

# Budowa bezprzewodowych regionalnych sieci szerokopasmowych

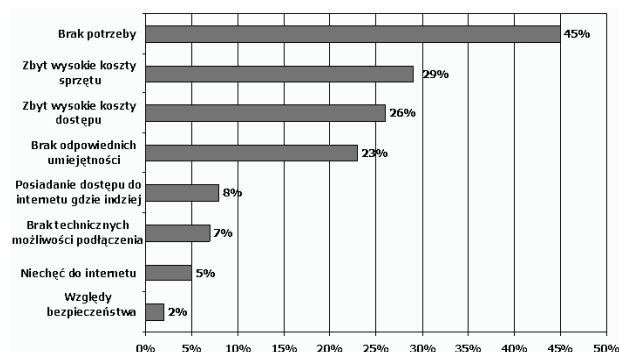
*Arkadiusz Kurek*

**Streszczenie:** W artykule opisane zostały główne aspekty związane z określeniem zapotrzebowania, przygotowaniem inwestycji oraz zaplanowaniem lokalnych sieci szerokopasmowych z wykorzystaniem technologii bezprzewodowych. Przedstawiono najczęściej stosowane typy systemów radiowych oraz przeznaczone dla nich zasoby częstotliwości. Opisano możliwe źródła pozyskania dofinansowania inwestycji oraz dostępne programy pomocowe UE. W dalszej części artykułu przedstawione zostały wybrane zagadnienia związane z planowaniem sieci radiowych oraz istotne etapy mające wpływ na docelowe parametry sieci radiowej.

**Słowa kluczowe:** UKE, łączność bezprzewodowa, sieci szerokopasmowe, WiMAX, LMDS

## 1. WPROWADZENIE

Gwałtowny rozwój rynku telekomunikacyjnego powoduje coraz większą dostępność i różnorodność oferty związanej z szerokopasmowym dostępem do Internetu. Sama możliwość połączenia się z globalną Siecią jest już postrzegana jako element niezbędnej infrastruktury miejskiej - podobnie jak wodociągi, drogi czy telefon - która powinna być zapewniona w miejscu zamieszkania, pracy i wypoczynku. Dostęp do Internetu ułatwia i upraszcza życie, umożliwia błyskawiczny dostęp do informacji z różnych dziedzin oraz umożliwia wykonywanie wielu czynności w znacznie krótszym czasie niż to było możliwe jeszcze parę lat temu. Zaletą dostępu do sieci Internet jest wiele jednak jak pokazują to badania pobytu największą przeszkodą w równomiernym rozwoju dostępu do usług szerokopasmowych w różnych obszarach kraju jest brak zainteresowania mieszkańców tym medium.



**Rys. 1.** Deklarowane przez użytkowników powody braku szerokopasmowego połączenia z siecią Internet

Obszary na których nie ma powszechnego dostępu do sieci Internet określa się mianem obszarów wykluczonych cyfrowo. Z terenów tych w szybkim tempie migruje otwarta na pomysły młodzież, która może przyczynić się do rozwoju danego regionu, co jeszcze bardziej pogłębia wykluczenie tych obszarów.

Szansą na rozwój obszarów, na których brak pobytu skutkuje brakiem oferty świadczenia usługi dostępu do sieci Internet przez podmioty komercyjne, jest pomoc dla inicjatyw lokalnych przy budowie sieci dostępowych. Osoby korzystające z Internetu szybciej znajdują pracę, chętniej korzystają z dodatkowych form aktywności gospodarczej i w krótkim czasie mogą umożliwić rozwój społeczności lokalnej.

W celu stymulowania działań samorządowych powstała ustawa o wspieraniu rozwoju usług i sieci telekomunikacyjnych. Nowe przepisy mają na celu znaczne ułatwienie inwestycji w nowoczesne technologie telekomunikacyjne. Czynią też samorządy odpowiedzialnymi za zapobieganie wykluczeniu cyfrowemu i szeroko pojęty rozwój informatyczny regionu, regulują także zakres możliwej pomocy dla działań w tym zakresie.

## 2. ROLA SZEROKOPASMOWEJ ŁĄCZNOŚCI BEZPRZEWODOWEJ

Nowoczesne technologie zapewniające szerokopasmowy dostęp do Internetu kojarzą się zwykle z liniami światłowodowymi. Jest to oczywiście medium najbardziej przyszłościowe, umożliwiające osiągnięcie najwyższych przepływności, jednak uwagę powinno się zwrócić także na technologie bezprzewodowe których unikalne cechy powodują, że są w wielu przypadkach niezastąpione. Cechy technologii bezprzewodowych w stosunku do systemów kablowych są przyczyną gwałtownego rozwoju telefonii komórkowej. W stałych sieciach radiowych zakładana jest stacjonarność użytkownika podczas korzystania z usługi. Przy takim założeniu istnieje możliwość zastosowania anten kierunkowych które pozwalają osiągnąć znaczny zasięg i pewność świadczonych usług przy akceptowalnych parametrach transmisji.

