

	<p align="center"><b>ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET</b>  <b>UNIVERZITET U BEOGRADU</b>          Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija          +381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48</p>
	<p align="center">Katedra za telekomunikacije,          Laboratorija za radio komunikacije          +381 (0) 11 - Tel 3218350, Fax 3218399, e-mail: radio_lab@etf.rs</p>

РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
 УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
 ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Број 1831  
21-12-2021 20\_\_\_ год.  
 БЕОГРАД

**STUDIJA IZVODLJIVOSTI  
 IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING  
 RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA  
 U URBANIM SREDINAMA**

Odgovorni projektant:

  
  
 Prof. dr Aleksandar Neskovich, dipl. inž. el.

Projektant:

  
  
 Prof. dr Nataša Neskovich, dipl. inž. el.

Doc. dr Goran Marković, dipl. inž. el.

**BEOGRAD, 2021.**

# **SADRŽAJ**

## **I ZAKONSKA DOKUMENTACIJA**

OSNOVNI PODACI O INVESTITORU  
REŠENJE O REGISTRACIJI PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE  
LICENCA PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE  
REŠENJE O ODREĐIVANJU PROJEKTANTA  
LICENCE PROJEKTANTA  
POTVRDA PROJEKTANTA O USAGLAŠENOSTI DOKUMENTACIJE  
IZJAVA PROJEKTANTA O KORIŠĆENJU PROPISA

## **II PROJEKTNII ZADATAK**

## **III ELABORAT**

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1-1</b>
1.1. PREDMET STUDIJE .....	1-3
1.2. ZAKONSKI OSNOV RATEL-A U PREDMETNOJ OBLASTI.....	1-4
1.2.1. Pregled osnovnih nadležnosti RATEL-a u skladu sa Zakonom o elektronskim komunikacijama .....	1-4
1.2.2. Ocena nadležnosti RATEL-a u domenu predmeta Studije.....	1-7
1.3. MOTIV I CILJEVI STUDIJE .....	1-7
1.4. SAŽETI PREGLED SADRŽAJA STUDIJE .....	1-9
<b>2. OSNOVNI KONCEPTI MONITORINGA RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA</b> .....	<b>2-1</b>
2.1. SISTEMI ZA MONITORING RF SPEKTRA NA NACIONALNOM NIVOU I POVEZANOST SA SISTEMIMA UPRAVLJANJA SPEKTROM .....	2-1
2.1.1. Osnovni model klasičnog sistema za monitoring RF spektra na nacionalnom nivou.....	2-5
2.1.2. Uslovi za izbor lokacija za izgradnju fiksnih stanica u klasičnom modelu sistema za monitoring RF spektra .....	2-6
2.1.3. Geolokacija na bazi primene DF, TDoA i hibridnog TDoA/DF metoda.....	2-8
2.2. SISTEMI ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA.....	2-13
2.2.1. Neki mogući pravci dalje evolucije sistema za monitoring RF spektra.....	2-19
2.2.2. Uticaj performansi prijemnika na ostvareno pokrivanje mreže za monitoring RF spektra u urbanim sredinama .....	2-21
<b>3. PREGLED SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U EVROPI I OKRUŽENJU KAO I MONITORINGA U URBANIM SREDINAMA</b> .....	<b>3-1</b>
3.1. DETALJAN PREGLED STANJA U OKRUŽENJU I EVROPI U DOMENU SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA PO DRŽAVAMA .....	3-2
3.1.1. Albanija.....	3-3
3.1.2. Belgija.....	3-4
3.1.3. Bosna i Hercegovina.....	3-5
3.1.4. Bugarska .....	3-7
3.1.5. Grčka .....	3-8
3.1.6. Hrvatska.....	3-11
3.1.7. Kipar .....	3-13

3.1.8.	<i>Litvanija</i> .....	3-14
3.1.9.	<i>Mađarska</i> .....	3-15
3.1.10.	<i>Malta</i> .....	3-18
3.1.11.	<i>Nemačka</i> .....	3-19
3.1.12.	<i>Portugalija</i> .....	3-21
3.1.13.	<i>Rumunija</i> .....	3-22
3.1.14.	<i>Severna Makedonija</i> .....	3-25
3.1.15.	<i>Slovenija</i> .....	3-29
3.1.16.	<i>Crna Gora</i> .....	3-30
3.1.17.	<i>Ukrajina</i> .....	3-32
3.1.18.	<i>Velika Britanija</i> .....	3-33
3.1.19.	<i>Švajcarska</i> .....	3-35
3.2.	<b>SAŽETA ANALIZA POSTOJEĆIH SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA</b> .....	3-38
<b>4.</b>	<b>PREGLED POSTOJEĆEG SISTEMA RATEL-A ZA MONITORING RF SPEKTRA I ANALIZA MOGUĆNOSTI ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA</b> .....	<b>4-1</b>
4.1.	<b>PREGLED POSTOJEĆEG SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA RATEL-A</b> .....	4-1
4.1.1.	<i>Osnovni pregled sistema za monitoring RF spektra RATEL-a</i> .....	4-1
4.1.2.	<i>Pregled postojećih i planiranih KMC sa podređenim DUKMS u okviru sistema za monitoring RF spektra RATEL-a</i> .....	4-4
4.1.3.	<i>Pregled postojećih mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS) u okviru sistema za monitoring RF spektra RATEL-a</i> .....	4-11
4.1.4.	<i>Pregled postojećih RF senzorskih stanica kao zasebnog elementa sistema za monitoring RF spektra RATEL-a</i> .....	4-12
4.2.	<b>REALIZACIJA KOMUNIKACIONE MREŽE KOJOM SU POVEZANI ELEMENTI SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA RATEL-A</b> .....	4-13
4.2.1.	<i>Opis mreže na bazi L3VPN servisa</i> .....	4-14
4.2.2.	<i>Povezivanje na osnovu primene IPSec pristupa</i> .....	4-16
4.3.	<b>PREGLED POSTOJEĆE KADROVSKE STRUKTURE U SLUŽBI ZA KONTROLU RATEL-A</b> .....	4-17
4.3.1.	<i>Poslovi i organizacija rada Službe za kontrolu RATEL-a</i> .....	4-17
4.3.2.	<i>Postojeća kadrovska struktura u Službi za kontrolu RATEL-a</i> .....	4-18
4.3.3.	<i>Postojeća kadrovska struktura u Grupi za izgradnju i održavanje u okviru RATEL-a</i> .....	4-21
4.4.	<b>ANALIZA POSTOJEĆEG SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U POGLEDU ZADATAKA MONITORINGA U URBANIM SREDINAMA</b> .....	4-21
<b>5.</b>	<b>PREGLED RASPOLOŽIVE MERNE OPREME I SOFTVERA</b> .....	<b>5-1</b>
5.1.	<b>DETALJAN PREGLED I OPIS RASPOLOŽIVE MERNE OPREME I SOFTVERA POGODNIH ZA REALIZACIJU SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA</b> .....	5-1
5.1.1.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver kompanije TCI International, Inc.</i> .....	5-1
5.1.2.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver kompanije Rohde &amp; Schwarz</i> .....	5-22
5.1.3.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver kompanije CRFS Inc.</i> .....	5-51
5.1.4.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver kompanije Keysight Technologies</i> .....	5-67
5.1.5.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver kompanije LS Telecom</i> .....	5-77
5.1.6.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver kompanije Anritsu Company</i> .....	5-82

5.1.7.	<i>Raspoloživa merna oprema i softver drugih proizvođača.....</i>	5-87
5.2.	ANALIZA PRIMENJIVOSTI OPISANE OPREME ZA REALIZACIJE SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA ....	5-89
<b>6.</b>	<b>TEHNIČKO REŠENJE SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA.....</b>	<b>6-1</b>
6.1.	IZBOR KONCEPTA RADA SISTEMA.....	6-2
6.2.	OSNOVNI ELEMENTI PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA.....	6-5
6.3.	MODEL RAZVOJA SISTEMA I PLANIRANO POKRIVANJE.....	6-6
6.3.1.	<i>Faze realizacije projekta .....</i>	6-9
6.3.2.	<i>Telekomunikaciono povezivanje KDUS i PKDUS.....</i>	6-10
6.3.3.	<i>Integracija sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra.....</i>	6-12
6.3.4.	<i>Primena KDUS, PKDUS i mogućnosti združenog rada sa elementima postojećeg sistema za monitoring RF spektra .....</i>	6-13
6.4.	KARAKTERISTIKE MERNE OPREME I SOFTVERA ZA OPREMANJE KOMPAKTNIH DALJINSKI UPRAVLJANIH MERNIH STANICA .....	6-15
6.4.1.	<i>Tehničke karakteristike mernog prijemnika .....</i>	6-16
6.4.2.	<i>Tehničke karakteristike antenskog sistema.....</i>	6-19
6.4.3.	<i>Lokalna obrada, analize i skladištenje podataka .....</i>	6-19
6.4.4.	<i>Upravljački softver .....</i>	6-19
6.5.	KRITERIJUMI ZA IZBOR LOKACIJA .....	6-20
6.5.1.	<i>Kriterijumi za izbor lokacija KDUS i PKDUS.....</i>	6-20
6.5.2.	<i>Vrste lokacija od interesa .....</i>	6-22
6.5.3.	<i>Optimalan izbor lokacija za postavljanje KDUS.....</i>	6-23
6.6.	UREĐENJE LOKACIJE ZA POSTAVLJANJE KDUS I PKDUS .....	6-24
6.6.1.	<i>Realizacija električnog napajanja .....</i>	6-24
<b>7.</b>	<b>NEOPHODNI LJUDSKI RESURSI I OBUKA .....</b>	<b>7-1</b>
7.1.	NEOPHODNI LJUDSKI RESURSI .....	7-1
7.2.	PREDLOG OBUKA ZA ZAPOSLENE KOJI RADE NA SISTEMU.....	7-3
7.2.1.	<i>Obuka za operativni rad sa KDUS u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama .....</i>	7-3
7.2.2.	<i>Obuka za rad na terenu .....</i>	7-4
7.2.3.	<i>Stručno usavršavanje.....</i>	7-4
7.3.	ANALIZA POTREBE IZRADE AKTA O PROCENI RIZIKA NA RADNOM MESTU.....	7-4
<b>8.</b>	<b>PROCENA FINANSIJSKIH TROŠKOVA.....</b>	<b>8-1</b>
8.1.	PREDMER I PREDRAČUN.....	8-1
8.2.	PROCENA VREDNOSTI I OPRAVDANOSTI PROJEKTA IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA NA BAZI KOMPAKTNIH DALJINSKI UPRAVLJANIH MERNIH STANICA .....	8-12
<b>9.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>9-1</b>

# **I OPŠTA DOKUMENTACIJA**

## **OSNOVNI PODACI O INVESTITORU**

Poslovno ime:

**REGULATORNA AGENCIJA ZA  
ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE I POŠTANSKE USLUGE**

Skraćeno poslovno ime:

**RATEL**

Pravna forma: Nezavisna regulatorna organizacija sa svojstvom pravnog lica

Matični broj: 17606590

Sedište:

Opština: Beograd (grad)

Mesto: Beograd (grad)

Ulica i broj: Palmotićeve 2  
PAK 106306

Datum osnivanja: maj 2005. godine

Početak rada: 19.05.2005. godine

Šifra delatnosti: 83.14

Ostali identifikacioni podaci:

Poreski identifikacioni broj PIB: 103986571

Žiro-račun: 840-963627-41

Kontakt centar: 011/32 42 673

Faks: 011/32 32 537

Internet stranica: [www.ratel.rs](http://www.ratel.rs)

E-mail: [ratel@ratel.rs](mailto:ratel@ratel.rs)

Посл. бр. 1-П1-418/13

Privredni суд у Beogradu судија Mirjana Trninić

као судија појединац у судско-регистарској правној ствари предлагача

Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, Beograd, Bul. Kralja Aleksandra 73

ради уписа usklađivanja sa Zakonom o klasifikaciji delatnosti

дана 11.09.2013., донео је

## РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев предлагача за упис у судски регистар и одређује се упис у судски регистар, у регистарски уложак

бр. 5-11-00, података садржаних у прилозима уз пријаву бр. 3

који су саставни део овог решења.

Судија

Mirjana Trninić



Поука о правном леку: Против овог решења може се изјавити жалба, преко овог суда, привредном апелационом

суду у Beogradu у року од 8 дана од дана достављања преписа решења.

4. Препис решења

Фирма и седиште субјекта уписа	<b>Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu</b> <b>Београд</b>		Прилог уз решење број	<b>1</b>
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		<b>Б-11-00 Трговински суд, Београд</b>		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
16.03.2007.god.	I F1 90/07	6	T.S.Beograd	
1.	Фирма и седиште субјекта уписа и његов матични број			
<b>Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet</b> <b>Скраћени назив: Elektrotehnički fakultet u Beogradu</b> <b>Седиште: Београд, Булевар краља Александра бр. 73</b> <b>Матични број: 7032498</b> <b>Број рачуна: 840-1438660</b> <b>PIB: 100206130</b>				
2.	Овлашћење субјекта уписа у правном промету			
<b>Fakultet je pravno lice i ima pravo da u prometu zaključuje ugovore i preduzima druge pravne poslove i pravne radnje u okviru svoje pravne i poslovne sposobnosti.</b>				
3.	Врста и обим одговорности за обавезе субјекта уписа у правном промету и врста и обим одговорности за обавезе других субјеката			
<b>Fakultet odgovara za svoja obaveza u pravnom prometu celokupnom svojom imovinom.</b>				
4.	Одговорност оснивача за обавезе субјекта уписа			
<b>Osнивач odgovara za obaveze u skladu sa zakonom.</b>  <div style="text-align: right;"> Судија,  <b>Tatjana Vlasisavljević, s.r.</b>  за тајност, отправка overava: </div>				
Следи наставак број:		4. Прилог уз препис решења		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија -- прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 1



Број регистарског улошка регистарског  
суда и његово седиштеK-11.738/03 10.03.2003. год.  
5-11-00 TS BEOGRAD

Редни број	Фирма, односно назив и седиште, ознака регистра и број регистарског уписа, матични број и број рачуна оснивача односно име и адреса, лични број и број личне карте оснивача и члана	Број и датум акта о оснивању	Датум приступања
1	2	3	4
1	REPUBLIKA SRBIJA	Uredba Vlade od 21.6.1948.g.	
2			
3			
4			
5			
4. Прилог уз препис решења			

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ: Прилог уз решење број 2

Редни број	Укупан износ улога оснивача и члана	Врста и обим одговорности за обавезе субјекта уписа	Датум иступања
5	6	7	8
1			
2			
3			
4			
5			

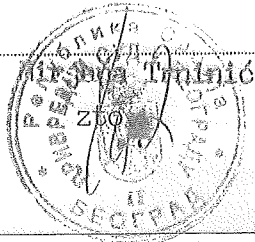
Уписани и уплаћени основни капитал; повећање, односно смањење основног капитала.

Судија,


4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија -- прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-11-00	
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда
11.09.2013.	1 11 418/13	8	PS Beograd
1	Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа		
Назив и опис делатности			
85.42	Високо образовање		
85.41	Образовање после средњег које није високо		
85.59	Остало образовање		
26.11	Производња електронских елемената		
26.12	Производња штампаних електронских плоча		
26.30	Производња комуникационе опреме		
26.51	Производња мерних инструмената и апарата		
27.90	Производња остале електричне опреме		
29.31	Производња електричне и електронске опреме за моторна возила		
33.12	Поправка машина		
33.13	Поправка електронских компоненти и оптичких апарата		
33.14	Поправка електричних апарата		
33.20	Монтажа индустријских машина и опреме		
35.11	Производња електричне енергије		
35.14	Трговина електричном енергијом		
43.21	Постављање електричних инсталација		
43.29	Остали инсталациони радови у грађевинарству		
56.10	Делатност ресторана и покретних угоститељских објеката		
56.29	Остале услуге припреме и послуживања хране		
58.11	Издавање књига		
58.12	Издавање именика и адресара		
58.13	Издавање новина		
58.14	Издавање часописа и периодичних издања		
58.19	Остала издавачка делатност		
58.21	Издавање рачунарских игара		
58.29	Издавање осталог софтвера		
59.20	Снимање и издавање звучних записа и музике		
60.10	Емитовање радио-програма		
60.20	Производња и емитовање телевизијског програма		
61.10	Кабловске телекомуникације		
Судија,			
			
Следи наставак број: 2		4. ПРИЛОГ УЗ ПРЕПИС РЕШЕЊА	

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.  
ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3

			прилога уз решење број	3
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-11-00		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
11.09.2013.	1 FI 418/13		PS BEOGRAD	
1	Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа			
61.20	Бежичне телекомуникације			
61.30	Сателитске телекомуникације			
61.90	Остале телекомуникационе делатности			
62.01	Рачунарско програмирање			
62.02	Консултантске делатности у информационим технологијама			
62.03	Управљање рачунарском опремом			
62.09	Остале услуге информационе технологије			
63.11	Обрада података, хостинг и сл.			
63.12	Веб портали			
69.10	Правни послови. Услуге бележника, вештака, стечајних управника, извршитеља и сл.			
70.21	Делатност комуникација и односа с јавношћу			
70.22	Консултантске активности у вези с пословањем и осталим управљањем			
71.12	Инжењерске делатности и техничко саветовање			
71.20	Техничко испитивање и анализе			
72.19	Истраживање и развој у осталим природним и техничко-технолошким наукама			
73.20	Истраживање тржишта и испитивање јавног мњења			
74.10	Специјализоване дизајнерске делатности			
74.30	Превођење и услуге тумача			
74.90	Остале стручне, научне и техничке делатности			
77.39	Изнајмљивање и лизинг осталих машина			
77.40	Лизинг интелектуалне својине и сличних производа, ауторских дела и предмета сродних права			
82.11	Комбиноване канцеларијско-административне услуге			
82.19	Фотокопирање и друга канцеларијска подршка			
82.30	Организовање конгреса и сајмова			
91.01	Делатности библиотека и архива			
95.12	Поправка комуникационе опреме			
Судија,				
				
Следи наставак број:		4. ПРИЛОГ УЗ ПРЕПИС РЕШЕЊА		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.  
ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3

Посл. бр. 1-Фи-609/2018

Привредни суд у Београду судија Иванка Козић Кнежевић

Универзитет у Београду -  
као судија појединац у судскорегистарској правној ствари предлагача  
Електротехнички факултет, Београд, ул. Булевар краља Александра бр. 73.

ради уписа промене лица овлашћеног за заступање.

дана 01.10.2018. год, донео је

## РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев предлагача за упис у судски регистар и одређује се упис у судски регистар, у регистарски уложак

бр. 5-11-00 података садржаних у прилозима уз пријаву бр. 4

који су саставни део овог решења.


Судија  
Иванка Козић Кнежевић, с.р.  
за тачност отправка оверава

Привредном апелационом

Поука о правном леку: Против овог решења може се изјавити жалба, преко овог суда,

суду у Београду у року од 8 дана од дана достављања преписа решења.

4. Препис решења

			ПРИЛОГ УЗ РЕШЕЊЕ БРОЈ	4
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5 – 11 – 00 Привредни суд у Београду		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
01.10.2018.	1 Фи 609/2018	20	Привредни суд у Београду	
1	Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа и границе њихових овлашћења			
<p>Уписује се др. МИЛО ТОМАШЕВИЋ, редовни професор, за декана Електротехничког факултета Универзитета у Београду, са неограниченим овлашћењима, ЈМБГ 1805957260022</p> <p>брише се</p> <p>др Мило Томашевић, редовни професор, у својству вршиоца дужности декана Електротехничког факултета Универзитета у Београду, са неограниченим овлашћењима, ЈМБГ 1805957260022</p>				
2	Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа у обављању послова спољнотрговинског промета и границе њихових овлашћења			
<p style="text-align: right;">Судија,</p> <p style="text-align: right;">Иванка Козић Кнежевић, с.р. за тачност отправке оверава</p> 				
Следи наставак број:		4. ПРИЛОГ УЗ ПРЕПИС РЕШЕЊА		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.  
ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 4



Република Србија  
МИНИСТАРСТВО ГРАЂЕВИНАРСТВА,  
САОБРАЋАЈА И ИНФРАСТРУКТУРЕ

Број: 351-02-02118/2017-07

Датум: 29.12.2020. године

Београд

ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
БЕОГРАД

ПРИМЉЕНО: 13-01-2021			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
	46		

Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре на основу члана 23. Закона о државној управи („Службени гласник РС“, бр. 79/2005, 101/2007, 95/2010, 99/2014), члана 7. Закона о министарствима („Службени гласник РС“, бр. 128/2020), члана 126. и члана 150. став 4. Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС“, бр. 72/09, 81/09 - исправка, 64/10 - УС, 24/11, 121/12, 42/13 - УС, 50/13 - УС, 98/13 - УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/2019 - др. закон и 9/2020), члана 137. Закона о општем управном поступку („Службени гласник РС“, бр. 18/2016 и 95/2018) и Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и условима за одузимање тих лиценци („Службени гласник РС“, број 24/15), а решавајући по захтеву **ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА - УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**, Булевар краља Александра бр. 73, Матични број: 07032498, ПИБ: 100206130, за издавање лиценци за израду техничке документације за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, а на основу овлашћења број: 119-01-979/2020-02-1 од 08.12.2020. године, доноси:

РЕШЕЊЕ

1. Утврђује се да **ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ - УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**, Булевар краља Александра бр. 73, Матични број: 07032498, ПИБ: 100206130, **ИСПУЊАВА УСЛОВЕ** за добијање лиценци за израду техничке документације за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства и то:

- пројекти објеката електронских комуникација, односно мрежа, система или средстава који су међународног и магистралног значаја (**П150Е3**) и
- пројекти објеката електронских комуникација, односно мрежа, система или средстава који се граде на територији две или више јединица локалне самоуправе (**П151Е3**).

2. Овим Решењем престаје да важи Решење бр. 351-02-02118/2017-07 од 15.12.2017 године.
3. Ово Решење важи до 29.12.2022. године.

## О б р а з л о ж е њ е

Чланом 23. став 2. Закона о државној управи прописано је да министар представља министарство, доноси прописе и решења у управним и другим појединачним стварима и одлучује о другим питањима из делокруга министарства.

Чланом 7. Закона о министарствима утврђена је надлежност Министарства грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре.


Чланом 126. став 1. Закона о планирању и изградњи прописано је да техничку документацију за изградњу објеката може да израђује привредно друштво, односно друго правно лице, односно предузетник који су уписани у одговарајући регистар за израду техничке документације. Ставом 2. истог прописано је да техничку документацију за изградњу објеката за које грађевинску дозволу издаје Министарство, односно аутономна покрајина може да израђује привредно друштво, односно друго правно лице које је уписано у одговарајући регистар за израду техничке документације за ту врсту објеката и које има запослена лица са лиценцом за одговорног пројектанта која имају одговарајуће стручне резултате у изради техничке документације за ту врсту и намену објеката. Ставом 3. предметног члана прописано је да стручне резултате, у смислу става 2. овог члана, има лице које је израдило или учествовало у изради, односно у вршењу техничке контроле техничке документације по којој су изграђени објекти те врсте и намене, док је ставом 4. датог члана прописано да испуњеност услова из става 2. овог члана утврђује решењем министар надлежан за послове грађевинарства.

Чланом 126. став 5. Закона прописано је да је решење из става 4. овог члана је коначно даном достављања. Ставом 6. предметног члана прописано је да Решење из става 5. овог члана доноси се са роком важења две године.

Чланом 126а. став 1. Закона прописано је да је привредно друштво, односно друго правно лице или предузетник који испуњава услове из члана 126. став 2. и члана 150. став 2. Закона, обавезно је да у писаној форми без одлагања обавести министарство надлежно за послове грађевинарства о свакој промени услова утврђених решењем министра и у року од 30 дана поднесе захтев за доношење новог решења и достави доказе о испуњености услова за упис у одговарајући регистар за израду техничке документације за ту врсту објеката.

Чланом 137. Закона о општем управном поступку прописано је да колегијални орган доноси решење већином гласова укупног броја чланова, ако другачије није прописано и да код подељеног броја гласова, одлучује глас председавајућег колегијалног органа.





Чланом 7. предметног Правилника прописано је да у поступку утврђивања испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје Министарство, односно аутономна покрајина, Комисија утврђује да ли запослена лица са лиценцом одговорног пројектанта имају одговарајуће референце за израду техничке документације за објекте одређене врсте и намене. Испуњење минималних захтева из става 1. овог члана значи: 1) да су најмање два запослена лица са одговарајућом лиценцом израдила или учествовала у изради као одговорни пројектанти, односно извршили техничку контролу најмање по два главна пројекта или пројекта за грађевинску дозволу, пројекта за извођење или 2) да је једно запослено лице са одговарајућом лиценцом израдило или учествовало у изради као одговорни пројектант, односно извршило техничку контролу најмање три главна пројекта, пројекта за грађевинску дозволу или пројекта за извођење за одговарајућу фазу сваког типа објекта из члана 133. став 2. Закона за који се тражи лиценца, а друго запослено лице са одговарајућом лиценцом израдило или учествовало у изради као одговорни пројектант, односно извршило техничку контролу, најмање једног главног пројекта, пројекта за грађевинску дозволу или пројекта за извођење за одговарајућу фазу сваког типа објекта из члана 133. став 2. Закона за који се тражи лиценца.

Чланом 11. истог Правилника прописано је да лиценца се одузима када се накнадном провером утврди да је привредно друштво, односно друго правно лице, престало да испуњава најмање један од услова под којима је лиценца издата или када се накнадном провером утврди да је издата на основу неистинитих и нетачних података.

Дана 06.11.2020. године, захтевом број: 351-02-02118/2017-07 овом Министарству обратио се **ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ - УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**, Булевар краља Александра бр. 73, Матични број: 07032498, ПИБ: 100206130, са захтевом за издавање лиценци за израду техничке документације за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства.

Уз захтев за издавање лиценци достављена је сва потребна документација прописана Чланом 126. Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС”, бр. 72/09, 81/09 - исправка, 64/10 - УС, 24/11, 121/12, 42/13 - УС, 50/13 - УС, 98/13 - УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/2019 - др. закон и 9/2020) и чл. 4. и чл. 9. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци („Службени гласник РС”, бр. 24/15).

На седници стручне комисије образоване од стране министра, одржаној дана 29.12.2020. године утврђено је да подносилац захтева испуњава услове за добијање лиценци из става 1. у смислу одредби чл. 126. Закона о планирању и изградњи и чл. 7, чл. 9. и чл. 11. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци.

Испуњени су услови за лиценце: пројекти објеката електронских комуникација, односно мрежа, система или средстава који су међународног и магистралног значаја (П150Е3) на основу четири референце Нешковић Наташе 353 4449 03 и четири референце Нешковић Александра 353 4448 03; пројекти објеката електронских комуникација, односно мрежа, система или средстава који се граде на територији две или више јединица локалне самоуправе (П151Е3) на основу четири референце Нешковић Наташе 353 4449 03 и четири референце Нешковић Александра 353 4448 03.

На основу изнетог, на предлог стручне комисије и члана 137. Закона о општем управном поступку, одлучено је као у диспозитиву решења.

Такса за ово решење наплаћена је у износу од 24.810,00 (двадесетчетирихиљадеосамстодесет) динара.

Упутство о правном средству: Ово решење је коначно у управном поступку и против њега се не може изјавити жалба, али се може покренути управни спор тужбом код Управног суда Србије у року од 30 дана од дана достављања.

**ДРЖАВНИ СЕКРЕТАР**  
  
**Милана Ракић**

Доставити:

- подносиоцу захтева;
- надлежној инспекцији;
- архиви.



**Република Србија**  
**МИНИСТАРСТВО ГРАЂЕВИНАРСТВА**  
**САОБРАЋАЈА И ИНФРАСТРУКТУРЕ**

Број: 351-02-02118/2017-07

Датум: 29.12.2020. године

Београд, Немањина 22- 26

**ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ**  
**УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

БЕОГРАД

Булевар краља Александра бр. 73

Поштовани,

У прилогу Вам достављамо Решење о испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, број: 351-02-02118/2017-07 од 29.12.2020. године.

**ДРЖАВНИ СЕКРЕТАР**

**Милана Ракић**



**ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**  
**UNIVERZITET U BEOGRADU**

Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija  
+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48, ETF-sopstveni prihodi

**Katedra za telekomunikacije**

**Laboratorija za radio komunikacije**

+381 (0) 11 - Tel 3218350, Fax 3218399, e-mail: radio\_lab@etf.rs

Na osnovu odredbi člana 126. i 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS" broj 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2108, 31/2019, 37/2019 – dr. zakon i 9/2020), kao i shodno Odluci fakulteta, donosim:

**REŠENJE O ODREĐIVANJU PROJEKTANATA**  
**NA IZRADI STUDIJE**

**STUDIJA IZVODLJIVOSTI**  
**IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING**  
**RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA**  
**U URBANIM SREDINAMA**

Ovlašćujem kao odgovornog projektanta

**Prof. dr Aleksandra Neškovića, dipl. inž. el. – ETF Beograd,**

projektante

**Prof. dr Natašu Nešković, dipl. inž. el. – ETF Beograd,**  
**Doc. dr Gorana Markovića, dipl. inž. el – ETF Beograd,**

i saradnike

**Asis. Jелenu Mladenović, dipl. inž. el. - master – ETF Beograd,**  
**Asis. Kristina Josifović, dipl. inž. el. - master – ETF Beograd,**  
**Kristinu Jovičić, dipl. inž. el. – master – ETF Beograd**

za projektovanje - izradu investiciono-tehničke dokumentacije.

Za Elektrotehnički fakultet

Prof. dr Milo Tomašević, Dekan





ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

# ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и  
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ  
утврђује да је

**Александар М. Нешковић**

дипломирани инжењер електротехнике

ЈМБ 0312968710348

одговорни пројектант

телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце

**353 4448 03**



У Београду,  
13. новембра 2003. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

*Милош Лазовић*

Проф. др Милош Лазовић  
дипл. грађ. инж.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

# ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и  
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ  
утврђује да је

**Наташа Ј. Непковић**

дипломирани инжењер електротехнике

ЈМБ 1608969785015

одговорни пројектант

телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце

**353 4449 03**



У Београду,  
13. новембра 2003. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

*Милош Лазовић*

Проф. др Милош Лазовић  
дипл. грађ. инж.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

# ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и  
Статута Инжењерске коморе Србије

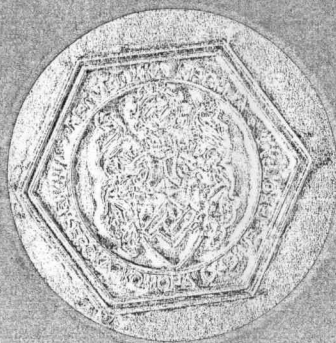
УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ  
утврђује да је

**Горан Б. Марковић**

дипломирани инжењер електротехнике  
ЈМБ 1008973752027

одговорни пројектант  
телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце  
**353 Н934 09**



У Београду,  
24. септембра 2009. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ  
*Д. Шумарац*  
Проф. др Драгослав Шумарац  
дипл. грађ. инж.



**ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET  
UNIVERZITET U BEOGRADU**

Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija  
+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48, ETF-sopstveni prihodi

**Katedra za telekomunikacije**

**Laboratorija za radio komunikacije**

+381 (0) 11 - Tel 3218350, Fax 3218399, e-mail: radio\_lab@etf.rs

Na osnovu odredbi člana 126. i 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS" broj 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2108, 31/2019, 37/2019 – dr. zakon i 9/2020), kao i shodno Odluci fakulteta, donosim:

**POTVRDU**

da je

**STUDIJA IZVODLJIVOSTI  
IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING  
RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA  
U URBANIM SREDINAMA**

dalje priložena uz ovaj dokument usaglašena u svim svojim delovima.

Odgovorni projektant

*Aleksandar*  
Александр  
М. Нешкович

Prof. dr Aleksandar Neskovic, dipl. inž. el.







**ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET  
UNIVERZITET U BEOGRADU**

Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija  
+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48, ETF-sopstveni prihodi

**Katedra za telekomunikacije**

**Laboratorija za radio komunikacije**

+381 (0) 11 - Tel 3218350, Fax 3218399, e-mail: radio\_lab@etf.rs

**IZJAVA  
O KORIŠĆENJU PROPISA**

Prilikom izrade priložene studije

**STUDIJA IZVODLJIVOSTI  
IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING  
RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA  
U URBANIM SREDINAMA**

korišćeni su zakonski i podzakonski propisi, kao i međunarodne preporuke i standardi navedeni u Prilogu 1 ove izjave.

Prilog:1

Odgovorni projektant



Prof. dr Aleksandar Nešković, dipl. inž. el.

## Prilog 1

Izjave odgovornog projektanta o korišćenju propisa

Prilikom izrade

# STUDIJA IZVODLJIVOSTI IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA

korišćeni su sledeći propisi:

### ***Međunarodni propisi***

- *Reccomendation ITU-R SM.331-4 (07/1978), Noise and sensitivity of receivers, ITU, 1978.*
- *Reccomendation ITU-R SM.332-4 (07/1978), Selectivity of receivers, ITU, 1978.*
- *Reccomendation ITU-R SM.378-7 (2007), Field-strength measurements at monitoring stations, ITU, 2007.*
- *Reccomendation ITU-R SM.443-4 (02/2007), Bandwidth measurement at monitoring stations, ITU, 2007.*
- *Reccomendation ITU-R SM 575-3 (08/2021), Protection of fixed monitoring stations against interference from nearby or strong transmitters, ITU, 2021.*
- *Reccomendation ITU-R SM.854-3 (09/2011), Direction finding and location determination at monitoring stations, ITU, 2011.*
- *Reccomendation ITU-R SM.1047-2 (09/2012), National spectrum management, ITU, 2012.*
- *Reccomendation ITU-R SM.1268-5 (08/2019), Method of measuring the maximum frequency deviation of FM broadcast emissions at monitoring stations, ITU, 2019.*
- *Reccomendation ITU-R SM.1370-2 (08/2013), Design guidelines for developing automated spectrum management systems, ITU, 2013.*
- *Reccomendation ITU-R SM.1392-3 (02/2021), Essential requirements for a spectrum monitoring system for developing countries, ITU, 2021.*
- *Reccomendation ITU-R SM.1537-1 (08/2013), Automation and integration of spectrum monitoring systems with automated spectrum management, ITU, 2013.*
- *Reccomendation ITU-R SM.1880-2 (09/2017), Spectrum occupancy measurements and evaluation, ITU, 2017.*
- *Reccomendation ITU-R SM.2039-0 (08/2013), Spectrum monitoring evolution, ITU, 2013.*
- *Reccomendation ITU-R SM.2080-0 (08/2015), Precision of time information in output data of monitoring receivers, ITU, 2015.*
- *Reccomendation ITU-R SM.2117-0 (09/2018), Data format definition for exchanging stored I/Q data for the purpose of spectrum monitoring, ITU, 2018.*
- *Reccomendation ITU-R SM.2139-0 (08/2021), Test procedure for determining the accuracy of TDOA systems, ITU, 2021.*
- *ITU Handbook on Spectrum Monitoring, ITU, 2011.*
- *Report ITU-REP SM 2211-2 (06/2018), Comparison of time-difference-of-arrival and angle-of-arrival methods of signal geolocation, ITU, 2018.*
- *Report ITU-REP SM 2355-1 (06/2019), Spectrum monitoring evolution, ITU, 2019.*
- *Report ITU-REP SM 2356-2 (06/2018), Procedures for planning and optimization of spectrum-monitoring networks in the VHF/UHF frequency range, ITU, 2018.*

- *Report ITU-REP SM 2405-1 (12.2020), Spectrum management principles, challenges and issues related to dynamic access to frequency bands by means of radio systems employing cognitive capabilities*, ITU, 2020.
- Preporuke ITU-R SM
- Preporuke ITU-R BT
- Preporuke ITU-R
- Preporuke ETSI;
- Preporuke CEN/CENELEC
- Preporuke ISO/IEC, ANSI;
- Preporuke ITU
- Pravilnik o radio-komunikacijama pridodat Međunarodnoj konvenciji o telekomunikacijama;
- Ostali relevantni međunarodni propisi.

### ***Nacionalni propisi:***

- Zakon o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS" broj 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018 i 31/2019 - dr. zakon, 9/2020 i 52/2021);
- Zakon o elektronskim komunikacijama ("Službeni glasnik RS" broj 44/2010, 60/2013 - odluka US, 62/2014 i 95/2018 - dr. zakon);
- Plan namene radio-frekvencijskih opsega ("Službeni glasnik RS", broj 89/2020).
- Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu ("Službeni glasnik RS" broj 101/2005, 91/2015 i 113/2017 . dr. zakon);
- Zakon o zaštiti životne sredine ("Službeni glasnik RS" broj 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon);
- Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Službeni glasnik RS" broj 135/2004 i 36/2009);
- Zakon o zaštiti od požara ("Službeni glasnik RS" broj 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018 - dr. zakoni).
- Zakon o kulturnim dobrima ("Službeni glasnik RS" broj 71/1994, 52/2011 - dr. zakoni i 99/2011 - dr. zakoni, 6-2020 – dr. zakoni i 35-2021 – dr. zakoni);
- Strategija razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji od 2010. do 2020. godine ("Službeni glasnik RS" broj 68/10)
- Pravilnik o načinu kontrole korišćenja radio-frekvencijskog spektra, obavljanja tehničkih pregleda i zaštite od štetnih smetnji („Službeni glasnik Republike Srbije“, broj 60/2011, 35/2013 i 16/2015)
- Pravilnik o tehničkim merama za izgradnju, postavljanje i održavanje antenskih postrojenja ("Sl. list SFRJ" br. 1/1969);
- Pravilnik o tehničkim i drugim zahtevima pri izgradnji prateće infrastrukture potrebne za postavljanje elektronskih komunikacionih mreža, pripadajućih sredstava i elektronske komunikacione opreme prilikom izgradnje poslovnih i stambenih objekata "Službeni glasnik RS", br. 123/2012);
- Pravilnik o zahtevima za utvrđivanje zaštitnog pojasa za elektronske komunikacione mreže i pripadajućih sredstava, radio-koridora i zaštite zone i načinu izvođenja radova prilikom izgradnje objekata, ("Službeni glasnik RS", broj 16/12)
- Svi tehnički uslovi i uputstva RATEL-a iz predmetne oblasti.
- Ostali relevantni propisi

## **II PROJEKTNI ZADATAK**

## Техничка спецификација

### Студија изводљивости изградње система за мониторинг радиофреквенцијског спектра у урбаним срединама

Регулаторна агенција за електронске комуникације и поштанске услуге (РАТЕЛ) је, на основу Закона о електронским комуникацијама, надлежна за обављање контроле коришћења радиофреквенцијског (РФ) спектра на целој територији Републике Србије.

Контрола коришћења РФ спектра подразумева проверу емисионих параметара радио-станица које сигнале емитују на основу издатих дозвола за коришћење радио-фреквенција или по режиму општег овлашћења, утврђивање природе и локације извора нелегалних радио-емисија и извора штетних сметњи уз предузимање законских мера за њихово уклањање, проверу испуњености услова за емитовање радио-сигнала који су наведени у координационим споразумима потписаним са другим државама, утврђивање искоришћености спектра у појединим радиофреквенцијским опсезима и друге активности које треба да омогуће несметан рад свих радио-комуникационих уређаја и система. Резултате добијене током контроле користе и друге службе у РАТЕЛ-у које се баве планирањем и усаглашавањем коришћења радио-фреквенција, чиме се заокружује процес управљања спектром.

Убрзани развој нових технологија у области бежичних електронских комуникација значајно усложњавају захтеве које мора да испуни савремени интегрисани систем за мониторинг РФ спектра, чије постојање је предуслов за испуњавање свих наведених задатака.

РАТЕЛ-ов систем за мониторинг РФ спектра чине две регионалне целине опремљене опремом за мерење сигнала ниског интензитета и геолоцирање извора емисија у ширим зонама:

- Контролно-мерни центар у Београду са пет даљински управљаних контролно-мерних станица, у којима се користи мерна опрема и софтвер произвођача *Rohde & Schwarz*;
- Контролно-мерни центар у Нишу са тринаест даљински управљаних контролно-мерних станица, у којима се користи мерна опрема и софтвер произвођача *TCI*.

Мониторинг систем чине и пет мерних возила опремљених специјализованом мерном опремом и телескопским антенским стубовима, као и даљински управљане сензорске станице које су постављене у Београду, Нишу и Новом Саду.

У досадашњим фазама је изграђено и пуштено у рад осамнаест даљински управљаних контролно-мерних станица, чиме је омогућено континуално праћење стања у етру на већем делу државне територије.

У наредним фазама планира се проширење система даљински управљаних контролно-мерних станица, али и монтажа већег броја компактних даљински управљаних мерних станица (КДУС) које би се постављале у градовима и већим насељима. На овај начин се обезбеђује прецизно лоцирање извора који се налазе у овим градовима или њиховом непосредном окружењу употребом TDOA или хибридне TDOA/DF методе, као и контрола рада предајника који сигнале емитују са малом излазном снагом и раде на вишим

---

фреквенцијама, а чије је присуство карактеристично пре свега за урбане средине. Повезивањем станица оба типа у интегрисани систем за мониторинг РФ спектра, у коме је омогућен приступ различитој мерној опреми преко заједничке софтверске платформе, створиће се услови за још ефикаснију контролу коришћења радиофреквенцијског спектра.

У циљу оптималног коришћења интегралног система за мониторинг радиофреквенцијског спектра, мерна опрема у склопу мониторинг мреже у урбаним срединама треба да буде компатибилна са управљачким софтвером који се већ користи у систему за мониторинг тј. *Argus* произвођача *Rohde & Schwarz* и *Scorpio* произвођача *TCI*, који одговарају надлежностима контролно-мерних центара Београд, односно Ниш.

С обзиром на претходно наведено, Регулаторна агенција за електронске комуникације и поштанске услуге намерава да спроведе поступак јавне набавке за пружање услуге израде Студије изводљивости (у даљем тексту Студија) система за мониторинг радиофреквенцијског спектра у урбаним срединама. Студија треба да покаже да ли постоји економско-друштвена оправданост за набавку таквог система, као и да дâ јасне смернице за избор елемената система.

Такође, имајући у виду да економско - финансијски аспект пројекта зависи пре свега од комплексности и конфигурације мреже, као и од техничких карактеристика компонената у систему за мониторинг, у Студији треба да буде предложен оптималан однос очекиваних улагања и реализованих перформанси оваквог система.

## Садржај студије

Студија мора да садржи:

1. Дефиницију предмета студије.
2. Мотив и циљ студије.
3. Законски основ у предметној области.
4. Процену економске и друштвене оправданости проширења постојећег мониторинг система са системом компактних даљински управљаних мерних станица (КДУС) у урбаним срединама.
5. Упоредна анализа могућности постојећег система за мониторинг РФ спектра и проширења мониторинг система у урбаним срединама. Посебно нагласити предности и евентуалне недостатке мониторинга у урбаним срединама.
6. Преглед опреме која је расположива на тржишту. За све расположиве компоненте система треба да буду приказане детаљне функционалне и техничке карактеристике, као и приближна цена.
7. Преглед реализованих система за ову намену у окружењу, Европи и свету, За сваки од реализованих система треба да буду приказане перформансе опреме (хардверских компонената и софтвера за мониторинг), конфигурација мреже и комплексност система.
8. Предлог критеријума за одабир локација у урбаним срединама у којима ће се компактне станице постављати.
9. Опис оптималних типских локација за постављање мерних станица.
10. Процену оптималног броја компактних станица у мрежи који ће омогућити прихватљив ниво и поузданост геолоцирања извора који се налазе у градовима

---

или њиховом непосредном окружењу употребом TDOA или хибридне TDOA/DF методе.

