

# KOLOKACJA SYSTEMÓW BEZPRZEWODOWYCH NA OBIEKTACH MOBILNYCH

**Janusz ROMANIK, Krzysztof KOSMOWSKI, Edward GOLAN,  
Adam KRAŚNIEWSKI**

Zakład Radiokomunikacji i Walki Elektronicznej  
Wojskowy Instytut Łączności  
05-130 Zegrze, ul. Warszawska 22 A

## Streszczenie

*W referacie przedstawiono analizę, której celem było zaplanowanie właściwego rozmieszczenia anten na pojeździe opancerzonym, wyposażonym w radiostacje VHF, UHF, radary rozpoznania pola walki i zintegrowane sieci sensorów. Obiektem, dla którego przeprowadzono rozważania był Wielosensorowy System Rozpoznania i Dozorowania (WSRiD), przeznaczony do rozpoznawczego wsparcia zadań realizowanych przez Grupy Bojowe w Polskich Kontyngentach Wojskowych (PKW). WSRiD został zbudowany na bazie KTO ROSOMAK i jest wyposażony w sensory zintegrowane bezprzewodowo. Do realizacji swoich zadań, oprócz środków łączności radiowej, WSRiD został wyposażony w radar rozpoznania pola walki, system miniBSP i wynośny system samoosłony. Łącznie na tym obiekcie znajdują się urządzenia nadawczo-odbiorcze mogące wykorzystywać 10 różnych pasm częstotliwości. Aby zagwarantować kompatybilną pracę urządzeń, wykonano analizę źródeł zakłóceń oraz określono częstotliwości i moc sygnałów harmonicznych pokrywających się z pasmami pracy innych urządzeń wchodzących w skład systemu. Na tej podstawie stwierdzono, że źródłem zakłóceń o największym wpływie na pozostałe urządzenia jest radiostacja VHF, pracująca w zakresie od 80 MHz do 87,75 MHz z maksymalną mocą 50 W. Biorąc pod uwagę ustaloną lokalizację anteny radiostacji VHF oraz wstępnie wybrane lokalizacje anten sensorów określono rozkład natężenia pola elektro-magnetycznego. Pozwoliło to na oszacowanie poziomu pogorszenia czułości urządzeń odbiorczych sensorów. W rezultacie określono docelowe lokalizacje anten, dobrano pasma pracy urządzeń nadawczo-odbiorczych sensorów oraz określono warunki stosowania łączności radiowej z wykorzystaniem radiostacji VHF.*

## 1. WSTĘP

Powszechna tendencja wprowadzania systemów wykorzystujących łączność bezprzewodową na coraz niższe szczeble dowodzenia skutkuje koniecznością montowania na pojazdach coraz większej liczby urządzeń nadawczo-odbiorczych. Jeśli urządzenia te pracują w tych samych lub sąsiednich pasmach częstotliwości a ich anteny są oddalone na niewielką odległość, mogą występować wzajemne zakłócenia interferencyjne lub blokowanie odbiorników radiowych. Te niekorzystne zjawiska są spowodowane nakładaniem się fal radiowych o różnych częstotliwościach a pochodzących z różnych źródeł i kierunków. W efekcie do odbiornika dociera zarówno fala użyteczna jak i wiele fal niepożądanych, co prowadzi do sytuacji, w której mimo wystarczającego poziomu sygnału użytecznego (przekroczenia wymaganej minimalnej wartości natężenia pola elektrycznego) w danym miejscu i czasie odbiór nie jest możliwy wskutek silnych sygnałów zakłócających. Aby zminimalizować to zjawisko przeprowadza się analizę kompatybilności elektromagnetycznej, zwykle wspomaganą komputerowo, pozwalającą na dokonanie oceny prawdopodobieństwa wzajemnych zakłóceń w zależności od parametrów poszczególnych urządzeń radiowych (lokalizacji, parametrów nadajnika i odbiornika, itp.). W wyniku takiej analizy można zapewnić kompatybilną pracę urządzeń i zapobiec powstawaniu zakłóceń interferencyjnych lub je zminimalizować już na etapie przygotowania czy oceny możliwości wykorzystania danego pasma częstotliwości na potrzeby projektowanego systemu. W referacie przedstawiono analizę przeprowadzoną na potrzeby Wielosensorowego Systemu Rozpoznania i Dozorowania (WSRiD), który jako element mobilny przeznaczony jest do rozpoznawczego wsparcia zadań realizowanych przez Grupy Bojowe w Polskich Kontyngentach Wojskowych (PKW). Obiekt ten został wyposażony w środki łączności radiowej, radar rozpoznania pola walki, system miniBSP i wynośny system samoosłony. Łącznie na tym obiekcie