Do zalet sieci szerokopasmowych opartych na medium bezprzewodowym należy zaliczyć:

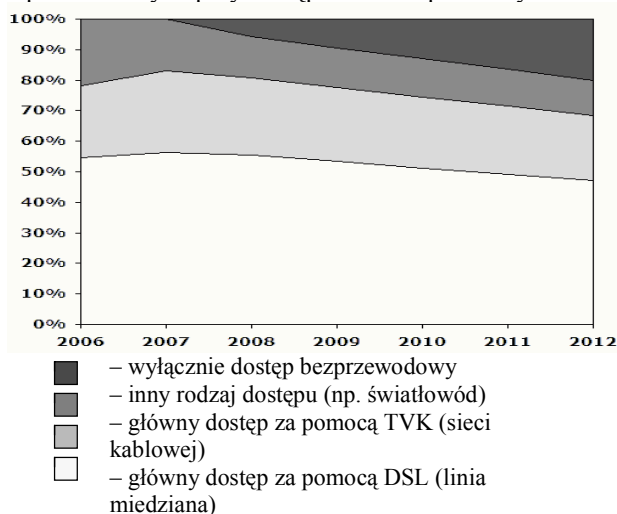
- mobilność, nomadyczność odbiorcy końcowego w obrębie zasięgu sieci radiowej,
- duży obszar świadczenia usługi z pojedynczej stacji bazowej.

- brak lub prosta do wykonania infrastruktura stała po stronie klienta,
- małe, względem innych technologii, koszty budowy infrastruktury
- krótki czas na planowania i instalacji,
- duże możliwości rozbudowy i skalowalność rozwiązania.

Opierając działanie sieci szerokopasmowej na technologii bezprzewodowej należy brać pod uwagę także wady tego rozwiązania:

- szybkie starzenie się zastosowanego sprzętu,
- względnie duże koszty utrzymania i serwisu,
- stosunkowo małe przepływności dla użytkowników końcowych w stosunku do rozwiązań kablowych.

Krótki czas budowy infrastruktury i możliwość świadczenia usług na dużym obszarze sprawia, że technologie bezprzewodowe są często najlepszym rozwiązaniem na obszarach zagrożonych wykluczeniem teleinformatycznym. Umożliwiają one popularyzację świadczonych usług, możliwe jest wypożyczanie terminali końcowych, szkolenia i prezentacje u przyszłych klientów. Istnieje także duże grono klientów, którzy bardzo cenią mobilność dostępu do Internetu, a czego nie mogą zaoferować szerokopasmowe sieci przewodowe. Poniższy rysunek pokazuje przewidywany wzrost ilości użytkowników korzystających z różnych rozwiązań bezprzewodowych przy dostępie szerokopasmowym.



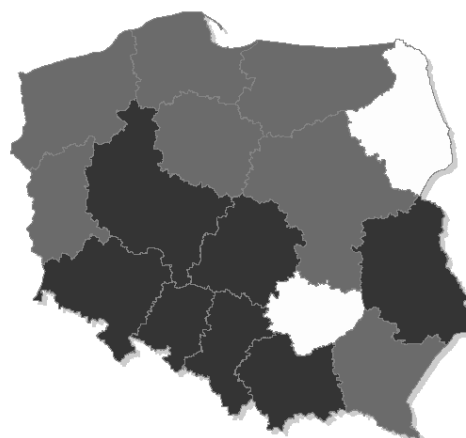
Rys. 2. Zakładane udziały poszczególnych technologii w podłączeniu gospodarstw domowych [2]

### 2.1. BIAŁE PLAMY NA MAPIE POLSKI

Ciągle jednym z najważniejszych czynników ograniczającym dostępność do sieci szerokopasmowej jest brak technicznych możliwości realizacji podłączenia. Jest to szczególnie istotny problem na obszarach mało zurbanizowanych, wiejskich o małej gęstości zaludnienia. Należy jeszcze raz podkreślić, że regiony takie są szczególnie narażone na migrację ludzi aktywnych i twórczych do większych miast, co może całkowicie zahamować rozwój lokalny. Są to obszary gdzie swój udział w popularyzacji szerokopasmowego dostępu do Internetu powinny odegrać samorządy.