11. Техничке захтеве за телекомуникациони линк (проток, IP адреса итд.) којим се мерни пријемник повезује у систем за мониторинг.
12. Предлог конкретних типова опреме за мерну станицу (мерни пријемник, пријемна антена, рачунарски ресурси, софтвер), који испуњавају предвиђене техничке захтеве и обезбеђује оптималан однос улагања и перформанси система.
13. Техничке услове, укључујући и услове електромагнетске компатибилности, за постављање мерне станице.
14. Оквиран просторни (географски) распоред станица за изабране зоне у интегралној мрежи на територији Републике Србије, које задовољавају критеријуме из тачке 8.
15. Предлог динамике реализације оваквог система, по фазама, тако да се омогући покривање зона са највећом густином популације, односно високоурбаних зона, у што краћем периоду.
16. Укупан износ и структуру процењених трошкова за реализацију и одржавање система.

### **III ELABORAT**



## 1. UVOD

Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge u Republici Srbiji (RATEL) je nadležna za obavljanje kontrole korišćenja radio-frekvencijskog (RF) spektra na celokupnoj teritoriji Republike Srbije. Za poslove nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u okviru RATEL-a zadužena je Služba za kontrolu. Pri tome, nadgledanje i kontrola korišćenja RF spektra obuhvata širok skup aktivnosti, u koje spadaju:

- provera emisionih parametara radio-stanica koje emituju radio signale na osnovu izdatih dozvola za korišćenje radio-frekvencija ili po režimu opšteg ovlašćenja;
- utvrđivanje prirode lokacija i izvora nelegalnih radio-emisija i/ili izvora štetnih smetnji uz preduzimanje zakonskih mera za njihovo uklanjanje;
- utvrđivanje zauzeća iskorišćenosti spektra u pojedinim RF opsezima;
- provera ispunjenosti uslova za emitovanje radio-signalu navedenih u koordinacionim sporazumima potpisanim sa drugim državama;
- kao i druge aktivnosti koje treba da omoguće nesmetan rad svih radio-komunikacionih uređaja i sistema na teritoriji Republike Srbije.

Osim kontrole korišćenja RF spektra, RATEL obavlja niz drugih poslova i aktivnosti u domenu upravljanja RF spektrom. Pri tome, rezultati dobijeni putem i tokom aktivnosti u domenu kontrole korišćenja RF spektra koriste se u okviru različitih poslova i aktivnosti RATEL-a u segmentu planiranja i usaglašavanja korišćenja radio-frekvencija (koje obavljaju različite službe RATEL-a), kao elemenata celokupnog procesa upravljanja spektrom. Samim tim, proces kontrole korišćenja RF spektra predstavlja integralni, veoma značajni i neophodan deo procesa upravljanja spektrom na teritoriji Republike Srbije.

U skladu sa potrebama i zahtevima u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, naravno uzimajući u obzir realne materijalne mogućnosti i raspoloživi kadrovski potencijal, RATEL je za potrebe uspešnog obavljanja poslova kontrole korišćenja spektra na celokupnoj teritoriji Republike Srbije od strane Službe za kontrolu RATEL-a, vršio stalnu modernizaciju i unapređenje sistema za monitoring RF spektra. Usled ubzanog razvoja novih tehnologija u oblasti bežičnih elektronskih komunikacija, odnosno pojave novih mreža i sistema ovog tipa, kao i novih izazova u sveri nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, u periodu nakon 2011. godine, a posebno od 2016. godine, izvršeno je značajno proširenje tehničkih mogućnosti i unapređenje infrastrukture sistema za monitoring RF spektra kojim upravlja RATEL. Tokom više faza izgradnje savremenog sistema za monitoring RF spektra, izvršena je modernizacija merne opreme i sistema, unapređenje infrastrukture kroz izgradnju fiksnih stanica za monitoring RF spektra i nabavku i opremanje mobilnih stanica. Osim toga, izvršeno je obučavanje i usavršavanje zaposlenih u Službi za kontrolu RATEL-a, i dizajnirane i optimizovane su procedure merenja i drugih aktivnosti vezanih za obavljanje redovnih i vanrednih poslova kontrole korišćenja RF spektra. Sve ove aktivnosti obavljane su u cilju

izgradnje modernog integrisanog sistema za monitoring RF spektra, a u potpunosti u skladu sa odgovarajućim preporukama, izveštajima i drugim dokumentima Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU, *International Telecommunication Union*), a posebno onih iz serije ITU-R SM i ITU-Report SM, [1-1, 1-2, 1-3], koje se odnose na oblast monitoringa spektra.

U ovom trenutku sistem za monitoring RF spektra RATEL-a sastoji se iz dve regionalne celine opremljene opremom za merenje signala visokog, srednjeg i niskog intenziteta i geolociranje izvora emisija u širim zonama teritorije Republike Srbije, i to:

- Kontrolno-merni centar u Beogradu (KMC Beograd) sa podređenih pet daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica (DUKMS) u kojima se koristi merna oprema i softver proizvođača *Rohde & Schwarz* sa sedištem u Nemačkoj;
- Kontrolno-merni centar u Nišu (KMC Niš) sa podređenih trinaest daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica (DUKMS) u kojima se koristi merna oprema i softver kompanije *TCI International, Inc.* sa sedištem u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD).

Osim toga, u okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra koristi se pet mernih vozila, tj. mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS), koja su opremljena specijalizovanom mernom opremom i teleskopskim antenskim stubovima, i koje predstavljaju integralni deo sistema za monitoring RF spektra. Dodatno, Služba za kontrolu spektra RATEL-a koristi i zasebne mreže daljinski upravljanih RF senzorskih stanica (koje nisu funkcionalno integrisane u okviru ostatka sistema za monitoring RF spektra), opremljene RF senzorskim prijemnicima kompanije *Keysight Technology* sa sedištem u SAD. Mreže RF senzorskih prijemnika su postavljene na teritoriji gradova Beograda, Novog Sada i Niša, pri čemu su merna oprema i instalacije ovih RF senzorskih stanica na isteku resursa i u potpunosti amortizovane. Oprema i softver ovih RF senzorskih stanica nisu kompatibilni sa ostatkom sistema za monitoring RF spektra, i za upravljanje njihovim radom mora da se koristi posebna serverska aplikacija, dok rezultate merenja nije moguće automatizovano deliti sa ostatkom sistema.

Trenutni sistem za monitoring RF spektra RATEL-a, u okviru koga su u prethodnim fazama izgradnje modernizovani KMC Beograd i KMC Niš, odnosno u poslednjih 10-tak godina izgrađeno i pušteno u rad 18 DUKMS (još 4 DUKMS za koje je nabavljena oprema će biti izgrađene i puštene u rad tokom 2022. godine), omogućava uspešno i sveobuhvatno kontinualno praćenje stanja u RF spektru na najvećem delu teritorije Republike Srbije. U postojećem sistemu za monitoring RF spektra, geolokacija (određivanje pozicije u prostoru) izvora detektovanih radio-emisija prvenstveno se obavlja primenom DF (*Direction Finding*) merenja, tj. AoA (*Angle of Arrival*) metoda, ali su nove DUKMS opremljene i mernom opremom koja osim DF metoda omogućava i korišćenje TDoA (*Time Difference of Arrival*) metoda, odnosno hibridne TDoA/DF metode za geolokaciju. Pri tome, usled specifičnih uslova propagacije radio signala u urbanim sredinama, kao i relativno velike udaljenosti postojećih KMC i DUKMS od urbanih sredina (kao što nalažu odgovarajuće preporuke ITU), postojeći sistem za monitoring RF spektra RATEL-a ne omogućava potpuni uvid u stanje RF spektra i kontrolu korišćenja RF spektra u ovim sredinama. Odnosno, može se reći da kada je u pitanju postojeći sistem za monitoring RF spektra poseban izazov predstavlja detekcija i lokalizacija izvora radio-emisijama srednjeg i niskog intenziteta (tj. izvora radio-emisija male predajne snage) u urbanim sredinama.

U ovom trenutku mora se imati u vidu da se problem nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, sve više usložnjava usled razvoja i primene novih bežičnih komunikacionih tehnologija i sistema, kao i promene koncepta izgradnje ovih sistema postavljanjem gušće mreže predajnika sa manjim zonama pokrivanja. Osim toga, brz tehnološki razvoj u oblasti radio-komunikacionih sistema i značaj ovih sistema za ukupan razvoj društva i ekonomiju,

uslovljava povećanje značaja rezultata dobijenih kroz obavljanje poslova nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra za potrebe efikasnog i uspešnog upravljanja RF spektrom. Pri tome, u narednom periodu treba posebno imati u vidu predstojeće uvođenje 5G mreža, ali i prelazak na model tehnološki neutralnih dodela spektra (pri prodaji RF spektra), zbog čega se mogu očekivati veoma značajni i složeni izazovi u radu sistema za monitoring RF spektra.

Kako bi se u skladu sa očekivanim razvojem događaja pravovremeno prilagodila postojeća infrastruktura, RATEL planira dalje proširenje sistema za monitoring RF spektra kroz izgradnju i puštanje u rad manjeg broja novih daljinski upravljanih kontrolno mernih stanica (DUKMS) kako bi se omogućilo još bolje i pouzdanije pokrivanje određenih delova teritorije Republike Srbije u domenu detekcije, merenja parametara i lokalizacije izvora radio-emisija. Osim toga, a što je mnogo značajnije, planira se postavljanje većeg broja kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (KDUS) u gradovima i većim naseljima (u samim naseljima i okolini) u cilju omogućavanja detekcije i lokalizacije izvora radio-emisija niskog i srednjeg intenziteta u urbanim sredinama, ali i pouzdanije praćenje zauzeća i iskorišćenosti RF spektra u ovim sredinama. To je od velikog značaja za uspešan proces upravljanja spektrom budući da se izuzetno veliki procenat stanovništva nalazi upravo u ovim sredinama. Pri tome, jedan od ciljeva daljeg razvoja sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, a posebno u domenu primene KDUS, predstavlja obezbeđivanje uslova za:

- detekciju i preciznu geolokaciju izvora radio-emisija smeštenim u urbanim sredinama ili njihovom neposrednom okruženju, i to prvenstveno kroz primenu TDoA metode i/ili hibridne TDoA/DF metode geolokacije,
- kontrolu rada predajnika koji signale emituju sa malom izlaznom snagom i rade na višim opsezima učestanosti, a čije prisustvo je karakteristično prvenstveno za gustno naseljene urbane sredine.

Osim toga, dodatni cilj daljeg razvoja je da se povezivanjem postojećeg sistema za monitoring RF spektra baziranog na primeni mogućnosti KMC i DUKMS (uz njegovo dalje infrastrukturno i funkcionalno proširenje i unapređenje), sa planiranim mrežama KDUS montiranim u urbanim sredinama, izgradi integrisani sistem za monitoring RF spektra, u kome će kontrolorima RF spektra biti omogućen pristup različitoj mernoj opremi (u okviru KMC, DUKMS, KDUS i MMS) preko zajedničke softverske platforme. Na ovaj način bi trebalo da se stvore uslovi za još efikasniju kontrolu korišćenja RF spektra, koja će biti neophodna za uspešno obavljanje funkcija RATEL-a u domenu upravljanja spektrom na teritoriji Republike Srbije, a sve u funkciji podrške brzog razvoja informaciono-komunikacionih tehnologija u Srbiji kao osnove za dalji ekonomski razvoj društva u celini. Stoga, kako bi se omogućilo optimalno korišćenje integralnog sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, postavlja se zahtev da merna oprema koja će se koristiti u sklopu mreža za monitoring RF spektra u urbanim sredinama (kojima se opremaju KDUS) mora da bude kompatibilna sa upravljačkim softverom koji se već koristi u sistemu za monitoring RF spektra, odnosno softverskim paketima *Argus* proizvođača *Rohde & Schwarz* i/ili *Scorpio* proizvođača *TCI International, Inc.*, koji odgovaraju nadležnostima KMC Beograd, odnosno KMC Niš.

## 1.1. PREDMET STUDIJE

U skladu sa prethodno izloženim, predmet Studije definisan je Projektnim zadatkom, i obuhvata:

- Davanje procene ekonomske i društvene opravdanosti proširenja postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a sa sistemom kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (KDUS) u urbanim sredinama.
- Davanje jasnih smernica za izbor koncepta i komponenti ovog sistema ako je prethodna procena pozitivna, pri čemu Studija treba da:
  - da pregled merne opreme raspoložive na tržištu, koja se može koristiti u funkciji izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama na bazi primene KDUS, kao i pregled realizovanih sistema ovog tipa u okruženju i Evropi, za potrebe sagledavanja mogućih opcija pri definisanju koncepta, pojedinih komponenti i karakteristika tehničkog rešenja ovog sistema;
  - predloži optimalni odnos očekivanih ulaganja i ostvarenih performansi sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i integralnog sistema za monitoring RF spektra, imajući u vidu da ekonomsko-finansijski aspekt projekta izgradnje ovog sistema prvenstveno zavisi od složenosti i konfiguracije mreže KDUS, odnosno od tehničkih karakteristika komponenti sistema. U tom smislu, Studija treba da sadrži predlog kriterijuma za odabir lokacija u urbanim sredinama pogodnih za postavljanje KDUS, kao i predlog broja KDUS koji će omogućiti prihvatljivi nivo i pouzdanost geolokacije izvora radio-emisija (pogotovo u slučaju emisija niskog intenziteta) koji se nalaze u gradovima i njihovom neposrednom okruženju primenom TDoA metoda i/ili hibridnog TDoA/DF metoda, kao i tehničke zahteve za najbitniju mernu opremu i instalacije pri opremanju KDUS;
  - predloži dinamiku realizacije sistema po fazama u cilju pokrivanja zona sa najvećom gustinom populacije u što kraćem vremenskom periodu.

## 1.2. ZAKONSKI OSNOV RATEL-A U PREDMETNOJ OBLASTI

### 1.2.1. Pregled osnovnih nadležnosti RATEL-a u skladu sa Zakonom o elektronskim komunikacijama

*Zakon o elektronskim komunikacijama* ("Službeni glasnik Republike Srbije" broj 44/2010, 60/2013 - odluka US, 62/2014 i 95/2018 - dr. zakoni), [1-4], (u daljem tekstu **ZoEK**), je osnovni zakonski akt kojim je uređena oblast elektronskih komunikacija na prostoru Republike Srbije. Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL), osnovana je u skladu sa ZoEK, i to kao nezavisna regulatorna organizacija sa svojstvom pravnog lica. RATEL ima javna ovlašćenja u cilju efikasnog sprovođenja utvrđene politike u oblasti elektronskih komunikacija, podsticanja konkurencije u domenu elektronskih komunikacionih mreža i usluga, odnosno unapređenja njihovog kapaciteta, kvaliteta, ali i doprinosa razvoju tržišta elektronskih komunikacija i zaštite interesa korisnika elektronskih komunikacija.

RATEL je definisan kao telo funkcionalno i finansijski nezavisno od državnih organa, kao i od organizacija i lica koja obavljaju delatnost elektronskih komunikacija i poštanskih usluga. Nadzor rada RATEL-a u smislu zakonitosti i svrsishodnosti u vršenju poverenih poslova vrši nadležno ministarstvo (u ovom trenutku to je Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija Republike Srbije). Uzimajući u obzir ZoEK, RATEL posluje u skladu sa propisima o javnim agencijama i može za obavljanje pojedinih stručnih poslova iz svoje nadležnosti da angažuje druga pravna i fizička lica. Pri tome, ZoEK jasno uređuje ovlašćenja i organizaciju RATEL-a, kao i nadležnosti Vlade i ministarstava (odnosno, organa Autonomne pokrajine). Osim toga, jasno je određen način donošenja pravilnika, odluka i drugih opštih

akata, a uređena je i javnost rada RATEL-a, kao i pitanje obezbeđivanja sredstava za rad RATEL-a.

Detaljnom analizom ZoEK, zaključuje se da je RATEL-u dodeljena integralna uloga u poslovima upravljanja i kontrole radio-frekvencijskog (RF) spektra, kao i uređenja oblasti elektronskih komunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji. Pri tome, određene nadležnosti u oblasti radio-difuzije (koje nemaju veze sa upravljanjem i kontrolom RF spektra), kao i nadležnosti u oblasti vršenja inspekcijuskog nadzora, nisu poverene RATEL-u, već su zakonom propisane obaveze i ovlašćenja RATEL-a u tom pogledu. RATEL-u su date veoma široke ingerencije i ovlašćenja za obavljanje poslova upravljanja RF spektrom i kontrole u okviru upravljanja RF spektrom koje vrši uz saradnju sa nadležnim organima odbrane i bezbednosti, službama za hitne intervencije, organom nadležnim za radio-difuziju i inspekcijama nadležnih ministarstava Republike Srbije, i to na način uređen u ZoEK.

Najvažnije dužnosti i ovlašćenja RATEL-a u oblasti upravljanja RF spektrom, odnosno nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, definisane su članovima 81-99 ZoEK. Pri tome, upravljanje RF spektrom po ZoEK obuhvata:

- planiranje upotrebe radio-frekvencija u skladu sa međunarodnim sporazumima i preporukama, interesima građana, privrede, kao i bezbednosti i odbrane zemlje;
- dodelu radio-frekvencija na osnovu utvrđenog plana namene i plana raspodele;
- koordinaciju korišćenja radio-frekvencija;
- kontrolu RF spektra, utvrđivanje štetnih smetnji i preduzimanje mera za njihovo otklanjanje.

RATEL je jedini ovlašćen da upravlja RF spektrom i koordinira korišćenje satelitskih orbita u skladu sa međunarodnim sporazumima, ZoEK i drugim propisima donetim u skladu sa ZoEK. RATEL ostvaruje saradnju sa međunarodnim organizacijama i administracijama drugih zemalja koje vrše poslove upravljanja RF spektrom, samostalno ili preko nadležnih organa. U skladu sa ZoEK, RATEL obavlja poslove upravljanja i kontrole RF spektra koji uključuju:

- koordiniranje korišćenja radio-frekvencija i prijavu dodela radio-frekvencija ITU (eng. *International Telecommunication Union*) u slučajevima u kojima je to neophodno;
- formiranje predloga Plana namene, koji se, nakon sprovođenja javne konsultacije i uz mišljenja organa odbrane, bezbednosti i službi za hitne intervencije, dostavlja nadležnom ministarstvu koje predlog prosleđuje Vladi Republike Srbije;
- utvrđivanje predloga Planova raspodele RF spektra (koji sadrže odgovarajuće tehničke uslove za korišćenje RF spektra), a na osnovu Plana namene i međunarodnih sporazuma i preporuka, uz vođenje računa o potrebama i zahtevima korisnika. Planove raspodele donosi nadležno ministarstvo uz učešće nadležnog organa autonomne pokrajine, nakon sprovedene javne konsultacije i uz pribavljena mišljenja organa odbrane, bezbednosti i službi za hitne intervencije;
- propisivanje načina korišćenja radio stanica od strane radio amatera, onih koje se koriste na domaćim i stranim vazduhoplovima, lokomotivama, brodovima i drugim plovilima, a u skladu sa međunarodnim sporazumima i preporukama;
- ovlašćenje i obavezu da upravlja korišćenjem RF spektra u skladu sa ZoEK i to na osnovu pojedinačne dozvole (izdate po zahtevu ili po sprovednom postupku javnog nadmetanja), po režimu opšteg ovlašćenja ili za posebne namene;

- uređuje način korišćenja radio-frekvencija po režimu opšteg ovlašćenja, i koordinira korišćenje radio-frekvencija za posebne namene, a koje mogu koristiti propisani državni organi i službe u skladu sa uslovima utvrđenim Planom namene;
- vrši stalnu kontrolu korišćenja RF spektra, objavljuje izveštaj o kontroli najmanje jednom godišnje, odnosno obavlja i kontrolu odabranih radio-frekvencija prema potrebi. Kontrola se obavlja uz dozvolu nadležnih organa i službi u slučaju korišćenja RF spektra za posebne namene, odnosno u saradnji sa organom zaduženim za radio-difuziju u slučaju kontrole RF spektra namenjenog distribuciji i emitovanju medijskih sadržaja. Obavlja tehničke preglede i druga ispitivanja radi utvrđivanja postojanja i uzroka štetnih smetnji i preduzima mere za otklanjanje štetnih smetnji utvrđenih pri kontroli RF spektra, i po potrebi predlaže donošenje mera inspeksijskog nadzora (posebno u slučaju neovlašćenog korišćenja RF spektra), pri čemu se ove mere preduzimaju bez odlaganja kada je ugrožen rad organa odbrane i bezbednosti, službi za hitne intervencije, kao i rad vazduhoplovnih, pomorskih i radio-navigacionih radio-komunikacionih službi. Sam RATEL bliže uređuje poslove kontrole korišćenja RF spektra, obavljanje tehničkih pregleda i zaštite od štetnih smetnji;
- u okviru provere i nadzora postupanja operatora, RATEL ima ovlašćenja da traži od operatora podatke i informacije potrebne za proveru njihovog postupanja. Osim toga, RATEL ima ovlašćenja da vrši merenja i ispitivanja rada elektronskih komunikacionih mreža i usluga, pripadajućih sredstava, elektronske komunikacione opreme i terminalne opreme. Poslovi merenja i ispitivanja obavljaju se preko kontrolno-mernih centara u sastavu RATEL-a, odnosno preko lica ovlašćenih za vršenje merenja i ispitivanja. ZoEK definiše jasne procedure za slučajeve kada se utvrdi da postupanje operatora nije u skladu sa propisanim uslovima i zahtevima, i to u smislu obaveštavanja operatora, propisivanju rokova za izjašnjavanje o utvrđenim nepravilnostima, propisivanju rokova za otklanjanje nepravilnosti i prijave inspekciji nadležnog ministarstva, ako se identifikovana nepravilnost ne otkloni;
- vodi bazu podataka o korišćenju RF spektra sa svim neophodnim podacima, i obezbeđuje javnu dostupnost ovih informacija;
- vodi ažurnu bazu podataka koja se odnosi na kontrolu RF spektra i izvršene tehničke preglede.

Dodatno, RATEL-u je članom 48 ZoEK definisana i obaveza da obavlja merenja nivoa elektromagnetskog polja za elektronske komunikacione mreže, pripadajuća sredstva, elektronsku komunikacionu opremu, i terminalnu opremu, u skladu sa graničnim vrednostima utvrđenim posebnim propisima. Pri tome, RATEL je dužan da prekoračenja utvrđena prilikom merenja prijavi nadležnoj inspekciji.

U oblasti distribucije i emitovanja medijskih sadržaja, definisana su određena ovlašćenja i obaveze RATEL-a koja se sprovode u saradnji sa organom zaduženim za radio-difuziju.

U okviru definisanja uslova za obavljanje delatnosti elektronskih komunikacija po režimu opšteg ovlašćenja, RATEL između ostalog ima zadatak da definiše uslove pružanja usluga korišćenjem RF spektra (i odgovarajućih naknada), kao i izgradnje, postavljanja, korišćenja i održavanja elektronskih komunikacionih mreža. Dodatno, u domenu jasnog uređenja oblasti elektronskih komunikacionih mreža i opreme, kao i terminalne opreme, propisane su obaveze i ovlašćenja RATEL-a vezana za definisanje tehničkih i drugih zahteva, zahteva po pitanju EMC (eng. *Electromagnetic Compatibility*), kao i utvrđivanju radio-koridora (uz mišljenje nadležnih ministarstava) koji se moraju poštovati pri projektovanju, izgradnji, korišćenju i održavanju elektronskih komunikacionih mreža i pripadajućih sredstava. RATEL dostavlja

nadležnom ministarstvu predlog tehničkih propisa sa zahtevima za pojedine vrste elektronskih komunikacionih mreža, sredstava i opreme i terminalne opreme.

### 1.2.2. Ocena nadležnosti RATEL-a u domenu predmeta Studije

U skladu sa osnovnim nadležnostima RATEL-a definisanim u ZoEK, čiji je pregled dat u prethodnom poglavlju 1.2.1., propisane su nadležnosti i obaveze RATEL-a koje se odnose na javna ovlašćenja RATEL-a u domenu upravljanja RF spektrom, odnosno nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra (članovi 81-99 ZoEK), a u cilju efikasnog sprovođenja utvrđene politike u oblasti elektronskih komunikacija, podsticanja konkurencije u domenu elektronskih komunikacionih mreža i usluga, odnosno unapređenja njihovog kapaciteta, kvaliteta, ali i doprinosa razvoju tržišta elektronskih komunikacija i zaštite interesa korisnika elektronskih komunikacija u Republici Srbiji. Na osnovu navedenih odredbi ZoEK, očigledno je da RATEL ima jasno definisanu ulogu, odnosno jasno definisane obaveze i potpunu nadležnost u domenu upravljanja RF spektrom, kao i oblasti nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra.

U predmetnoj Studiji zapravo se analizira razvoj posebnog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u okviru budućeg integralnog sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, i to upravo u cilju stvaranja tehničkih uslova (unapređenja infrastrukture, tehničkog opremanja i obuke ljudstva) za realizaciju zakonskih obaveza i ovlašćenja RATEL-a u domenu nadgledanja i korišćenja RF spektra (za koja je RATEL jedini operativno nadležan), a posledično i u domenu upravljanja RF spektrom. Definisani predmet Studije (i sam Projektni zadatak), u potpunosti su usklađeni sa obavezama i nadležnostima RATEL-a u predmetnoj oblasti, a koje su određene odredbama ZoEK, kao i zakonom propisanim nadležnostima i ulogom nadležnog ministarstva.

Konačno, treba naglasiti da je u skladu sa ZoEK, a na predlog RATEL-a, odgovarajućim *Pravilnikom o načinu kontrole korišćenja radio-frekvencijskog spektra, obavljanja tehničkih pregleda i zaštite od štetnih smetnji* („Službeni glasnik RS“, broj 60/2011, 35/2013 i 16/2015), [1-5], detaljnije uređena oblast nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, tehničkih pregleda, kao i otkrivanja i razrešenja interferencije i štetnih smetnji (tj. zaštite od štetnih smetnji).

### 1.3. MOTIV I CILJEVI STUDIJE

U skladu sa definisanim predmetom Studije, odnosno Projektnim zadatkom, osnovni motiv i cilj Studije bio je da se analizira trenutno stanje i očekivane promene i izazovi u domenu upravljanja RF spektrom, odnosno nadgledanja i kontrole korišćenja (monitoringa) RF spektra. Zatim da se na osnovu toga sagledaju realne potrebe, utvrdi opravdanost i predlože opšti elementi mogućeg tehničkog rešenja za unapređenje postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a u skladu sa utvrđenim trenutnim stanjem, ali i zahtevima i izazovima koji se očekuju u bliskoj budućnosti.

U skladu sa prethodno izloženim, jedan od osnovnih ciljeva pri izradu ove Studije bio je da se izvrši detaljna analiza trenutnog stanja u oblasti nadgledanja i kontrole RF spektra, pri čemu se posebna pažnja morala posvetiti problemu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama. Naime, brz tehnološki razvoj, ali i promena koncepta izgradnje i operativne primene bežičnih komunikacionih mreža za potrebe podrške sve većih zahteva za kapacitetom, kao i podrške uvođenja novih naprednih servisa, usloveli su da se značajno promeni raspored, gustina, pa i tehničke karakteristike radio predajnika u okviru ovih mreža. Nove mreže karakteristične su po velikom broju predajnika lociranih upravo unutar ili u

okolini gusto naseljenih urbanih sredina, a sve u cilju podrške podmirivanja velikih zahteva za kapacitetom stanovništva skoncentrisanog upravo u ovim sredinama.

U tom smislu, cilj Studije je da se sveobuhvatno sagleda trenutno stanje i trenutni zahtevi koji se postavljaju pred sistemima za monitoring RF spektra, uz sagledavanje očekivanih budućih zahteva, i to u opštem smislu, ali posebno u urbanim sredinama. Osnovna motivacija je da se sagledaju i identifikuju najbitniji izazovi koji uzrokuju promene u načinu rada, strukturi i opremanju sistema za monitoring RF spektra, kako bi bili zadovoljeniji zahtevi koji se postavljaju pred ove sisteme. Ovakva analiza je bitna kako bi se omogućilo sagledavanje trenutnih, ali i očekivanih budućih potreba RATEL-a u pogledu unapređenja infrastrukture i tehničke opremljenosti sistema za monitoring RF spektra, kao i potreba za unapređenjem kadrovske strukture i obučenosti odgovarajućih organizacionih celina u okviru RATEL-a.

Osim prethodne teorijske analize, od velikog značaja za izvođenje konačnih predloga i zaključaka Studije, neophodno je izvršiti detaljnu analizu realnog trenutnog stanja sistema za monitoring RF spektra u okruženju i Evropi, u cilju sagledavanja načina na koji su druge nacionalne regulacione agencije (NRA) pristupile problemu prilagođenja svojih sistema za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra, u skladu sa novim izazovima u ovoj oblasti, a posebno u domenu sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredina (tj. predmeta Studije). Osnovna motivacija za izvođenje ovakve analize je da se identifikuje da li su druge NRA, sada ili u prethodnom periodu, pristupile procesu unapređenja svojih sistema za monitoring RF spektra, i to u smislu opšte namene sistema, a posebno u domenu monitorng RF spektra u urbanim sredinama. Pri tome, od posebnog interesa je sagledavanje modela organizacije, tehnološkog aspekta i strukture ovih rešenja. U sklopu realizacije navedenih ciljeva Studije, osim prikupljanja i analize javno dostupnih podataka, upućen je odgovarajući Upitnik ka NRA u Evropi (više o tome biće dato glavi 3), na osnovu kojih su prikupljena direktna iskustva NRA.

U skladu sa predmetom Studije, jedan od ciljeva Studije je bio i da se sagleda postojeći sistem za monitoring RF spektra RATEL-a, kao i da se identifikuju eventualni nedostaci ovog sistema u skladu sa prethodno uočenim i sagledanim potrebama, zahtevima i izazovima koji se postavljaju pred ove sisteme u ovom trenutku, ali i u bliskoj budućnosti, i to naročito u segmentu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Osnovni cilj i motiv ovakve analize je da se definišu zaključci vezani za neophodnost unapređenja određenih segmenata ili celokupnog postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, i to kako u pogledu infrastrukture, opremanja sistema i koncepta rada, tako i u domenu odgovarajuće kadrovske strukture i obuke zaposlenih koji se bave poslovima u oblasti nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra.

Za ispunjenje osnovnih ciljeva Studije, neophodno je izvršiti detaljnu analizu dostupnosti, mogućnosti i tehničkih karakteristika merne opreme, softvera i sistema koji su komercijalno dostupni, a čijom nabavkom i primenom se može izvršiti unapređenje postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a. Pri tome, dodatni motiv sagledavanja stanja u domenu raspoloživih i komercijalno dostupnih rešenja renomiranih proizvođača opreme u ovoj oblasti, bio je i sagledavanje njihovog stava, a time i budućeg razvoja merne opreme i sistema namenjenih monitoringu RF spektra, po pitanju tehnoloških pravaca, mogućih rešenja i poželjne strukture sistema za monitoring RF spektra u skladu sa trenutnim i budućim potrebama NRA u svetu.

Konačno, najbitniji cilj ove Studije je da se na osnovu prethodno izloženih elemenata ukupne analize i izvedenih opštih zaključaka, predloži osnovni koncept i elementi tehničkog rešenja za unapređenje sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, a posebno u smislu opštih elemenata konkretnog tehničkog rešenja koje bi omogućilo uspešno izvođenje zadataka



nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama. Ovo rešenje se ne može predložiti samo sa stanovišta tehničkog aspekta, koji bi dao neko idealno rešenje u smislu trenutnih maksimalno ostvarivih tehničkih karakteristika na osnovu raspoloživih hardverskih i softverskih rešenja, već je neophodno sagledati i ekonomski aspekt rešenja, u smislu troškova izgradnje, održavanja i operativne upotrebe predloženog rešenja. U skladu sa tim, definisana je jasna motivacija i cilj, da se celokupna analiza i predlog tehničkog rešenja izvrši kroz optimizaciju uloženi sredstava, trenutno ostvarenih tehničkih mogućnosti, ali i mogućnosti daljeg unapređenja sistema, pri čemu je neophodno uzeti obzir sledeće:

- neophodno je da se zadovolje minimalni tehnološki zahtevi u skladu sa realnim potrebama RATEL-a da kroz razvoj i opremanje sistema za monitoring RF spektra, i odgovarajuća ulaganja, obezbedi minimalno neophodne uslove da može uspešno da ispunjava svoje zakonom definisane obaveze i dužnosti u domenu upravljanja RF spektrom i kontrole korišćenja RF spektra;
- neophodno je da definisano tehničko rešenje, koje predstavlja nadogradnju i unapređenje postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, bude fleksibilno i skalabilno za dalji razvoj i unapređenje u skladu sa budućim zahtevima, odnosno da sva ulaganja u trenutni razvoj sistema za monitoring RF spektra budu opravdana i sa stanovišta mogućnosti korišćenja izgrađene infrastrukture i resursa za unapređenje i rad ovog sistema u budućnosti (u skladu sa potrebama i očekivanim pravcima razvoja koji se mogu sagledati u ovom trenutku).

U skladu sa prethodno navedenim, postavljen je cilj da se u okviru Studije izvrši procena sredstava neophodnih za izgradnju, održavanje i operativan rad sistema u periodu od 10 godina, kao i da se na osnovu toga da konačna ocena opravdanosti sprovođenja projekta izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao integralnog dela sistema za monitoring RF spektra RATEL-a.

#### 1.4. SAŽETI PREGLED SADRŽAJA STUDIJE

Kako bi Studija zadovoljila zahteve Projektnog zadatka, odnosno kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi izrade Studije, u glavi 2 dat je detaljan pregled stanja u pogledu sistema za monitoring RF spektra, sa posebnim osvrtom na uticaj razvoja bežičnih tehnologija, kao i probleme monitoringa RF spektra u urbanim sredinama.

Nakon toga, u glavi 3, dat je pregled stanja po pitanju korišćenja i modaliteta sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u okruženju i Evropi, dok je u četvrtoj glavi dat sažeti prikaz postojećeg sistema za monitoring RF spektra u Republici Srbiji, sa analizom mogućnosti da se njegovom primenom (bez unapređenja) razreše problemi i izazovi u vezi monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. U skladu sa rezultatima i zaključcima analize iz glava 2, 3 i 4, ovde je dat i zaključak o potrebi unapređenja postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a kroz izgradnju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

U narednoj, petoj glavi, dat je pregled raspoložive merne opreme, softvera, sistema ili celokupnih rešenja, koji su komercijalno dostupni na tržištu, uz analizu mogućnosti upotrebe ovih hardverskih i softverskih rešenja za potrebe izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

Na osnovu svih prethodno izloženih analiza i zaključaka, u šestoj glavi dat je predlog osnovnog koncepta tehničkog rešenja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i predlog faza u realizaciji projekta izgradnje, dok su u sedmoj glavi dati osnovni zaključci i predlozi u smislu unapređenja kadrovske strukture RATEL-a, kao i potreba za dodatnom obukom zaposlenih za potrebe realizacije projekta.

Nakon toga, u poslednjoj osmoj glavi, dat je predmer i predračun neophodnih sredstava za realizaciju izgradnje, održavanja i operativne primene sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao dela integrisanog sistema za monitoring RF spektra u Republici Srbiji, uz definisanje faza realizacija projekta. Osim toga, data je i konačna ocena vrednosti projekta.

## REFERENCE

- [1-1] Zvaničan portal ITU, spisak ITU-R SM preporuka, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>
- [1-2] Zvaničan portal ITU, spisak ITU-REP SM izvetaja, <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM>
- [1-3] *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, ITU (*International Telecommunication Union*), 2011. godine, <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23>
- [1-4] *Zakon o elektronskim komunikacijama* ("Službeni glasnik Republike Srbije" broj 44/2010, 60/2013 - odluka US, 62/2014 i 95/2018 - dr. zakon)
- [1-5] *Pravilnik o načinu kontrole korišćenja radio-frekvencijskog spektra, obavljanja tehničkih pregleda i zaštite od štetnih smetnji* („Službeni glasnik Republike Srbije“, broj 60/2011, 35/2013 i 16/2015)

## **2. OSNOVNI KONCEPTI MONITORINGA RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA**

Ova glava Studija nije javno dostupna zbog zaštite autorskih prava.

### **3. PREGLED SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U EVROPI I OKRUŽENJU KAO I MONITORINGA U URBANIM SREDINAMA**

U ovoj glavi prikazan je pregled stanja u oblasti sistema za monitoring RF spektra u državama u okruženju Republike Srbije, kao i u drugim državama u Evropi, sa posebnom analizom postojanja i karakteristika elemenata ovih sistema namenjenih za monitoring RF spektra u urbanim sredinama. Pregled je formiran na osnovu javno dostupnih informacija na zvaničnim sajtovima nacionalnih regulatornih agencija (NRA) u posmatranim državama, odnosno na osnovu informacija dobijenih direktno od pojedinih NRA kao odgovor na poslato specifičan upitnik članovima radne grupe CEPT/ECC WG FM 22 (*Electronic Communication Committee Working Group Frequency Management 22 – Spectrum Monitoring and Enforcement*, i drugih javno dostupnih podataka koje je bilo moguće prikupiti sa Internet mreže.

U prvom delu ove glave dat je prikaz stanja sa sažetim opisima postojećih sistema za monitoring RF spektra u pojedinim državama, tj. onim državama za koje je bilo moguće pribaviti pouzdane podatke o postojećem stanju sistema za monitoring RF spektra. Pri tome, poseban naglasak je stavljen na tehničke aspekte i strukturu sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama (ako takvi sistemi postoje), odnosno na prikaz planova i aktivnosti NRA po tom pitanju. Posebna pažnja je posvećena pregledu stanja u pogledu sistema za monitoring RF spektra u državama u okruženju Srbije (Albanija, Crna Gora, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Grčka, Hrvatska, Mađarska, Severna Makedonija, Slovenija i Rumunija), kao državama koje su u velikoj meri uporedive sa Republikom Srbijom u pogledu razvijenosti u oblasti bežičnih komunikacionih mreža, ekonomske razvijenosti, površine i broja stanovnika, pa se stoga mogu smatrati kao pogodne za ocenu potreba daljeg razvoja sistema za monitoring RF spektra u Republici Srbiji. Nakon toga, date su i neke osnovne informacije za druge države u Evropi, kao što su: Belgija, Kipar, Litvanija, Malta, Nemačka, Portugalija, Ukrajina, Švajcarska i Velika Britanija. U pregled nisu uključene druge države Evrope, uglavnom iz razloga što nije bilo moguće naći pouzdane informacije o trenutnom stanju u pogledu razvijenosti sistema za monitoring RF spektra u ovim državama (tj. ili nisu bili dostupni pouzdani podaci, ili su bili dostupni samo podaci koji se odnose na period pre 2018/2019 godine).

Nakon toga, u posebnom poglavlju dat je sažeti pregled i analiza prikazanog stanja u domenu monitoringa RF spektra u Evropi, sa posebnim naglaskom u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Pri tome, dati su osnovni zaključci po pitanju zastupljenosti, načina realizacije sistema, odnosno korišćene merne opreme i softvera za realizaciju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u ovim državama, kao i mogućnosti, značaja i opravdanosti primene sličnih rešenja za realizaciju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama na teritoriji Republike Srbije.

### 3.1. DETALJAN PREGLED STANJA U OKRUŽENJU I EVROPI U DOMENU SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA PO DRŽAVAMA

Kao što je prethodno definisano, pregled sistema za monitoring RF spektra u zemljama u okruženju i Evropi izvršen je na osnovu javno dostupnih podataka o trenutnom stanju (u određenom broju država radi se o stanju iz perioda 2019-2020 godine), odnosno pouzdanih podataka dobijenih direktno od NRA u pojedinim državama, kao odgovor na Upitnik poslat članovima CEPT/ECC WG FM 22 grupe, tokom izrade Studije. Pri tome, odgovor na Upitnik poslale su NRA iz sledećih država: Belgija, Bugarska, Crna Gora, Kipar, Litvanija, Malta, Mađarska, Švajcarska i Nemačka.

Pregledom su obuhvaćene organizacione strukture sistema za monitoring RF spektra sa prikazom broja stanica za monitoring RF spektra različitog tipa (u skladu sa osnovnom terminologijom koja se koristi u dokumentima ITU, [3-1]), i to:

- fiksne stanice za monitoring RF spektra sa posadom (FMS, *Fixed Monitoring Stations*), a koje odgovaraju Kontrolno-mernim centrima (KMC) u sistemu za monitoring RF spektra RATEL-a. U okviru ovog pregleda, kao FMS posmatrane su i stanice kod kojih postoji mogućnost daljinske kontrole u cilju automatizacije procesa monitoringa RF spektra, ali kod kojih se proces monitoringa odvija i interaktivno od strane osoblja na samoj lokaciji FMS;
- fiksne stanice za monitoring RF spektra bez posade (RFMS, *Remote Fixed Monitoring Stations*), čiji se rad ostvaruje putem daljinskog upravljanja iz FMS ili drugih centara za kontrolu, a koje suštinski odgovaraju daljinski upravljanim kontrolno-mernim stanicama (DUKMS) u sistemu za monitoring RF spektra RATEL-a;
- kompaktnih RFMS (CRFMS, *Compact Remote Fixed Monitoring Stations*), koje se od strane NRA u nekim državama nazivaju i RF senzorskim stanicama (RFSS, *RF Sensor Stations*) za monitoring RF spektra, a koje su najčešće namenjene za monitoring RF spektra u urbanim sredinama ili užim geografskim oblastima. Ove CRFMS suštinski odgovaraju kompaktnim daljinski upravljanim mernim stanicama (KDUS) u okviru planiranog sistema za monitoring RF spektra RATEL-a u urbanim sredinama koji je predmet ove Studije;
- mobilne stanice za monitoring RF spektra (MMS, *Mobile Monitoring Station*), odnosno merna vozila opremljena neophodnom opremom za potrebe monitoringa RF spektra, DF merenja i druge poslove nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra. MMS su opremljene mernom opremom za opšti monitoring RF spektra, za merenje pokrivanja i kvaliteta servisa bežičnih mreža elektronskih komunikacija, za određivanje pravca dolaska presretnutih radio-emisija na osnovu primene DF (*Direction Finding*) merenja, odnosno geolokaciju primenom DF metoda, TDoA metoda ili hibridnog TDoA/DF metoda, kao i za druga merenja specifičnih karakteristika analognih i digitalnih radio emisija. Pojedina MMS su specijalno namenjena za potrebe obavljanja inspekcijuskog nadzora ovlašćenih korisnika radio-frekvencija, odnosno za proveru ispunjenosti tehničkih uslova za predajnike radio signala i instalacije sistema;
- transportabilne stanica za monitoring RF spektra (TMS, *Transportable Monitoring Station*), odnosno merne stanice montirane u okviru vozila, ili koje se po potrebi mogu montirati u vozilo, a koje se mogu preneti na lokaciju sa koje bi određeni, duži, period vremena funkcionisala kao FMS. Najčešće se radi o većim vozilima koja su opremljena teleskopskim ili montažnim antenskim stubovima visine od 10 m do 30 m;
- prenosive stanica za monitoring RF spektra (PMS, *Portable Monitoring Stations*), odnosno merne stanice koje se formiraju od prenosive merne opreme i pripadajućih

antenskih sistema. U slučaju PMS merna oprema, antenski sistemi i drugi uređaji se prenose ili prevoze vozilom, ali se sama merna stanica obrazuje na datoj lokaciji korišćenjem specijalno namenjenog kompleta opreme, uz eventualno korišćenje već postojećeg antenskog sistema na lokaciji merenja.

