systemów i ich efektywności, co zapewni niezawodność infrastruktury przy jednoczesnej optymalizacji kosztów.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (średnie).

- Wpływ: wdrożenie i utrzymanie systemów rezerwowych generuje wysokie koszty początkowe i operacyjne, co obciąża budżet JST. Systemy rezerwowe zwiększają niezawodność infrastruktury, co zapewnia ciągłość działania usług i wzmacnia zaufanie mieszkańców i partnerów do JST.
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoki).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (ENZ4) Monopol dostawców technologii oraz ryzyko ich upadłości lub przejęcia.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie poprzez dywersyfikację dostawców, korzystanie z otwartych standardów i regularne monitorowanie ich sytuacji rynkowej. Kluczowe jest zawieranie umów z klauzulami ochronnymi, wspieranie lokalnych firm oraz rozwijanie kompetencji wewnętrznych w JST, co pozwoli uniezależnić się od jednego podmiotu i zabezpieczyć ciągłość działania sieci.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: zależność od jednego dostawcy, ryzyko przerw w usługach, wzrost kosztów i trudności w modernizacji infrastruktury. Mogą również prowadzić do utraty kontroli nad danymi i zwiększyć wrażliwość JST na zmiany rynkowe oraz geopolityczne, co stanowi poważne zagrożenie dla stabilności i bezpieczeństwa wdrożonej sieci 5G.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: przez cały okres trwania projektu.
- (ENZ5) Ewentualność dostosowania się do modeli biznesowych promujących częste modernizacje.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie, JST powinny korzystać z elastycznych technologii opartych na otwartych standardach oraz negocjować warunki z dostawcami ograniczające obowiązek aktualizacji. Kluczowe jest analizowanie kosztów i korzyści modernizacji, aby podejmować uzasadnione decyzje i minimalizować koszty.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: generuje wysokie koszty finansowe i operacyjne, które mogą obciążać budżet. JST traci elastyczność w zarządzaniu infrastrukturą i ryzykuje uzależnienie od dostawców, co może ograniczać jej niezależność. Wysokie koszty modernizacji mogą także negatywnie wpłynąć na inne usługi publiczne, jednak dostęp do najnowszych technologii może zwiększyć potencjał sieci, jeśli modernizacje są odpowiednio zarządzane.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka)
 - Bliskość wystąpienia: na etapie projektowania i wdrożenia projektu.
- (ENZ6) Niedobór wykwalifikowanych specjalistów oraz potrzeba outsourcingu lub kosztownych szkoleń.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja poprzez współpracę z uczelniami, programy stażowe, dotacje na szkolenia oraz rozwijanie wewnętrznych kompetencji. Współpraca z sektorem prywatnym, konkurencyjne warunki zatrudnienia i dywersyfikacja outsourcingu minimalizują zależność od jednego dostawcy i ograniczają koszty.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 5 (wysokie).

- Wpływ: obciążenie budżetu wysokimi kosztami i opóźnienie wdrożenia sieci 5G. Zależność od firm zewnętrznych ogranicza kontrolę nad infrastrukturą, a brak lokalnych kompetencji prowadzi do utrzymania wysokich kosztów w dłuższej perspektywie. Dodatkowo JST traci szansę na tworzenie miejsc pracy i rozwój kompetencji w regionie, co osłabia jej atrakcyjność dla inwestorów i mieszkańców.
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (ENZ7) Ryzyko zmieniających się regulacji prawnych i norm, które mogą opóźnić wdrożenie i podnosić koszty operacyjne.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie poprzez regularne monitorowanie zmian w przepisach i współpracy z ekspertami prawnymi oraz poprzez aktywne uczestnictwo w konsultacjach. Kluczowe jest elastyczne planowanie projektów, tworzenie rezerw budżetowych, zawieranie umów z klauzulami ochronnymi oraz edukacja pracowników w zakresie nowych regulacji. Opracowanie scenariuszy ryzyka pozwoli na szybkie dostosowanie się do zmian, ograniczając potencjalne opóźnienia i koszty operacyjne.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: powodowanie opóźnień w realizacji projektu i wzrost kosztów operacyjnych związanych z dostosowaniem technologii i procedur. Niezgodność z przepisami może skutkować konsekwencjami prawnymi, a dodatkowe wymagania zwiększają złożoność zarządzania i obciążają administrację JST. Opóźnienia lub problemy z wdrożeniem negatywnie wpływają na wizerunek JST, a częste zmiany regulacji mogą prowadzić do długoterminowego wzrostu kosztów utrzymania sieci 5G.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: przez cały okres trwania projektu.



Rysunek 12. Mapa ryzyka dla czynników ekonomicznych
(ENS – szansa ekonomiczna, ENZ – zagrożenie ekonomiczne)

6.2.3. Czynniki społeczne

Szanse wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (SS1) Usługi oparte na sieci 5G, takie jak inteligentne systemy transportowe, zarządzanie ruchem czy monitoring środowiska, mogą zwiększyć komfort życia w mieście.
 - Reakcja na szansę: wykorzystanie poprzez identyfikację priorytetowych obszarów zastosowań, takich jak transport i monitoring środowiska, oraz integrować nowe rozwiązania z istniejącą infrastrukturą. Kluczowa jest współpraca z sektorem technologicznym, realizacja pilotażowych projektów, pozyskiwanie funduszy oraz edukacja mieszkańców na temat korzyści płynących z usług 5G. Regularne monitorowanie wyników i wspieranie lokalnych firm pozwoli na rozwijanie innowacyjnych rozwiązań, które zwiększą komfort życia mieszkańców i efektywność zarządzania miastem.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: przyczynia się do poprawy jakości życia mieszkańców poprzez zwiększenie bezpieczeństwa i zmniejszenie korków, a także obniża koszty operacyjne dzięki efektywniejszemu zarządzaniu infrastrukturą. Systemy monitoringu wspierają działania proekologiczne, a nowoczesne rozwiązania przyciągają inwestorów, wspierając lokalną gospodarkę. Wdrożenie tych usług wzmacnia wizerunek JST jako innowacyjnego i atrakcyjnego miejsca do życia oraz prowadzenia działalności, jednocześnie wspierając rozwój regionu.

- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (SS2) Szybszy dostęp do usług publicznych i serwisów administracyjnych, np. poprzez aplikacje urzędowe lub systemy zgłaszania awarii i zdarzeń.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie poprzez opracowanie aplikacji urzędowych i systemów zgłaszania zdarzeń i awarii oraz integracja ich z istniejącą infrastrukturą miejską. Kluczowe jest wdrażanie pilotażowych projektów oraz edukacja mieszkańców w zakresie korzystania z nowych rozwiązań. Regularne monitorowanie efektywności usług, ich doskonalenie oraz pozyskiwanie funduszy na cyfryzację pozwoli poprawić jakość i szybkość usług, zwiększając efektywność administracji i zadowolenie mieszkańców.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: poprawa efektywności administracji i przyspieszenie realizacji zgłoszeń mieszkańców może redukować koszty. Mieszkańcy zyskują wygodny dostęp do usług 24/7, co zwiększa ich satysfakcję, a systemy zgłaszania awarii umożliwiają szybką reakcję na problemy, poprawiając bezpieczeństwo. Wdrożenie tych rozwiązań wzmacnia wizerunek JST jako nowoczesnej i innowacyjnej jednostki, zwiększając komfort życia mieszkańców.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (SS3) Inwestycje w infrastrukturę 5G mogą wspierać edukację cyfrową, organizując warsztaty czy kursy dla mieszkańców.
 - Reakcja na szansę: wykorzystanie technologii, organizowanie warsztatów, kursów i współpraca z lokalnymi szkołami i uczelniami, w tym tworzenie stref edukacyjnych i szkoleń z bezpieczeństwa cyfrowego, przeciwdziałania wykluczeniu cyfrowemu. JST oferują bezpłatne kursy, promują programy edukacyjne i pozyskują fundusze, by zwiększyć kompetencje cyfrowe społeczności.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: podniesienie kompetencji mieszkańców i przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu oraz wsparcie rozwoju lokalnych talentów. Dzięki warsztatom i kursom mieszkańcy zyskują umiejętności potrzebne w codziennym życiu i na rynku pracy, co zwiększa innowacyjność i konkurencyjność regionu. JST wzmacnia swój wizerunek jako lidera działań edukacyjnych, a jednocześnie wspiera zrównoważony rozwój i zaangażowanie społeczne. To działanie przyczynia się do lepszej integracji społeczności i poprawy jakości życia w regionie.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (SS4) Umożliwienie dostępu do nowych technologii dla różnych grup społecznych, w tym osób starszych i wykluczonych cyfrowo.
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie poprzez organizację warsztatów edukacyjnych, tworzenie publicznych miejsc z dostępem do sieci 5G oraz współpraca z organizacjami pozarządowymi. Ważne jest wsparcie finansowe, takie jak dofinansowanie na zakup urządzeń oraz rozwijanie intuicyjnych aplikacji ułatwiających korzystanie z technologii. JST powinny prowadzić kampanie edukacyjne,

- informować o dostępnych programach oraz stale monitorować potrzeby mieszkańców, dostosowując oferowane rozwiązania.
- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: zwiększenie integracji społecznej i reedukacja wykluczenia cyfrowego. Podnosi to jakość życia mieszkańców, wspiera rozwój kompetencji cyfrowych i maksymalizuje korzyści z infrastruktury 5G. Wzmacnia także wizerunek JST jako innowacyjnej i przyjaznej dla wszystkich jednostki, jednocześnie przyczyniając się do transformacji cyfrowej miasta.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (SS5) Nowe miejsca pracy w sektorach technologicznych, zarówno bezpośrednio (przy wdrażaniu 5G), jak i pośrednio (w firmach korzystających z sieci).
 - Reakcja na szansę: wzmocnienie poprzez współpracę z firmami technologicznymi, inwestowanie w infrastrukturę 5G i wspieranie lokalnej przedsiębiorczości przez centra innowacji. Szkolenia, programy przekwalifikowania, promowanie regionu jako hubu technologicznego i współpraca z uczelniami wspierają rozwój, upraszczanie procedur i oferowanie ulg podatkowych dla firm.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: infrastruktura 5G generuje zapotrzebowanie na specjalistów zarówno w fazie budowy, jak i zarządzania. Nowe firmy i sektory wykorzystujące technologie 5G, takie jak Internet Rzeczy, tworzą dodatkowe miejsca pracy. Wsparcie inwestorów, programów unijnych dodatkowo sprzyjają rozwojowi rynku technologicznego. JST, które aktywnie promują inwestycje i wspierają przedsiębiorczość, zwiększają szanse na rozwój lokalnego rynku pracy w tych sektorach.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
 - (SS6) Sieci 5G mogą wspierać platformy komunikacyjne i inicjatywy społeczne, integrując mieszkańców i umożliwiając łatwiejszy dostęp do informacji.
 - Reakcja na szansę: rozwój aplikacji i portali do komunikacji, informacji i konsultacji społecznych, w tym głosowanie online, wzmocni zaangażowanie społeczne. JST powinny edukować mieszkańców, monitorować ich potrzeby i pozyskiwać fundusze na rozwój technologii, co poprawi integrację społeczności.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: poprawienie komunikacji z mieszkańcami, zwiększenie ich zaangażowania społecznego oraz integrację różnych grup. Dzięki łatwemu dostępowi do informacji i narzędziom do zgłaszania problemów JST może szybciej reagować na potrzeby społeczności, podnosząc jakość usług publicznych. Promocja lokalnych inicjatyw oraz wdrożenie nowoczesnych narzędzi budują wizerunek JST jako innowacyjnej jednostki, jednocześnie wspierając rozwój społeczny.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.

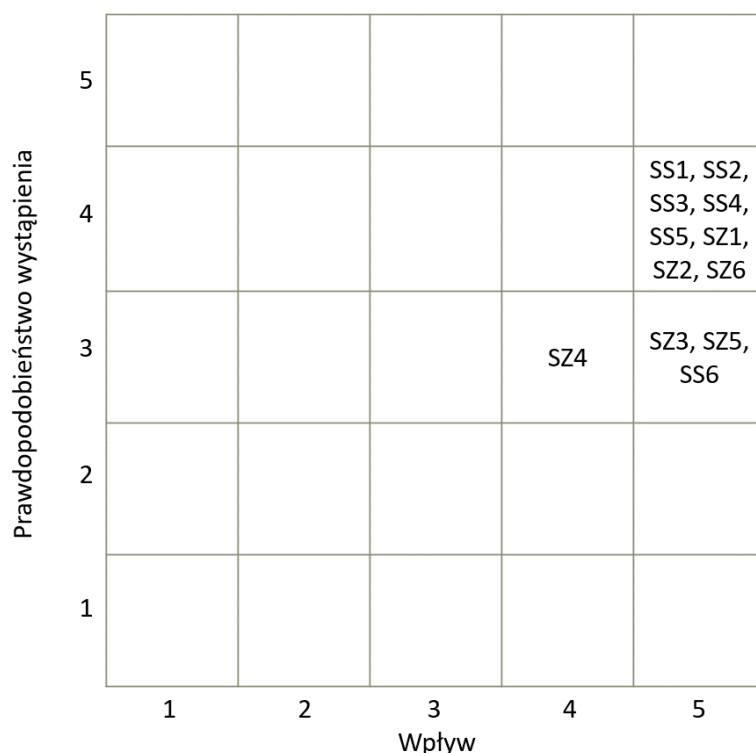
Zagrożenia wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (SZ1) Dezinformacja na temat sieci 5G w mediach społecznościowych może zwiększyć nieufność wobec technologii.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja obaw przez kampanie informacyjne, współpracę z ekspertami, publikację transparentnych raportów i monitorowanie mediów społecznościowych. Szybkie reagowanie na dezinformację, organizowanie warsztatów oraz edukacja mieszkańców zwiększają świadomość, wzmacniają zaufanie i budują akceptację dla technologii 5G.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: obniżanie zaufania społeczne i wywołując opór wobec inwestycji, co prowadzi do opóźnień i zwiększenia kosztów wdrożenia. Nieufność mieszkańców może zahamować rozwój technologiczny regionu i ograniczyć wykorzystanie potencjału 5G. Fałszywe przedstawienie sytuacji może również negatywnie wpłynąć na wizerunek JST, utrudnić komunikację społeczną oraz zniechęcić inwestorów i partnerów do wspierania projektów, ograniczając możliwości rozwoju społeczno-gospodarczego.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (SZ2) Część mieszkańców może obawiać się negatywnego wpływu promieniowania elektromagnetycznego urządzeń 5G na zdrowie, co może prowadzić do protestów i konfliktów społecznych.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja obaw społecznych przez kampanie informacyjne, współpracę z ekspertami i organizowanie spotkań z mieszkańcami. Publikacja wyników pomiarów promieniowania elektromagnetycznego PEM ze wskazaniem na zachowanie bezpiecznych limitów promieniowania oraz monitorowanie nastrojów społecznych pomagają budować zaufanie. Edukacja i podkreślanie korzyści z 5G wspierają akceptację i minimalizują ryzyko konfliktów.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: możliwość wystąpienia protestów, opóźniających lub blokujących inwestycje, oraz zwiększenie kosztów wdrożenia, związane z kampaniami informacyjnymi i edukacją. Brak odpowiednich działań może skutkować utratą zaufania społecznego i negatywnym wizerunkiem JST jako jednostki ignorującej obawy mieszkańców. Konflikty społeczne mogą również zahamować rozwój technologiczny regionu, osłabić jego konkurencyjność oraz wpłynąć na spójność lokalnej społeczności, co czyni to zagrożenie istotnym wyzwaniem dla JST.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (SZ3) Osoby o niższym poziomie wiedzy technologicznej mogą mieć trudności z adaptacją do nowych usług, co może prowadzić do tworzenia się podziałów społecznych.
 - Reakcja na zagrożenie: plan rezerwowy, który dotyczyłby organizowania szkoleń i warsztatów oraz współpraca z lokalnymi instytucjami edukacyjnymi.

Ważne jest wsparcie dla seniorów i grup wykluczonych cyfrowo poprzez dedykowane programy edukacyjne oraz zapewnienie dostępu do Internetu i urządzeń w miejscach publicznych. JST powinny prowadzić kampanie informacyjne, tworzyć punkty konsultacyjne oferujące pomoc i regularnie monitorować postępy mieszkańców, aby dostosowywać działania do ich potrzeb.

- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: pogłębienie nierówności społecznych i ograniczenie dostępu do usług publicznych dla osób wykluczonych cyfrowo zwiększa koszty tradycyjnej obsługi, wpływa na wizerunek JST i spowalnia transformację cyfrową. Brak działań w tym zakresie ogranicza efektywność wdrożenia nowych technologii i rozwój regionu.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (SZ4) Koszty korzystania z zaawansowanych technologii mogą być zbyt wysokie dla niektórych grup społecznych, takich jak osoby starsze czy o niższych dochodach.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja wykluczenia cyfrowego przez programy dofinansowania urządzeń, strefy publicznego dostępu do Internetu oraz bezpłatne szkolenia dla seniorów. JST powinny współpracować z dostawcami, wdrażać nisko kosztowe rozwiązania, prowadzić kampanie informacyjne i pozyskiwać fundusze na wsparcie, monitorując potrzeby mieszkańców, by zwiększyć dostępność technologii.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: wykluczenie cyfrowe osób starszych i mniej zamożnych, co pogłębia nierówności społeczne i ogranicza potencjał technologii. Mniejsza liczba użytkowników zmniejsza efektywność wdrożenia, a usługi publiczne stają się mniej dostępne, co osłabia ich wpływ na poprawę jakości życia mieszkańców. Problem ten może również negatywnie wpłynąć na wizerunek JST jako jednostki wspierającej integrację społeczną, ograniczając rozwój społeczno-gospodarczy regionu i przyczyniając się do izolacji społecznej mniej uprzywilejowanych grup.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
 - (SZ5) Korzyści z działania sieci 5G mogą być nierówno rozłożone – bardziej zamożne dzielnice i grupy społeczne mogą szybciej skorzystać z nowych technologii niż te mniej uprzywilejowane.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie wykluczenia cyfrowego przez rozwój infrastruktury w mniej uprzywilejowanych obszarach, programy wsparcia finansowego i darmowe punkty dostępu. JST powinna współpracować z operatorami, promować równość dostępu do technologii i pozyskiwać fundusze na projekty wspierające równość, co zapewnia korzyści z sieci 5G i wspiera spójność społeczną.

- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
- Wpływ: pogłębienie nierówności społecznych i cyfrowego wykluczenia w mniej zamożnych obszarach osłabia integrację społeczną, zaufanie mieszkańców i możliwości rozwoju lokalnej gospodarki. Ograniczony dostęp do technologii zmniejsza korzyści z transformacji cyfrowej, hamując rozwój regionu i zmniejszając atrakcyjność JST dla inwestorów.
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (SZ6) Instalacja nowych anten i stacji bazowych może spotkać się z oporem ze strony mieszkańców, szczególnie w zabytkowych lub gęsto zaludnionych obszarach lub w bezpośredniej okolicy ich zamieszkania oraz może prowadzić do konfliktów na tle własnościowym.
 - Reakcja na zagrożenie: redukowanie poprzez prowadzenie kampanii informacyjnych i edukacyjnych, wyjaśniających korzyści płynące z sieci 5G oraz organizowanie spotkań w celu wyjaśnienia obaw społeczności. Ważne jest zapewnienie transparentności działań, informowanie o lokalizacjach i przestrzeganiu norm prawnych oraz środowiskowych. JST powinna współpracować z właścicielami nieruchomości, stosować estetyczne rozwiązania, takie jak maskowanie anten, i powołać punkt kontaktowy dla mieszkańców. Udział ekspertów i regularne pomiary promieniowania PEM pomogą rozwiązać wątpliwości.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: opóźnienia, zwiększone koszty i eskalacja konfliktów społecznych mogą osłabić zaufanie mieszkańców i wpłynąć na wizerunek JST. Brak przejrzystości utrudnia dostęp do technologii, hamując transformację cyfrową i rozwój gospodarczy regionu.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.



Rysunek 13. Mapa ryzyk dla czynników społecznych
(SS – szansa społeczna, SZ – zagrożenie społeczne)

6.2.4. Czynniki technologiczne

Szanse wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (TS1) Sieć 5G umożliwia dotarcie do mieszkańców i śledzenia rozwoju Internetu Rzeczy, sztucznej inteligencji i systemów analizujących duże zbiory danych, co może prowadzić do innowacji w zarządzaniu miastem, np. inteligentnego monitoringu, zarządzania ruchem czy optymalizacji zużycia energii.
 - Reakcja na szansę: wykorzystanie poprzez inwestowanie w infrastrukturę Internetu Rzeczy i analizę danych wspiera inteligentne zarządzanie miastem, takie jak monitoring, zarządzanie ruchem i optymalizacja energii. Współpraca z firmami i instytucjami naukowymi rozwija innowacje, a tworzenie platform analitycznych i aplikacji cyfrowych poprawia efektywność i wspiera mieszkańców. JST powinny pozyskiwać fundusze, angażować społeczność i testować rozwiązania, co pozwala na skuteczne wdrożenie innowacji i poprawę jakości życia.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: inteligentny monitoring, zarządzanie ruchem i optymalizacja energii poprawiają bezpieczeństwo, oszczędności i redukcję emisji CO₂. Wspierają rozwój gospodarki, przyciągają inwestorów, tworzą miejsca pracy i podnoszą jakość życia mieszkańców. Automatyzacja procesów i lepsze zarządzanie kryzysowe wzmacniają reakcję JST, a technologia 5G buduje wizerunek miasta jako nowoczesnego i ekologicznego.

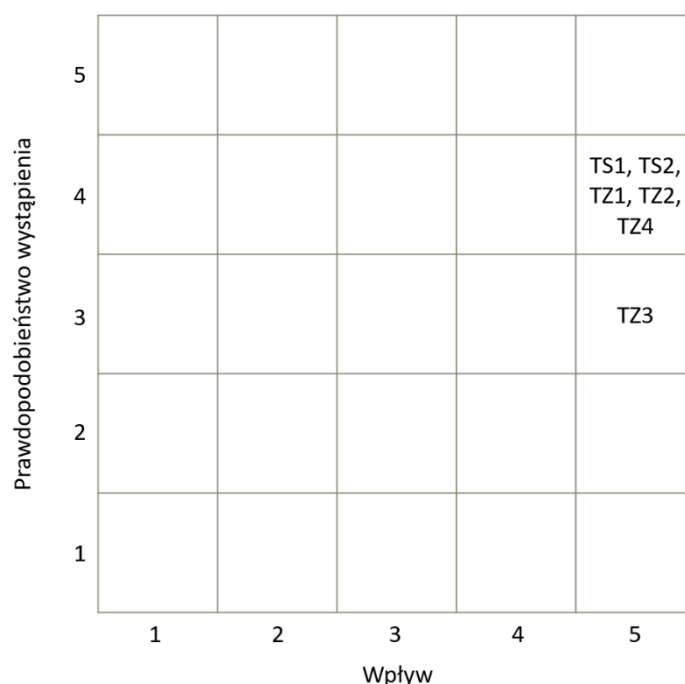
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (TS2) Możliwość łączenia dużej liczby urządzeń, takich jak czujniki, kamery czy systemy monitoringu, co umożliwia wdrażanie inteligentnych usług miejskich, np. w zarządzaniu ruchem czy odpadami, a na obszarach wiejskich wspiera rolnictwo precyzyjne, (np. monitoring stanu gleby czy optymalizacja nawadniania).
 - Reakcja na szansę: inwestowanie w infrastrukturę Internetu Rzeczy, inteligentne systemy miejskie i rolnictwo precyzyjne, integracja danych, pozyskiwanie funduszy, współpraca z firmami oraz angażowanie społeczności przez edukację i projekty pilotażowe poprawiają jakość życia, efektywność zarządzania i wspierają zrównoważony rozwój.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: Inteligentne systemy zarządzania ruchem, odpadami i energią oraz wsparcie dla rolnictwa precyzyjnego, takiego jak monitoring stanu gleby czy optymalizacja nawadniania, pozwalają na lepsze wykorzystanie zasobów i redukcję kosztów operacyjnych. Rozwiązania te poprawiają jakość życia mieszkańców, wspierają rozwój lokalnej gospodarki poprzez innowacje i tworzenie miejsc pracy, a także promują zrównoważony rozwój dzięki optymalizacji zużycia energii i wody. Ponadto, lepsze zarządzanie danymi i monitoring zwiększają bezpieczeństwo oraz wzmacniają wizerunek JST jako lidera w transformacji cyfrowej.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.

Zagrożenia wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (TZ1) Konieczność regularnych aktualizacji oprogramowania i modernizacji infrastruktury.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja ryzyka przez opracowanie długoterminowej strategii, współpracę z dostawcami, monitorowanie infrastruktury i planowanie modernizacji. Kluczowe jest pozyskiwanie funduszy, automatyzacja procesów, inwestowanie w technologie, które można łatwo rozbudować w miarę potrzeb, szkolenie personelu i informowanie mieszkańców, co minimalizuje ryzyko przerw i utrzymuje efektywność infrastruktury.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: może prowadzić do wzrostu kosztów operacyjnych i złożoności zarządzania systemami. Procesy te wymagają zaangażowania wykwalifikowanego personelu, co wiąże się z dodatkowymi nakładami na szkolenia lub outsourcing. Zależność od dostawców technologii oraz ryzyko przerw w działaniu usług mogą negatywnie wpłynąć na jakość świadczenia usług publicznych. Jednocześnie, regularne aktualizacje poprawiają bezpieczeństwo danych, umożliwiają dostęp do nowych funkcji i technologii oraz wspierają efektywność działań JST, jeśli są odpowiednio zarządzane.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.

- (TZ2) Sieci 5G mogą być celem cyberataków, które mogą skutkować wyciekami danych, przejęciem kontroli nad systemami Internetu Rzeczy lub nawet szantażem.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie cyberzagrożeń poprzez zaawansowane zabezpieczenia, takie jak szyfrowanie, firewalle, systemy wykrywania włamań oraz segmentowanie sieci. Regularne aktualizacje, monitorowanie w czasie rzeczywistym, szkolenia personelu i współpraca z ekspertami zwiększają ochronę. Wieloskładnikowe uwierzytelnianie, minimalizacja uprawnień i ubezpieczenie od cyberzagrożeń minimalizują ryzyko, a budowanie świadomości mieszkańców wspiera bezpieczeństwo.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: zagrożenie bezpieczeństwa publicznego związane z przejęciem systemów Internetu Rzeczy może prowadzić do wycieku danych, naruszenia prywatności, zakłóceń w usługach publicznych i wysokich kosztów finansowych. Cyberataki osłabiają zaufanie społeczne, utrudniają ciągłość działania JST i opóźniają wdrażanie innowacji.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (TZ3) Awarie podzespołów, przerwy w dostawach energii, uszkodzenia wynikające z warunków atmosferycznych.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja ryzyka awarii poprzez wdrożenie nadmiarowych systemów zabezpieczających, zabezpieczenie przed uszkodzeniami pogodowymi i alternatywne źródła zasilania, takie jak generatory. Regularne monitorowanie, szybkie reagowanie na awarie, współpraca z dostawcami energii, plany kryzysowe i edukacja mieszkańców zapewniają ciągłość usług i minimalizują skutki awarii.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: możliwe zakłócanie ciągłości kluczowych usług publicznych, takich jak zarządzanie ruchem czy monitoring miejski, co obniża jakość życia mieszkańców i ich zaufanie do administracji. Generują również znaczące koszty operacyjne związane z naprawami i inwestycjami w zabezpieczenia oraz utrudniają zarządzanie kryzysowe, szczególnie podczas sytuacji awaryjnych. Problemy te zmniejszają efektywność operacyjną JST i negatywnie wpływają na jej wizerunek jako innowacyjnej i niezawodnej jednostki, co podkreśla potrzebę skutecznego zarządzania infrastrukturą i wdrażania środków zapobiegawczych.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
- (TZ4) Brak rezerw w infrastrukturze prywatnej sieci 5G może prowadzić do większej wrażliwości na przerwy w działaniu w porównaniu z sieciami publicznymi.
 - Reakcja na zagrożenie: wdrożenie systemów redundancji, takich jak zapasowe stacje i źródła zasilania, oraz automatyczne przełączanie ruchu w przypadku awarii zwiększa niezawodność sieci. Regularna konserwacja, testy, plany awaryjne, rezerwy finansowe i elastyczność infrastruktury minimalizują ryzyko przestoju, a szkolenia personelu wspierają efektywne zarządzanie.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).

- Wpływ: powodowanie zakłóceń działania w kluczowych usługach publicznych, takich jak monitoring czy zarządzanie ruchem, co zagraża bezpieczeństwu mieszkańców. Prowadzi do strat finansowych, osłabienia zaufania społecznego oraz zmniejszenia efektywności operacyjnej JST. Może również opóźniać transformację cyfrową i negatywnie wpływać na wizerunek jednostki jako nowoczesnej i niezawodnej. Problemy te zwiększają podatność na zagrożenia zewnętrzne, podkreślając konieczność wdrożenia mechanizmów zapobiegawczych.
- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.



Rysunek 14. Mapa ryzyk dla czynników technologicznych (TS – szansa ekonomiczna, TZ – zagrożenie ekonomiczne)

6.2.5. Czynniki legislacyjne

Szanse wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (LS1) Uproszczone procedury uzyskiwania zezwoleń na budowę infrastruktury telekomunikacyjnej w ramach wspierania cyfryzacji.
 - Reakcja na szansę: przyspieszenie realizacji projektów umożliwia sprawniejsze wdrażanie 5G, opracowanie strategii rozwoju infrastruktury oraz zwiększenie atrakcyjności JST dla inwestorów. Uproszczenia administracyjne pozwalają na integrację inwestycji, optymalizując koszty i czas realizacji. Współpraca z lokalnymi społecznościami wspiera akceptację nowych technologii.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: pozwala na szybsze wdrażanie projektów telekomunikacyjnych, takich jak prywatne sieci 5G, co może poprawić jakość usług cyfrowych i dostępność technologii na obszarach miejskich i wiejskich. Ułatwia to realizację lokalnych

strategii rozwoju cyfrowego, przyciąga inwestorów oraz zmniejsza koszty i czas realizacji projektów poprzez możliwość integracji inwestycji infrastrukturalnych. Zwiększa także zdolność JST do efektywnego reagowania na potrzeby mieszkańców i rozwijania inteligentnych usług miejskich, takich jak monitorowanie środowiska, zarządzanie ruchem czy zdalna edukacja.

- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu.
- (LS2) Regulacje prawne nakładające na administrację publiczną obowiązek korzystania z technologii 5G w celu poprawy efektywności usług miejskich.
 - Reakcja na szansę: regulacje skłaniają JST do dostosowania strategii, inwestując w infrastrukturę i współpracując z operatorami oraz dostawcami technologii. Samorządy wprowadzają szkolenia dla personelu, wspierają lokalne innowacje, angażując przedsiębiorców i startupy, oraz wdrażają systemy monitorowania, aby ocenić wpływ 5G na jakość usług miejskich.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 2 (mało prawdopodobne).
 - Wpływ: regulacje wymuszają modernizację infrastruktury i wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań, co poprawia jakość usług publicznych, ale wiąże się z kosztami inwestycyjnymi i organizacyjnymi. Samorządy muszą dostosować plany, współpracować z sektorem prywatnym i monitorować efektywność wdrożenia 5G. Długoterminowo, efektywne wdrożenie 5G wspiera rozwój gospodarki i innowacji, zwiększając konkurencyjność regionu.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (LS3) Regulacje prawne umożliwiają dostęp do funduszy UE, takich jak Program Cyfrowa Europa czy Fundusz Spójności, które wspierają rozwój infrastruktury 5G.
 - Reakcja na szansę: wykorzystanie szansy poprzez aktywne aplikowanie o dotacje na projekty związane z infrastrukturą 5G i cyfryzacją usług publicznych. Samorządy opracowują strategiczne plany rozwoju, które obejmują modernizację sieci telekomunikacyjnych i wdrażanie nowych technologii. W ramach realizacji projektów JST współpracują z sektorem prywatnym, innymi jednostkami samorządowymi oraz organizacjami międzynarodowymi. Inwestują również w podnoszenie kompetencji administracyjnych oraz szkolenia dotyczące efektywnego zarządzania funduszami UE. Fundusze te umożliwiają również wspieranie lokalnych przedsiębiorców i startupów, sprzyjając rozwojowi innowacji, a także angażowanie się w międzynarodowe projekty, co pozwala na transfer wiedzy i technologii.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: fundusze umożliwiają JST realizację projektów 5G, cyfryzację usług publicznych, poprawę jakości życia i efektywności zarządzania miastami. Obniżają koszty inwestycyjne, wspierają rozwój w obszarach transportu, zdrowia, edukacji i bezpieczeństwa, a długoterminowo zwiększają konkurencyjność i atrakcyjność inwestycyjną regionu.
 - Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu

- (LS4) Stosowanie procedur administracyjnych umożliwiających łączenie inwestycji 5G z innymi projektami infrastrukturalnymi, np. modernizacją energetyczną.
 - Reakcja na szansę: plany rozwoju, łączące inwestycje takie jak modernizacja energetyczna i budowa sieci 5G, optymalizują koszty, skracają czas realizacji projektów i umożliwiają efektywne zarządzanie zasobami. Samorządy angażują się w współpracę z różnymi branżami, pozyskując fundusze unijne i krajowe, wspierając zrównoważony rozwój i poprawiając jakość życia mieszkańców.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: Optymalizacja kosztów i łączenie inwestycji skracają czas realizacji projektów, minimalizując zakłócenia w funkcjonowaniu miasta. Współpraca międzysektorowa sprzyja zrównoważonemu rozwojowi, wprowadza innowacje i poprawia jakość życia, a także ułatwia pozyskiwanie funduszy unijnych i krajowych.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu.
- (LS5) Przepisy zachęcające do współpracy między sektorem publicznym, prywatnym i uczelniami wyższymi, co wspiera rozwój badań naukowych i innowacji.
 - Reakcja na szansę: JST wspierają partnerstwa publiczno-prywatne, inwestują w badania i rozwój, finansując projekty innowacyjne, w tym technologie 5G. Organizują spotkania i warsztaty dla wymiany wiedzy, wspierają lokalne startupy oraz integrują wyniki badań z polityką rozwoju regionu, szczególnie w obszarze inteligentnych miast i zrównoważonego rozwoju.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: współpraca z sektorem prywatnym i uczelniami przyspiesza wdrażanie technologii 5G, poprawia efektywność usług publicznych i wspiera rozwój innowacji. Umożliwia dostęp do nowoczesnej wiedzy, zasobów badawczo-rozwojowych, tworzy miejsca pracy, rozwija lokalną gospodarkę i zwiększa konkurencyjność regionów, a także pomaga pozyskiwać fundusze na innowacyjne projekty, zmniejszając obciążenie budżetu samorządowego.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.

Zagrożenia wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G:

- (LZ1) Rozbieżności w przepisach krajowych, regionalnych i lokalnych mogą utrudniać wdrożenie sieci 5G.
 - Reakcja na zagrożenie: JST powinny dostosować lokalne regulacje do krajowych i regionalnych, współpracując z rządem i innymi administracjami. Monitorując zmiany legislacyjne, inicjują dialog z organami regulacyjnymi, współpracują z prawnikami i organizują szkolenia, aby usunąć bariery prawne i ułatwić adaptację do wymogów 5G.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).