W celu zidentyfikowania takich rejonów rejestrowane jest zgłaszane zapotrzebowanie na usługi

szerokopasmowe. Poniżej zamieszczona została mapa przedstawiająca liczbę zgłoszeń o braku technicznych możliwości podłączenia do sieci szerokopasmowej w różnych obszarach Polski.



- powyżej 1 zgłoszenia na 10 000 gospodarstw
- od 0,25 do 1 zgłoszenia na 10 000 gospodarstw
- poniżej 0,25 zgłoszenia na 10 000 gospodarstw

Rys. 3. Zapotrzebowanie na internet szerokopasmowy [3]

Brak oferty szerokopasmowego dostępu do sieci Internet spowodowany jest na tych regionach małym popytem na te usługi, co skutkuje nieopłacalnością inwestycji w infrastrukturę szerokopasmową przez podmioty komercyjne. Dla takich regionów bardzo pożądana jest pomoc samorządów i przeznaczanie funduszy pomocowych zarówno na rozwój sieci szerokopasmowych jak i zmianę świadomości (popularyzacją możliwości i korzyści, które daje szerokopasmowy dostęp do sieci Internet).

Na obszarach o małej dostępności przewodowej infrastruktury szerokopasmowej szczególnie korzystne są inwestycje w regionalne bezprzewodowe sieci szerokopasmowe wykonane w technologii WiMAX 3,6 – 3,8 GHz. Przy ogłaszanych przetargach na zagospodarowanie tego pasma samorządy otrzymały duże preferencje i tam gdzie skorzystano z tej oferty już w najbliższym czasie mogą zostać uruchomione bezprzewodowe sieci szerokopasmowe. Niski koszt jednostkowy podłączenia abonenta w technologii radiowej oraz krótki czas potrzebny na zaplanowanie i budowę infrastruktury umożliwia w krótkim czasie zapewnienie szerokopasmowego dostępu do sieci Internet dla mieszkańców obszarów o małej liczbie i gęstości potencjalnych klientów. Dodatkową zaletą wykorzystania technologii bezprzewodowej, szczególnie istotną na obszarach gdzie rozwija się dopiero zapotrzebowanie, jest możliwość stopniowego zwiększania przepustowości działającej sieci.

Dzięki temu można w łatwy sposób poprawić parametry świadczonych usług lub podłączyć większą liczbę klientów.

Siła technologii bezprzewodowych to nie tylko możliwość budowy sieci stałych stanowiących alternatywę dla łączności przewodowej na obszarach o małej podaży takich usług. Technologie radiowe umożliwiają także

zapewnienie docelowego dostępu do usług użytkownikom mobilnym, dla których sieci kablowe stanowią zbyt duże ograniczenie. Możliwość przemieszczania się klientów jest przecież największą zaletą dostępu radiowego.

Przy budowie lokalnej bezprzewodowej sieci szerokopasmowej już na etapie projektowania i wyboru częstotliwości pracy systemu warto wybrać technologię, która umożliwi w przyszłości świadczenie usług mobilnych i w ten sposób zapewni możliwość konkurencyjności klienta detalicznego z innymi, przyszłymi dostawcami usług.

W przypadku świadczenia usługi mobilnej ważna jest możliwość pracy urządzenia końcowego wewnątrz budynków, przy braku bezpośredniej widoczności stacji bazowej z wykorzystaniem propagacji NLOS (Non-line-of-sight propagation) oraz anten wbudowanych w terminal klienta. Założenie takie wymusza zastosowanie częstotliwości poniżej 4 GHz. W Polsce mobilne regionalne sieci szerokopasmowe oparte są na technologii WiMAX zgodnej ze standardem IEEE 802.16e pracują w zakresie częstotliwości 3,4 - 3,8 GHz.

Jeżeli w tworzonej sieci bezprzewodowej klientem docelowym ma być użytkownik instytucjonalny, przykładowo celem jest zapewnienie szerokopasmowego dostępu do sieci Internet dla jednostek samorządowych, znacznie ważniejsza niż możliwość dostępu mobilnego jest duża przepustowość budowanej sieci, co może zapewnić tylko szerokie pasmo dostępne w wyższych zakresach częstotliwości.

Dla rozwiązań powyżej 10 GHz konieczne jest jednak zapewnienie widoczności radiowej stacji bazowej przez terminal klienta – warunki propagacji LOS (Line-of-sight propagation). Możliwa jest za to budowa sieci oferującej przepływności zbliżone do sieci wykonanych w technologii miedzianej o przepływności sięgającej dziesiątków Mb/s do jednego użytkownika.