U okviru pregleda, a u slučaju kada su za to bili dostupni pouzdani podaci, prikazani su korišćeni merni uređaji i oprema, softverska podrška, način komunikacionog povezivanja elemenata sistema, kao mogućnost integracije svih elemenata u okviru integrisanog sistema za monitoring RF spektra, odnosno mogućnost integracije sa nacionalnim sistemom upravljanja RF spektrom (NSMS, *National Spectrum Management System*).

### 3.1.1. Albanija

U skladu sa planskim dokumentima i načinom rada NRA u Albaniji, AKEP (*Electronic and Postal Communications Authority of Albania*), [3-2], poslovi vezani za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra obavljaju se u domenu:

- monitoringa RF spektra korišćenjem postojećih RFMS i SRFMS (*Simplified RFMS*) u cilju obezbeđivanja podataka neophodnih za proces upravljanja spektrom, podataka o trenutnoj iskorišćenosti RF kanala i pojedinih RF opsega, proveru stvarnih tehničkih karakteristika emitovanih radio-signala, obezbeđivanje podataka za potrebe otklanjanja štetnih smetnji, kao i za potrebe identifikacije i prekida emitovanja signala koji nisu u skladu sa dozvolama ili u slučaju neovlašćenog emitovanja;
- kontrole korišćenja RF spektra primenom MMS u cilju kontrole rada radiodifuznih predajnika, odnosno kontrola kvaliteta servisa GSM, UMTS i LTE mreža.
- monitoringa nivoa elektromagnetnog polja (EMF) nejonizujućeg zračenja koje potiče od predajnika bežičnih komunikacionih mreža, u cilju prikupljanja podataka za potrebe državnih tela koja se bave zaštitom od nejonizujućeg zračenja, a na zahtev javnosti.

U skladu sa javno dostupnim informacijama o radu APEK, sistem za monitoring RF spektra u Albaniji se sastoji od:

- 2 RFMS na lokacijama Kruja i Pinet, opremljene za rad u RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz, i to pretežno mernom opremom i softverom proizvođača *Rohde & Schwarz*. Pri tome, korišćenjem ovih RFMS omogućeno je izvođenje monitoringa RF spektra i DF merenja, odnosno geolokacija izvora radio-emisija primenom DF (AoA) metoda. Rad RFMS se kontroliše iz Glavnog kontrolnog centra u Tirani i iz regionalnih centara: Vlora, Korça i Shkodra, i to korišćenjem softverskog paketa *Argus* proizvođača *Rohde & Schwarz*.
- 5 SRFMS, instaliranih u regionima Shkodra, Vlora, Korça, Gjirokastra i Fier, koje su opremljene za rad u RF opsegu od 20 MHz do 8.5 GHz, mernom opremom i softverom proizvođača *TCI International, Inc.*, pri čemu su omogućeni monitoring RF spektra i DF merenja, kao i geolokacija izvora radio-emisija primenom DF (AoA) metoda. Rad RFMS kontroliše se iz Glavnog kontrolnog centra u Tirani i iz regionalnih centara: Vlora, Korça i Shkodra, korišćenjem softverskog paketa *Scorpio Client* proizvođača *TCI International, Inc.*
- određenog broja MMS, koje su opremljene na sličan način kao i SRFMS, i od kojih svaka MMS predstavlja specijalizovano merno vozilo sa opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do 8.5 GHz, merenje pokrivenosti i kvaliteta servisa javnih mobilnih mreža, kao i drugih digitalnih servisa emitovanja, mikrotalasnih radio-komunikacija i sl.

Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, NRA u Albaniji nema posebno rešenje za ove potrebe. Na osnovu broja i rasporeda FMS/RFMS, može se zaključiti da se detaljna kontrola korišćenja RF spektra u urbanim sredinama može samo delimično ostvariti korišćenjem postojeće mreže FMS/RFMS, pa da se stoga ovi poslovi uglavnom moraju realizovati primenom MMS. U pogledu koncepta rada sistema, osnovna detekcija radio-emisija i geolokacije izvora ovih emisija, izvodi se primenom DF (AoA) metoda. Nije poznato da li NRA u Albaniji ima planove ili nameru za razvoj posebne mreže CRFMS za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama.

**Napomena:** U slučaju Albanije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih i javno dostupnih informacija.

### 3.1.2. Belgija

U skladu sa organizacionom strukturom NRA u Belgiji, BIPT (*Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications*), [3-3], za poslove vezane za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra zadužena je organizaciona jedinica u Odeljenju za nadzor (*Monitoring Department*) sa sedištem u Briselu i lokalnim tehničkim timovima lociranim u regionalnim centrima u: Liježu, Antverpenu, Gentu i Anderlehtu.

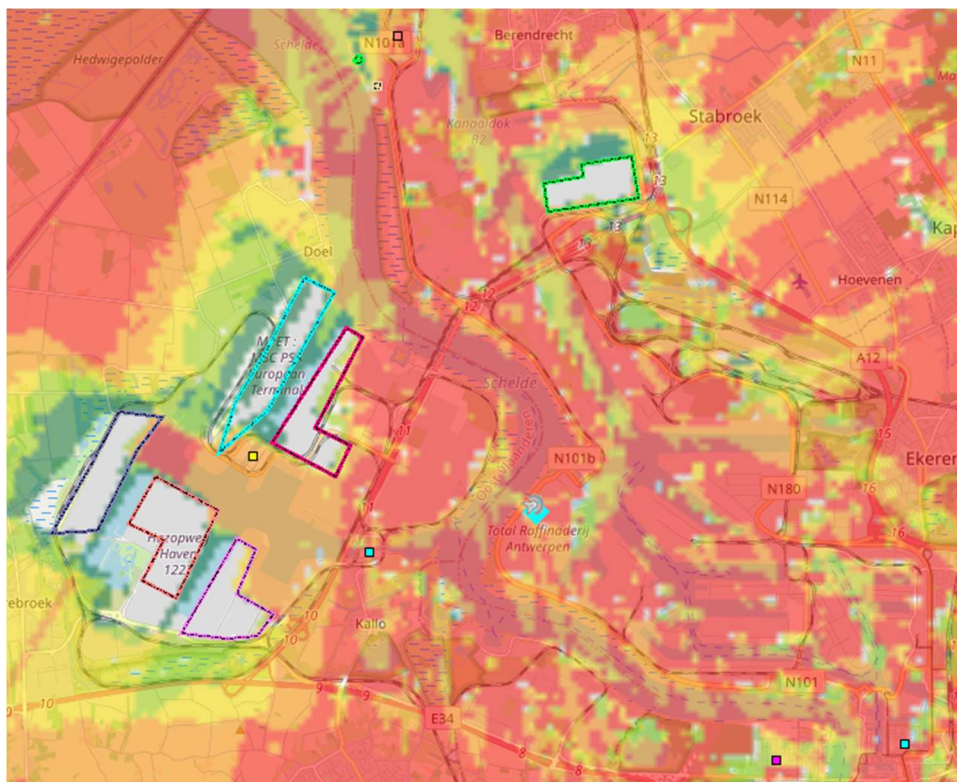
U skladu sa informacijama dobijenim u odgovoru NRA Belgije na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, sistem za monitoring RF spektra u Belgiji se sastoji od:

- 6 FMS/RFMS postavljenih na strateški izabranim lokacijama kako bi se funkcijom monitoringa RF spektra što bolje pokrila celokupna teritorija Belgije. Fiksne stanice su opremljene širokopojasnim neusmerenim (omnidirekcionim) antenama predviđenim za rad u RF opsegu od 80 MHz do 1.1 GHz, širokopojasnim usmerenim log-periodičnim antenama predviđenim za rad u RF opsegu od 80 MHz do 1.1 GHz, i specijalizovanim DF (AoA) antenama predviđenim za rad u RF opsegu od 20 MHz do 8 GHz. Svaka merna stanica sadrži *web* server i ima mogućnost zapisa i naknadne obrade snimaka RF spektra koji su dobijeni merenjem putem lokalnih mernih prijemnika na samoj lokaciji, kao i drugih mogućnosti u pogledu merenja parametara radio-emisija (odnosno postoji mogućnost lokalnog čuvanja rezultata merenja);
- određen broj MMS, od kojih svaka MMS predstavlja specijalizovano merno vozilo sa opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu do 3 GHz, merenje pokrivenosti i kvaliteta servisa javnih mobilnih mreža, servisa digitalne difuzije, mikrotalasnih radio-komunikacija (usmerene RR veze), i drugih sistema.

Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, NRA u Belgiji trenutno nema posebno rešenje za ove potrebe. U odgovoru dobijenom od NRA u Belgiji, iskazan je stav da postoji ambicija da se razvije posebna mreža koja se sastoji od mernih stanica CRFMS tipa za potrebe monitoringa RF spektra u Antverpenu (prvenstveno u području luke). U području luke nalaze se sedišta velikog broja korisnika radio-frekvencija koji čine kritičnu infrastrukturu za funkcionisanje luke, pa je potrebno razrešiti problem međusobne interferencije između korisnika RF spektra, ali i izvora štetnih smetnji (ometača). Pri tome, navedeno je da u gusto naseljenoj urbanoj sredini kao što je Antwerpen, postoje specifični uslovi propagacije radio signala, kao i specifične metalne i betonske konstrukcije i drugi objekti na području grada i luke, koji izazivaju značajne probleme pri primeni DF metoda geolokacije usled pojave refleksija i propagacije radio signala po višestrukim putanjama (eng. *multipath-propagation*). Iz navedenih razloga, NRA u Belgiji smatra da je najpogodnije



rešenje za potrebe geolokacije u ovom okruženju primena TDoA metoda. U tom smislu, NRA u Belgiji trenutno vodi pregovore o nabavci merne opreme i pratećeg softvera sa proizvođačima merne opreme i sistema za monitoring RF spektra sa podrškom za geolokaciju primenom TDoA i hibridnog TDoA/DF metoda (tj. *CRFS Limited*), a za potrebe realizacije planiranog sistema za monitoring RF spektra na području Antverpena. Pri tome, trenutno se razmatra rešenje za primenu mreže CRFMS za potrebe monitoringa RF spektra na području okvirnih dimenzija  $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$  uz podršku TDoA metoda geolokacije, pri čemu se predviđa veći broj CRFMS (od minimalno potrebnih 3 CRFMS). U odgovoru NRA Belgije, dat je primer pokrivanja (slika 3.1.) ove oblasti sa 5 CRFMS pri detekciji radio-emisija na učestanosti 1 GHz u slučaju predajnika snage 1 W postavljenih na visini od 3 m.



Slika 3.1 – Primer pokrivanja TDoA funkcijom u luci Antverpen (površine  $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ ) ostvarenom sa 5 CRFMS (označene kvadratima) za predajnike snage 1 W na visini 3 m (uspešnost geolokacije obeležena kao opadajuća funkcija od tamno crvene do tamno zelene).

Planirano rešenje mreže CRFMS kao sistema za monitoring RF spektra u urbanoj sredini sa podrškom TDoA metoda za geolokaciju predviđa međusobno komunikaciono povezivanje i sinhroni rad mernih stanica, pri čemu je neophodno obezbediti i adekvatno napajanje električnom energijom za mernu opremu za očekivanu potrošnju prijemnika reda 25 W.

### 3.1.3. Bosna i Hercegovina

U skladu sa organizacionom strukturom Regulatorne agencije za komunikacije (RAK), kao NRA u BiH, [3-4], za poslove monitoringa i kontrole korišćenja RF spektra zaduženo je Odeljenje za radio-monitoring. Na osnovu dostupnih godišnjih izveštaja RAK za period od 2009. godine do 2020. godine, [3-5] sistem za monitoring RF spektra, odnosno postojeća mreža monitoring stanica, sastoji se od:

- 3 FMS sa posadom, i to u regionalnim centrima: Banja Luka, Sarajevo i Mostar. Iz ovih FMS, zavisno od rasporeda na teritoriji BiH, ostvaruje se kontrola RFMS (koje su bez

ljudske posade), kao i komunikacija sa TMS i MMS i njihovo povezivanje u komunikacionu mrežu sistema za monitoring RF spektra;

- 14 RFMS bez ljudske posade, i to na lokacijama: Banja Luka-Malo Blaško, Banja Luka-Udrić, Banja Luka-ETF, Mostar-Gubavica, Sarajevo-Mojmilo, Sarajevo-Smiljevići, Cazin, Bijeljina, Derventa-Plehan, Doboj, Brčko, Tuzla, Zavidovići-Mahnjača i Hrgud-Berkovići. Sve FMS/RFMS opremljene su mernom opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz. U narednom periodu, planirano je dalje širenje mreže RFMS;
- 3 MMS, od kojih svaka MMS predstavlja specijalizovano merno vozilo sa opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu do 3 GHz, odnosno za merenje pokrivenosti i kvaliteta servisa javnih mobilnih mreža, digitalnih servisa radio-difuzije, mikrotalasnih radio-komunikacija (usmerene RR veze), i drugih sistema;
- 1 TMS opremljena za monitoring RF spektra u opsegu učestanosti do 40 GHz.

Sva ugrađena merna oprema, antene i druga oprema, odnosno komunikaciona oprema za povezivanje RFMS, MMS i TMS sa komunikacionom mrežom sistema za monitoring RF spektra, isporučeni su od proizvođača *Rohde & Schwarz*. Komunikacija RFMS, MMS i TMS sa pristupnim tačkama komunikacione mreže sistema, koje su smeštene u FMS sa ljudskom posadom, obavlja se korišćenjem servisa javnih mobilnih mreža. FMS poseduju odgovarajuću mrežnu komunikacionu opremu, i putem optičkih sistema prenosa ili ADSL linkova povezane su na javnu telekomunikacionu infrastrukturu, a preko nje na LAN (eng. *Local Area Network*) mreže Regionalnih sektora Banja Luka i Mostar, kao i Odeljenja za radio-monitoring i kontrolu u sedištu RAK u Sarajevu. Celokupna komunikacija između svih delova sistema monitoringa odvija se u okviru IP VPN mreže.

U skladu sa javno dostupnim informacijama u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama u Bosni i Hercegovini, postojeći sistem omogućava određenu kontrolu korišćenja RF spektra u najvećim gradovima, i to: Sarajevu (1 FMS + 2 RFMS), Banja Luci (1 FMS + 3RFMS) i Mostaru (1 FMS + 1 RFMS), dok je najveći broj ostalih RFMS postavljen u blizini većih naselja u BiH (pokrivanje urbanih sredina je ostvareno sa po jednom RFMS u okolini naselja). Na osnovu dostupnih informacija, u sistemu za monitoring RF spektra se uglavnom koristi merna oprema i softver (*Argus*) proizvođača *Rohde & Schwarz*, pri čemu trenutna opremljenost FMS i RFMS omogućava kontrolu korišćenja RF spektra u opsegu od 20 MHz do 3 GHz, kao i izvođenje geolokacije izvora radio-emisija primenom DF metoda.

Uzimajući u obzir veličinu posmatranih gradova, kao i konfiguraciju terena, sistem za monitoring RF spektra u Bosni i Hercegovini, uz angažovanje postojećih MMS, omogućava osnovne funkcije monitoringa RF spektra u urbanim sredinama (za detaljnije analize tipa detekcije smetnji i zauzeća/iskorišćenosti RF spektra neophodna je dodatna primena MMS ili TMS), tj. gradovima Sarajevu, Banja Luci i Mostaru, kao i drugim gradovima u čijoj okolini se nalaze RFMS (npr. Doboj, Brčko, Tuzla, Bijeljina, Derventa, ...). Po javno dostupnim informacijama, u ovom trenutku ne planira se razvoj posebne mreže CRFMS za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Pri tome, treba naglasiti da je koncept razvoja sekundarne mreže za monitoring RF spektra u Bosni i Hercegovini bio takav, da su na široj teritoriji većih gradova (Sarajevo, Banja Luka i Mostar) već izgrađene mreže koje se sastoje iz više FMS/RFMS, što kroz dalje unapređenje tehničkih mogućnosti ovih mernih stanica omogućava izvođenje značajnog skupa aktivnosti u pogledu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama uključujući geolokaciju.

**Napomena:** U slučaju Bosne i Hercegovine, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.4. Bugarska

U skladu sa važećom zakonskom regulativom NRA u Bugarskoj, CRC (*Communications Regulatory Commission*), [3-6], poseduje javna ovlašćenja za uređenje oblasti elektronskih komunikacija, elektronskih dokumenata i potpisa, kao i poštanskog saobraćaja na teritoriji Republike Bugarske. Funkcije kontrole, za sve navedene oblasti, obavljaju se u Centralnom kontrolnom centru (CCS) u Sofiji i 6 regionalnih kontrolnih stanica (RCS) lociranih u Sofiji, Plovdivu, Burgasu, Varni, Velikom Trnovu i Vratsi.

U cilju jačanja aktivnosti nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, kao i u domenu upravljanja spektrom, u okviru CRC izgrađen je Nacionalni sistem za monitoring Bugarske (NMS, *National Monitoring System*). Postojeći sistem za monitoring RF spektra u Bugarskoj pokriva celokupnu teritoriju države, i na osnovu informacija dobijenih u odgovoru NRA Bugarske na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, sastoji se od:

- 7 kontrolnih stanica (CCS u Sofiji i 6 RCS) iz kojih se kontroliše rad RFMS sa i bez ljudske posade. Nije poznato da li ove kontrolne stanice imaju i ulogu FMS;
- 15 FMS ili RFMS, tj. fiksnih stanica za monitoring RF spektra sa ili bez ljudske posade, koje su povezane komunikacionim linkovima u okviru NMS mreže. Ove merne stanice uglavnom su opremljene opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu od 20 MHz do 3 GHz, i to sa mernom opremom (koriste se merni prijemnici R&S ESMB i potpun skup mernih antena za zadati RF opseg) i odgovarajućim softverom (*Argus* verzija 6.1) proizvođača *Rohde & Schwarz*. Za potrebe izvođenja geolokacije kroz primenu DF metoda, sve FMS/RFMS u mreži opremljene su DF mernim prijemnicima (R&S DDF195) i DF antenama istog proizvođača (R&S ADD195/ADD071);
- više od 10 MMS stacioniranih u CCS i RCS, pri čemu je najveći broj MMS namenjen monitoringu RF spektra i DF merenjima, odnosno za geolokaciju primenom DF metoda u RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz, dok su preostale MMS namenjene za potrebe nadgledanja i kontrole rada predajnika bežičnih mreža;
- veći broj TMS za potrebe monitoringa RF spektra u opsegu od 1 GHz do 26.5 GHz;
- veći broj prenosivih mernih uređaja za potrebe kontrole korišćenja RF spektra u različitim opsezima učestanosti.

Sve stanice su opremljene GIS (eng. *Geografic Interface System*) softverom, čime je znatno povećana funkcionalnost softvera koji se koristi za monitoring RF spektra. Veza daljinski upravljanih FMS bez posade ostvaruje se preko xDSL (eng. *Digital Subscriber Line*) ili optičkih linkova, odnosno preko usmerenih radio veza, a kao rezervi sistem veze predviđena je komunikacija korišćenjem resursa javnih mobilnih mreža.

U skladu sa informacijama dobijenim u odgovoru NRA Bugarske (CRC) na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, trenutno je u završnoj fazi planiranja, odnosno treba da počne realizacija, projekta izgradnje mreže CRFSM za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. U tom smislu, nabavljene su CRFSM na bazi primene kompaktnih *outdoor* mernih stanica proizvođača *Rohde & Schwarz* tipa R&S UMS300, pri čemu se planira postavljanje većeg broja CRFSM u gusto naseljenim urbanim sredinama, i to počevši od glavnog grada Sofije. U okviru projekta CRC predviđa instalaciju i puštanje u rad CRFSM (R&S UMS300) u Sofiji, i u svim regionalnim centrima (gradovima) u Bugarskoj. Planirani sistem namenjen je monitoringu RF spektra u urbanim sredinama u RF opsegu od 20 MHz do 6 GHz, uz korišćenje R&S UMS300 sa pratećim antenskim sistemima, i treba da omogući izvođenje različitih zadataka u oblasti monitoringa RF spektra kao i geolokaciju primenom DF metoda. CRFSM će biti umrežene u okviru NMS Bugarske, a njihovim radom će se upravljati iz odgovarajućih RCS (zavisno od regiona) i po potrebi iz CCS u Sofiji.

Kada je u pitanju broj CRFMS koji će biti angažovan u pojedinim regionima, u odgovoru NRA u Bugarskoj (CRC) navedeno je samo to, da se trenutno sprovodi projekat planiranja mreže CRFMS korišćenjem simulacionih modela, pri čemu se koristi aplikacioni softver R&S PCT (*Propagation Calculation Tool*) u kome se koristi model propagacije u skladu sa ITU preporukom ITU-R P.1546.

### 3.1.5. Grčka

Nezavisna administrativna agencija *National Telecommunications and Post Commission* (EETT), [3-7], reguliše, nadgleda i kontroliše tržišta elektronskih komunikacija i poštanskog saobraćaja na teritoriji Republike Grčke. U okviru Sektora za elektronske komunikacije u sastavu EETT, u periodu nakon 2004. godine, izgrađen je Nacionalni sistem za upravljanje i monitoring RF spektrom (NSMMS, *National Spectrum Management and Monitoring System*).

NSMMS se sastoji od dva sistema: sistema upravljanja spektrom i sistema monitoringa RF spektra. Sistem upravljanja spektrom u sebi sadrži softversku podršku za potrebe dodele frekvencija, izdavanje licenci (dodelu RF spektra), naplatu nadoknade za korišćenje RF spektra i koordinaciju u postupku dodele frekvencija. Nacionalni (Glavni) kontrolni centar je smešten u sedištu EETT u Atini, u kome se nalazi i sistem upravljanja spektrom, i iz koga se upravlja radom regionalnih centara u Atini (za područje Atike) i Solunu (za područje Soluna). Komunikaciono povezivanje Regionalnih kontrolnih centara sa Nacionalnim kontrolnim centrom ostvareno je mrežnom platformom za interkonekciju na bazi WAN tehnologije.

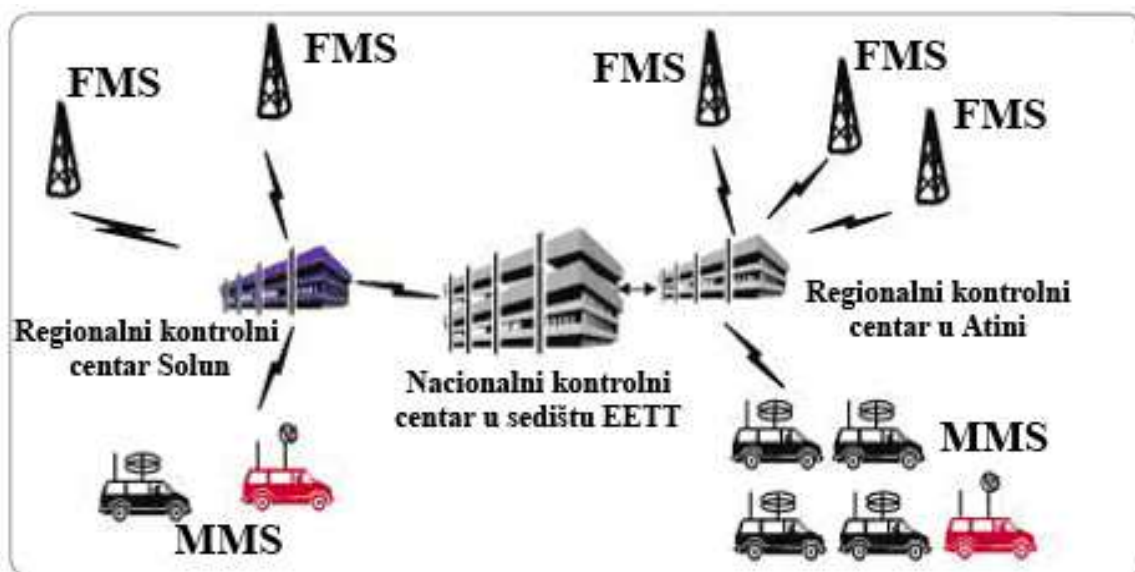
Sistem za monitoring RF spektra funkcioniše korišćenjem određenog broja RFMS i MMS, uz daljinsko upravljanje ostvareno korišćenjem mrežnih tehnologija, kao i dodatnog opremanja adekvatnom ugrađenom ili prenosivom mernom opremom. Za potrebe daljinskog upravljanja radom RFMS i MMS koristi se posebno razvijen aplikacioni softver pod nazivom ERC koji se bazira na klijent/server arhitekturi, a koji se u svom radu oslanja na relaciju bazu podataka, i podržava transparentne interfejs (API, *Application Protocol Interface*). Funkcije monitoringa RF spektra koje su podržane kroz ERC aplikaciju izvode se u skladu sa ITU-R preporukama i izveštajima, pri čemu je podržan skup merenja parametara radio signala (frekvencija, nivo polja, konfiguracija, širina spektra i identifikacija), iskorišćenost/zauzeće RF spektra, DF merenja i geolokacija na osnovu primene DF metoda i DF *homing*-a (za MMS), analiza pokrivanja i interferencije za javne mobilne mreže, kao i snimanje i reprodukcija audio signala. ERC aplikacija pruža funkcionalnosti kojima se omogućava lokalno i daljinsko upravljanje sa RFMS i MMS iz Regionalnih kontrolnih centara ili Glavnog kontrolnog centra.

Postojeći sistem za monitoring RF spektra u Grčkoj, sastoji se od:

- 4 RFMS (po dve u regionu Atike i Soluna);
- 5 MMS opremljene za rad u VHF/UHF opsezima (4 za područje Atike i 1 za područje Soluna);
- 2 MMS opremljene za rad u SHF opsegu (po 1 za područje Atike i područje Soluna);
- 7 PMS (po jedna u svakoj od 7 MMS);
- 16 lakih PMS (13 za područje Atike i 3 za područje Soluna) za potrebe obavljanja inspekcije i kontrole spektra u nepristupačnim predelima.

Dodatno, EETT poseduje 4 instalirane BCC (eng. *Broadcast Control Centre*) ograničenih mogućnosti, 2 u području Atike, i po 1 u području Rodosa i Krita, a na raspolaganju je i 1 mobilna radiometrijska stanica.

Na slici 3.2 prikazana je trenutna šema organizacije NSMMS.



Slika 3.2 – Prikaz organizacije NSMMS sistema na teritoriji Republike Grčke.

Osim razvoja infrastrukture NSMMS, izvršena je određena standardizacija korišćenih procedura NSMSS, koje imaju važnu ulogu u okviru upravljanja i kontrole RF spektra, i to u smislu: detekcije moguće interferencije u kritičnim opsezima učestanosti, detekcije ilegalnih emisija radiodifuznih radio i TV stanica, praćenja zauzetosti RF opsega u cilju omogućavanja licenciranja novih servisa, nadgledanje usaglašenosti tehničkih specifikacija sa odobrenim pri izdavanju dozvola za korišćenje frekvencija, identifikacija izvora interferencije licenciranim korisnicima.

Rezultat primene usvojenih procedura omogućio je administrativnu kontrolu legalnih korisnika spektra, kao i prekid rada nelegalnih predajnika. U smislu optimizacije upravljanja i monitoringa RF spektra, EETT je definisao standardne procedure u skladu sa zakonskom regulativom za radiodifuziju audio i TV signala. Između ostalog ove procedure obuhvataju: čuvanje podataka o predajnim centrima (lokacijama), merenje/estimacija predajne snage predajnika TV signala, merenje nivoa EM polja signala od radio predajnika, merenje zaštitnih odnosa kako bi se detektovala međusobna interferencija signala radio/TV predajnika, kao i merenje intermodulacionih smetnji u opsegu učestanosti namenjenih radio-navigaciji, a koje potiču od predajnika radiodifuzne mreže.

NSMMS opslužuje oko 100 zaposlenih (za oba sistema). U okviru sistema za monitoring RF spektra koristi se oprema proizvođača *Rohde&Schwarz* i to: prijemnici R&S ESMB i R&S EB200, odnosno DF procesori R&S DDF195 koji omogućavaju monitoring RF spektra u opsegu od 9 kHz do 3 GHz i DF u opsegu od 0.5 MHz do 3 GHz, kao i analizatori spektra R&S FSP30, koji omogućavaju rad u opsegu do 30 GHz. U sistemu se koriste i dodatni monitoring sistemi R&S TMS210, R&S TMS500 koji omogućavaju monitoring RF spektra i DF u opsezima od 0.5 MHz do 1.3 GHz, i od 1 GHz do 26.5/40 GHz, respektivno. Za potrebe komunikacionog povezivanja MMS, TMS i PMS koriste se R&S TMS-C uređaji. Sva oprema radi uz primenu softvera za monitoring RF spektra *Argus* proizvođača *Rohde&Schwarz*.

Trenutno je u fazi razvoja projekat izgradnje inovativnog zemaljskog sistema za monitoring RF spektra (TSMS, *Terrestrial Communication Monitoring System*), koji se finansira iz fondova EU, [3-7]. Ukupan budžet projekta je 30 miliona Eura.

Izgradnjom planiranog TSMS treba da se obezbedi:

- identifikacija emisija koje nisu autorizovane/licencirane ili koje premašuju specifikacije predviđene u okviru Plana namene;
- identifikacija emisija koje ne ispunjavaju tehničke specifikacije navedene u odgovarajućim licencama i dozvolama za korišćenje frekvencija;
- detekciju interferencije od autorizovanih/licenciranih ili neautorizovanih/nelicenciranih predajnika;
- široko geografsko i tehnološko pokrivanje, kao i široko pokrivanje u domenu RF spektra na teritoriji Grčke, kao i mogućnost za brzu reakciju zaposlenih EETT na razrešenju pojave interferencije, a posebno u slučaju kritičnih servisa;
- usaglašenost sa uslovima/zahtevima postavljenim u dozvolama za korišćenje spektra u cilju koordinacije na međunarodnom nivou.

Osim toga, TSMS tokom svog rada treba da obezbedi značajne i pouzdane informacije:

- u pogledu dinamičkih performansi i iskorišćenosti RF spektra;
- dodelu novih prava korišćenja frekvencija;
- razvoj novih, efikasnijih modela upravljanja spektrom;
- saznanja i razumevanja efekata koji se javljaju usled propagacije i interferencije signala.

Planira se da se budući TSMS sastoji od sledećih elemenata i podsistema:

- 160 novih RFMS (uz postojeće), 10 novih PMS (uz postojeće) i 6 novih MMS (uz postojeće);
- prenosivih DF sistema predviđenih za združeni rad sa mernim prijemnicima;
- izuzetno laganih mernih prijemnika;
- prenosivih analizatora spektra;
- dronova (UAV, *Unmanned Aerial Vehicles*);
- zemaljskih stanica za DF merenja u HF opsegu;
- sistema za merenje kvaliteta servisa za sisteme digitalne rafiodifuzije (DVB i DAB);
- bežičnih mreža koje podržavaju prenos govora za potrebe sistema za monitoring;
- bežičnih mreža koje podržavaju siguran prenos podataka od RFMS/MMS/PMS.

U skladu sa dostupnim informacijama u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama u Grčkoj, postojeći sistem ne omogućava detaljnu i stalnu kontrolu korišćenja RF spektra u gradovima, a pokrivanje je ostvareno uglavnom sa jednom RFMS lociranom u okolini većih gradova. Monitoring RF spektra u urbanim sredinama se stoga uglavnom izvodi kroz združen rad RFMS i MMS/TMS, a osnovni metod geolokacije je DF metod. Predviđeni razvoj novog sistema za monitoring RF spektra treba da omogući značajno poboljšanje tehničkih mogućnosti sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, imajući u vidu da je predviđena nabavka najmanje 160 RFMS, 10 PMS i 6 MMS. Iako nisu poznati svi detalji, nabavljena merna oprema treba između ostalog da podržava TDoA metod geolokacije, kao i hibridni TDoA/DF metod geolokacije, a broj predviđenih RFMS ukazuje na značajno pokrivanje većim brojem mernih stanica svih urbanih sredina na teritoriji Grčke.

**Napomena:** U slučaju Grčke, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

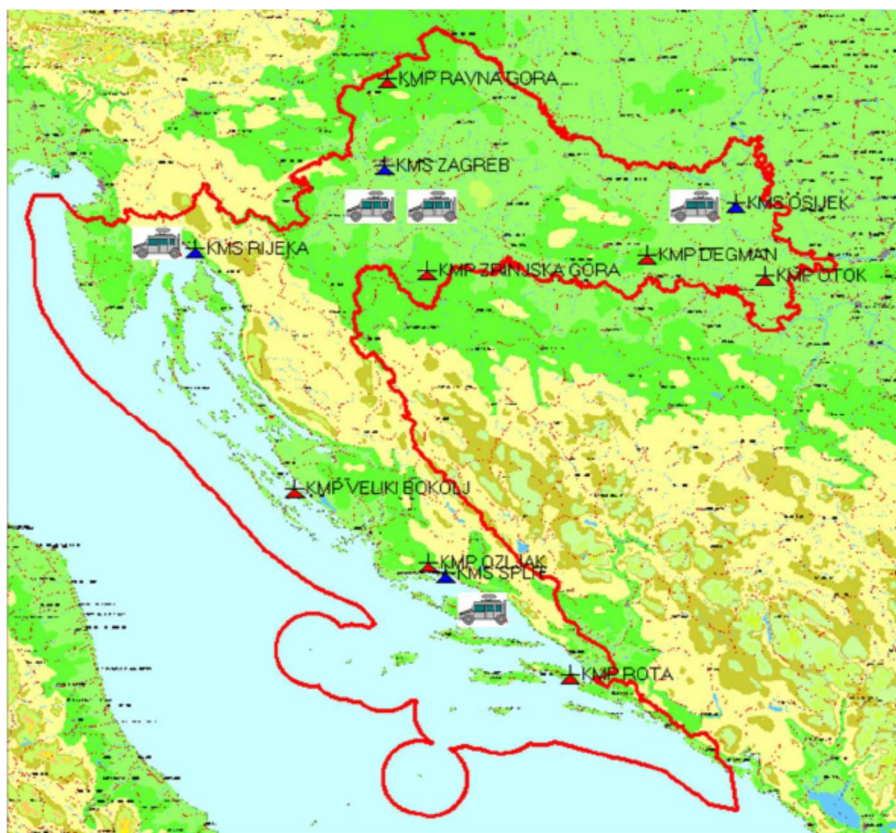
### 3.1.6. Hrvatska

Poslove kontrole i nadzora RF spektra u NRA za Hrvatsku, Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM), obavlja Odeljenje za nadzor, [3-8]. Osnovni ciljevi monitoringa RF spektra u okviru HAKOM su sprečavanje neovlašćenog korišćenja RF spektra i zaštita licenciranih korisnika. Pored toga, rezultati monitoringa i kontrole RF spektra, koriste se kao osnova za poslove planiranja namene i raspodele, kao i harmonizaciju RF spektra.

Monitoring i kontrola RF spektra obavlja se svakodnevno (24 časa, 365 dana u godini), pri čemu se koristi namenski sistem za radiolokaciju i monitoring RF spektra. Osnovni elementi sistema za radiolokaciju i monitoring RF spektra HAKOM-a su:

- 4 FMS sa ljudskom posadom: KMS Zagreb, KMS Rijeka, KMS Split i KMS Osijek;
- 9 RFMS bez ljudske posade: KMP Ravna Gora, KMP Zrinjska Gora, KMP Degman, KMP Otok, KMP Ozljak, KMP Rota, KMP Veliki Bokolj, KMP Zagreb i KMP Sjeverni Jadran, a u planu je izgradnja KMP Bjelogora;
- 5 MMS, instaliranih u mernim vozilima. Sve MMS su opremljene na isti način, sa mernim uređajima R&S ETL i R&S ESMD, i setom antena za potrebe monitoringa i DF u opsegu od 20 MHz do 3 GHz;
- 1 TMS, opremljena na isti način kao RFMS. U planu je unapređenje ove TMS.

Na slici 3.3, prikazan je raspored FMS i MMS na teritoriji Hrvatske u ranijem periodu (nisu prikazane 2 KMP izgrađene nakon 2017. godine).



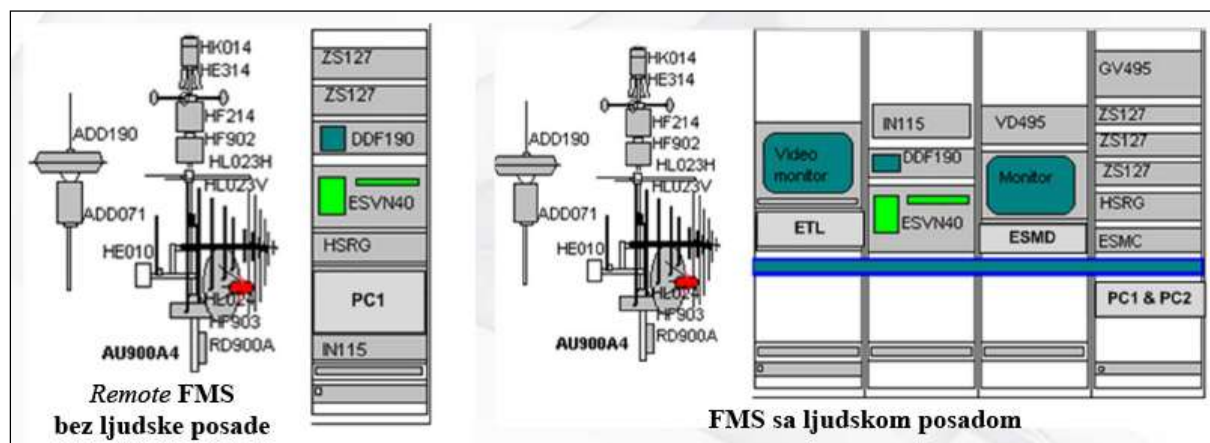
Slika 3.3 – Raspored FMS/RFMS i MMS u sistemu za monitoring RF spektra HAKOM-a, period pre 2017. godine

Kompletna merna oprema i softver kojim su opremljene FMS/RFMS i MMS nabavljena je od proizvođača *Rodhe&Schwarz* sa mogućnošću monitoringa RF spektra i geolokacije primenom DF merenja do učestanosti 3 GHz. Na svim stanicama koristi se softverski paket *R&S Argus* (nije poznata verzija). Osim toga, na raspolaganju je dodatna stacionarna ili prenosiva merna oprema i antene za monitoring RF spektra do učestanosti 40 GHz. Sve četiri FMS sa ljudskom posadom imaju dva radna mesta opremljena sa istim kompletima opreme. Oprema je unificirana i za 9 RFMS bez ljudske posade.

U cilju bližeg uvida u mogućnosti sistema HAKOM-a, u Tabeli 3.1 dat je pregled merne opreme i antena kojima su opremljene FMS i RFMS pri njihovoj izgradnji i modernizaciji (nije poznato da li je došlo do unapređenja). Raspored merne opreme i položaj antena na antenskim stubovima za ova dva tipa stanica prukazan je na slici 3.4.

Tabela 3.1 – Kompleti merne opreme i antena proizvođača Rohde & Schwarz kojima su izvorno opremljene FMS i RFMS u sistemu za monitoring RF spektra HAKOM-a.

TIP FMS	MERNI PRIJEMNICI I DRUGA MERNA OPREMA	ANTENSKI SISTEM
FMS (KMS)	<p><b>Merni prijemnici:</b> R&amp;S ESVN40 (9 kHz – 3 GHz) R&amp;S ESMD (20 MHz - 3.6 GHz) R&amp;S ESMC (0.5 MHz – 3 GHz)</p> <p><b>DF procesor</b> R&amp;S DDF190 (20 MHz – 3 GHz)</p> <p><b>TV analizator</b> R&amp;S ETL (0.5 MHz - 3GHz)</p>	<p><b>Omnidirekzione antene:</b> R&amp;S HE-010 (10 kHz – 80 MHz) R&amp;S HE-314 (20 MHz - 500 MHz) R&amp;S HK-014 (80 MHz - 1.3 GHz) R&amp;S HF-214 (500 MHz – 1.3 GHz) R&amp;S HF-902 (1.3 GHz – 3 GHz)</p> <p><b>Usmerene antene:</b> R&amp;S HE-402 (20 MHz – 68 MHz) R&amp;S HL-023 (68MHz - 500 MHz) R&amp;S HL-023AP (68 - 500 MHz) R&amp;S HF-903 (1.3 GHz - 3GHz)</p>
RFMS (KMP)	<p><b>Merni prijemnik:</b> R&amp;S ESVN40 (9 kHz – 3 GHz)</p> <p><b>DF procesor</b> R&amp;S DDF190 (20 MHz – 3 GHz)</p>	<p><b>DF antenski nizovi:</b> R&amp;S ADD190 (20 MHz - 1.3 GHz) R&amp;S ADD071 (1.3 GHz - 3 GHz)</p>



Slika 3.4 – Raspored opreme na svim RFMS bez ljudske posade (levo) i FMS sa ljudskom posadom (desno), izvor HAKOM 2011. godine.

Komunikaciona mreža unutar sistema monitoringa RF spektra organizovana je na takav način da su putem iznajmljenih linija kapaciteta 2 Mbit/s (HDSL) Regionalni centri, odnosno FMS sa ljudskom posadom u Osijeku, Splitu i Rijeci, povezani sa FMS u Zagrebu koja ima ulogu Glavne stanice sistema. FMS u Zagrebu je optičkim linkom povezana u komunikacionu



mrežu HAKOM-a. RFMS bez ljudske posade povezane su sa Regionalnim centrima ili Glavnim centrom u Zagrebu putem usmerenih radio veza kapaciteta 8 Mbit/s (sem RFMS Veliki Bokolj koja koristi link kapaciteta 20 Mbit/s). Mobilne stanice sistema su tokom rada povezane sa komunikacionom mrežom sistema korišćenjem sistema usmerenih radio veza HAKOM-a.

U Odeljenju za nadzor je na poslovima monitoringa RF spektra angažovano oko 20 zaposlenih. Redovni zadaci vezani za monitoring RF spektra izvršavaju se na osnovu dnevnog, nedeljnog i mesečnog plana rada. Osim toga, izvode se i specifične vanredne merne kampanje. Odeljenje za nadzor izvršava i poslove inspekcije sajtova radio predajnika, razrešavanje smetnji i interferencije, obavlja monitoring RF spektra, ekspertske supervizije (posebno u smislu implementacije međunarodnih ugovora). U poslove Odeljenja za nadzor, a u skladu sa organizacijom HAKOM-a, spadaju i tehnička kontrola ispunjenosti uslova u procesu dobijanja dozvole za korišćenje radio-frekvencije, kao i tehničke kontrole rada radiodifuznih stanica (predajnika) pri puštanju u rad, kao i redovne ili vanredne tehničke kontrole radio stanica.

U skladu sa dostupnim informacijama u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama u Hrvatskoj, postojeći sistem ne omogućava detaljnu i stalnu kontrolu korišćenja RF spektra u najvećim gradovima, pošto je pokrivanje ostvareno uglavnom sa jednom FMS ili RFMS u okolini većih gradova. Iz tog razloga, u cilju ostvarivanja pouzdane detekcije i uspešne lokalizacije izvora radio-emisija niskog intenziteta u urbanim sredinama, neophodna je združena primene FMS/RFMS i MMS. Dodatno, a na osnovu dostupnih informacija, u sistemu za monitoring RF spektra HAKOM-a uglavnom se koristi merna oprema i softver (*Argus*) proizvođača *Rohde & Schwarz*, pri čemu trenutna opremljenost postojećih FMS i RFMS omogućava kontrolu korišćenja RF spektra u opsegu od 20 MHz do 3 GHz, kao i izvođenje geolokacije izvora radio-emisija primenom DF metoda. Nije poznato da li HAKOM planira aktivnosti za razvoj sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

**Napomena:** U slučaju Hrvatske, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.7. Kipar

U skladu sa organizacijom rada NRA na Kipru, OCECPR (*Office of the Commissioner of Electronic Communications & Postal Regulation*), [3-9], za sve poslove vezane za kontrolu korišćenja RF spektra nadležno je Odeljenje za elektronske komunikacije.