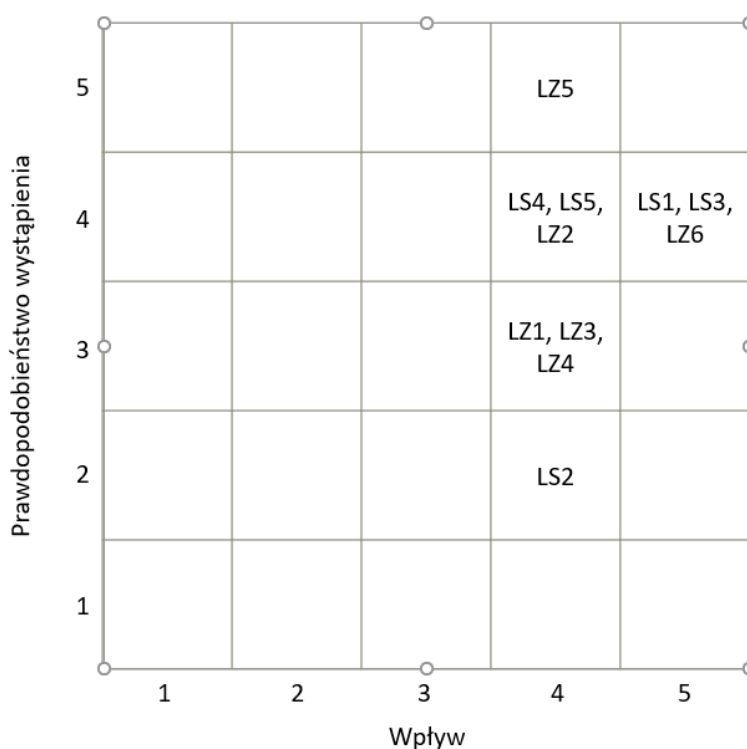
- Wpływ: różnice w regulacjach mogą opóźnić projekty, zwiększyć koszty dostosowań do przepisów i wpłynąć na efektywność współpracy między samorządami, sektorem prywatnym i rządem, hamując rozwój infrastruktury 5G. Zróżnicowane przepisy prowadzą do niepewności prawnej, zniechęcając inwestorów i opóźniając cyfryzację.
- Istotność wpływu: 4 (wysoka).
- Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu.
- (LZ2) Częste zmiany w prawie mogą generować dodatkowe koszty oraz opóźnienia w realizacji projektu.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja ryzyka zmian legislacyjnych przez monitorowanie przepisów, współpracę z ekspertami, elastyczność w planowaniu oraz bieżącą aktualizację harmonogramów i budżetów. Długoterminowe planowanie i komunikacja z instytucjami regulacyjnymi zapewnią stabilność projektów.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: Zmiany w regulacjach mogą prowadzić do dodatkowych kosztów, opóźnień, konieczności aktualizacji planów i dokumentacji oraz niepewności prawnej, co wpływa na efektywność projektów, zniechęca inwestorów i opóźnia rozwój infrastruktury.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (LZ3) Regulacje dotyczące ochrony środowiska i krajobrazu mogą ograniczać lokalizację infrastruktury, np. masztów czy stacji bazowych.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie konfliktów z wymogami ochrony środowiska poprzez poszukiwanie alternatywnych lokalizacji, dostosowanie projektów do norm środowiskowych, angażowanie mieszkańców w konsultacje oraz współpracę z ekspertami i wykonanie analizy przestrzennej zapewni zgodność z przepisami ochrony środowiska.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: Ograniczenia w lokalizacji infrastruktury 5G mogą opóźnić projekty, zwiększyć koszty i prowadzić do konfliktów z mieszkańcami oraz organizacjami ekologicznymi. Dostosowanie do przepisów ochrony środowiska wymaga inwestycji w technologie minimalizujące wpływ na otoczenie, ale wspiera zrównoważony rozwój.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu.
- (LZ4) Ryzyko przekroczeń norm PEM i konieczności przeprojektowania sieci
 - Reakcja na zagrożenie: wykonanie precyzyjnego modelowania emisji PEM za pomocą zaawansowanych narzędzi, aby dokładnie przewidzieć poziomy pola elektromagnetycznego w sieci. Ważnym krokiem jest również weryfikacja projektu przez niezależnych ekspertów, co pozwala zminimalizować ryzyko błędów. Przeprowadzenie wstępnych testowych pomiarów w newralgicznych

punktach przed pełnym wdrożeniem umożliwia szybkie wprowadzenie niezbędnych poprawek. Projektowanie sieci powinno uwzględniać elastyczność infrastruktury, co pozwoli na relokację stacji bazowych lub dostosowanie parametrów nadawania w razie potrzeby. Ponadto należy zaplanować harmonogram uwzględniający czas i rezerwy budżetowe na ewentualne korekty oraz dodatkowe pomiary i prace projektowe.

- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
- Wpływ: możliwe opóźnienia w realizacji projektu oraz zwiększenie kosztów związanych z przeprojektowaniem sieci i dodatkowymi pomiarami. Niezgodność z normami może prowadzić do kar administracyjnych, obowiązku uzyskania dodatkowych zgód. Przedłużający się proces wdrożenia może opóźnić korzyści z funkcjonowania sieci 5G, a konieczność reorganizacji projektu wpłynie na efektywność zarządzania i realizacji inwestycji.
- Istotność wpływu: 4 (wysoka).
- Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu.
- (LZ5) Konieczność koordynacji stacji nadawczych zlokalizowanych w rejonach sąsiadujących z krajami, w których nie obowiązuje prawo unijne.
 - Reakcja na zagrożenie: JST powinny współpracować z krajowymi organami regulacyjnymi, ITU i CEPT, aby zapewnić zgodność z międzynarodowymi normami. Rozpoczęcie negocjacji z sąsiednimi krajami, monitorowanie zmian w przepisach oraz inwestowanie w technologie minimalizujące zakłócenia pomoże zapewnić płynność działania stacji nadawczych i ciągłość usług.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 5 (bardzo wysokie) ale tylko na obszarach przygranicznych.
 - Wpływ: Brak harmonizacji przepisów może opóźnić realizację projektu, zwiększyć koszty i czas negocjacji z sąsiednimi krajami oraz wpłynąć na stabilność usług telekomunikacyjnych, ograniczając rozwój infrastruktury i wykorzystanie technologii 5G.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: na początkowym etapie wdrożenia projektu.
- (LZ6) Usługi oparte na 5G mogą wiązać się z przetwarzaniem dużej ilości danych osobowych, co wymaga ścisłego przestrzegania przepisów takich jak RODO.
 - Reakcja na zagrożenie: JST powinny współpracować z ekspertami ds. ochrony danych, przeprowadzać regularne oceny ryzyka, organizować szkolenia dla pracowników i opracować polityki prywatności. Należy inwestować w technologie zabezpieczające dane, jak szyfrowanie i kontrola dostępu, oraz przeprowadzać audyty, by zapewnić zgodność z RODO.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: Przestrzeganie RODO wiąże się z kosztami związanymi z wdrożeniem procedur ochrony danych, szkoleniami pracowników oraz regularnymi audytami. Niedostateczne przestrzeganie przepisów może prowadzić do kar

finansowych i utraty zaufania mieszkańców. JST muszą zadbać o transparentność przetwarzania danych, aby utrzymać akceptację społeczną i zgodność z prawem.

- Istotność wpływu: 5 (bardzo wysoka).
- Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.



Rysunek 15. Mapa ryzyk dla czynników legislacyjnych (LS – szansa legislacyjna, LZ – zagrożenie legislacyjne)

6.2.6. Czynniki ekologiczne (środowiskowe)

Szanse wynikające z wdrożenia prywatnej sieci 5G

- (EKS1) Sieć 5G może wspierać systemy monitorowania środowiska (np. zanieczyszczenia powietrza, hałasu, jakości wody), co ułatwia reagowanie na problemy ekologiczne.
 - Reakcja na szansę: 5G umożliwia szybkie zbieranie danych o zanieczyszczeniu powietrza, hałasie i jakości wody, co pozwala samorządom na prognozowanie zagrożeń ekologicznych i szybsze reagowanie. Udostępnianie wyników zwiększa świadomość ekologiczną mieszkańców i angażuje ich w ochronę środowiska. Sieć 5G wspiera rozwój inteligentnych miast, poprawiając jakość życia i efektywne zarządzanie zasobami naturalnymi.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: Sieć 5G umożliwia zbieranie danych w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybsze identyfikowanie problemów ekologicznych, takich jak zanieczyszczenie powietrza czy hałas. JST mogą szybko reagować na zagrożenia

- środowiskowe, planować strategię ochrony środowiska i angażować społeczność w działania na rzecz ochrony przyrody.
- Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.
 - (EKS2) Optymalizacja zarządzania odpadami, np. poprzez inteligentne czujniki w pojemnikach na śmieci, pozwala na zmniejszenie liczby przejazdów śmieciarek i zużycia paliwa.
 - Reakcja na szansę: wdrożenie systemów z inteligentnymi czujnikami w pojemnikach na śmieci pozwala na optymalizację tras śmieciarek, zmniejszenie liczby przejazdów, obniżenie kosztów i emisji spalin. Takie rozwiązania poprawiają efektywność zarządzania odpadami, zwiększają satysfakcję mieszkańców oraz wspierają zrównoważony rozwój, przyczyniając się do ochrony środowiska i poprawy jakości życia.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: wdrożenie inteligentnych systemów monitorowania poziomu napełnienia pojemników pozwala na optymalizację tras śmieciarek, zmniejszenie liczby przejazdów, obniżenie kosztów operacyjnych i emisji spalin, co poprawia jakość powietrza. Takie rozwiązania zwiększają efektywność zarządzania odpadami, poprawiając satysfakcję mieszkańców i wspierając zrównoważony rozwój miasta.
 - Istotność wpływu: 3 (umiarkowana).
 - Bliskość wystąpienia: Głównie na etapie eksploatacji i utrzymania.
 - (EKS3) Sieci 5G mogą wspierać inteligentne zarządzanie energią w miastach poprzez systemy Internetu Rzeczy, np. automatyczna regulacja oświetlenia ulicznego
 - Reakcja na szansę: wdrożenie systemów Internetu Rzeczy do automatycznej regulacji oświetlenia ulicznego, wspierane przez 5G, pozwala na oszczędności energii, redukcję kosztów operacyjnych i emisji CO₂. Samorządy mogą współpracować z firmami technologicznymi, aby skalować te rozwiązania, poprawiając efektywność energetyczną i komfort życia mieszkańców, wspierając zrównoważony rozwój miasta.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
 - Wpływ: wdrożenie systemów monitorowania energii w czasie rzeczywistym oraz inteligentnego oświetlenia pozwala na optymalizację zużycia energii, redukcję kosztów, emisji CO₂ i poprawę komfortu mieszkańców. Takie rozwiązania wspierają zrównoważony rozwój, zwiększają efektywność zarządzania zasobami i przyczyniają się do oszczędności budżetowych, poprawiając atrakcyjność miasta.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: Głównie na etapie eksploatacji i utrzymania.
 - (EKS4) Technologie 5G umożliwiają rozwój autonomicznych pojazdów, inteligentnych systemów zarządzania ruchem oraz monitorowania jakości powietrza, co może prowadzić do zmniejszenia emisji spalin i ograniczenia korków.
 - Reakcja na szansę: JST mogą wdrażać inteligentne systemy 5G zarządzania ruchem, inwestować w infrastrukturę dla autonomicznych pojazdów,

monitorować jakość powietrza w czasie rzeczywistym i promować pojazdy elektryczne, zmniejszając emisję spalin i hałasu. Współpraca z sektorem prywatnym i uczelniami oraz kampanie edukacyjne zwiększają akceptację społeczną i wspierają zrównoważoną mobilność.

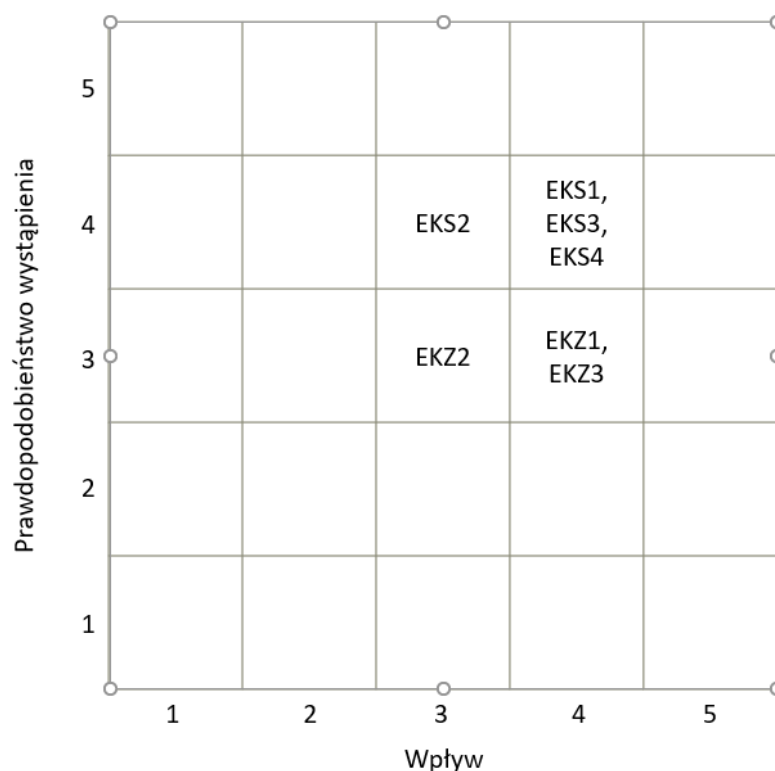
- Prawdopodobieństwo wystąpienia: 4 (wysokie).
- Wpływ: Wdrożenie zaawansowanych systemów zarządzania ruchem i autonomicznych pojazdów elektrycznych poprawia płynność transportu, redukuje korki, zmniejsza emisję spalin i poprawia jakość powietrza. Monitorowanie powietrza w czasie rzeczywistym umożliwia szybkie reagowanie na zanieczyszczenia. Innowacje te zwiększają atrakcyjność miasta, poprawiają zdrowie mieszkańców i wspierają zrównoważony rozwój.
- Istotność wpływu: 4 (wysoka).
- Bliskość wystąpienia: etap eksploatacji i utrzymania.

Zagrożenia związane z wdrożeniem prywatnej sieci 5G:

- (EKZ1) Zbyt gęsta sieć nadajników 5G może prowadzić do powstania smogu elektromagnetycznego, dlatego celowe jest właściwe projektowanie systemu 5G
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja poprzez wprowadzenie systemów monitorowania promieniowania elektromagnetycznego PEM, zwłaszcza w obszarach z dużą liczbą nadajników oraz ograniczyć ich liczbę w terenach wrażliwych, takich jak obszary rekreacyjne czy zabytkowe. Samorządy powinny prowadzić kampanie informacyjne, zwiększając świadomość mieszkańców o smogu elektromagnetycznym oraz współpracować z organizacjami ekologicznymi i instytucjami zdrowia publicznego.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: duża liczba nadajników 5G może budzić obawy zdrowotne mieszkańców, prowadząc do oporu społecznego i wpływając na wizerunek miasta. Niewłaściwe rozmieszczenie nadajników może wywołać protesty i trudności z regulacjami zdrowotnymi.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: cały okres trwania projektu.
- (EKZ2) Chociaż stacje bazowe 5G są bardziej efektywne energetycznie, ich większa liczba i rosnące zapotrzebowanie na usługi 5G mogą prowadzić do wzrostu całkowitego zużycia energii.
 - Reakcja na zagrożenie: redukcja poprzez wdrożenie odnawialnych źródeł energii do zasilania infrastruktury 5G. Samorządy mogą także implementować inteligentne systemy zarządzania energią, które pozwolą na monitorowanie i optymalizację jej zużycia. Współpraca z operatorami sieci może pomóc w optymalnym rozmieszczeniu stacji bazowych oraz wdrożeniu technologii, które ograniczą zużycie energii w okresach mniejszego ruchu.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 2 (mało prawdopodobne).
 - Wpływ: możliwe zwiększone koszty operacyjne związane z zasilaniem infrastruktury 5G mogą wymagać inwestycji w energię odnawialną i infrastrukturę

energetyczną. Wyższe zużycie energii wpłynie na bilans energetyczny miasta, zwiększając ślad węglowy i utrudniając cele zrównoważonego rozwoju.

- Istotność wpływu: 3 (umiarkowana).
- Bliskość wystąpienia: na całym etapie trwania projektu.
- (EKZ3) Mogą istnieć obszary chronione (np. parki narodowe) w których budowa instalacji antenowych (np. wieże, wysokie maszty) jest ograniczona lub zabroniona.
 - Reakcja na zagrożenie: unikanie – JST powinny współpracować z operatorami 5G, aby znaleźć alternatywne lokalizacje stacji bazowych, unikać terenów chronionych oraz promować technologie o mniejszym wpływie na środowisko, takie jak stacje o mniejszej mocy. Warto nawiązać współpracę z organizacjami ekologicznymi, dostosować plany zagospodarowania przestrzennego i wprowadzać technologie zgodne z regulacjami. Samorządy powinny także organizować kampanie informacyjne, aby zwiększyć akceptację społeczną dla lokalizacji stacji bazowych.
 - Prawdopodobieństwo wystąpienia: 3 (umiarkowane).
 - Wpływ: w obszarach chronionych, takich jak parki narodowe, ograniczenia dotyczące lokalizacji stacji bazowych 5G mogą opóźnić rozwój infrastruktury i zwiększyć koszty, wymagając inwestycji w alternatywne lokalizacje. W miastach blisko obszarów chronionych trudności w znalezieniu odpowiednich miejsc mogą wpłynąć na jakość i zasięg usług 5G. JST będą musiały optymalizować takie rozmieszczenie stacji, aby były zgodne z regulacjami ochrony środowiska, ale nie hamowały rozwoju systemów zaawansowanych technologicznie.
 - Istotność wpływu: 4 (wysoka).
 - Bliskość wystąpienia: na całym etapie trwania projektu.



Rysunek 16. Mapa ryzyk dla czynników ekologicznych
(EKS – szansa ekologiczna, EKZ – zagrożenie ekologiczne)

6.2.7. Podsumowanie

Wszystkie przedstawione w punkcie 6.2 szanse i zagrożenia działania sieci lokalnych 5G na potrzeby JST zostały zaprezentowane i ocenione jedynie w sposób przykładowy. Każda jednostka samorządu terytorialnego powinna dokonać samodzielnej oceny ryzyk i w oparciu o nią skonstruować plan zarządzania ryzykiem w projekcie wdrażanego systemu radiowego z wykorzystaniem technologii 5G. Konieczne może być także zidentyfikowanie innych czynników niż wskazane w niniejszym raporcie, związanych np. z uwarunkowaniami lokalnymi.

7. Projekt sieci radiowej

W rozdziale przedstawiono założenia oraz wyniki planowania radiowego dla wybranych trzech miast. W ramach realizacji umowy dotacji Instytut Łączności – PIB zawarł porozumienie o współpracy z dwoma miastami: Krosnem i Starachowicami (o liczbie mieszkańców ok. 45 000), natomiast przypadek trzeci dotyczy symulacji działania sieci na terenie niewielkiej (ludność ok. 10 000) miejscowości nadmorskiej Władysławowo. W wyniku tej współpracy miasta Krosno i Starachowice dostarczyły podstawowe informacje o swoich potrzebach i oczekiwaniach związanych z sieciami 5G.

Założenia planistyczne, przyjęte w planowaniu sieci dla poszczególnych miast wynikają ze standardów oraz specyfikacji technicznych 3GPP oraz ETSI, a także dobrych praktyk

opracowanych wewnętrznie przez Instytut Łączności – PIB. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano oprogramowanie Forsk Atoll⁴⁰ oraz model propagacyjny Forsk Aster⁴¹. Wyniki planowania sieci otrzymywane z wykorzystaniem powyższego oprogramowania były porównywane w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej z wynikami pomiarowymi otrzymanymi z pomiarów prywatnej sieci 5G uruchomionej we Wrocławiu w ramach projektu PL-5G – stąd nastąpił wybór tego modelu propagacyjnego⁴². Model ten uwzględnia mapy wysokości terenu, mapy zabudowy, a także umożliwia obliczenia z wykorzystaniem śledzenia promieni (ray tracing), co pozwala na uzyskanie wyników symulacji o wysokiej zgodności z wynikami pomiarów. Parametry związane z doбором maksymalnej mocy promieniowanej, wysokością zawieszenia anten i doбором częstotliwości wynikają z Planu zagospodarowania częstotliwości dla zakresu 3800 – 4200 MHz. Dobór anten, modulacji i podziału ramki dla łącza w dół oraz łącza w górę oraz rozwiązania zwiększającego przepustowość sieci (Multiple Input – Multiple Output, MIMO) podyktowany jest dostępnością i możliwościami dostępnymi obecnie na rynku urządzeń.

7.1. Planowanie zasięgu sieci – Krosno

Pierwszym miastem, z którym zawarte zostało porozumienie w zakresie planowania prywatnej sieci 5G jest Krosno – miasto na prawach powiatu położone w województwie podkarpackim. Według danych Urzędu Statystycznego w Rzeszowie⁴³ z 2019 r. powierzchnia Krosna wynosiła 44 km², a miasto liczyło nieco ponad 46 tysięcy mieszkańców. Zainteresowanie Krosna technologią 5G wynikało z wcześniejszych doświadczeń z siecią WiMAX oraz zainteresowaniem władz rozwojem inteligentnego miasta. Krosno korzysta również z funkcjonalności zdalnego odczytu stanu wodomierzy przy wykorzystaniu technologii LoRaWAN. Pan Marian Zoła, kierownik Biura Informatyki w Urzędzie Miasta Krosno, przybliżył koncepcję rozwoju prywatnej sieci 5G na potrzeby miasta w poniższym tekście.

„Zainteresowanie Miasta Krosna prywatnymi sieciami 5G wynika z wcześniejszego użytkowania technologii WiMAX, która dostarczyła cennych doświadczeń w zakresie zarządzania siecią. Dzięki temu mieszkańcy i władze lokalne są bardziej otwarci na innowacyjne rozwiązania telekomunikacyjne. Posiadanie własnej sieci szerokopasmowej w mieście (opartej na światłowodach) stanowi dodatkowy atut, umożliwiający lepsze wykorzystanie nowoczesnych technologii. Sieci 5G oferują znacznie wyższe prędkości przesyłu danych oraz niskie opóźnienia, co jest kluczowe dla rozwoju inteligentnych aplikacji miejskich. Wprowadzenie tej technologii może wspierać automatyzację procesów w różnych sektorach, takich jak transport czy zarządzanie infrastrukturą. Ponadto, prywatne sieci 5G mogą przyciągać inwestycje oraz startupy, które chcą testować swoje rozwiązania w rzeczywistych warunkach miejskich. Dzięki wcześniejszym

⁴⁰ Forsk, Atoll Overview, <https://www.forsk.com/atoll-overview> (dostęp: 21.01.2025)

⁴¹ Forsk, Aster Propagation Model, <https://www.forsk.com/aster-propagation-model> (dostęp: 20.12.2024)

⁴² Inne modele propagacji analizowane przez Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej (np. model Haty) nie wykazały tak dobrej zgodności danych uzyskanych na drodze pomiarów z wartościami otrzymanymi z obliczeń.

⁴³ Statystyczne Vademecum Samorządowca 2020, https://rzeszow.stat.gov.pl/vademecum/vademecum_podkarpackie/portrety_miast/miasto_krosno.pdf (dostęp: 26.12.2024)

doświadczeniom z WiMAX, miasto może łatwiej integrować nowe technologie i dostosowywać je do swoich potrzeb.

Plany wykorzystania sieci 5G w Mieście Krośnie to między innymi:

Inteligentne zarządzanie ruchem drogowym i komunikacją miejską

Sieć 5G umożliwia integrację setek tysięcy pojazdów, czujników i kamer, co pozwala na inteligentne sterowanie ruchem w czasie rzeczywistym. Dzięki danym z kamer i czujników, sztuczna inteligencja może optymalizować trasy pojazdów, minimalizując czas przejazdu oraz redukując emisję zanieczyszczeń.

Real-time monitoring:

Monitorowanie natężenia ruchu i automatyczne dostosowywanie sygnalizacji świetlnej w celu minimalizacji korków, co zmniejsza czas przejazdu i emisję spalin.

Inteligentne parkingi:

Systemy mogą informować kierowców o dostępnych miejscach parkingowych, co redukuje czas spędzany na poszukiwaniu miejsca i związane z tym emisje spalin.

Inteligentne usługi komunalne i monitorowanie infrastruktury:

Zastosowanie 5G w monitorowaniu infrastruktury takich jak wodociągi czy systemy odprowadzania ścieków pozwala na bieżące zbieranie danych o ich stanie. Czujniki mogą informować o awariach lub nieprawidłowościach, co umożliwia szybką reakcję i minimalizuje straty. Dodatkowo, inteligentne systemy mogą optymalizować zużycie zasobów, co przyczynia się do oszczędności i bardziej zrównoważonego zarządzania.

Monitorowanie środowiska:

Sieć 5G wspiera monitorowanie jakości powietrza, hałasu oraz poziomu wód poprzez zainstalowane czujniki, które przesyłają dane w czasie rzeczywistym. Dzięki temu miasta mogą szybko reagować na zmiany w środowisku, wdrażając odpowiednie działania mające na celu poprawę jakości życia mieszkańców. Umożliwia to także bardziej precyzyjne planowanie polityki ochrony środowiska. Czujniki środowiskowe - regularne zbieranie danych o zanieczyszczeniach powietrza oraz poziomie hałasu, co pozwala na podejmowanie działań mających na celu poprawę jakości życia mieszkańców. Systemy ostrzegania - w przypadku wykrycia przekroczeń norm jakości powietrza, systemy mogą automatycznie informować mieszkańców o zagrożeniach zdrowotnych

Zarządzanie energią:

Gmina Miast Krosno, Krośnieński Holding Komunalny Karpacka Państwowa Uczelnia w Krośnie założyły Krośnieński Klaster Energii w ramach którego będą podejmowane działania zmierzające do poprawy efektywności energetycznej Krosna (klaster ma być fundamentem do powstania lokalnego rynku energii). Wykorzystanie technologii 5G w inteligentnych

budynkach oraz przestrzeniach publicznych pozwala na efektywne zarządzanie energią oraz zasobami. Systemy mogą monitorować zużycie energii, automatycznie dostosowując warunki do potrzeb użytkowników.

Wykorzystanie sieci 5G w monitoringu miejskim:

Wykorzystanie sieci 5G otwiera nowe możliwości dla zarządzania bezpieczeństwem w miastach. Dzięki dużej przepustowości i niskim opóźnieniom, technologia ta umożliwia jednoczesne połączenie milionów urządzeń, co jest kluczowe dla efektywnego monitorowania. Kamery wysokiej rozdzielczości mogą transmitować obraz w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybką reakcję na incydenty, takie jak wypadki drogowe czy przestępstwa.

Wykorzystanie dronów w sieci 5G:

Wykorzystanie dronów w sieci 5G otwiera nowe możliwości w zakresie zarządzania i monitorowania. Dzięki wysokiej przepustowości, sięgającej do 2 Gb/s, oraz minimalnym opóźnieniom rzędu 3 ms, drony mogą przysyłać dane w czasie rzeczywistym, co jest kluczowe dla aplikacji wymagających szybkiej reakcji, takich jak monitoring miejskich obszarów czy inspekcje infrastruktury.

Z perspektywy lokalnych władz, inwestycje w prywatne sieci 5G są strategicznym krokiem w kierunku cyfryzacji i innowacji, co może przynieść długoterminowe korzyści dla społeczności.”

7.1.1. Założenia planistyczne

Ze względu na różnorodne potrzeby miasta, planowanie radiowe zostało wykonane w trzech scenariuszach, uwzględniając różne wysokości zawieszenia urządzenia końcowego sieci nad poziomem terenu oraz różnego rodzaju urządzenia końcowe.

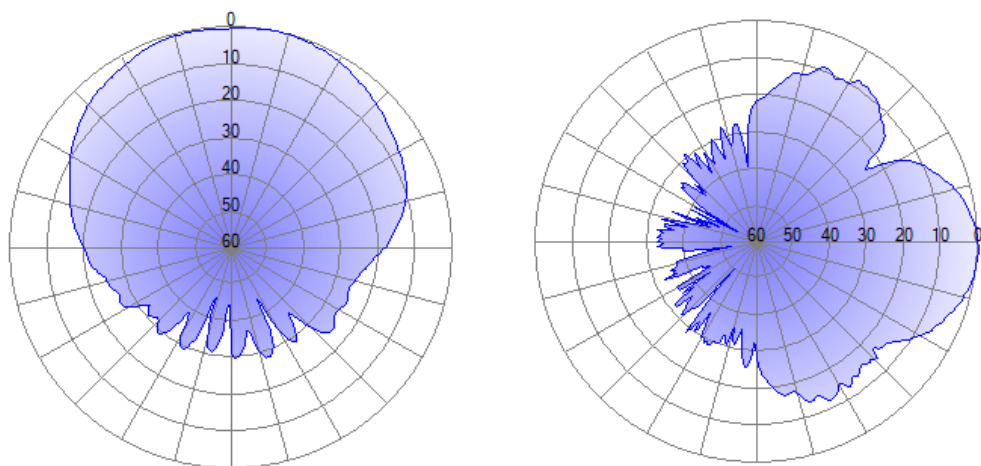
- Scenariusz 1 zakłada wykorzystanie urządzeń końcowych na wysokości 1,5 m n.p.t., mocy nadajnika 23 dBm, przy czym urządzenia te wyposażone są w anteny o charakterystyce promieniowania dookólnej i o maksymalnym zysku energetycznym 0 dBi. Konfiguracja ta jest typowa dla urządzeń mobilnych.
- W scenariuszu 2 anteny urządzeń zostały wyniesione na 3 m n.p.t., co reprezentuje przypadek umieszczenia anteny urządzenia np. na dachu autobusu czy samochodu ciężarowego lub ponad wiatą przystankową. Zwiększono także maksymalną moc nadajnika do 26 dBm – wartość typową dla m.in. modemów 5G. Przyjęto, że urządzenie będzie wyposażone w antenę prętową o charakterystyce promieniowania przedstawionej na rysunku 18 i o zysku energetycznym 4,5 dBi.
- W scenariuszu 3 urządzenia końcowe zostały wyniesione na wysokość 5 m n.p.t. i wyposażone w antenę prętową o charakterystyce promieniowania przedstawionej na rysunku 18 i o zysku energetycznym 4,5 dBi. Moc nadajnika terminala końcowego jest równa 26 dBm. Odpowiada to np. wysokości zawieszenia kamer umieszczonych na słupach sygnalizacji miejskiej.

Tabela 4. Założenia planistyczne przyjęte w projektowaniu sieci 5G dla Krosna

Parametr	Wartość
Model propagacyjny	Aster
Wykorzystane mapy	mapa wysokości terenu, mapa wysokości zabudowy terenu, mapa klas zabudowy terenu
Rozdzielczość obliczeń	1 m
Pasmo	n77
Częstotliwość środkowa kanału	3 850 MHz
Szerokość kanału	100 MHz
Agregacja kanałów	nie występuje
Maksymalna moc EIRP w kanale	49 dBm
Numerologia	30 kHz
Preambuła	B4
Podział ramki	DL 80%, UL 20%
Obciążenie sieci	DL 30%, UL 30%
Minimalny wymagany poziom SS-RSRP	-120 dBm
Maksymalna wysokość anteny stacji bazowej	20 m n.p.t.
Zysk energetyczny anteny stacji bazowej w kierunku maksymalnego promieniowania	10,5 dBi
Tłumienie ciała ludzkiego	0 dB
Współczynnik częściowego sterowania mocą (Fractional Power Control, FPC)	0,8
MIMO	DL 4x4, UL 2x2
Modulacja zapewniająca najwyższą przepływność	DL 256-QAM, UL 256-QAM
Obliczona teoretyczna maksymalna przepływność łącza w dół (DL) ⁴⁴	2 Gb/s
Obliczona teoretyczna maksymalna przepływność łącza w górę (UL) ⁴⁵	250 Mb/s

⁴⁴ ETSI TS 138 306, 5G; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (3GPP TS 38.306 version 18.3.0 Release 18), https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138306/18.03.00_60/ts_138306v180300p.pdf (dostęp: 29.12.2024)

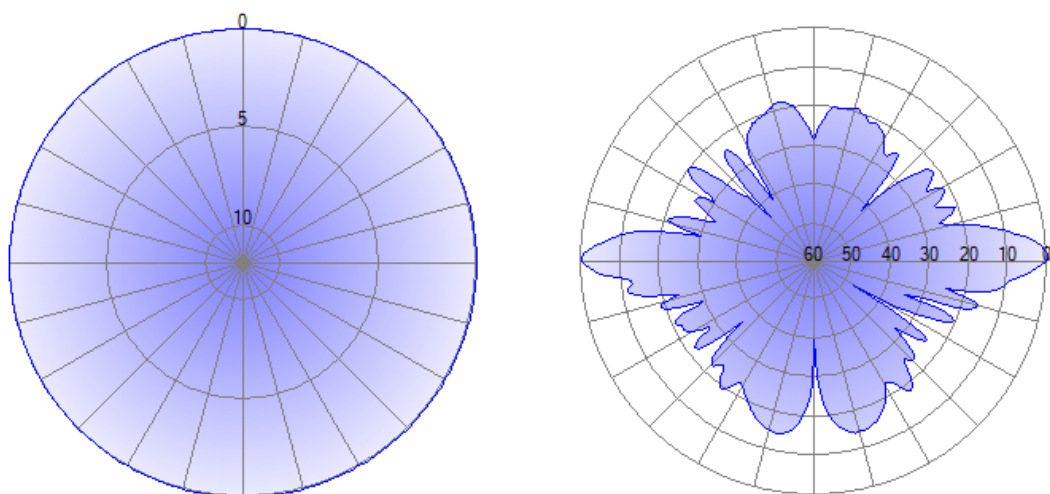
⁴⁵ ETSI TS 138 306, 5G; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (3GPP TS 38.306 version 18.3.0 Release 18), https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138306/18.03.00_60/ts_138306v180300p.pdf (dostęp: 29.12.2024)



Rysunek 17. Charakterystyka promieniowania anteny stacji bazowej, tłumienie wyrażone jest w dB (po lewej – charakterystyka pozioma, po prawej – charakterystyka pionowa)

Tabela 5. Parametry terminala końcowego w scenariuszach dla Krosna

Parametr	Wartość
Maksymalna moc nadajnika (antena na wysokości 1,5 m n.p.t.)	23 dBm
Maksymalna moc nadajnika (antena na wysokości 3 i 5 m n.p.t.)	26 dBm
Maksymalny zysk energetyczny anteny (antena na wysokości 1,5 m n.p.t.)	0 dBi
Maksymalny zysk energetyczny anteny (antena na wysokości 3 i 5 m n.p.t.)	4,5 dBi

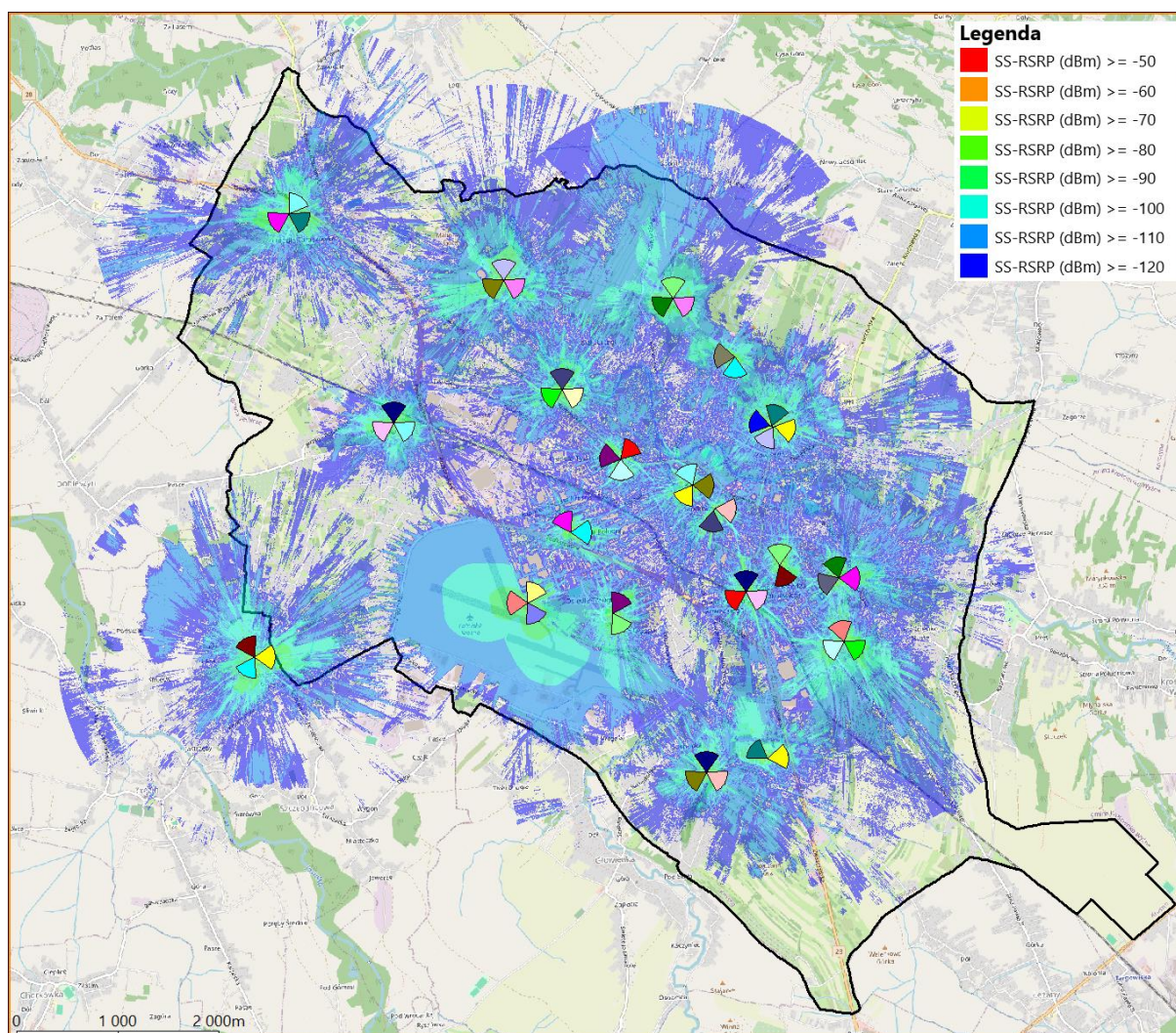


Rysunek 18. Charakterystyka promieniowania anteny terminala końcowego dla scenariuszy 2 i 3, tłumienie wyrażone jest w dB (po lewej – charakterystyka pozioma, po prawej – charakterystyka pionowa)

7.1.2. Planowanie pokrycia zasięgiem sieci

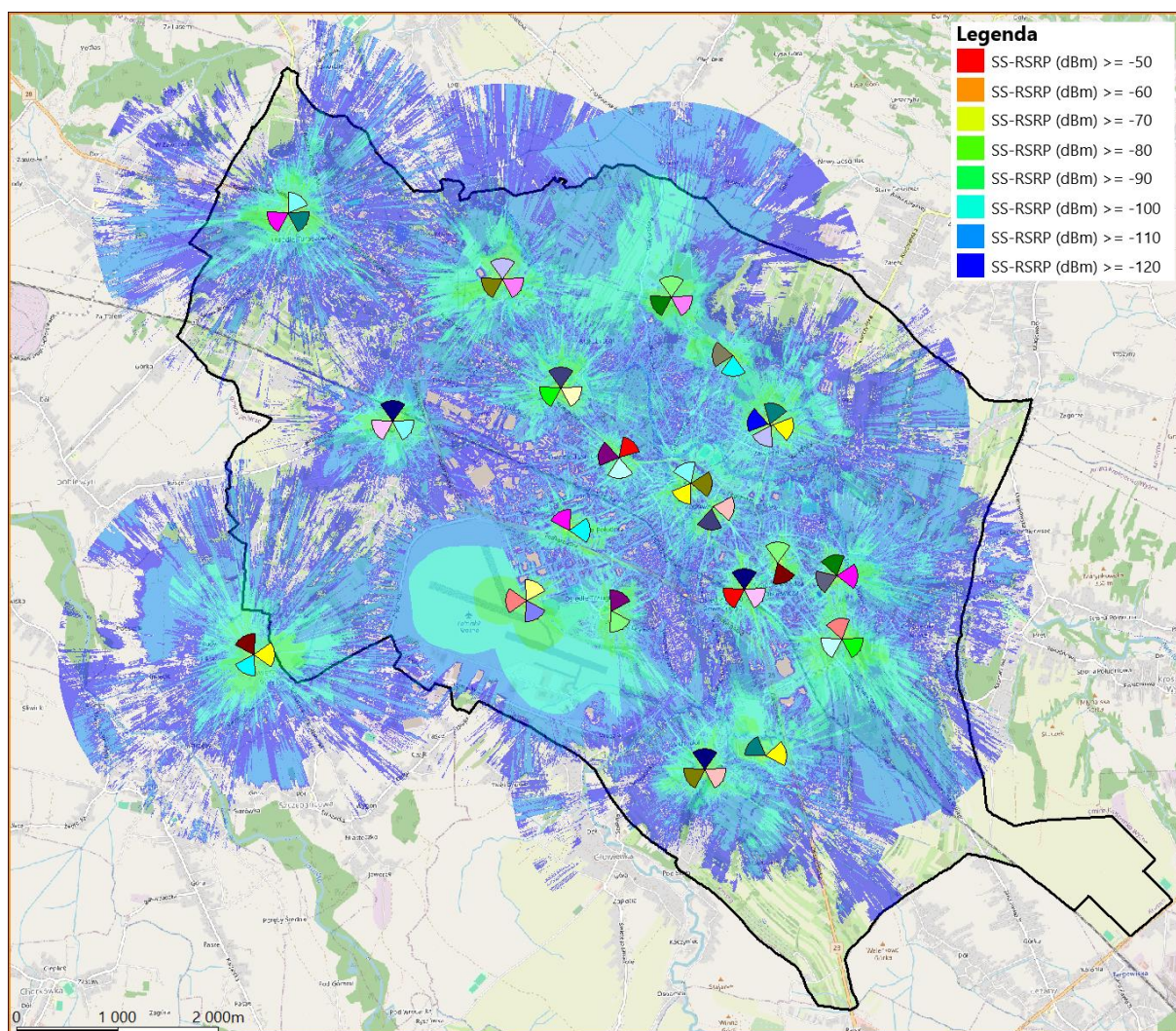
Pierwszym etapem planowania jest wykonanie map szacowanego poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego (Secondary Synchronization Signal Reference Signal Received Power, SS-RSRP). Sygnały synchronizacyjne są podstawą do oszacowania pokrycia siecią danego obszaru, ponieważ dzięki nim terminal końcowy może zsynchronizować się z siecią i rozpocząć procedurę dostępu do kanału. Krosno zaproponowało listę lokalizacji (współrzędne oraz wysokości budynków), które mogły zostać wykorzystane jako przyszłe lokalizacje stacji bazowych. W oparciu o tę listę dobrano optymalną liczbę stacji bazowych, tj. taką, która zapewniała minimalne pokrycie powierzchniowe oczekiwane przez miasto.