Wybór odpowiedniej technologii radiowej w zależności od celu w jakim jest budowana regionalna sieć szerokopasmowa jest kluczowym elementem planowania inwestycji.

### 3. FUNDUSZE PRZEZNACZONE NA ROZWÓJ INWESTYCJI TELEKOMUNIKACYJNYCH

Przeciwdziałanie wykluczeniu teleinformatycznemu oraz wspomaganie rozwoju sieci szerokopasmowych na obszarach z niedoborem tego rodzaju usług możliwe jest też dzięki współfinansowaniu inicjatyw mających na celu budowę infrastruktury stałej. Mała gęstość zaludnienia lub początkowy mały popyt na usługi dostępu szerokopasmowego powodują, że inwestowanie w rozwój sieci szerokopasmowych w niektórych regionach jest nieopłacalny.

Unia Europejska przeznaczyła znaczne środki finansowe na rozwój infrastruktury telekomunikacyjnej w Polsce, a beneficjentem tych środków są samorządy lokalne oraz małe i średnie przedsiębiorstwa. Jednostki samorządowe mogą pozyskiwać środki na budowę światłowodowych sieci szkieletowych, jak również na budowanie sieci dostępowej dla odbiorców indywidualnych. Ważne jest tu jednak zwrócenie uwagi na

aspekty rynkowe i takie zaplanowanie inwestycji żeby pobudzić lokalny popyt.

Część środków (POIG 8.3.) może być również przeznaczona na cele edukacyjne, na przykład kursy obsługi komputera czy popularyzację Internetu. Oprócz środków kierowanych do samorządów, fundusze pomocowe mają na celu także pobudzenie rozwoju małych firm świadczących usługi dostępu do Internetu jako ISP (ang. Internet Service Provider).

#### 3.1. ŚRODKI UNIJNE

W ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (PO IG) najbardziej interesujące jest działanie 8.4 *Zapewnienie dostępu do Internetu na etapie „ostatniej mili”*. Środki przeznaczone na realizację tego działania to kwota 200 mln EUR, z czego 170 mln EUR pochodzi ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Środki te przeznaczone są na dofinansowanie rozwoju sieci szerokopasmowych dostarczających usługę dostępu do Internetu na etapie tzw. ostatniej mili (dostarczanie Internetu bezpośrednio do użytkownika). Mogą służyć wspieraniu małych i średnich przedsiębiorców zamierzających świadczyć usługi szerokopasmowego dostępu do sieci Internet na obszarach, na których prowadzenie tej działalności na zasadach rynkowych jest nieopłacalne finansowo. Warto tu również wspomnieć o dostępnych dużych środkach z Regionalnych Programów Operacyjnych (RPO). Na rozwój społeczeństwa informacyjnego w ramach RPO przeznaczonych zostało ok. 1,28 mld EUR, w tym, na samą budowę sieci szerokopasmowych około 579 mln EUR. Środki te powinny stanowić wystarczającą zachętę dla inwestorów w rozwój sieci szerokopasmowego dostępu do Internetu dla obszarów z niedoborem takich usług.

### 4. ZASOBY CZĘSTOTLIWOŚCI DLA REGIONALNYCH SIECI RADIOWYCH

Czynnikami warunkującym parametry świadczonych usług jest częstotliwość pracy urządzeń radiowych. Zakres częstotliwości warunkuje wielkość obszaru gdzie możliwe jest świadczenie usług oraz limituje przepływność i parametry sieci szerokopasmowej. Odpowiedni wybór pasma pracy sieci radiowej jest kluczowy dla powodzenia całego przedsięwzięcia. Pierwszą decyzją, którą należy podjąć jest wybór pomiędzy częstotliwościami licencjonowanymi oraz pasmami częstotliwości niewymagającymi posiadania pozwolenia radiowego. Wybór ten jest bardzo ważny i należy go podjąć zależnie od zakładanego przeznaczenia sieci, a także dostępnych środków.

#### 4.1. PASMA NIELICENCJONOWANE

Praca urządzeń radiowych w zakresach częstotliwości nielicencjonowanych nie wymaga posiadania pozwolenia radiowego. Takie urządzenia radiowe może wykorzystywać każdy podmiot zarówno osoba prywatna jak i przedsiębiorca telekomunikacyjny.