U skladu sa informacijama dobijenim u odgovoru NRA Kipra na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, sistem za monitoring RF spektra sastoji se od:

- 4 FMS/RFMS sa ili bez ljudske posade, koje su locirane u 4 regiona (2 regiona nisu pod kontrolom NRA). Postojeće FMS/RFMS su opremljene mernom opremom i softverom proizvođača *Thales*, pri čemu oprema omogućava monitoring RF spektra i DF merenja opsegu od 25 MHz do 3 GHz, pri čemu su DF merenja podržana samo za prijem signala sa vertikalnom polarizacijom, a stanice imaju dodatni antenski sistem koji pokriva prijem signala sa vertikalnom i horizontalnom polarizacijom u RF opsegu od 10 kHz do 6 GHz;
- 3 MMS, pri čemu MMS predstavljaju specijalizovana merna vozila sa opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu do 3 GHz ili 8 GHz. Prva MMS omogućava rad u RF opsegu od 10 kHz do 3 GHz uz DF merenja omogućena samo za prijem signala sa vertikalnom polarizacijom, uz dodatni antenski sistem za horizontalnu

i vertikalnu polarizaciju u RF opsegu od 10 kHz do 6 GHz. Druga MMS omogućava rad u RF opsegu od 25 MHz do 3 GHz uz DF merenja omogućena samo za prijem signala sa vertikalnom polarizacijom, uz dodatni antenski sistem za horizontalnu i vertikalnu polarizaciju u RF opsegu od 10 kHz do 6 GHz. Treća MMS omogućava rad u RF opsegu od 20 MHz do 8 GHz uz DF merenja omogućena za horizontalnu i vertikalnu polarizaciju signala.

U postojećem sistemu za monitoring RF spektra na Kipru, geolokacija se može ostvariti interaktivno korišćenjem FMS/RFMS i MMS, pri čemu se za složenije zadatke koriste MMS i prenosiva oprema. Za potrebe kontrole korišćenja RF spektra, FMS/RFMS se koriste kada je to moguće, ali se značajan deo zadataka izvršava korišćenjem MMS, odnosno ako je neophodno koristi se i prenosiva oprema.

Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, NRA na Kipru nema posebno rešenje za ove potrebe. U odgovoru dobijenom od NRA na Kipru, navedeno je da NRA trenutno sprovodi proceduru za izgradnju novog nacionalnog sistema za monitoring RF spektra, ali da pri tome nije planiran razvoj posebnog rešenja za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, već da je težište nabavka modernog sistema kojim se mogu jednostavnije izvršavati trenutni zadaci u domenu kontrole korišćenja i nadgledanja RF spektra.

### 3.1.8. Litvanija

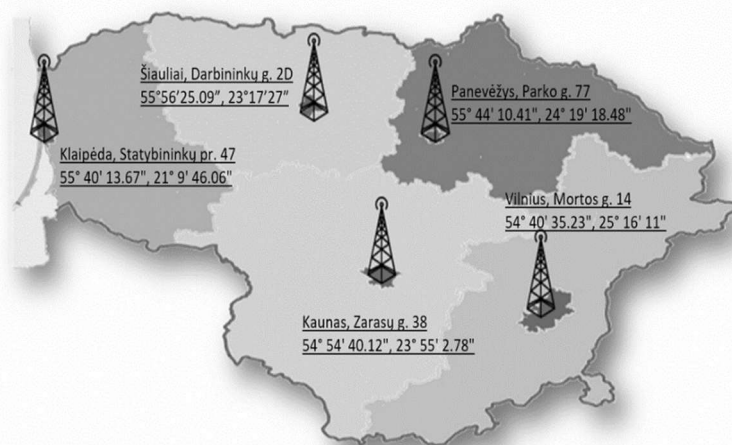
U skladu sa zakonskim ovlašćenima NRA u Litvaniji, RRT (*Communications Regulatory Authority of the Republic of Lithuania*), [3-10], nadležna je za poslove vezane za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra.

U skladu sa informacijama dobijenim u odgovoru NRA u Litvaniji na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, sistem za monitoring RF spektra sastoji se od:

- 5 FMS/RFMS, koje su locirane u 5 regiona (Vilnius, Kaunas, Klaipeda, Sialiai i Panevezys), što je prikazano na slici 3.5. Postojeće FMS/RFMS su opremljene mernom opremom i softverom koja omogućava monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz;
- 7 MMS, pri čemu MMS predstavljaju specijalizovana merna vozila sa opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsezima do 3 GHz, kao i druge zadatke u domenu kontrole korišćenja RF spektra.

U postojećem sistemu za monitoring RF spektra u Litvaniji geolokacija se može ostvariti samo primenom DF metoda, i to korišćenjem FMS/RFMS i MMS, pri čemu se za složenije zadatke koriste MMS i prenosiva oprema.

Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, NRA u Litvaniji nema posebno rešenje za ove potrebe. U odgovoru dobijenom od NRA u Litvaniji, navedeno je da NRA u bliskoj budućnosti ne namerava izgradnju mreže ovog tipa, a kao razlog su navedeni veliki troškovi izgradnje takvog sistema. Pri tome, naglašeno je da se može razmotriti rešenje sa primenom TMS na bazi RF senzora, koje bi se mogle angažovati u zonama od interesa.



Slika 3.5 – Raspored RFMS u sistemu za monitoring RF spektra u Litvaniji.

### 3.1.9. Mađarska

U skladu sa zakonskim ovlašćenjima NRA u Mađarskoj, NMHH (*National Media and Infocommunications Authority*), [3-11], ima potpunu nadležnost u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, pri čemu se poslovima nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra bavi Odeljenje za merenja, sa više od 60 zaposlenih od čega je više od 50 inženjera.

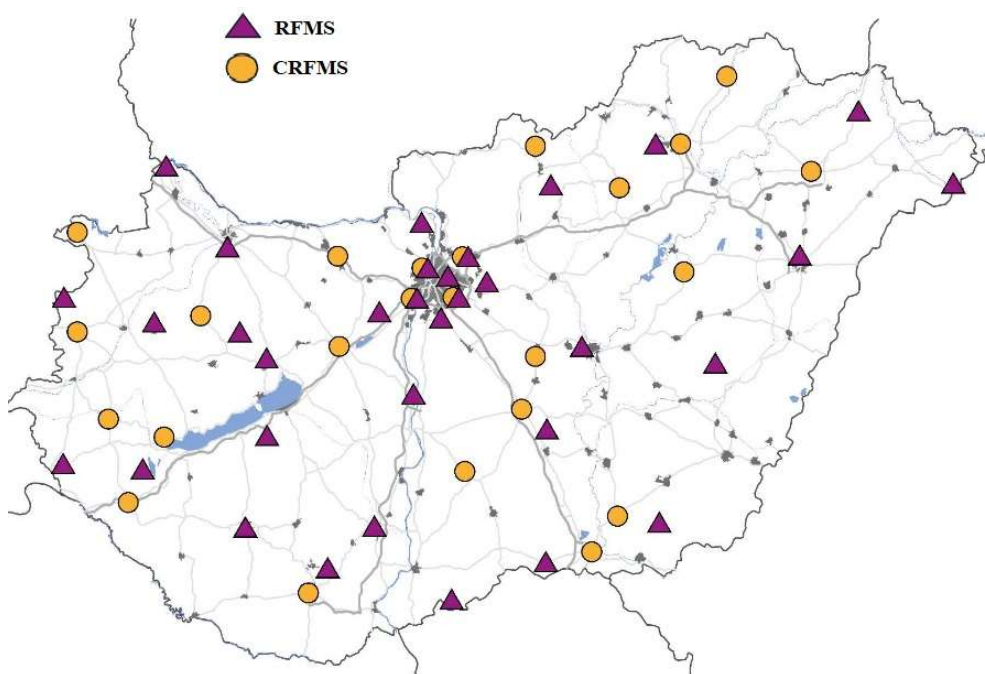
Na osnovu informacija dobijenih u odgovoru NRA u Mađarskoj na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i drugih javno dostupnih informacija, postojeći sistem za monitoring RF spektra se sastoji od:

- Nacionalnog centra za kontrolu iz koga se kontroliše rad svih RFMS i CRFMS bez ljudske posade, tj. HSMC (*Hungarian Spectrum Monitoring Centre*), smeštenog u glavnom gradu Budimpešti;
- 30 potpuno opremljenih RFMS, raspoređenim na celokupnoj teritoriji Mađarske, koje su izgrađene na lokacijama sa većom nadmorskom visinom (vrhovi brda, u blizini državne granice i sl.). Ove stanice su opremljene za potrebe monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz;
- Mreže koja se sastoji od 25 kompaktnih daljinski kontrolisanih stanica za monitoring RF spektra (CRFMS), koje su postavljene u gusto naseljenim urbanim sredinama, kao što su Budimpešta i drugi veći gradovi u Mađarskoj. Ove stanice osim uobičajenih merenja omogućavaju geolokaciju primenom TDoA metoda;
- Sistema prenosivih mernih prijemnika (PMS) koji se sastoji od 5 CRFSM (uređaja za analizu RF spektra), koji se obično koristi za monitoring RF spektra pri odvijanju specifičnih događaja. Ovaj sistem osim uobičajenih merenja omogućava geolokaciju primenom TDoA metoda;
- 15 MMS namenjenih za monitoring RF spektra i geolokaciju primenom DF metoda i TDoA metoda u opsegu do 3 GHz, 6 GHz ili 8 GHz, merenje pokrivanja DVB-T mreže, obavljanje inspekcije u domenu kontrole korišćenja RF spektra, merenje pokrivanja i kvaliteta servisa širokopojasnih mobilnih mreža, i za analizu interferencije;
- 1 stanice za nadgledanje satelitskih sistema;
- 1 stanice za monitoring RF spektra u HF opsegu.

Na slici 3.6 prikazan je trenutni raspored RFMS i CRFMS na teritoriji Mađarske.

Kada je u pitanju podrška geolokacije korišćenjem TDoA metoda, u okviru sistema za monitoring RF spektra u Mađarskoj, postoje tri tipa mernih sistema/stanica koje podržavaju ovu funkcionalnost:

- sistem na monitoring RF spektra u Budimpešti, koji je pušten u rad 2014. godine, i koji se sastoji od 5 CRFMS koje se nalaze na međusobnom rastojanju reda 10-12 km. Sistem se koristi za potrebe monitoringa RF spektra i geolokaciju detektovanih izvora radio-emisija primenom TDoA metoda;
- sistem za monitoring RF spektra na nacionalnom nivou, koji se sastoji od 20 dodatnih CRFMS izgrađenih 2018. godine, u većim gradovima u Mađarskoj. Rastojanje između ovih stanica je reda 50 km, pa se mogu koristiti za detekciju emisija niskog intenziteta, ali se za potrebe geolokacije mogu iskoristiti samo za izvore emisija velikog intenziteta.
- skup prenosivih mernih prijemnika (PMS) koji se sastoji od 5 CRFSM (analizatora RF spektra), koji se obično koristi za monitoring RF spektra pri odvijanju specifičnih događaja. Ovaj sistem osim uobičajenih merenja omogućava geolokaciju primenom TDoA metoda.



Slika 3.6 – Raspored RFMS i CRFMS u sistemu za monitoring RF spektra NMHH na teritoriji Mađarske, stanje iz 2019. godine.

Prethodno pomenute CRFMS i PMS su opremljene RF senzorima proizvođača CRFS, tipa CRFS RFEye Node 20-6, Node 50-8 ili Node 100-18, koji omogućavaju monitoring RF spektra i geolokaciju primenom TDoA metoda u opsezima do 6 GHz, 8 GHz i 18 GHz, respektivno, i sa trenutnom širinom opsega od 20 MHz, 50 MHz i 100 MHz, respektivno. Sve CRFMS su opremljene sa dve pasivne neusmerene (omnidirekzione) antene, pri čemu je jedna namenjena za niže opsege RF spektra, a druga za više opsege RF spektra, dok neke od stanica imaju i dodatne usmerene antene koje se mogu rotirati po potrebi.

Kada je u pitanju softver koji se koristi u CRFMS, koriste se tri tipa softvera:

- SIMI MV, centralizovan softver za merenje u upravljanje mernim stanicama, razvijen za potrebe HMNN;
- CRFS RFEyeSite za potrebe analize spektra u realnom vremenu i TDoA merenja;

- SVAL Logger, specijalno razvijen softver za potrebe dugotrajnog automatizovanog snimanja spektra i analizu IQ odbiraka.

U svom odgovoru NRA u Mađarskoj je dala opis i tipičan izgled CRFMS, koji je prikazan slici 3.7.

Verzija CRFMS koja se tipično koristi od strane HMNN, sastoji se iz dva osnovna elementa: antenskog nosača na koji se instalira antenski sistem (antene) i kućišta u okviru koga se smešta merna i druga oprema. Ovaj tip CRFMS, označen kao SVALE-S3, razvijen je od strane Mađarske kompanije *SVALE Technology Telecom and IT Consulting Ltd.*, a na osnovu specifičnih zahteva HMNN. Kućište je veličine ranca i težine manje od 20 kg, a u njega se ugrađuje CRFS RFeye Node sa kolima za nadzor ispravnosti rada senzora (eng. *health surveillance watchdog circuit*) i ostalim neophodnim uređajima (npr. moduli za ventilaciju, IT modul i sigurnosni modul). Komunikaciono povezivanje CRFMS u okviru sistema se ostvaruje korišćenjem 4G LTE servisa ili Ethernet interfejsa, pri čemu se bez obzira na tip korišćenog linka merna stanica može koristiti (od strane operatera HMNN) za potrebe analize RF spektra u realnom vremenu, odnosno za povezivanje većeg broja CRFMS u okviru distribuirane TDoA mreže za potrebe TDoA geolokacije korišćenjem softvera *CRFS RFeye Site*. CRFMS podržavaju dugotrajno automatsko merenje korišćenjem posebno razvijene *SVALE logger* aplikacije za potrebe monitoringa RF spektra.



Slika 3.7 – Tipičan izgled CRFMS u sistemu za monitoring RF spektra NMHH.

Kao što se na osnovu prethodnog opisa može zaključiti, NRA u Mađarskoj poseduje više različitih rešenja za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Moguće je koristiti mrežu klasičnih RFMS, koje su locirane na teritoriji i u okolini Budimpešte (veći broj RFMS), kao i u blizini drugih većih gradova (po jedna RFMS), koje podržavaju monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do najmanje 3 GHz, pri čemu je moguće ostvariti geolokaciju korišćenjem DF metoda. Usled specifičnih uslova propagacije radio signala u urbanim sredinama, najverovatnije je moguće obaviti geolokaciju samo za slučaj izvora radio-

emisija većeg i srednjeg intenziteta. Osim toga, u Budimpešti postoji posebna mreža od 5 CRFMS, koja omogućava monitoring RF spektra u geolokaciju korišćenjem TDoA metoda. U preostalom delu teritorije Mađarske, a u skladu sa informacijama dobijenim od NRA u Mađarskoj, gustina rasporeda CRFMS sa podrškom za TDoA geolokaciju ne obezbeđuje mogućnost geolokacije izvora niskog intenziteta. Nije poznato da li je u okviru sistema za monitoring RF spektra moguće združeno korišćenje mogućnosti RFMS i CRFMS, odnosno da li je podržano rešenje za primenu hibridne TDoA/DF metode, koje bi makar u slučaju Budimpešte, gde se nalazi veći broj mernih stanica oba tipa, trebalo da omogući unapređenje monitoringa RF spektra po pitanju tačnosti i uspešnosti rezultata geolokacije. Naravno, primenom MMS u određenom delu teritorije, mogu se rešavati specifični problemi, odnosno obavljati periodična detaljnija analiza zauzeća i iskorišćenosti RF spektra u urbanim sredinama.

### 3.1.10. Malta

U skladu sa zakonskim ovlašćenjima NRA na Malti, MCA (*Malta Communications Authority*), [3-12], ima potpunu nadležnost u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra. Na osnovu informacija dobijenih u odgovoru NRA Malte na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i javno dostupnih informacija, izgradnja trenutnog sistema za monitoring RF spektra na Malti počela je 2020. godine, i sistem se još uvek razvija. Trenutno se sistem za monitoring RF spektra sastoji od:

- 3 RFMS izgrađenih na stratejskim lokacijama, pri čemu se monitoring RF spektra obavlja u opsegu od 9 kHz do 18 GHz. Pri tome, RFMS su međusobno povezane u mrežu, i podržavaju izvođenje geolokacije korišćenjem TDoA metoda. Trenutna mreža je skalabilna, i NRA planira da dalje širi ovu mrežu dodavanjem novih RFMS u cilju pokrivanja celokupne teritorije. Tokom 2022. godine, u mrežu RFMS će osim stanica sa podrškom za TDoA biti dodata i RFMS u kojoj je podržan DF metod, čime će se omogućiti i geolokacija na bazi hibridnog TDoA/DF metoda. Omogućen je potpuno automatizovan rad mreže RFMS. RFMS su opremljene mernom opremom proizvođača *CRFS Limited*;
- 2 MMS, koje rade nezavisno od drugih elemenata sistema (tzv. *stand-alone* mode rada), odnosno merna vozila opremljena mernim prijemnicima (predviđenim za rad u RF opsegu od 20 MHz do 26.5 MHz), teleskopskim stubovima, antenama, analizatorima spektra (predviđenim za rad u RF opsegu od 9 kHz do 6 GHz) i analizatorima spektra u realnom vremenu (predviđenim za rad u opsegu 8 kHz do 8 GHz), a za potrebe monitoringa RF spektra i DF merenja, koji se u velikoj meri koriste u cilju detekcije izvora interferencije u urbanim sredinama. Najveći deo merne opreme, antena i druge opreme za opremanje MMS je nabavljen od proizvođača *Rohde & Schwarz*.

Kada je u pitanju podrška geolokacije korišćenjem TDoA metoda, u okviru sistema za monitoring RF spektra na Malti, NRA je u svom odgovoru naglasila da se primena TDoA metoda geolokacije nije pokazala naročito efikasnom, ali da pri tome treba imati u vidu malu gustinu RFMS u datom području.

U pogledu postojanja i karakteristika sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, NRA Malte je u svom odgovoru naglasila da su gradovi na Malti relativno mali, pa iz tog razloga nije pogodno postavljanje RFMS u blizini svakog od gradova, kao i da je topografija i struktura gradova veoma izazovna u smislu lokalizacije izvora interferencije (uski putevi, debeli zidovi i sl.). Trenutni sistem za monitoring RF spektra je prvenstveno namenjen pokrivanju glavne luke i jedinog aerodroma na Malti.

U pogledu izbora lokacija za RFMS, u odgovoru NRA Malte, ističe se da je jedan od najvećih problema pri izgradnji sistema za monitoring RF spektra, bio određivanje lokacija zbog velikog broja predajnika raspoređenih svuda po ostrvu. Osim konfiguracije terena, jedan od najbitnijih faktora pri izboru sajtova za RFMS bilo je RF okruženje (nivo signala bliskih predajnika na posmatranoj lokaciji). U tom smislu se naglašava značaj IP3 (TOPI, *The Third Point of Intercept*) karakteristika merne opreme, kao i potreba da se u pojedinim opsezima na određenim lokacijama mora predvideti korišćenje RF filtera.

### 3.1.11. Nemačka

Javna ovlašćenja u okviru oblasti elektronskih komunikacija obavlja *Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen* (BNetzA), a u sklopu rada Saveznog Ministarstva ekonomije i tehnologije Savezne Republike Nemačke, [3-13]. BNetzA je organizovana u 9 izvršnih odbora i 9 Odeljenja, pri čemu poslove vezane za monitoring spektra i kontrolu (inspekciju) vrši Sekcija 511 Odeljenja 5, u sklopu koje radi 10 regionalnih kancelarija na 32 lokacije. S obzirom na to da su regionalne kancelarije podeljene na servisne centre, poslovima monitoringa RF spektra i inspekcije bave se servisni centri za inspekciju u oblasti radio-komunikacija i monitoringa RF spektra (zemaljske veze), stanica za monitoring RF spektra (satelitske veze) u opsegu od 130 MHz do 26.5 GHz, laboratorija za ispitivanje elektromagnetne kompatibilnosti (EMC, *Electromagnetic Compatibility*), i centralna radionica za održavanje i kalibraciju. Poslove vezane za monitoring RF spektra i inspeksijski nadzor u oblasti radio-komunikacija obavlja veoma veliki broj zaposlenih (oko 400) sa više od 100 mernih vozila u okviru Sekcije 511.

Servisni centar za inspekciju u oblasti radio-komunikacija obavlja sledeće poslove: kontrolu instalacija na lokacijama predajnika, ispitivanje interferencije (radiodifuzija, druge radio stanice, uređaji koji emituju neželjenu radio emisiju, ...), nadgledanje tržišta i merenje nivoa elektromagnetnog polja u funkciji zaštite životne sredine za predajnike čija je EIRP veća od 10 W (oko 2000 merenja za mikrolokacije velike osetljivosti). Servisni centar za inspekciju u oblasti radio-komunikacija ima kancelarije na 32 lokacije, veći broj standardnih mernih vozila sa mernom opremom u opsegu do 3 GHz, kao i više mernih vozila za potrebe merenja predajnika službe radiodifuzije. Osim toga, angažovano je nekoliko stacionarnih mernih timova, kao i određen broj mernih timova za potrebe standardizovanih merenja poremećaja napajanja, merenja snage interferirajućeg EM polja, imunosti opreme i poremećaje u radu mreže usled izlaganja interferirajućem EM polju.

Servisni centar za monitoring RF spektra (zemaljske veze) obavlja poslove vezane za monitoring radio emisija u smislu ispunjavanja uslova datih uz dozvolu (licencu), merenja zauzetosti opsega učestanosti, nadgledanje opsega učestanosti, ispitivanja radio-interferencije, eliminacije nelegalnih predajnika, specijalna merenja i studije radio-kompatibilnosti. U radu ovog servisnog centra, a na osnovu informacija dobijenih u odgovoru NRA Nemačke na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i javno dostupnih informacija, postojeći sistem za monitoring RF spektra se sastoji od:

- mreže od približno 100 FMS i RFMS, raspoređenih po celokupnoj teritoriji Nemačke, pri čemu je gustina, raspored i opremljenost stanica definisana u skladu sa različitim topografskim i drugim uslovima. U severnom delu države, koju karakteriše niži i ravniji reljef, mreža mernih stanica je projektovana sa manjom gustinom, dok je u planinskom delu države ova mreža znatno složenija, uz očekivane znatno lošije rezultate monitoringa RF spektra. Za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama (većim gradovima), neophodno je korišćenje većeg broja FMS/RFMS za potrebe geolokacije korišćenjem DF metoda, pri čemu je sama detekcija signala okarakterisana

specifičnim perifernim uslovima, uz značajan uticaj *man-made* RF šuma na uspešnost geolokalizacije izvora radio-emisija;

- većeg broja TMS, odnosno prenosive merne opreme spakovane u odgovarajuće kutije, koje se mogu postavljati na željene lokacije za potrebe monitoringa RF spektra;
- većeg broja MMS, odnosno posebno opremljenih mernih vozila za potrebe monitoringa RF spektra i DF, kao i druge zadatke u domenu kontrole korišćenja RF spektra.

U skladu sa javno dostupnim informacijama (za koje se ne može potpuno pouzdano tvrditi da odgovaraju trenutnom stanju u 2021. godini), sistem za monitoring RF spektra u Nemačkoj je sadržao:

- 4 FMS sa ljudskom posadom opremljene za monitoring RF spektra i DF u opsegu do 3 GHz ili 6 GHz, i oko 90 RFMS bez ljudske posade sa opremom za monitoring RF spektra i DF merena u opsegu do 3 GHz ili 6 GHz, odnosno manji broj (oko 25) za DF merenja u VHF/UHF opsezima;
- mrežu za potrebe obavljanja DF merenja u HF opsegu koju čine 4 DF stanice;
- veliki broj mernih vozila (MMS) za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz, kao i 4 veća vozila opremljena mernom opremom koja obavlja monitoring RF spektra u opsezima učestanosti od 1 GHz do 40/60 GHz, kao i više mernih vozila specijalne namene.

U periodu nakon 2000. godine, od strane NRA u Nemačkoj se odustalo od unificiranog opremanja FMS/RFMS i MMS. Celokupan sistem je povezan jedinstvenom komunikacionom mrežom tako da je omogućen združen rad za potrebe lokacije pri detekciji predajnika sa više DF stanica. Na slici 3.8, prikazan je geografski raspored fiksnih stanica za monitoring RF spektra, koji je bio aktuelan u tom periodu.

Prema informacijama koje su dobijene u odgovoru NRA u Nemačkoj, FMS/RFMS su opremljene hibridnim konfiguracijama. Pod tim se misli na to da su u mernim stanicama dostupni DF uređaji sa rotirajućim antenama ili DF sa klasterima antena. U nekim stanicama postoji kombinacija oba tipa sistema. Merna oprema za potrebe DF je nabavljena od proizvođača *Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG*, dok su antenski sistemi koji se koriste u mernim stanicama nabavljani od različitih proizvođača. Merna oprema je u najvećem broju slučajeva konfigurisana da radi u opsegu od 30 MHz do 3 GHz, pri čemu antenski sistemi podržavaju rad u opsegu od 9 kHz do 6 GHz, a merni prijemnici za potrebe monitoringa RF spektra nabavljani su uglavnom od proizvođača *Rohde & Schwarz* i IZT (*Innovationszentrum für Telekommunikationstechnik GmbH*). Za potrebe monitoringa RF spektra koristi se samostalno razvijen softver.

Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, trenutno rešenje koje se koristi u NRA Nemačke predstavlja kombinaciju geolokacije na osnovu primene DF metoda korišćenjem većeg broja FMS/RFMS, uz primenu MMS ili TMS u cilju tačnijeg određivanja lokacije u oblastima od interesa.

U svom odgovoru NRA iz Nemačke je po pitanju vezanom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama navela da je jedan od problema obavljanja monitoringa ovog tipa, problem nalaženja lokacije RFMS, pošto je veoma teško naći objekte odgovarajuće visine koji obezbeđuju čist pregled bez bliskih/daljnih reflektora ili prepreka pri propagaciji radio signala. Osim toga, naglašeno je da u poslednje vreme postoji sve veći problem sa izvršenjem zadataka monitoringa usled aktivnosti mreža predajnika koji se koriste za digitalnu difuziju radio i TV programa (pogotovo DAB+), zato što su u odnosu na analognu difuziju, predajnici



ovih mreža sada pozicionirani znatno bliže lokacijama FMS/RFMS i koriste širi opseg učestanosti za svoj rad. Iz navedenih razloga, javljaju se značajne intermodulacione smetnje, pri čemu se DAB+ signal može greškom uočiti u opsegu namenjenom za vazduhoplovne primene (iako se u stvarnosti tu ne nalazi), pa je za rad neophodna mogućnost postavljanja filtera za određene konfiguracije antena i mernih prijemnika.



Slika 3.8 – Približan raspored FMS/RFMS na teritoriji Nemačke, pre 2015. godine.

Konačno, u odgovoru NRA Nemačke stoji da se trenutno u okviru ove institucije specijalna radna grupa bavi razvojem novog koncepta za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ali i u ostatku integralnog sistema za monitoring RF spektra.

### 3.1.12. Portugalija

U skladu sa planovima i načinom rada NRA u Portugaliji, ANACOM (*Autoridade Nacional de Comunicações*), [3-14], poslovi vezani za kontrolu korišćenja RF spektra se obavljaju u domenu:

- razrešenja smetnji, kao glavna i najsloženija aktivnost nadgledanja i kontrole RF spektra, pošto je osiguravanje nesmetane komunikacije ovlašćenih korisnika od prevashodnog interesa, uključujući DTT (eng. *Digital Terrestrial Television*) mreže;
- provera usklađenosti tehničkih i drugih karakteristika predajnika, koje uključuju proveru usklađenosti s pravilima korišćenja RF spektra;

- analiza pokrivenosti servisom, zauzetosti spektra, kvalitetne usluge i priprema tehničkih mišljenja, što je od izuzetnog značaja, ne samo u smislu tehničke podrške različitim segmentima rada ANACOM-a, već i za ostale komponente upravljanja spektrom, uključujući pružanje informacije relevantne za potrebe planiranja spektra (npr. stepen zauzetosti frekvencijskog opsega za nove usluge) i za licenciranje radio-komunikacionih servisa (kao deo procesa dodele RF spektra);
- saradnje s drugim državnim telima, kao sve bitnije uloge, uzimajući u obzir da nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra odlikuju specifični resursi i nadležnosti koje se mogu staviti u službu drugim javnim ili privatnim subjektima, koji sve više koriste usluge ANACOM-a;
- međunarodne saradnje, koja se odvija svakodnevno u pogledu razrešenja smetnji, posebno u HF opsegu i u slučaju satelitskih sistema.

U skladu sa javno dostupnim informacijama o radu ANACOM-a, sistem za monitoring RF spektra u Portugaliji se sastoji od:

- 4 FMS sa ljudskom posadom;
- 12 RFMS bez ljudske posade, kao deo Nacionalnog sistema za daljinsku kontrolu RF emisija, od toga 10 na teritoriji kopnenog dela Portugalije, kao i po jedna RFMS na arhipelazima Madeira i Azori;
- većeg broja MMS, koje su opremljene na sličan način kao i RFMS, od kojih svaka MMS predstavlja specijalizovano merno vozilo sa opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz, merenje pokrivenosti i kvaliteta servisa javnih mobilnih mreža, digitalnih servisa emitovanja, mikrotalasnih radio-komunikacija i sl.
- prenosive opreme za monitoring RF spektra i druge poslove kontrole korišćenja RF spektra.

Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, NRA u Portugaliji nema posebno rešenje za ove potrebe. Na osnovu trenutnog stanja sistema za monitoring RF spektra u Portugaliji, postojeći sistem ne omogućava detaljnu i stalnu kontrolu korišćenja RF spektra u najvećim gradovima, pošto je pokrivanje ostvareno uglavnom sa jednom FMS ili RFMS u okolini većih gradova. Iz tog razloga, u cilju ostvarivanja pouzdane detekcije i uspešne lokalizacije izvora radio-emisija niskog intenziteta u urbanim sredinama, verovatno je neophodna združena primena FMS/RFMS i MMS. Nije poznato da li NRA u Portugaliji ima nameru da razvija posebne mreže CRFMS za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama.

**Napomena:** U slučaju Portugalije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.13. Rumunija

Nezavisna Nacionalna agencija za upravljanje i regulaciju u oblasti komunikacija, ANCOM (*National Authority for Management and Regulation in Communications*), [3-15], nastala je spajanjem organizacija Generalnog inspektorata za komunikacione i informacione tehnologije (IGCTI) i Nacionalne agencije za komunikacije (ANRC). ANCOM predstavlja nezavisno regulaciono telo pod kontrolom Parlamenta u oblasti elektronskih komunikacija, poštanskog saobraćaja i informacionih tehnologija.

U okviru organizacione strukture ANCOM-a, poslovima upravljanja i monitoringa RF spektra, kao i inspeksijskim nadzorom, bave se Izvršno odeljenje za upravljanje RF spektrom i numeracijom i Izvršno odeljenje za monitoring i nadzor. Izvršno odeljenje za monitoring i nadzor upravlja radom 4 Regionalna odeljenja čiji je zadatak primena politike ANCOM u oblasti upravljanja nacionalnim resusima (RF spektra i numeracija), monitoring, nadgledanje i kontrola usaglašenosti sa obavezama u oblasti elektronskih i audio-vizuelnih komunikacija, radio-komunikacione i telekomunikacione opreme i poštanskog saobraćaja. Monitoring RF spektra obavlja Izvršno odeljenje za monitoring i nadzor, pri čemu je sistem monitoringa jedinstven na celoj teritoriji Rumunije, a teritorijalna organizacija sistema je u skladu sa podelom na 4 Regionalna odeljenja.

U Rumuniji je formiran integralni Nacionalni sistem za upravljanje spektrom (NSMS, *National Spectrum Management System*), u kome je na osnovu združenog softverskog okruženja izvršeno povezivanje sistema za upravljanje spektrom i sistema za monitoring RF spektra. Na nivou upravljanja RF spektrom integrisana su softverska rešenja *ICS Telecoms* i *ICS Map Server* proizvođača *ATDI South Pacific Phy Ltd.* i programskog paketa *IRIS* proizvođača *TADIRAN Electronic Systems Ltd.* Integracija je obavljena na nivou zajedničkih baza podataka, uključujući GIS sistem, organizovanih na nivou sedišta (HQ) ANCOM i na nivoima Regionalnih odeljenja. U okviru Regionalnih odeljenja i na nivou sedišta ANCOM postoje LAN mreže sa odgovarajućim komunikacionim serverima, koje su međusobno povezane u okviru WAN mreže putem iznajmljenih linija velikog kapaciteta (DSL, optički linkovi). Na nivou Regionalnih odeljenja i HQ ANCOM postoje radne stanice i neophodni serveri za aplikativni softver koji su povezani na LAN mrežu.

Kada je u pitanju sistem za monitoring RF spektra u Rumuniji, u periodu do 2015. godine korišćen je sistem koji se sastojao od:

- 23 RFMS/FMS, koje su bile opremljene za poslove monitoringa RF spektra i DF merenja u opsezima učestanosti do 3 GHz, kao i jedna FMS opremljena za potrebe monitoringa i DF merenja u HF opsegu od 9 kHz do 30 MHz;
- 14 TMS opremljenih za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu do 3 GHz;
- 10 MMS opremljenih za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu do 3 GHz. MMS su na WAN mrežu sistema povezane preko infrastrukture javnih mobilnih mreža;
- centara u regionalnim odeljenjima i sedištu ANCOM-a povezanih u TCP/IP zasnovanu WAN. Povezivanje je ostvareno linkovima na bazi DSL ili optičkih sistema prenosa. Na ovu mrežu povezane su sve FMS/RFMS i TMS tako da mogu da rade kao daljinski upravljane FSM ili TMS bez ljudske posade.

Na slici 3.9, prikazan je nekadašnji geografski raspored FMS/RFMS i Regionalnih centara, iz perioda pre 2015. godine. Osim osnovne opreme, u sistemu je korišćena dodatna oprema (uglavnom prenosivih uređaja tipa analizatora spektra) čime je bio omogućen monitoring spektra učestanosti od 40 GHz. Dodatno, 9 MMS je bilo opremljeno sistemom R&S ROMES, čime je omogućeno izvršavanje merenja u funkciji određivanja zone pokrivanja bežičnih komunikacionih mreža.

U periodu nakon 2015. godine, ANCOM je izvršio značajno unapređenje i modernizaciju sistema za monitoring RF spektra, i formirao novi sistem, tzv. *National Spectrum Monitoring System* (SNMS), koji se u ovom trenutku, na osnovu javno dostupnih podataka sa zvaničnog web portala ANCOM, sastoji od:

- 24 RFMS/FMS nove generacije, koje su opremljene za širokopolasni monitoring RF spektra i DF merenja, sa mogućnošću identifikacije i lokalizacije izvora radio-emisija;

- 12 RFMS/FMS nove generacije, koje su opremljene za širokopojasni monitoring RF spektra (bez DF merenja), sa mogućnošću identifikacije radio-emisija;
- 2 TMS iz prethodnog sistema monitoringa, opremljenih za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu učestanosti do 3 GHz;
- 10 MMS iz prethodnog sistema za monitoring, opremljenih za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu učestanosti do 3 GHz. MMS su na WAN mrežu sistema povezane preko infrastrukture javnih mobilnih mreža. U toku je nabavka novih 5 MMS.



Slika 3.9 – Geografski raspored RFMS/FMS, kao i Regionalnih centara na teritoriji Rumunije.

Dodatno, u cilju proširenja pokrivanja funkcijom monitoringa RF spektra, RF opsega učestanosti koji se nadziru i skupa servisa koji se mogu nadzirati, u okviru sistema se koriste:

- sistem za monitoring RF spektra i radio-goniometriju nove generacije, koji se sastoji od 4 merna vozila, i koji je u stanju da obavlja monitoring RF spektra u RF opsegu do 26.5 GHz;
- sistemi za monitoring RF spektra na osnovu primene RF senzora i sa mogućnošću geolokacije putem primene TDoA metoda i hibridne DF/TDoA metode, pri čemu su posebni sistemi ovog tipa postavljeni na teritoriji 10 gradova;
- dodatna oprema u vidu prenosivih prijemnika, odnosno uređaja analizatora spektra različitih mogućnosti, tehničkih karakteristika i podržanih opsega učestanosti.

Kao što se iz prethodnog pregleda može videti, NRA u Rumuniji je u poslednjih nekoliko godina izvršila značajno unapređenje i modernizaciju sistema za monitoring RF spektra u Rumuniji, i to kako u pogledu unapređenja i modernizacije postojeće infrastrukture kroz nabavku nove merne opreme i instalacija, tako i kroz uvođenje novih tipova sistema za potrebe monitoringa RF spektra i geolokaciju (uključujući posebne mreže RF senzorskih

stanica u većim gradovima). Kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ANCOM je u okviru svog sistema uključio posebne sisteme za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, pri čemu je pokriveno 10 gradova u Rumuniji, i to rešenja na bazi RF senzora (slično KDUS). Nažalost, nisu dostupni pouzdani podaci o tipu merne opreme koja se koristi za realizaciju ovih mreža RF senzora za potrebe monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao ni detalji u vezi broja senzorskih stanica i njihovog rasporeda.

**Napomena:** U slučaju Rumunije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.14. Severna Makedonija

U okviru Agencije za elektronske komunikacije Republike Severne Makedonije (AEC, *Agency for Electronic Communications*), [3-16], za poslove kontrole i monitoringa RF spektra zadužen je Sektor za kontrolu i monitoring. Definisani ciljevi rada Sektora za kontrolu i monitoring AEC-a, tj. sistema za monitoring RF spektra, su obezbeđivanje racionalnog i zakonskog korišćenja RF spektra, odnosno:

- ispitivanje i rešavanje smetnji u radu radio-komunikacionih sistema;
- kontrola tehničkih i operativnih uslova rada radio stanica koje poseduju odgovarajuću dozvolu za korišćenje radio-frekvencija i otkrivanje radio stanica koje rade bez dozvole za korišćenje frekvencija;
- utvrđivanje zauzetosti RF spektra od strane radio emisija koje potiču od radio stanica koje se nalaze na teritoriji Makedonije ili teritoriji susednih država.

Osim sistema za monitoring RF spektra, u AEC se koristi sistem za upravljanje spektrom *Spectra Professional system* proizvođača *LS Telecom Ltd*. Sektor za kontrolu i monitoring AEC-a, dodatno obavlja poslove inspekcijuskog nadzora sprovođenja zakona.

U periodu pre 2013. godine sistem za monitoring RF spektra na teritoriji Makedonije činila su:

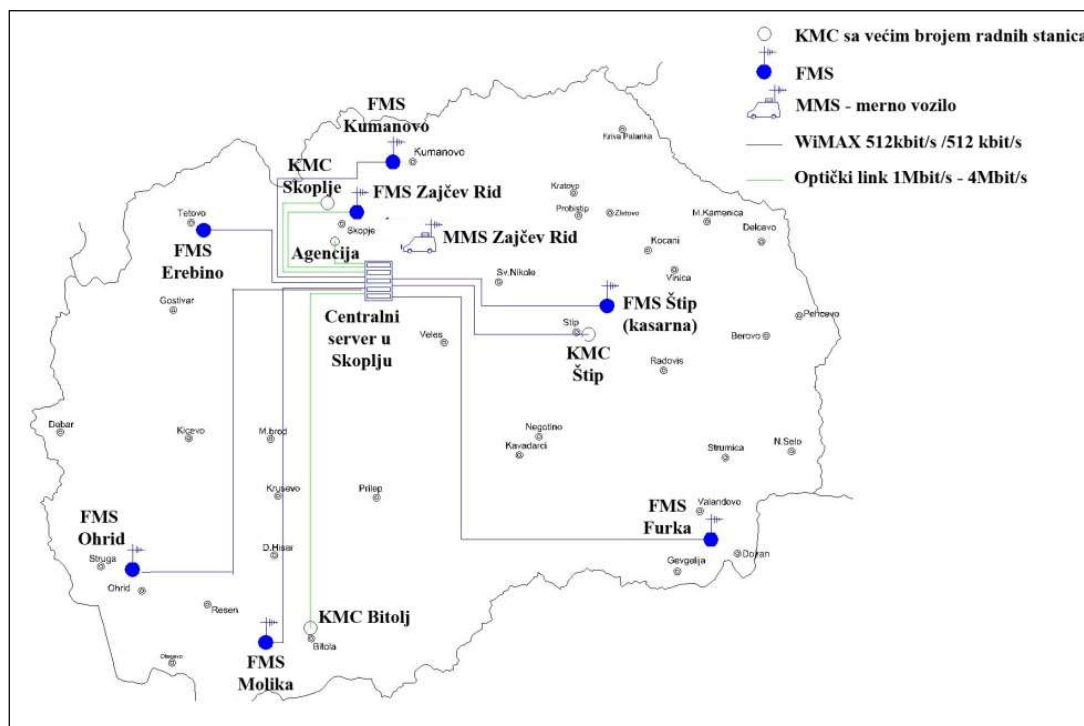
- 3 kontrolno merna centra (KMC) sa posadom, i to: KMC Skoplje (Zajčev rid), KMC Bitolj i KMC Štip, pri čemu se iz ovih KMC ostvarivala kontrola RFMS bez ljudske posade. Svi KMC su bili dodatno opremljeni sa po 3 prijemnika R&S EB200 i setom antena, tako da se oni mogu posmatrati i kao FMS. U sva tri KMC nalazi se i sedište inspektora za elektronske komunikacije AEC-a;
- 7 RFMS bez ljudske posade: Skoplje (Zajčev Rid), Štip, Bitolj (Molika), Kumanovo, Tetovo (Erebino), Furka i Ohrid;
- 1 MMS, pri čemu je merno vozilo sa opremom stacionirano u KMC Skoplje.

Od 7 RFMS, 5 RFMS je bilo opremljeno mernim sistemom proizvođača *Rohde&Schwarz* (R&S) uz podršku softvera za monitoring RF spektra *Argus* istog proizvođača, dok su preostale 2 RFMS i 1 MMS bile opremljene mernim sistemima istog proizvođača sa integrisanim funkcijama monitoringa i DF merenja uz primenu softvera za monitoring *Argus*.

U tabeli 3.2 date su karakteristike mernih uređaja koji su u to vreme korišćeni u RFMS i MMS sistemima za monitoring RF spektra, dok je na slici 3.10 dat tadašnji geografski raspored KMC, RFMS i MMS.