zabudowanym na bazie KTO ROSOMAK znajdują się urządzenia nadawczo-odbiorcze mogące wykorzystywać 10 różnych pasm częstotliwości.

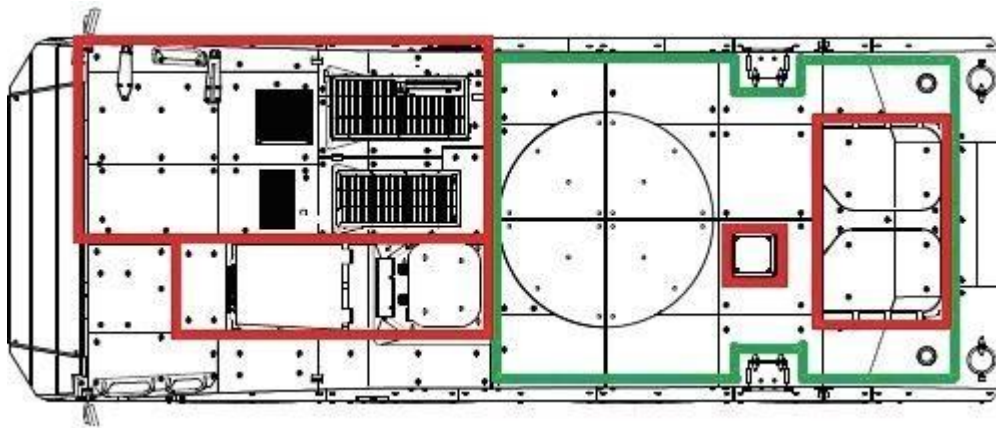
W referacie przedstawiono analizę rozkładu natężenia pola elektromagnetycznego pochodzącego od anten środków radiowych. Wyniki analizy posłużyły do zaplanowania właściwego rozmieszczenia anten radarów i sieci sensorów, doboru ich pasm pracy oraz określenia warunków stosowania łączności radiowej dla radiostacji VHF.

## 2. CHARAKTERYSTYKA ŚRODKÓW RADIOWYCH I MOŻLIWOŚCI ROZMIESZCZENIA ANTEN

Do realizacji swoich zadań WSRiD został wyposażony w następujące środki rozpoznania i łączności pracujące, odpowiednio, w pasmach częstotliwości:

