

Pole elektromagnetyczne stacji radiodfuzyjnej w obszarze wielkomiejskim

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę pola elektromagnetycznego stacji radiodfuzyjnej w obszarze wielkomiejskim. Badaniu poddane zostało działanie systemu anten o częstotliwości 91,2 MHz. Rozpatrywany obszar o gęstej, wysokiej zabudowie mieszkalno-przemysłowej, częściowo zalesiony, wynosił 196689 ha. Wyniki przedstawiono w postaci map.

Abstract. The paper presents an analysis of the electromagnetic field of the broadcasting stations in the metropolitan area. The study has been subjected to the system of antennas with frequency 91.2 MHz. Analyzed area of dense, high residential and industrial construction, partially wooded, was amounted to 196,689 hectares. Results are presented as maps. **(The electromagnetic field of the broadcasting station in the urban area)**

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, radiodfuzja, propagacja fal elektromagnetycznych, radiokomunikacja

Keywords: electromagnetic field, broadcasting, propagation electromagnetic waves, radiocommunication

Wprowadzenie

Wyznaczenie pola elektromagnetycznego stacji radiodfuzyjnej w rzeczywistych warunkach jest zadaniem trudnym. Na pracę stacji radiowej i kształt jej charakterystyki ma wpływ wiele czynników, zarówno wewnętrznych związanych z parametrami technicznymi jak i zewnętrznych związanych z ogólnie rozumianymi warunkami środowiskowymi. Nadawanie sygnałów, a także ich odbiór i odtwarzanie zależą od układu i konstrukcji urządzeń przeznaczonych do tych celów. W każdym miejscu, czasie i zakresie częstotliwości istnieją określone warunki propagacyjne, których znajomość jest konieczna do optymalnego projektowania i wykorzystania systemów radiokomunikacyjnych.

Zakres fal UKF jest bardzo ważny, ponieważ wykorzystują je służby radiokomunikacyjne. Fale tego zakresu rozchodzą się głównie jako fala przyziemna mająca dwie składowe: bezpośrednią i odbitą. Nierówności powierzchni i niejednorodność gruntu wywierają duży wpływ na rozprzestrzenianie się tych fal. Na skutek interferencji fal z wielokrotnych odbić obserwuje się znaczne zmiany natężenia pola przy przejściu z jednego miejsca do drugiego [1,2].

Bardzo trudne jest osiągnięcie dużego natężenia pola w terenie zabudowanym. Zwykle nie występuje wtedy fala bezpośrednia, a fale docierające do anteny odbiorczej są wynikiem odbicia, rozproszenia i dyfrakcji. Następuje zjawisko propagacji wielodrogowej, gdy sygnał dociera do odbiornika wieloma drogami o różnym czasie propagacji i poszczególne fale dodają się wektorowo w antenie odbiorczej. Rozciągnięcie sygnału może powodować interferencje, co ogranicza maksymalną szybkość transmisji. Jeśli nadajnik i odbiornik są nieruchome, poziom sygnału jest w zasadzie stały w funkcji czasu poza możliwymi fluktuacjami atmosferycznymi. Gdy odbiornik znajduje się w ruchu poziom sygnału zmienia się w zależności od warunków propagacji i mogą wystąpić okresowe jego zaniki mające charakter selektywny zależnie od częstotliwości. Ze względu na poruszanie się występuje efekt Dopplera, który przesuwa widmo sygnału na osi częstotliwości. Do tych zjawisk dochodzą zakłócenia współkanałowe i sąsiedniokanałowe, a także szумы atmosferyczne i przemysłowe – ich poziom maleje ze wzrostem częstotliwości. Wewnątrz pomieszczeń wytwarza się fala stojąca, która może spowodować zanik sygnału w pewnych punktach.

Najczęściej stosowana do odbioru jest najprostsza i najtańsza antena czyli dipol półfalowy, jednak nie w każdych warunkach zapewnia ona prawidłowy odbiór stereofoniczny. Prawidłowy odbiór mogą zapewnić wieloelementowe anteny zewnętrzne usytuowane na odpowiedniej wysokości (zaleca się 10m n.p.t). W celu jeszcze większej poprawy jakości sygnału w obszarach znajdujących się w dalszej odległości od nadajnika istniejącą instalację antenową warto uzupełnić o odpowiednio dobrany wzmacniacz małoszumowy.