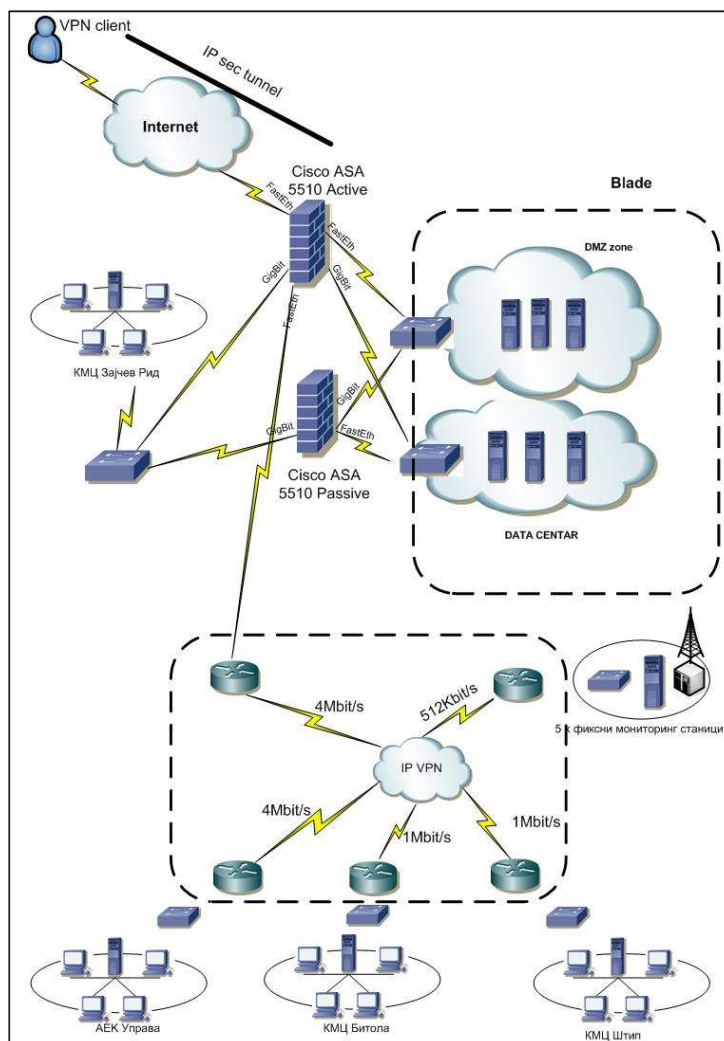
U tom periodu, svi elementi sistema za monitoring RF spektra bili su povezani u okviru WAN (*Wide Area Network*), primenom IP VPN servisa. Uprava AEC, KMC Bitolj i KMC

Štip bili su povezani na IP VPN mrežu korišćenjem linkova protoka 1 Mbit/s ili 4 Mbit/s, dok su RFMS bile povezane na sistem za monitoring preko WiMax mreže sa brzinom prenosa od 512 kbit/s u oba smera. Okosnica mreže bila je smeštena u Skoplju. Uređaji u okosnici mreže bili su povezani *GigaBit* ili *Fast Ethernet* linkovima. KMC Skoplje i centar sa serverima i bazama podataka povezani su direktno na rutere koji čine okosnicu sistema. Okosnica mreže bila je povezana na Internet mrežu preko IPsec *tunnel* linka kapaciteta 2 Mbit/s, čime je omogućen udaljeni, sigurni, pristup VPN korisnika ka svim elementima sistema. MMS se povezuje na mrežu preko VPN linkova maksimalnog kapaciteta 2 Mbit/s u oba smera. Na slici 3.11 prikazana je komunikaciona mreža AEC iz tog perioda.



Sl.3.10 – Raspored i veze KMC, RFMS i MMS u Severnoj Makedoniji, pre 2015. godine.

Na osnovu opisa sistema za monitoring RF spektra u Severnoj Makedoniji u periodu pre 2015. godine, jasno je da u tom trenutku nije postojao poseban sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama. Osim toga, opremanje KMC, RFMS i MMS, bilo je takvo da je bio podržan samo monitoring RF spektra i DF merenje u opsegu do 3 GHz, odnosno samo geolokacija primenom DF metoda. Uzimajući u obzir broj i raspored RFMS, kao i mali broj MMS (samo jedna MMS), tadašnji sistem za monitoring RF spektra omogućavao je izvršenje samo osnovnih zadataka nadgledanja i kontrole RF spektra, uz veoma ograničene mogućnosti detekcije i lokalizacije izvora radio-emisija u urbanim sredinama, a naročito radio-emisija niskog intenziteta.



Slika 3.11 – Komunikaciona mreža kojom su bili povezani sistemi za monitoring RF spektra u Makedoniji pre 2015. godine.

Tokom 2015. godine, u Severnoj Makedoniji izvršena je potpuna modernizacija sistema za monitoring RF spektra, pri čemu je nabavljena merna oprema i softver proizvođača *TCI International, Inc.*, kod koje se geolokacija zasniva na primeni TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda. U procesu modernizacije zapravo je izgrađen potpuno novi sistem za monitoring, koji se, po javno dostupnim informacijama, trenutno sastoji od:

- 3 kontrolno-merna centra (KMC) sa posadom: KMC Skoplje (Zajčev rid), KMC Bitolj i KMC Štip, pri čemu se iz ovih KMC ostvaruje kontrola RFMS bez ljudske posade, ali i CRFMS koje su izgrađene u procesu modernizacije sistema. KMC su opremljeni sa mernom opremom, antenskim sistemima i softverskim paketom *Scorpio* proizvođača *TCI International, Inc.*, tako da se oni mogu posmatrati kao FMS;
- 8 klasičnih RFMS bez ljudske posade, opremljenih mernom opremom i softverom *Scorpio* proizvođača *TCI International, Inc.* za potrebe monitoringa RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz, ali je osim DF metoda, podržana i primena TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda geolokacije;
- 75 CRFMS koje su postavljene u većim gradovima u Severnoj Makedoniji (po prvim planovima bilo je planirano oko 130 CRFMS), a koje su opremljene mernom opremom i softverom proizvođača *TCI International, Inc.*, i omogućavaju monitoring RF spektra i

geolokaciju na osnovu primene TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda u RF opsegu do 6 GHz. Tipičan izgled CRFMS stanice prikazan je na slici 3.12.

- 3 nove MMS i 1 stara MMS, pri čemu su sva 3 nova merna vozila opremljena mernom opremom, antenskim sistemima i softverom proizvođača *TCI International, Inc.* i predviđena za rad u opsegu do 18 GHz.

Tab.3.2 – Oprema u KMC, RFMS i MMS sistema za monitoring RF spektra u Republici Severnoj Makedoniji, stanje pre 2015. godine.

OZNAKA	PRIJEMNICI (RADNI OPSEG)	KONTROLERI I KONTROLERI ROTACIJE ANTENA	ANTENE	ROTACIJA - AZIMUT I POLARIZACIJA
RFMS Skoplje (Zajčev rid)	R&S ESMB (9 kHz - 3GHz)	R&S GB127S R&S RD127 R&S ZS129A5	R&S HL-023A1, R&S HL-040, R&S HE-309, R&S HE-011	Yaesu G2800, Yaesu G550
RFMS Štip RFMS Bitola	R&S ESMB (9 kHz - 3 GHz)	R&S GB127S R&S RD127	R&S HL-023A1, R&S HL-040, R&S HE-309, R&S HE-011	Yaesu G2800, Yaesu G550
RFMS Kumanovo RFMS Tetovo (Erebino)	R&S ESMB (20 MHz - 3 GHz)	R&S GB127S R&S RD127	R&S CLP-5130 R&S AH7000	Yaesu G2800, Yaesu G550
RFMS Furka RFMS Ohrid	R&S ESMB (9 kHz - 3 GHz) R&S EBD195 (0.5 MHz - 3 GHz)	-	R&S ADD195	-
MMS Skoplje	R&S ESMB (20 MHz - 3GHz) R&S EBD195 (10kHz-3GHz)	R&S GB127S R&S ZS129A5	R&S HL-023A1, R&S HL-040, R&S HE-309, R&S ADD190	-

Prema podacima sa sajta AEC u sva 3 KMC anagažovano je ukupno 23 zaposlenih, dok je u Sektoru angažovan još dodatni broj radnika u okviru Uprave AEC.



Sl.3.12 – Tipičan izgled CRFMS u okviru sistema za monitoring RF spektra u S. Makedoniji.

Po dostupnim podacima u većim gradovima postavljen je veći broj CRFMS (npr. 9 u Skoplju, 5 u Tetovu, po 4 u Kumanovu, Strugi, Velesu, Kičevu i Strumici). Analizom



trenutnog sistema za monitoring RF spektra u Severnoj Makedoniji, iako nije u potpunosti poznat raspored angažovanih CRFMS (može se zaključiti da je korišćeno prosečno rastojanje od oko 4 km do 5 km između susednih CRFMS), može se zaključiti da je sistem izgrađen kao moderan integrisan sistema za monitoring RF spektra u kome se osim klasičnog sistema baziranog na primeni FMS (KMC), RFMS i MMS, za potrebe monitoringa RF spektra i DF merenja u opsegu do 3 GHz, nalaze i sistemi za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u svim većim gradovima na teritoriji Severne Makedonije. Novoizgrađeni sistem za monitoring RF spektra u Severnoj Makedoniji omogućava realizaciju geolokacije izvora radio-emisija primenom TDoA metoda (CRFSM, MMS i RFSM), DF metoda (RFMS i MMS) i hibridnog TDoA/DF metoda (RFSM, CRFSM i MMS).

**Napomena:** U slučaju Severne Makedonije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.15. Slovenija

Agencija za komunikacione mreže i servise (AKOS) Republike Slovenije, vrši javne nadležnosti kao nezavisna regulatorna agencija u oblasti elektronskih komunikacija, [3-17].

Na osnovu javno dostupnih informacija sistem za monitoring RF spektra u Sloveniji sastoji se od:

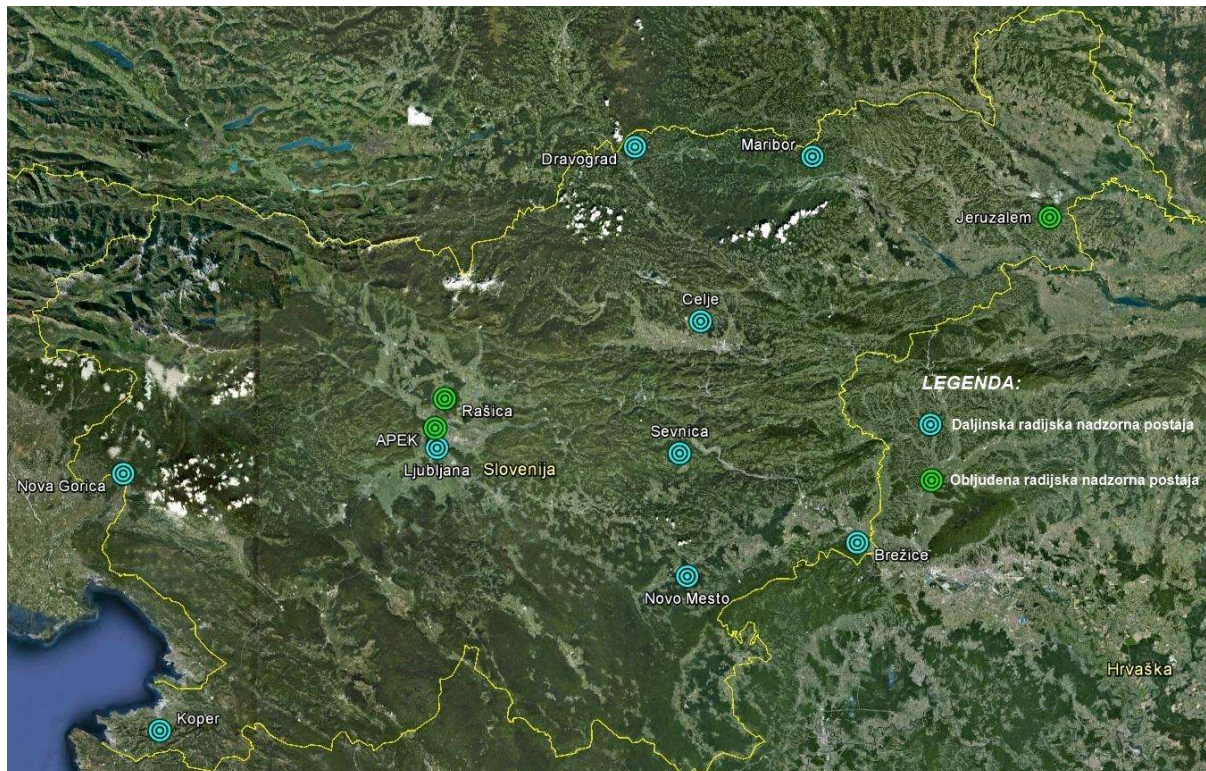
- kontrolnog centra u Ljubljani, sa 2 radna mesta, kao i dva antenska stuba sa rotirajućom usmerenom antenom i DF antenom sa pratećom mernom opremom;
- 2 FMS sa ljudskom posadom (Rašica i Jeruzalem). Merna oprema u FMS omogućava monitoring RF spektra u opsegu do 3 GHz, kao i DF merenja u opsegu do 2.7 GHz.
- 9 RFMS bez ljudske posade (Kopar, Nova Gorica, Novo Mesto, Ljubljana, Sevnica, Brežice, Celje, Dravograd i Maribor). Merna oprema u RFMS omogućava monitoring RF spektra u opsegu do 3 GHz, kao i DF merenja u opsegu do 2.7 GHz. RFMS su sa FMS i kontrolnim centrom u Ljubljani povezane korišćenjem ADSL ili optičkih linija, kao i putem servisa javnih mobilnih mreža.
- 3 MMS, tj. merna vozila specijalno opremljena za različite zadatke u oblasti monitoringa RF spektra. Prva MMS opremljena je za potrebe monitoringa RF spektra i DF merenja, merenja mikrotalasnih linkova i drugih merenja. Druga MMS opremljena je za potrebe merenja nivoa EM polja i druge tipove merenja u opsegu od 9 kHz do 2.75 GHz. Treća MMS opremljena je opremom za merenje pokrivanja javnih mobilnih bežičnih mreža i CW signala;
- dodatnih prenosivih mernih prijemnika R&S EB100, R&S EB200 i R&S PR100, koji omogućavaju merenja u opsezima učestanosti 20 MHz – 1 GHz, 10 kHz – 3 GHz i 9 kHz - 7.5 GHz.

Na slici 3.13, prikazan je geografski raspored FMS sa i bez ljudske posade.

Sve FMS i RFMS u sistemu za monitoring RF spektra povezane su komunikacionim linkovima sa kontrolnim centrom u Ljubljani. Operatori iz kontrolnog centra u Ljubljani mogu da kontrolišu rad merne opreme u svim fiksnim stanicama. Sve FMS/RFMS opremljene su mernim prijemnicima, kao i skupom omnidirekcionih i usmerenih antena sa mogućnošću rotacije po azimutu i polarizaciji. FMS, RFMS i MMS su pretežno opremljene mernom opremom i softverom proizvođača *Rohde & Schwarz*, ali se koristi i oprema više drugih proizvođača. Za potrebe inspeksijske kontrole radio predajnika na raspolagaju stoje 2 merna

vozila sa potrebnom mernom opremom za utvrđivanje usklađenosti karakteristika predajnika sa dozvolom za korišćenje frekvencije i drugim tehničkim uslovima.

U AKOS postoje baze podataka o predajnicima i frekvencijama, kao i baza podataka sa rezultatima merenja kojima se manipuliše kroz aplikativni softver, pri čemu su baze podataka realizovane kao *Microsoft SQL* baze podataka.



Slika 3.13 – Geografski raspored FMS sa ljudskom posadom (zeleni kružići) i RFMS bez posade (plavi kružići).

U skladu sa dostupnim informacijama u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama u Sloveniji, postojeći sistem ne omogućava stalnu i detaljnu kontrolu korišćenja RF spektra u većim gradovima (pogotovo u slučaju emisija niskog intenziteta), a pokrivanje je ostvareno uglavnom sa po jednom FMS/RFMS postavljenom u okolini većih gradova. Stoga, u cilju pouzdane detekcije i uspešne lokalizacije izvora radio-emisija niskog intenziteta u urbanim sredinama, neophodna je združena primena FMS/RFMS i MMS. Na osnovu javno dostupnih informacija u sistemu za monitoring RF spektra, uglavnom se koristi merna oprema i softver (*Argus*) proizvođača *Rohde & Schwarz*, pri čemu trenutna opremljenost FMS i RFMS omogućava kontrolu korišćenja RF spektra u opsegu od 9 kHz do 3 GHz, kao i izvođenje geolokacije izvora radio-emisija primenom DF metoda.

**Napomena:** U slučaju Slovenije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.16. Crna Gora

Na teritoriji Republike Crne Gore javna ovlašćenja u oblasti elektronskih komunikacija i poštanskog saobraćaja, vrši Agencija za elektronske komunikacije i poštanski saobraćaj Republike Crne Gore (EKIP), [3-18]. U okviru monitoringa RF spektra uključena je kontrola i

merenje tehničkih parametara radio emisija i praćenje njihove usaglašenosti sa važećim propisima i izdatim odobrenjima za korišćenje radio-frekvencija, a posebno identifikacija i lociranje nelegalnih radio emisija, kao i identifikacija i lociranje izvora štetnih smetnji. Osim toga, aktivnosti u monitoringu RF spektra treba da obezbede povratnu spregu za planiranje i racionalno korišćenje raspoloživog RF spektra, s posebnim naglaskom na koordinaciju radio-frekvencija sa susednim državama.

Realizacija sistema za monitoring RF spektra u Crnoj Gori započeta je formiranjem planskih dokumenata tokom 2003. godine. Konceptija sistema za monitoring RF spektra, zasnovana je na zahtevu da se monitoring RF spektra obavlja u opsegu od 9 kHz do 3 GHz.

Na osnovu informacija dobijenih u odgovoru NRA Crne Gore na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i javno dostupnih informacija, sistem za monitoring RF spektra u Crnoj Gori sastoji se od:

- 1 FMS sa posadom, tj. Glavnog kontrolno-mernog centra (GKMC) na Dajbabskoj Gori (Podgorica), 1 RFMS bez posade, tj. Regionalnog kontrolno-mernog centra (RKMC) na Crnom rtu (Bar). Merna oprema ovih FMS/RFMS omogućava monitoring RF spektra u RF opsegu od 10 kHz do 3 GHz, kao i DF merenja u opsegu od 20 MHz do 3 GHz;
- 6 RFMS bez posade, i to: DUKMS Pljevlja na Crljenicama, DUKMS Rožaje na Bijeloj Crkvi, DUKMS Kotor na Trojici, DUKMS Ulcinj na Bijeloj Gori i DUKMS Nikšić na Mrkošnici, pri čemu merna oprema ovih RFMS omogućava monitoring RF spektra u RF opsegu od 10 kHz do 3 GHz;
- 2 MMS, od kojih je prva MMS namenjena monitoringu RF spektra u opsegu 10 kHz do 3 GHz, izvođenju mobilnog goniometrisanja signala u opsegu od 20 MHz do 6 GHz, odnosno merenju kvaliteta i parametara DVB-T2 emisija, a druge MMS kao digitalne mobilne kontrolno-merne stanice („backpack” sistema) namenjene su za potrebe monitoringa parametara kvaliteta i pokrivanja javnih mobilnih mreža;
- prenosne (ručne) opreme koja se koristi na bilo kojoj lokaciji širom Crne Gore.

Kompletna merna oprema za rad KMC, RFMS i MMS nabavljena je od proizvođača *Rohde & Schwarz*, pri čemu merni sistem na lokacijama KMC i RFMS čine prijemnik R&S ESMB u opsegu od 10 kHz do 3 GHz i antenski sistem sa 3 omnidirekcione antene R&S HE010 (za opseg od 10 kHz do 80 MHz), R&S HE309 (za opseg od 20 MHz do 1.3 GHz), i R&S HF902 (za opseg od 1 GHz do 3 GHz), kao i 2 usmerene antene za potrebe DF merenja i to R&S HL033 (za opseg od 80 MHz do 2 GHz) i R&S HL040 (za opseg od 400 MHz do 3 GHz). U radu svih stanica za monitoring spektra koristi se softver *Argus* proizvođača *Rohde & Schwarz*.

U odgovoru NRA u Crnoj Gori na dostavljeni Upitnik, navedeno je da FMS i RFMS nisu locirane u urbanim sredinama, kao i da merna oprema i softver ne podržavaju geolokaciju primenom TDoA metoda, odnosno da NRA trenutno nema mogućnosti da izvrši detekciju i preciznu lokalizaciju radio-emisija niskog intenziteta (male predajne snage izvora emisije) u urbanim sredinama. Pri tome, navedeno je da se će unapređenje sistema za monitoring RF spektra u tom pogledu biti razmatrano u bliskoj budućnosti. Dodatno, navodi se da je NRA u Crnoj Gori planirala da izvrši pilot projekat na teritoriji glavnog grada (Podgorice) u cilju ispitivanja mogućnosti primene RF senzorskih stanica za monitoring RF spektra sa mogućnošću geolokacije kroz primenu TDoA metoda u opsegu od 20 MHz do 6 GHz. Dalje je navedeno da nijedan od pozvanih proizvođača opreme ovog tipa nije pozitivno odgovorio na poziv za sprovođenje takvog pilot projekta, i da će stoga način razvoja i realizacije sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama biti definisan u narednom periodu.

### 3.1.17. Ukrajina

U skladu sa zakonskom regulativom NRA u Ukrajini je NCCIR (*National Commission for the State Regulation of Communications and Informatization*), [3-19], pri čemu je UCRF (*Ukrainian State Centre of Radio Frequencies*) zadužen za obavljanje aktivnosti u domenu dodele radio-frekvencija, održavanja registra dodeljenih radio frekvencija, nadgledanja i korišćenja RF spektra, i druge poslove u domenu upravljanja i kontrole RF spektra.

Kako u slučaju Ukrajine, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ovde će biti dat pregled sistema za monitoring RF spektra u Ukrajini samo na osnovu javno dostupnih informacija, [3-20, 3-21, 3-22]. Treba naglasiti da je opis ovog sistema, iako se javno dostupne informacije uglavnom odnose na period pre 2014 - 2015 godine uvršten u ovaj pregled iz razloga što je sistem monitoringa RF spektra u Ukrajini predstavljao i tada primer modernog i kvalitetno postavljenog sistema.

Ostvarena je izuzetno visoka automatizacija rada sistema za monitoring RF spektra koji je funkcionalno povezan i sa automatizovanim sistemom za upravljanjem RF spektrom. Osim toga, razvijena su sopstvena rešenja u pogledu softvera za automatizaciju rada sistema, odnosno automatizovano je hijerarhijsko upravljanje radom svih elemenata sistema, sa glavnim centrom za kontrolu i upravljanje smeštenim u centrali UCRF (prvi nivo), i regionalnim centrima upravljanja i centru za kontrolu za regiju Kijeva (drugi nivo). Ostvarena je i izuzetno velika pokrivenost teritorije i mogućih lokacija predajnika sa dovoljnim brojem mernih stanica koje omogućavaju uspešan monitoring, merenje parametara i lokalizaciju detektovanih emisija.

U periodu do 2015. godine sistem za monitoring RF spektra u Ukrajini organizovan je na regionalnom principu sa centralnom upravom u sedištu UCRF, 26 regionalnih podsistema (sa odgovarajućim brojem FMS/RFMS i MMS u nadležnosti), kao i posebnim podsistemom za monitoring RF spektra u glavnom gradu Kijevu i regionu Kijeva, pri čemu je u sistemu bilo:

- 84 FMS/RFMS opremljenih za monitoring RF spektra u opsegu od 30 MHz do 6 GHz i DF merenja u opsegu od 30 MHz do 3 GHz ili 6 GHz (zavisno od stanice);
- 60 FMS/RFMS opremljenih za monitoring RF spektra (bez DF merenja) u opsegu od 30 MHz do 6 GHz;
- 40 CRFMS opremljenih sa kompaktnim stanicama proizvođača *Rohde & Schwarz* i to tipa R&S UMS100 namenjenih za monitoring RF spektra u opsegu od 20 MHz do 6 GHz, koje su postavljene u urbanim sredinama (najveći broj u gradu Kijevu i regionu Kijeva);
- 6 RFMS opremljenih za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu od 30 MHz do 6 GHz;
- 1 FMS za nadgledanje satelitskih komunikacija u C i Ku opsezima;
- 60 MMS opremljenih za monitoring RF spektra i merenje parametara signala u opsegu od 20 MHz do 3 GHz, odnosno za DF merenja u opsegu od 25 MHz do 3 GHz;
- 51 MMS opremljenih za nadzor mreža mobilne telefonije namenjenih za rad u opsegu od 20 MHz do 3 GHz;
- 6 MMS specijalno opremljenih za potrebe obavljanja tehničke kontrole predajnika, podređene direktno centralnoj upravi UCRF;
- 6 MMS opremljenih za kontrolu spektra u HF opsegu.

Iako za period nakon 2015. godine nema javno dostupnih podataka, izgrađen sistem je verovatno i dalje unapređivan kroz dodavanje određenog broja mernih stanica i unapređenje

opreme i softvera. Ono što jeste poznato je da je tokom 2018. godine u saradnji sa proizvođačem opreme *TCI International, Inc.* [3-22], UCRF izvršio uspešnu demonstraciju sistema za monitoring RF spektra primenom CRFMS korišćenjem kompaktnog mernog prijemnika *TCI Model 709* i softverskog paketa *Scorpio*, kao i korišćenjem opsežnog protokola za testiranje UCRF. Demonstrirana je primena monitoringa RF spektra u celokupnom opsegu od 20 MHz do 8.5 GHz, merenje iskorišćenosti spektra i automatske detekcije odstupanja od uslova korišćenja, rad širokog skupa modova za demodulaciju i funkcionalnosti merenja, mapiranja nivoa polja, daljinske kontrole rada u okviru WAN, kao i udaljenog nadgledanja statusa i dijagnostike za merne stanice. Po izjavi proizvođača, ispunjeni su svi zahtevi UCRF, a posebno u domenu primene geolokacije na bazi primene TDoA metoda. Nažalost, nije poznato da li je nakon ovoga u okviru sistema za monitoring RF spektra u Ukrajini primenjeno rešenje *TCI International, Inc.*

U svakom slučaju, kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Ukrajini, postojeći sistem je već tokom 2013-2014 godine posedovao određen broj CRFMS za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama (oko 30 RFMS i CRFMS je bilo samo u Kijevu). Veliki broj FMS/RFMS i CRFMS u okolini i samim urbanim sredinama je već tada omogućavao monitoring RF spektra i geolokaciju u opsegu do 6 GHz na osnovu primene DF metoda na celokupnoj teritoriji Ukrajine, ali i u većim gradovima, posebno ako se uzme u obzir relativno veliki broj MMS. Ipak, nije poznato da li je u međuvremenu sistem unapređen i dograđen tako da se omogući primena TDoA metoda i/ili hibridnog TDoA/DF metoda geolokacije.

**Napomena:** U slučaju Ukrajine, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.18. Velika Britanija

U skladu sa važećim zakonskim okvirom Ofcom (*Office of Communications*), [3-23], ima ulogu regulatora telekomunikacione industrije u Velikoj Britaniji, i dodeljene su mu dužnosti u oblasti radiodifuzije TV i audio signala, kao i u oblasti elektronskih komunikacija. U oblasti upravljanja i monitoringa RF spektra osnovni ciljevi Ofcom-a su da obezbedi: optimalno korišćenje RF spektra, dostupnost širokog skupa bežičnih servisa elektronskih komunikacija (uključujući širokopolasni pristup) na celoj teritoriji Velike Britanije, odnosno što viši kvalitet i pokrivenost raznim servisima radiodifuzije TV i audio signala.

U slučaju Velike Britanije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, pa je dat pregled na osnovu javno dostupnih informacija. Iako se javno dostupne informacije za sistem za monitoring RF spektra uglavnom odnose na period pre 2014. godine, Velika Britanija je uvrštena u pregled iz razloga što je realizacija sistema monitoringa RF spektra u urbanim sredinama, kao i primena geolokacije uz primenu TDoA metoda, prvi put praktično razmatrana i testirana upravo u nizu studija koje je sproveo Ofcom, [3-24].

U cilju ispunjenja zadataka monitoringa RF spektra, u Velikoj Britaniji je još pre više od 20 godina usvojen model primene potpuno automatizovanog sistema za monitoring RF spektra. U periodu do 2014. godine Ofcom koristi 2 automatizovana sistema za monitoring RF spektra. U postupku projektovanja i postavljanja bio je i treći sistem ovog tipa koji je trebalo da obezbedi dodatne funkcije u planiranju, upravljanju i monitoringu RF spektra u urbanim sredinama, [3-24].

Osnovni sistem za monitoring RF spektra u Velikoj Britaniji, zasnovan je na *Baldock* stanici za monitoring RF spektra. *Baldock* stanica je prvobitno razvijena za monitoring RF spektra i izvođenje DF merenja u HF opsegu, što je i danas jedan od osnovnih zadataka, pri čemu je stanica uključena u međunarodni sistem ispitivanja i eliminisanja interferencije u HF opsegu. Razvijani su i dodatni sistemi za monitoring RF spektra i DF merenja u VHF i UHF opsezima. Stanica *Baldock* omogućava uspešan monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu od 9 kHz do 3 GHz. Pri tome, obavlja se konstantno i automatsko merenje zauzetosti opsega učestanosti od 100 kHz do 1.5 GHz korišćenjem većeg broja antena i mernih prijemnika. Dodatno, podržana su merenja brojnih karakteristika analognih i digitalnih emisija, sa velikim brojem demodulatora. Stanica obavlja i monitoring satelitskih komunikacija. Rad stanice je neprekidan.

Na teritoriji Velike Britanije su u periodu pre 2014. godine bila aktivna 2 automatizovana sistema za monitoring RF spektra, čiji se rad daljinski kontroliše iz stanice *Baldock*, i to:

- sistem UMS (*Unattended Monitoring System*) koji se sastojao od mreže RFMS bez ljudske posade, sa 44 prijemne stanice locirane u većim naseljima. Primarna funkcija UMS je monitoring aktivnosti PMR (*Private/Professional Mobile Radio*), za predajnike baznih stanica. Pri tome, UMS se koristi za: potrebe provere da li je spektar slobodan pre prodaje, rešavanje problema smetnji i interferencije (na osnovu merenja obavljenih u vreme na koje se žalba na smetnju i odnosi, a ne nakon prijave), određivanje stepena zauzetosti spektra. Iako je merenje zauzetosti dela RF spektra jednostavno, merenje nivoa iskorišćenja spektra predstavlja znatno veći problem usled preklapanja emisija u spektralnom domenu i nedovoljnog pokrivanja sistemom monitoringa. U okviru UMS obavlja se monitoring RF spektra u opsegu od 20 MHz do 3 GHz. Po određenim informacijama, koje nisu potpuno pouzdane, u ovom sistemu se koristi merna oprema *TCI International, Inc.* i *Rohde & Schwarz* koja podržava primenu TDoA metoda i/ili DF metoda, ali i hibridnog TDoA/DF metoda geolokacije (nije homogena oprema).
- sistem RMDF (*Remote Monitoring and Direction Finding*), koji čine 24 RFMS, pri čemu su lokacije RFMS grupisane na takav način da omogućavaju određivanje lokacije detektovanog predajnika. Zbog malog broja stanica sistem u velikom broju slučajeva pouzdano obavlja samo DF funkciju, bez potpune geolokacije. Monitoring RF spektra, veliki broj tipova merenja i DF merenja se obavljaju u opsegu od 20 MHz do 3 GHz. RMDF sistem uglavnom pokriva servise pejdžinga, PMR i radiodifuzije. Tipična primena ovog sistema je ispitivanje i eliminisanje smetnji usled pogrešne postavke parametara legalnih ili ilegalnih korisnika, pri čemu se otkriva lokacija predajnika za potrebe rada inspekcije. U okviru RMDF osim fiksnih stanica po potrebi se koristi i veći broj TMS.

Treba navesti i da u okviru Ofcom-ove službe za monitoring funkcioniše i veći broj mobilnih timova, odnosno MMS za razne namene. Osnovne namene MMS su: monitoring RF spektra, specijalistička ispitivanja smetnji i interferencije i EMC merenja. Merna vozila su uglavnom opremljena teleskopskim pokretnim stubom visine 10 m, sa većim brojem različitih mernih uređaja i antenskih sistema, i GPS (eng. *Global Positioning System*) prijemnicima. Najveći broj mernih vozila namenjen je merenju u opsegu učestanosti od 9 kHz do 18 GHz, a vozila se mogu koristiti i kao privremene stanice UMS i RMDF sistema. Merna vozila se često primenjuju u funkciji upravljanja RF spektrom u cilju sagledavanja realnog stanja korišćenja spektra na određenoj teritoriji. Određen broj MMS namenjen je mernim kampanjama određivanja pokrivenosti, odnosno automatskom beleženju nivoa EM polja i snage predajnika, pri čemu se podaci čuvaju u bazama podataka. Moguće je poređenje rezultata više merenja sa iste lokacije.

Merna vozila se koriste i u funkciji kontrole (inspekcije) predajnika sistema usmerenih veza (mikrotalasnih linkova), kao i radiodifuzije TV i govornog signala (analogno ili digitalno emitovanje). Za ove potrebe razvijene su striktno procedure obavljanja merenja u cilju provere usaglašenosti sa uslovima dozvole za korišćenje frekvencije, kao i čuvanja svih neophodnih podataka merenja u okviru baze podataka. Konačno, razvijen je stacionaran punkt kao i određen broj mobilnih ekipa koja obavljaju EMC merenja u opsegu od 9 kHz do 110 GHz, mada se najveći broj merenja ovog tipa obavlja u opsegu od 9 kHz do 1 GHz/40 GHz.

Tokom 2010-2011 godine, planirano je postavljanje automatskog sistema za monitoring RF spektra koji bi radio na principu senzorskih sistema (tj. primene CRFMS) i koji bi trebao da omogući detekciju i lokalizaciju predajnika primenom TDoA metoda, [3-24]. Planirano je da sistem ima veliki broj RF senzora (više od 900 na teritoriji Velike Britanije), uz realizaciju u 3 faze: pokrivanja Londona, pokrivanje drugih većih gradova na čijoj teritoriji postoji velika zauzetost RF spektra, kao i pokrivanje ostatka teritorije. Ovaj sistem trebao je da obezbedi:

- podršku procesu oslobađanja i liberalizacije spektra, kako bi se ispunili povećani zahtevi za pristupom RF spektru;
- povećavanje mogućnosti monitoringa RF spektra (usled prednosti TDOA metoda za geolokaciju u odnosu na standardni DF metod), čime se osigurava kvalitet rada za trenutne i buduće korisnike RF spektra;
- integrisanje informacija dobijenih putem monitoringa RF spektra u okviru radio sistema sa dinamičkim deljenjem spektra (eng. *spectrum-sharing systems*), da bi se zadovoljili zahtevi za korišćenjem spektra u dužem vremenskom periodu.

U ovom trenutku nije moguće dati pouzdanu informaciju u kom obimu je ovaj projekat sproveden, odnosno da li je i na koji način kreiran sistem za monitoring RF spektra ovog tipa u urbanim sredinama na teritoriji Velike Britanije.

U svakom slučaju, kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Velikoj Britaniji, može se reći da je već u periodu pre 2014-2015 godine postojao sistem UMS koji je obavljao određene funkcije u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama, a da je NRA u Velikoj Britaniji već u tom periodu razmatrala značaj razvoja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama na bazi korišćenja CRFMS (tj. kompaktnih RF senzorskih stanica).

**Napomena:** U slučaju Velike Britanije, od nadležne NRA nije dobijen odgovor na Upitnik vezan za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, tako da su sve prethodno prikazane informacije date samo na osnovu prikupljenih javno dostupnih informacija.

### 3.1.19. Švajcarska

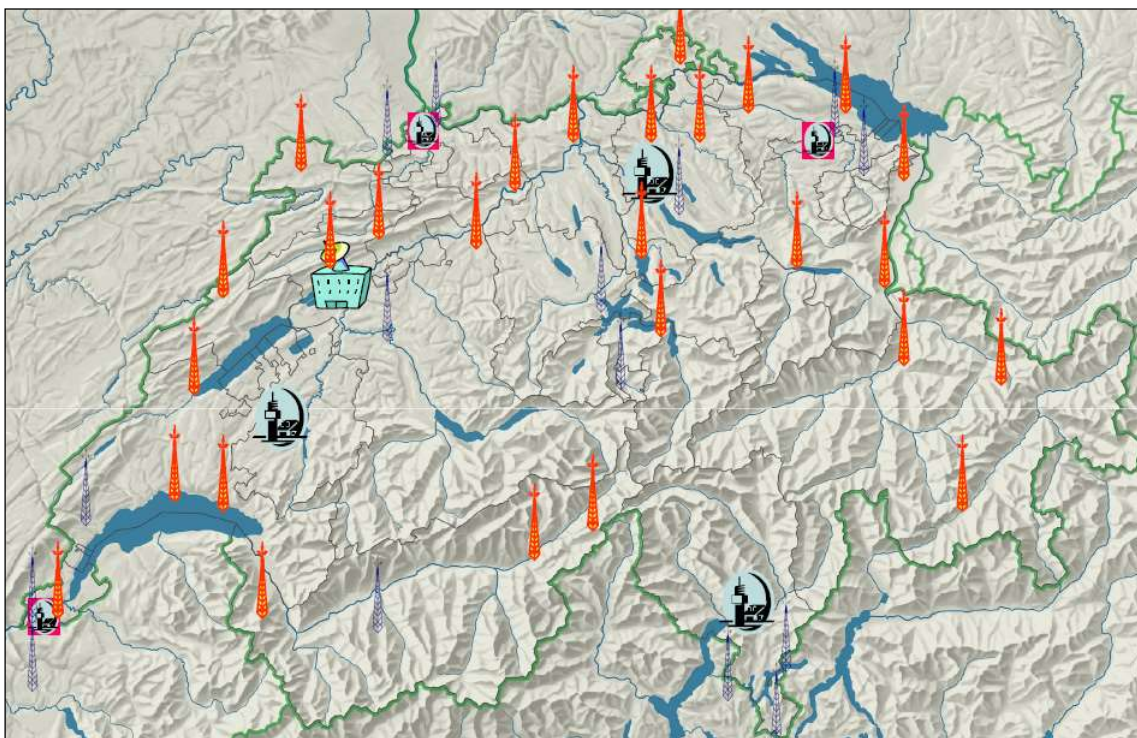
NRA u Švajcarskoj, Federalna kancelarija za komunikacije (BAKOM, *Bundesamt für Kommunikation*), funkcioniše u okviru Departmana za životnu sredinu, saobraćaj, energetiku i telekomunikacije Federalne administracije, [3-25] U okviru BAKOM ovlašćenja u oblasti upravljanja RF spektrom ima Odsek za upravljanje RF spektrom, koji je podeljen na više sektora: Sektor za frekvencijsko planiranje, Sektor za radio tehnologije, Sektor za raspodelu RF spektra i Sektor za monitoring.

Osnovni zadaci Sektora za monitoring su vršenje merenja za potrebe frekvencijskog planiranja i planiranja novih mreža, detekcija i eliminacija interferencije. Osim toga, u delokrug Sektora spadaju inspekcijски poslovi u smislu tehničkih provera usklađenosti karakteristika u odnosu na uslove licenci i dozvola za korišćenje frekvencija, kao i tehničke

kontrole oprema radio predajnika, monitoring RF spektra, EMC merenja. Prema javno dostupnim podacima iz ranijeg perioda sistem za monitoring RF spektra sastoji se od:

- 54 fiksne stanice, od kojih je 6 FMS sa ljudskom posadom i 48 RFMS bez ljudske posade. FMS/RFMS stanice opremljene su sa jednim do tri merna prijemnika, pri čemu 25 FMS/RFMS raspolažu mernom opremom za potrebe DF merenja. Sve fiksne stanice mogu da obavljaju monitoring RF spektra u opsegu od 9 kHz ili 20 MHz do 3 GHz, dok su DF merenja podržana u opsegu do 1.3 GHz ili 3 GHz;
- 1 FSM za monitoring RF spektra i DF merenja u HF opsegu (deo međunarodne mreže);
- 5 TMS opremljenih sa više prijemnika, skupom antena, serverom za potrebe upravljanja na daljinu i ugrađenim antenskim stubom (3 vozila 10 m visine i 2 vozila 30 m visine). Sve TMS mogu da obavljaju monitoring RF spektra u opsegu do 3 GHz, a 2 TMS imaju i opremu za potrebe DF merenja u opsegu do 3 GHz. TMS se koriste za uspostavljanje monitoring-stanica po potrebi, a 2 TMS sa stubom visine 30 m najčešće se koriste za merenja neophodna prilikom planiranja mreža;
- 10 MMS, od čega su 2 vozila, opremljena sa 3 *Audemat* sistema i sistemom za mapiranje i navigaciju, angažovana za merenja neophodna prilikom planiranja bežičnih mreža. Preostalih 8 MMS, predstavljaju veća vozila opremljena opremom za monitoring RF spektra i DF merenja u opsegu od 20 MHz do 3 GHz.

Na slici 3.14. prikazan je geografski raspored FMS/RFMS na teritoriji Švajcarske, iz ranijeg perioda (2017. godina).



Slika 3.14 – Geografski raspored FMS/RFMS na teritoriji Švajcarske, 2017. godina.

NRA u Švajcarskoj je u svom odgovoru na Upitnik u pogledu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama, objasnila da se zavisno od opsega primenjuju različita rešenja. Navodi se da se u HF opsegu koristi samo jedna FMS/RFMS sa podrškom za DF merenja, koja je uključena u Evropsku mrežu ovog tipa (čime je omogućena geolokacija korišćenjem DF metoda u ovom opsegu) uz primenu MMS ili TMS po potrebi. U slučaju VHF i UHF opsega,



koristi se veliki broj FMS/RFMS opremljenih antenskim sistemima za monitoring RF spektra i uglavnom dodatnim DF antenama (ne za sve stanice), pri čemu su ove FMS/RFMS locirane na planinama, a neke od njih su u blizini većih gradova, kao i u blizini dva velika aerodroma. Kao i u slučaju HF opsega, za potrebe monitoringa RF spektra u urbanim sredinama koriste se dodatne MMS i TMS (kojima se dopunjuju tehničke mogućnosti FMS/RFMS). Konačno, kada je u pitanju viši deo UHF i SHF opseg, BAKOM u svom odgovoru navodi da se u tom delu RF spektra svi zadaci nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra uglavnom realizuju primenom MMS i TMS (po potrebi), pošto FMS/RFMS nisu pogodne za te namene.

Trenutna opremljenost omogućava izvršavanje preko 60 različitih tipova merenja, pri čemu za svaki tip merenja postoji dokumentacija sa instrukcijama, lista provere po koracima u toku rada (*check-list*), list pripreme i standardni obrazac izveštaja. Dokumenti postoje samo u elektronskoj formi, pri čemu se za svaki zahtev za merenje formira elektronski kontrolni fajl sa relevantnim informacijama.

Kada je u pitanju detekcija radio-emisija niskog intenziteta i geolokacija izvora ovih emisija, u odgovoru NRA u Švajcarskoj navodi se da se za ove potrebe koriste isključivo MMS i TMS, iz razloga što su postojeće FMS/RFMS locirane suviše daleko od većih gradova da bi se ovi zadaci mogli obavljati korišćenjem postojeće mreže fiksnih stanica.

Najveći deo merne opreme kojim su opremljene FMS/RFMS, MMS i TMS nabavljen je od proizvođača *Rohde & Schwarz* (uglavnom uređaji R&S ESMD i R&S DDF550), ali je zastupljena i oprema drugih proizvođača. Koristi se softversko rešenje koji je razvijeno za potrebe BAKOM-a.

U odgovoru BAKOM navedeno je i to da je trenutno u toku unapređenje postojećeg sistema kroz uključenje softvera kompanije *Decodio*, kao i nabavka merne opreme proizvođača *Rohde & Schwarz* (merni prijemnici R&S ESME i R&S EM200), čime će u okviru sistema za monitoring RF spektra biti omogućena i geolokacija primenom TDoA metoda.