Rysunek 19 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



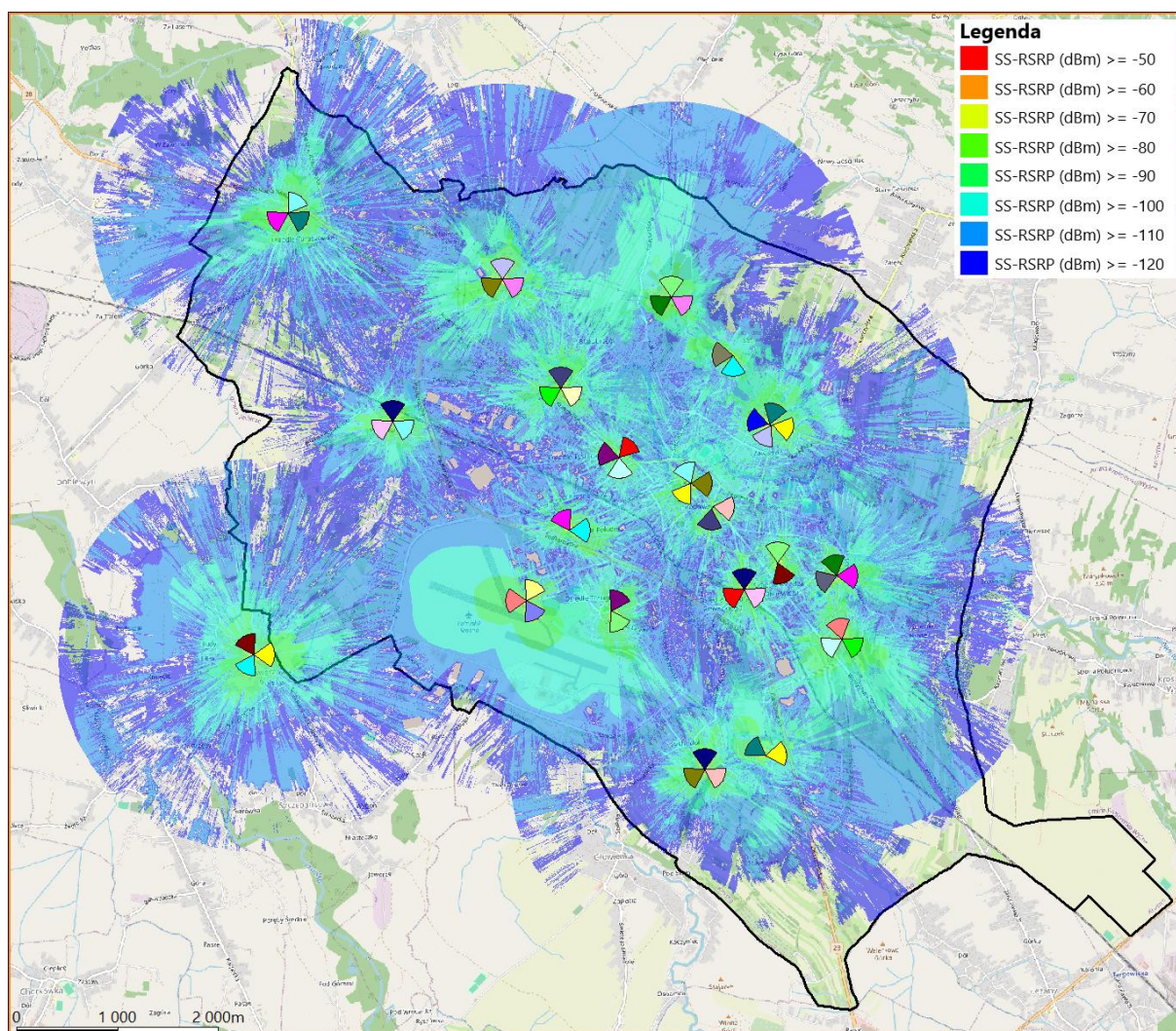
Rysunek 19. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 1 (wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 20 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 3 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 20. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 2 (wysokość anteny odbiorczej 3 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

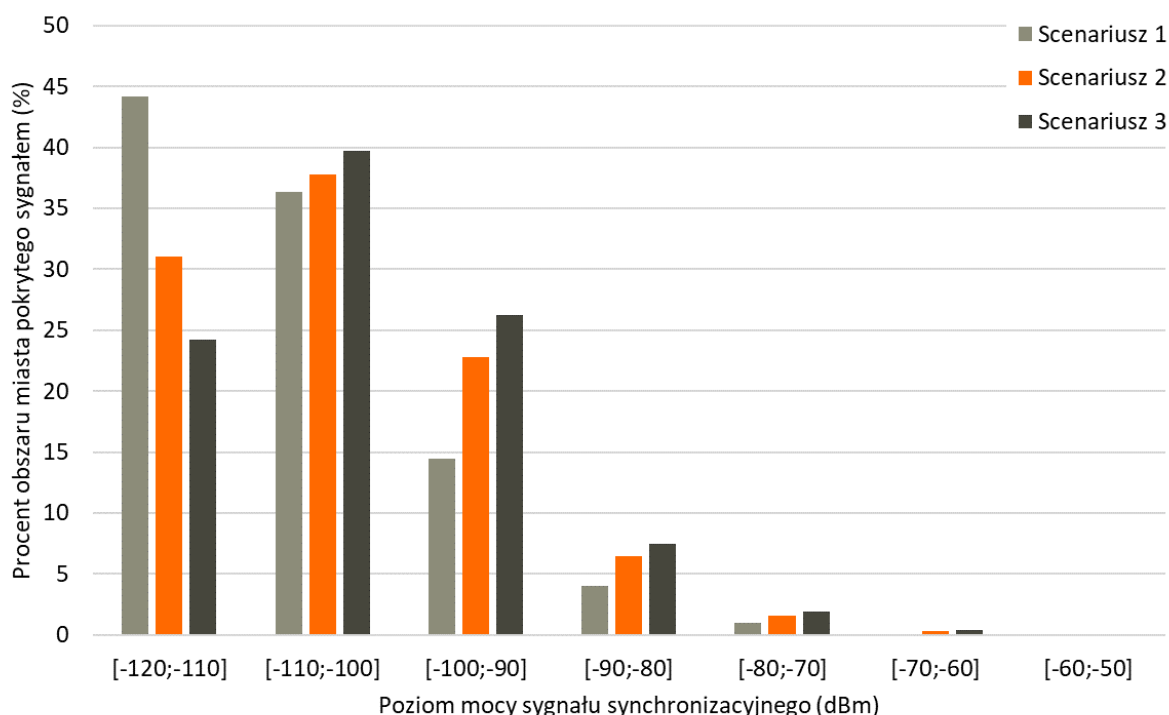
Rysunek 21 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 21. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 3 (wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Średnia wartość poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego wyniosła w:

- scenariuszu 1: -92,28 dBm,
- scenariuszu 2: -87,96 dBm,
- scenariuszu 3: -86,35 dBm.

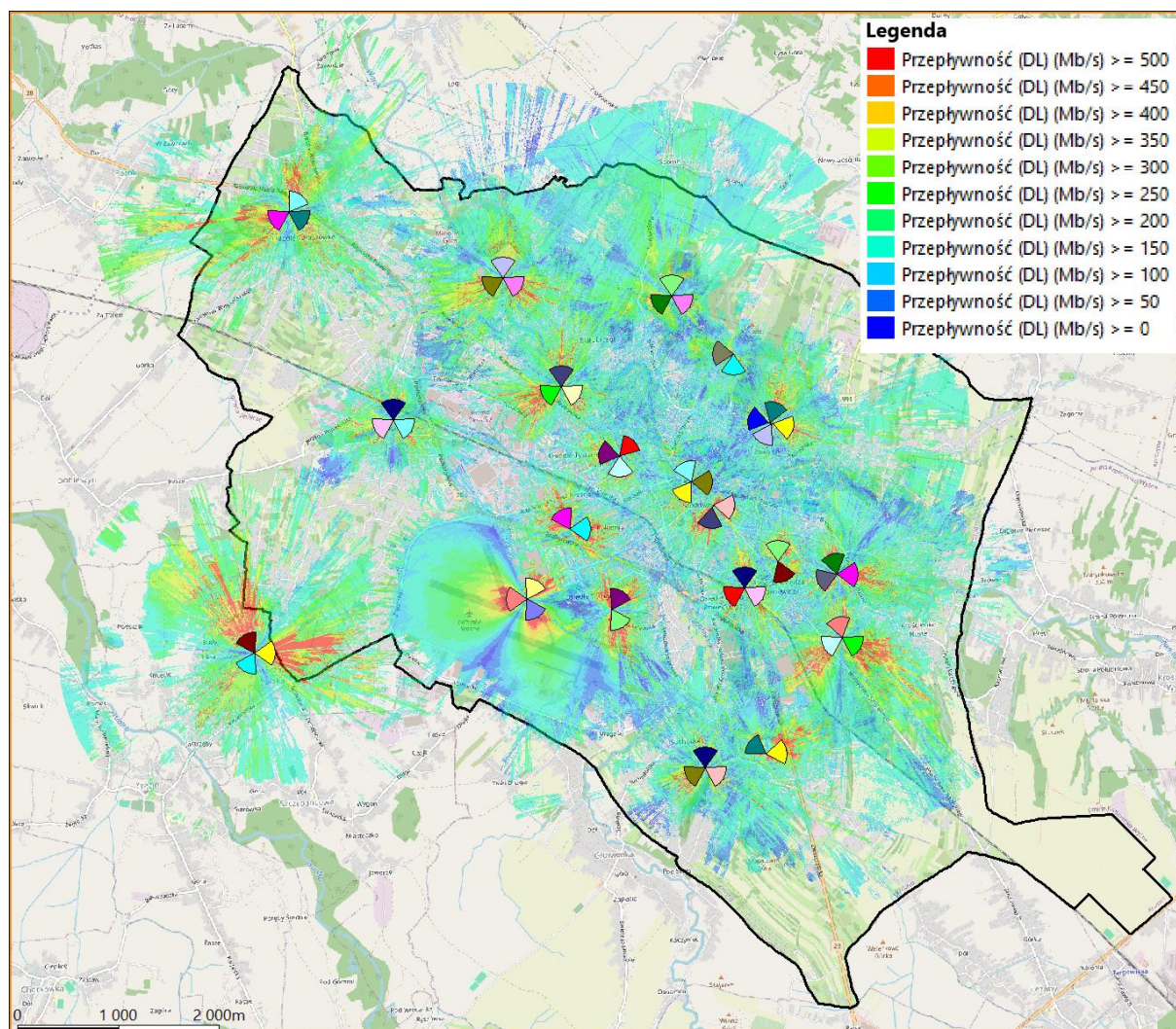


Rysunek 22. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta sygnałem synchronizacyjnym

7.1.3. Planowanie pojemności sieci – łącze w dół

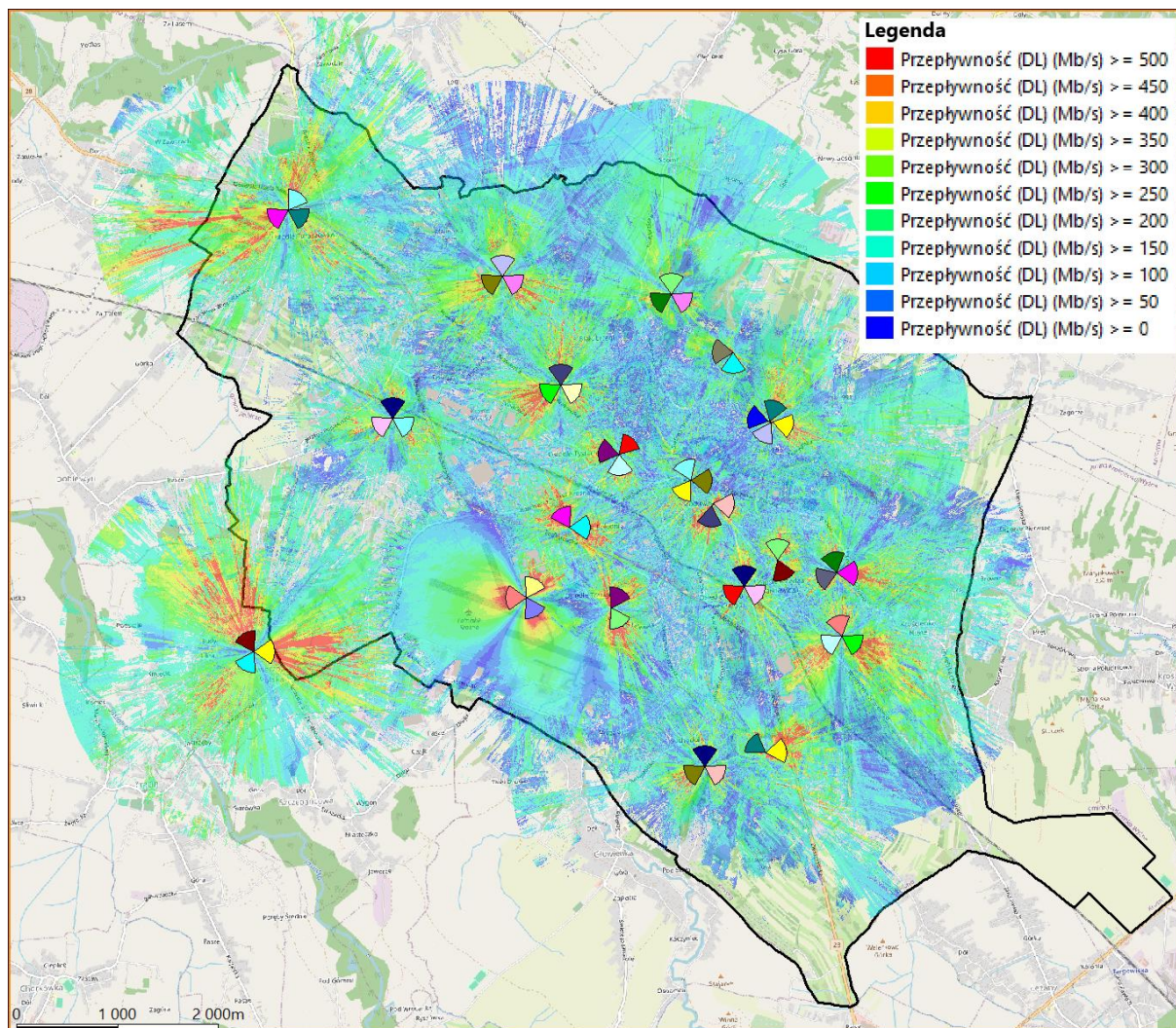
Po oszacowaniu poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego na obszarze miasta, wykonano analizę pojemności sieci i maksymalnych przepływności w łączu w dół (DL) i w łączu w górę (UL). Szacowanie odbywało się przy założeniach przedstawionych w tabeli 4, tj. obciążenie sieci na poziomie 30% DL i 30% UL oraz w trzech, wcześniej omówionych scenariuszach. Miasto nie wskazało konkretnej liczby i lokalizacji urządzeń końcowych, jakie chciałoby w sieci uruchomić, stąd przyjęte wartości są wartościami szacunkowymi i z założenia powinny odzwierciedlać przeciętne wykorzystanie sieci. Rzeczywisty wzrost obciążenia sieci będzie miał wpływ na zmianę dostępnej przepływności dla użytkownika ze względu na wzrost wykorzystania zasobów (slotów) oraz wzrost zakłóceń wewnętrznych. Szacowane przepływności dla łącza w górę i dla łącza w dół przedstawione są dla warstwy aplikacji, oznacza to, że są to wartości netto – bez narzutów związanych z kodowaniem, adresacją czy redundancją.

Rysunek 23 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznego anteny równym 0 dBi.



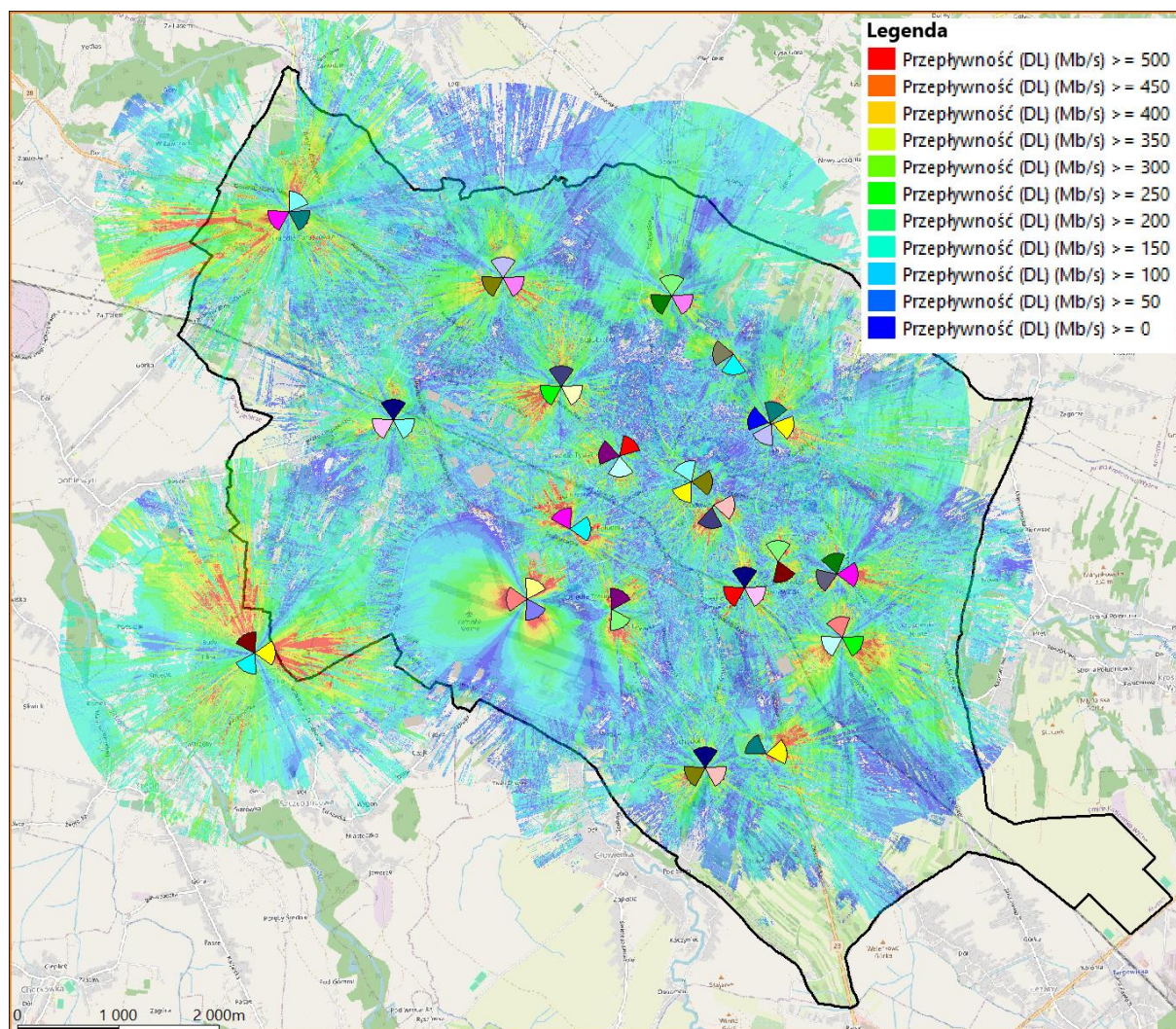
Rysunek 23. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 1 (wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 24 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 3 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 24. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 2 (wysokość anteny odbiorczej 3 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Rysunek 25 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



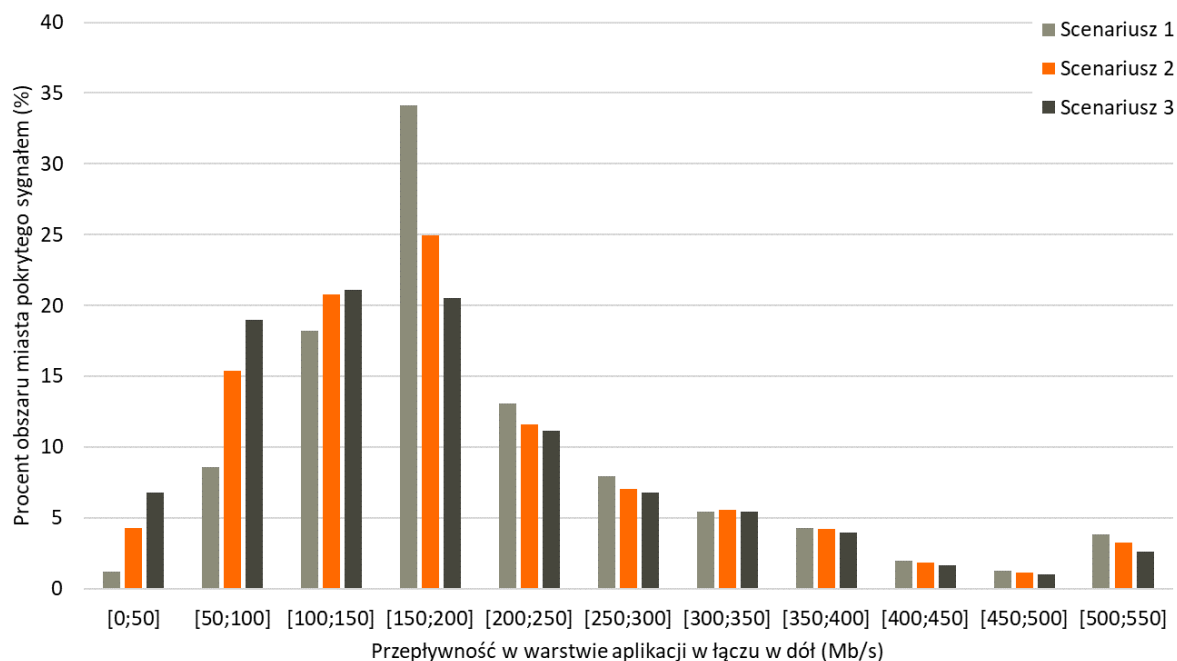
Rysunek 25. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 3 (wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Średnia przepływność w warstwie aplikacji w łączu w dół, w warstwie aplikacji wyniosła w:

- scenariuszu 1: 211,09 Mb/s,
- scenariuszu 2: 194,29 Mb/s,
- scenariuszu 3: 182,94 Mb/s.

Efekt obniżenia średniej wartości przepływności (obserwowany również na rysunku 26) jest efektem pozornym, wynikającym ze zwiększenia zasięgu (rozmiaru) sieci przez wyniesienie terminala wyżej ponad poziom terenu i poprawę warunków propagacyjnych. Tym samym tworzy się większy obszar brzegu sieci, gdzie przepływność jest stosunkowo niska,

a przepływność w odległościach bliskich stacji bazowej, gdzie jakość sygnału była już wystarczająco dobra, nie wzrasta w sposób istotny.

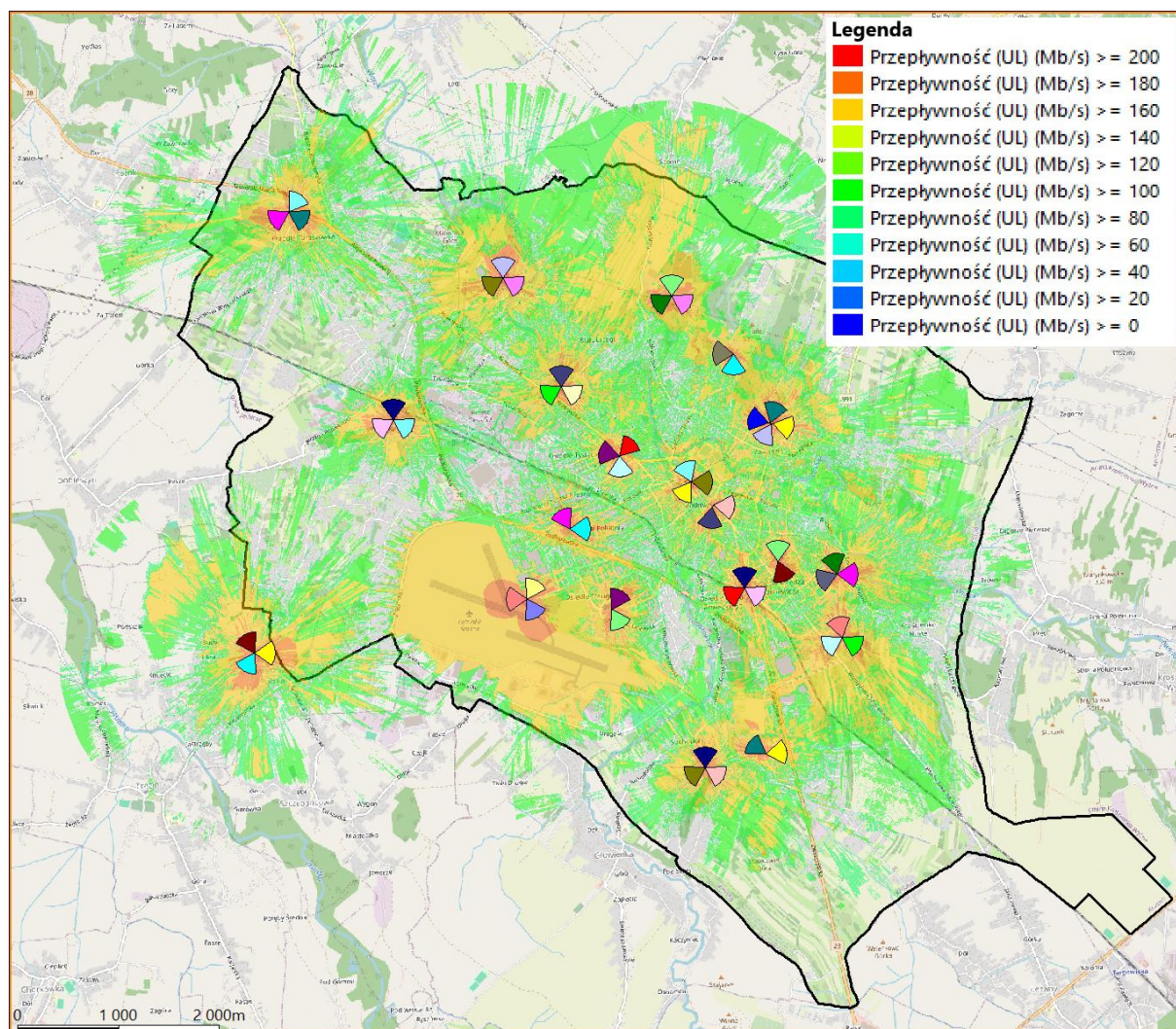


Rysunek 26. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta przepływnością w łączu w dół, w warstwie aplikacji

7.1.4. Planowanie pojemności sieci – łącze w górę

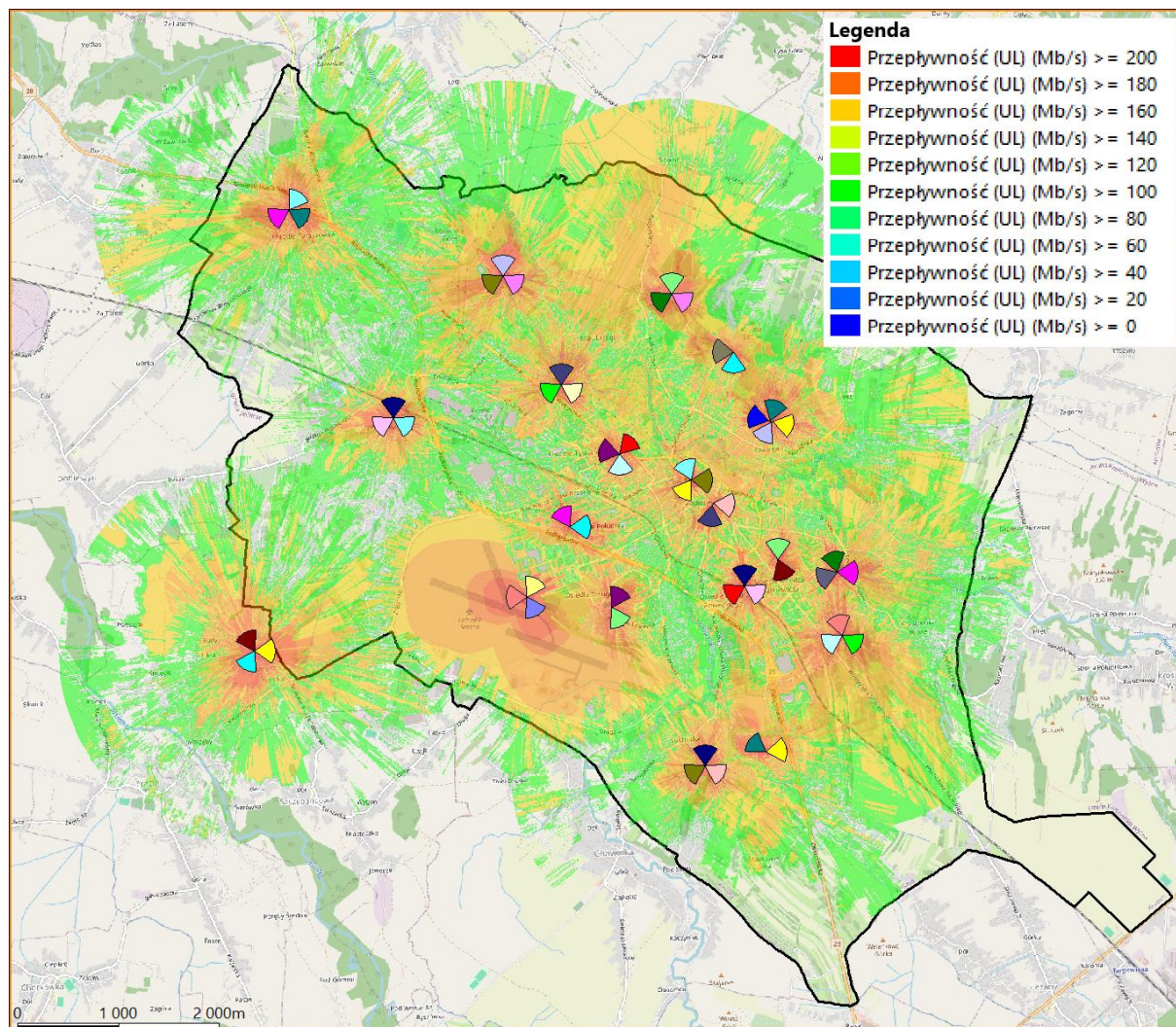
Na rysunkach 27 – 29 przedstawiono oszacowane wartości przepływności w łączu w górę, w warstwie aplikacji (wartości netto – bez narzutów związanych z kodowaniem, adresacją czy redundancją). Miasto nie wskazało konkretnej liczby i lokalizacji urządzeń końcowych, jakie chciałoby w sieci uruchomić, stąd przyjęte wartości są wartościami szacunkowymi i z założenia powinny odzwierciedlać przeciętne wykorzystanie sieci.