Pomiarami pola elektromagnetycznego stacji radiodfuzyjnych w Polsce zajmują się obecnie: Departament Techniki wchodzący w skład Krajowej Rady Radiofonii i Telewizji oraz Wydział Kontroli Radiowej i Zwalczenia Zakłóceń, jako jednostka Urzędu Komunikacji Elektronicznej. W pracach naukowych poruszane są zagadnienia propagacji fal radiowych, kontroli emisji radiowych [1,2] oraz monitoringu pól elektromagnetycznych [3].

W niniejszej pracy wyznaczono pole elektromagnetyczne stacji radiodfuzyjnej o częstotliwości 91,2 MHz w obszarze skupiska wielkich miast, na przykładzie aglomeracji Śląskiej (GOP). Rozważany analizie teren, na którym umiejscowiona jest stacja nadawcza, charakteryzuje się zróżnicowaną rzeźbą terenu i gęstą zabudową mieszkalno – przemysłową. Poddany analizie obszar wynosił 196689 ha i obejmował w całości: Chorzów, Czeladź, Piekary Śl., Siemianowice Śl., Świętochłowice oraz częściowo: Katowice, Bytom, Zabrze, Będzin, Radzionków, Mysłowice, Sosnowiec, Rudę Śl., Dąbrowę Górniczą i fragmentarycznie Jaworzno oraz Mikołów. Aglomeracja górnośląska traktowana jest jako skupisko wielkomiejskie, a czternaście miejscowości należy do Górnośląskiego Związku Metropolitalnego SILESIA, które w przyszłości ma stworzyć jeden organizm miejski.

Parametry emisji

W procesie projektowania systemów łączności, w celu ograniczenia wzajemnych zakłóceń, bierze się pod uwagę separację geograficzną radiostacji naziemnych tzw. odległości konieczne i separację sąsiedniokanałową. Stąd konieczność podawania danych związanych z umiejscowieniem systemu nadawczego, które definiują szereg parametrów mających istotny wpływ na ich wzajemne współistnienie.

Źródłem rozpatrywanego pola elektromagnetycznego była stacja nadawcza o następujących parametrach: Współrzędne geograficzne - N 50° 17' 20", E 19° 03' 23"

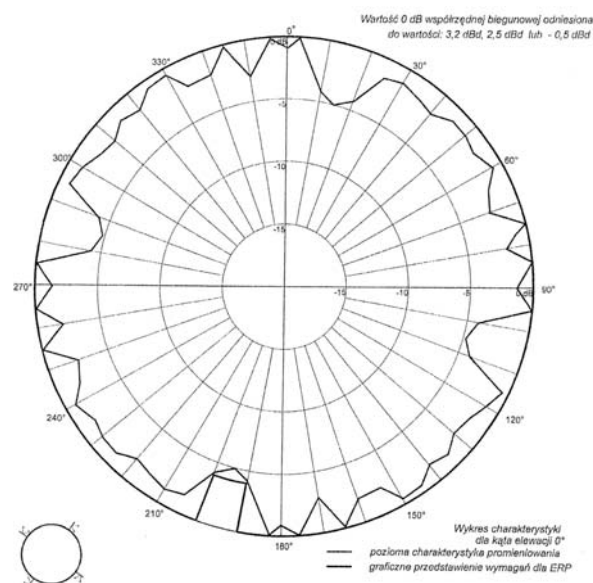
Wysokość terenu w punkcie lokalizacji stacji - 267m n.p.m.
 Wysokość środka elektrycznego anteny - 195m n.p.t.
 Częstotliwość - 91,2 MHz
 Charakterystyka promieniowania anteny - kierunkowa ERP
 w sektorze: 190-200 / 0,8 kW
 Polaryzacja - pionowa V (vertical)
 Maksymalna zastępcza moc promieniowania - 2 kW (ERP)
 Maksymalna dewiacja częstotliwości - 75 kHz
 System emisji - z tonem pilotującym.