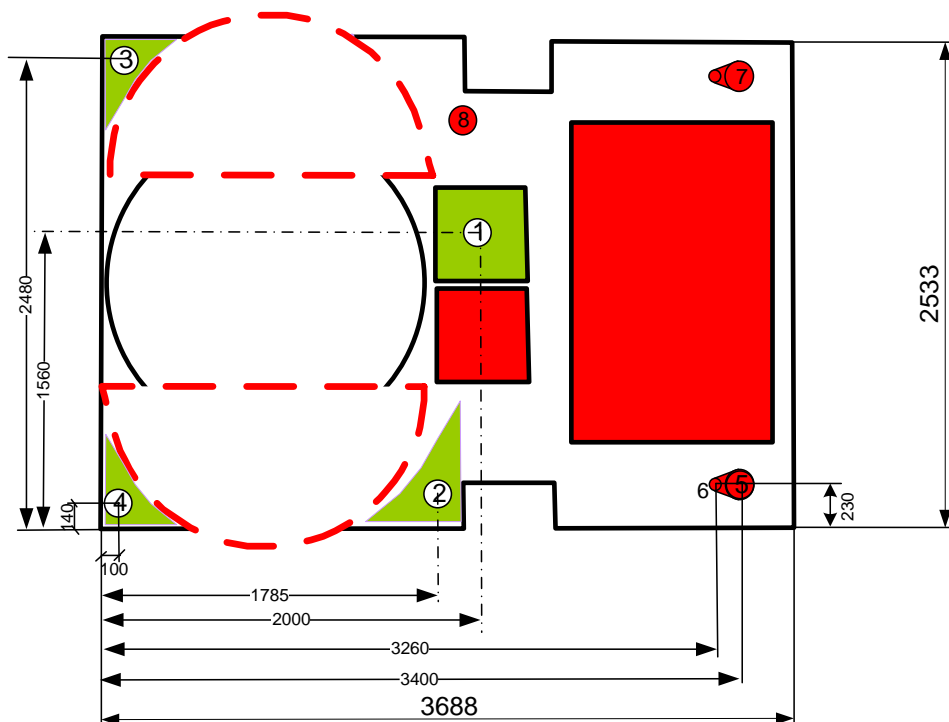
1. Urządzenie nadawczo-odbiorcze mini BSP (stacja naziemna 4.4÷5 GHz),
2. Urządzenia nadawczo-odbiorcze wyośnej głowicy obserwacyjnej (PSH) i miniaturowego radaru detekcji ruchu (MRDR) – (WLAN 802.11g 2.40÷2.48 GHz, 433.92 MHz oraz 434.42 MHz),
3. Urządzenie nadawczo-odbiorcze systemu czujek akustosejsmicznych (SAS) (410÷470 MHz, 868÷870 MHz i 915÷921 MHz),
4. Radar Rozpoznania Pola Walki (9.74÷10.3 GHz),
5. Radiostacja RRC 9310 AP (30÷88 MHz),
6. Radiostacja osobista PNR-500 (400÷450 MHz),
7. Odbiornik GPS,

Dodatkowo producent KTO przewidział możliwość zainstalowania na pojeździe urządzenia zakłócającego DUKE oraz radiostacji szerokopasmowej IP. Możliwości rozmieszczenia anten poszczególnych urządzeń są zatem ograniczone ze względu na konstrukcję obiektu oraz lokalizacje anten dotychczas wykorzystywanych, lub planowanych do wykorzystania systemów łączności. Na Rys. 1 kolorem zielonym zaznaczono wyznaczone przez producenta KTO ROSOMAK strefy możliwej zabudowy.



**Rys. 1 Strefy możliwej zabudowy (rys. WZM Siemianowice)**

Na potrzeby analiz rozkładu natężenia pola elektromagnetycznego i oceny potencjalnego zakłócania się urządzeń, wstępnie przyjęto rozmieszczenie anten zgodnie z Rys. 2. Kolorem czerwonym zaznaczono powierzchnie, na których nie można rozmieścić anten oraz miejsca, w których już przewidziano montaż systemów antenowych. Kolorem zielonym zaznaczono strefy, w których można rozmieścić dodatkowe systemy antenowe.



**Rys. 2 Potencjalne strefy zabudowy anten**

- Lokalizacja 5 – radiostacja VHF,
- Lokalizacja 6 – radiostacja PNR,
- Lokalizacja 7 – dla anteny DUKE,
- Lokalizacja 8 – przewidywane miejsce montażu radiostacji szerokopasmowej.

### 3. IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW ZAKŁÓCAJĄCYCH

Dla zidentyfikowania czynników zakłócających wzięto pod uwagę:

- częstotliwości, na których może pracować więcej niż jedna radiostacja,
- częstotliwości harmoniczne, które mogą zakłócać kanały pracy innych radiostacji,
- zakłócenia sąsiednio-kanałowe.