Rysunek 27 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



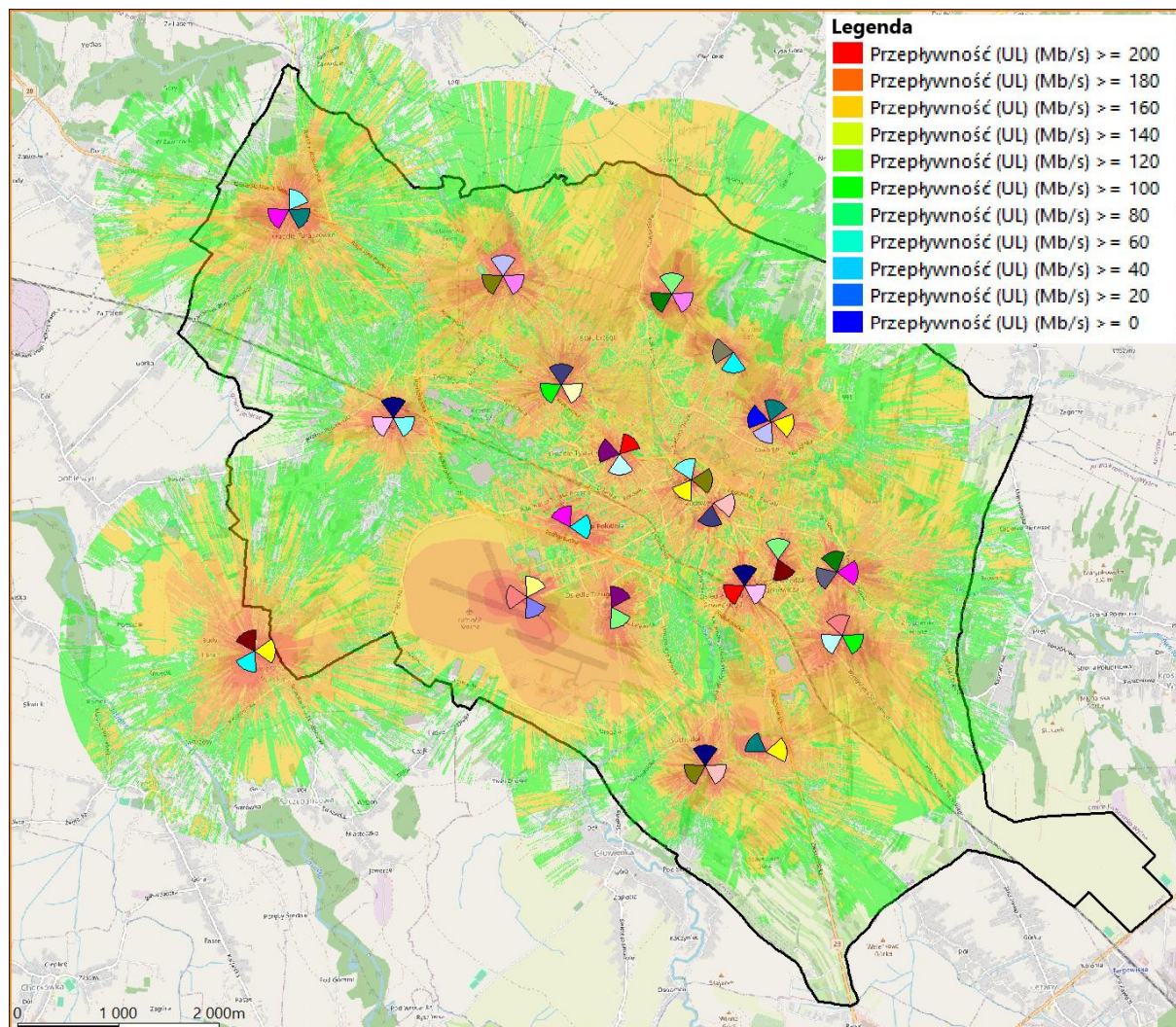
Rysunek 27. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 1 (moc nadajnika urządzenia końcowego 23 dBm, wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 28 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 3 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 28. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 2 (moc nadajnika urządzenia końcowego 26 dBm, wysokość anteny odbiorczej 3 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Rysunek 29 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



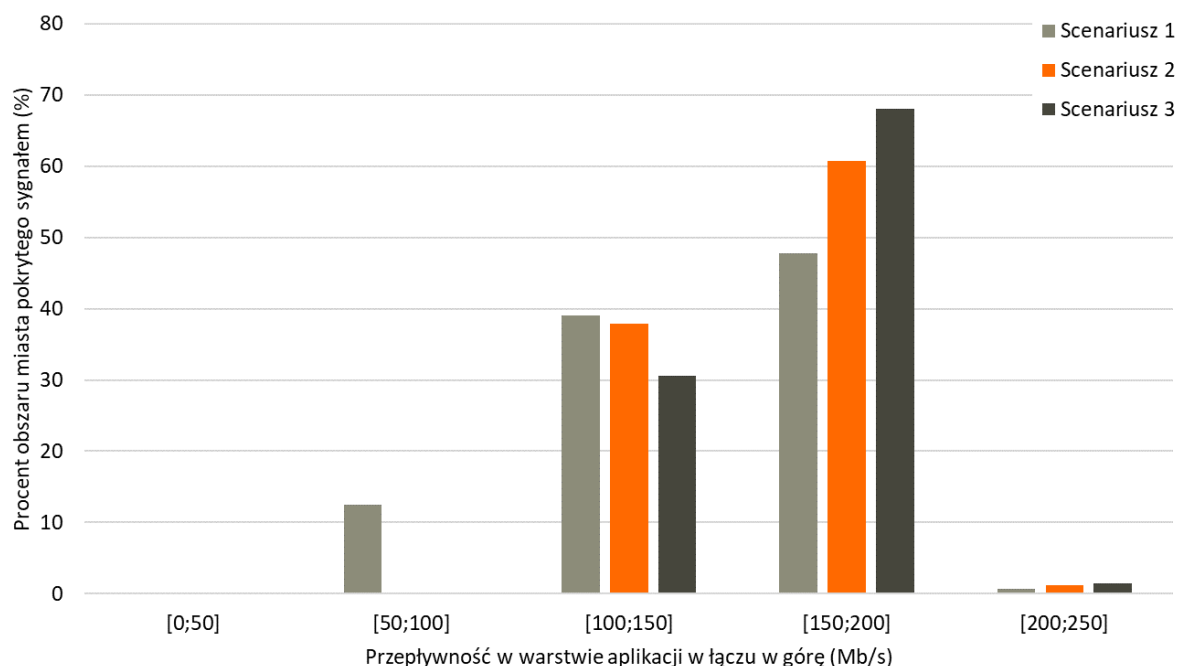
Rysunek 29. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 3 (moc nadajnika urządzenia końcowego 26 dBm, wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Średnia przepływność w warstwie aplikacji w łączu w górę, w warstwie aplikacji wyniosła w:

- scenariuszu 1: 136,55 Mb/s,
- scenariuszu 2: 147,5 Mb/s,
- scenariuszu 3: 152,57 Mb/s.

W kolejnych scenariuszach obserwujemy wzrost średniej przepływności oraz przesuwanie się wartości na histogramie (rysunek 30) do grup o wyższych przepływnościach, np. dla terminala końcowego w scenariuszu 1 blisko 12,5% punktów uwzględnionych w analizie umożliwiłoby uzyskanie przepływności na poziomie pomiędzy 50 a 100 Mb/s, natomiast

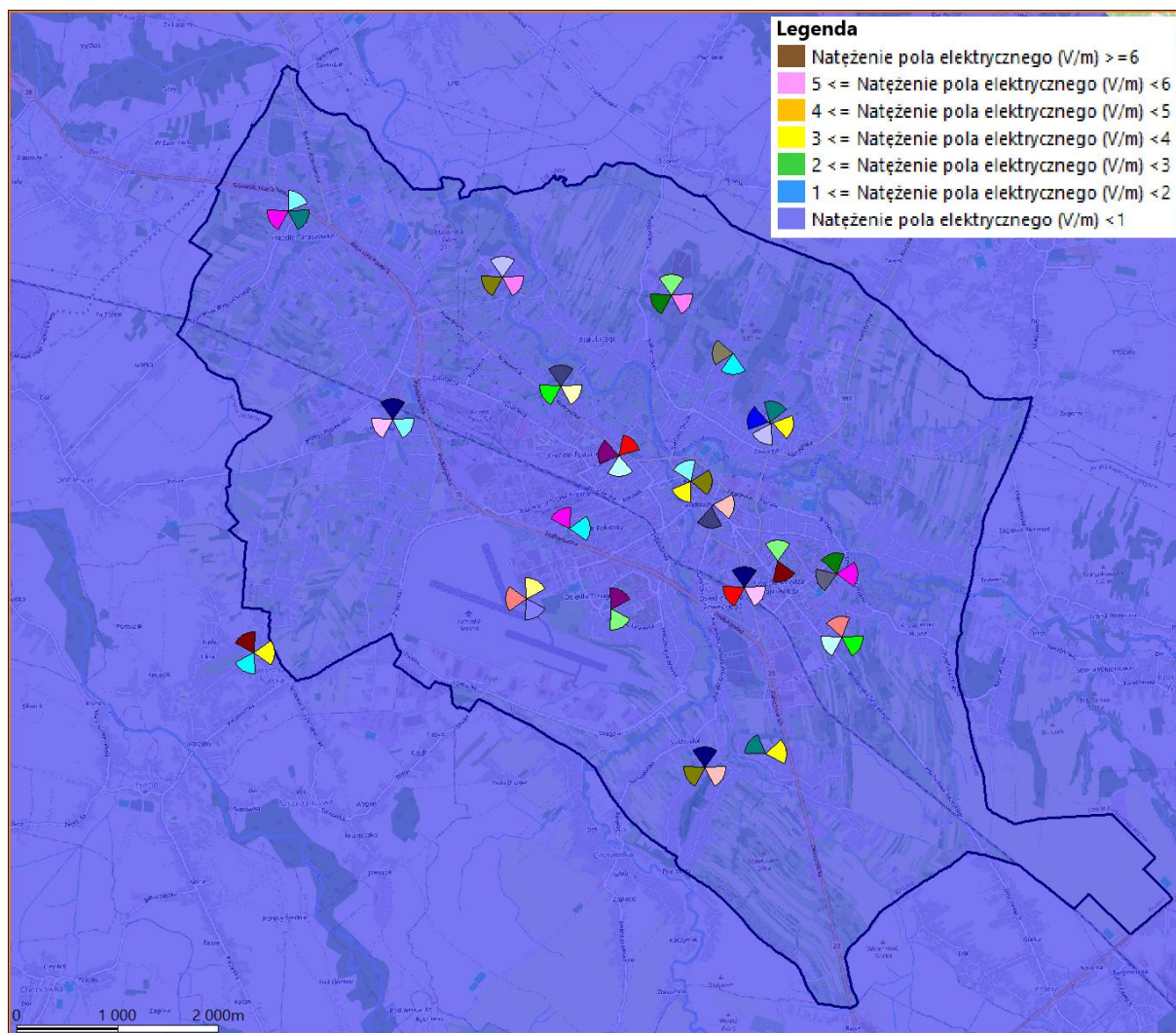
w scenariuszach 2 i 3 każdy z punktów powinien zapewnić przepływność na poziomie co najmniej 100 Mb/s.



Rysunek 30. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta przepływnością w łączu w górę, w warstwie aplikacji

7.1.5. Analiza natężenia pola elektrycznego (analiza PEM)

W ramach prac związanych z planowaniem zasięgu sieci wykonano także ocenę wpływu sieci na ludzi, tj. przeprowadzono analizę sumarycznego natężenia pola elektrycznego. Analizy przeprowadzono na wysokościach 1,5, 3 oraz 5 m n.p.t. We wszystkich przypadkach wyniki były zbieżne i wskazywały natężenie pola elektrycznego od sieci na poziomie poniżej 1 V/m. Oznacza to, że sieć nie wpływa znacząco na okoliczne środowisko elektromagnetyczne i nie oczekuje się problemów związanych z przekroczeniem określonych rozporządzeniem limitów natężenia pola elektrycznego od stacji bazowych telefonii komórkowej.



Rysunek 31. Sumaryczne natężenie pola elektrycznego od projektowanej sieci

7.2. Planowanie zasięgu sieci – Starachowice

Kolejne porozumienie w zakresie planowania prywatnej sieci 5G zostało zawarte ze Starachowicami – miastem położonym w województwie świętokrzyskim. Pani Marta Woźniak, Dyrektor Centrum Usług Wspólnych w Starachowicach, opisała plany miasta związane z nowoczesnymi sieciami bezprzewodowymi w poniższym tekście.

„W dobie dynamicznego rozwoju technologii cyfrowych, efektywne zarządzanie miastem wymaga nowoczesnych rozwiązań komunikacyjnych. Miasto Starachowice posiada wybudowaną w 2013 r. miejską sieć światłowodową, która została zbudowana w systemie mikrokanalizacji z rurami doziemnymi. Sieć tworzy pierścień łączący szafy uliczne i wewnętrzzbudynkowe, z obustronnym wprowadzeniem do głównego punktu dystrybucji w serwerowni miejskiej przy ul. Leśnej w Starachowicach. Taka konfiguracja zapewnia niezawodność połączeń. Poszczególne punkty sieci są zlokalizowane w obiektach użyteczności publicznej i podłączone do szaf ulicznych, z wykorzystaniem światłowodów o wysokiej przepustowości. W całej sieci zastosowano nowoczesne rozwiązania technologiczne, takie jak prefabrykowane studnie kablowe i zasobniki złączowe, umożliwiające rozbudowę i modernizację infrastruktury.

Niemniej jednak dążąc do większej elastyczności oraz usprawnienia funkcjonowania systemów miejskich, jako miasto widzimy duży potencjał w technologii 5G. Sieć ta, przeznaczona do wyłączonego użytku samorządu, mogłaby znacząco poprawić efektywność działania kluczowych usług publicznych oraz wspierać rozwój inteligentnych rozwiązań w mieście. Technologia 5G pozwala na dynamiczne dostosowywanie infrastruktury do zmieniających się potrzeb miasta. Umożliwia skalowalność i szybkie wdrażanie innowacji bez konieczności znacznej modernizacji istniejących systemów. Obecna miejska sieć światłowodowa przestaje być wystarczająca wobec wciąż rozwijającego się miasta i potrzeb jego mieszkańców, a jej rozbudowa napotyka wiele przeszkód. Potrzebujemy rozwiązania elastycznego i pewnego a jednocześnie zapewniającego bezpieczeństwo przepływu danych. Stąd zainteresowanie tego rodzaju technologią, pozwalającą w dużym stopniu uniezależnić się w lokalizacji urządzeń wymagających dostępu do sieci od infrastruktury ziemnej.

Główne obszary zastosowań sieci 5G, jakie skłoniły miasto do zainteresowania się tą technologią, to:

Monitoring miejski

Sieć 5G pozwoli na usprawnienie systemu monitoringu miejskiego poprzez zwiększenie przepustowości i zmniejszenie opóźnień transmisji danych. Dzięki temu możliwa będzie wymiana części istniejących kamer na urządzenia wysokiej rozdzielczości, które będą mogły działać w czasie rzeczywistym, umożliwiając szybką reakcję na potencjalne zagrożenia. Ponadto kamery będzie można lokalizować w miejscach, gdzie nie ma miejskiej sieci światłowodowej, a połączenie za pomocą radiolinii nie jest możliwe ze względów technicznych.

System informacji pasażerskiej w komunikacji miejskiej

W ramach projektu pn.: „Poprawa komunikacji publicznej w Starachowicach poprzez modernizację infrastruktury i zakup taboru niskoemisyjnego” z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Świętokrzyskiego na lata 2014-2020 Miasto Starachowice zainstalowało przy niektórych przystankach autobusowych tablice dynamicznej informacji pasażerskiej. Technologia 5G może wspomóc rozwój inteligentnego transportu publicznego w naszym przypadku, poprzez rozszerzenie systemu na inne lokalizacje oraz prezentowanie większej ilości informacji.

Czujniki jakości powietrza

Dzięki sieci 5G możliwe będzie zintegrowanie sieci czujników monitorujących jakość powietrza w różnych częściach miasta. Szybki przepływ danych pozwoli na bieżące śledzenie stanu środowiska i podejmowanie odpowiednich działań w przypadku wykrycia niepokojących wartości.

Korzyści, jakie widzi Miasto, płynące z wdrożenia sieci 5G, to na pewno poprawa efektywności zarządzania infrastrukturą dzięki szybszej i bardziej niezawodnej komunikacji, podniesienie bezpieczeństwa publicznego poprzez usprawnienie działania monitoringu i systemów alarmowych

Technologia 5G ma potencjał, aby zrewolucjonizować sposób funkcjonowania miast. Dla Starachowic, wdrożenie sieci 5G stanowiłoby krok w kierunku nowoczesnego zarządzania, zwiększając efektywność usług publicznych oraz poprawiając jakość życia mieszkańców. Sieć 5G otworzy drogę do implementacji zaawansowanych rozwiązań takich jak Internet Rzeczy (IoT), który umożliwi integrację wielu inteligentnych urządzeń w ramach miejskiego ekosystemu. Czujniki, systemy automatyki czy inteligentne oświetlenie mogą być w przyszłości elastycznie wdrażane i zarządzane z wykorzystaniem tej technologii.

Realizacja tego projektu wymaga jednak odpowiedniego planowania, inwestycji oraz współpracy z partnerami technologicznymi jak również stabilnego finansowania. W długoterminowej perspektywie sieć 5G stanie się kluczowym elementem transformacji miasta w nowoczesną i inteligentną jednostkę samorządową.”

7.2.1. Założenia planistyczne

Ze względu na potrzeby miasta związane w pierwszych fazach głównie z rozwojem monitoringu, planowanie radiowe zostało wykonane w trzech scenariuszach, uwzględniając różne wysokości zawieszenia urządzenia końcowego sieci nad poziomem terenu oraz różnego rodzaju urządzenia końcowe.

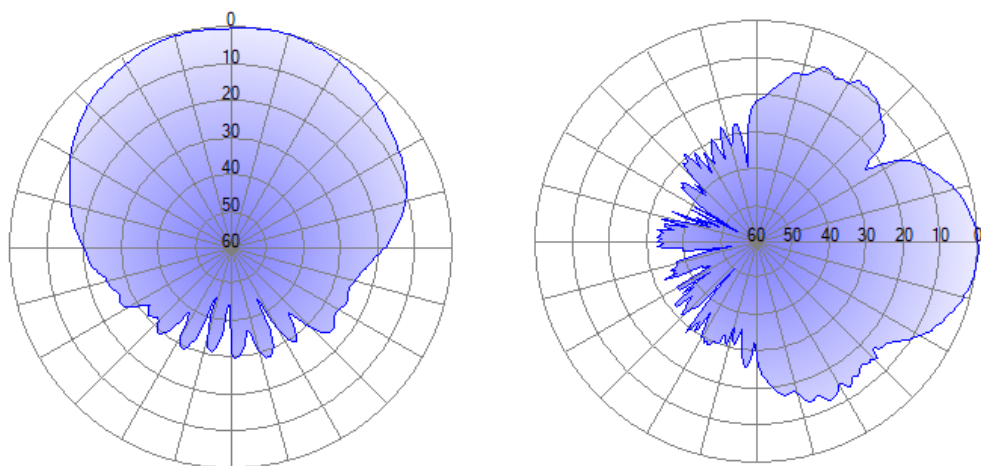
- Scenariusz 1 zakłada wykorzystanie urządzeń końcowych na wysokości 1,5 m n.p.t., mocy nadajnika 23 dBm, przy czym urządzenia te wyposażone są w anteny o charakterystyce promieniowania dookólnej i o maksymalnym zysku energetycznym 0 dBi. Konfiguracja ta jest typowa dla urządzeń mobilnych.
- W scenariuszu 2 anteny urządzeń zostały wyniesione na 3 m n.p.t., co reprezentuje przypadek umieszczenia anteny urządzenia np. na dachu autobusu czy samochodu ciężarowego lub ponad wiatą przystankową. Zwiększono także maksymalną moc nadajnika do 26 dBm – wartość typową dla m.in. modemów 5G. Przyjęto, że urządzenie będzie wyposażone w antenę prętową o charakterystyce promieniowania przedstawionej na rysunku 33 i o zysku energetycznym 4,5 dBi.
- W scenariuszu 3 urządzenia końcowe zostały wyniesione na wysokość 5 m n.p.t. i wyposażone w antenę prętową o charakterystyce promieniowania przedstawionej na rysunku 33 i o zysku energetycznym 4,5 dBi. Moc nadajnika terminala końcowego jest równa 26 dBm. Odpowiada to np. wysokości zawieszenia kamer umieszczonych na słupach sygnalizacji miejskiej.

Tabela 6. Założenia planistyczne przyjęte w projektowaniu sieci 5G dla Starachowic

Parametr	Wartość
Model propagacyjny	Aster
Wykorzystane mapy	mapa wysokości terenu, mapa wysokości zabudowy terenu, mapa klas zabudowy terenu
Rozdzielczość obliczeń	1 m
Pasma	n77
Częstotliwość środkowa kanału	3 850 MHz
Szerokość kanału	100 MHz
Agregacja kanałów	nie występuje
Maksymalna moc EIRP w kanale	49 dBm
Numerologia	30 kHz
Preambuła	B4
Podział ramki	DL 80%, UL 20%
Obciążenie sieci	DL 30%, UL 30%
Minimalny wymagany poziom SS-RSRP	-120 dBm
Maksymalna wysokość anteny stacji bazowej	20 m n.p.t.
Zysk energetyczny anteny stacji bazowej w kierunku maksymalnego promieniowania	10,5 dBi
Tłumienie ciała ludzkiego	0 dB
Współczynnik częściowego sterowania mocą (Fractional Power Control, FPC)	0,8
MIMO	DL 4x4, UL 2x2
Modulacja zapewniająca najwyższą przepływność	DL 256-QAM, UL 256-QAM
Obliczona teoretyczna maksymalna przepływność łącza w dół (DL) ⁴⁶	2 Gb/s
Obliczona teoretyczna maksymalna przepływność łącza w górę (UL) ⁴⁷	250 Mb/s

⁴⁶ ETSI TS 138 306, 5G; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (3GPP TS 38.306 version 18.3.0 Release 18), https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138306/18.03.00_60/ts_138306v180300p.pdf (dostęp: 29.12.2024)

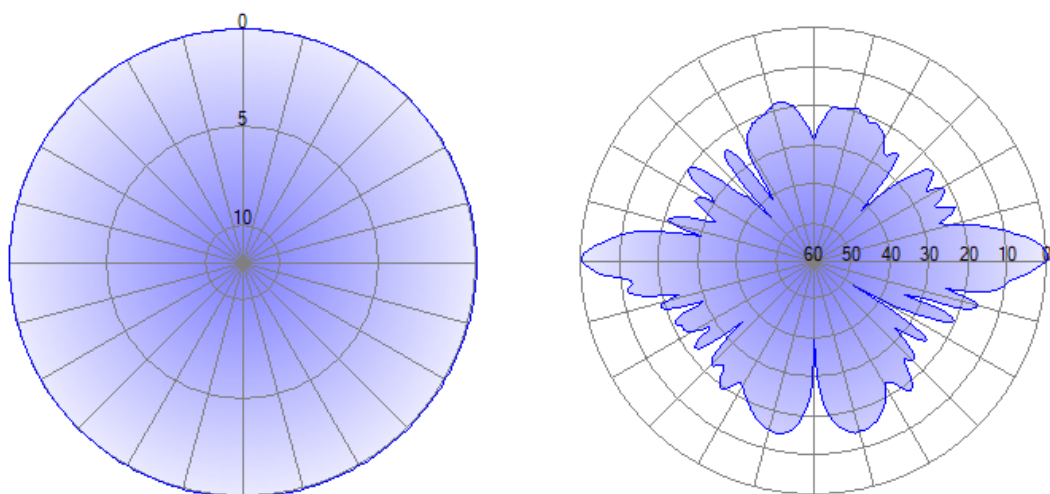
⁴⁷ ETSI TS 138 306, 5G; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (3GPP TS 38.306 version 18.3.0 Release 18), https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138306/18.03.00_60/ts_138306v180300p.pdf (dostęp: 29.12.2024)



Rysunek 32. Charakterystyka promieniowania anteny stacji bazowej, tłumienie wyrażone jest w dB (po lewej – charakterystyka pozioma, po prawej – charakterystyka pionowa)

Tabela 7. Parametry terminala końcowego w scenariuszach dla Starachowic

Parametr	Wartość
Maksymalna moc nadajnika (antena na wysokości 1,5 m n.p.t.)	23 dBm
Maksymalna moc nadajnika (antena na wysokości 3 i 5 m n.p.t.)	26 dBm
Maksymalny zysk energetyczny anteny (antena na wysokości 1,5 m n.p.t.)	0 dBi
Maksymalny zysk energetyczny anteny (antena na wysokości 3 i 5 m n.p.t.)	4,5 dBi

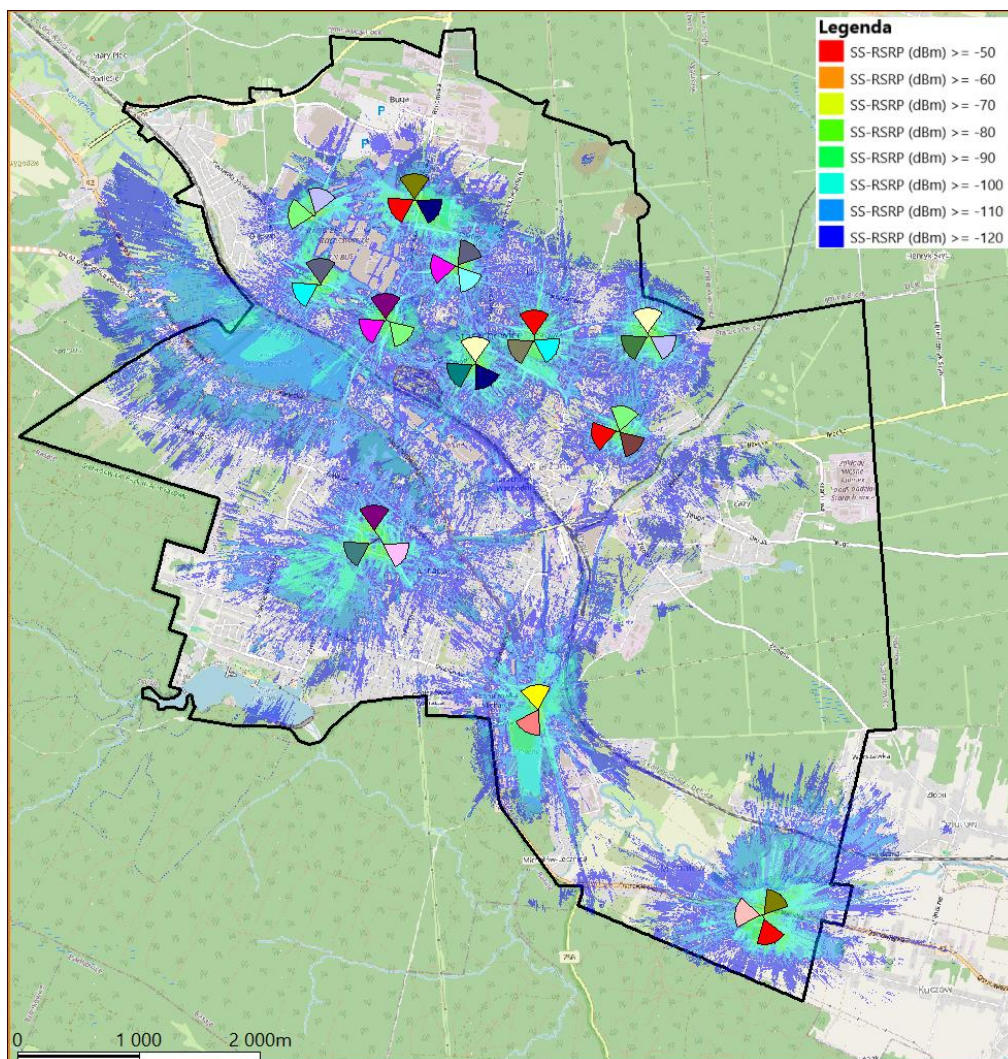


Rysunek 33. Charakterystyka promieniowania anteny terminala końcowego dla scenariuszy 2 i 3, tłumienie wyrażone jest w dB (po lewej – charakterystyka pozioma, po prawej – charakterystyka pionowa)

7.2.2. Planowanie pokrycia zasięgiem sieci

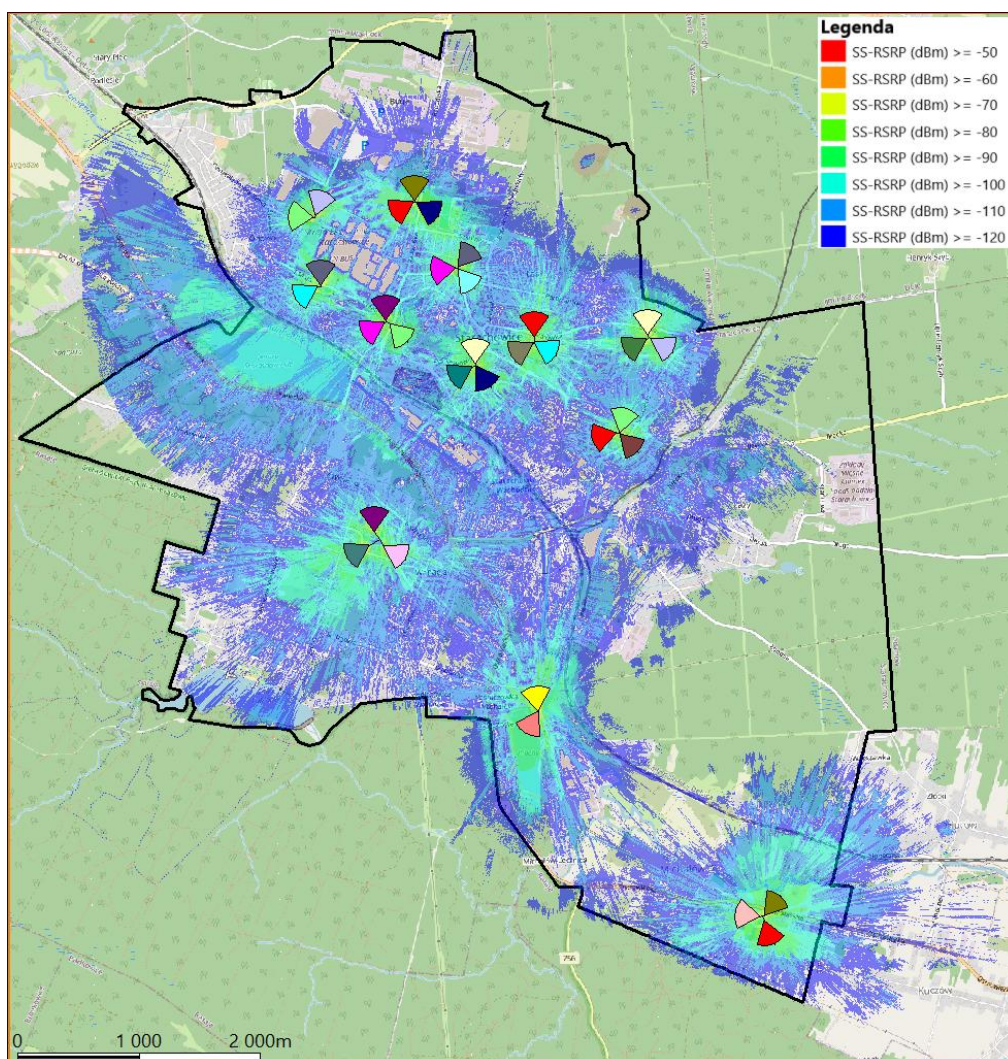
Pierwszym etapem planowania jest wykonanie map szacowanego poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego (Secondary Synchronization Signal Reference Signal Received Power, SS-RSRP). Sygnały synchronizacyjne są podstawą do oszacowania pokrycia siecią danego obszaru, ponieważ dzięki nim terminal końcowy może zsynchronizować się z siecią i rozpocząć procedurę dostępu do kanału. Starachowice zaproponowały listę lokalizacji (adresy wybranych działek), które mogły zostać wykorzystane jako przyszłe lokalizacje stacji bazowych. Zabrakło jednak szczegółowych informacji o współrzędnych i wysokościach budynków, stąd położenie stacji należy traktować jako przybliżone, a wysokości jako oszacowane z map wysokości zabudowy terenu. W oparciu o tę listę dobrano optymalną liczbę stacji bazowych, tj. taką, która zapewniała minimalne pokrycie powierzchniowe oczekiwane przez miasto.

Rysunek 34 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



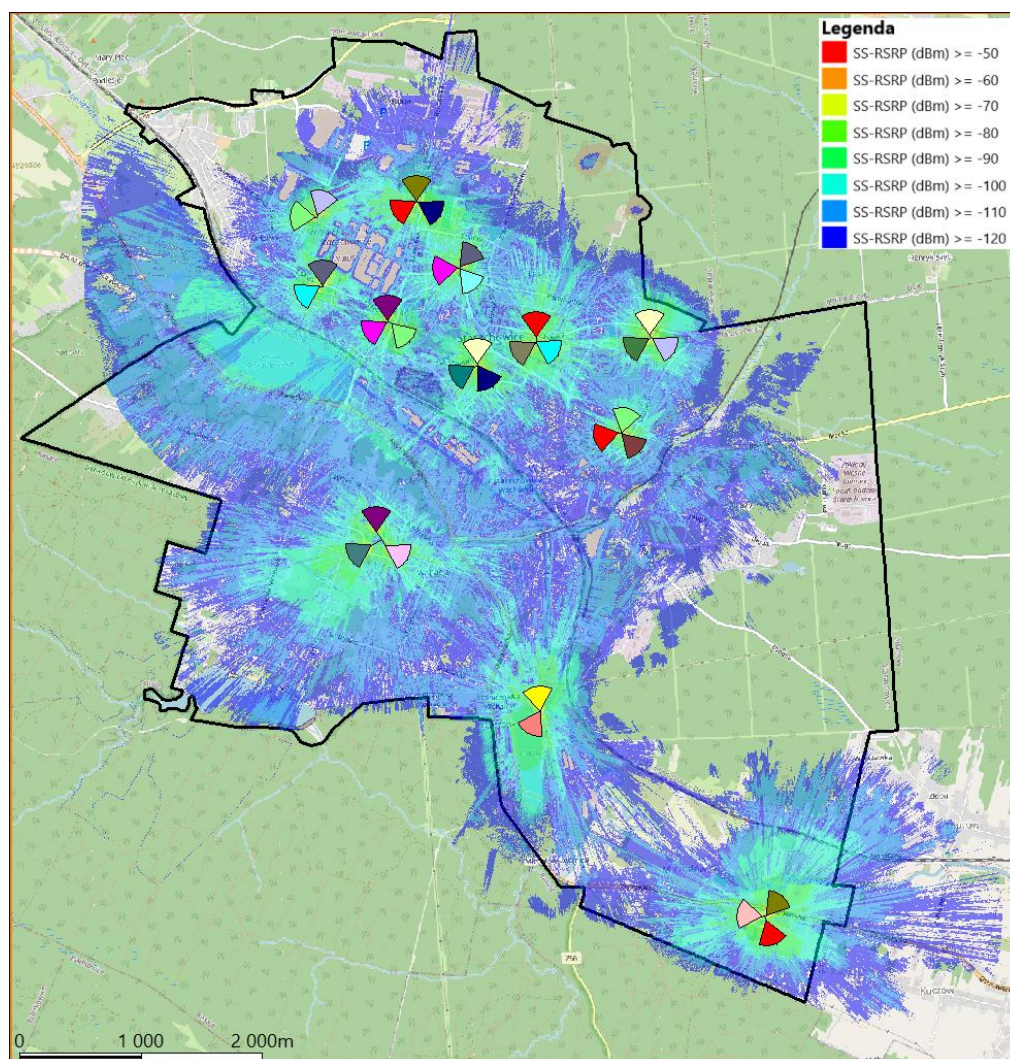
Rysunek 34. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 1 (wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 35 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 3 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 35. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 2 (wysokość anteny odbiorczej 3 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

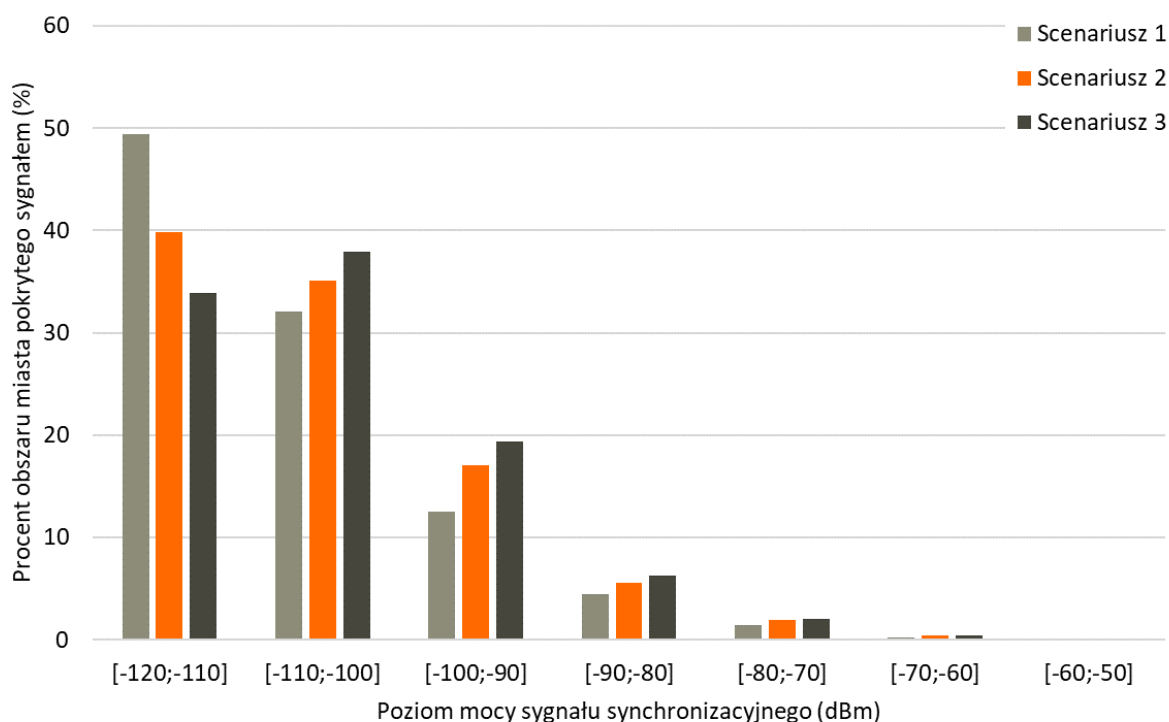
Rysunek 36 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 36. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 3 (wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Średnia wartość poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego wyniosła w:

- scenariuszu 1: -89,71 dBm,
- scenariuszu 2: -85,88 dBm,
- scenariuszu 3: -84,57 dBm.