Do emisji wykorzystano nadajnik typu TX03KSS/9V o znamionowej mocy wyjściowej 3 kW. Wraz z programem radiowym emitowany jest kod RDS PI 32CC. Wykorzystane są również funkcje RDS: PI (Programme Identification - czterocyfrowy kod identyfikacyjny stacji), PS (Programme Service - nazwa stacji), PTY (Programme Type - informacje o charakterze nadawanego programu), TP (Traffic Programme), AF (Alternative Frequencies)

Fale UKF rozchodzą się jako fale przyziemne prostoliniowo, a ich zasięg zależy od bezpośredniej widoczności, dlatego anteny nadawcze umieszcza się na wysokich obiektach lub konstrukcjach. Rozpatrywany układ anten nadawczych jest zamontowany na kominie i składa się z jednego piętra i 4 jednostek antenowych w układzie tangensoidalnym, mocowanych na konstrukcjach do płaszcza komina na azymutach 35°, 125°, 215°, 305°. Na rysunku 1 przedstawiono usytuowanie anten na kominie. Na rysunku 2 przedstawiono charakterystykę promieniowania systemu zgodnie z dokumentacją techniczną.



Rys. 1. Anteny nadawcze na kominie



Rys. 2. Charakterystyka promieniowania anteny

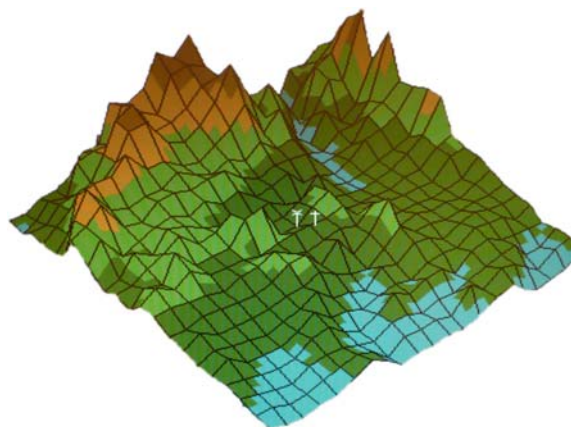
Jednostkę antenową stanowi dipolowa antena nadawcza UKF 465553 o parametrach technicznych :

Polaryzacja	: pionowa V
Zysk energetyczny układu anteny	: 3,2 dBd
Zysk energetyczny anteny	: 2,5 dBd; 1,8 W/W
Zysk energetyczny układu antenowo-fiderowego:	-0,5 dBd; 0,891 W/W
Częstotliwość	: 91,2 MHz
Moc wyjściowa nadajnika	: 2,25 kW
Skuteczna moc promieniowania	: 2,0 kW

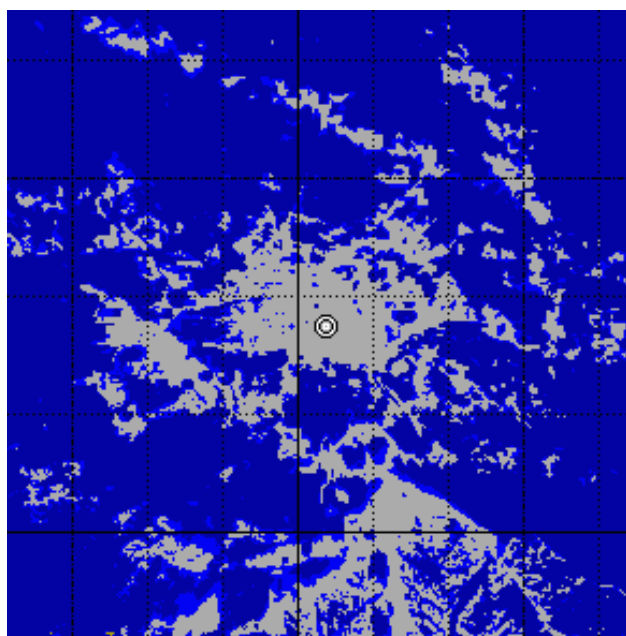
Warunki emisji

Powierzchnia rozpatrywanego terenu wynosi 196 689 ha, a liczba mieszkańców ponad dwa miliony. Poddany analizie teren, na którym umiejscowiona jest stacja nadawcza charakteryzuje się gęstą, zwartą, wysoką zabudową mieszkalno – przemysłową. Wywołuje to odbicia i rozproszenia. Na silne wytłumienie sygnału ma również wpływ zróżnicowane ukształtowanie terenu oraz jego duże zalesienie.