Pierwszym etapem była identyfikacja częstotliwości, na których może pracować kilka urządzeń. Z analizy danych technicznych środków radiowych wynika, że w paśmie częstotliwości 400÷470 MHz pracują następujące urządzenia nadawczo-odbiorcze UHF: systemu PSH i MRDR (433.92 MHz i 434.42 MHz), czujek SAS (410÷470 MHz) oraz radiostacja osobista PNR-500 (400÷450 MHz).

Kolejnym krokiem była identyfikacja częstotliwości harmonicznych, które mogą zakłócać kanały pracy innych radiostacji. Po analizie danych założono możliwość wpływu harmonicznych radiostacji VHF z zakresu 80÷88 MHz na pracę urządzeń w paśmie 410÷470 MHz. Ponadto pierwsza harmoniczna częstotliwości pracy radiostacji PNR-500 może mieć negatywny wpływ na pracę odbiornika SAS w paśmie 868÷870 MHz. Możliwy jest również wpływ harmonicznych radiostacji PNR-500 i urządzenia nadawczo-odbiorczego czujek SAS (410÷470 MHz) na pracę środków pracujących w paśmie 2.4÷2.48 GHz (WLAN).

W procesie identyfikacji czynników zakłócających należało także przeanalizować wpływ zakłóceń sąsiedniokanałowych. Zgodnie z [7] i [8] 99% całkowitej średniej emitowanej mocy urządzeń nadawczych VHF powinna być zawarta w paśmie 25kHz. Moc jakiegokolwiek emisji ubocznej nie powinna być większa od -40dBc w zakresie częstotliwości ±25kHz wokół częstotliwości nośnej ani nie powinna być większa od -60dBc dla częstotliwości znajdujących się w odległości od 25kHz do 62,5kHz od częstotliwości nośnej.

Zgodnie z [5] oraz [6] w przypadku urządzeń nadawczych UHF 99% całkowitej średniej emitowanej mocy powinno być zawarte w paśmie 25kHz. Moc jakiegokolwiek emisji ubocznej nie powinna być większa od -40dBc w zakresie częstotliwości  $\pm 100$ kHz wokół częstotliwości nośnej oraz nie powinna być większa od -60dBc dla każdej innej częstotliwości. Zakładając, że urządzenia radiowe montowane na KTO ROSOMAK spełniają wymagania ww. norm w pierwszym przybliżeniu można przyjąć, że wpływ zakłóceń sąsiedniokanałowych jest pomijalny. Założono zatem, że podstawowym źródłem ewentualnych zakłóceń mogą być częstotliwości harmoniczne. Ze względu na dużą moc z jaką nadaje radiostacja VHF czynnikiem zakłócającym pracę urządzeń w paśmie 410÷470 MHz mogą być jej częstotliwości harmoniczne zakresu 80÷88 MHz. Zmierzone poziomy tych harmonicznych zamieszczono w tabeli poniżej.

**Tabela 1 Poziom harmonicznych radiostacji VHF**

Częstotliwość rdst. VHF [MHz]	4-ta harm.		5-ta harm.	
	Częstotliwość [MHz]	Poziom [dBm]	Częstotliwość [MHz]	Poziom [dBm]
81	405	-----	486	-----
82	410	-----	492	-----
83	415	-68.9	498	-----
84	420	-65	504	-----
85	425	-51	510	-53.6
86	430	-35,7	516	-45.1
87	435	-22.5	522	-33.7

Jak pokazują dane zamieszczone w tabeli, poziomy niektórych harmonicznych są bardzo wysokie. Zatem w przypadku wykorzystywania przez radiostację VHF zakresu częstotliwości 83÷88 MHz należy liczyć się z możliwymi zakłóceniami w paśmie 415 MHz÷435 MHz, w którym przewidywana jest praca urządzeń nadawczo-odbiorczych UHF systemu PSH i MRDR, czujek SAS oraz radiostacji PNR-500.