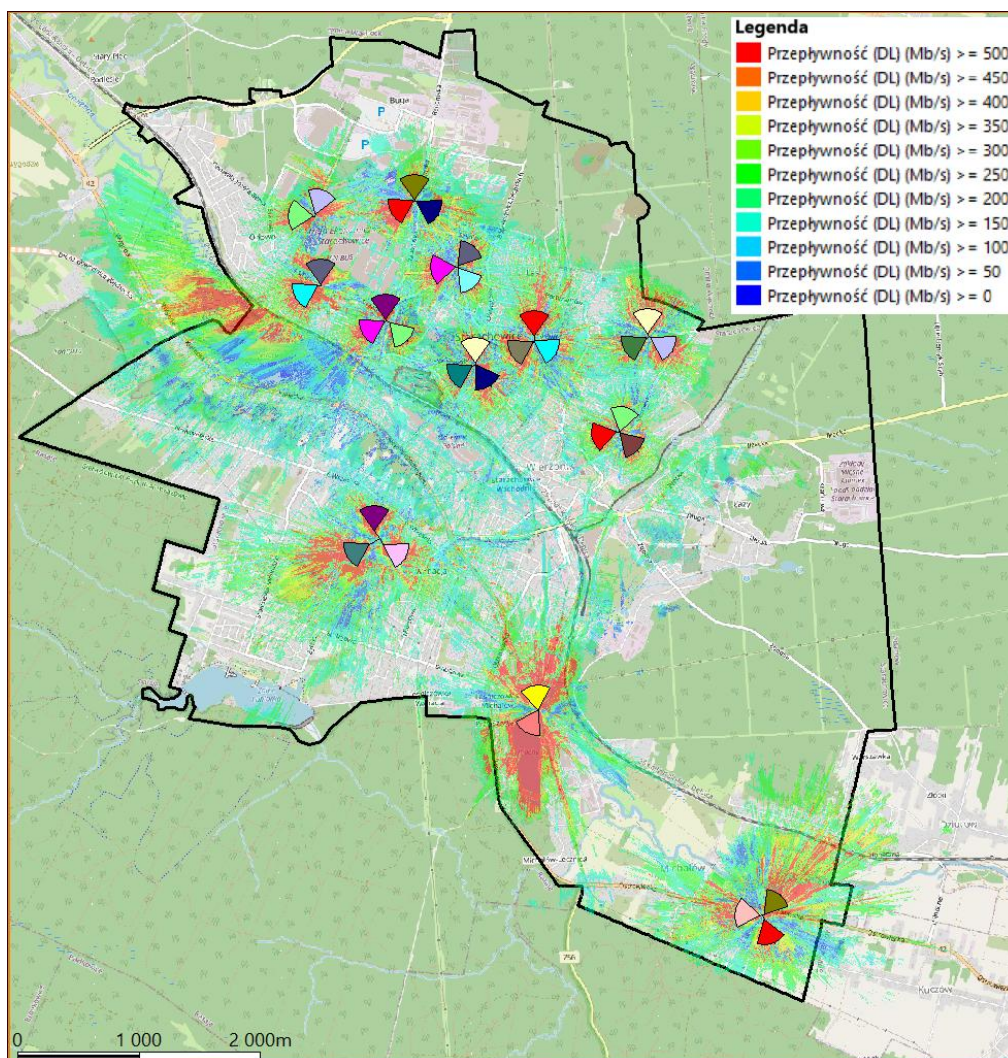


Rysunek 37. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta sygnałem synchronizacyjnym

7.2.3. Planowanie pojemności sieci – łącze w dół

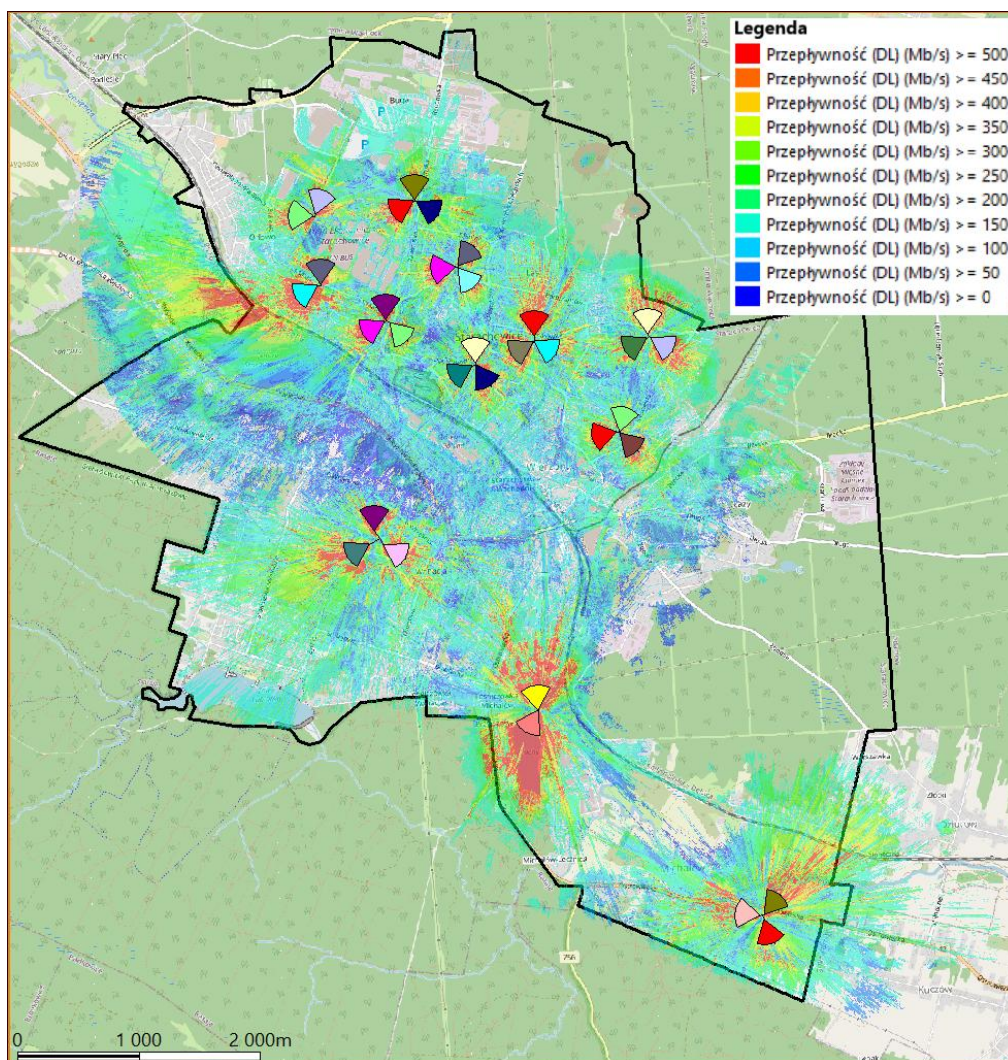
Po oszacowaniu poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego na obszarze miasta, wykonano analizę pojemności sieci i maksymalnych przepływności w łączu w dół (DL) i w łączu w górę (UL). Szacowanie odbywało się przy założeniach przedstawionych w tabeli 4, tj. obciążenie sieci na poziomie 30% DL i 30% UL oraz w trzech, wcześniej omówionych scenariuszach. Miasto nie wskazało konkretnej liczby i lokalizacji urządzeń końcowych, jakie chciałoby w sieci uruchomić, stąd przyjęte wartości są wartościami szacunkowymi i z założenia powinny odzwierciedlać przeciętne wykorzystanie sieci. Rzeczywisty wzrost obciążenia sieci będzie miał wpływ na zmianę dostępnej przepływności dla użytkownika ze względu na wzrost wykorzystania zasobów (slotów) oraz wzrost zakłóceń wewnętrznych. Szacowane przepływności dla łącza w górę i dla łącza w dół przedstawione są dla warstwy aplikacji, oznacza to, że są to wartości netto – bez narzutów związanych z kodowaniem, adresacją czy redundancją.

Rysunek 38 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



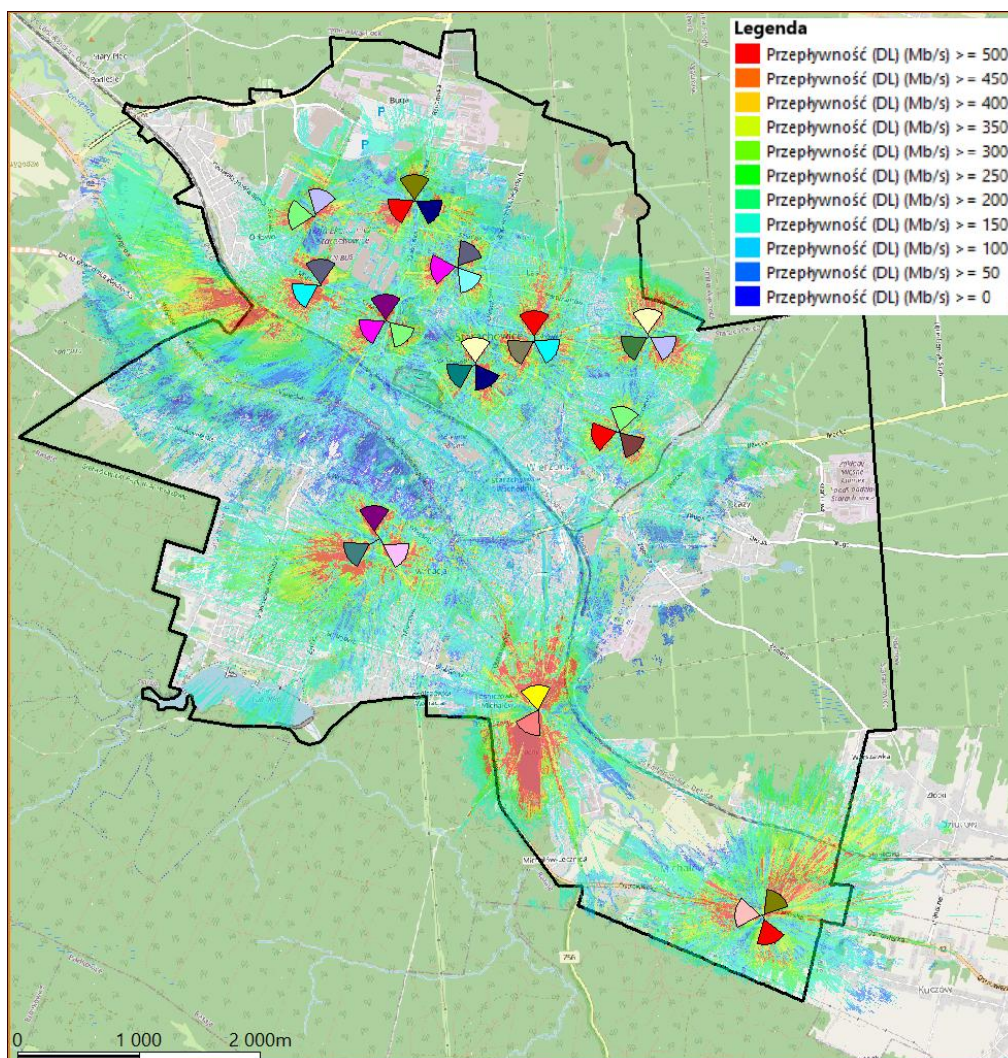
Rysunek 38. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 1 (wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 39 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 3 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 39. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 2 (wysokość anteny odbiorczej 3 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Rysunek 40 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



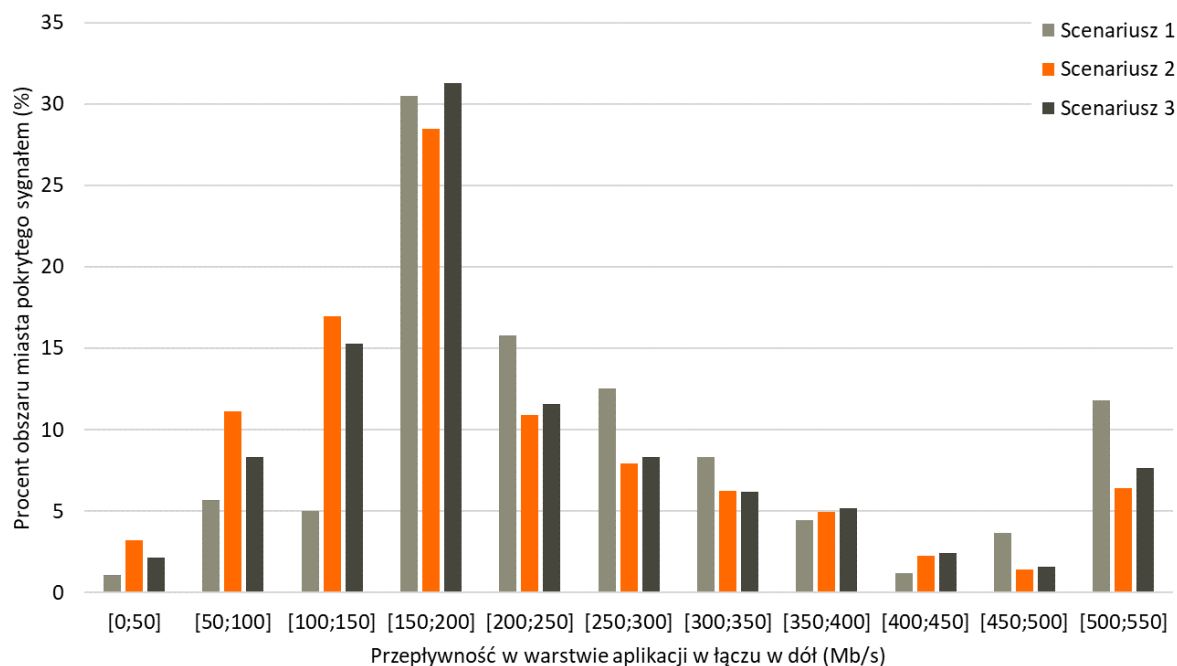
Rysunek 40. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 3 (wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Średnia przepływność w warstwie aplikacji w łączu w dół, w warstwie aplikacji wyniosła w:

- scenariuszu 1: 291,73 Mb/s,
- scenariuszu 2: 221,62 Mb/s,
- scenariuszu 3: 234,39 Mb/s.

Efekt obniżenia średniej wartości przepływności w scenariuszu 2 i 3 względem scenariusza 1 (obserwowany również na rysunku 41) jest efektem pozornym, wynikającym ze zwiększenia zasięgu (rozmiaru) sieci przez wyniesienie terminala wyżej ponad poziom terenu i poprawę warunków propagacyjnych. Tym samym tworzy się większy obszar brzegu sieci, gdzie

przepływność jest stosunkowo niska, a przepływność w odległościach bliskich stacji bazowej, gdzie jakość sygnału była już wystarczająco dobra, nie wzrasta w sposób istotny.

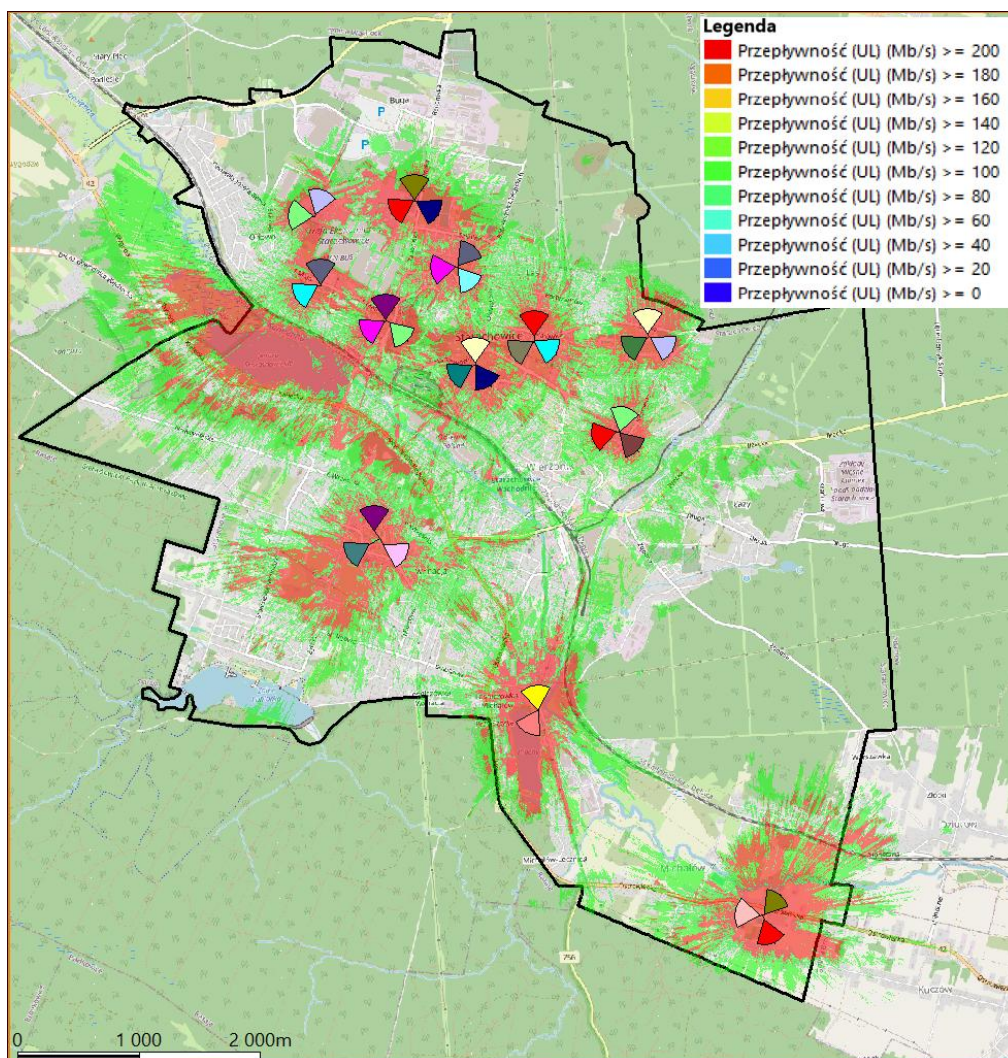


Rysunek 41. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta przepływnością w łączu w dół, w warstwie aplikacji

7.2.4. Planowanie pojemności sieci – łącze w górę

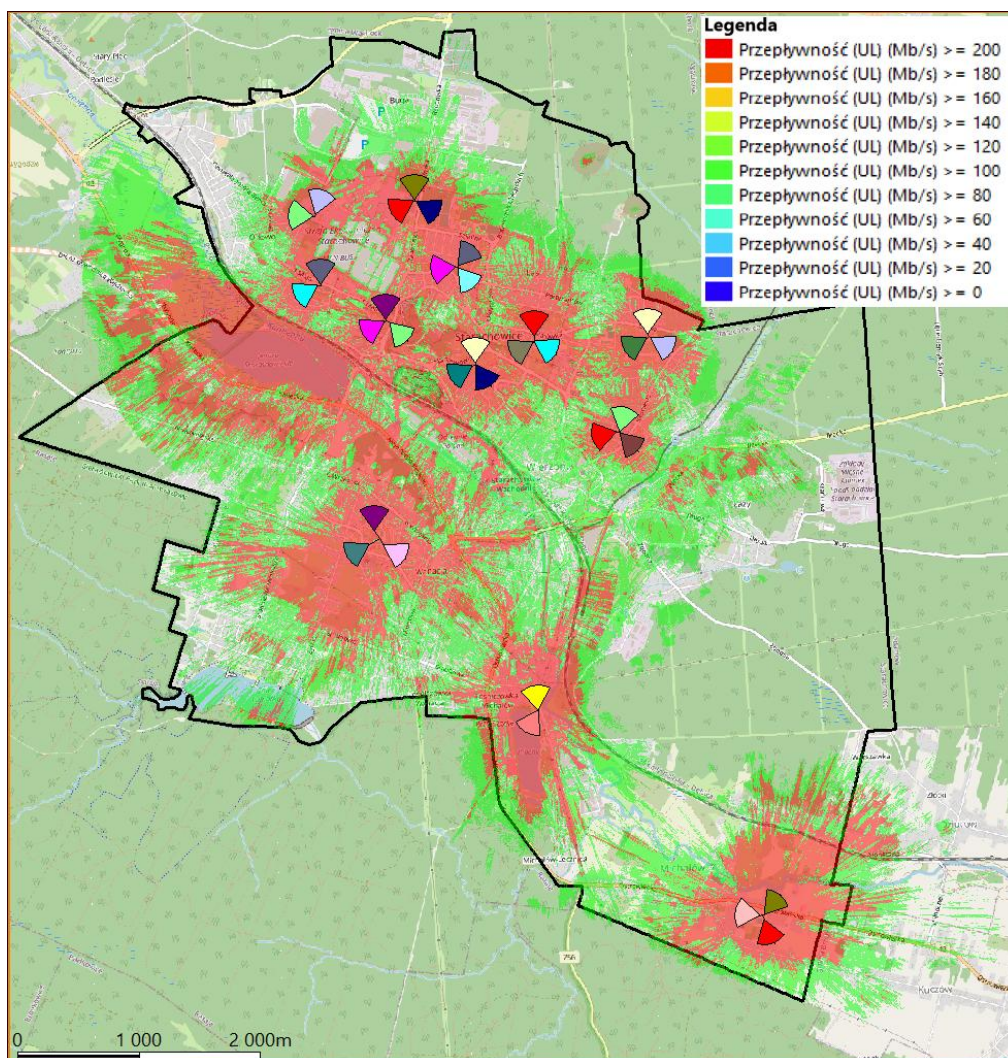
Na rysunkach 42 – 44 przedstawiono oszacowane wartości przepływności w łączu w górę, w warstwie aplikacji (wartości netto – bez narzutów związanych z kodowaniem, adresacją czy redundancją). Miasto nie wskazało konkretnej liczby i lokalizacji urządzeń końcowych, jakie chciałoby w sieci uruchomić, stąd przyjęte wartości są wartościami szacunkowymi i z założenia powinny odzwierciedlać przeciętne wykorzystanie sieci.

Rysunek 42 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



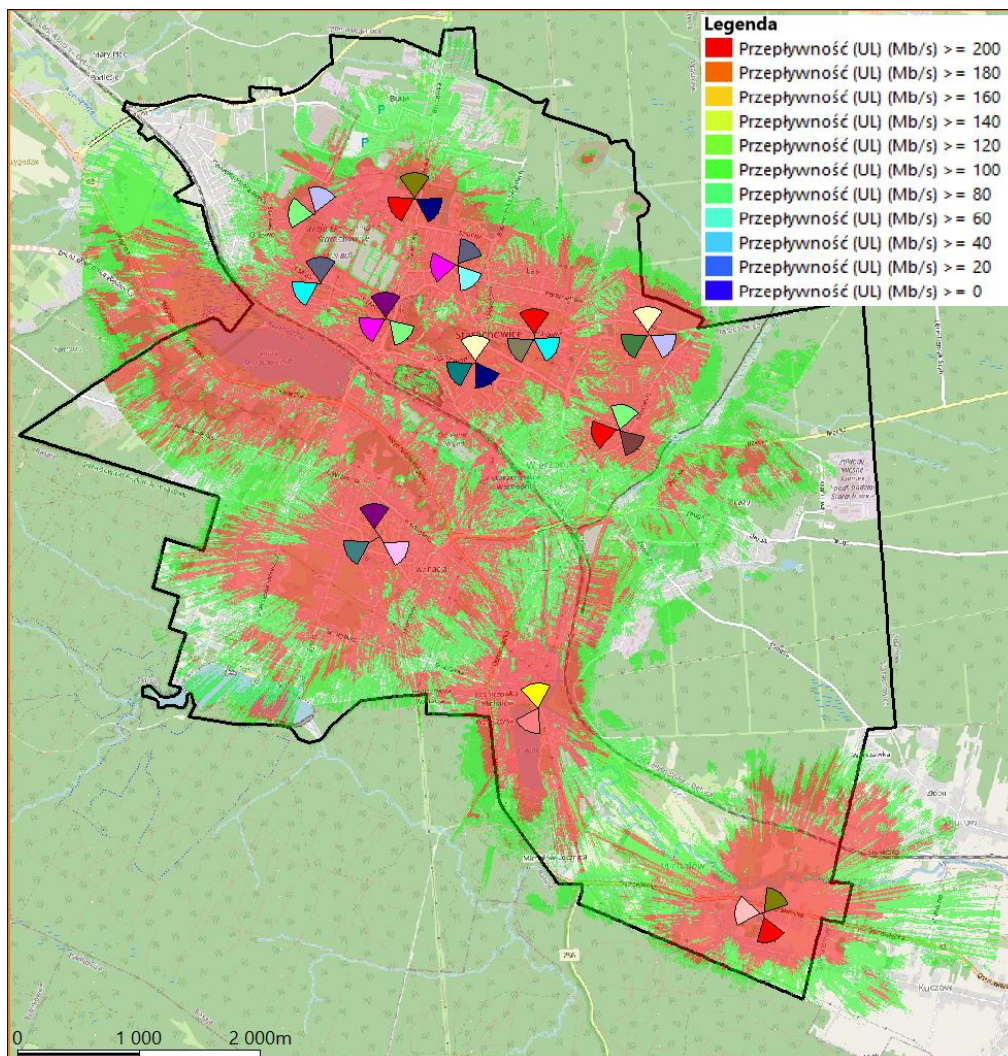
Rysunek 42. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 1 (moc nadajnika urządzenia końcowego 23 dBm, wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 43 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 3 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 43. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 2 (moc nadajnika urządzenia końcowego 26 dBm, wysokość anteny odbiorczej 3 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

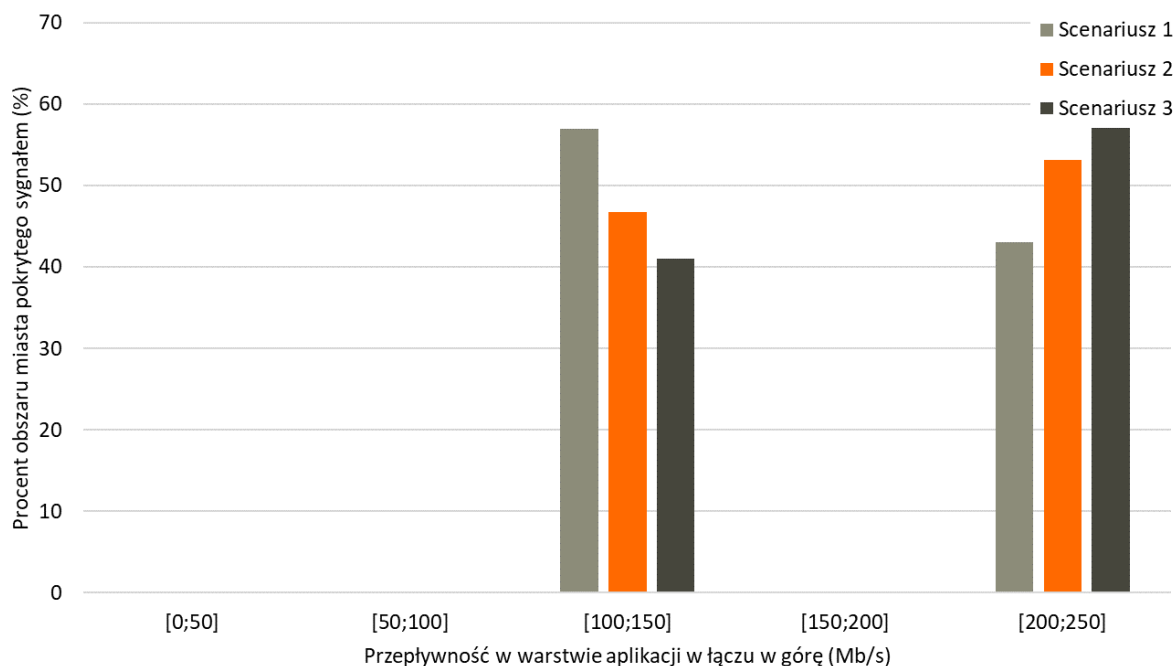
Rysunek 44 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 4,5 dBi.



Rysunek 44. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 3 (moc nadajnika urządzenia końcowego 26 dBm, wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 4,5 dBi)

Średnia przepływność w warstwie aplikacji w łączu w górę, w warstwie aplikacji wyniosła w:

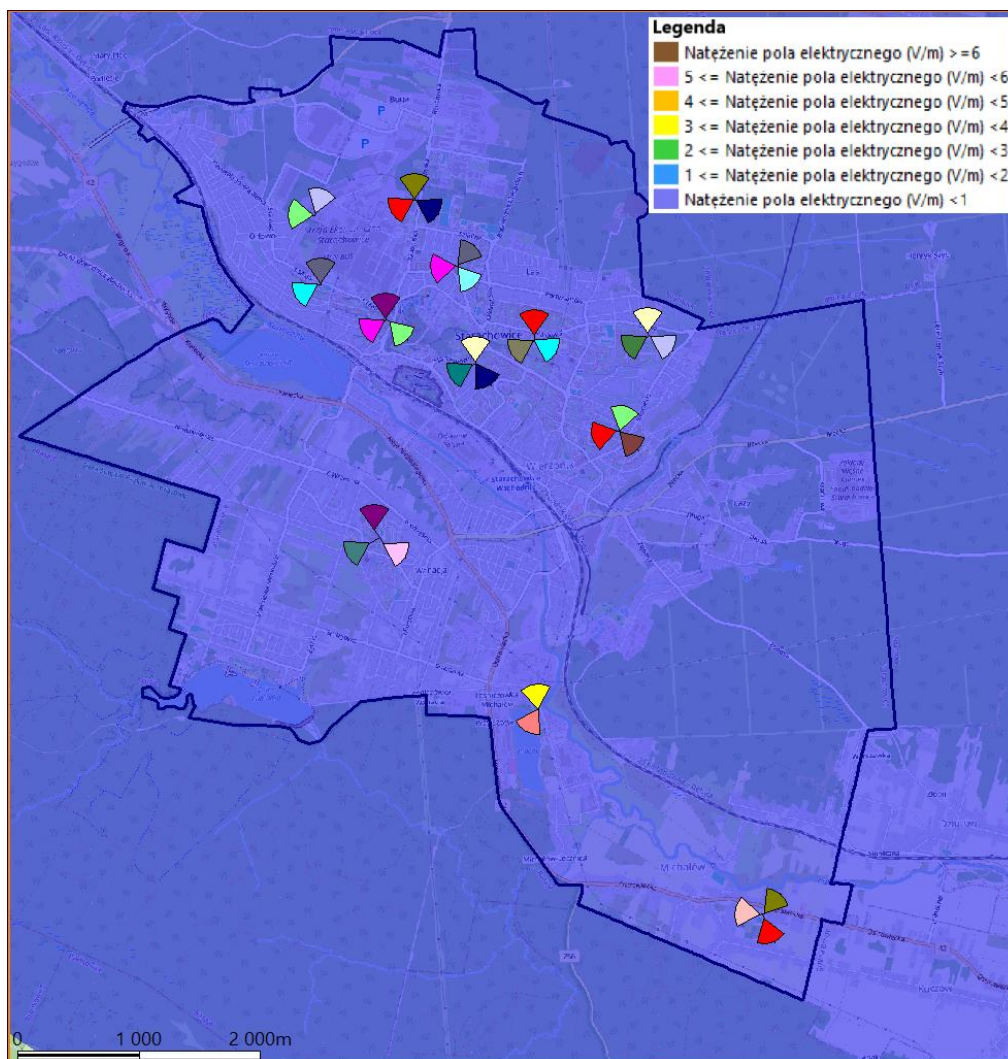
- scenariuszu 1: 174,45 Mb/s,
- scenariuszu 2: 190,98 Mb/s,
- scenariuszu 3: 199,6 Mb/s.



Rysunek 45. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta przepływnością w łączu w górę, w warstwie aplikacji

7.2.5. Analiza natężenia pola elektrycznego (analiza PEM)

W ramach prac związanych z planowaniem zasięgu sieci wykonano także ocenę wpływu sieci na ludzi, tj. przeprowadzono analizę sumarycznego natężenia pola elektrycznego. Analizy przeprowadzono na wysokościach 1,5, 3 oraz 5 m n.p.t. We wszystkich przypadkach wyniki były zbieżne i wskazywały natężenie pola elektrycznego od sieci na poziomie poniżej 1 V/m. Oznacza to, że sieć nie wpływa znacząco na okoliczne środowisko elektromagnetyczne i nie oczekuje się problemów związanych z przekroczeniem określonych rozporządzeniem limitów natężenia pola elektrycznego od stacji bazowych telefonii komórkowej.



Rysunek 46. Sumaryczne natężenie pola elektrycznego od projektowanej sieci

7.3. Planowanie zasięgu sieci – Władysławowo

Władysławowo jest turystyczną miejscowością położoną nad Morzem Bałtyckim. Jest to stosunkowo duże miasto, które poza sezonem turystycznym zamieszkiwane jest przez około 9 tys. stałych mieszkańców. W sezonie letnim jednak liczba osób przebywająca w mieście gwałtownie rośnie i w szczycie sezonu turystycznego (w lipcu i sierpniu 2023 r.) we Władysławowie 117 tys. turystów korzystało z noclegów, wg danych GUS⁴⁸. Ponadto Władysławowo położone jest w miejscu, gdzie przebiega połączenie drogowe i kolejowe do innego popularnego ośrodka wypoczynkowego – półwyspu Helskiego, w związku z tym generuje to dodatkowy ruch turystyczny, który nie jest ujęty w statystyce. Władysławowo znajduje się w czołówce nadmorskich miast będących celem turystów z Polski i z zagranicy na wypoczynek w trakcie sezonu letniego. W trakcie sezonu letniego miasto może zmagać się z szeregiem problemów związanych ze wzrostem liczby turystów oraz intensywnym użytkowaniem

⁴⁸ Turystyczne obiekty noclegowe na obszarach nadmorskich w lipcu i sierpniu 2023r., GUS, 16.11.2023r., <https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5494/12/7/1/turystyczne+obiekty+noclegowe+na+obszarach+nadmorskich+w+lipcu+i+sierpniu+2023+r..pdf> (dostęp: 20.12.2024)

infrastruktury. Automatyzacja procesów i integracja w mieście może znacząco zmniejszyć koszty ponoszone co roku w związku ze wzmożonym ruchem turystycznym, a także podnieść bezpieczeństwo i komfort turystów.

7.3.1. Założenia planistyczne

Ze względu na możliwość realizacji różnorodnych scenariuszy, także stacjonarnego dostępu bezprzewodowego (FWA) planowanie radiowe zostało wykonane w trzech scenariuszach, uwzględniając różne wysokości zawieszenia urządzenia końcowego sieci nad poziomem terenu oraz różnego rodzaju urządzenia końcowe.

- Scenariusz 1 zakłada wykorzystanie urządzeń końcowych na wysokości 1,5 m n.p.t., mocy nadajnika 23 dBm, przy czym urządzenia te wyposażone są w anteny o charakterystyce promieniowania dookólnej i o maksymalnym zysku energetycznym 0 dBi. Konfiguracja ta jest typowa dla urządzeń mobilnych.
- W scenariuszu 2 anteny urządzeń zostały wyniesione na 5 m n.p.t., co reprezentuje przypadek umieszczenia anteny urządzenia np. na słupach sygnalizacji miejskiej. Zwiększono także maksymalną moc nadajnika do 26 dBm – wartość typową dla m.in. modemów 5G. Przyjęto, że urządzenie będzie wyposażone w antenę kierunkową o charakterystyce promieniowania przedstawionej na rysunku 48 i o zysku energetycznym 16,4 dBi.
- W scenariuszu 3 urządzenia końcowe zostały wyniesione na wysokość dachu budynku, tj. 10 m n.p.t. i wyposażone w antenę kierunkową o charakterystyce promieniowania przedstawionej na rysunku 48 i o zysku energetycznym 16,4 dBi. Moc nadajnika terminala końcowego jest równa 26 dBm.

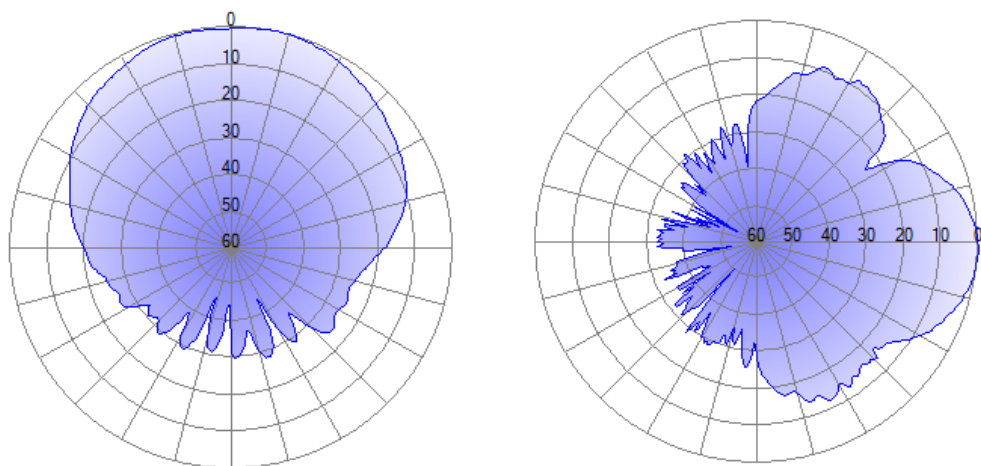
Miasto Władysławowo nie było związane z Instytutem Łączności – PIB porozumieniem dotyczącym współpracy podczas powstawania niniejszego raportu, stąd wszystkie rozważane lokalizacje i scenariusze mają charakter teoretyczny. Liczba stacji bazowych została zoptymalizowana pod kątem scenariusza 1, natomiast scenariusze 2 i 3 prezentują możliwości pokrycia zasięgiem sieci przy zastosowaniu odbiornika FWA.