Zasięg nadajników UKF jest ograniczony w zasadzie do bezpośredniej widoczności anten, dlatego ważne jest wyznaczenie miejsc widocznych i niewidocznych. Mają na nie wpływ zarówno warunki terenowe jak i usytuowanie anteny. Na rysunku 3 przedstawiono trójwymiarowy model terenu. Antena nadawcza oznaczona jest symbolem „X”.



Rys. 3. Perspektywa mapy terenu

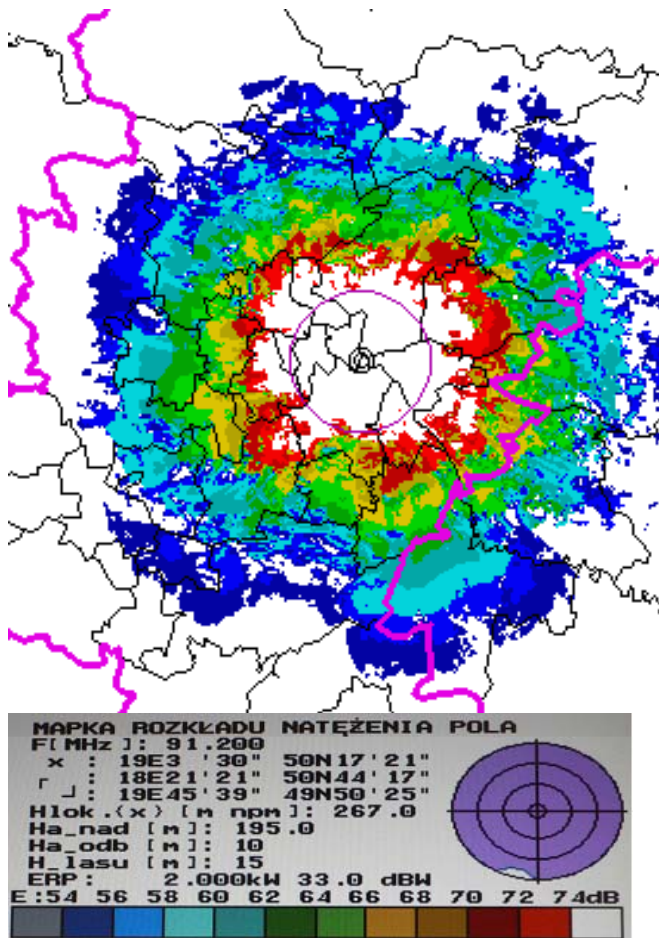


Rys. 4. Mapa miejsc niewidocznych

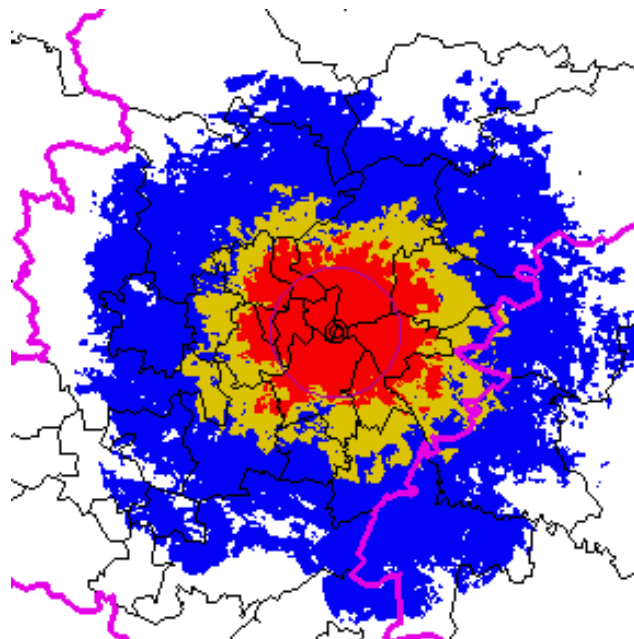
Na rysunku 4 pokazano obszary widoczności radiowej. Kolorem szarym oznaczono miejsca widoczne, niebieskim miejsca częściowej widoczności (tzn. niewidoczne przy niższej antenie i widoczne przy wyższej), granatowym miejsca niewidoczne. Mapa została wykreślona w oparciu o cyfrowy model terenu z przyjętymi warunkami: wysokość minimalna $h_{min} = 2m$, wysokość maksymalna $h_{max} = 10m$, wysokość lasu $h_{lasu} = 15m$.