Pracując w pasmach uwolnionych nie mamy gwarancji niezakłóconej pracy zainstalowanych urządzeń radiowych. Dodatkowo administracyjnie ograniczone są

maksymalne parametry pracy urządzeń, moc promieniowania i szerokość pasma pracy. Skutkuje to małym zasięgiem pojedynczej stacji nadawczej. Częstotliwości uwolnione przeznaczone są głównie do transmisji danych o ograniczonym zasięgu w warunkach domowych. Są one jednak od lat z powodzeniem wykorzystywane przez drobnych operatorów ISP na obszarach wiejskich o małej gęstości zaludnienia. Niska cena urządzeń radiowych pracujących w zakresach uwolnionych oraz brak opłat za prawo do wykorzystywania częstotliwości powodują, że opłacalne staje się świadczenie usług nawet dla kilku klientów.

Warunki pracy urządzeń w pasmach nielicencjonowanych reguluje Rozporządzenie w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego [4]. W aneksie 3 Rozporządzenia określone są maksymalne parametry urządzeń radiowych przeznaczonych do transmisji danych.

**Tabela 1.** Wybrane pasma zwolnione z obowiązku posiadania pozwolenia radiowego [3]

| Zakres częstotliwości | Maksymalna moc i gęstość promieniowania |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| 2400 - 2483,5 MHz     | 100 mW e.i.r.p; 10mW/1MHz               |
| 5150 - 5250 MHz       | 200 mW e.i.r.p; 0,25mW/25 kHz           |
| 5250 - 5350 MHz       | 200 mW e.i.r.p; 10 mW/1 MHz             |
| 5470 - 5725 MHz       | 1 W e.i.r.p; 50 mW / 1 MHz              |
| 24,00 - 24,25 GHz     | 100 mW e.i.r.p                          |

Należy mieć jednak świadomość, że lokalne sieci wykorzystujące systemy radiowe pracujące w pasmach nielicencjonowanych mają bardzo ograniczony czas działania, uruchamianie kolejnych urządzeń radiowych przez innych użytkowników powoduje, że z biegiem czasu świadczenie usług za pomocą zainstalowanych urządzeń może stać się niemożliwe i jedyną drogą dalszego działania będzie przejście na zakresy licencjonowane lub budowa sieci kablowej.

#### 4.2. ZAKRESY LICENCJONOWANE

Uruchomienie urządzenia radiowego pracującego w paśmie licencjonowanym wymaga posiadania pozwolenia radiowego. Pozwolenie takie wydawane jest przez Urząd Komunikacji Elektronicznej, który zajmuje się koordynowaniem i zarządzaniem dostępnymi zasobami częstotliwości. Otrzymanie pozwolenia radiowego na pracę urządzenia radiowego typu punkt – wiele punktów gwarantuje niezakłóconą pracę urządzeń radiowych na obszarze wskazanym w pozwoleniu radiowym, zgodnie z administracyjnym podziałem kraju.

Możemy, więc zapewnić klientom gwarancję jakości świadczonych usług szerokopasmowego dostępu do sieci. Za prawo do dysponowania zasobami częstotliwości konieczne jest uiszczenie rocznej opłaty zgodnie z obowiązującymi przepisami [5].

Wysokość rocznej opłaty za prawo do dysponowania 1 MHz widma częstotliwości na obszarze jednej gminy wynosi obecnie:

- na obszarze gminy miejskiej 125 zł,
- na obszarze gminy miejsko-wiejskiej 25 zł,

- na obszarze gminy wiejskiej 10 zł.

W tabeli 2 wymienione zostały pasma częstotliwości, które mogą zostać wykorzystane na potrzeby sieci szerokopasmowych przez systemy typu punkt – wiele punktów.

**Tabela 2.** Pasma licencjonowane typu pwp, gdzie wymagane jest posiadanie pozwolenia radiowego

| Zakres częstotliwości                  | Przeznaczenie pasma                                                             |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 3400-3600 MHz                          | Rezerwacje małoobszarowe, systemy WiMAX                                         |
| 3600 – 3800 MHz                        | Rezerwacje wielkoobszarowe, systemy WiMAX                                       |
| 5875 – 5925 MHz                        | Rezerwacje małoobszarowe, systemy ITS                                           |
| 5925 – 6425 MHz                        | Rezerwacje małoobszarowe, współdzielone z liniami radiowymi                     |
| 10,15 - 10,30 GHz<br>10,50 - 10,65 GHz | Rezerwacje średnioobszarowe, zbliżone do powiatów                               |
| 24,50-26,50 GHz                        | Rezerwacje małoobszarowe, pasmo współdzielone z liniami radiowymi, systemy LMDS |
| 27,5 - 29,5 GHz                        | Rezerwacje małoobszarowe, systemy LMDS                                          |
| 31,8 - 33,4 GHz                        | Rezerwacje małoobszarowe, pasmo współdzielone z liniami radiowymi, systemy LMDS |