Dodatno, kada je u pitanju monitoring RF spektra u urbanim sredinama, BAKOM u svom odgovoru navodi da najveći gradovi u Švajcarskoj imaju manje od 500,000 stanovnika, i da su postojeće FMS/RFMS postavljene tako da omogućе osnovne zadatke u oblasti monitoringa RF spektra u okolini ovih gradova, kao i da je zbog konfiguracije terena i velikog broja predajnika mreža mobilne telefonije (i drugih) u gradovima, ekstremno teško naći pogodne lokacije za postavljanje novih FMS, RFMS ili CRFMS. Navodi se i da su lokacije za fiksne stanice odabrane tako da se pokrije što veći deo naseljene teritorije, a ne celokupna teritorija države (zbog reljefa), odnosno da se u cilju smanjenja troškova izgradnje i eksploatacije sistema u slabije naseljenim delovima teritorije pokrivanje ostvaruje korišćenjem TMS. Osim toga, navedeno je da su fiksne stanice za monitoring RF spektra uglavnom postavljene na objekte u vlasništvu vlade (državne ili regionalne administracije).

Na osnovu svega iznetog, može se zaključiti da u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama u Švajcarskoj, postojeći sistem ne omogućava stalnu kontrolu korišćenja RF spektra u većim gradovima, bar kada su u pitanju emisije niskog intenziteta. Monitoring RF spektra u ovim oblastima ostvaren je uglavnom sa jednom do dve FMS/RFMS postavljenom u okolini većih gradova. Stoga je u cilju pouzdane detekcije i uspešne lokalizacije izvora radio-emisija niskog intenziteta u urbanim sredinama, neophodna združena primena FMS/RFMS sa MMS ili TMS. Na osnovu dostupnih informacija u sistemu za monitoring RF spektra se uglavnom koristi merna oprema proizvođača *Rohde & Schwarz*, pri čemu trenutna opremljenost FMS i RFMS omogućava kontrolu korišćenja RF spektra u opsegu od 9 kHz do 3 GHz ili 6 GHz. Određivanje geolokacije izvora radio-emisija radi se

DF metodom, a u toku je nabavka opreme i softvera koji će omogućiti primenu TDoA metoda.

### 3.2. SAŽETA ANALIZA POSTOJEĆIH SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA

Na osnovu prethodno prikazanih podataka o stanju sistema za monitoring RF spektra u 18 država Evrope (za koje su bile dostupne pouzdane informacije), uključujući svih 10 država iz bliskog okruženja (Crna Gora, Albanija, Grčka, Severna Makedonija, Bugarska, Rumunija, Mađarska, Bosna i Hercegovina, Hrvatska i Slovenija) mogu se izvesti sledeći zaključci:

- kada se posmatra samo segment sistema koji se odnosi na klasičan model sistema za monitoring RF spektra, odnosno deo sistema koji pokriva celokupnu teritoriju država:
  - u svim državama obuhvaćenim ovim pregledom (gotovo polovina država Evrope) postoji klasičan model sistema za monitoring RF spektra (funkcionalno sličan onom koji poseduje RATEL). Sastoji se od određenog broja FMS, RFMS i MMS koje se koriste za stalno i kontinualno obavljanje osnovnih funkcija monitoringa RF spektra i najčešće DF merenja (u nekim državama samo je određen broj FMS/RFMS opremljen za DF merenja, a u svim državama postoje MMS opremljene za DF merenja). Osnovni monitoring RF spektra i DF merenja se najčešće izvode u RF opsezima od 20/30 MHz do 3 GHz ili, ređe, 6 GHz, kada su u pitanju FMS/RFMS, mada u nekim državama ima FMS/RFMS koje DF merenja obavljaju i u opsegu do 1.3 GHz;
  - koliko je poznato, u okviru ove klasične mreže FMS/RFMS, kao i velikog broja MMS, uglavnom je zastupljena oprema proizvođača *Rohde & Schwarz* sa softverskim paketom *Argus*. Malta, koja je kasnije izgradila ovaj sistem, kao i Mađarska, koja je izgradila novi sistem na nivou cele države, koriste opremu kompanije *CRFS Limited*. Države, kao što su npr. Albanija, Severna Makedonija, Rumunija i Velika Britanija, koje su u skorije vreme potpuno modernizovale ili suštinski izgradile nove sisteme, koriste mernu opremu kompanije *TCI International, Inc*;
  - iako TMS/PMS postoje u gotovo svim državama, u nekim od njih, npr. Švajcarska, Grčka i Nemačka, ove stanice se koriste u osnovnoj funkciji monitoringa RF spektra i DF merenja za potrebe povremenog pokrivanja delova teritorije (iz ekonomskih razloga u slabije naseljenim delovima teritorije nisu postavljene FMS/RFMS), dok se u svim državama manji broj ovih stanica koristi za povremene ili specifične merne kampanje na delovima teritorije od interesa;
  - u najvećem broju država, funkcionisanje klasičnog sistema za monitoring RF spektra zasniva se na detekciji signala i geolokaciji primenom DF metoda. Izuzetak su: Malta, Mađarska, Severna Makedonija i Velika Britanija, gde se u celom sistemu koriste DF metod i TDoA metod, odnosno i hibridni TDoA/DF metod (Malta, delimično Severna Makedonija). Na celoj teritoriji Mađarske i delu teritorije Velike Britanije postoje sistemi u kojima se koristi TDoA metod i hibridni TDoA/DF metod.
  - u velikoj većini država FMS/RFMS pokrivaju samo opseg do 3 GHz, u nekim od njih neke FMS/RFMS pokrivaju i opseg do 6 GHz, a veoma retko sve ili većina FMS/RFMS pokriva opseg do 6 GHz;
  - za pokrivanje opsega iznad 3 GHz ili 6 GHz, zavisno od države, uglavnom se koristi određen broj MMS ili neke TMS, koji su opremljene odgovarajućom

opremom, pri čemu se najčešće pokriva opseg do 18 GHz ili ređe 40 GHz. U nekim državama postoje specifično opremljena merna vozila kojima se sprovodi merenje u ovim opsezima, ali se u većini država koristi prenosna oprema i rad na terenu (izlaskom mernog tima na lokaciju);

- samo u nekim državama (Grčka, Mađarska, Nemačka, Portugalija, Ukrajina, Velika Britanija i Švajcarska) postoje posebne stanice za monitoring i DF merenja u HF opsegu, i ove stanice su uglavnom spregnute u međunarodnu i/ili Evropsku mrežu;
- svi sistemi za monitoring RF spektra su u najvećoj meri automatizovani sa većim brojem RFMS i manjim brojem MMS, kojima se upravlja iz glavnih ili regionalnih centara (koji suštinski odgovaraju KMC u sistemu RATEL-a), dok je broj FMS sa posadom u većini zemalja sveden na minimum;
- za određeni broj država, npr. Rumunija i Grčka, sistem za monitoring RF spektra je u potpunosti spregnut sa sistemom za upravljanje spektrom, ali se u većini država ta sprega ostvaruje korišćenjem odgovarajućih rešenja za razmenu podataka (npr. baze podataka).
- kada su u pitanju posebni sistemi za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u državama u okruženju:
  - ovakvi sistemi su zastupljeni u 3 države koje su obuhvaćene pregledom (Mađarska, Severna Makedonija i Rumunija), i to u svim većim gradovima u Makedoniji (ukupno 75 CRFMS od čega je 9 u Skoplju, po 4 do 5 u većim gradovima i po 1 u ostalim gradovima), u 10 najvećih gradova u Rumuniji, odnosno u svim gradovima u Mađarskoj i 5 CRFMS u Budimpešti;
  - u Bugarskoj i Grčkoj se sprovode pripreme za realizaciju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, pri čemu se u Bugarskoj planira pokrivanje svih većih gradova i glavnog grada Sofije korišćenjem CRFMS na bazi primene R&S UMS300 kompaktnih stanica kompanije *Rohde & Schwarz*, dok se u Grčkoj sprovodi projekat finansiran od EU u sklopu koga će biti postavljeno oko 160 RFMS/CRFMS na teritoriji cele države i po gradovima;
  - u Bosni i Hercegovini ne postoji sistem za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ali je osnovni klasičan sistem tako dizajniran da se sa po 3 FMS/RFMS (Sarajevo i Banja Luka), odnosno 2 FMS/RFMS (Mostar) pokrivaju najveći gradovi u državi, pa je pitanje koliko je ekonomski opravdano ulaziti u razvoj novog specifičnog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, pogotovo imajući u vidu da je osnovni sistem još uvek u fazi izgradnje;
  - u Crnoj Gori se ovakav sistem planira, ali ideja još nije konkretno definisana;
  - u preostale tri države u okruženju (Albanija, Hrvatska i Slovenija), ne postoje ovakvi sistemi, a nisu dostupne ni informacije o tome da li se planiraju u bliskoj budućnosti (nije dobijen odgovor od NRA).
- kada su u pitanju posebni sistemi za monitoring RF spektra u urbanim sredinama za preostalih 8 država obuhvaćenih pregledom, od kojih je u slučaju 5 država od NRA dobijen odgovor na upitnik (NRA iz Portugalije, Ukrajine i Velike Britanije nisu dale odgovor, pa su korišćeni samo javni izvori):
  - u Velikoj Britaniji, od 2010. godine postoji UMS sistem kojim su pokriveni veći gradovi, a planirano je (i verovatno bar delimično sprovedeno) dodatno pokrivanje urbanih sredina novim sistemom koji predstavlja gustu mrežu CRFMS u većim urbanim centrima (počevši od Londona), sa primenom TDoA metoda za detekciju i geolokaciju;

- u Ukrajini je, još 2014. godine, sa 40 CRFMS bio pokriven glavni grad Kijev (oko 20-30 CRFMS) i još nekoliko drugih gradova, uz značajan broj FMS/RFMS u blizini gradova iz osnovne klasične mreže za monitoring RF spektra, ali nije poznato da li se sistem razvijao u poslednjih nekoliko godina;
  - u Belgiji i Nemačkoj se planira realizacija sistema ovog tipa, pri čemu se u Belgiji vrše pripreme za realizaciju prve mreže namenjene monitoringu RF spektra u luci Antverpenu, dok je u Nemačkoj u toku projekat u kome se planira razvoj nove strukture mreže za monitoring RF spektra na nacionalnom nivou, koja bi između ostalog trebalo da uključi i sisteme za monitoring RF spektra u urbanim sredinama;
  - na Malti i Kipru, ovakvi sistemi ne postoje, ali su u ovim državama zapravo prioritet osnovni sistemi za monitoring RF spektra, pri čemu se na Malti on tek prvi put gradi, a na Kipru je neophodna potpuna modernizacija zastarelog sistema;
  - u Litvaniji ne postoji ovakav sistem, a po odgovoru NRA on se i ne planira zbog troškova izgradnje i održavanja, pri čemu se ostavlja mogućnost da se nabavi određen broj PMS koje bi se po potrebi koristile u ove svrhe;
  - u Švajcarskoj ne postoji sistem ovog tipa, niti se on planira u bliskoj budućnosti, pri čemu je NRA u Švajcarskoj navela da već postoji dobro opremljena mreža FMS/RFMS za koju se planira nadogradnja koja će omogućiti da se osim DF metoda koristi TDoA metod i hibridni TDoA/DF metod za geolokaciju. Osim toga, navedeno je da u Švajcarskoj usled reljefa, veličine gradova i velikog broja predajnika, praktično nije moguće naći dobre lokacije za postavljanje CRFMS, kao i da oni zadatke ovog tipa već obavljaju sa MMS i većim brojem TMS;
  - u Portugaliji koja je uključena u ovaj pregled, ne postoji sistem za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, a pošto od NRA u Portugaliji nije dobijen odgovor, nije poznato da li se ovakav sistem planira.
- sistemi za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u svim državama u kojima su već instalirani (Mađarska, Rumunija, Severna Makedonija, Ukrajina, Velika Britanija) ili se planira instalacija ovakvih sistema (Belgija, Bugarska, Grčka, Nemačka), predstavljaju mreže CRFMS (zastupljena je oprema sva tri najveća proizvođača: *CRFS Limited* u Belgiji, Mađarskoj i Velikoj Britaniji; *TCI International, Inc.* u Severnoj Makedoniji, Ukrajini i Velikoj Britaniji, i verovatno Grčkoj; *Rohde & Schwarz* u Ukrajini i Bugarskoj).
  - osnovni koncept rada postojećih ili planiranih sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, predstavlja primena TDoA metoda za detekciju radio-emisija i lokalizaciju izvora detektovanih radio-emisija, a zbog veće uspešnosti primene ovog metoda usled karakteristika propagacije radio signala u urbanim sredinama (veće slabljenje, izražena višestruka propagacija, veliki reflektori u okolini lokacije CRFMS), boljeg pokrivanja ostvarenog korišćenjem unakrsne korelacije za detekciju i geolokaciju signala sa više sinhronizovanih CRFMS, lakšeg pronalaženja pogodnih lokacija za merne stanice, kao i manjih troškova realizacije (nisu potrebne rotirajuće usmerene ili posebne DF antene, kao kod primene DF metoda geolokacije, već se koriste neusmerne antene).
  - u polovini država (9 država) koje su obuhvaćene ovim pregledom već postoje sistemi za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ili je planiranje i izgradnja ovih sistema u toku, u dve države (Bosna i Hercegovina i Švajcarska) postojeći klasični sistemi u velikoj meri imaju potrebne komponente za obavljanje osnovnih funkcija u urbanim sredinama, pa se stoga ne planira izgradnja posebnog sistema, u jednoj državi (Crna Gora) se planira uvođenje posebnog sistema za monitoring u urbanim sredinama, ali

nije u toku konkretan projekat, u 3 države (Kipar, Litvanija i Malta) se ovi sistemi za sada ne planiraju uz navedene razloge (uglavnom su u pitanju manje države u kojima se tek grade ili su tek izgrađeni osnovni sistemi za monitoring RF spektra), dok u preostale 3 države (Hrvatska, Slovenija i Portugalija) ovakvi sistemi ne postoje, ali pošto od NRA iz tih država nije dobijen odgovor na Upitnik nije poznato da li se ovakvi sistemi planiraju u budućnosti.

Na osnovu prethodno prikazanih zaključaka, može se izvući generalni zaključak da se u značajnom procentu (polovini) država iz okruženja već sada koriste ili se planira razvoj sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao dodatni sistem u odnosu na osnovni klasičan sistem za monitoring RF spektra kojim je pokrivena celokupna teritorija. Ovi sistemi su počeli da se javljaju u periodu kada klasičan model sistema za monitoring RF spektra, usled promena koncepta rada bežičnih komunikacionih mreža (smanjivanje oblasti pokrivanja pojedinačnih predajnika, povećanje širine spektra, postojanje frekvencijske agilnosti, pojava kratkotrajnih signala, smanjivanje snage predajnika i sl.), više nije u potpunosti omogućavao izvršenje svih postavljenih zadataka u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, tj. u periodu nakon 2011-2012 godine i pojave LTE sistema. U zavisnosti od specifičnosti države (stepen razvijenosti, stepena modernizacije i kvaliteta osnovnog sistema za monitoring RF spektra, odlika reljefa, broja i veličine gradova sa velikim brojem stanovnika, i sl.) usvajan je različit način razvoja novog sistema, od Mađarske gde su novim sistemom na bazi primene CRFMS i TDoA principa rada pokriveni gradovi i cela teritorija države, preko onih država gde su pokriveni svi veći gradovi (npr. Severna Makedonija, Rumunija i Velika Britanija), do onih gde su pokriveni samo glavni gradovi i eventualno još neki veći grad (npr. Ukrajina).

U većini država, ovi sistemi su uvođeni da bi se omogućila bolja kontrola korišćenja RF spektra, ali i sa ciljem da se mnogo preciznije i stalno meri zauzetost i iskorišćenje određenih delova RF spektra u urbanim sredinama, što nije bilo moguće pouzdano uraditi korišćenjem osnovnog sistema za monitoring RF spektra sa FMS/RFMS postavljenim daleko od gusto naseljenih urbanih zona. Ovi podaci neophodni su za pravilno upravljanje spektrom u narednom periodu, odnosno optimalnu dodelu RF spektra, donošenje odluka o oslobađanju delova spektra za nove namene i slično. Bez razvoja sistema monitoringa RF spektra, ovi podaci se mogu samo delimično pribaviti korišćenjem MMS i TMS, što, takođe, unosi značajne troškove i podrazumeva angažovanje velikog broja obučanih lica na terenu. U državama sa veoma razvijenim osnovnim sistemom za monitoring RF spektra i uobičajenom primenom velikog broja MMS/TMS koje se kontinualno koriste za terenska ispitivanja (npr. Švajcarska i Nemačka) odluka u uvođenju posebnog sistema za monitoring RF spektra se može odlagati ili se može postaviti pitanje u kom trenutku bi ulaganje u ove sistema imalo najviše smisla. Naravno, postojanje velikog broja visoko urbanih sredina u nekoj državi zahteva znatno veća materijalna ulaganja u izgradnju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ali zato postoji i veća potreba za njihovim uvođenjem.

Konačno, može se navesti i da se uočava trend po kome se modernizacija osnovnog sistema za monitoring RF spektra izvodi kroz uvođenje nove opreme koja omogućava monitoring do 6 GHz (npr. za pokrivanje 5G sistema i drugih bežičnih mreža novijeg datuma), odnosno da se postojeće FMS/RFMS nadograđuju (često samo uključivanjem novih opcija softvera na opremi na lokaciji i u centralnom delu za upravljanje) u smislu dodatne podrške za TDoA metod (osim bazičnog DF metoda), a time se posledično omogućava i primena hibridnog TDoA/DF metoda.

Pri tome, u postojećim, ali i novim sistemima, uglavnom se koristi merna oprema i softver kompanija *Rohde & Schwarz*, *TCI International, Inc.* i *CRFS Limited*, mada je u

manjoj meri zastupljena i oprema drugih proizvođača. U pitanju su kompanije koje veoma dugo razvijaju i proizvode opremu za potrebe monitoringa RF spektra (za potrebe regulatornih tela i vojno-bezbednosne primene) ili SIGINT (eng. *Signal Intelligence*) primene (uglavnom za korisnike u oblasti bezbednosti i nacionalne sigurnosti). U glavi 5 dat je pregled raspoložive opreme za realizaciju sistema za monitoring RF spektra, pri čemu se i tu vidi trend podrške TDoA metodi detekcije i geolokacije (koji u prethodnom periodu nije bio toliko zastupljen, već je preovladavao DF pristup). Isto tako, vidi se da je sve više zastupljena merna oprema koja je prilagođena razvoju CRFMS, dok je pre oprema uglavnom bila namenjena za opremanje FMS/RFMS i MMS. U većini država, koristi se oprema i softver od jednog, ili najviše dva proizvođača, iz razloga kompatibilnosti i mogućnosti integracije svih elemenata sistema u jedan funkcionalan sistem sa mogućnošću zajedničkog rada i prikupljanja izmerenih podataka sa svih mernih stanica.

Na osnovu svega navednog može se zaključiti da i proizvođači opreme, ali i regulatorna tela u Evropi u značajnoj meri prihvataju koncept razvoja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, i to uglavnom kao dodatni segment osnovnog sistema za monitoring RF spektra, uz eventualno unapređenje postojećeg sistema kojim bi se omogućila primena TDoA merenja i geolokacije.

Ukoliko se u Republici Srbiji donese odluka da će se ovakav sistem razvijati, logično bi bilo da on bude zasnovan na mreži CRFMS po gradovima od interesa uz primenu TDoA metoda za detekciju i geolokaciju signala. Broj i raspored CRFMS, makar u prvoj fazi razvoja ovih sistema, trebalo bi prilagoditi trenutnim potrebama upravljanja RF spektrom kao i materijalnim mogućnostima.

Pri donošenju konačne odluke treba imati u vidu da razvoj tehnologije i koncepta primene bežičnih komunikacionih mreža, što se vidi i iz ovog pregleda, sasvim sigurno vodi ka potrebi za uvođenjem dodatnih elemenata sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, i da je praktično samo pitanje u kom trenutku će se NRA odlučiti (ili obezbediti materijalne uslove) za razvoj takvog sistema.

## REFERENCE

- [3-1] ITU, *The Handbook on Spectrum Monitoring*, izdanje iz 2011. godine, <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23>
- [3-2] Zvanični portal NRA u Belgiji, BIPT (*Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications*), <https://www.bipt.be>
- [3-3] Zvanični portal NRA u Bosni i Hercegovini, Regulatorna agencija za komunikacije (RAK) u BiH, <https://www.rak.ba/bs-Latn-BA/>
- [3-4] Zvanični portal NRA u Bosni i Hercegovini, Regulatorna agencija za komunikacije (RAK) u BiH, <https://www.rak.ba/hr/reports>
- [3-5] Zvanični portal NRA u Bugarskoj, CRC (*Communications Regulatory Commision*), <https://crc.bg/en>
- [3-6] Zvanični portal NRA u Grčkoj, *National Telecommunications and Post Commission* (EETT), [https://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT\\_EN](https://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT_EN)
- [3-7] Zvanični portal NRA u Grčkoj, *National Telecommunications and Post Commission* (EETT), [https://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT\\_EN/EETT/NSRFProjects/TSMS/index.html](https://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT_EN/EETT/NSRFProjects/TSMS/index.html)
- [3-8] Zvanični portal NRA u Hrvatskoj, Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM), <https://www.hakom.hr/>
- [3-9] Zvanični portal NRA na Kipru, OCECPR (*Office of the Commissioner of Electronic Communications & Postal Regulation*), <https://ocecpr.ee.cy/>
- [3-10] Zvanični portal NRA u Litvaniji, RRT (*Communications Regulatory Authority of the Republic of Lithuania*), <https://www.rtt.lt/en/>
- [3-11] Zvanični portal NRA u Mađarskoj, NMHH (*National Media and Infocommunications Authority*), <https://english.nmhh.hu/>
- [3-12] Zvanični portal NRA na Malti, MCA (*Malta Communications Authority*), <https://www.mca.org.mt/spectrum>
- [3-13] Zvanični portal NRA u Nemačkoj, *Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen* (BNetzA), [https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Home/home\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/EN/Home/home_node.html)
- [3-14] Zvanični portal NRA u Portugaliji, ANACOM (*Autoridade Nacional de Comunicações*), <https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=245262>
- [3-15] Zvanični portal NRA u Rumuniji, ANCOM (*National Authority for Management and Regulation in Communications*), <https://www.ancom.ro/>
- [3-16] Zvanični portal NRA u Severnoj Makedoniji, AEC (*Agency for Electronic Communications*), <https://www.ancom.ro/>
- [3-17] Zvanični portal NRA u Sloveniji, AKOS (*Agencija za komunikacijska omrežja in storitve Republike Slovenije*), <https://www.akos-rs.si/>
- [3-18] Zvanični portal NRA u Crnoj Gori, EKIP (*Agencija za elektronske komunikacije i poštanski saobraćaj Republike Crne Gore*), <https://ekip.me/>
- [3-19] Zvanični portal NRA u Ukrajini, NCCIR (*National Commission for the State Regulation of Communications and Informattization*), <https://nkrzi.gov.ua/>

- [3-20] Zvanični portal UCRF (*Electronic and Postal Communications Authority of Albania*) u Ukrajini, <https://www.ucrf.gov.ua/en>
- [3-21] Zvanični portal Komiteta za državne nagrade u oblasti nauke i tehnologije u Ukrajini, <http://www.kdpu-nt.gov.ua/uk/content/avtomatyzovana-systema-radiochastotnogo-monitoryngu-u-smugah-radiochastot-zagalnogo>
- [3-22] Javno saopštenje *TCI International, Inc.*, <https://www.tcibr.com/tci-conducts-ukraine-test-csms-model-709/>
- [3-23] Zvanični portal NRA u Velikoj Britaniji, Ofcom (*Office of Communications*), <https://www.ofcom.org.uk/hom>
- [3-24] Zvanični portal NRA u Velikoj Britaniji, Ofcom (*Office of Communications*), <https://www.ofcom.org.uk/research-and-data/technology/radio-spectrum/spectrum-use>
- [3-25] Zvanični portal NRA u Švajcarskoj, BAKOM (*Bundesamt für Kommunikation*), <https://www.bakom.admin.ch/bakom/en/homepage.html>



## 4. PREGLED POSTOJEĆEG SISTEMA RATEL-A ZA MONITORING RF SPEKTRA I ANALIZA MOGUĆNOSTI ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA

U ovom poglavlju prikazano je trenutno stanje u pogledu strukture, opremljenosti i osnovnih tehničkih mogućnosti sistema za monitoring RF spektra kojim upravlja Služba za kontrolu RATEL-a. Ova Služba istovremeno predstavlja i organizacioni element RATEL-a koji bi upravljao sistemom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, koji je predmet ove Studije, i to kao dela integrisanog sistema za monitoring RF spektra na teritoriji Republike Srbije. Svi prikazani podaci su dobijeni od naručioca Studije, tj. RATEL-a.

U daljem izlaganju, najpre će biti dat sažeti pregled postojećih objekata, antenskih instalacija, raspoloživih mernih uređaja i drugih sredstava kojima raspolaže Služba za kontrolu RATEL-a, odnosno postojećeg stanja sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, kao i planova i aktivnosti za razvoj i unapređenja postojećeg sistema. Osim toga, biće dat i pregled postojeće kadrovske strukture u Službi za kontrolu RATEL-a.

Nakon toga, biće data ocena mogućnosti primene postojećeg sistema za monitoring RF spektra u funkciji realizacije sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

### 4.1. PREGLED POSTOJEĆEG SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA RATEL-A

Poslove kontrole korišćenja RF spektra na teritoriji Republike Srbije obavlja Služba za kontrolu RATEL-a, koja pripada Sektoru za elektronske komunikacije RATEL-a. U skladu sa trenutnom organizacijom rada i odgovarajućim *Pravilnikom o načinu kontrole korišćenja radio-frekvencijskog spektra, obavljanja tehničkih pregleda i zaštite od štetnih smetnji* ("Službeni glasnik R. Srbije", 60/11, 35/13 i 16/15), [4-1], stalna kontrola korišćenja RF spektra obavlja se u opsegu od 9 kHz do 3 GHz. Pri tome, ova služba kao primarne RF opsege pri obavljanju kontrole RF spektra tretira: opsege učestanosti namenjene za potrebe radiodifuzije TV signala (VHF/UHF) i audio signala (VHF), opsege učestanosti namenjene za rad operatora mreža javne mobilne telefonije (GSM, DCS 1800, UMTS/IMT-2000 i LTE) i operatora mreža za fiksni bežični pristup (CDMA, PMR i FWA), odnosno druge RF opsege namenjene radu vazduhoplovne mobilne i vazduhoplovne radio-navigacione službe, kao i delove RF opsega koje trenutno koriste funkcionalni sistemi Vojske Srbije i MUP Srbije. Kao sekundarni opsezi u pogledu kontrole korišćenja RF spektra definisani su preostali opsezi učestanosti do 40 GHz.

#### 4.1.1. Osnovni pregled sistema za monitoring RF spektra RATEL-a

Trenutno sistem za monitoring RF spektra RATEL-a čine sledeće osnovne celine:

- dve regionalne celine, koje su opremljene mernom opremom za merenje signala niskog intenziteta i geolociranje izvora emisija u širim prostornim zonama, a koje su definisane

kao zone odgovornosti dva Kontrolno-merna centra (KMC) koji su smešteni na teritoriji grada Beogradu (KMC Beograd) i teritoriji grada Niša (KMC Niš). KMC predstavljaju kontrolno-merne stanice sa ljudskom posadom, pri čemu je struktura merne opreme i softvera KMC-ova takva da omogućava kontinuirano osmatranje i kontrolu RF spektra, uključujući goniometrisanje. U okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a KMC su hijerarhijski nadređene svim ostalim kontrolno-mernim stanicama.

- Mreža daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica (DUKMS) bez ljudske posade. Ovu mrežu čini pet DUKMS opremljenih mernom opremom i softverom proizvođača *Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG* (R&S), čijim radom se upravlja iz KMC Beograd, kao i trineast DUKMS opremljenih mernom opremom i softverom proizvođača *TCI International, Inc.* (TCI), čijim radom se upravlja iz KMC Niš. Sve postojeće DUKMS su opremljene sa multifunkcionalnim prijemnicima sa mogućnošću daljinske kontrole opreme koja je smeštena u metalnom kontejneru, u kome se nalazi jedno radno mesto za kontrolora spektra. Organizacija rada DUKMS ne zahteva prisustvo kontrolora. DUKMS su podređene KMC po regionalnoj pripadnosti, i u principu su locirane u blizini većih gradova ili na istaknutim lokacijama sa kojih je moguća kontrola veće teritorije u okolini lokacija DUKMS (u skladu sa konfiguracijom terena).
- Pet mernih vozila, tj. mobilnih mernih stanica (MMS), stacioniranih u KMC Beograd i KMC Niš, koja su opremljena specijalizovanom mernom opremom i teleskopskim antenskim stubovima. Dodatno, postoji određen broj drugih raspoloživih vozila, sa ili bez ugrađene opreme, koja se više ne koriste u funkciji MMS.
- Sistem daljinski upravljanih RF senzorskih stanica na teritoriji grada Beograda, grada Novog Sada i grada Niša, zasnovanih na primeni daljinski upravljanih RF senzora (prijemnika) N6841A i softvera proizvođača *Keysight Technologies* (ranije *Agilent*). Ove daljinski upravljane RF senzorske stanice omogućavaju monitoring RF spektra sa mogućnošću združene geolokacije na bazi primene TDoA metoda, a dodatno su podržani i PoA (eng. *Power of Arrival*) i hibridni TDoA/PoA metodi.

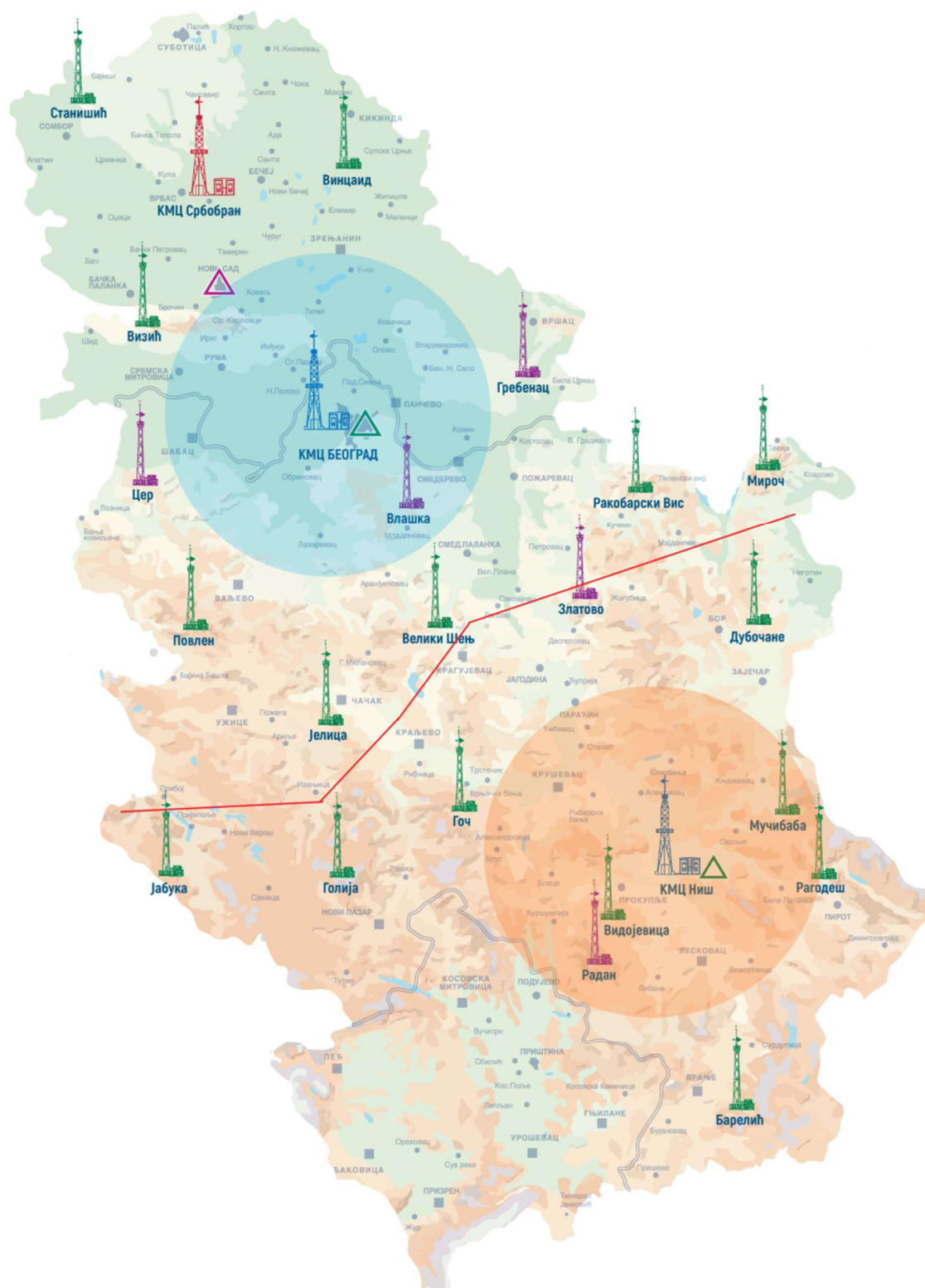
Osim navedenog, merni timovi Službe za kontrolu RATEL-a koriste i drugu raznovrsnu prenosnu mernu opremu i antenske sisteme koji omogućavaju merenje u službi kontrole korišćenja RF spektra u opsezima učestanosti do 80 GHz.

Kao što je prethodno navedeno, nadležnosti KMC Beograd i KMC Niš definisane su na teritorijalnom principu, a u skladu sa trenutnom internom raspodelom nadležnosti KMC i opremanjem KMC i DUKMS opremom i softverom različitih proizvođača, i to na način prikazan na slici 4.1. Pri tome, kontrolori RF spektra u oba KMC, mogu da koriste softver oba proizvođača, odnosno suštinski mogu po potrebi da upravljaju radom svih DUKMS.

Analizu rezultata merenja obavlja osoblje u KMC i administrativnom centru RATEL-a. Celokupan postupak merenja podržava se, po potrebi, merenjima odgovarajućih mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS), koje predstavljaju sastavni deo sistema za monitoring RF spektra, i mogu se koristiti kao mobilne stanice za merenje u pokretu, ili za terenska merenja (kao transportabilne merne stanice) i kontrolu korišćenja RF spektra. Pored fiksnih i mobilnih kontrolno-mernih stanica postoji određeni broj ručnih/prenosnih mernih uređaja koji omogućavaju merenje u zatvorenim prostorima i u sredinama gde nije moguć pristup MMS. Ovi prenosni merni uređaji su malih dimenzija i relativno su laki, kako bi se kontrolorima RF spektra omogućilo da ih nose tokom merenja, kao i da se smeste u MMS.

Važno je napomenuti da celokupna merna oprema zadovoljava zahteve Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU), definisane serijom preporuka koje se bave upravljanjem radio-frekvencijskim spektrom, parametrima emisija i preciznošću merenja (serija preporuka pod oznakom SM), [4-2]. Ovo je od posebne važnosti, imajući u vidu značaj rezultata merenja

i njihovu kasniju upotrebu kao referentnih vrednosti prilikom koordinacije, potencijalnih tužbi ilegalnih operatora, kao i za potrebe korekcija postojećih emisija koje ne zadovoljavaju uslove pomenute serije ITU preporuka usled dotrajalosti opreme, loše konfiguracije ili iz nekog drugog razloga.



Slika 4.1 – Interna raspodela nadležnosti KMC Beograd i KMC Niš na teritorijalnom principu. Napomena: Okvirna granica nadležnosti je prikazana crvenom linijom.

#### 4.1.2. Pregled postojećih i planiranih KMC sa podređenim DUKMS u okviru sistema za monitoring RF spektra RATEL-a

U okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra nalaze se dva KMC sa ljudskom posadom, i to: KMC Beograd (Dobanovci) i KMC Niš. U tabeli 4.1 dati su podaci o prostornim lokacijama ova dva KMC.

Tabela 4.1 – Prostorne lokacije postojećih KMC sa ljudskom posadom.

KMC	GEOGRAFSKA ŠIRINA	GEOGRAFSKA DUŽINA	NADMORSKA VISINA
KMC Beograd (Dobanovci)	44° 50' 59.79" N	20° 12' 41.20" E	77 m
KMC Niš	43° 17' 20.83" N	21° 56' 25.46 "E	420 m

U KMC Beograd sa pet daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica (DUKMS) koristi se merna oprema i softver proizvođača *Rohde & Schwarz*, pri čemu ova celina sistema za monitoring RF spektra RATEL-a pokriva oblast AP Vojvodine, teritoriju grada Beograda, kao i deo centralne Srbije severno od Kragujevca. Kao osnovni softver za obavljanje poslova monitoringa RF spektra u KMC Beograd, za rad sa mernom opremom u KMC Beograd i 5 DUKMS koje su podređene ovom KMC (osnovne informacije o ovim DUKMS su date u tabeli 4.2), koristi se softverski paket *Argus* (verzija 6.1) proizvođača *Rohde & Schwarz*, ali je kontrolorima u KMC Beograd omogućeno korišćenje i softverskog paketa *Scorpio* proizvođača *TCI International* i to za potrebe pristupa i rad sa DUKMS koje su opremljene mernom opremom i softverom tog proizvođača. Trenutna merna oprema i softver omogućavaju izvođenje interaktivnih, ali i potpuno automatizovanih mernih procedura (merjenja).

Objekat u kome je smešteno ljudstvo i oprema KMC Beograd prostorno je lociran u Dobanovcima u blizini Beograda. Objekat je prizeman približne površine 600 m<sup>2</sup> i izgrađen je 1962. godine, uz kasnije adaptacije i dogradnju određenih delova. Objekat se sastoji od izdvojenog dela za rad na poslovima kontrole RF spektra, garaže, magacina i prostora za kotlarnicu i agregat. Glavni objekat poseduje centralno grejanje, dok se klimatizacija obezbeđuje korišćenjem klima uređaja po kancelarijama.

U okviru KMC Beograd postoje instalacije 2 antenska stuba. Oba antenska stuba su četvoropojasna, rešetkaste konstrukcije i visine 30 m. Podnožje stubova se nalazi na nadmorskoj visini od 77 m, i postavljeni su na betonskoj bazi. GPS koordinate antenskih stubova su (44°50'59.8"N, 20°12'41.2"E) za antenski stub broj 1, odnosno (44°50'57.5"N, 20°12'44"E) za antenski stub broj 2. Oba stuba su uzemljena. Antenski sistem na stubu broj 1, čini sistem log-periodičnih antena spregnutih sa rotatorima za promenu azimuta i polarizacije, dok se u okviru antenskog sistema na stubu broj 2 nalazi ukrštena log-periodična antena za prijem horizontalno i vertikalno polarizovanih radio talasa, kao i neusmerena antena za prijem vertikalno polarizovanih radio talasa.

Tabela 4.2 – Osnovni podaci o DUKMS podređenih KMC Beograd.

REDNI BROJ	NAZIV DUKMS	KATASTARSKA OPŠTINA	VRSTA STUBA	VISINA STUBA	LOKACIJA (KOORDINATE)
1	Stanišić	Stanišić	Pauk	20 m	45° 54' 19" N, 19° 10' 38" E
2	Vincaid	Banatska Topola	Pauk	15 m	45° 41' 10" N, 20° 25' 12" E
3	Vizić	Vizić	Rešetkasti	24 m	45° 10' 33" N, 19° 26' 45" E
4	Vlaška	Dubona	Rešetkasti	36 m	44° 30' 14" N, 20°42' 30" E
5	Zlatovo	Zlatovo	Rešetkasti	24 m	44° 11' 56" N, 21°27' 49" E

U tabeli 4.3, prikazana je konfiguracija osnovne merne opreme koja se koristi za rad korišćenjem postojećih antenskih stubova u KMC Beograd, dok su u tabeli 4.4 prikazani detaljniji podaci o navedenoj osnovnoj, ali i drugoj mernoj opremi, u KMC Beograd, uz prikaz osnovnih tehničkih detalja i napomena o načinu primene.

Tabela 4.3 – Podaci o konfiguraciji osnovne merne opreme u KMC Beograd.

ANTENSKI STUB	GEOGRAFSKA ŠIRINA	GEOGRAFSKA DUŽINA	MERNA I DRUGA OPREMA
Antenski stub broj 1	44° 50' 59.8" N	20° 12' 41.2" E	Merni prijemnik <i>R&amp;S</i> ESMD Rotator azimuta <i>Yaesu</i> G2800 Rotator polarizacije <i>Yaesu</i> G550 Rotator azimuta <i>R&amp;S</i> RD040 Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HL033 Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HL040 Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HA226/512 RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine
Antenski stub broj 2	44° 50' 57.5" N	20° 12' 44" E	Merni prijemnik <i>R&amp;S</i> ESMD Rotator azimuta <i>R&amp;S</i> RD040 Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HL007 Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>Diamond</i> D3000N RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine

Tabela 4.4 – Podaci o osnovnoj i dodatnoj mernoj opremi u KMC Beograd.

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	KONTROLNI INTERFEJS	OPIS NAMENE
<b>OSNOVNA MERNA OPREMA</b>			
Merni prijemnik <i>R&amp;S</i> ESMD	20 MHz - 3.6 GHz	LAN interfejs	Osnovni uređaj u KMC
Merni prijemnik <i>R&amp;S</i> ESMD	20 MHz - 3.6 GHz	LAN interfejs	Osnovni uređaj u KMC
Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HL033	80 MHz – 2 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HL040	400 MHz – 3.6 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HA226-512	20 MHz – 400 MHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Antena log-periodična <i>R&amp;S</i> HL007	80 MHz – 1.3 MHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>Diamond</i> D3000N	25 MHz – 3 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
<b>OSTALA MERNA OPREMA – PRENOSIVI UREĐAJI ZA RAD NA TERENU I DRUGA OPREMA</b>			
Merni prijemnik <i>R&amp;S</i> PR100	9 kHz - 7.5 GHz	LAN interfejs	Koristi se za rad na terenu
Analizator spektra <i>Anritsu</i> MS2720T	9 kHz – 43 GHz	LAN interfejs	Kontrola emisija u MT opsegu i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
Analizator spektra <i>Advantest</i> U3772	9 kHz - 43GHz	GPIB interfejs	Kontrola emisija u MT opsegu i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
Analizator spektra <i>Agilent</i> N9342C	9 kHz – 7 GHz	LAN interfejs	Kontrola emisija i istraživanje smetnji na mikrolokacijama

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	KONTROLNI INTERFEJS	OPIS NAMENE
USB merač snage <i>Anritsu MA24126A</i>	10 MHz – 26 GHz	USB interfejs	Prenosni uređaj za merenje snage na predajnicima
Merni prijemnik <i>R&amp;S ESVN-40</i>	20 MHz - 2.75 GHz	GPIB interfejs	Rezervni uređaj.
Merni prijemnik <i>R&amp;S ESH-2</i> sa mini <i>loop</i> antenom	9 kHz – 30 MHz	-	Koristi se po potrebi.
Merni prijemnik <i>R&amp;S ESVP</i>	20 MHz - 1.3 GHz	GPIB interfejs	Koristi se po potrebi.
Analizator spektra <i>Tektronix RSA3308B</i>	DC – 8 GHz	GPIB interfejs	Laboratorijski uređaj
Analizator spektra HP8568E	100Hz - 1.5GHz	-	Laboratorijski uređaj
Analizator spektra HP8563E	9kHz - 26.5GHz	GPIB interfejs	Laboratorijski uređaj
Kompleti antena	-	-	Prenosive za rad na terenu

U tabeli 4.5, prikazana je konfiguracija merne opreme koja se koristi za rad DUKMS koje su podređene KMC Beograd. Antenski sistem na svakoj od lokacija DUKMS čini sistem log-periodičnih antena spregnutih sa rotatorima za promenu azimuta i polarizacije, kao i sistem neusmerenih antena za prijem vertikalno polarizovanih radio talasa.