Tabela 8. Założenia planistyczne przyjęte w projektowaniu sieci 5G dla Władystawowa

Parametr	Wartość
Model propagacyjny	Aster
Wykorzystane mapy	mapa wysokości terenu, mapa wysokości zabudowy terenu, mapa klas zabudowy terenu
Rozdzielczość obliczeń	5 m
Pasma	n77
Częstotliwość środkowa kanału	3 850 MHz
Szerokość kanału	100 MHz
Agregacja kanałów	nie występuje
Maksymalna moc EIRP w kanale	49 dBm
Numerologia	30 kHz
Preambuła	B4
Podział ramki	DL 80%, UL 20%
Obciążenie sieci	DL 30%, UL 30%
Minimalny wymagany poziom SS-RSRP	-120 dBm
Maksymalna wysokość anteny stacji bazowej	20 m n.p.t.
Zysk energetyczny anteny stacji bazowej w kierunku maksymalnego promieniowania	10,5 dBi
Tłumienie ciała ludzkiego	0 dB
Współczynnik częściowego sterowania mocą (Fractional Power Control, FPC)	0,8
MIMO	DL 4x4, UL 2x2
Modulacja zapewniająca najwyższą przepływność	DL 256-QAM, UL 256-QAM
Obliczona teoretyczna maksymalna przepływność łącza w dół (DL) ⁴⁹	2 Gb/s
Obliczona teoretyczna maksymalna przepływność łącza w górę (UL) ⁵⁰	250 Mb/s

⁴⁹ ETSI TS 138 306, 5G; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (3GPP TS 38.306 version 18.3.0 Release 18), https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138306/18.03.00_60/ts_138306v180300p.pdf (dostęp: 29.12.2024)

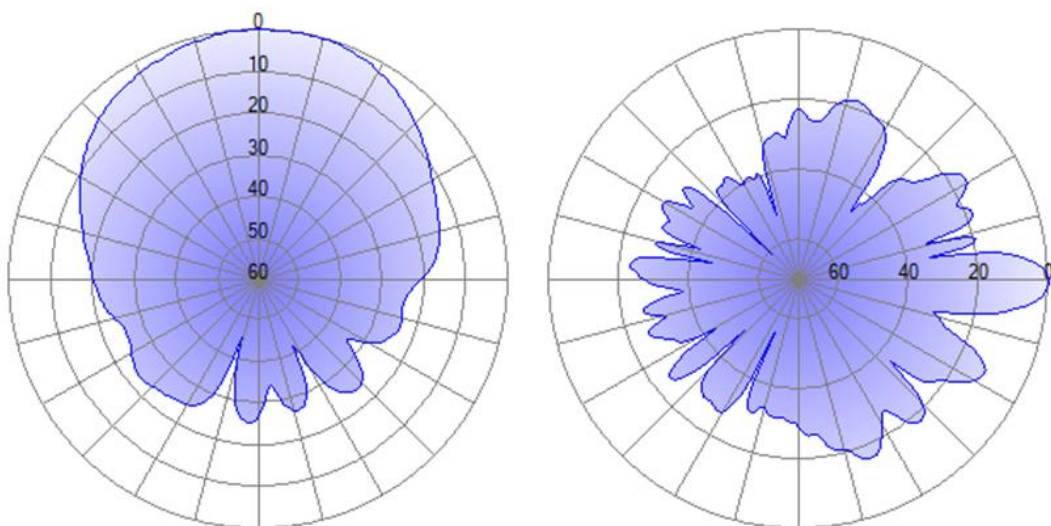
⁵⁰ ETSI TS 138 306, 5G; NR; User Equipment (UE) radio access capabilities (3GPP TS 38.306 version 18.3.0 Release 18), https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138300_138399/138306/18.03.00_60/ts_138306v180300p.pdf (dostęp: 29.12.2024)



Rysunek 47. Charakterystyka promieniowania anteny stacji bazowej, tłumienie wyrażone jest w dB (po lewej – charakterystyka pozioma, po prawej – charakterystyka pionowa)

Tabela 9. Parametry terminala końcowego w scenariuszach dla Władysławowa

Parametr	Wartość
Maksymalna moc nadajnika (antena na wysokości 1,5 m n.p.t.)	23 dBm
Maksymalna moc nadajnika (antena na wysokości 5 i 10 m n.p.t.)	26 dBm
Maksymalny zysk energetyczny anteny (antena na wysokości 1,5 m n.p.t.)	0 dBi
Maksymalny zysk energetyczny anteny (antena na wysokości 5 i 10 m n.p.t.)	16,4 dBi

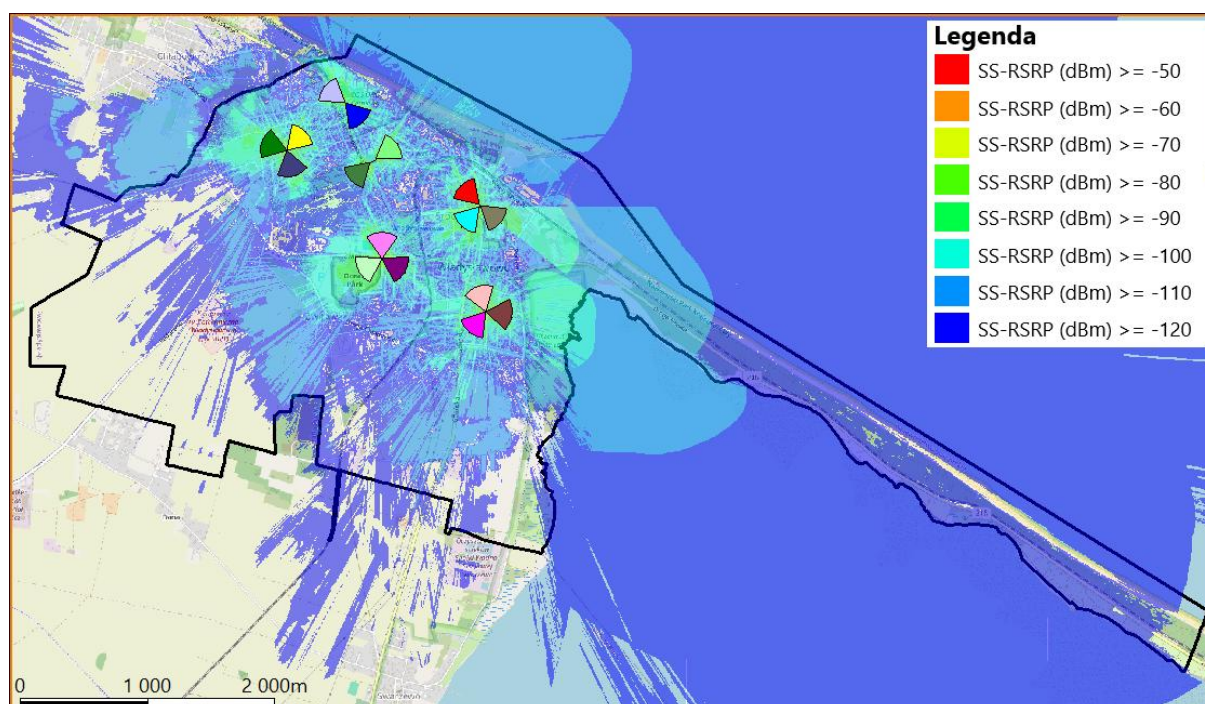


Rysunek 48. Charakterystyka promieniowania anteny terminala końcowego dla scenariuszy 2 i 3, tłumienie wyrażone jest w dB (po lewej – charakterystyka pozioma, po prawej – charakterystyka pionowa)

7.3.2. Planowanie pokrycia zasięgiem sieci

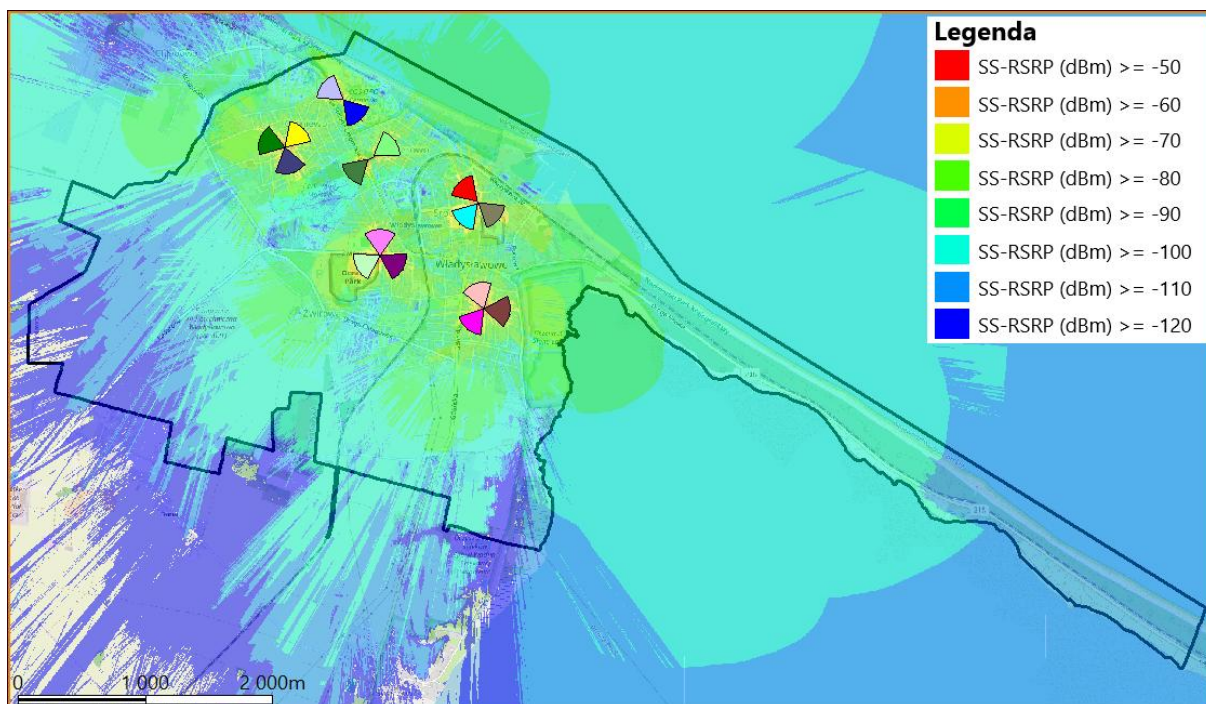
Pierwszym etapem planowania jest wykonanie map szacowanego poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego (Secondary Synchronization signal Reference Signal Received power, SS-RSRP). Sygnały synchronizacyjne są podstawą do oszacowania pokrycia siecią danego obszaru, ponieważ dzięki nim terminal końcowy może zsynchronizować się z siecią i rozpocząć procedurę dostępu do kanału.

Rysunek 49 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



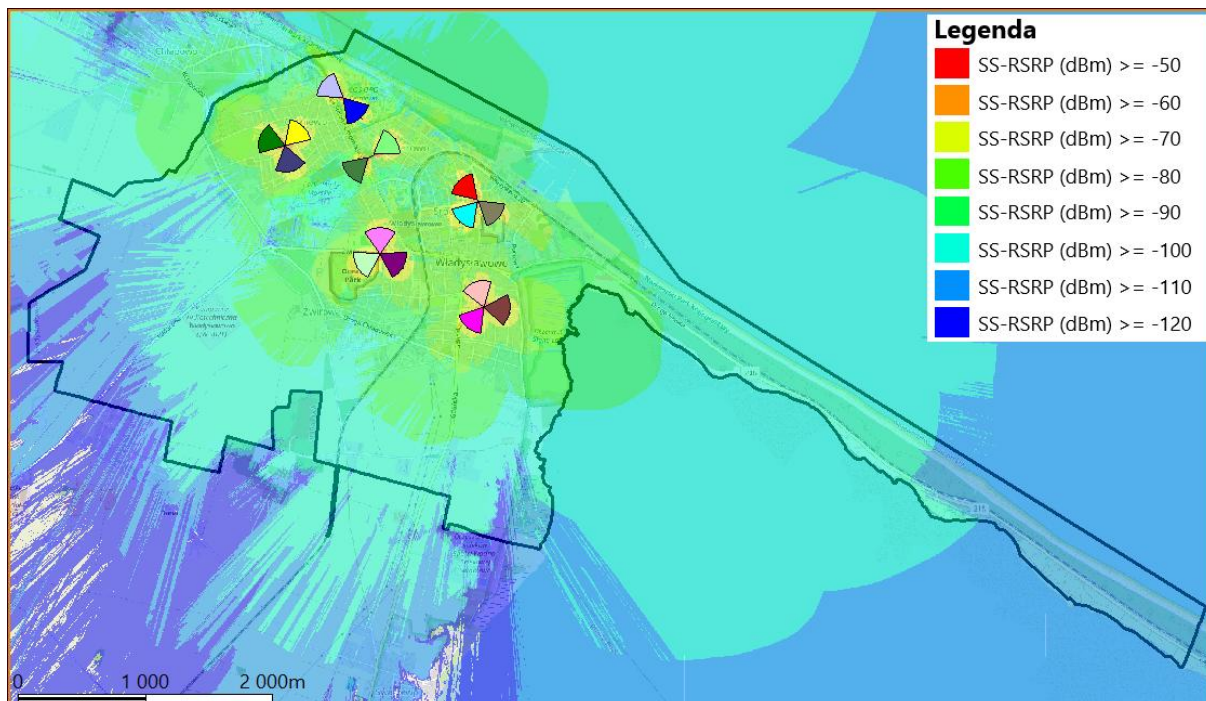
Rysunek 49. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 1 (wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 50 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 16,4 dBi.



Rysunek 50. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 2 (wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 16,4 dBi)

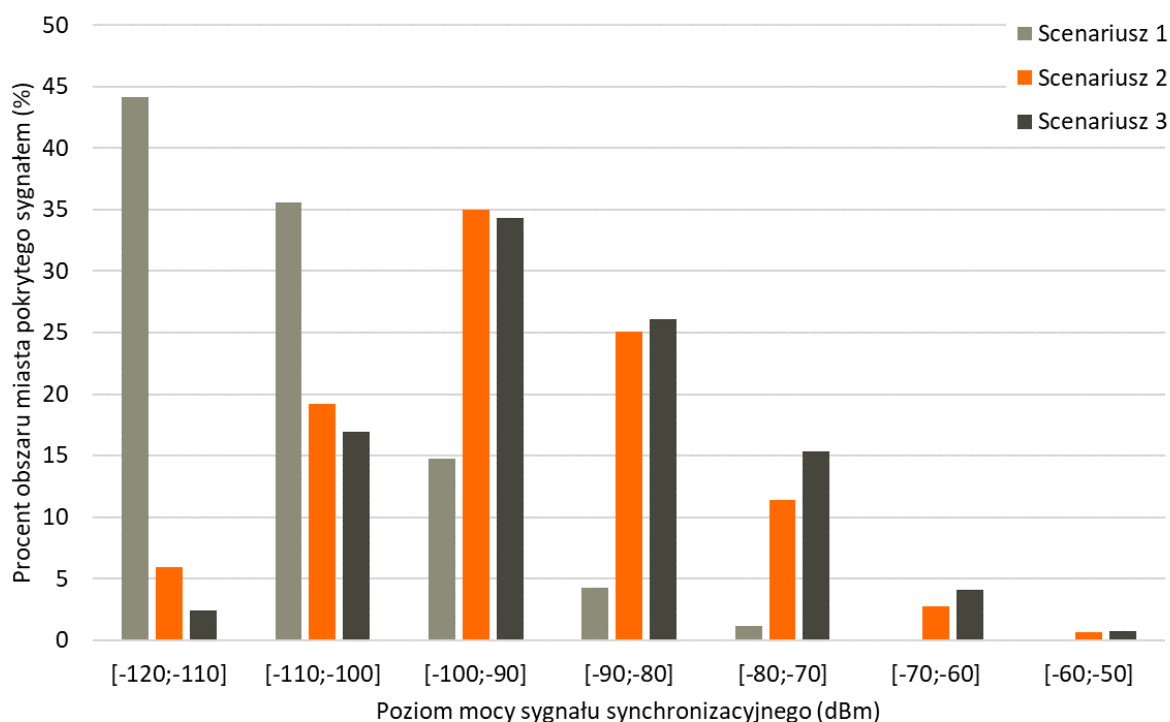
Rysunek 51 przedstawia szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 10 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 16,4 dBi.



Rysunek 51. Szacowany poziom mocy sygnału synchronizacyjnego (SS-RSRP) – scenariusz 3 (wysokość anteny odbiorczej 10 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 16,4 dBi)

Średnia wartość poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego wyniosła w:

- scenariuszu 1: -92,35 dBm,
- scenariuszu 2: -74,95 dBm,
- scenariuszu 3: -72,09 dBm.



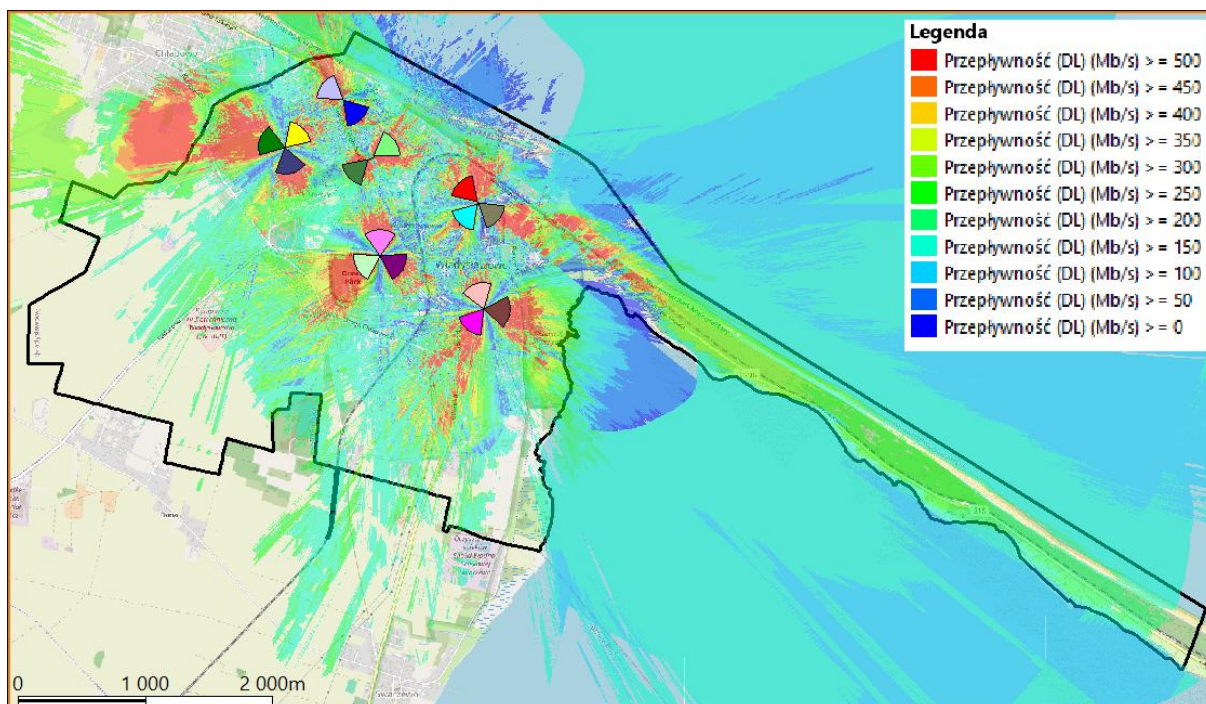
Rysunek 52. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta sygnałem synchronizacyjnym

7.3.3. Planowanie pojemności sieci – łącze w dół

Po oszacowaniu poziomu mocy sygnału synchronizacyjnego na obszarze miasta, wykonano analizę pojemności sieci i maksymalnych przepływności w łączu w dół (DL) i w łączu w górę (UL). Szacowanie odbywało się przy założeniach przedstawionych w tabeli 4, tj. obciążenie sieci na poziomie 30% DL i 30% UL oraz w trzech, wcześniej omówionych scenariuszach. Ze względu na teoretyczny charakter symulacji, nie wskazano konkretnej liczby i lokalizacji urządzeń końcowych, jakie chciałoby w sieci uruchomić, stąd przyjęte wartości są wartościami szacunkowymi i z założenia powinny odzwierciedlać przeciętne wykorzystanie sieci. Rzeczywisty wzrost obciążenia sieci będzie miał wpływ na zmianę dostępnej przepływności dla użytkownika ze względu na wzrost wykorzystania zasobów (slotów) oraz wzrost zakłóceń wewnętrznych. Szacowane przepływności dla łącza w górę i dla łącza w dół przedstawione są dla warstwy aplikacji, oznacza to, że są to wartości netto – bez narzutów związanych z kodowaniem, adresacją czy redundancją.

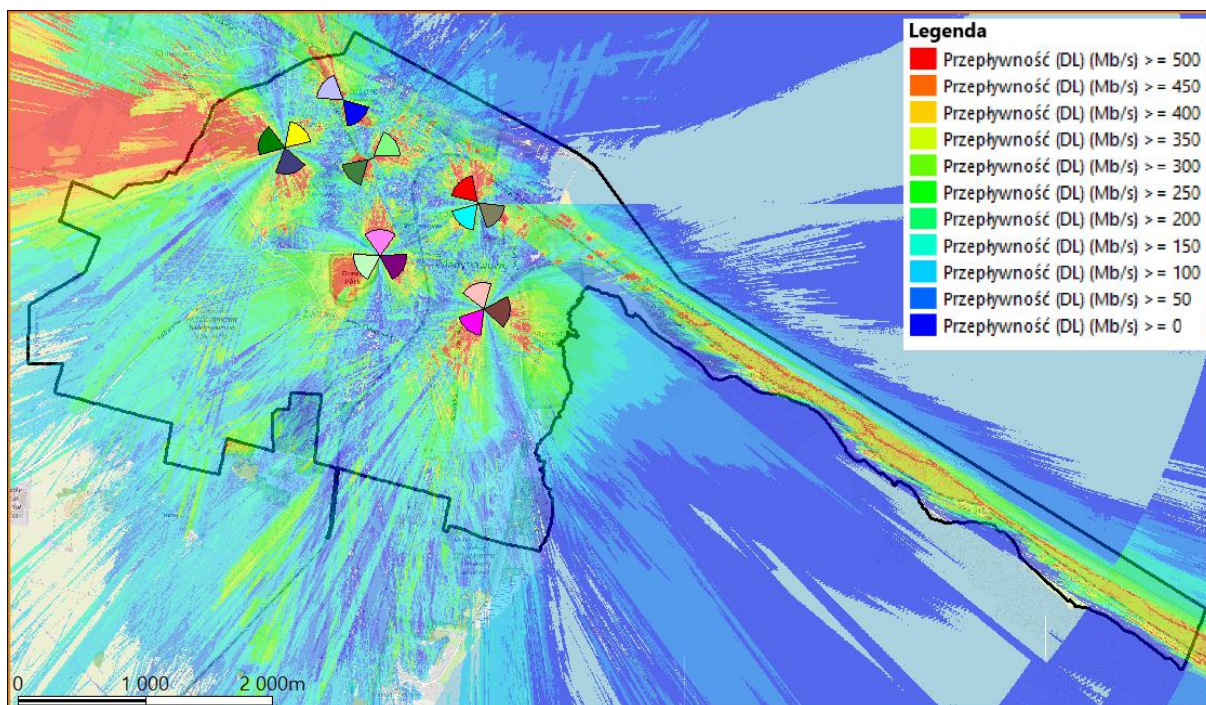
Rysunek 53 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm,

wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



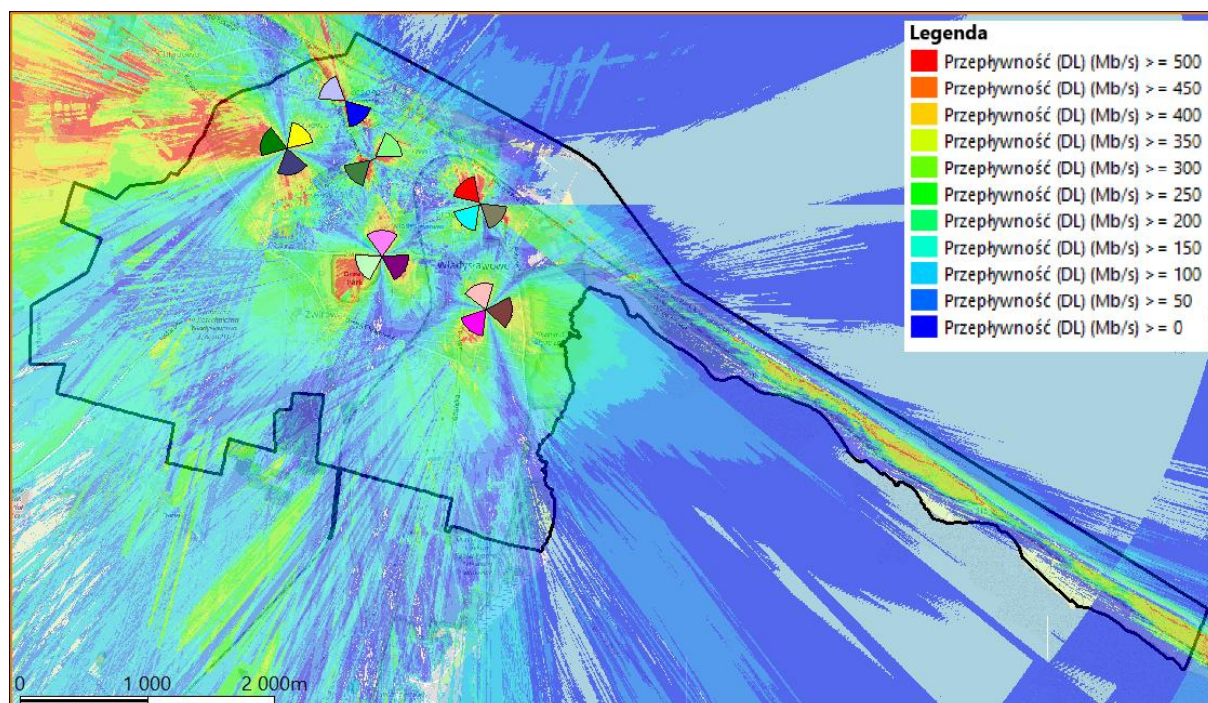
Rysunek 53. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 1 (wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 54 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 16,4 dBi.



Rysunek 54. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 2 (wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 16,4 dBi)

Rysunek 55 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 10 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 16,4 dBi.

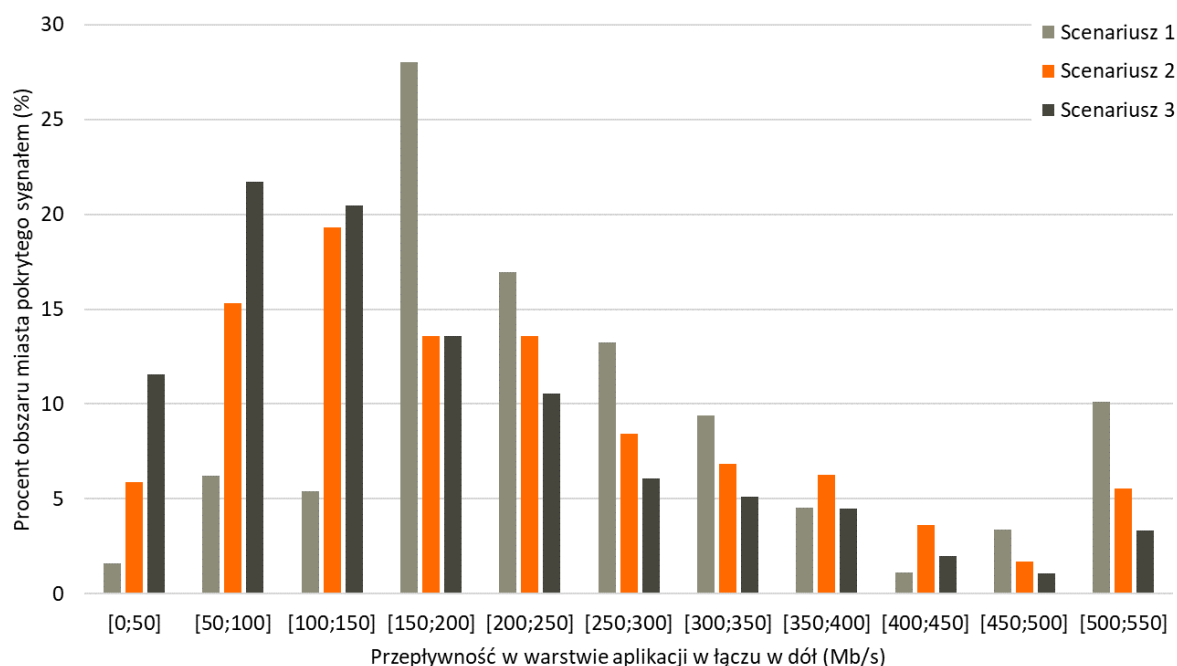


Rysunek 55. Szacowana przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji – scenariusz 3 (wysokość anteny odbiorczej 10 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 16,4 dBi)

Średnia przepływność w warstwie aplikacji w łączu w dół, w warstwie aplikacji wyniosła w:

- scenariuszu 1: 280,90 Mb/s,
- scenariuszu 2: 217,39 Mb/s,
- scenariuszu 3: 178,60 Mb/s.

Efekt obniżenia średniej wartości przepływności w scenariuszu 2 i 3 względem scenariusza 1 (obserwowany również na rysunku 56) jest efektem pozornym, wynikającym ze zwiększenia zasięgu (rozmiaru) sieci przez wyniesienie terminala wyżej ponad poziom terenu i poprawę warunków propagacyjnych. Tym samym tworzy się większy obszar brzegu sieci, gdzie przepływność jest stosunkowo niska, a przepływność w odległościach bliskich stacji bazowej, gdzie jakość sygnału była już wystarczająco dobra, nie wzrasta w sposób istotny.

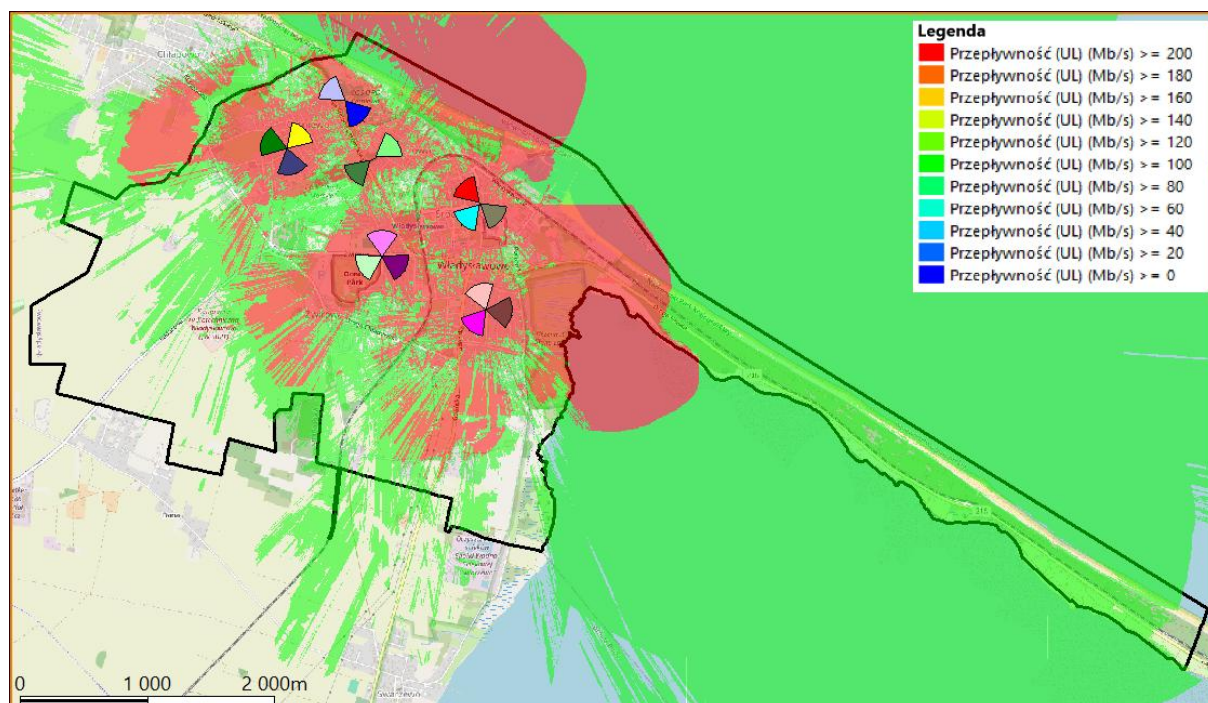


Rysunek 56. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta przepływnością w łączu w dół, w warstwie aplikacji

7.3.4. Planowanie pojemności sieci – łącze w górę

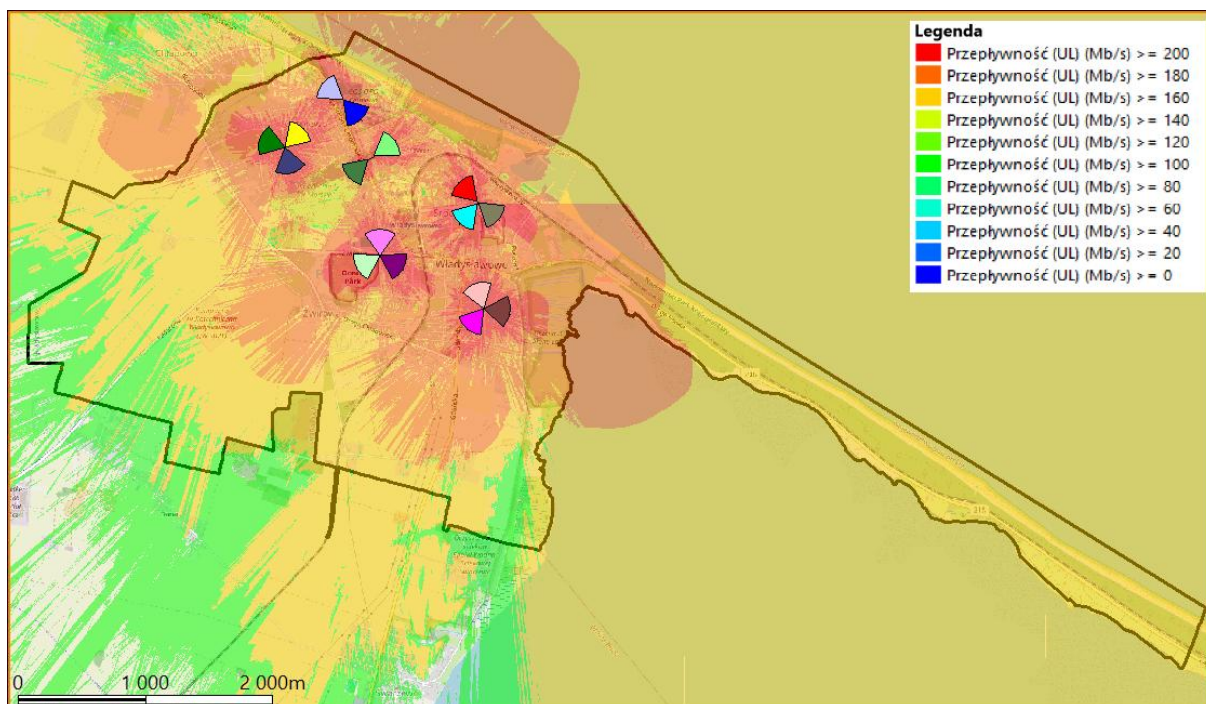
Na rysunkach 57 – 59 przedstawiono oszacowane wartości przepływności w łączu w górę, w warstwie aplikacji (wartości netto – bez narzutów związanych z kodowaniem, adresacją czy redundancją). Ze względu na teoretyczny charakter scenariusza, nie wskazano konkretnej liczby i lokalizacji urządzeń końcowych, jakie miałyby zostać uruchomione w sieci, stąd przyjęte wartości są wartościami szacunkowymi i z założenia powinny odzwierciedlać przeciętne wykorzystanie sieci.

Rysunek 57 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 1, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 23 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 0 dBi.