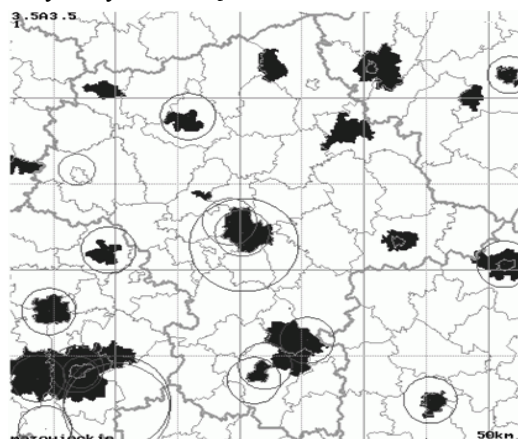
Warto zwrócić tu uwagę, na minimalny obszar dysponowania częstotliwością. W pasmach 3,5 GHz; 5,9 GHz; 26 GHz; 28 GHz oraz 32 GHz minimalnym obszarem wykorzystania częstotliwości jest obszar gminy. Dla pasma 10 GHz jest to obszar zbliżony do powiatu, zaś w paśmie 3,7 GHz obszar ten jest większy i składa się z kilku powiatów lub całego województwa. Wprowadzone ograniczenia związane są z koniecznością zapewnienia efektywnego gospodarowania częstotliwościami. W celu ochrony przed szkodliwymi zakłóceniami systemu radiowego wokół każdego obszaru wykorzystywania częstotliwości, istnieje obszar ochronny o szerokości 5 - 35 km uzależnionej od zakresu częstotliwości i warunków propagacyjnych, w którym nie mogą być uruchamiane inne systemy radiowe pracujące w tym samym kanale. Powoduje to powstanie białych plam wokół dużych obszarów miejskich, gdzie wykorzystywana jest większość dostępnego widma radiowego. Oznacza to, że często występuje sytuacja, że nie ma wolnych częstotliwości do budowy sieci radiowej na obszarach z deficytem takich usług, np. na obszarach wiejskich wokół miast.

Podmioty komercyjne będące dysponentem częstotliwości zwykle skupiają swoją działalność na terenie dużych miast, gdzie najłatwiej jest pozyskać klientów i sprzedać swoje usługi.

Sytuacja taka pokazana została na Rys. 4., gdzie ciemne obszary to gminy, na których działają urządzenia radiowe do świadczenia usług szerokopasmowego dostępu do sieci.

Na obszarach zaznaczonych kolorem białym nie jest możliwe uruchomienie własnych urządzeń radiowych przez inne podmioty z uwagi na możliwość wzajemnych potencjalnych zakłóceń. Temu niekorzystnemu zjawisku

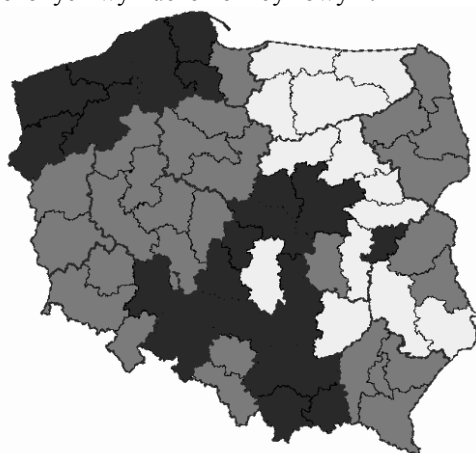
przeciwdziałać można właśnie poprzez odpowiednio duży obszar wykorzystania częstotliwości.



Rys. 4. Wykorzystanie częstotliwości w paśmie 3,5 GHz

W zakresie częstotliwości 3,600 - 3,800 GHz pierwsze 16 kanałów rozdysponowane zostało w 4 ogólnopolskich rezerwacjach częstotliwości, zaś pozostałe 12 kanałów są przeznaczone na rezerwacje wielkoobszarowe. W tym celu obszar Polski podzielony został na 62 obszary. W każdym obszarze do dyspozycji podmiotów przeznaczone zostało 28 MHz widma.

Podział na obszary rezerwacyjne, tam gdzie pozwalały na to warunki propagacyjne, przeprowadzony został zgodnie z podziałem administracyjnym, tak żeby pasmo to mogło zostać wykorzystane przez samorządy dla zapewnienia świadczenia usług mieszkańcom obszarów zagrożonych wykluczeniem cyfrowym.



- – zasoby dostępne
- – zasoby w dyspozycji samorządów
- – zasoby w dyspozycji podmiotów komercyjnych.