Tabela 4.5 – Podaci o konfiguraciji merne opreme DUKMS podređenih KMC Beograd.

NAZIV DUKMS	MERNA I DRUGA OPREMA
DUKMS Stanišić DUKMS Vincaid DUKMS Vizić	Merni prijemnik <i>R&amp;S EB500</i> Rotator azimuta <i>Yaesu G2800</i> Rotator polarizacije <i>Yaesu G550</i> Antena log-periodična <i>R&amp;S HL033</i> Antena log-periodična <i>R&amp;S HL040</i> Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>Diamond D3000N</i> RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine
DUKMS Vlaška DUKMS Zaltovo	Merni prijemnik <i>R&amp;S EB500</i> Rotator azimuta <i>Yaesu G2800 DXC</i> Rotator polarizacije <i>Yaesu G550</i> Antena log-periodična <i>R&amp;S HL033</i> Antena log-periodična <i>R&amp;S HL040</i> Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>R&amp;S HK033</i> Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>R&amp;S HK214</i> RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine

U KMC Niš sa 13+1 (videti napomenu u tabeli 4.6) daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica (DUKMS) pretežno se koristi merna oprema i softverski paket *Scorpio* proizvođača *TCI International*, pri čemu je u KMC Niš omogućeno korišćenje i softverskog paketa *Argus* (verzija 6.1) da bi mu se omogućio pristup i rad sa DUKMS koje su opremljene mernom opremom i softverom proizvođača *Rohde & Schwarz*. Ova celina sistema za monitoring RF spektra RATEL-a pokriva oblast istočne i zapadne Srbije i deo centralne Srbije južno do Kragujevca. Kao osnovni softver za obavljanje poslova monitoringa RF spektra u KMC Niš, za rad sa mernom opremom u KMC Niš i 13 DUKMS koje su podređene ovom KMC (osnovne informacije o ovim DUKMS su date u tabeli 4.6), koristi se softver *TCI Scorpio*. Trenutna merna oprema i softver omogućavaju izvođenje interaktivnih, ali i potpuno automatizovanih mernih procedura (merenja).

Objekat u kome je smešteno ljudstvo i oprema KMC Niš prostorno je lociran u blizini Niša. Objekat je prizeman približne površine 200 m<sup>2</sup>, izgrađen je 1975. godine, uz kasnije

adaptacije. U krugu postoji nadstrešnica za vozila. Glavni objekat poseduje centralno grejanje, dok se klimatizacija obezbeđuje korišćenjem klima uređaja po kancelarijama. U KMC Niš postoje instalacije 2 antenska stuba. Antenski stubovi su rešetkaste konstrukcije i visine 20 m. Podnožje stubova se nalazi na nadmorskoj visini od 420 m, i postavljeni su na betonskoj bazi. GPS koordinate antenskog stuba broj 1 su (43°17'20.8" N, 21°56'25.5" E). Oba stuba su uzemljena. Antenski sistem na stubu broj 1, čini sistem log-periodičnih antena spregnutih sa rotatorima za promenu azimuta i polarizacije, dok se u okviru antenskog sistema na stubu broj 2 nalazi ukrštena log-periodična antena (goniometarska antena) sa prijemom za horizontalno i vertikalno polarizovane radio talase, kao i sistem neusmerenih antena za prijem horizontalno i vertikalno polarizovanih radio talasa.

Tabela 4.6 – Osnovni podaci o DUKMS podređenih KMC Niš.

REDNI BROJ	NAZIV DUKMS	KATASTARSKA OPŠTINA	VRSTA STUBA	VISINA STUBA	LOKACIJA (KOORDINATE)
1	Vidojevica	Mrljak	Rešetkasti	36 m	43° 08' 36" N, 21° 33' 23" E
2	Miroč	Petrovo Selo	Rešetkasti	24 m	44° 34' 56" N, 22° 21' 22" E
3	Vekiki Šenj	Veliki Šenj	Rešetkasti	24 m	44° 07' 03" N, 20° 43' 51" E
4	Ragodeš	Ragodeš	Rešetkasti	24 m	43° 16' 03" N, 22° 29' 54" E
5	Povlen	Gornje Zarožje	Rešetkasti	36 m	44° 08' 29" N, 19° 43' 14" E
6	Goč	Stanišinci	Rešetkasti	24 m	43° 32' 38" N, 20° 54' 30" E
7	Rakobarski Vis	Rakova Bara	Rešetkasti	36 m	44° 33' 22" N, 21° 42' 26" E
8	Dubočane	Dubočane	Rešetkasti	24 m	44° 05' 48" N, 22° 15' 53" E
9	Jabuka	Junčevići	Rešetkasti	24 m	43° 20' 06" N, 19° 31' 0" E
10	Barelić	Viševce	Rešetkasti	36 m	42° 28' 31" N, 22° 02' 29" E
11	Jelica	Zeoke (Lučani)	Rešetkasti	24 m	43° 51' 14" N, 20° 16' 34" E
12	Golija	Plešin (Raška)	Rešetkasti	24 m	43° 17' 45" N, 20° 23' 45" E
13	Mučibaba	Mučibaba	Rešetkasti	24 m	43° 28' 14" N, 22° 16' 52" E
14	Radan *	Đake	Rešetkasti	24 m	42° 59' 06" N, 21° 26' 34" E

\* DUKMS Radan je u postupku izgradnje i biće uključena u mrežu do kraja 2021. godine

U tabeli 4.7 prikazana je konfiguracija osnovne merne opreme koja se koristi za rad korišćenjem postojećih antenskih stubova u KMC Niš, dok su u tabeli 4.8 prikazani detaljniji podaci o navedenoj osnovnoj, ali i drugoj mernoj opremi u KMC Niš, sa prikazom osnovnih tehničkih detalja i napomenom o načinu primene.

Tabela 4.7 – Podaci o konfiguraciji osnovne merne opreme u KMC Niš.

ANTENSKI STUB	MERNA I DRUGA OPREMA
Antenski stub broj 1	Merni prijemnik <i>R&amp;S ESMD</i> Rotator azimuta <i>Yaesu G2800</i> Rotator polarizacije <i>Yaesu G550</i> Antena log-periodična <i>R&amp;S HL033</i> Antena log-periodična <i>R&amp;S HL040</i> RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine
Antenski stub broj 2	DF ( <i>Direction Finding</i> ) merni prijemnik <i>TCI 739</i> Goniometarska antena <i>TCI 643</i> Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>Antenna Experts, WD-80-2000</i> Neusmerena antena za horizontalnu polarizaciju <i>TCI 640D</i> RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine

Tabela 4.8 – Podaci osnovnoj i dodatnoj mernoj opremi u KMC Niš.

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	KONTROLNI INTERFEJS	OPIS NAMENE
<b>OSNOVNA MERNA OPREMA</b>			
Merni prijemnik <i>R&amp;S ESMD</i>	20 MHz - 3.6 GHz	LAN interfejs	Osnovni uređaj u KMC
DF merni prijemnik <i>TCI739</i>	9 kHz - 8.5 GHz	LAN interfejs	Osnovni uređaj u KMC
Antena log-periodična <i>R&amp;S HL033</i>	80 MHz – 2 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Antena log-periodična <i>R&amp;S HL040</i>	400 MHz – 3.6 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Goniometarska antena <i>TCI 643</i>	20 MHz – 3 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Neusmerena antena za horizontalnu polarizaciju <i>TCI 640D</i>	20 MHz – 3 MHz	-	Osnovni uređaj u KMC
Neusmerena antena za V polarizaciju <i>Antenna Experts WD-80-2000</i>	80 MHz – 2 GHz	-	Osnovni uređaj u KMC
<b>OSTALA MERNA OPREMA – PRENOSIVI UREĐAJI ZA RAD NA TERENU I DRUGA OPREMA</b>			
Merni prijemnik <i>R&amp;S PR100</i>	9 kHz - 7.5 GHz	LAN interfejs	Koristi se za rad na terenu
Analizator spektra <i>Anritsu MS2720T</i>	9 kHz – 43 GHz	LAN interfejs	Kontrola emisija u MT opsegu i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
USB merač snage <i>Anritsu MA24126A</i>	10 MHz – 26 GHz	USB interfejs	Prenosni uređaj za merenje snage na predajnicima
Merni prijemnik <i>R&amp;S ESVN-40</i>	20 MHz - 2.75 GHz	GPIO interfejs	Rezervni uređaj.
Merni prijemnik <i>R&amp;S ESH-2</i> sa mini <i>loop</i> antenom	9 kHz – 30 MHz	-	Koristi se po potrebi.
Kompleti antena	-	-	Prenosive za rad na terenu

U tabeli 4.9, prikazana je konfiguracija merne opreme koja se koristi za rad DUKMS podređene KMC Niš. Antenski sistem na svakoj od lokacija DUKMS čini sistem log-periodičnih antena spregnutih sa rotatorima za promenu azimuta i polarizacije, i sistem neusmerenih antena za prijem horizontalno i vertikalno polarizovanih radio talasa. U slučaju DUKMS Golija i DUKMS Jabuka pored sistema neusmerenih antena za prijem horizontalno i vertikalno polarizovanih radio talasa, postoji i sistem sa goniometarskim antenama.

Tabela 4.9 – Podaci o konfiguraciji merne opreme DUKMS podređenih KMC Niš.

NAZIV DUKMS	MERNA I DRUGA OPREMA
DUKMS Golija DUKMS Jabuka	DF merni prijemnik <i>TCI 739</i> Goniometarska antena <i>TCI 643</i> Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>Antenna Experts, WD-80-2000</i> Neusmerena antena za horizontalnu polarizaciju <i>TCI 640D</i> RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine
DUKMS Vidojevica DUKMS Miroč DUKMS Veliki Šenj DUKMS Ragodreš DUKMS Povlen DUKMS Goč DUKMS Rakobarski Vis DUKMS Dubočane DUKMS Barelić DUKMS Jelica DUKMS Mučibaba DUKMS Radan*	Merni prijemnik <i>TCI 709</i> Rotator azimuta <i>Yaesu G2800</i> Rotator polarizacije <i>Yaesu G550</i> Antena log-periodična <i>Antenna Experts LP-80-2000</i> Antena log-periodična <i>Alaris LPDA-A0121</i> Neusmerena antena za vertikalnu polarizaciju <i>Antenna Experts WD-80-2000</i> Neusmerena antena za horizontalnu polarizaciju <i>TCI 640D</i> RF antenski i upravljački kablovi rotatora odgovarajuće dužine
* DUKMS Radan je u postupku izgradnje i biće uključena u mrežu do kraja 2021. godine	



U skladu sa postojećom lokalnom infrastrukturom i uslovima realizacije za datu lokaciju, na lokacijama DUKMS obezbeđeno je napajanje električnom energijom. Na nekim lokacijama DUKMS obezbeđeno je autonomno ili dodatno napajanje korišćenjem solarnih panela.

Komunikacioni linkovi kojima je lokalna mreža DUKMS preko rutera povezana sa spoljašnjom IP (eng. *Internet Protocol*) mrežnom infrastrukturom, tj. telekomunikacionom mrežom koja omogućava IP konektivnost sa nadređenim KMC-ovima, su dovoljno velikog kapaciteta (tipično 2Mb/s) da podrže daljinsku kontrolu i upravljanje radom DUKMS, kao i prenos velike količine mernih podataka ili rezultata merenja od DUKMS ka KMC, pri čemu se rad DUKMS izvodi u realnom vremenu. Tamo gde je to moguće, lokacije DUKMS su povezane optičkim linkovima, odnosno gde to nije moguće povezivanje je ostvareno putem radio-relejnih linkova ka najbližim lokacijama na kojima postoji priključak na xDSL rutere ili optičku telekomunikacionu infrastrukturu (npr. do predajnih lokacija javne mobilne mreže preduzeća Telekom Srbija a.d. Beograd). Detalji o komunikacionom povezivanju komponenti postojećeg sistema za monitoring RF spektra biće dati u narednom poglavlju 4.2.1.

Na svim lokacijama DUKMS realizovano je uzemljenje, tj. izjednačavanja potencijala metalnih masa na lokaciji (antenski stub, antenski kablovi, napajanje u reku i sl.). Dodatno, izveden je sistem zaštite od atmosferskog pražnjenja, pri čemu je na vrhu stuba montirana odgovarajuća vertikalna hvataljka, spojena sa spušnim vodom, na koji se povezuju i antenski elementi, dok su segmenti antenskog stuba prespojeni, a zatezna užad povezana sa bakarnim užetom odgovarajućih karakteristika. Dnevno i noćno obeležavanje stubova izvršeno je u skladu sa važećom regulativom u ovoj oblasti.

Kao ilustracija, na slici 4.2 prikazan je tipičan izgled dve lokacije DUKMS (sa i bez napajanja električnom energijom korišćenjem solarnih panela) sa antenskim stubom rešetkaste konstrukcije, dok je na slici 4.3 prikazan tipičan izgled DUKMS sa antenskim stubom tipa pauk.



Slika 4.2 – Tipičan izgled DUKMS sa rešetkastim antenskim stubom bez (DUKMS Vidojevica) i sa (DUKMS Povlen) napajanjem realizovanim primenom solarnih panela.



Slika 4.3 – Tipičan izgled DUKMS sa antenskim stubom tipa pauk (DUKMS Vincaid).

Tokom 2022. godine planirano je puštanje u rad još tri DUKMS na lokacijama na kojima su projektovanje i/ili infrastrukturni radovi započeti tokom 2021. godine, i to: DUKMS Cer, DUKMS Gudurički Vrh i DUKMS Podlokanj). Pri tome, merna oprema za ove DUKMS je već nabavljena tokom 2021. godine, pa je neophodno samo završiti radove vezane za izgradnju i infrastrukturno uređenje lokacija, odnosno montiranje merne i druge opreme. Osnovne informacije za ove tri planirane lokacije date su u tabeli 4.10.

Tabela 4.10 – Osnovni podaci o DUKMS planiranim za izgradnju u 2022. godini.

REDNI BROJ	NAZIV DUKMS	KATASTARSKA OPŠTINA	VRSTA STUBA	VISINA STUBA	LOKACIJA (KOORDINATE)
1	Cer	Petkovica	Rešetkast	30 m	44°37'15" N 19°25' 42" E
2	Podlokanj	Banatsko Arandjelovo	Rešetkast	36 m	46° 01'30" N20°16' 34" E
3	Gudurički vrh	Veliko Središte	Rešetkast	24 m	45°08'14" N 21°24' 46" E

\* DUKMS Radan je u postupku izgradnje i biće uključena u mrežu do kraja 2021. godine

Nakon završetka radova na izgradnji i puštanju u rad prethodno pomenutih planiranih DUKMS, sistem za monitoring RF spektra će se sastojati od 2 KMC i 22 DUKMS. U pogledu predmeta ove Studije, bitno je napomenuti da je sva osnovna merna oprema u KMC, DUKMS i mernim vozilima, kada se radi o opremi namenjenoj za monitoring spektra i geolokaciji na bazi primene DF metoda, već sada, ili će biti tokom 2022. godine, unapređena tako da podržava primenu geolokacije na bazi TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda (tj. hibridnog TDoA/AoA metoda). Pri tome, prethodna konstatacija se odnosi na mernu opremu koja je primarno bila namenjena za potrebe DF (AoA), dok je deo opreme KMC Niš i najveći broj DUKMS već inicijalno bio opremljen mernom opremom koja je posedovala mogućnost geolokacije primenom TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda.

#### 4.1.3. Pregled postojećih mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS) u okviru sistema za monitoring RF spektra RATEL-a

Služba za kontrolu RATEL-a u svom radu standardno koristi veći broj mernih vozila, odnosno mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS). MMS su stacionirane u KMC Beograd i KMC Niš i opremljene tako da poseduju mogućnost merenja radio emisija iz pokreta (emisije baznih stanica mobilnih operatera, radio-stanica i TV stanica), odnosno obavljanje poslova vezanih za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra i merenja parametara radio-emisija u skladu sa ITU preporukama, dok su 2 MMS opremljene mernom opremom za potrebe podrške funkcionalnosti mobilne radio-goniometrije.

U prethodnom periodu RATEL je osim nabavke merne i ostale opreme za postojeća vozila, nabavio i više novih vozila, pri čemu je ugradnjom odgovarajuće opreme izvršena funkcionalna integracija MMS. Od interesa za ovu Studiju treba istaći da su:

- nabavljena dva potpuno opremljena merna vozila, tj. mobilne kontrolno-merne stanice, tipa *Volks Wagen Transporter T5*, koja omogućavaju obavljanje kontrole korišćenja RF spektra i goniometrisanje u RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz. Sistemi za merenje u ovim MMS zasnivaju se na mernoj opremi proizvođača TCI, pri čemu je glavni merni uređaj merni prijemnik i DF procesor *TCI Spectrum Processor 5095*. Antenski sistem ovih MMS čine 10-metarski stub na koji se montiraju log-periodične antene *Antena Experts LP 80-1000 Antenna* (podržan rad u opsegu od 80 MHz do 1000 MHz) ili *Antena Experts LP 1000-3000 Antenna* (podržan rad u opsegu od 1 GHz do 3 GHz), kao i DF antena *TCI 643 VHF/UHF Dual-Polarized DF and Spectrum Monitoring Antenna* (za rad u opsegu od 20 MHz do 3 GHz), koja je fiksno montirana na krovu vozila. Pored navedene merne opreme ove 2 nove MMS opremljene su analizatorom TV signala *TV Signal Analyzer Televes H60 Advance* za kontrolu TV predajnika, analizatorom spektra u realnom vremenu *Tektronix Real Time Spectrum Analyzer RSA306*, kao i RDS dekodera *DEVA FM Band Spectrum/Modulation Analyzer&RDS Decoder* za potrebe analize RDS signala FM radiodifuznih stanica. Svaka od ove dve MMS opremljena je komunikacionim podsistemom zasnovanim na *Cisco* ruteru i integrisanim GSM/UMTS/LTE modemom, što omogućava jednostavnu integraciju u okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra koji čine KMC i DUKMS kao fiksne kontrolno-merne stanice. Pomenuta mogućnost uključivanja MMS u sistem za monitoring RF spektra RATEL-a predstavlja značajan kvalitativni pomak.
- potpuno opremljeno merno vozilo, tj. mobilna kontrolno-merna stanica, tipa *Mercedes Sprinter* za potrebe kontrole korišćenja RF spektra, merenja parametara emisija u skladu sa ITU preporukama i mobilno goniometrisanje u RF opsegu od 20 MHz do 3.6 GHz. Ovo merno vozilo je opremljeno mernom opremom proizvođača *Rohde & Schwarz* i to mernim DF prijemnikom *R&S DDF 255* i antenskim sistemom koji čine: log-periodična antena *R&S HL033*, log-periodična antena *R&S HL040*, kontroler antena *R&S GB127M* i antenski preklopnik *R&S ZS129*. Za rad merne opreme u ovom vozilu koristi se softverski paket *R&S Argus* koji je, ili će biti, unapređen u najnoviju verziju 6.1, uz podršku primene geolokacije korišćenjem TDoA tehnike i hibridne TDoA/DF tehnike (tj. hibridne TDoA/AoA tehnike),

Dodatno, Služba za kontrolu RATEL-a raspolaže i mernim vozilom opremljenim kao mobilni goniometarski sistem za rad u bliskim zonama koji radi u opsegu od 300 kHz do 1.3 GHz. Vozilo je opremljeno mernom opremom proizvođača *Rohde & Schwarz* i to: goniometarskim sistemom koji čine merni prijemnik *R&S EBD190*, antena *R&S ADD190* i antena *R&S ADD119*. Vozilo je dodatno opremljeno kontrolnim prijemnikom *R&S EB200*.

Prethodno opisana merna vozila su od značaja i za monitoring RF spektra RATEL-a u urbanim sredinama, pa su informacije o njima od posebnog značaja za formulisanje predloga optimalnog rešenja za sistem monitoringa RF spektra RATEL-a u urbanim sredinama.

Pored svega navedenog, Služba za kontrolu RATEL-a raspolaže i posebno opremljenim mernim vozilima za potrebe merenja pokrivanja, tj. merenje radio emisija iz pokreta i merenje QoS (eng. *Quality of Service*) za sisteme javnih mobilnih mreža i distribucije TV programa. Naravno, Služba za kontrolu RATEL-a, poseduje i dodatnu prenosivu opremu i prenosive antenske sisteme namenjene za terenski rad korišćenjem mernih vozila.

#### 4.1.4. Pregled postojećih RF senzorskih stanica kao zasebnog elementa sistema za monitoring RF spektra RATEL-a

Služba za kontrolu RATEL-a u svom radu koristi postojeći, samostalni, sistem daljinski upravljanih RF senzorskih stanica. Ovaj sistem se sastoji od ukupno 11 RF senzorskih stanica koje su postavljene u Beogradu (5 stanica), Novom Sadu (3 stanice, od kojih je jedna trenutno aktivna) i Nišu (3 stanice). U tabeli 4.11, prikazani su osnovni podaci o mernoj opremi koja se koristi u okviru ovih daljinski upravljanih RF stanica.

Tabela 4.11 - Pregled merne opreme koja se koristiti u postojećim daljinski upravljanim RF senzorskim stanicama postavljenim na teritoriji Beograda, Novog Sada i Niša.

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	PODACI O SOFVERSKOJ PODRŠCI	KONTROLNI INTERFEJS
RF senzori <i>Keysight</i> N6841A (11 komada) sa potrebnim opcijama i softverom za potrebe geolokacije na bazi TDOA	20 MHz – 6 GHz	Softver za geolokaciju <i>Keysight</i> N6854A Softver za monitoring <i>Keysight</i> N6802E	RJ45 zarad u okviru TCP/IP mreža
Diskon antena D-130 J (3 komada)	25 MHz – 1.3 GHz	-	-
Diskon antena AOR DA 5000 (3 komada)	700 MHz – 3 GHz	-	-
Diskon antena D-3000 N (8 komada)	25 MHz – 3 GHz	-	-

Antenski sistemi za prve tri RF senzorske stanice ovog tipa sastoje se od kombinacije diskon antena D-130 J i diskon antena AOR DA 5000 sa radnim opsegom od 25 MHz do 3 GHz, dok su preostalih 8 RF senzorskih stanica opremljene antenskim sistemom na bazi primene diskon antene D-3000 N koja sama pokriva isti frekvencijski opseg. U radu ovih senzorskih sistema koristi se merna oprema (tj. RF senzor N6841A) i softverski paketi proizvođača *Keysight Technologies* iz Sjedinjenih Američkih Država. Kada je u pitanju softver, koristi se osnovni softver *N6820ES Signal Surveyor 4D* i dodatni softver (licence) za rad servera za geolokalizaciju na bazi TDoA, tj. softverski paket *N6854ARF Geolocation Server*.

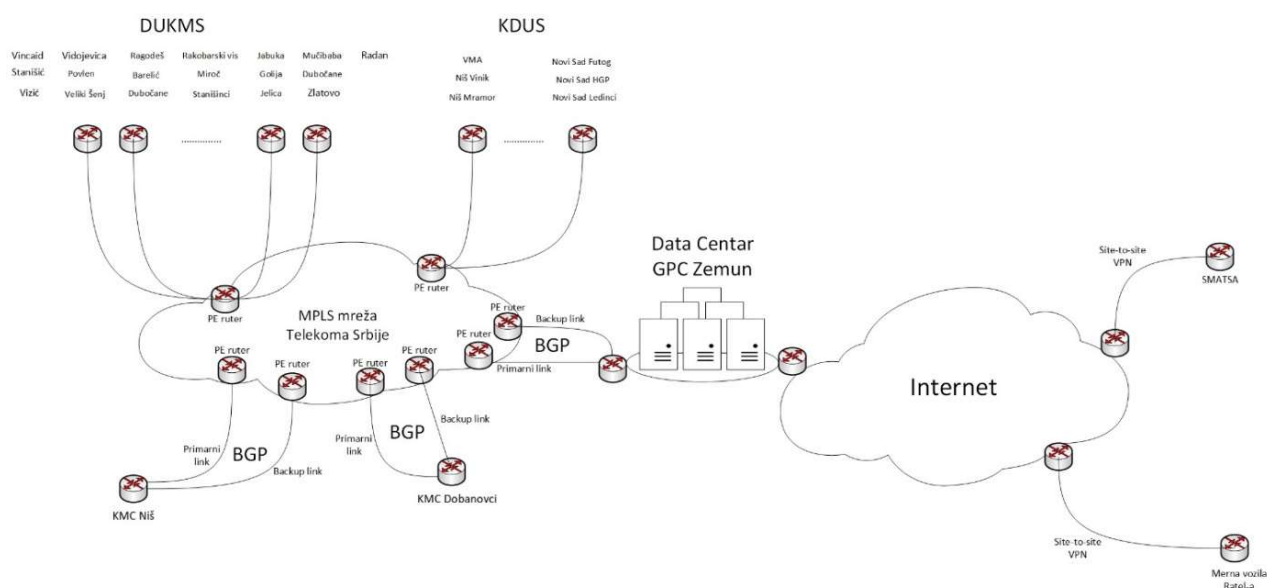
Postojeći senzorski sistemi realizovani u tri najveća grada u Republici Srbiji, imaju sličnu namenu kao i sistem za monitoring RF spektra u urbanim sredinama koji je predmet ove Studije. Pri tome, treba naglasiti da je primena postojećeg sistema na bazi korišćenja daljinski upravljanih RF senzorskih stanica (baziranih na RF senzorima N6841A) značajno ograničena usled nemogućnosti integracije ovih zasebnih senzorskih mreža po gradovima sa osnovnim sistemom za monitoring RF spektra RATEL-a, čiji se rad zasniva na primeni KMC i DUKMS. Razlog je nekompatibilnost softvera koji se koriste u ovom sistemu (*Keysight*) i osnovnih softverskih paketa koji se koriste u KMC Beograd (*R&S*) i KMC Niš (*TCI*). Dodatno, merna oprema u ovim daljinski upravljanim RF senzorskim stanicama je na isteku resursa, pri čemu je oprema u potpunosti amortizovana.

U cilju optimalnog korišćenja integralnog sistema za kontrolu RF spektra RATEL-a, naručilac Studije (RATEL) je u samom Projektom zadatku naglasio neophodnost da predmetni sistem za kontrolu RF spektra u urbanim sredinama mora da bude kompatibilan sa upravljačkim softverom koji se koristi u KMC Beograd i KMC Niš. Iz navedenog razloga, dalje proširenje senzorskih mreža baziranih na RF sensorima proizvođača *Keysight* ne može se smatrati pogodnim i optimalnim rešenjem. Stoga, prioritet u daljem razvoju sistema za monitoring RF spektra RATEL-a treba staviti na dalju izgradnju sistema za monitoring RF spektra zasnovanog na korišćenju KMC i DUKMS, pri čemu sistem za monitoring RF spektra u urbanim sredinama treba da bude integralni deo ovog sistema. Objedinjavanjem infrastrukture, združenim radom, ali i kroz široku primenu TDoA, kao i hibridnog TDoA/DF, metoda geolokacije izvora radio-emisija, omogućava se dalje proširenje i unapređenje tehničkih mogućnosti oba dela sistema.

## 4.2. REALIZACIJA KOMUNIKACIONE MREŽE KOJOM SU POVEZANI ELEMENTI SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA RATEL-A

U okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, komunikaciona mreža koja povezuje (umrežava) kontrolno-merne centre (KMC), daljinski upravljane kontrolno-merne stanice (DUKMS), merna vozila (MMS) i data centar RATEL-a u okviru ovog sistema, realizovana je u topologiji zvezde. Centralnu lokaciju mreže u komunikacionom smislu, kao i sa stanovišta informacionog sistema RATEL-a, predstavlja data centar na lokaciji „GPC Zemun“, ul. Ugrinovačka 210b Beograd (Zemun). Sistem prenosa za povezivanje lokacija i mernih vozila u okviru mreže RATEL-a prevashodno se zasniva na primeni koristi L3VPN (eng. *Layer 3 Virtual Private Networks*) servisa Preduzeća za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd (tj. MPLS mreže ovog preduzeća). Osim L3VPN mreže Preduzeća za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. Beograd, po potrebi dodatno se koriste i zakupljene IPsec VPN (eng. *Virtual Private Networks*) veze.

Na slici 4.4, prikazana je osnovna arhitektura komunikacione mreže kojom se ostvaruje povezivanje elemenata sistema za monitoring RF spektra RATEL-a.



Slika 4.4 – Arhitektura komunikacione mreže kojom je ostvareno povezivanje (umrežavanje) elemenata postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a.

#### 4.2.1. Opis mreže na bazi L3VPN servisa

Koncept virtuelnih privatnih mreža (VPN) uveden je da bi se smanjili problemi koji postoje u mrežama zasnovanim na primeni TCP/IP (eng. *Transport Control Protocol/Internet Protocol*) skupa protokola, kao što su problem sigurne komunikacije korišćenjem javne komunikacione infrastrukture i obezbeđivanje garancije kvaliteta servisa. Primenom VPN se sa stanovišta korisnika emulira funkcionalnost mreže iznajmljenih linija uz korišćenje resursa javne mreže elektronskih komunikacija (tj. mreže provajdera VPN servisa). Pri tome, VPN mreža sastoji se od linkova između većeg broja lokacija korisnika, koje su realizovane preko infrastrukture provajdera VPN servisa. Linkovi od interesa se dele sa drugim korisnicima, pri čemu je na svim lokacijama korisnika obezbeđena ista politika pristupa i sigurnosna politika koja bi postojala i u potpuno privatnoj mreži.

MPLS (eng. *Multi Protocol Label Switching*) tehnologija je industrijski standardizovana mrežna tehnologija koja omogućava: kontrolu saobraćaja (eng. *traffic engineering*), primenu politike QoS (eng. *Quality of Service*) i VPN koncepta, uz području ostvarivanja visoke skalabilnosti, efikasnosti i fleksibilnosti inherentne primeni IP tehnologija. Pri realizaciji MPLS mreža koristi se koncept *peer-to-peer* VPN mreža, po kome provajder servisa učestvuje u razmeni ruta sa korisnikom, prenosi informacije potrebne za rutiranje kroz svoju mrežu i isporučuje ih na drugu lokaciju korisnika. Na ovaj način podržano je optimalno rutiranje saobraćaja između dve lokacije korisnika kroz mrežu provajdera servisa.

L3VPN servis, koji se koristi u okviru komunikacione mreže za povezivanje elemenata sistema za monitoring RATEL-a, predstavlja realizaciju *peer-to-peer* VPN modela u MPLS mrežama. U MPLS L3VPN mrežnoj arhitekturi na *edge* ruterima mreže provajdera servisa, tj. PE (*Provider Edge*) ruterima, postoje posebne tabele rutiranja za svakog korisnika. Korisnik u okviru L3VPN mreže može posedovati i sopstvene pristupne rutere, tzv. CE (*Customer Edge*) rutere. Na PE ruteru (kao posebnom fizičkom uređaju) realizuje se više logičkih rutera koji se nazivaju virtuelni ruteri, po jedan za svakog korisnika L3 VPN servisa, a odgovarajuće tabele rutiranja nazivaju se *vrf* (eng. *virtual routing and forwarding*) tabele. Interfejs svakog korisnika L3 VPN servisa pridružuje se odgovarajućem virtuelnom ruteru, tj. postavlja se u odgovarajuću *vrf* tabelu. Pored virtuelnih rutera za pojedine korisnike, PE ruteri poseduju i globalnu tabelu rutiranja (GRT, *Global Routing Table*) pomoću koje komuniciraju sa ostalim ruterima u MPLS mreži. U toj komunikaciji PE ruteri sa ostalim ruterima u MPLS mreži razmenjuju rute iz GRT korišćenjem IGP (eng. *Interior Gateway Protocol*) protokola, odnosno razmenjuju odgovarajuće MPLS labele korišćenjem LDP (eng. *Label Distribution Protocol*) protokola. U GRT su smešteni infrastrukturni adresni opsezi iz mreže provajdera servisa. Korisničke mreže dobijene kroz realizaciju PE-CE protokola rutiranja se ne nalaze u GRT već se nalaze samo u *vrf* tabelama za datog korisnika. Ove rute PE ruteri međusobno razmenjuju MP-BGP (*Multi-Protocol Border Gateway Protocol*) protokolom.

Kao PE-CE protokol mogu se koristiti različiti rutingski protokoli (OSPF, RIP, BGP), kao i statičko rutiranje, dok se na PE ruterima vrši se redistribucija ovih protokola u MP-BGP protokol. U mreži RATEL-a koristi se BGP (eng. *Border Gateway Protocol*) protokol, i to na lokacijama GPC Zemun, KMC Beograd (Dobanovci) i KMC Niš, i statičko rutiranje, na svim ostalim lokacijama u okviru L3VPN mreže. BGP protokol je fleksibilan protokol sa stanovišta definisanja politike rutiranja, i može se posmatrati kao primeren za potrebe RATEL-a zato što je dizajniran za razmenu informacija o rutiranju između dva domena rutiranja, kao što su mreže provajdera servisa i korisnika, tj. RATEL-a u ovom slučaju. Dodatna prednost ovog protokola je činjenica da se jednostavno integriše, tj. automatski redistribuira rute sa MP-BGP protokolom koji se koristi u MPLS mreži servis provajdera.

U slučaju statičkog rutiranja RATEL-a dostavlja podatke o mrežama u upotrebi na svakoj lokaciji, a provajder L3 VPN servisa (Preduzeće za telekomunikacije Telekom Srbija a.d. Beograd) definiše, tj. konfigurira statičke rute u datoj *vrf* tabeli, koje kao *next-hop* parametar koriste adresu CE (*Customer Edge*) rutera. Ove statičke rute se redistribuiraju u MP-BGP protokol i prenose kao VPNv4 rute ostalim PE ruterima.

Prema poslovnoj politici Preduzeća za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d Beograd, L3VPN servis predstavlja osnovni servis za povezivanje lokacija poslovnih korisnika. Ova usluga ima različite varijacije po pitanju pristupne brzine, izabrane topologije, pristupne tehnologije, pozicije tačke razgraničenja između korisnika i provajdera, redundantnosti povezivanja i sl. Provajder servisa nudi realizaciju L3VPN servisa u bilo kojoj topologiji. U komunikacionoj mreži RATEL-a koristi se topologija *any-to-any* u kojoj su međusobno povezani svi elementi mreže. Tačka razgraničenja između mreže korisnika i mreže provajdera servisa može se realizovati kao: *managed* L3VPN servis i *unmanaged* L3VPN servis, pri čemu prvi podrazumeva da je CE ruter u vlasništvu provajdera servisa, a drugi da je CE ruter u vlasništvu korisnika servisa. Upravljanje i administraciju CE rutera vrši provajder servisa, a LAN (*Local Area Network*) interfejs na CE ruteru na lokaciji korisnika predstavlja tačku razgraničenja odgovornosti između provajdera servisa i korisnika (RATEL-a). U tabeli 4.12, prikazan je spisak ugovorenih servisa sa brzinama prenosa na lokacijama KMC i DUKMS u okviru sistema za monitoring RF spektra RATEL-a.

Tabela 4.12 - Pregled ugovorenih servisa sa brzinama prenosa za potrebe povezivanja lokacija KMC i DUKMS sistema za monitoring RF spektra RATEL-a

LOKACIJA OBJEKTA	KOORDINATE ILI ADRESA OBJEKTA	MIN. KAPACITET PRENOSA	MIN. KAPACITET REDUND. LINKA	VLASNIK RUTERA	PROVAJDER SERVISIA
Beograd	Ugrinovačka 210b	300/300 Mb/s	100/100 Mb/s	RATEL	Telekom Srbija
KMC Beograd (Dobanovci)	Prote Mateje 15	300/300 Mb/s	100/100 Mb/s	RATEL	Telekom Srbija
KMC Niš (Brdo Kamare)	43°17'21.00" N 21°56'26.00" E	150/150 Mb/s	50/50 Mb/s	RATEL	Telekom Srbija
DUKMS Stanišić	45° 54' 19.33" N 19° 10' 40.20" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Vizić	45° 10' 34.42" N 19° 26' 43.48" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Vincaid	45° 41' 09.99" N 20° 25' 12.04" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Jelica	43° 51' 13.54" N 20° 16' 33.87" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Veliki Šenj	44° 07' 03.41" N 20° 43' 51.11" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Ragodeš	43° 16' 03.25" N 22° 29' 53.55" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Jabuka	43° 20' 11.96" N 19° 30' 56.23" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Stanišinci	43° 32' 38.12" N 20° 54' 30.22" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Barelić	42° 28' 30.55" N 22° 02' 29.22" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Golija	43° 17' 45.29" N 20° 23' 45.44" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija

LOKACIJA OBJEKTA	KOORDINATE ILI ADRESA OBJEKTA	MIN. KAPACITET PRENOSA	MIN. KAPACITET REDUND. LINKA	VLASNIK RUTERA	PROVAJDER SERVISIA
DUKMS Vidojevica	43° 08' 36.84" N 21° 33' 22.93" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Mučibaba	43° 28' 14.24" N 22° 16' 51.91" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Dubočane	44° 05' 48.81" N 22° 15' 53.03" E	12/12 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Miroč	44° 34' 56.07" N 22° 21' 22.23" E	12/12 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Rakobarski vis	44° 33' 22.81" N 21° 42' 26.57" E	12/12 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Povlen	44° 08' 29.00" N 19° 43' 14.22" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Vlaška	44° 30' 14.30" N 20° 42' 30.00" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Zlatovo	44° 11' 57.30" N 21° 27' 53.20" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS Radan	42° 59' 05.80" N 21° 26' 36.40" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS * Gudurički vrh	45° 08' 13.59" N 21° 24' 45.82" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS * Cer	44° 37' 15.70" N 19° 25' 42.00" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
DUKMS * Podlokanj	46° 01' 30.20" N 20° 16' 33.70" E	10/10 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
Beograd	Crnotravska 17	2/2 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
Niš	Vink bb	2/2 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija
Niš	Mramorsko brdobb	2/2 Mb/s	-	Telekom Srbija	Telekom Srbija

Napomena: \* DUKMS planirane za izgradnju i puštanje u rad tokom 2022. godine.

#### 4.2.2. Povezivanje na osnovu primene IPsec pristupa

IPsec pristup predstavlja dodatni servis u mrežama koji omogućava da udaljeni mobilni klijenti ili udaljene mreže pristupe korporativnoj mreži koristeći IPsec kriptovane tunele. Nakon uspostave IPsec tunela, udaljeni klijenti ili udaljene mreže imaju dostupne resurse iz korporativne mreže kao da se nalaze na bilo kojoj od lokacija u okviru same korporativne mreže. Kako bi se omogućio IPsec bazirani pristup, dostupan je VPN koncentrator (na Internet mreži) čime se omogućava potpuna mobilnost korisnika i pristup korporativnoj mreži sa svakog mesta gde postoji Internet konektivnost.

Na bazi primene IPsec pristupa u mreži RATEL-a koristi se *Remote Access VPN*, za zaposlene u RATEL-u i spoljne saradnike, ali i *site-to-site VPN* tuneli za potrebe povezivanja mernih vozila RATEL-a, a isti se koriste i za kompaktne daljinski upravljane merne stanice (KDUS) u mreži SMATSA-a. Pregled pristupa na bazi IPsec VPN koje se koriste u radu sistema za monitoring RF spektra RATEL-a dat je u tabeli 4.13.



Tabela 4.13 - Pregled pristupa na bazi IPsec VPN koji se koristi u radu sistema za monitoring RF spektra RATEL-a

VPN	LOKACIJA
SMATSA	Rudnik
SMATSA	Kopaonik
SMATSA	Surčin, Beograd
Merno vozilo 1 (RATEL)	-
Merno vozilo 2 (RATEL)	-
Merno vozilo 3 (RATEL)	-
Merno vozilo 4 (RATEL)	-

### 4.3. PREGLED POSTOJEĆE KADROVSKE STRUKTURE U SLUŽBI ZA KONTROLU RATEL-A

#### 4.3.1. Poslovi i organizacija rada Službe za kontrolu RATEL-a

U skladu sa zakonskim okvirom (opisanim u **glavi 1**) i internim dokumentima RATEL-a, Služba za kontrolu RATEL-a zadužena je za obavljanje poslova koji se odnose na:

- kontrolu korišćenja radio-frekvencija;
- utvrđivanje štetnih smetnji i preduzimanje mera za njihovo otklanjanje;
- proveru tehničkih parametara radio-emisija;
- otkrivanje nelegalnih radio-emisija i preduzimanje mera za njihovo prekidanje;
- proveru ispunjenosti uslova elektromagnetske kompatibilnosti;
- proveru usklađenosti stanja u etru sa podacima iz baze važećih dozvola za korišćenje radio-frekvencija i evidencije radio-uređaja koji se koriste po režimu opšteg ovlašćenja;
- obavljanje tehničkih pregleda radio-stanica;
- merenje nivoa elektromagnetskog polja (nejonizujućeg zračenja) koje generišu elektronske komunikacione mreže, pripadajuća sredstva, elektronska komunikaciona oprema i terminalna oprema;
- proveru iskorišćenosti RF spektra;
- razvoj i modernizaciju integralnog sistema za kontrolu RF spektra;
- unapređenje merne opreme i mernih procedura u cilju praćenja novih tehnologija u oblasti elektronskih komunikacija;
- merenja za potrebe planiranja i projektovanja novih radio-sistema i radio-mreža;
- merenja u cilju istraživanja efekata korišćenja dodatnih radio-frekvencijskih opsega za dalji razvoj elektronskih komunikacija;
- učešće u eksperimentalnom radu sa operatorima i naučnim institucijama;
- pripremu redovnog godišnjeg izveštaja o kontroli korišćenja RF spektra na teritoriji Republike Srbije;
- učešće u pripremi godišnjih podataka o stanju tržišta elektronskih komunikacija u Republici Srbiji;
- izradu planova razvoja u vođenje projekata izgradnje sistema za monitorisanje RF spektra;

- učešće u radu međunarodnih radnih i studijskih grupa koje se bave kreiranjem preporuka i standarda u oblasti kontrole RF spektra;
- izradu predloga opštih akata iz oblasti kontrole korišćenja RF spektra;
- saradnju sa inspeksijskim organom nadležnim za oblast elektronskih komunikacija;
- saradnju sa organom nadležnim za radio-difuziju pri kontroli RF spektra namenjenog za potrebe distribucije i emitovanja medijskih sadržaja;
- preduzimanje mera prema radio/TV emiterima i operatorima koji obavljaju delatnost elektronskih komunikacija;
- izradu izveštaja o obavljenoj kontroli, merenjima i ispitivanjima;
- učešće u izradi plana nabavki i postupcima nabavki;
- saradnju sa državnim i međunarodnim organima i organizacijama, operatorima, stručnim telima i drugim relevantnim institucijama;
- učešće u radu stručnih radnih grupa i komisija, kao i drugi poslovi iz delokruga rada Službe za kontrolu RATEL-a.

U skladu sa trenutnom organizacijom rada, Služba za kontrolu RATEL-a kao primarne opsege učestanosti pri nadgledanju i kontroli korišćenja RF spektra tretira: opsege učestanosti za radiodifuziju TV signala (VHF/UHF) i audio signala (VHF), opsege učestanosti namenjene vazduhoplovnoj mobilnoj i vazduhoplovnoj navigacionoj službi, opsege učestanosti koje koriste operatori mreža javne mobilne telefonije i operatori mreža za fiksni bežični pristup, kao i delove opsega koje koriste funkcionalni sistemi Vojske Srbije i MUP Srbije. Kao sekundarni opsezi u pogledu kontrole korišćenja RF spektra definisani su preostali opsezi učestanosti do 40 GHz.