Wyniki obliczeń

Podstawą wszelkich obliczeń propagacyjnych fal elektromagnetycznych są zalecenia przedstawione w rekomendacjach ITU-R [4,5]. Zgodnie z tymi zaleceniami, za pomocą oprogramowania MTV wykonano symulacje pola radiowej stacji nadawczej o zdefiniowanych wyżej parametrach i symulowanych warunkach. Wyniki obliczeń w formie teoretycznych map rozkładu pola elektromagnetycznego pokazano na rysunkach 5 i 6. Obie mapy zostały wygenerowane metodą wyznaczania wartości natężenia pola przekraczanych w 50% czasu. Zasięg maksymalny dla zadanego poziomu sygnału pokazany jest w postaci obszaru. Obie mapy na rysunkach 5 i 6 wypełniają kwadrat o długości boku odpowiadającym 100 km. Pierwszą z nich, przedstawioną na rysunku 5, wyznaczono z gradacją 2 dB. Drugą mapę, pokazaną na rysunku 6, wykonano po wymianie kolorów zgodnie z przyjętymi parametrami według zaleceń rekomendowanych [6]. Na mapie (Rys.6) odpowiednio oznaczono kolorami: Niebieskim – wartość sygnału stereofonicznego dla obszaru wiejskiego z zakresu $54 \div 66$ dB, Żółtym – wartość sygnału stereofonicznego dla obszaru miejskiego z zakresu $66 \div 74$ dB,



Rys.5. Rozkład pola elektromagnetycznego



Rys.6. Mapa z warunkami odbioru dla wartości chronionych sygnału

Czerwonym – wartość sygnału stereofonicznego dla obszaru wielkomiejskiego z zakresu powyżej 74 dB.

Bardzo niewiele w porównaniu do obszaru wielkomiejskiego jest miejsc, gdzie sygnał jest na poziomie dla obszaru miejskiego. Natomiast wartości sygnału dla obszaru wiejskiego zajmują największą część mapy, nawet w miejscowościach ściśle określonych wchodzących w skład aglomeracji wielkomiejskiej takich jak Gliwice.

Podsumowanie

Przeprowadzone obliczenia pozwoliły uzyskać obraz pola elektromagnetycznego stacji nadawczej w obszarze wielkomiejskim. Rozpatrywany obszar obejmował tereny z wysoką zabudową, zróżnicowaną rzeźbą terenu i zalesieniem. Wpłynęło to niewątpliwie na rozkład pola elektromagnetycznego badanej stacji. Powstające cienie elektromagnetyczne od zabudowy wielkomiejskiej powodują, że istnieją obszary, gdzie pole jest słabsze, a odbiór pogorszony. Na badanym obszarze wykonano również pomiary pola elektromagnetycznego stacji radiowej, co będzie przedmiotem następnego artykułu.

Autorzy: dr inż. Katarzyna Ciosk, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Informatyki, Elektroniki i Elektrotechniki, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, E-mail: k.ciosk@tu.kielce.pl; inż. Roman Żyła, E-mail: chagnes@interia.pl

LITERATURA

- [1] Bem D.J. : Anteny i rozchodzenie się fal radiowych, WNT, Warszawa, 1973
- [2] Szóstka J.: Fale i anteny, WKŁ, Warszawa, 2000
- [3] Bieńkowski.P., Koszałkowski W.: Monitoring pól elektromagnetycznych w obszarach miejskich, Krajowa Konferencja Radiokomunikacji Radiofonii i Telewizji, Kraków, 2005
- [4] Recommendation ITU-R P.370: VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz, Genewa 1995
- [5] Recommendation ITU-R P.1546: Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz, Genewa 2001
- [6] Recommendation ITU-R BS.412-9: Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF , Genewa 1998