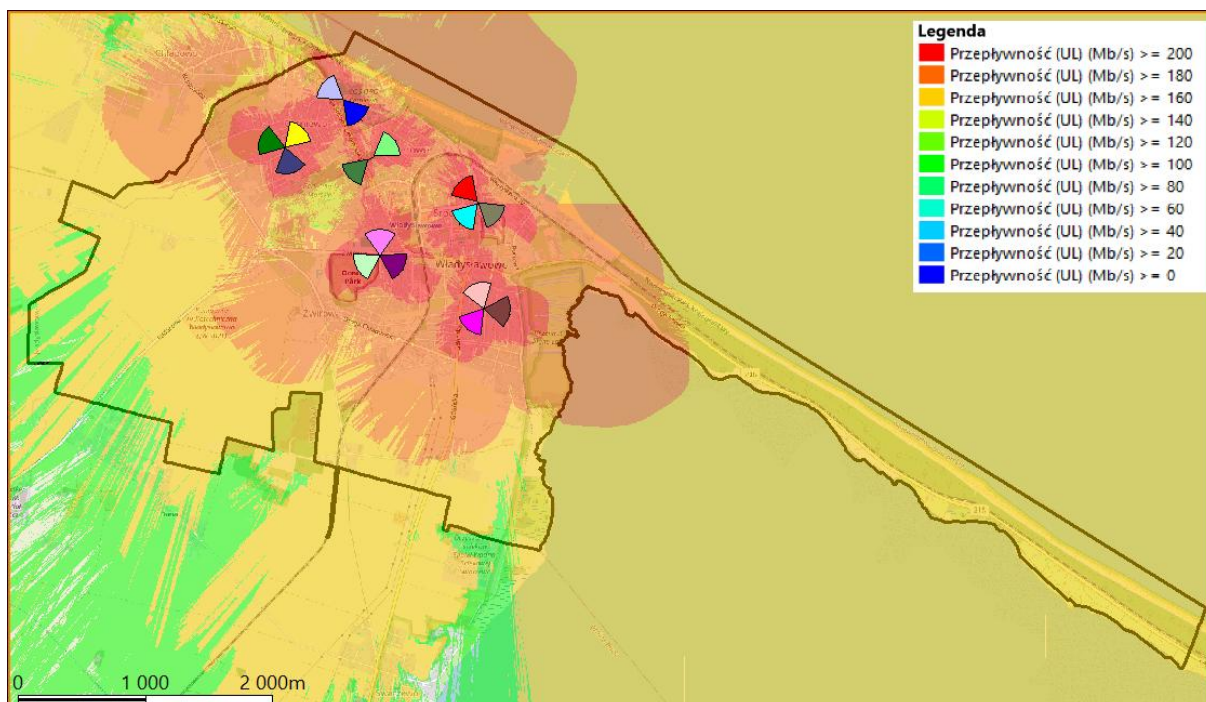
Rysunek 57. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 1 (moc nadajnika urządzenia końcowego 23 dBm, wysokość anteny odbiorczej 1,5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 0 dBi)

Rysunek 58 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 2, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 5 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 16,4 dBi.



Rysunek 58. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 2 (moc nadajnika urządzenia końcowego 26 dBm, wysokość anteny odbiorczej 5 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 16,4 dBi)

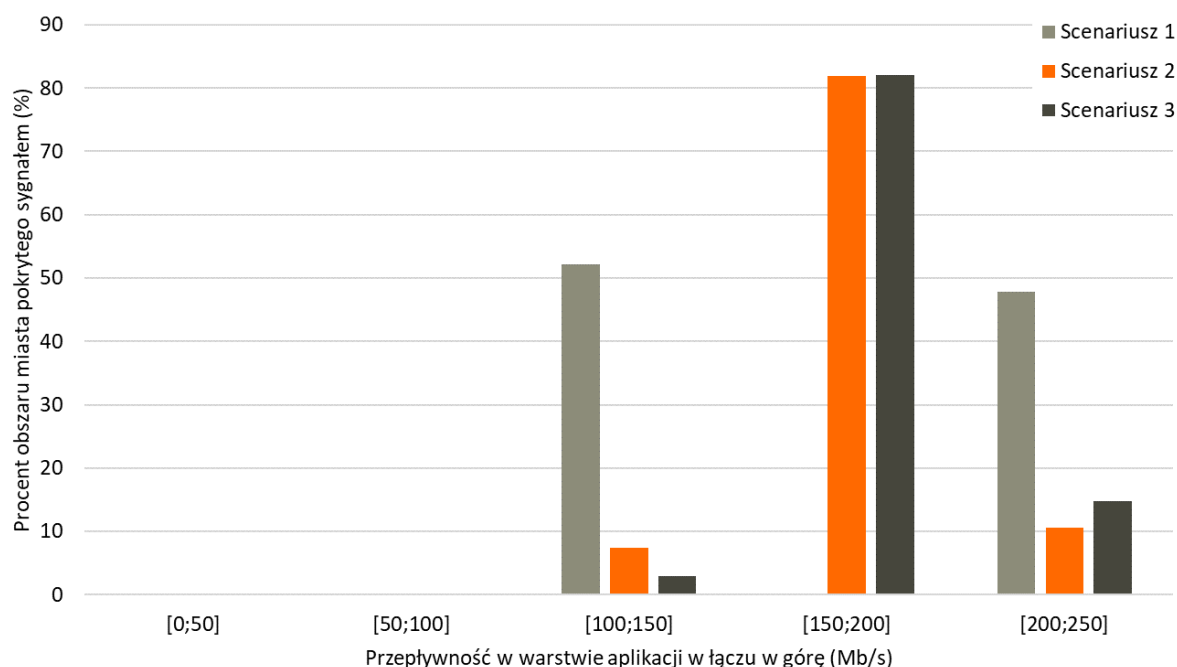
Rysunek 59 przedstawia szacowaną przepływność w łączu w dół, w warstwie aplikacji, w scenariuszu 3, tj. dla urządzenia końcowego o maksymalnej mocy nadajnika równej 26 dBm, wysokości zawieszenia anteny odbiorczej 10 m n.p.t. i zysku energetycznym anteny równym 16,4 dBi.



Rysunek 59. Szacowana przepływność w łączu w górę, w warstwie aplikacji – scenariusz 3 (moc nadajnika urządzenia końcowego 26 dBm, wysokość anteny odbiorczej 10 m n.p.t., zysk energetyczny anteny 16,4 dBi)

Średnia przepływność w warstwie aplikacji w łączu w górę, w warstwie aplikacji wyniosła w:

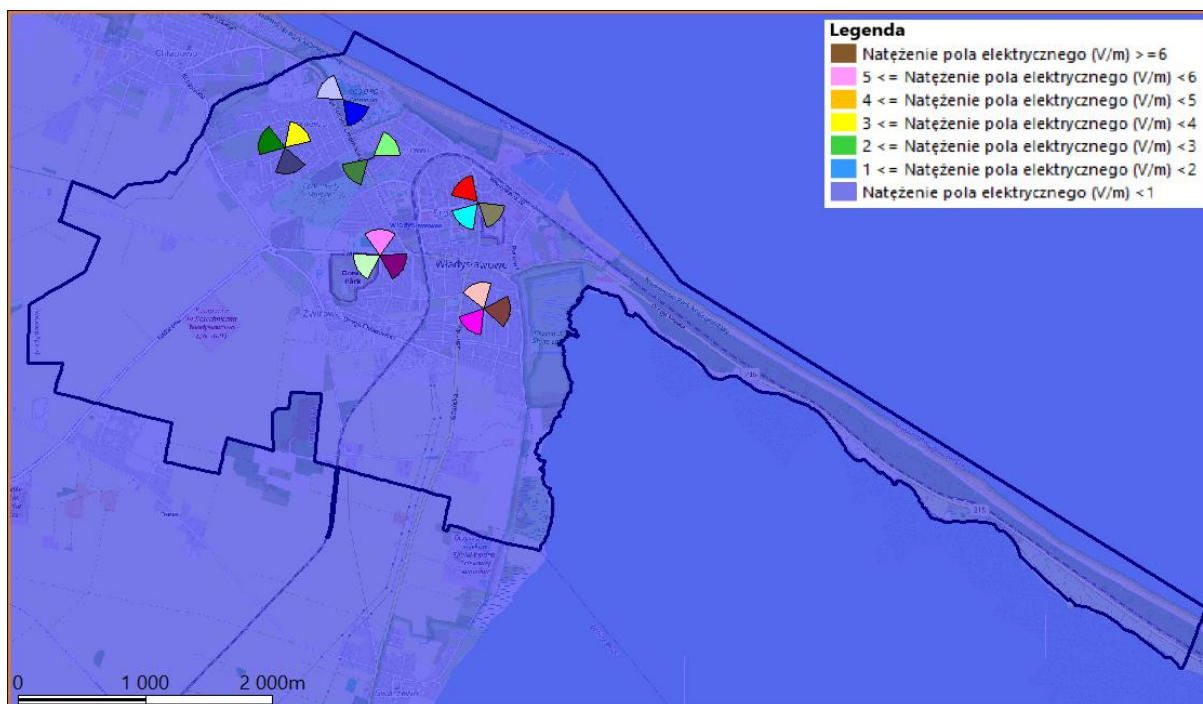
- scenariuszu 1: 180,95 Mb/s,
- scenariuszu 2: 176,73 Mb/s,
- scenariuszu 3: 181,63 Mb/s.



Rysunek 60. Histogram przedstawiający procentowe pokrycie obszaru miasta przepływnością w łączu w górę, w warstwie aplikacji

7.3.5. Analiza natężenia pola elektrycznego (analiza PEM)

W ramach prac związanych z planowaniem zasięgu sieci wykonano także ocenę wpływu sieci na ludzi, tj. przeprowadzono analizę sumarycznego natężenia pola elektrycznego. Analizy przeprowadzono na wysokościach 1,5, 5 oraz 10 m n.p.t. We wszystkich przypadkach wyniki były zbieżne i wskazywały natężenie pola elektrycznego od sieci na poziomie poniżej 1 V/m. Oznacza to, że sieć nie wpływa znacząco na okoliczne środowisko elektromagnetyczne i nie oczekuje się problemów związanych z przekroczeniem określonych rozporządzeniem limitów natężenia pola elektrycznego od stacji bazowych telefonii komórkowej.



Rysunek 61. Sumaryczne natężenie pola elektrycznego od projektowanej sieci

8. Szacowanie kosztów

W rozdziale przedstawiono szacunkową wycenę kosztów wdrożenia prywatnej sieci 5G dla jednostek samorządu terytorialnego, która została sporządzona przez krajowego integratora sieci 5G, współpracującego z jednym ze światowych liderów w zakresie urządzeń sieci 5G. Uwzględniono dwa warianty wdrożeniowe. Pierwszy z nich dotyczy dedykowanej infrastruktury własnej, zapewniającej pełną kontrolę nad infrastrukturą, jest w całości własnością podmiotu, który realizuje wdrożenie sieci i sieć jest w pełni zarządzana przez właściciela. Tego typu rozwiązanie umożliwia dostosowanie poszczególnych elementów sieci do wymagań technicznych i operacyjnych JST. Rozwiązanie to oferuje wysoką elastyczność, bezpieczeństwo oraz wydajność, co sprawia, że jest szczególnie odpowiednie dla zaawansowanych zastosowań, takich jak inteligentne miasta, Internet rzeczy czy łączność z infrastrukturą krytyczną, lecz pociąga za sobą konieczność przeznaczenia na rozwinięcie sieci dość dużych kosztów początkowych. Koszty te maleją podczas normalnej eksploatacji sieci. W tym przypadku jest możliwe pokrycie zarówno małych obszarów, takich jak 5 km², jak i dużych terenów, do 130 km², z możliwością integracji z dedykowanymi usługami sieciowymi. Z kolei drugie rozwiązanie to rozwiązanie gotowe do użycia (Plug & Play), oferowane jako usługa dostarczania usług prywatnej sieci 5G w modelu abonamentowym, który umożliwia szybkie wdrożenie sieci 5G przy minimalnych kosztach początkowych. Dzięki temu może być atrakcyjny dla małych i średnich sieci, gdzie kluczowe jest szybkie ich uruchomienie oraz ograniczenie wstępnych kosztów. Natomiast w tym przypadku należy się liczyć z dość dużymi kosztami użytkowania takiej sieci podczas normalnej eksploatacji. Wyceniane warianty zakładają wykorzystanie pakietu wdrożeniowego średniej sieci, który zakłada ograniczenie liczby aktywnych użytkowników do 2000 i uruchomienie do 50 stacji bazowych. Jego ograniczeniem jest jednak mniejsza

elastyczność w dostosowywaniu sieci do specyficznych potrzeb użytkownika, natomiast wszelkie zmiany wprowadzane są przez dostawcę sprzętu na żądanie subskrybenta (JST). Obie opcje różnią się architekturą, zakresem odpowiedzialności JST oraz kosztami, co pozwala na dostosowanie rozwiązania do specyficznych potrzeb jednostki.

- Wycena dotyczy pięciu wariantów w zależności od wielkości pokrywanego obszaru zasięgiem sieci, zgodnie z poniższymi tabelami:
- Tabela 10 – wdrożenie w modelu klasycznym (zakup sprzętu),
- Tabela 11 – wdrożenie w modelu subskrypcji sieci (Plug & Play).

Tabela 10. Szacowana wycena klasycznego wdrożenia prywatnej sieci 5G w trzech wariantach

Szacowana powierzchnia pokryta sygnałem	Konfiguracja sieci	Całkowity koszt (PLN netto) ⁵¹
5 km ²	Sieć szkieletowa	
	1 stacja bazowa skupiona, 3 sektory	
	2 stacje bazowe rozproszone, każda po 2 sektory	
	3 stacje bazowe rozproszone, każda po 3 sektory	
	Projekt sieci radiowej	
	Wdrożenie sieci przez integratora	
	Serwis przez okres 3 lat	
	Podsumowanie – wariant 1 (wdrożenie klasyczne)	4 000 000
25 km ²	Sieć szkieletowa	
	5 stacji bazowych skupionych, każda po 3 sektory	
	10 stacji bazowych rozproszonych, każda po 2 sektory	
	15 stacji bazowych rozproszonych, każda po 3 sektory	
	Projekt sieci radiowej	
	Wdrożenie sieci przez integratora	
	Serwis przez okres 3 lat	
	Podsumowanie – wariant 2 (wdrożenie klasyczne)	13 800 000
130 km ²	Sieć szkieletowa	
	26 stacji bazowych skupionych, każda po 3 sektory	
	52 stacje bazowe rozproszone, każda po 2 sektory	
	78 stacji bazowych rozproszonych, każda po 3 sektory	
	Projekt sieci radiowej	
	System zarządzania siecią	
	Wdrożenie sieci przez integratora	
	Serwis przez okres 3 lat	
	Podsumowanie – wariant 3 (wdrożenie klasyczne)	66 500 000

⁵¹ Ceny oszacowano przy kursie 1 EUR = 4,30 PLN

Tabela 11. Szacowana wycena wdrożenia Plug & Play prywatnej sieci 5G w dwóch wariantach

Szacowana powierzchnia pokrycia sygnałem	Konfiguracja sieci	Całkowity koszt (PLN netto) ⁵²
5 km ²	6 stacji bazowych	3 900 000
	Okres subskrypcji – 3 lata, płatności dzielone	
	Podsumowanie – wariant 4	
25 km ²	30 stacji bazowych	16 500 000
	Okres subskrypcji – 3 lata, płatności dzielone	
	Podsumowanie – wariant 5	

Koszty uwzględniają oszacowane pokrycie usługą transmisji danych obszaru obsługi w postaci płaskiego terenu, bez istniejących przeszkód w postaci wysokich budynków. Przyjęto szerokość pasma kanału radiowego równą 100 MHz, natomiast przy mniejszej szerokości pasma ceny związane ze stacjami bazowymi mogą być niższe, ale wówczas trzeba się liczyć z obniżeniem przepustowości kanału radiowego (pojemności sieci) i związaną z tym możliwością obniżenia jakości transmisji w przypadku zaistnienia dużego natłoku w sieci. Wdrożone rozwiązanie przeznaczone jest wyłącznie do transmisji danych i nie obejmuje rdzenia głosowego (Evolved Voice Core, EVC). Oznacza to, że infrastruktura ta nie obsługuje usług głosowych..

Zakres prac przewidzianych przez integratora sieci obejmuje:

- montaż i instalacja urządzeń aktywnych w szafach telekomunikacyjnych,
- podłączenie najbliższego okablowania w szafie, zarówno światłowodowego, jak i miedzianego,
- doprowadzenie zasilania wewnątrz szafy,
- kompletacja, instalacja i uruchomienie urządzeń aktywnych, takich jak anteny, przełączniki, serwery czy kontrolery sieci,
- konfiguracja urządzeń aktywnych,
- podłączenie anten i ich montaż na zewnątrz jak i wewnątrz budynków lub masztów we wskazanych miejscach i ustawienie ich w odpowiednich płaszczyznach dla optymalizacji zasięgu,
- instalacja i konfiguracja przełączników centralnych i dystrybucyjnych,
- przygotowanie logicznego projektu wdrożenia, obejmującego konfigurację sieci IP, RAN i CORE,
- instalacja i konfiguracja serwerów kontrolerów sieci szkieletowej,
- testy mobilne, w tym pomiary zasięgu, optymalizacja konfiguracji sieci i weryfikacja jej działania,

⁵² Ceny oszacowano przy kursie 1 EUR = 4,30 PLN

- sporządzenie dokumentacji powdrożeniowej zawierającej szczegóły wykonanych prac, konfiguracji oraz wyników testów.

Integrator nie przewiduje:

- wykonania dokumentacji eksploatacyjnej, procedur eksploatacyjnych, stanowiskowych lub serwisowych,
- prac budowlanych związanych z rozprowadzaniem okablowania wewnątrz budynków jak i na zewnątrz budynków.

Przed przystąpieniem do realizacji wdrożenia przez integratora sieci, JST musi poczynić kroki w celu przygotowania wszelkich prac związanych z:

- budowę infrastruktury pasywnej:
 - budowa infrastruktury światłowodowej pomiędzy lokalizacją centralną sieci szkieletowej a punktami dystrybucyjnymi,
 - budowa infrastruktury światłowodowej pomiędzy punktami dystrybucyjnymi a stacjami bazowymi,
 - montaż światłowodów wewnątrz i na zewnątrz budynków pomiędzy stacjami bazowymi a antenami/głowicami instalowanymi na budynkach,
 - przygotowanie tras kablowych, w tym kopanie, wciąganie oraz układanie traktów kablowych,
 - instalacja pasywnego okablowania w szafach telekomunikacyjnych oraz panelach światłowodowych,
- budowę i montażem konstrukcji nośnych:
 - wznoszenie masztów antenowych oraz elementów montażowych do anten,
 - instalacja grup anten na elewacjach budynków lub innych konstrukcjach nośnych,
- zapewnieniem zasilania:
 - doprowadzenie zasilania do szaf telekomunikacyjnych oraz do anten zamontowanych na masztach bądź elewacjach budynków.

W cenie został ujęty serwis:

- zdalne wsparcie techniczne 8x5 – to dostęp do pomocy technicznej przez 8 godzin dziennie, 5 dni w tygodniu, wsparcie zdalne pozwala na rozwiązywanie problemów związanych z konfiguracją i działaniem urządzeń lub optymalizacją sieci bez konieczności wizyty serwisanta na miejscu,
- serwis w przypadku awarii 8x5xNBD – w przypadku awarii serwis 8x5xNBD zapewnia reakcję w modelu następny dzień roboczy (Next Business Day, NBD), co oznacza, że urządzenie zastępcze zostanie dostarczone i zamontowane w lokalizacji awarii w następnym dniu roboczym, usługa obejmuje również instalację oraz wymianę uszkodzonych lub niesprawnych urządzeń, gwarantując minimalizację przestojów w działaniu sieci.

Realizacja serwisu wymaga wcześniejszego ustalenia warunków technicznych dostępu do aktywnych urządzeń zamontowanych na dachach, masztach lub elewacjach budynków. JST musi zapewnić odpowiednie warunki techniczne i dostęp dla serwisantów wykonujących prace na miejscu instalacji.

Do kosztów związanych z wdrożeniem sieci prywatnej 5G należy także doliczyć koszt uzyskania pozwoleń i rocznych opłat dla kanału 5G w zakresie częstotliwości 3800-3900 MHz. Koszt pozwolenia radiowego dla każdej stacji bazowej to 82 zł, do tego należy dodać roczne opłaty za wykorzystanie częstotliwości, które przedstawiać się będą następująco dla poniższych miast:

- Krosno – miasto na prawach powiatu, dla szerokości kanału 100 MHz roczny koszt wykorzystania częstotliwości wyniesie 25 tys. zł,
- Starachowice – gmina miejska, dla szerokości kanału 100 MHz roczny koszt wykorzystania częstotliwości wyniesie 12,5 tys. zł,
- Władysławowo – gmina miejsko-wiejska, dla szerokości kanału 100 MHz roczny koszt wykorzystania częstotliwości wyniesie 2,5 tys. zł.

Oprócz kosztów związanych z infrastrukturą, instalacją, konfiguracją i uruchomieniem sieci 5G, istotnym elementem procesu wdrożenia są koszty planowania radiowego. Proces ten obejmuje analizę, projektowanie i optymalizację zasięgu oraz pojemności sieci w celu zapewnienia jej efektywnego działania. Planowanie radiowe może zostać zrealizowane zarówno przez firmę zajmującą się integracją sieci, jak i przez wyspecjalizowaną firmę zewnętrzną, co daje JST możliwość wyboru najlepszego rozwiązania dostosowanego do ich potrzeb i budżetu.

9. Możliwe źródła finansowania dla budowy prywatnych sieci 5G przez samorządy

Jednostki samorządu terytorialnego mogą starać się o różne źródła finansowania przedsięwzięć polegających na budowie, rozbudowie czy planowaniu inwestycji dotyczących sieci prywatnych 5G wykorzystywanych na potrzeby samorządów czy podległych im jednostek. Poniżej wskazano główne programy wsparcia finansowego, które mogą posłużyć jako źródło finansowania tych prac. Wykaz ten jest przykładowy, jednostki samorządowe mogą również starać się o inne typy finansowania, w tym także w ramach własnych budżetów czy współpracy między jednostkami podległymi samorządom i we współpracy z innymi jednostkami samorządowymi czy w ramach regionalnych funduszy rozwoju. Niektóre z typów projektów wymagają odniesienia się do szerszego aspektu niż sama budowa sieci prywatnej służącej zasadniczo do realizacji usług teleinformatycznych, stąd budowa sieci 5G powinna stanowić wówczas jeden z elementów danego wniosku o szerszym charakterze np. dotyczącego realizacji usług publicznych czy realizacji kompleksowych projektów rozwoju miast.

Polsko-Szwajcarski Program Rozwoju Miast⁵³ – program ma na celu podniesienie jakości życia mieszkańców średnich miast w Polsce, co ma skutkować zmniejszeniem różnic społeczno-gospodarczych w naszym kraju. Aby miasto mogło ubiegać się o dofinansowanie, musi być ono zakwalifikowane przez Krajową Strategię Rozwoju Regionalnego do grona 139 miast tracących funkcje społeczno-gospodarcze (aktualny wykaz miast znajduje się na stronie internetowej programu). Miasta takie zostaną objęte zarówno wsparciem finansowym, jak i doradczym. Doradztwem zajmie się Związek Miast Polskich. Obszary wsparcia to m.in. transport publiczny, gospodarka wodno-ściekowa, zarządzanie odpadami, zdrowie i pomoc społeczna, poprawa bezpieczeństwa publicznego i inne. Instytucją, która odpowiada za przygotowanie i wdrażanie programu, jest Minister Funduszy i Polityki Regionalnej. Aplikować mogą miasta zakwalifikowane przez Krajową Strategię Rozwoju Regionalnego. Projekty mogą być realizowane w ramach partnerstwa krajowego pomiędzy Beneficjentem (miastem) a innymi jednostkami samorządu terytorialnego, tj. gminami, powiatami lub ich związkami (mającymi osobowość prawną) tworzącymi z miastem obszar powiązany funkcjonalnie o wspólnych celach społecznych, gospodarczych lub środowiskowych.

Regionalne programy inwestycyjne z funduszy europejskich⁵⁴ (np. Fundusze Europejskie dla Podkarpacia – FEPK, dla Dolnego Śląska – FEDS, itd.) – w ramach programów regionalnych dla poszczególnych wojewódzkich Funduszy Europejskich realizowane są projekty w ramach różnych działań operacyjnych obejmujących Fundusze Europejskie na lata 2021-2027, np. działanie Fundusze Europejskie 1.3. Cyfryzacja usług publicznych, działanie 3.1 Ekotransport miejski i podmiejski – ZIT (Zintegrowane Inwestycje Terytorialne), 3.2 Ekotransport miejski i

⁵³ Polsko-Szwajcarski Program Rozwoju Miast, <https://www.programszwajcarski.gov.pl/strony/zapoznaj-sie-z-funduszami/programy/program-rozwoju-miast/> (dostęp: 27.12.2024)

⁵⁴ Portal Funduszy Europejskich, Fundusze Europejskie dla Regionów, <https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/fundusze-2021-2027/fundusze-dla-regionow/> (dostęp: 27.12.2024)

podmiejski – IIT (Inne Inwestycje Terytorialne), działanie 9.3. Transformacja w edukacji, działanie 9.5 Transformacja środowiskowa, 2.10 – Ochrona przyrody i klimatu – ZIT. Fundusz Zintegrowane Inwestycje Terytorialne (ZIT) przeznaczony jest dla Miejskich Obszarów Funkcyjnych (MOF), przy czym projekty tych inwestycji muszą być zintegrowane. Projekt zintegrowany to projekt skutkujący rozwojem na obszarze więcej niż jednej gminy, powinien być przygotowany wspólnie przez samorządy w ramach partnerstwa realizacji celów strategicznych. Inne Inwestycje Terytorialne (IIT) nie mają ograniczenia przestrzennego, są bardziej elastyczne. Dedykowanym IIT obszarem tematycznym jest rewitalizacja, oraz partnerstwa na obszarach wiejskich. IIT jest wdrażany w partnerstwach a w uzasadnionych przypadkach w pojedynczych JST. Szczegółowe informacje dotyczące IIT są zawarte w Ustawie z dnia 28 kwietnia 2022 r. o zasadach realizacji zadań finansowanych ze środków europejskich w perspektywie finansowej 2021–2027 (Dz. U. 2022 poz. 1079, Dz. U. 2024 poz. 1717).

Fundusze Europejskie na Rozwój Cyfrowy (FERC)⁵⁵ – celem programu jest budowa społeczeństwa gigabitowego w Polsce, zwiększenie dostępu do ultra-szybkiego Internetu szerokopasmowego, udostępnienie zaawansowanych e-usług pozwalających w pełni na elektroniczne załatwienie spraw obywateli i przedsiębiorców (4 i 5 stopień e-dojrzałości usług), zapewnienie cyberbezpieczeństwa poprzez wsparcie w ramach nowego dedykowanego obszaru interwencji, rozwój gospodarki poprzez zwiększenie ilości danych wysokiej jakości otwartych do ponownego wykorzystania, rozwój współpracy na rzecz tworzenia cyfrowych rozwiązań problemów społeczno-gospodarczych, wsparcie rozwoju zaawansowanych kompetencji cyfrowych kadr zaangażowanych w świadczenie usług, produktów lub procesów cyfrowych, w szczególności w obszarze cyberbezpieczeństwa. W ramach tego programu można realizować projekty np. z działania FERC: Działanie 2.1. Wysoka jakość i dostępność e-usług publicznych lub Działanie 2.3 Cyfrowa dostępność i ponowne wykorzystanie informacji. Dotyczyć mogą one np. Cyfrowego udostępnienia Informacji Sektora Publicznego (ISP) ze źródeł administracyjnych lub realizacji E-usług publicznych, rozwiązania IT dla administracji o horyzontalnym zastosowaniu.

INTERREG – programy regionalne z krajami sąsiednimi w ramach Europejskiej Współpracy Terytorialnej i Europejskiego Instrumentu Sąsiedztwa

W programie INTERREG tworzone są dedykowane konkursy dla partnerstwa między poszczególnymi obszarami regionalnymi np. Program Interreg Czechy-Polska, Litwa- Polska, Polska-Słowacja, Południowy Bałtyk, NEXT Polska-Ukraina, Brandenburgia-Polska, Meklemburgia-Pomorze Przednie, Polska-Saksonia, Europa Środkowa, Region Morza Bałtyckiego, URBACT (Europejski Program Współpracy Terytorialnej dla Zrównoważonego Rozwoju Obszarów Miejskich). W ramach poszczególnych typów programów wymagana jest współpraca między podmiotami z poszczególnych krajów. Każdy z konkursów dedykowany jest dla określonej grupy

⁵⁵ Fundusze Europejskie na Rozwój Cyfrowy, <https://www.rozwojcyfrowy.gov.pl/> (dostęp: 27.12.2024)

krajów i zdefiniowanego działania Interreg (opisane są one w rozporządzeniu Interreg⁵⁶). Więcej informacji na temat programu, ogłoszeń o naborach i wyszukiwaniu ogłoszeń można znaleźć na stronie internetowej programów Interreg⁵⁷.

10. Podsumowanie

W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę prywatnych sieci 5G. Opisano wysokopiętrową architekturę sieci 5G, modele wdrożenia sieci prywatnej odizolowanej oraz współdzielonej z operatorem. Przedstawiono uwarunkowania krajowe dotyczące częstotliwości przeznaczonych dla jednostek samorządu terytorialnego. Wskazano ograniczenia wynikające z planu zagospodarowania częstotliwości – dozwolone sposoby wykorzystania sieci, maksymalne wysokości zawieszenia anten stacji bazowych, maksymalne moce promieniowane izotropowo przez stacje bazowe oraz maksymalne całkowite moce promieniowane przez urządzenia końcowe sieci.

W oparciu o dane GSA przedstawiono wdrożenia sieci 5G na świecie, a także statystyki związane ze wzrostem liczby modeli urządzeń dostępnych na rynku. Wymieniono i opisano przykładowe scenariusze wdrożenia, a także rzeczywiste wdrożenia na świecie, które mogą posłużyć jednostkom samorządu terytorialnego jako inspiracja do zaaranżowania na własne potrzeby.

Opracowano analizę szans i zagrożeń w części teoretycznej, gdzie przedstawiono proces zarządzania ryzykiem w projekcie, techniki identyfikacji ryzyka w projekcie (m.in. SWOT, PESTLE), sposób tworzenia map ryzyka, sposoby reakcji na ryzyko. Wykonano przykładową analizę szans i zagrożeń dla czynników politycznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, legislacyjnych i ekologicznych (środowiskowych). Przedstawione czynniki mogą posłużyć jednostkom samorządu terytorialnego do opracowania własnej analizy ryzyka w projekcie.

Instytut Łączności – PIB zawarł porozumienia o współpracy z Krosnem i Starachowicami. Dla tych miast wykonane zostało planowanie radiowe w oparciu o wspólnie wypracowane zrozumienie potrzeb i oczekiwań. W przypadku obu miast wykonano symulacje w 3 scenariuszach. Wyniki planowania zostały zaakceptowane przez osoby reprezentujące Krosno oraz Starachowice. Wykonane zostało także planowanie dla trzeciego miasta – Władysławowa.

Przeprowadzone analizy i planowanie radiowe prowadzą do wniosku, że obecne ograniczenia wysokości zawieszenia anten stacji bazowych oraz maksymalnych mocy promieniowanych mogą znacząco wpływać na koszty budowy sieci, ponieważ konieczne jest budowanie sieci o dużym zagęszczeniu stacji bazowych.

⁵⁶ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1059 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie przepisów szczegółowych dotyczących celu „Europejska współpraca terytorialna” (Interreg) wspieranego w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz instrumentów finansowania zewnętrznego

⁵⁷ Programy Interreg w latach 2021-2027, <https://www.ewt.gov.pl/strony/o-programach/programy-interreg-2021-2027/> (dostęp: 27.12.2024)

W porozumieniu z polskim integratorem wdrażającym sieci prywatne 5G wykonano analizy szacunkowych kosztów dla 5 scenariuszy wdrożenia. 3 scenariusze zakładają zakup urządzeń radiowych oraz szkieletu sieci na własność przez jednostki samorządu terytorialnego. Liczba urządzeń radiowych została zróżnicowana w zależności od szacowanego obszaru, który będzie pokryty siecią o wskazanej liczbie urządzeń. 2 kolejne scenariusze zakładają dzierżawę urządzeń sieciowych od dostawcy sprzętu w scenariuszu Plug & Play.

W raporcie przedstawiono także możliwe źródła finansowania dla budowy prywatnych sieci 5G przez samorządy.

Razem z niniejszym opracowaniem powstały 2 załączniki:

- Załącznik 1 – Ramowy Plan Budowy Sieci – opisujący ogólnikowo proces budowy prywatnej sieci 5G od koncepcji do jej użytkowania,
- Załącznik 2 – Wykaz stacji – lista planowanych stacji bazowych, z najważniejszymi parametrami, wykorzystanych w procesie planowania radiowego.

Zakład Kompatybilności
Elektromagnetycznej
ul. Swojczycka 38
51-501 Wrocław
tel.: [+48 71] 36 99 803
fax: [+48 71] 37 28 878
e-mail: wroclaw@il-pib.pl
www.il-pib.pl



ul. Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

Załącznik 1 – Ramowy Plan Budowy Sieci

do raportu nr Z21/21.10.1.01.09.4/055/2024



Ministerstwo
Cyfryzacji



Instytut Łączności
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Nr pracy	:	21.10.1.01.09.4
Nazwa pracy	:	Lokalne sieci 5G na potrzeby samorządów terytorialnych
Zleceniodawca	:	Ministerstwo Cyfryzacji, Departament Telekomunikacji
Data rozpoczęcia	:	Wrzesień 2024
Data zakończenia	:	Grudzień 2024
Wykonawcy pracy	:	Zespół Z-21
Data	:	31.12.2024 r.
Miejscowość	:	Wrocław

Praca wykonana w Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma
Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej
Instytutu Łączności – PIB we Wrocławiu.

Spis treści

1. Ramowy Plan Budowy Sieci	4
2. Etapy realizacji projektu budowy prywatnej sieci 5G	4
2.1. Faza przed projektem i inicjowanie projektu	4
2.2. Dialog konkurencyjny	7
2.3. Projekt sieci radiowej	9
2.4. Budowa sieci	12
2.5. Pomiary natężenia pola elektrycznego	15
2.6. Eksploatacja, Utrzymanie i Zarządzanie	17

1. Ramowy Plan Budowy Sieci

Plany ramowe pełnią kluczową rolę w organizacji i zarządzaniu projektami oraz działaniami na poziomie administracyjnym, szczególnie w kontekście działań realizowanych przez jednostki samorządu terytorialnego i organy państwowe. Ramowy plan budowy sieci prywatnej 5G dla jednostek samorządu terytorialnego to zestaw wytycznych, który wskazuje kroki i procedury konieczne do wykonania w celu wybudowania prywatnej sieci 5G na potrzeby jednostek samorządu terytorialnego. Ich przygotowanie wynika z potrzeby zapewnienia przejrzystości, skuteczności oraz strategicznego podejścia do realizacji zadań publicznych.

Cele konstrukcji planu ramowego:

- zapewnienie spójności działań – plan ramowy umożliwia wyznaczenie priorytetów oraz określenie celów, co pozwala na skoordynowane działanie wszystkich podmiotów zaangażowanych w realizację projektu,
- minimalizacja ryzyka projektowego – dzięki określeniu ram działania, potencjalne ryzyka są identyfikowane we wczesnej fazie planowania, co pozwala na opracowanie odpowiednich sposobów przeciwdziałania,
- efektywne wykorzystanie zasobów – plan ramowy wspiera optymalizację nakładów finansowych, zasobów ludzkich oraz infrastrukturalnych poprzez określenie zakresu działań i ogólnych harmonogramów,
- zgodność z przepisami i regulacjami – plan ramowy pomaga uwzględnić obowiązujące przepisy prawa, a także zapewnić zgodność z wymaganiami regulacyjnymi,
- podstawa do monitorowania i oceny – plan ramowy stanowi punkt odniesienia dla oceny postępu realizacji projektu,
- wsparcie dla komunikacji i współpracy – opracowanie planu ramowego ułatwia skuteczną komunikację między różnymi interesariuszami.

W niniejszym planie przedstawiono etapy projektu budowy prywatnej sieci 5G, które są możliwie uniwersalne dla wszystkich jednostek samorządu terytorialnego w Polsce i będą mogły posłużyć w początkowej fazie prac do poprawy jakości planowania projektu. W zależności od specyfiki konkretnej jednostki i lokalnych uwarunkowań, mogą występować rozbieżności i każdy z etapów należy zweryfikować oraz dostosować.

2. Etapy realizacji projektu budowy prywatnej sieci 5G

2.1. Faza przed projektem i inicjowanie projektu

Zależnie od wybranej metodyki projektowej (np. PRINCE2, AgilePM, metodyka PMBOK) faza przed projektem oraz faza inicjowania projektu może składać się z różnych działań, jednak zazwyczaj mają one wspólny cel – określenie i przygotowanie podstawowych założeń projektowych. Do typowych dla tych etapów działań, które należy zrealizować także przed budową prywatnej sieci 5G, zalicza się:

- przygotowanie uzasadnienia biznesowego,
- identyfikację interesariuszy,
- ocenę dostępnych opcji i propozycji rozwiązania,

- analizę potrzeb i wymagań interesariuszy,
- analizę wykonalności,
- określenie zakresu i celów projektu,
- identyfikację szans i zagrożeń,
- planowanie projektu (etapy, zasoby, harmonogram).

Na tym etapie szczególnie istotne jest zrozumienie jaka zmiana jest oczekiwana po realizacji projektu oraz kogo i/lub czego będzie dotyczyła. Uważne przeanalizowanie potrzeb samej jednostki samorządowej może nie być wystarczające, a proste uzasadnienie biznesowe nie będzie uwzględniało wszystkich oczekiwanych korzyści. Pomocna może być również analiza potrzeb mieszkańców i przedsiębiorców na terenie miasta czy gminy, spółek podległych jednostce samorządowej lub kilku sąsiadującym jednostkom.

Zrozumienie potrzeb w przypadku planowania sieci może wiązać się z uwypatnieniem już na wczesnym etapie projektu wymagań dotyczących, np. przepływności sieci, w obszarze dużego zagęszczenia kamer, bądź pokrycia zasięgiem jak najszerzego obszaru w celu zapewnienia łączności dla pojazdów komunikacji miejskiej.

Istotne jest, aby jednostka samorządu terytorialnego potrafiła już przed etapem planowania radiowego przedstawić wykonawcom jasne i klarowne oczekiwania co do sposobu wykorzystywania sieci prywatnej, ponieważ pozwoli to na dobór optymalnych rozwiązań, dostosowanych do konkretnych potrzeb.