#### 4. WYZNACZENIE NATEŻENIA POLA ELEKTRYCZNEGO DLA SYGNAŁÓW NIEPOŻĄDANYCH

Zgodnie z przeprowadzonymi wcześniej rozważaniami, największy wpływ na pracę pozostałych systemów mogą mieć częstotliwości harmoniczne radiostacji VHF. Z tego względu w pierwszej kolejności określono odległości w jakich powinny zostać rozmieszczone anteny potencjalnie zakłócanych systemów, aby pracująca radiostacja VHF nie pogarszała ich czułości.

##### 4.1. Określenie obszarów o poziomach sygnałów harmonicznych mogących powodować pogorszenie czułości odbiorników UHF

Dla określenia, w jakiej odległości od anteny radiostacji VHF powinny zostać rozmieszczone anteny urządzeń UHF przyjęto szereg założeń. Na podstawie wcześniej wykonywanych pomiarów środków radiowych przyjęto, że czułość środowiskowa (czułość odbiornika zainstalowanego na pojeździe z dołączoną anteną) zazwyczaj jest gorsza o około 20dB od czułości użytkowej uzyskiwanej w pomiarach laboratoryjnych. Przyjęto również, że pomierzone harmoniczne podlegają 3dB stratom w układzie fider - antena nadawcza (nie bierze się pod uwagę niedopasowania i VSWR).

Zgodnie z [4] maksymalny zasięg występowania obszaru o wartościach natężenia pola wyższych od dopuszczalnych dany jest wzorem:

$$r_{\max} = \frac{1}{E_{\text{dop}}} \sqrt{30P_{\text{pr}}G}, \quad (1)$$

gdzie:

- $E_{\text{dop}}$  - dopuszczalny poziom natężenia pola [V/m];
- $P_{\text{pr}}$  - moc promieniowana [W];
- $G$  - zysk anteny.

Znając czułość użytkową urządzeń nadawczo-odbiorczych i przyjmując, że została ona określona standardowo - dla SINAD 12dB - można na tej podstawie określić, jaki jest poziom sygnałów zakłócających, przy którym została zmierzona. Przekształcając zależność

$$\text{SINAD} = 10 \log \left( \frac{P_{\text{syg}} + P_{\text{szum}} + P_{\text{int}}}{P_{\text{szum}} + P_{\text{int}}} \right) \quad (2)$$

poziom sygnałów zakłócających (szum+interferencje) dany jest wzorem:

$$P_{\text{szum}} + P_{\text{int}} = \frac{P_{\text{syg}}}{14,84} \quad (3)$$

Wartość napięcia na dopasowanym obciążeniu anteny odbiorczej [2], [4]:

$$U = E \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot G_i}{120}}, \quad (4)$$

gdzie:

- $U$  - skuteczna wartość napięcia na dopasowanym obciążeniu anteny  $R$ , [V];
- $E$  - skuteczna wartość natężenia pola odbieranej fali e-m, [V/m];
- $\lambda$  - długość fali [m];
- $R$  - dopasowana oporność obciążenia anteny, [ $\Omega$ ]
- $G_i$  - zysk anteny względem źródła izotropowego [W/W], (dla dipola półfalowego  $G_i = 1,64$  W/W).

Dla anteny o impedancji 50  $\Omega$  wzór ten przyjmuje postać:

$$U = 0,83 \cdot E \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \quad (5)$$

Przeliczając (3) na wartość napięcia i przekształcając (5), zależność na natężenie pola elektrycznego sygnału zakłócającego ma postać:

$$E = U\pi 2 / 0,83\lambda \quad (6)$$

Maksymalny zasięg występowania obszaru o wartościach natężenia pola wyższych od dopuszczalnych obliczono dla danych:

- czułość odbiornika SAS -121dBm;
  - czułość odbiornika PSH i MRDR -100dBm;
  - pogorszenie czułości 20dB w warunkach rzeczywistych;
  - 3dB zmniejszenie poziomu syg. harmoniczných (straty na złączach i dopasowania);
- zamieszczono w tabelach 2 i 3.