Rys. 5. Stan rezerwacji w paśmie 3,7 GHz

Kolejny interesujący zakres częstotliwości 5875-5905 MHz zgodnie z postanowieniami decyzji Komisji Europejskiej z dnia 5 sierpnia 2008 r. w sprawie zharmonizowanego wykorzystania widma radiowego przeznaczony został we wszystkich państwach członkowskich przeznaczony na potrzeby inteligentnych systemów transportowych (ITS). Z uwagi, na pokrywanie się w Polsce wskazanych częstotliwości z zakresem 5875-5925 MHz przeznaczonym dla świadczenia usług szerokopasmowych, dalszy rozwój systemów typu punkt-wiele punktów w paśmie 5875-5905 MHz nie jest planowany.

Do dyspozycji operatorów telekomunikacyjnych został poznaczony nowy zakres częstotliwości 5925 - 6425 MHz. W paśmie tym pracują już jednak systemy punkt – punkt, głównie operatorów komórkowych, więc częstotliwości te nie będą dostępne na terenie całego kraju. W zakresie tym minimalnym obszarem wykorzystania częstotliwości jest gmina.

Nowym dla operatorów telekomunikacyjnych pasmem częstotliwości przeznaczonym dla systemów punkt – wiele punktów jest zakres 10,15 - 10,30 GHz oraz 10,50 - 10,65 GHz. W paśmie tym działają systemy klasy LMDS, minimalny obszar wykorzystania częstotliwości jest tutaj zbliżony do powiatu. Warunkiem działania urządzeń w tym paśmie jest takie dobranie parametrów toru radiowego, aby wykorzystanie częstotliwości nie powodowało szkodliwych zakłóceń poza obszarem wykorzystania lub dysponowania częstotliwością. W zakresie tym nie są przewidziane obszary ochronne wokół stacji nadawczych tak jak ma to miejsce w innych zakresach częstotliwości. Podmioty wykorzystujące te same pasma częstotliwości na sąsiadujących obszarach powinny na zasadzie wzajemnych porozumień, określić zasady współpracy mając na uwadze równoprawny dostęp do częstotliwości.

Kolejne zakresy częstotliwości 24,50-26,50 GHz; 27,5-29,5 GHz; 31,8-33,4 GHz przeznaczone są głównie dla systemów w technologii LMDS i mogą być wykorzystywane na obszarze pojedynczych gmin. Przy tak wysokich częstotliwościach pracy, z uwagi na dużą kierunkowość anten terminali klienckich, zakłócenia sieci różnych operatorów występują sporadycznie. Warto zaznaczyć jednak, że pasma 26 GHz i 32 GHz współdzielone są z liniami radiowymi.

## 5. SYSTEMY BEZPRZEWODOWE STOSOWANE W SIECIACH REGIONALNYCH

Wybór odpowiedniej technologii radiowej jest uzależniony od wybranego zakresu częstotliwości. Na rynku dostępne są także rozwiązania firmowe, które nie są zgodne z żadnym z popularnych standardów. Wykorzystanie urządzeń tego typu powoduje uzależnienie się sieci od konkretnego dostawcy sprzętu oraz może powodować niewykorzystanie wszystkich zalet danej technologii. Warto, więc pomimo wyższych cen skorzystać z rozwiązań opartych na uznanych przez IEEE (*ang. Institute of Electrical and Electronics Engineers*) lub ETSI (*ang. European Telecommunications Standards Institute*) standardach radiowych.

### 5.1. SYSTEM WIMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) jest popularną nazwą technologii radiowej opartej na kolejnych standardach IEEE 802.16 i ETSI HiperLAN. Umożliwia ona świadczenie szerokopasmowego, radiowego dostępu do Internetu w promieniu 5-15 km. W Polsce system Wimax pracuje głównie w pasmach częstotliwości 3,4-3,8 GHz które umożliwiają łączność mobilną i pracę systemu przy braku bezpośredniej widoczności anten NLOS (Non-Line-Of-Sight). W ramach technologii Wimax wyróżnić można dwa standardy:

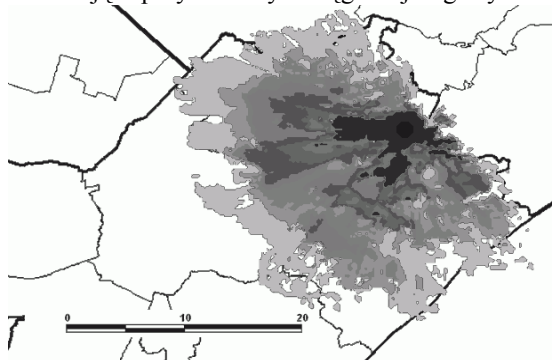
IEEE 802.16d - umożliwiający dostęp dla użytkowników nomadycznych (stacjonarnych podczas



wykorzystywania urządzenia radiowego), nie pozwala na dostęp mobilny.