Oprócz analizy potrzeb należy także wstępnie ocenić koszty, etapy i zasoby oraz przeprowadzić analizę szans i zagrożeń, co szczegółowo przedstawione zostało w raporcie, do którego niniejszy ramowy plan jest załącznikiem.



1 Uzasadnienie
biznesowe

2 Określenie zakresu
i celów projektu

3 Identyfikacja i analiza
potrzeb interesariuszy

4 Analiza szans
i zagrożeń

5 Planowanie
projektu



2.2. Dialog konkurencyjny

Dialog konkurencyjny to procedura wstępna realizacji danego projektu stosowana w procesie zamówień publicznych, dedykowana skomplikowanym zamówieniom, która umożliwia zamawiającemu konsultację z rynkiem przed formalnym wszczęciem postępowania przetargowego. Jego celem jest lepsze przygotowanie późniejszej dokumentacji przetargowej oraz zebranie informacji na temat dostępnych rozwiązań technicznych, innowacji, kosztów i potencjalnych ryzyk związanych z realizacją zamówienia. Dialog konkurencyjny jest regulowany przez przepisy ustawy Prawo zamówień publicznych¹ (PZP) i musi być prowadzony w sposób transparentny, uczciwy oraz niedyskryminacyjny.

Zgodnie z art. 170 PZP *„Zamawiający może udzielić zamówienia w trybie dialogu konkurencyjnego, jeżeli zachodzi co najmniej jedna z okoliczności, o których mowa w art. 153. Przepis art. 154 stosuje się odpowiednio.”*, np. rozwiązania dostępne na rynku nie mogą zaspokoić, bez ich dostosowania, potrzeb zamawiającego. Oraz zgodnie z art. 185 ust. 1 *„Po zakończeniu dialogu zamawiający sporządza SWZ, która stanowi doprecyzowanie oraz uzupełnienie informacji zawartych w opisie potrzeb i wymagań, na podstawie rozwiązań przedstawionych podczas dialogu.”*

Aby właściwie przygotować się do dialogu konkurencyjnego konieczne może okazać się szczegółowe przeprowadzenie poniższych działań:

- analiza zapotrzebowania na usługi i określenie wymagań użytkowników,
- konsultacje z interesariuszami,
- określenie wymagań w kontekście konkretnego typu usług, m.in.:
 - planowane usługi (np. monitoring skrzyżowań, obsługa dronów, przesyłanie danych z pojazdów),
 - wymagana prędkość transmisji danych (np. minimum 100 Mb/s dla użytkowników końcowych),
 - zasięg sieci (np. pokrycie centrum miasta, konkretnych ulic lub obszarów zaznaczonych na mapie),
- szacowanie obciążenia sieci (wymagana pojemność sieci):
 - liczba użytkowników (np. pracownicy urzędu, urządzenia w pojazdach),
 - przewidywany ruch w sieci (np. ilość danych generowanych przez urządzenia podczas godziny największego ruchu (tzw. busy hour)),
- ocena dostępności istniejącej infrastruktury:
 - lokalizacje istniejących masztów lub budynków, które można zaadaptować,
 - możliwość budowy nowych stacji bazowych w strategicznych punktach.

Przeprowadzenie dialogu konkurencyjnego przed właściwym postępowaniem poprawi jakość zamówienia, pozwoli na szczegółową analizę potrzeb i wymagań, które nie zostały zidentyfikowane na wcześniejszym etapie.

¹ Ustawa z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych, Dz.U. z 2019 r. poz. 2019 z późn. zm.



2.3. Projekt sieci radiowej

Projekt sieci radiowej to bardzo istotny etap w procesie budowy sieci. W ramach tego procesu określone są optymalne konkretne parametry techniczne sieci, lokalizacje stacji bazowych oraz liczba komórek (sektorów). Muszą one zostać dobrane w taki sposób, aby spełniać wymagania projektowe sieci radiowej: w zakresie pokrycia powierzchniowego – pokrycia zasięgiem sieci obszaru wskazanego przez jednostkę samorządu terytorialnego, w zakresie pojemności – pojemność sieci na poziomie pozwalającym na prawidłowe funkcjonowanie wszystkich usług w sieci, wymagania koordynacji transgranicznej (w rejonach przygranicznych), doboru częstotliwości do poszczególnych stacji a także analizy zakłóceń interferencyjnych między stacjami.

Przed przystąpieniem do etapu planowania (przygotowania dokumentacji do zamówienia publicznego) jednostka samorządowa powinna dysponować kluczowymi informacjami dotyczącymi projektu. Wynikają one z poprzednich działań na etapie przygotowania projektu i na etapie dialogu konkurencyjnego. W szczególności istotna jest znajomość:

- obszaru planowania sieci:
 - przedstawionego w postaci map, rysunków, konturów, na przykład w postaci warstw wektorowych,
 - miejsc wyłączonych z planowania lub o niższej ważności,
 - wykaz budynków wymagających zaplanowania pokrycia siecią wewnątrzbudynkową – potrzebne będą również szczegółowe plany architektoniczne tych obiektów w formie dokumentacji fotograficznej lub plików CAD,
 - miejscach spodziewanego dużego zagęszczenia użytkowników lub urządzeń takich jak np. czujniki, kamery, sterowniki,
- potencjalnych lokalizacji stacji bazowych – istniejące maszty i budynki wyposażone w infrastrukturę światłowodową, przyłącze energetyczne, o znany współrzędnych geograficznych i wysokości całkowitej nad poziomem terenu,
- sposobu wykorzystywania sieci:
 - maksymalna liczba użytkowników lub urządzeń,
 - szacowane przepływności potrzebne do prawidłowego funkcjonowania usług.
- możliwe do wykorzystania kanały radiowe i parametry stacji w kontekście uwzględnienia wymagań Krajowej Tabeli Przeznaczeń Częstotliwości, planów zagospodarowania częstotliwości i wymagań koordynacji transgranicznej.

Planowanie rozpoczyna się od oszacowania pokrycia obszaru zasięgiem sieci. Obliczenia wykonane z wykorzystaniem odpowiednich zweryfikowanych modeli propagacyjnych, szczegółowych map wysokości terenu oraz map pokrycia terenu, pozwolą na oszacowanie liczby potrzebnych stacji bazowych oraz sektorów. Następnie należy przeprowadzić weryfikację wyników szacowania oraz dokonać optymalizacji zgodnej z potrzebami uwzględniając istniejące ograniczenia związane z wymaganiami odnośnie warunków wykorzystania częstotliwości na poziomie krajowym i międzynarodowym. Po uzyskaniu zadowalającego zasięgu sieci i ograniczeń wynikających z warunków wykorzystania częstotliwości następuje etap doboru częstotliwości do poszczególnych stacji, optymalizacji pojemności i analizy wzajemnych interferencji między stacjami. Sprawdzane są parametry łącza, zakłócenia wewnątrz sieci, przepływność

łącza, poziomy zakłóceń interferencyjnych a następnie prowadzona jest końcowa optymalizacja. Ostatnim etapem jest weryfikacja czy nie są przekraczane poziomy natężenia pola elektromagnetycznego w miejscach dostępnych dla ludności ze względu na ochronę przed promieniowaniem (wymagania PEM).

Wykonawca projektu sieci, ze względu na znaczące koszty najprawdopodobniej będzie wyznaczony w trybie przetargu nieograniczonego (zgodnie z PZP). Przed rozpoczęciem projektowania sieci radiowej warto rozważyć dwie ścieżki postępowania:

- przeprowadzenie odrębnego postępowania na projekt sieci radiowej, uzyskanie stosownych pozwoleń na budowę (o ile są wymagane) i późniejsza realizacja budowy sieci jako osobne zamówienie publiczne zgodnie z opracowanym projektem (spis stacji bazowych, komórek, parametry projektowanej sieci) lub
- postępowanie w trybie zaprojektuj i zbuduj – wykonawca najpierw projektuje sieć, a następnie uzyskuje pozwolenia na budowę (o ile są wymagane) i buduje ją zgodnie z powstałym projektem.

Przeprowadzenie postępowania w pierwszy sposób prowadzi do uzyskania właściwego, spełniającego wszystkie wymagania projektu radiowego, który pozwala następnie na precyzyjne oszacowanie kosztów budowy zaprojektowanej sieci przez potencjalnych wykonawców i konkurowanie niższymi kosztami budowlanymi na etapie jej wykonania, jest więc bezpieczne z punktu widzenia jakości zaprojektowanej sieci oraz konkurowania w postaci minimalizacji kosztów jej budowy przez oferentów choć koszty rzetelnego i dokładnego zaprojektowania mogą być w tym przypadku dość wysokie.

Postępowanie w drugim trybie jest wygodniejsze z punktu widzenia Zamawiającego, rodzi jednak ryzyka w postaci niedoszacowania kosztów projektowania i budowy przez Oferenta na etapie przetargu – celem złożenia konkurencyjnej oferty, który po wygranym przetargu może starać się w takiej sytuacji zminimalizować koszty wykonania kontraktu przez zaprojektowanie sieci o niższej jakości i niższych kosztach oznaczające ryzyko niespełnienia oczekiwanych wymagań Zamawiającego. W skrajnym przypadku może wystąpić nawet sytuacja budowy sieci o złej, niedostatecznej jakości na podstawie złego projektu, której koszty mieszczą się w budżecie wygrywającej oferty lub w przypadku dokładnej kontroli i weryfikacji projektu sieci przez Zamawiającego odstąpienie Wykonawcy od umowy w związku ze zbyt wysokimi kosztami realizacji takiego projektu, które zostały niedoszacowane na etapie przetargu a w efekcie niewykonanie kontraktu.



10 Przygotowanie przetargu
na planowanie sieci



11 Szacowanie zasięgu,
wstępna optymalizacja



12 Optymalizacja
pojemności sieci



13 Projekt jako podstawa
do budowy sieci



2.4. Budowa sieci

System zamówień publicznych opisuje szczegółowe procedury, według których zamawiający mogą dokonywać zakupów. Zamówienia publiczne są sformalizowane. Zarówno zamawiający, jak i wykonawca muszą działać w określony sposób i spełniać wymagania zdefiniowane w przepisach.

Podstawowym aktem prawnym regulującym system zamówień publicznym w Polsce jest Prawo zamówień publicznych (PZP). Przepisy dotyczące zamówień publicznych muszą stosować między innymi zamawiający publiczni, na przykład organy władzy publicznej, samorządy, sądy, zakłady opieki zdrowotnej, uczelnie, administracja. W przypadku jednostek samorządu terytorialnego prawo zamówień publicznych dotyczy kategorii tzw. zamówień klasycznych, jeżeli wartość udzielanego zamówienia jest równa co najmniej kwocie 130 000 złotych netto.

Przygotowanie dokumentacji przetargowej obejmuje, między innymi:

- specyfikację warunków zamówienia, tzw. SWZ,
- opis przedmiotu zamówienia (OPZ),
- określenie wymagań technicznych i jakościowych,
- podanie czasu realizacji inwestycji,
- określenie wymaganej gwarancji wykonanej usługi,
- określenie kosztorysu inwestycji i kwoty przeznaczonej na zakup,
- podanie kryteriów oceny ofert,
- opublikowanie projektowanych postanowień umowy (PPU).

Po zakończeniu procedury przetargowej i wybraniu wykonawcy można rozpocząć proces inwestycyjny, obejmujący projekt sieci i/lub jej budowę. W tym celu należy opracować najpierw dokumentację projektową (o ile nie została opracowana w osobnym postępowaniu) a w kolejnych budowę, testy i odbiory.

Prace projektowe dotyczące budowy obiektów, zwłaszcza wymagających pozwoleń budowlanych powinny być wykonane przez osoby o odpowiednich uprawnieniach budowlano-projektowych, w zależności od wybranego rozwiązania dotyczącego miejsca posadowienia masztu, obejmować mogą też np. analizę nośności stropów w przypadku instalacji masztu w istniejącej lokalizacji (np. płaski dach budynku), lub budowę fundamentu pod maszt i zabezpieczenia konstrukcyjne masztu.

Infrastruktura sieci radiowego dostępu montowana jest zazwyczaj częściowo w serwerowni (serwery, przełączniki, sieć szkieletowa, moduł pasma podstawowego (baseband unit, BBU), odbiornik GPS, itp.) lub dedykowanym zamkniętym i chłodzonym kontenerze, a częściowo na dachu lub maszcie (anten, głowice radiowe).

Prace projektowe wymagane są również w celu wykonania przyłączy energetycznych, instalacji zabezpieczającej (zasilacze awaryjne, agregaty prądotwórcze) i przyłącza światłowodowego (o ile są wymagane). Również niezbędne jest zapewnienie instalacji przeciwpożarowej oraz zapewnienie odpowiedniego chłodzenia w pomieszczeniach w których umieszczane będą urządzenia serwerowo-sieciowe.

Po wykonaniu stosownych projektów wykonawca danego zadania przystępuje do ich wykonania. W zależności od przyjętego rozwiązania zapisanego w umowie, zarządzanie dostawami materiałów i ich składowaniem, jest po stronie wykonawcy lub inwestora.

W przygotowanych pomieszczeniach zainstalowana zostanie infrastruktura sieciowa, a na masztach umieszczone zostaną głowice radiowe oraz anteny. Głowice radiowe połączone są światłowodem z BBU umieszczonym w serwerowni lub dedykowanym pomieszczeniu. Najczęściej zasilanie głowic radiowych jest doprowadzone również z wnętrza budynku lub stojącego obok masztu kontenera. Wielu producentów wymaga zasilania głowic prądem stałym.

Po każdym etapie zakończonych prac powinny być wykonane testy techniczne, takie jak weryfikacja poprawności funkcjonowania infrastruktury zasilającej i urządzeń telekomunikacyjnych.

Po zakończeniu realizacji budowy przeprowadzany jest odbiór techniczny poszczególnych elementów. Po pozytywnej weryfikacji zgodności wykonania prac według założeń projektowych i usunięciu usterek, można przystąpić do uzyskania pozwolenia na użytkowanie lub użytkowania po zgłoszeniu zakończenia prac (zależnie od specyfiki projektu budowlanego). W zakresie prywatnej sieci 5G konieczne jest także zawarcie odpowiednich zapisów, już na etapie przygotowywania OPZ, dotyczących wymaganych testów odbiorowych sieci oraz ich wykonawców. Testy takie jak, np. przyłączenie do sieci, pobieranie i wysyłanie danych, pomiar przepływności, określenie rzeczywistego zasięgu sieci mogą być wykonywane zarówno przez wykonawcę, jak i JST lub zlecone zewnętrznej organizacji.

Po ukończeniu projektu sieci radiowej, kiedy znane są już dokładne parametry budowanych stacji bazowych należy pozyskać pozwolenia radiowe w Urzędzie Komunikacji Elektronicznej. Zostało to szczegółowe w raporcie, do którego niniejszy plan ramowy jest załącznikiem.



14 Opracowanie
dokumentacji i przetarg



15 Projekt
budowy



16 Realizacja budowy
i pozwolenia radiowe

17 Testy
i odbiory



2.5. Pomiary natężenia pola elektrycznego

Kluczowym aspektem związanym z użytkowaniem nowej inwestycji radiowej jest spełnienie wymagań prawnych regulujących dopuszczalne poziomy pól elektromagnetycznych w środowisku. W myśl ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska² art. 122a ust. 1 po uruchomieniu urządzenia emitującego pola elektromagnetyczne (tj. stacji bazowej) konieczne jest przeprowadzenie pomiarów natężenia pola elektrycznego. Ustawa zwalnia z tego obowiązku instalacje o mocy promieniowanej izotropowo (EIRP) poniżej 15 W.

W celu zapobieżenia sytuacjom, w których na etapie pomiarów wystąpi przekroczenie poziomów pól elektromagnetycznych przekraczających dopuszczalne normy, stosownym jest dokonanie szacowania teoretycznego poziomów pól pochodzących od poszczególnych stacji w miejscach dostępnych dla ludności za pomocą stosownych modeli analitycznych. Takie działanie powinno być kończącym elementem projektu sieci radiowej. W takiej sytuacji realizacja pomiarów i ich raportowanie pozostanie wymogiem formalno-prawnym lecz nie będzie powodować powstania zagrożenia w postaci niemożności praktycznego korzystania z wybudowanej sieci w sytuacji przekroczenia norm promieniowania lub konieczności korygowania jej parametrów emisyjnych po uruchomieniu stacji.

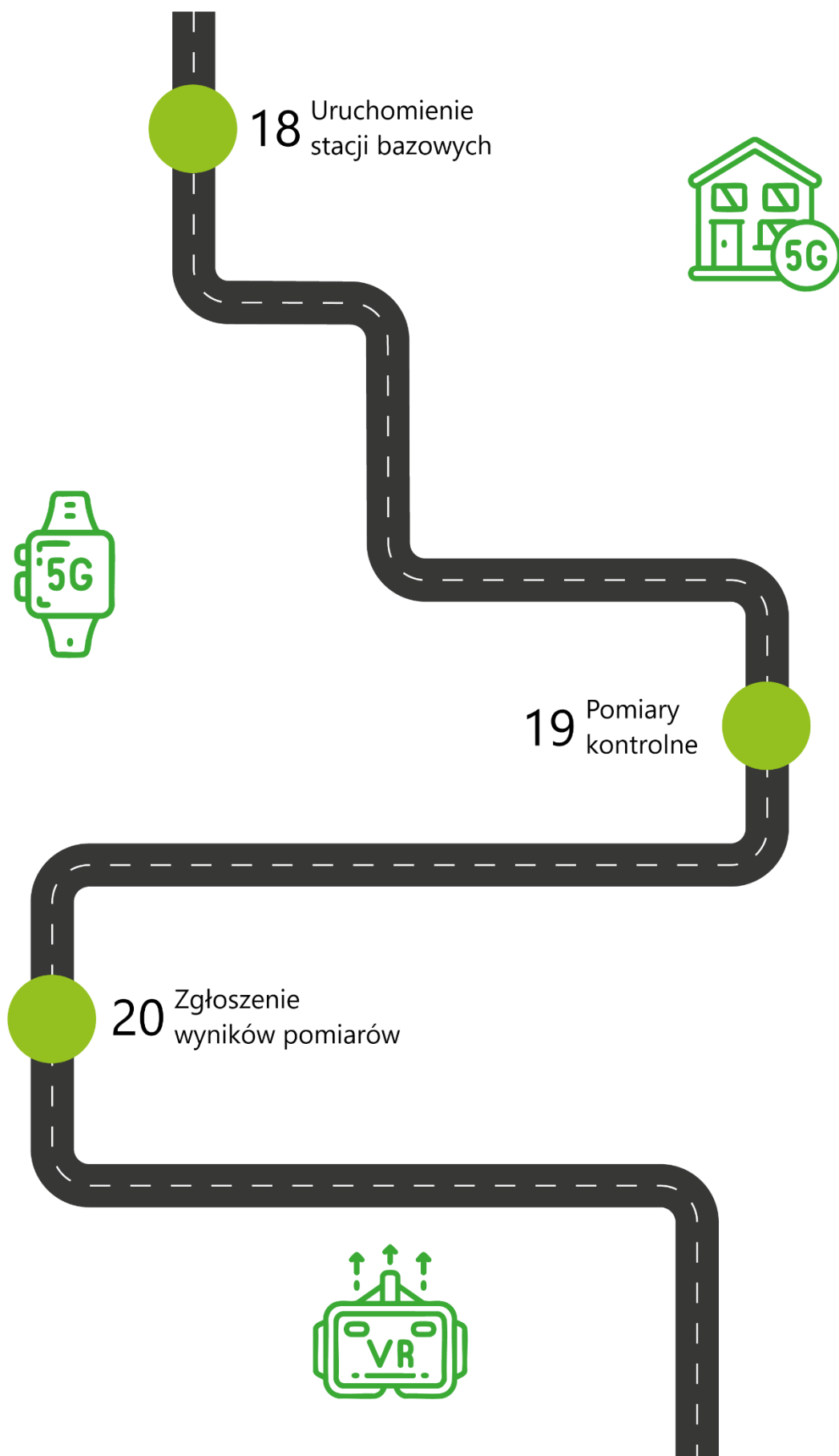
Po uruchomieniu stacji bazowych przeprowadzane są pomiary natężenia pola elektrycznego (składowa pola elektromagnetycznego). Pomiary te muszą być wykonywane przez laboratoria, które otrzymały akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (np. Laboratorium Badań EMC w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności – PIB we Wrocławiu, nr akredytacji AB 666)³. Wyniki pomiarów należy dostarczyć w formie elektronicznej, podpisane podpisem elektronicznym (nie skany dokumentów papierowych), wojewódzkiemu inspektorowi ochrony środowiska i państwowemu wojewódzkiemu inspektorowi sanitarnemu w terminie 30 dni od dnia wykonania pomiarów.

W przypadku stwierdzenia przekroczeń dopuszczalnego poziomu natężenia pola elektrycznego, konieczne może okazać się obniżenie mocy lub zmiana pochylenia anten wybranych stacji bazowych. W oparciu o doświadczenie Instytutu Łączności – PIB oraz wyniki pomiarów prezentowane w portalu SI2PEM⁴ można jednak stwierdzić, że przekroczenia dotyczą pojedynczych punktów pomiarowych w skali całego kraju i ryzyko wystąpienia takiej sytuacji jest znikome.

² Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz. U. 2001 nr 62 poz. 627, z późniejszymi zmianami

³ Pełna lista laboratoriów akredytowanych dostępna jest na stronie Polskiego Centrum Akredytacji, <https://www.pca.gov.pl/akredytowane-podmioty/akredytacje-aktywne/laboratoria-badawcze/> (dostęp: 20.12.2024)

⁴ SI2PEM, <https://si2pem.gov.pl/> (dostęp: 27.12.2024 r.)



2.6. Eksploatacja, Utrzymanie i Zarządzanie

Nowo zaprojektowana i uruchomiona sieć, wymaga nadzoru nad infrastrukturą oraz monitorowania wydajności, dostępności i jakości usług sieciowych. Najczęściej służy do tego zakupione w procesie inwestycyjnym oprogramowanie. Umożliwia ono zarządzanie użytkownikami i uruchomionymi czy uruchamianymi usługami. Możliwy jest stały monitoring wskaźników sieci, przykładowo przepustowości czy opóźnień sieci, a w przypadku spadku parametrów poniżej zdefiniowanego progu, wysyłanie automatycznych alertów do osób odpowiedzialnych za pracę sieci. Ma to szczególne znaczenie w przypadku aplikacji krytycznych, takich jak zarządzanie ruchem czy monitoring wideo.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa wymagane jest regularne wykonywanie aktualizacji oprogramowania sprzętowego i systemów zabezpieczeń.

W ramach obowiązków zarządzanie siecią należy wykonywać regularne audyty bezpieczeństwa, aby zidentyfikować i usunąć potencjalne luki w zabezpieczeniach.

Utrzymanie odpowiedniego poziomu jakości sieci wymaga szeregu kluczowych działań. Konserwacji podlega infrastruktura fizyczna, w tym regularna inspekcja masztów, anten i urządzeń radiowych. Urządzenia należy regularnie oczyszczać z kurzu, brudu i innych zanieczyszczeń, które mogą wpływać na ich wydajność i trwałość. Dotyczy to nie tylko urządzeń radiowych, ale systemów zasilania awaryjnego czy klimatyzacji w pomieszczeniach technicznych.

Jak wcześniej wspomniano, w kontekście zarządzania siecią, kluczowe jest regularne instalowanie poprawek oraz aktualizacji oprogramowania dla rdzenia sieci, stacji bazowych i systemów zarządzania w celu zapewnienia optymalnej wydajności i bezpieczeństwa.

Przeglądy techniczne (audyt infrastruktury) realizowany są zgodnie z przyjętym harmonogramem gwarancyjnym konserwacyjnym.

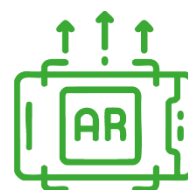
Aspektem, którego nie można pominąć to reagowanie na wystąpienie awarii i ich usuwanie. Należy wdrożyć system zgłoszeń problemów technicznych. Warto wymagać od dostawcy posiadanie własnego zespołu serwisowego, dostępnego w trybie 24/7 w przypadku awarii krytycznych lub podpisanie umowy z takim serwisem. Warto także rozważyć po okresie gwarancji zawarcie długoterminowych umów z odpowiednimi serwisami lub producentem sprzętu, gwarantujących wykonanie usługi naprawczej w bardzo krótkim czasie od wystąpienia awarii i jednocześnie bez tworzenia własnego zaplecza technicznego.

Wraz z uzyskaniem pozwoleń radiowych oraz rozpoczęciem użytkowania częstotliwości należy wносить co kwartał opłaty za prawo do dysponowania częstotliwościami na rachunek UKE, zgodnie z aktualnymi regułami i stawkami.⁵

⁵ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 6 grudnia 2013 r. w sprawie rocznych opłat za prawo do dysponowania częstotliwością ze zm.



21 Rozpoczęcie korzystania z sieci



22 Konserwacja i utrzymanie



23 Serwis i usuwanie awarii



Zakład Kompatybilności
Elektromagnetycznej
Ul. Swojczycka 38
51-501 Wrocław
Tel.: [+48 71] 36 99 803
fax: [+48 71] 37 28 878
e-mail: wroclaw@il-pib.pl
www.il-pib.pl



ul. Szachowa 1
04-894 Warszawa
tel.: [+48 22] 512 81 00
fax: [+48 22] 512 86 25
e-mail: info@il-pib.pl
www.il-pib.pl

Załącznik 2 – Wykaz stacji

do raportu nr Z21/21.10.1.01.09.4/055/2024



Ministerstwo
Cyfryzacji



Instytut Łączności
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Nr pracy	:	21.10.1.01.09.4
Nazwa pracy	:	Lokalne sieci 5G na potrzeby samorządów terytorialnych
Zleceniodawca	:	Ministerstwo Cyfryzacji, Departament Telekomunikacji
Data rozpoczęcia	:	Wrzesień 2024
Data zakończenia	:	Grudzień 2024
Wykonawcy pracy	:	Zespół Z-21
Data	:	31.12.2024 r.
Miejscowość	:	Wrocław

Praca wykonana w Pracowni Gospodarki i Inżynierii Widma
Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej
Instytutu Łączności – PIB we Wrocławiu.

Spis treści

1. Krosno	4
2. Starachowice	5
3. Władysławowo	6

1. Krosno

Tabela 1. Wykaz stacji wykorzystanych w planowaniu radiowym dla Krosna

Nazwa stacji	Sektor	Długość geograficzna (WGS-84)	Szerokość geograficzna (WGS-84)	Wysokość zawieszenia anteny (m n.p.t.)	Kierunek maksymalnego promieniowania (°)	EIRP (dBm)
Biuro Wystaw Artystycznych	1	21° 45' 51,84"	49° 41' 37,68"	20	335	49,0
	2	21° 45' 51,84"	49° 41' 37,68"	20	95	49,0
	3	21° 45' 51,84"	49° 41' 37,68"	20	215	49,0
Elektrociepłownia Krosno	1	21° 47' 03,25"	49° 40' 46,03"	20	345	49,0
	2	21° 47' 03,25"	49° 40' 46,03"	20	120	49,0
	3	21° 47' 03,25"	49° 40' 46,03"	20	240	49,0
Maszt Świerzowa	1	21° 42' 13,05"	49° 40' 47,93"	20	330	49,0
	2	21° 42' 13,05"	49° 40' 47,93"	20	90	49,0
	3	21° 42' 13,05"	49° 40' 47,93"	20	210	49,0
Miejski Zespół Szkół nr 2	1	21° 42' 37,80"	49° 43' 08,76"	20	35	49,0
	2	21° 42' 37,80"	49° 43' 08,76"	20	120	49,0
	3	21° 42' 37,80"	49° 43' 08,76"	20	240	49,0
Miejski Zespół Szkół nr 3	1	21° 43' 25,91"	49° 42' 01,02"	12	0	49,0
	2	21° 43' 25,91"	49° 42' 01,02"	12	120	49,0
	3	21° 43' 25,91"	49° 42' 01,02"	12	240	49,0
Oczyszczalnia Ścieków	1	21° 44' 22,40"	49° 42' 45,09"	18	0	49,0
	2	21° 44' 22,40"	49° 42' 45,09"	18	120	49,0
	3	21° 44' 22,40"	49° 42' 45,09"	18	240	49,0
Państwowa Akademia Nauk Stosowanych	1	21° 46' 23,29"	49° 40' 09,63"	20	305	49,0
	2	21° 46' 23,29"	49° 40' 09,63"	20	81	49,0
Pływalnia	1	21° 46' 32,99"	49° 41' 11,10"	14	0	49,0
	2	21° 46' 32,99"	49° 41' 11,10"	14	158	49,0
Regionalne Centrum Kultur Pogranicza	1	21° 45' 16,56"	49° 41' 46,68"	20	43	49,0
	2	21° 45' 16,56"	49° 41' 46,68"	20	175	49,0
	3	21° 45' 16,56"	49° 41' 46,68"	20	283	49,0
Regionalne Centrum Odzysku Odpadów	1	21° 45' 45,41"	49° 42' 37,49"	15	0	49,0
	2	21° 45' 45,41"	49° 42' 37,49"	15	120	49,0
	3	21° 45' 45,41"	49° 42' 37,49"	15	240	49,0
Szkoła Podstawowa nr 15	1	21° 45' 10,08"	49° 40' 57,72"	17	30	49,0
	2	21° 45' 10,08"	49° 40' 57,72"	17	150	49,0
Szkoła Podstawowa nr 3	1	21° 44' 49,11"	49° 42' 09,70"	20	0	49,0
	2	21° 44' 49,11"	49° 42' 09,70"	20	120	49,0
	3	21° 44' 49,11"	49° 42' 09,70"	20	240	49,0
Szkoła Podstawowa nr 4	1	21° 47' 01,68"	49° 41' 06,36"	20	345	49,0
	2	21° 47' 01,68"	49° 41' 06,36"	20	91	49,0
	3	21° 47' 01,68"	49° 41' 06,36"	20	248	49,0
Szkoła Podstawowa nr 5	1	21° 45' 53,28"	49° 40' 05,88"	17	0	49,0
	2	21° 45' 53,28"	49° 40' 05,88"	17	120	49,0
	3	21° 45' 53,28"	49° 40' 05,88"	17	240	49,0
Szkoła Podstawowa nr 8	1	21° 46' 30,68"	49° 41' 55,62"	20	285	49,0
	2	21° 46' 33,03"	49° 41' 55,32"	20	105	49,0
	3	21° 46' 31,90"	49° 41' 55,21"	20	210	49,0
Szkoła Podstawowa nr 9	1	21° 46' 31,77"	49° 41' 55,55"	20	20	49,0
Urząd miejski, ul. Lwowska	1	21° 46' 15,96"	49° 41' 03,12"	18	0	49,0
	2	21° 46' 15,96"	49° 41' 03,12"	18	120	49,0
	3	21° 46' 15,96"	49° 41' 03,12"	18	240	49,0

Nazwa stacji	Sektor	Długość geograficzna (WGS-84)	Szerokość geograficzna (WGS-84)	Wysokość zawieszenia anteny (m n.p.t.)	Kierunek maksymalnego promieniowania (°)	EIRP (dBm)
Urząd Miejski, ul. Staszica	1	21° 46' 02,15"	49° 41' 30,11"	18	100	49,0
	2	21° 46' 01,41"	49° 41' 29,12"	18	190	49,0
Wieża Kontroli Lotów Lotnisko Krosno	1	21° 44' 28,32"	49° 41' 02,04"	18	30	49,0
	2	21° 44' 28,32"	49° 41' 02,04"	20	270	49,0
	3	21° 44' 28,32"	49° 41' 02,04"	20	150	49,0
Zagórze	1	21° 46' 14,52"	49° 42' 18,00"	7	180	49,0
	2	21° 46' 14,52"	49° 42' 18,00"	7	275	49,0
Zespół Szkół Ponadpodstawowych nr 1	1	21° 44' 51,00"	49° 41' 24,00"	17	330	49,0
	2	21° 44' 51,00"	49° 41' 24,00"	17	90	49,0

2. Starachowice

Tabela 2. Wykaz stacji wykorzystanych w planowaniu radiowym dla Starachowic

Nazwa stacji	Sektor	Długość geograficzna (WGS-84)	Szerokość geograficzna (WGS-84)	Wysokość zawieszenia anteny (m n.p.t.)	Kierunek maksymalnego promieniowania (°)	EIRP (dBm)
Stacja nr 1	1	21° 03' 22,83"	51° 03' 40,49"	10	21	49,0
	2	21° 03' 21,99"	51° 03' 39,82"	10	275	49,0
Stacja nr 2	1	21° 04' 04,50"	51° 03' 43,60"	16,8	0	49,0
	2	21° 04' 05,55"	51° 03' 43,09"	16,8	120	49,0
	3	21° 04' 04,35"	51° 03' 43,20"	16,8	240	49,0
Stacja nr 3	1	21° 04' 21,95"	51° 03' 25,72"	13	40	49,0
	2	21° 04' 22,18"	51° 03' 25,08"	13	140	49,0
	3	21° 04' 21,25"	51° 03' 25,39"	13	260	49,0
Stacja nr 4	1	21° 03' 43,60"	51° 02' 15,83"	14	0	49,0
	2	21° 03' 41,53"	51° 02' 12,39"	14	240	49,0
	3	21° 03' 47,64"	51° 02' 12,05"	20	120	49,0
Stacja nr 5	1	21° 03' 51,03"	51° 03' 11,84"	18	0	49,0
	2	21° 03' 52,55"	51° 03' 10,95"	18	136	49,0
	3	21° 03' 50,32"	51° 03' 11,34"	18	240	49,0
Stacja nr 6	1	21° 03' 24,19"	51° 03' 21,66"	17	0	49,0
	2	21° 03' 22,88"	51° 03' 21,62"	17	240	49,0
Stacja nr 7	1	21° 06' 23,14"	51° 00' 30,87"	12	40	49,0
	2	21° 06' 23,07"	51° 00' 29,44"	12	160	49,0
	3	21° 06' 21,73"	51° 00' 30,71"	12	280	49,0
Stacja nr 8	1	21° 05' 41,41"	51° 03' 06,01"	12,5	0	49,0
	2	21° 05' 42,57"	51° 03' 05,14"	12,5	120	49,0
	3	21° 05' 40,75"	51° 03' 05,06"	12,5	240	49,0
Stacja nr 9	1	21° 04' 28,49"	51° 02' 59,88"	11,5	0	49,0
	2	21° 04' 28,58"	51° 02' 59,32"	11,5	147	49,0
	3	21° 04' 27,12"	51° 02' 59,08"	11,5	240	49,0
Stacja nr 10	1	21° 05' 28,36"	51° 02' 40,34"	11	15	49,0
	2	21° 05' 28,51"	51° 02' 39,93"	11	135	49,0
	3	21° 05' 26,96"	51° 02' 40,36"	11	255	49,0
Stacja nr 11	1	21° 04' 53,39"	51° 03' 06,51"	20	0	49,0
	2	21° 04' 53,46"	51° 03' 05,18"	20	120	49,0
	3	21° 04' 52,81"	51° 03' 04,94"	20	240	49,0

Nazwa stacji	Sektor	Długość geograficzna (WGS-84)	Szerokość geograficzna (WGS-84)	Wysokość zawieszenia anteny (m n.p.t.)	Kierunek maksymalnego promieniowania (°)	EIRP (dBm)
Stacja nr 12	1	21° 04' 50,85"	51° 01' 26,95"	20	353	49,0
	2	21° 04' 50,85"	51° 01' 26,95"	20	209	49,0

3. Władysławowo

Tabela 3. Wykaz stacji wykorzystanych w planowaniu radiowym dla Władysławowa

Nazwa stacji	Sektor	Długość geograficzna (WGS-84)	Szerokość geograficzna (WGS-84)	Wysokość zawieszenia anteny (m n.p.t.)	Kierunek maksymalnego promieniowania (°)	EIRP (dBm)
Stacja nr 1	1	54° 47' 40,18"	18° 24' 33,97"	20	316	49,0
	2	54° 47' 39,82"	18° 24' 34,01"	20	222,2	49,0
	3	54° 47' 39,82"	18° 24' 34,62"	20	130	49,0
Stacja nr 2	1	54° 48' 05,54"	18° 23' 34,71"	20	138	49,0
	2	54° 48' 05,54"	18° 23' 34,71"	20	308	49,0
Stacja nr 3	1	54° 47' 53,52"	18° 23' 09,64"	20	44	49,0
	2	54° 47' 53,52"	18° 23' 09,64"	20	164	49,0
	3	54° 47' 53,52"	18° 23' 09,64"	20	290	49,0
Stacja nr 4	1	54° 47' 26,39"	18° 23' 51,72"	20	240	49,0
	2	54° 47' 26,39"	18° 23' 51,72"	20	120	49,0
	3	54° 47' 26,39"	18° 23' 51,72"	20	0	49,0
Stacja nr 5	1	54° 47' 13,21"	18° 24' 37,34"	20	340	49,0
	2	54° 47' 13,21"	18° 24' 37,34"	20	100	49,0
	3	54° 47' 13,21"	18° 24' 37,34"	20	220	49,0
Stacja nr 6	1	54° 47' 51,45"	18° 23' 48,30"	20	55	49,0
	2	54° 47' 50,67"	18° 23' 45,83"	20	227	49,0