**Tabela 2 Odbiornik systemu PSH i MRDR (pasmo 433,92MHz lub 434,4MHz)**

Częst. harm. [MHz]	Poziom harm. [dBm]	r_max [m]
415	-68.9	2,985
420	-65	4,6758
425	-51	23,4343
430	-35,7	147,8607
435	-22,5	623,5234

**Tabela 3 Odbiornik czujek SAS (pasmo 410-470 MHz)**

Częst. harm. [MHz]	Poziom harm. [dBm]	r_max [m]
415	-68.9	29,8437
420	-65	46,7577
425	-51	234,3434
430	-35,7	1364,1
435	-22,5	6235,2

Przyjmując nawet 10-krotne przeszacowanie zasięgu zakłóceń należy liczyć się ze znacznym pogorszeniem czułości środowiskowej odbiorników dla wszystkich dostępnych lokalizacji anten.

#### 4.2. Oszacowanie pogorszenia czułości odbiorników na podstawie zależności analitycznych

Ponieważ żadna z dostępnych lokalizacji nie zapewnia odpowiedniej separacji anten, aby zapewnić wyeliminowanie wpływu zakłóceń harmoniczných radiostacji VHF, w sposób analityczny dokonano oceny pogorszenia czułości odbiorników zakłócaných systemów.

Wzory analityczne, na podstawie, których zbudowano model symulacyjny rozkładu pola elektrycznego wokół anteny uwzględniając strefę bliską i pośrednią, przedstawiono poniżej [1]

$$E_{\theta} = \frac{jI_0 Z_f}{4\pi k r_0 \sin \theta} \left\{ \left[ \left( \frac{a_2}{r_2^3} + \frac{jka_2}{r_2^2} + \frac{jk}{r_2} \right) b_2 - \frac{\cos \theta}{r_2} \right] e^{-jk(r_2+0.5L)} - \left[ \left( \frac{a_1}{r_1^3} + \frac{jka_1}{r_1^2} + \frac{jk}{r_1} \right) b_1 - \frac{\cos \theta}{r_1} \right] e^{-jk(r_1-0.5L)} \right\} \quad (7)$$

$$E_r = \frac{-jI_0 Z_f}{4\pi k r_0} \left[ \left( \frac{La_2}{2r_2^3} + \frac{jkLa_2}{2r_2^2} + \frac{1+0.5jkL}{r_2} \right) e^{-jk(r_2+0.5L)} + \left( \frac{La_1}{2r_1^3} + \frac{jkLa_1}{r_1^2} - \frac{1-0.5jkL}{r_1} \right) e^{-jk(r_1-0.5L)} \right] \quad (8)$$

$r_0$  - odległość punktu w przestrzeni od środka anteny

$r_1, r_2$  - odległość punktu w przestrzeni od końców anteny

$L$  - długość anteny;

$Z_f$  - impedancja falowa przestrzeni

$k$  - liczba falowa

$$r_0 = \sqrt{y^2 + z^2} \quad (9)$$

$$r_1 = \sqrt{r_0^2 + \frac{1}{4}L^2 + Lr_0 \cos \theta}, \quad r_2 = \sqrt{r_0^2 + \frac{1}{4}L^2 - Lr_0 \cos \theta}$$