IEEE 802.16e – nowszy standard umożliwiający obsługę użytkowników mobilnych. Zwiększona została również maksymalna moc promieniowania.

Maksymalną przepustowość urządzeń w technologii WiMAX szacuje się na 75 Mb/s, zaś maksymalne prędkości transmisji osiągane są w odległości do ok. 5-10 km od stacji bazowej. Systemy oparte o standard IEEE 802.16 d/e cieszą się dużym powodzeniem i stosowane są do świadczenia usług szerokopasmowych zarówno na obszarach wiejskich jak i miejskich. Główną wadą tego rozwiązania ograniczającą jego popularność dla klientów indywidualnych jest zbyt wysoka cena terminali klienckich. Poniżej została przedstawiona mapka przedstawiająca przykładowy zasięg stacji tego systemu.



Rys. 7. Przykładowy zasięg radiowy stacji Wimax działającej w paśmie licencjonowanym 3,7 GHz

## 5.2. SYSTEM LMDS

LMDS (Local Multipoint Distribution Services) jest technologią szerokopasmowego bezprzewodowego dostępu do Internetu, wykorzystująca transmisję radiową w paśmie wysokich częstotliwości 24-29 GHz, zasięg pojedynczej stacji bazowej wynosi tutaj około 3-5 km. Do poprawnego działania systemu wymagana jest bezpośrednia widoczność stacji bazowej i anten terminali klienckich, warunki propagacji LOS (ang. Line Of Sight). Technologia LMDS umożliwia transmisję o przepustowości przekraczającej 100 Mb/s do pojedynczego klienta. Systemy LMDS wykorzystywane są na terenach zurbanizowanych, korzystają z niej głównie klienci instytucjonalni, dla których duża prędkość transmisji jest bardziej istotna niż możliwości pracy mobilnej.

## 5.3. LINIE RADIOWE – SYSTEMY TYPU PUNKT - PUNKT

Radiowe łącza typu punkt-punkt (PtP) pracują w paśmie mikrofalowym w zakresie 6 GHz do 70 GHz, wykorzystywane są one głównie do połączeń z siecią szkieletową o dużej przepustowości. Dzięki zastosowaniu anteny o silnie kierunkowej charakterystyce

promieniowania i dużym zysku energetycznym możliwe jest osiągnięcie przepustowości od kilkudziesięciu Mb/s do pojedynczych Gb/s przy bezpośredniej widoczności anten radiowych.

## 3. PODSUMOWANIE

Bardziej szczegółowe informacje na temat budowy bezprzewodowych sieci szerokopasmowych można uzyskać na stronach Krajowego Forum Szerokopasmowego prowadzonego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka pod adresem <http://www.forumszerokopasmowe.pl/>. Na forum dostępne są poradniki na temat budowy sieci bezprzewodowych, opinie prawne dotyczące zagadnień związanych z budową sieci szerokopasmowej i problemami związanymi z pozyskaniem odpowiednich zezwoleń, a także inne przydatne wiadomości. Jest to także miejsce wymiany informacji pomiędzy osobami zaangażowanymi w budowę lokalnych szerokopasmowych sieci dostępowych.

## LITERATURA

- [1] Urząd Komunikacji Elektronicznej, „Diagnoza rynku szerokopasmowego w Polsce zasadność i zakres interwencji publicznej”, Warszawa, 2009.
- [2] Urząd Komunikacji Elektronicznej, „Strategia regulacyjna Prezesa UKE na lata 2010-2012”, Warszawa, 2010.
- [3] Urząd Komunikacji Elektronicznej, „Zgłoszenia użytkowników o braku dostępu do stacjonarnego szerokopasmowego Internetu na obszarze: kraju” Warszawa, 04.2010.
- [4] Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 3 lipca 2007 r. w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego, Dz. U. z dnia 1 sierpnia 2007 r.
- [5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 lutego 2005 r. w sprawie rocznych opłat za prawo do dysponowania częstotliwością; Dz. U. z dnia 10 lutego 2005 r.



**mgr inż. Arkadiusz Kurek**  
Urząd Komunikacji Elektronicznej  
Departament Zarządzania Zasobami  
Częstotliwości

ul. Kasprzaka 18/20,  
01-211 Warszawa

tel.: 22 539122  
e-mail: a.kurek@uke.gov.pl