$$a_1 = r_0 \cos \theta + 0.5L, \quad a_2 = r_0 \cos \theta - 0.5L \quad (10)$$

$$b_1 = r_0 + 0.5L \cos \theta, \quad b_2 = r_0 - 0.5L \cos \theta$$

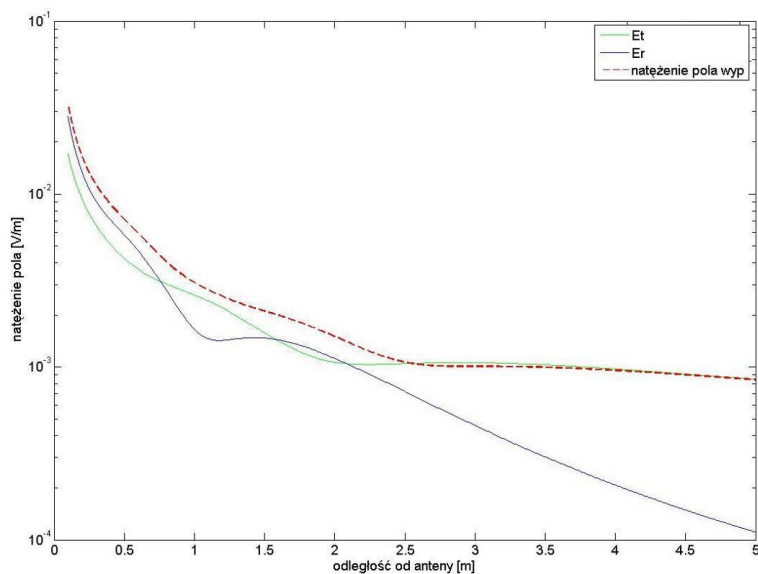
Wypadkowe pole elektryczne

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_\theta^2} \quad (11)$$

W tabeli 4 przedstawiono, jaka jest czułość odbiornika zakłócanego za pomocą częstotliwości harmonicznych radiostacji VHF przy założeniu wartości współczynnika SINAD 12 dB. Przykładowe wyniki rozkładu natężenia pola dla częstotliwości 430 MHz przedstawia rysunek 3.

**Tabela 4 Natężenie pola i czułość odbiornika w obecności sygnału zakłócającego**

<b>4-ta harmoniczna częstotliwości 86 MHz</b>			
	Natężenie pola dla rozważanych lokalizacji	Wartość napięcia sygnału zakł. na dopasowanym obciążeniu anteny odbiorczej	Czułość odbiornika w obecności sygnału zakłócającego dla SINAD 12
(lokalizacja 5) dla lokalizacji 4.	$1 \cdot 10^{-3} [V/m]$	92,15 $\mu V$	-44,27dBm
(lokalizacja 5) dla lokalizacji 3	$4,5 \cdot 10^{-4} [V/m]$	41,468 $\mu V$	-51,2dBm
<b>4-ta harmoniczna częstotliwości 87 MHz</b>			
(lokalizacja 5) dla lokalizacji 4	$4,2 \cdot 10^{-3} [V/m]$	383,63 $\mu V$	-31,9dBm
(lokalizacja 5) dla lokalizacji 3	$1,9 \cdot 10^{-3} [V/m]$	173,1 $\mu V$	-38,8dBm
<b>4-ta harmoniczna częstotliwości 83 MHz</b>			
(lokalizacja 5) dla lokalizacji 4	$2,35 \cdot 10^{-5} [V/m]$	2,24 $\mu V$	-76,5dBm
(lokalizacja 5) dla lokalizacji 3	$9,55 \cdot 10^{-6} [V/m]$	0,91 $\mu V$	-84,36dBm



**Rys. 3 Rozkład natężenia pola dla częstotliwości harmonicznej 430MHz**

## 5. PODSUMOWANIE

Anteny radiostacji systemu PSH i MRDR oraz antena urządzenia SAS powinny zostać rozmieszczone w lokalizacjach 3 i 4. Pozwoli to na maksymalne oddalenie ww. anten od anteny radiostacji PNR 500 (lokalizacja 6). Niestety, żadna z nich nie jest dostatecznie oddalona od miejsca zamontowania anteny radiostacji VHF (lokalizacja 5). Przy niekorzystnym zaprogramowaniu częstotliwości pracy radiostacji VHF, jej częstotliwości harmoniczne mogą pokrywać się z kanałami pracy ww. radiostacji i pogarszać ich czułość, co wiąże się ze zmniejszeniem zasięgów łączności. Stopień pogorszenia czułości odbiornika oszacowany na podstawie przeprowadzonych rozważań analitycznych przedstawiono w tabeli poniżej.

**Tabela 5 Pogorszenie czułości odbiornika w obecności sygnału zakłócającego**

	PSH i MDR: 433. 92MHz oraz 434.4MHz Czułość użytkowa: -100dBm		SAS: 410-470 MHz Czułość użytkowa: -121dBm;	
Częstotliwość harmoniczna	Pogorszenie czułości lokalizacja 3	Pogorszenie czułości lokalizacja 4	Pogorszenie czułości lokalizacja 3	Pogorszenie czułości lokalizacja 4
415MHz	-----	-----	36,64dB	44,5dB
430MHz	48,8dB	55,73dB	69,8dB	76,73dB
435MHz	61,2dB	68,1dB	82,2dB	89,1dB

### **Proponowane rozmieszczenie anten radiostacji PSH i MRDR (kanał alarmowy) oraz anten radiostacji SAS:**

#### **LOKALIZACJA 3: Antena radiostacji czujek SAS**

Biorąc pod uwagę, że odbiornik radiostacji SAS ma większą czułość, zaproponowano umieszczenie go w lokalizacji 3. Dodatkowym czynnikiem przemawiającym za tym rozwiązaniem jest fakt, iż w przypadku wykorzystywania kanałów pracy w zakresie 868-870MHz mogą być one zakłócone przez I harmoniczną częstotliwości pracy PNR-500. Co więcej, jest to jedyny środek łączności z czujkami SAS. Ponadto nadajnik czujek SAS nadaje z mniejszą mocą (100 mW) niż nadajnik systemu PSH i MRDR.

#### **LOKALIZACJA 4: Antena systemu PSH i MRDR (kanał alarmowy)**

Odbiornik systemu PSH i MRDR ma mniejszą czułość niż odbiornik czujek SAS, w związku z tym niewielkie sygnały zakłócające nie mają aż tak wielkiego wpływu na jego pracę, jak ma to miejsce w przypadku odbiornika SAS. Dodatkowo, PSH i MRDR nadają z mocą 500 mW (SAS tylko 100 mW), zatem nawet w przypadku pogorszenia czułości odbiornika sygnały docierające do niego będą miały wyższy poziom niż w przypadku odbiornika SAS.

### **Proponowane rozmieszczenie anten WLAN systemu PSH i MRDR oraz urządzenia nadawczo-odbiorczego mini BSP:**

#### **LOKALIZACJA 2: Antena systemu PSH i MRDR (WLAN)**

Anteny urządzenia nadawczo-odbiorczego WLAN dla systemu PSH i MRDR powinny zostać umieszczone w lokalizacji 2. W przypadku tego urządzenia możliwy jest wpływ harmonicznych radiostacji PNR-500 i radiostacji systemu czujek SAS (410÷470MHz) na pracę w paśmie 2.4÷2.48 GHz. Uwzględniając fakt, że urządzenia WLAN posiadają wiele



kałów pracy które można dowolnie wybrać, należy przyjąć iż wpływ tych harmoniczných nie będzie miał znaczenia.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. R. Kubacki, „Anteny Mikrofalowe. Technika i środowisko”, WKŁ, 2009;
2. K. Fujimoto and J. R. James, „Mobile Antenna Systems Handbook”, Artech House, 1994;
3. D. J. Bem, „Anteny i rozchodzenie się fal radiowych”, WNT, 1973;
4. C. Rothe, E. Spindler, „Technika Antenowa“, WKŁ, 1967;
5. NO-58-A204 „Jednokanałowe urządzenia radiowe VHF(UKF)/UHF - Wymagania dotyczące interoperacyjności”;
6. STANAG 4205 (Edition 3) „Technical standards for single channel UHF radio equipment”;
7. NO-58-A203 „Jednokanałowe urządzenia radiowe UKF(VHF) - Wymagania dotyczące interoperacyjności”;
8. STANAG 4204 (Edition 3) „Technical Standards for Single Channel VHF Radio Equipment”;