Uzimajući u obzir trenutno stanje tehničke opremljenosti Službe za kontrolu RATEL-a, broj zaposlenih na poslovima kontrole korišćenja RF spektra, kao i relativno veliki broj prijavljenih predmeta (smetnji i drugih nepravilnosti), Služba za kontrolu RATEL-a značajan procenat poslova obavlja na terenu, odnosno po zahtevu (reaktivno dejstvo u funkciji istraživanja i razrešavanja prijavljenih smetnji, kao i detekcije nepravilnosti u radu radio stanica). Pri tome, kontrola korišćenja RF spektra izvodi se u sklopu redovnih zadataka stalne kontrole korišćenja RF spektra koja se obavlja korišćenjem mreže DUKMS, periodične kontrole radio-emisija koja se obavlja sa pogodnih lokacija, odnosno u skladu sa važećim planom kontrole radio emisija iz Kontrolno-mernog centra Beograd (KMC Beograd) i Kontrolno-mernog centra Niš (KMC Niš) po delovima opsega učestanosti. Za sve predviđene poslove postoje jasno definisane procedure izlaska na teren, evidentiranja podataka dobijenih merenjem kao i njihovog unosa u bazu kontrolno-mernih podataka, kao i odgovarajuće procedure prikupljanja i arhiviranja dodatnih podataka. Svi podaci dobijeni merenjem upisuju se u bazu kontrolno mernih podataka (bazu koja se odnosi na kontrolu RF spektra). Predviđeno je da se pri svakoj akciji merenja popunjavaju izveštaji administrativnog tipa i tipski obrasci sa rezultatima merenja, pri čemu postoje obrasci za Izveštaje o nepravilnostima, smetnjama i sl.

#### **4.3.2. Postojeća kadrovska struktura u Službi za kontrolu RATEL-a**

U okviru Službe za kontrolu RATEL-a trenutno je angažovano 14 zaposlenih. Pri tome, u radu KMC Beograd angažovano je 9 osoba, a Kontrolno-merni-centar Niš (KMC Niš) ima 4 zaposlena. Radom celokupne Službe za kontrolu RATEL-a rukovodi Rukovodilac Službe za kontrolu RATEL-a. Zaposleni koji su zaduženi za poslove kontrole korišćenja i nadgledanja RF spektra imaju dugotrajno iskustvo (u proseku iznad 10 godina). Kada je u pitanju stručna

sprema, 11 zaposlenih poseduje visoko obrazovanje, jedan zaposleni ima višu stručnu spremu, dok jedan zaposleni ima srednju stručnu spremu.

U slučaju KMC Beograd, u maksimalnom kapacitetu ova organizaciona jedinica Službe za kontrolu RATEL-a ima 9 zaposlenih i raspolaže sa:

- 2 ekipe (sastavljene od po 2 kontrolora) za terenski rad;
- 2 kontrolora zadužena za izvođenje poslova obrade izveštaja sa tehničkih pregleda;
- 1 do 2 kontrolora zadužena za poslove kontrole RF spektra korišćenjem opreme u KMC Beograd i DUKMS kojima se upravlja iz KMC Beograd, odnosno bave se obradom trenutno aktivnih predmeta kontrole korišćenja RF spektra;
- 1 administratorom monitoring sistema, koji je zadužen za izradu internog portala Kontrole, odnosno za razvoj koncepcije i unapređenje informacionog sistema i softverskih rešenja koji se koriste u okviru rada Službe za kontrolu RATEL-a;
- koordinatorom KMC Beograd.

U Tabeli 4.14, prikazan je opis trenutnih radnih mesta u KMC Beograd. Broj radnih mesta i trenutna organizacija rada omogućavaju da se na nedeljnom nivou u proseku realizuju 3 terenske kontrole i/ili istraživanja smetnje, što predstavlja optimalni broj uzimajući u obzir da svaka terenska kontrola ili istraživanje smetnje podrazumeva prethodnu pripremu za teren, kao i obradu rezultata ispitivanja narednog dana.

Tabela 4.14 – Opis postojećih radnih mesta u KMC Beograd.

RADNO MESTO	NADREĐENI (ZA RADNO MESTO)	BROJ RADNIH MESTA
Koordinator KMC	Rukovodilac Službe za kontrolu	1
Glavni savetnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	2
Viši savetnik – Administrator monitoring sistema	Koordinator KMC	1
Viši savetnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	3
Savetnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	1
Saradnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	1
<b>Ukupno radnih mesta u KMC Beograd</b>		<b>9</b>

Kada je u pitanju KMC Niš, u maksimalnom kapacitetu ova organizaciona jedinica Službe za kontrolu RATEL-a ima 4 zaposlena i raspolaže sa:

- 1 ekipom (sastavljenom od 2 kontrolora) za terenski rad;
- 1 kontrolorom zaduženim za poslove kontrole RF spektra korišćenjem opreme u KMC Niš i DUKMS kojima se upravlja iz KMC Niš, odnosno bavi se obradom trenutno aktivnih predmeta kontrole korišćenja RF spektra;
- koordinatorom KMC Niš.

U tabeli 4.5 prikazan je opis trenutnih radnih mesta u KMC Niš. Broj radnih mesta i trenutna organizacija rada omogućavaju da se na nedeljnom nivou u proseku realizuju 3 terenske kontrole i/ili istraživanja smetnje, što predstavlja optimalni broj uzimajući u obzir da svaka terenska kontrola ili istraživanje smetnje podrazumeva prethodnu pripremu za teren, kao i obradu rezultata ispitivanja narednog dana.

Kako bi se se sagledala uloga pojedinih zaposlenih u radu Službe za kontrolu RATEL-a, može se uzeti u obzir opis poslova za radna mesta u skladu sa važećim internim *Pravilnikom o unutrašnjoj organizaciji i sistematizaciji radnih mesta u Regulatornoj agenciji za*

elektronske komunikacije i poštanske usluge. Odnosno, trenutno zaposleni u Službi za kontrolu RATEL-a raspoređeni su na sledeća radna mesta:

- **Koordinator Kontrolno-mernog centra**, čiji je opis poslova: organizuje, objedinjuje i usmerava rad zaposlenih u unutrašnjoj jedinici kojom koordinira, prati rad zaposlenih u obavljanju radnih zadataka, planira i upravlja radnim aktivnostima zaposlenih u unutrašnjoj jedinici kojom koordinira, obavlja vrlo složene poslove koji bitno utiču na postizanje rezultata u oblasti iz delokruga rada unutrašnje jedinice kojom koordinira, neposredno učestvuje u radu na najsloženijim i najstručnijim poslovima koji zahtevaju stvaralačke sposobnosti i visok stepen stručnosti i vrši druge poslove koje mu odredi rukovodilac službe, direktor sektora ili direktor Agencije. Odgovara za blagovremeno i zakonito izvršavanje poslova i doslednu primenu materijalnih propisa iz delokruga unutrašnje jedinice kojom koordinira;
- **Glavni savetnik – Kontrolor RF spektra**, čiji je opis poslova: obavlja najsloženije studijsko-analitičke, stručne i nadzorne poslove iz delokruga Grupe, a koji se odnose na: kontrolu RF spektra, izradu predloga opštih akata iz oblasti kontrole RF spektra, učešće u radu državnih i međunarodnih organizacija i institucija, kao i saradnju sa regulatornim i stručnim telima država članica Evropske unije i drugih država radi usaglašavanja prakse primene propisa iz oblasti kontrole RF spektra, učešće u stručnim radnim grupama i komisijama, obavlja i druge poslove po nalogu neposrednog rukovodioca iz nadležnosti organizacione jedinice u kojoj je raspoređen;
- **Viši savetnik – Kontrolor RF spektra**, čiji je opis poslova: obavlja vrlo složene studijsko-analitičke, stručno-operativne i nadzorne poslove iz delokruga Grupe, a koji se odnose na: kontrolu RF spektra, učestvovanje u izradi predloga opštih akata iz oblasti kontrole korišćenja RF spektra, istraživanje smetnji u etru, proveru ispunjenosti uslova elektromagnetske kompatibilnosti, proveru emisionih parametara predajnika, verifikaciju propagacionih modela, proveru ostvarenih servisnih zona predajnika, analizu rezultata merenja, učešće u radu državnih i međunarodnih organizacija i institucija, kao i saradnju sa regulatornim i stručnim telima država članica Evropske unije i drugih država radi usaglašavanja prakse primene propisa iz oblasti kontrole RF spektra, učešće u stručnim radnim grupama i komisijama, obavlja i druge poslove po nalogu neposrednog rukovodioca iz nadležnosti organizacione jedinice u kojoj je raspoređen;
- **Viši savetnik – Administrator sistema za monitoring RF spektra**, čiji je opis poslova: obavlja vrlo složene studijsko-analitičke i stručno-operativne poslove iz delokruga Grupe, a koji se odnose na: unapređenje informacionog sistema i softverskih rešenja koji se koriste u Službi za kontrolu; uvođenje, održavanje i prilagođavanje sistemskog softvera i specijalnih softverskih paketa sopstvenim aplikacijama; instaliranje i uvođenje u eksploataciju softverskih paketa za rad sa mernom opremom različitih proizvođača; formiranje i održavanje računarske mreže za povezivanje merne opreme u kontrolno-mernim centrima i na lokacijama daljinski upravljanih stanica; definisanje i kreiranje automatizovanih mernih procedura; analizu mernih rezultata i kreiranje odgovarajućih izveštaja; administriranje baze mernih rezultata i tehničkih pregleda radio-stanica; kontrolu obavljanja tehničkih pregleda radio-stanica od strane angažovanih lica; pripremu radnih procedura, testiranja i uvođenja u rad softverskih aplikacija; izradu uputstava za korišćenje programa; rad u stručnim radnim grupama i komisijama; obavlja i druge poslove po nalogu neposrednog rukovodioca iz nadležnosti organizacione jedinice u kojoj je raspoređen;
- **Savetnik – Kontrolor RF spektra**, čiji je opis poslova: obavlja složene stručno-operativne i nadzorne poslove iz delokruga Grupe, a koji se odnose na: kontrolu RF

spektra, istraživanje smetnji u etru, proveru emisionih parametara predajnika, kreiranje automatizovanih mernih procedura, merenja na terenu u cilju verifikacije propagacionih modela i provere ostvarenih servisnih zona predajnika, tekuće održavanje i interni pregled merne opreme, proveru usklađenosti stanja u etru sa podacima iz evidencije, obavlja i druge poslove po nalogu neposrednog rukovodioca iz nadležnosti organizacione jedinice u kojoj je raspoređen;

- **Saradnik – Kontrolor RF spektra**, čiji je opis poslova: obavlja stručno-operativne i operativno-tehničke poslove iz delokruga Grupe, a koji se odnose na: kontrolu RF spektra, istraživanje smetnji u etru. proveru emisionih parametara predajnika, primenu automatizovanih mernih procedura, merenja uz upotrebu opreme u fiksnim i mobilnim kontrolno-mernim stanicama, tekuće održavanje i interni pregled merne opreme, proveru usklađenosti stanja u etru sa podacima iz evidencije, obavlja i druge poslove po nalogu neposrednog rukovodioca iz nadležnosti organizacione jedinice u kojoj je raspoređen.

Tabela 4.15 – Opis postojećih radnih mesta u KMC Niš.

RADNO MESTO	NADREĐENI (ZA RADNO MESTO)	BROJ RADNIH MESTA
Koordinator KMC	Rukovodilac Službe za kontrolu	1
Glavni savetnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	1
Viši savetnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	1
Savetnik - Kontrolor RF spektra	Koordinator KMC	1
<b>Ukupno radnih mesta u KMC Niš</b>		<b>4</b>

#### 4.3.3. Postojeća kadrovska struktura u Grupi za izgradnju i održavanje u okviru RATEL-a

Kada je u pitanju izgradnja i održavanje svih sistema koje koristi Služba za kontrolu RATEL-a, ovim poslovima se u okviru RATEL-a pretežno bavi Grupa za izgradnju i održavanje, koja trenutno ima 5 zaposlenih. Ova grupa se uz druge poslove bavi izgradnjom i održavanjem celokupne mreže DUKMS, kao i mreže senzora za merenje nejonizujućeg zračenja koja se kontinualno širi (trenutno obuhvata preko sto lokacija). Grupa za izgradnju i održavanje, na osnovu smernica koje dobije od Službe za kontrolu, izvodi akviziciju lokacija za postavljanje KDUS, montažu ovih stanica i njihovo održavanje, a bavi se i održavanjem već postojeće mreže DUKMS. Imajući prethodno u vidu, u slučaju odluke o pokretanju projekta izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, treba razmotriti i potrebu za eventualnim povećanjem broja zaposlenih i u Grupi za izgradnju i održavanje RATEL-a.

#### 4.4. ANALIZA POSTOJEĆEG SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U POGLEDU ZADATAKA MONITORINGA U URBANIM SREDINAMA

Postojeći sistem za monitoring RF spektra izgrađen je u skladu sa jasno ustanovljenim i proverenim tradicionalnim (klasičnim) modelom organizacije sistema za monitoring RF spektra na nacionalnom nivou, [4-2, 4-3, 4-4]. Dostignuti nivo automatizacije procesa monitoringa RF spektra i DF merenja, kao i postojeća infrastruktura KMC i DUKMS, u sadejstvu sa postojećim, veoma dobro opremljenim mernim vozilima (MMS), i visoko

obučeni kadrom, u stanju su da odgovore na sve postavljene zadatke i obaveze Službe u domenu monitoringa i kontrole korišćenja spektra za koji je sistem i dizajniran.

Značajan razvoj i ulaganje u infrastrukturu u prethodnom periodu omogućio je da se putem postojećeg sistema za monitoring RF spektra mogu obaviti svi zadaci u pogledu detekcije, identifikacije i geolokacije različitih tipova radio-emisija srednjeg i visokog intenziteta, i to na celokupnoj teritoriji od interesa, pri čemu planirani razvoj mreže DUKMS treba da obezbedi da se pokriju trenutni manji nedostaci sistema u pogledu pokrivanja.

Ipak, kao što je to razmatrano u glavi 2, ovakav klasičan model sistema za monitoring RF spektra, u kome su KMC i DUKMS opremljene za monitoring spektra i DF merenja, kao što je to i zahtevano odgovarajućim ITU-R SM preporukama i izveštajima, smeštene su relativno daleko od gusto naseljenih urbanih sredina, pa samim tim nije prilagođen najnovijem razvoju tehnologije i primene bežičnih komunikacionih mreža. U tom smislu, najveći broj zadataka u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama trenutno mogu da izvrše gotovo isključivo mobilne merne stanice (MMS). Pri tome, ovakvo rešenje je pre svega reaktivno, a osim toga zahteva značajno angažovanje zaposlenih, vozila i merne opreme na ovim zadacima, uz značajne prateće troškove. Dodatno, ukoliko bi MMS u narednom periodu imala suviše veliko angažovanje na obavljanju stalnih zadataka u smislu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama, a posebno u domenu merenja zauzeća i iskorišćenosti RF spektra (što se ne može obaviti korišćenjem KMC i DUKMS), bili bi zapostavljeni drugi bitni zadaci za koje su ove mobilne merne stanice primarno opremane, odnosno zbog kojih su uključene u postojeći sistem. Osim toga, trenutni broj MMS u sistemu nije dovoljan, a opremanje novih MMS, kao i prijem i obuka novih zaposlenih koji bi radili sa MMS, predstavlja izuzetno veliki trošak kako u domenu kapitalnih troškova, tako i u pogledu operativnih troškova, pa se postavlja pitanje ekonomske isplativosti takvog rešenja za obavljanje poslova monitoringa RF spektra u urbanim sredinama samo primenom MMS (pogotovo u dužem vremenskom periodu, u kom se može očekivati samo porast broja zadataka kontrole korišćenja spektra u ovim sredinama).

Na osnovu dosadašnjeg razmatranja i analiza datih u ovoj Studiji, može se zaključiti da iako je postojeći sistem za monitoring RF spektra pravilno dizajniran i izgrađen, i u potpunosti u skladu sa zahtevima i pravilima razvoja sistema ovog tipa u svetu, on u najvećoj meri nije u stanju da na pravilan način odgovori na trenutne, a pogotovo na sve buduće zahteve monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Osnovni nedostaci klasičnog modela sistema za monitoring RF spektra pri primeni na monitoring RF spektra u urbanim sredinama, jasno su definisani u glavi 2, pa se stoga sve navedeno može navesti i u slučaju postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a. Iz tog razloga, biće neophodno (sada ili u veoma bliskoj budućnosti) izvršiti proširenje postojećeg sistema, kako bi se omogućilo uspešno izvršavanje zadataka u domenu monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Pri tome, treba istaći da će očekivanim daljim razvojem bežičnih tehnologija, kao i koncepta njihove primene u okviru realnih mreža i sistema, značaj uspešnog izvršenja svih zadataka u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, a pogotovo onih bitnih za omogućavanje pravilnog upravljanja spektrom (npr. merenje zauzeća i iskorišćenosti spektra sa velikom prostornom rezolucijom, tj. lokalno) biti sve veće. U tom smislu, može se zaključiti da treba što pre početi razvoj, ali i praktičnu implementaciju odgovarajućih sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

Na osnovu iskustava drugih NRA (videti glavu 3), kao i analize date u glavi 2, u ovom trenutku razvoj sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama je najpovoljnije izvesti dodavanjem posebnih mreža kompaktnijih, jeftinijih i jednostavnijih mernih stanica (KDUS), i to u samoj blizini ili unutar urbanih zona, kako bi se omogućilo izvršavanje svih trenutnih, ali još više budućih, neophodnih zadataka u domenu kontrole korišćenja RF

spektra. Usled uslova propagacionog RF okruženja u ovim sredinama, primena DF metoda za potrebe geolokacije nije uvek pogodna, npr. zbog velikog uticaja višestruke propagacije i bliskih reflektora na rad DF sistema, odnosno problema nalaženja odgovarajućih lokacija za postavljanje DF stanica usled ovoga. Osim toga, postoje i bitne tehnološke prednosti primene TDoA metoda za potrebe detekcije i geolokacije u urbanim sredinama, npr. povećanje zone pokrivanja pri detekciji i geolokaciji usled korišćenja unakrsne korelacije signala sa više stanica, manji uticaj višestruke propagacije i bliskih reflektora na uspešnost detekcije i lokalizacije u odnosu na DF metod, kao i manja cena usled primene jeftinijih antenskih sistema i mernih prijemnika. Stoga se može smatrati da na TDoA zasnovana mreža KDUS u ovom trenutku predstavlja optimalno rešenje za proširenje postojećeg sistema za monitoring RF spektra za potrebe rada u urbanim sredinama. Ovakav zaključak potvrđuje i praksa razvoja sličnih sistema u drugim državama, videti glavu 3, pri čemu su svi do sada izgrađeni sistemi ovog tipa dizajnirani na prethodno definisanom konceptu. Pri tome, mišljenja smo da, ako je to moguće (i ako to već nije urađeno), ima smisla unaprediti i postojeće DUKMS, koje se nalaze u blizini urbanih centara u kojima se razvijaju mreže KDUS, i to u smislu podrške za TDoA način rada (merenja). Većina postojeće merne opreme dozvoljava takvu intervenciju uz eventualno unapređenje softvera. Na ovaj način bi se u integrisanom sistemu za monitoring RF spektra, koji bi se sastojao od postojećeg sistema i novoizgrađenih mreža KDUS u urbanim sredinama, osim primene DF metoda geolokacije (postojeći sistem), i primene TDoA metoda za detekciju i geolokaciju izvora radio-emisija niskog intenziteta i kratkog trajanja korišćenjem novih mreža KDUS, pri združenom radu mogao primeniti i hibridni TDoA/DF metod. Ovde treba naglasiti da u sistemu već postoje MMS koje su opremljene da podrže sva tri metoda geolokacije, i da se one, ukoliko se može obezbediti kompatibilnost sa novim mrežama KDUS, već sada mogu koristiti za potrebe TDoA i hibridne TDoA/DF zasnovane detekcije i geolokacije kroz zduženi rad sa planiranim mrežama KDUS u urbanim sredinama.

Naravno, pri donošenju svih daljih odluka o izgradnji sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, treba voditi računa o značajnim troškovima izgradnje i održavanja ovih sistema, kao i o tome da sistem treba razvijati u fazama koje omogućavaju usvajanje novih rešenja i organizacije sistema, tj. da sistem treba razvijati tako da bude fleksibilan, skalabilan i da se na osnovu prethodnih faza razvoja ne ograniči primena novih tehnoloških rešenja. U ovom trenutku, kako još uvek nisu sasvim poznata sva praktična iskustva, i nije jasno definisan odnos ulaganja i dobitaka u domenu upravljanja spektrom i podrške razvoju segmenta bežičnih komunikacija, smisleno je da se u narednom periodu predvidi samo prva, početna faza razvoja ovih sistema. Ova početna faza treba da obezbedi infrastrukturu i tehničke uslove da se u narednom periodu zadovolje osnovne potrebe RATEL-a u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama. Sagledavanjem postignutih efekata, problema pri realizaciji i korišćenju ovog sistema, kao i pojavom novih tehnoloških mogućnosti i raspoložive opreme (npr. može se očekivati razvoj još jednostavnijih i jeftinijih platformi koje bi se mogle povezivati na postojeće CRFMS tj. KDUS), kasnije bi se mogla doneti dalja odluka o proširenjima i daljem razvoju ovih sistema.

**REFERENCE**

- [4-1] Pravilnik o načinu kontrole korišćenja radio-frekvencijskog spektra, obavljanja tehničkih pregleda i zaštite od štenith smetnji(“Službeni glasnik R. Srbije”, 60/11, 35/13 i 16/15), <https://www.ratel.rs/sr/page/pravilnici-koje-donosi-ratel-elektronske-komunikacije>
- [4-2] Zvaničan portal ITU, spisak ITU-R SM preporuka, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>
- [4-3] Zvaničan portal ITU, spisak ITU-REP SM izvetaja, <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM>
- [4-4] *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, ITU (*International Telecommunication Union*), 2011. godine, <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23>



## 5. PREGLED RASPOLOŽIVE MERNE OPREME I SOFTVERA

U ovoj glavi Studije prikazan je pregled stanja u pogledu raspoložive merne opreme, softvera i sistema koji su komercijalno dostupni i pogodni za realizaciju kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (KDUS ili CRFMS). Najpre je dat detaljan pregled opreme najistaknutijih proizvođača koji imaju dugogodišnje iskustvo u proizvodnji opreme i opremanju sistema za monitoring RF spektra za potrebe regulacionih tela (NRA) i drugih korisnika.

Nakon toga, data je sažeta analiza postojećeg stanja uz osnovne zaključke vezane za primenjivost prikazane opreme za realizaciju konkretnog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Republici Srbiji.

### 5.1. DETALJAN PREGLED I OPIS RASPOLOŽIVE MERNE OPREME I SOFTVERA POGODNIH ZA REALIZACIJU SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA

U okviru ovog poglavlja dat je pregled merne opreme, sistemskog softvera, i nekih zatvorenih rešenja/sistema koji bi se mogli razmotriti za primenu u realizaciju KDUS koje je moguće integrisati u mrežu mernih stanica u okviru planiranog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama. Pri tome, posebno su analizirana ponuđena rešenja šest proizvođača opreme, dok je za ostale proizvođače, čija se oprema može naći na tržištu, dat samo kratak pregled. Treba naglasiti da ponuda nekih proizvođača opreme u ovoj oblasti nije detaljno opisana iz razloga što se njihova oprema primarno koristi za potrebe opremanja vojske i drugih organizacija u domenu bezbednosti i nacionalne sigurnosti, pa za ovu opremu nisu bile javno dostupne sve potrebne informacije.

#### 5.1.1. Raspoloživa merna oprema i softver kompanije *TCI International, Inc.*

Kompanija *TCI International, Inc.* (u daljem tekstu TCI), [5-1], poseduje više od 50 godina iskustva u proizvodnji merne opreme i softvera, odnosno razvoja i realizacije zaokruženih sistema u domenu monitoringa RF spektra, radio-goniometrije (DF), sistema za geolokaciju izvora radio-emisija i SIGINT (eng. *Signal Intelligence*) sistema namenjenih za potrebe civilnih korisnika, vladinih agencija (npr. NRA) i opremanje vojske. Proizvode TCI podržava međunarodna mreža za podršku i obuku korisnika. Ova kompanija nudi i usluge u domenu dizajna i optimizacije rešenja sistema prema specifičnim zahtevima korisnika. Kvalitet proizvoda TCI u domenu monitoringa RF spektra potvrđuje gotovo 1000 do sada instaliranih sistema ovog tipa u više od 100 država.

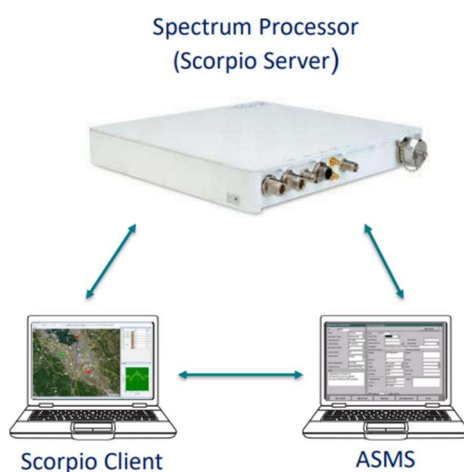
TCI u svojoj ponudi ima različita rešenja za geolokaciju, uključujući ona zasnovana na primeni DF (AoA) metoda, TDoA metoda, kao i hibridnog TDoA/DF metoda. U domenu monitoringa RF spektra TCI regulatornim agencijama nudi sisteme koji su u potpunosti usklađeni sa ITU-R preporukama i ITU-R izveštajima u domenu monitoringa RF spektra. U ponudi ove kompanije nalazi se širok skup rešenja i opcija, uključujući moderne kompaktne

sisteme za monitoring RF spektra tzv. CSMS (eng. *Compact Spectrum Monitoring Systems*) iz serije 700, koju čine TCI model 709, TCI model 720, TCI model 723, TCI model 733, TCI model 737 i TCI model 739.

Kada je u pitanju serija CSMS serije 700, dimenzije, težina i potrošnja električne energije ovih mernih sistema podržavaju formiranje fleksibilnih rešenja za potrebe realizacije fiksnih, mobilnih i prenosivih daljinski upravljanih mernih stanica za monitoring RF spektra i DF merenja, kao i geolokaciju izvora detektovanih radio-emisija. Osnovu za primenu svih CSMS iz familije 700 predstavlja TCI softverski paket *Scorpio*, koji odlikuju server/klijent model primene za potrebe daljinske kontrole i rada sa mernom opremom. Pri tome, serverska aplikacija se instalira na lokaciji merne stanice, a njoj se pristupa preko klijenta u centru za kontrolu. Osnovna primena CSMS iz serije 700 su detekcije interferencije i neautorizovanih radio-emisija, monitoring RF spektra, geolokacija izvora radio-emisija, ali i zaštita imovine od velikog značaja kao što su aerodromi, morske luke, i sl. Ponuđene CSMS serije 700 su namenjene radu u RF opsezu od 7 kHz do preko 40 GHz (zavisno od opcije).

Iako to nije eksplicitan predmet ove Studije, treba naglasiti da su rešenja TCI namenjena za monitoring RF spektra u potpunosti kompatibilna, tj. da se mogu funkcionalno integrisati, sa automatizovanim sistemom za upravljanje spektrom TCI ASMS istog proizvođača. Pri tome, TCI ASMS je, takođe, rešenje koje je u potpunosti usaglašeno sa ITU-R preporukama i izveštajima u domenu upravljanja spektrom (ITU-R SM-1370 i ITU-R SM-1537). U slučaju integracije, neko od CSMS rešenja, zasnovano na *Scorpio* serveru smeštenom u CSMS, se komunikaciono i funkcionalno povezuje sa *Scorpio* klijentom za potrebe daljinske kontrole, odnosno sa ASMS, videti sliku 5.1. Na taj način omogućava se automatizovano izvršavanje niza zadataka iz domena upravljanja spektrom korišćenjem povezanog CSMS, kao što su administracija i provera korišćenja licenci, alokacija i optimizacija RF spektra, ili smanjenje nivoa interferencije.

Konačno, treba naglasiti da TCI proizvodi i niz antenskih sistema koji se mogu ugraditi u različite sisteme za monitoring RF spektra, odnosno primeniti na odgovarajući način u kombinaciji sa mernom opremom.



Slika 5.1 – Povezivanje CSMS koji uključuje *Scorpio* server sa *Scorpio* klijentom u centru za upravljanje, odnosno sa automatskim sistemom ASMS za upravljanje spektrom.

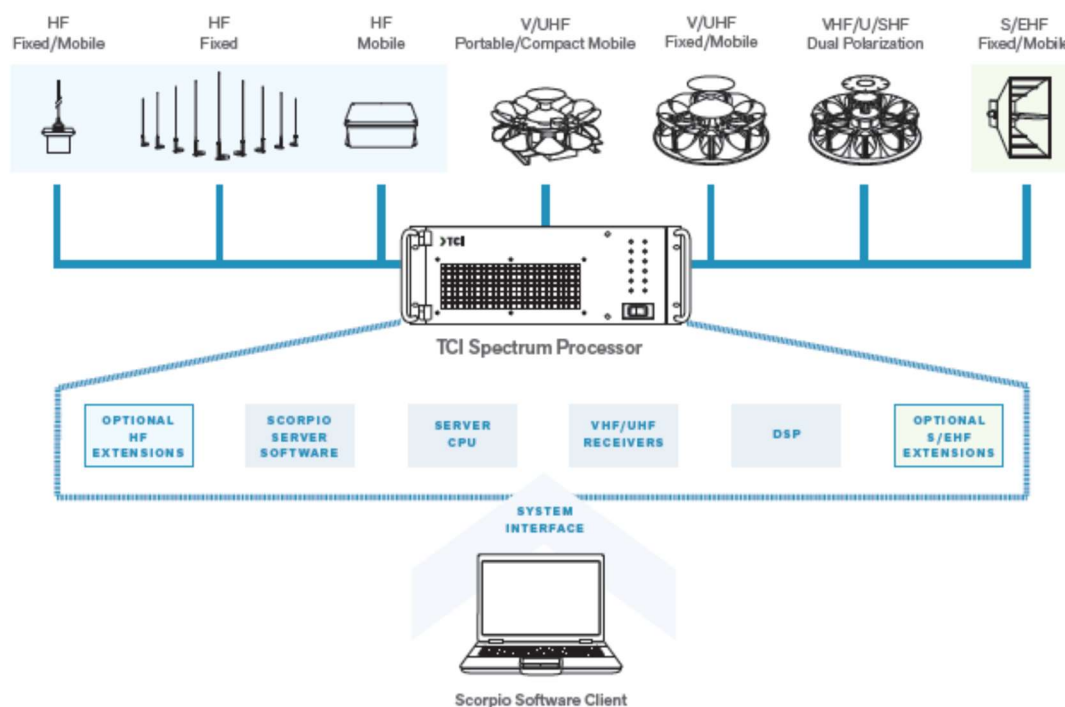
U nastavku ovog poglavlja, biće detaljnije opisani specifična merna oprema i softver proizvođača TCI, koji mogu biti od direktnog interesa za predmet Studije. U dati opis su uključeni pojedini CSMS iz TCI serije 700 (TCI model 709, TCI model 733, TCI model 737 i

TCI model 739), koji se mogu koristiti za realizaciju kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (CRFMS tj. KDUS) u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i odgovarajućih antena i antenskih sistema, odnosno softverskog paketa *Scorpio* kao osnove za primenu ove merne opreme u okviru bilo kog sistema za monitoring RF spektra.

### 5.1.1.1. Softverski paket *Scorpio* proizvođača TCI

Softverski paket za monitoring spektra *Scorpio* omogućava punu kontrolu, upravljanje i nadgledanje rada za CSMS serije 700. Pri tome, omogućeno je obavljanje kompletnog skupa merenja i analiza, kao i kreiranja izveštaja u skladu sa odgovarajućim ITU-R preporukama koje se odnose na monitoring RF spektra, kao što su merenje frekvencije, merenje jačine polja, merenje širine spektra signala i merenja parametara modulacije, odnosno DF merenja, merenja zauzeća i iskorišćenosti RF spektra, kao i automatska detekcija kršenja uslova korišćenja spektra (AVD, *Automatic Violation Detection*).

Softver se pokreće na *MS Windows OS* kompatibilnim uređajima, na bazi klijent-server arhitekture, videti sliku 5.2, pri čemu svaki *Scorpio Client* može da se poveže na više CSMS koji imaju ugrađenu *Scorpio Server* aplikaciju. Pri tome se svakom CSMS može pristupiti sa više *Scorpio Client* aplikacija.



Slika 5.2 – Prikaz modularne arhitekture kojom se obezbeđuje fleksibilnost rada.

Klijent/server arhitektura podržava fleksibilne režime rada: lokalni, udaljeni (*remote*), višekorisnički (*multi-user*), kao i rad u mreži (združeni rad više CSMS, npr. pri izvođenju TDoA detekcije i geolokacije). Podržan je rad preko različitih mreža, uključujući *Ethernet*, bežične linkove i *point-to-point* mikrotalasne linkove, čak i u slučaju kada su ovi linkovi nepouzdati i podržavaju malu brzinu prenosa. Korisnicima se nudi *user-friendly* i intuitivan korisnički interfejs čime se obezbeđuje da rezultati merenja budu nezavisni od stručnosti operatora. Na ovaj način je omogućena jednostavna primena sistema, čak i u slučaju operatora bez velikog tehničkog iskustva (rezultati merenja su nezavisni od veština operatora). Softver

omogućava eksport podataka u ASCII, XML i MS Office kompatibilne formate, a ugrađena je i podrška za rad na više jezika i sa više formata kalendara.

Podržano je izvođenje monitoringa RF spektra sa više kanala i DF merenja u RF opsegu od 9 kHz do 8.5 GHz, i to:

- monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu od 300 kHz do 30 MHz (monitoring RF spektra moguć je i u opsegu od 9 kHz do 300 kHz, ali ne i DF merenja);
- monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu od 30 MHz do 3 GHz, uz opciono proširenje na RF opseg od 3 GHz do 8/8.5 GHz.

Neke od bitnih karakteristika softverskog paketa su:

- podržano je presretanje (detekcija), merenje i lociranje izvora kako za tradicionalne signale, tako i za moderne digitalne formate signala;
- obezbeđen je prikaz signala u realnom vremenu, kroz jednostavno pokretanje procedura za merenje parametara;
- omogućeno je zadavanje redosleda (*schedule*) izvršavanja zadataka/taskova, pri čemu rezultati ostaju na ugrađenom udaljenom serveru, uz mogućnost naknadnog pristupa i preuzimanja korišćenjem *Scorpio* klijenta. Na ovaj način se omogućava raskidanje veze (ili isključenje) klijenta sa serverom tokom realizacije zadatah aktivnosti;
- *Scorpio* softverom se može upravljati interaktivno, kada se operatoru pruža kontrola nad merenjem i prikazom rezultata, ili se može koristiti i u automatskom planiranom modu rada bez učešća operatora, kada *Scorpio Server* automatski inicijalizuje i započinje rad nakon uključenja napajanja;
- zvuk demodulisan na lokaciji *Scorpio Servers*-a može se preneti do klijenta u cilju reprodukcije ili identifikacije, odnosno moguće je preneti udaljeni audio snimak (sa servera) i snimiti ga na lokalnom računaru (na lokaciji klijenta);
- podržana je geolokacija na osnovu hibridnih TDoA/DF merenja;
- obezbeđen je interfejs za BIST (eng. *Built-In-Self-Test*) servis autodijagnostike, koji se nalazi na svakom CSMS. Na ovaj način se podržava daljinsko održavanje, dijagnostika i automatska i interaktivna identifikacija i ispravljanje problema (eng. *trouble-shooting*). Na ovaj način se smanjuje potreba za održavanjem na samom sajtu CSMS (*on-site*), što u značajnoj meri smanjuje troškove eksploatacije tokom dugotrajnog rada sistema.
- podržan je rad sa različitim konfiguracijama antena (namenjenih za monitoring RF spektra ili za DF merenja);
- za RF opsege od 20 MHz do 8/8.5 GHz omogućen je izbor širine trenutnog opsega (IBW, *Instantaneous Bandwidth*) od 4 MHz ili 40 MHz, a za LF, MH i HF opsege je moguće programirati propusni opseg od 500 Hz do 40 MHz. Pri tome, propusni opseg 40 MHz omogućava brzo otkrivanje i lociranje kako tradicionalnih, tako i signala u proširenom spektru, odnosno frekvencijski agilnih signala koji se ne mogu detektovati uskopojasnim sistemom, uključujući tu i signale trajanja od samo 2 ms. Izbor trenutnog propusnog opsega vrednosti 4 MHz, obezbeđuje bolju osetljivost i podržava detekciju slabih signala u delovima RF spektra u kojima postoji značajan nivo zauzeća spektra;
- klijentska aplikacija pruža potpunu komandu i kontrolu nad monitoringom RF spektra i DF merenjima, koja se izvode u potpunosti u skladu sa ITU-R preporukama i ITU *Spectrum Monitoring Handbook* iz 2011. godine;
- podržana su DF merenja i geolokacija signala od interesa visokog kvaliteta. Pri tome, podržana je geolokacija putem triangulacije i kombinovanja rezultata AoA/DF merenja

sa više stanica u cilju određivanja lokacije predajnika. U slučaju mobilne stanice (čija se pozicija određuje putem GPS) mogu se kombinovati sukcesivna DF merenja i na taj način izvršiti tzv. *homing* geolokacija. Geolokacija na bazi DF/AoA metoda se može istovremeno izvoditi za više signala od interesa. Dodatno, podržana je geolokacija korišćenjem TDoA metoda, kao i hibridni TDoA/DF metod za geolokaciju.

- podržani su detekcija i DF merenja širokopojasnih signala, kao i zadavanje automatskog skeniranja frekvencija;
- napredni CSMS, kao što su TCI model 709 i TCI model 739, podržavaju brza i efikasna merenja u RF spektru, koja generišu veliku količinu podataka tzv. BigData. Rezultati nadgledanja se mogu vizuelizovati, odnosno mogu se obezbediti dodatne analize koje se odnose na to da li postoje slobodni delovi spektra, tzv. „white space“, na to da li korisnici poseduju licencu, odnosno da li je detektovana interferencija;
- podržana je opcija vektorske analize signala, pri čemu *Scorpio Server* snima IQ odbirke, a analiza se obavlja u potpunosti u skladu sa ITU-R SM 1600.

### 5.1.1.2. Kompaktni sistemi za monitoring RF spektra proizvođača TCI

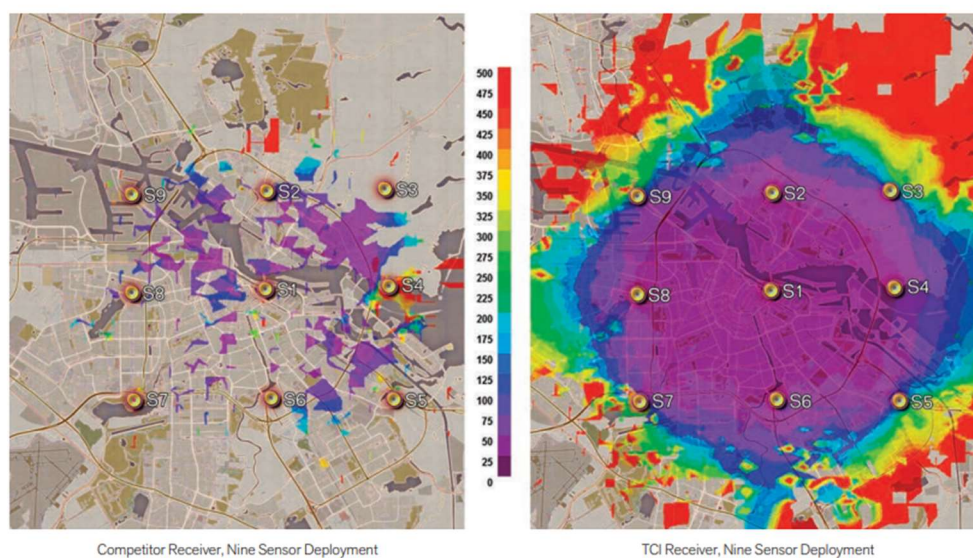
U ovom delu će biti sažeto opisani CSMS serije 700 proizvođača TCI, koji su od interesa za realizaciju fiksnih, prenosnih ili mobilnih kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica pri razvoju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, i to: TCI model 709, TCI model 739, TCI model 733 i TCI model 737.

Svi pomenuti sistemi spadaju u najnoviju generaciju sistema za monitoring RF spektra (uključujući i DF merenja za neke od njih). Odnosno, namenjeni su za detekciju i geolokaciju izvora signala od interesa, u cilju alokacije i optimizacije spektra, smanjenja interferencije, podrške javnoj bezbednosti, kao obavljanja zadataka u funkciji nacionalne bezbednosti. Sva merenja i druge funkcije mernih uređaja TCI serije 700 su u potpunosti usklađene sa ITU-R SM preporukama, budući da se svi baziraju na potvrđenoj seriji 700. Sve ove CSMS module karakterišu male dimenzije i težina, odnosno mala potrošnja električne energije (SWaP). To omogućava njihovu primenu za realizaciju kompaktnih fiksnih, prenosivih i mobilnih daljinski upravljanih mernih stanica. Ugrađene mogućnosti umrežavanja daju osnovu da se CSMS serije 700 koriste u okviru modularnih i skalabilnih mreža za monitoring RF spektra, čiji se rad kontroliše iz jednog operativnog centra. Mala potrošnja električne energije čini ih praktičnim za primene u kojima se zahteva istovremeni rad više jedinica, kao i snabdevanje iz različitih izvora energije.

Svi CSMS iz serije 700 međusobno su kompatibilni i ne zahtevaju kalibraciju na terenu (eng. *field calibration*). Sve ih pokreće softver za monitoring RF spektra *Scorpio* koji je jednostavan za upotrebu i koji obezbeđuje BIST testove, čime se omogućava smanjenje zahteva u pogledu troškova održavanja i obuke. Na osnovu svega navedenog, jasno je da primenu ovih uređaja karakterišu mali troškovi nabavke i instalacije, odnosno smanjeni operativni troškovi u pogledu zakupa lokacije, zakupa linkova i potrošnje električne energije.

Kako se svi CSMS serije 700 baziraju na prijemnicima istih tehničkih karakteritika, koje karakteriše visoka osetljivost i ukupne performanse, pri formiranju mreža za monitoring RF spektra korišćenjem ovih sistema zahteva se manji broj stanica za pokrivanje iste teritorije. Kao ilustracija na slici 5.3, dato je poređenje efektivnog pokrivanja ostvarenog sa 9 CSMS serije 700 (desno) i 9 uređaja drugog proizvođača (levo), na osnovu koje se može zaključiti da se u slučaju CSMS serije 700, isto pokrivanje može postići sa duplo manjim brojem stanica.

Svi CSMS serije 700 omogućavaju automatsko izvođenje monitoringa RF signala, kao i definisanje višestrukih RF opsega koje treba skenirati, kao i izbor načina i trajanja procesa skeniranja. Na taj način se omogućava detekcija i lokalizacija nestalnih (tj. povremenih i aperiodičnih) izvora interferencije, pri čemu softverski paket *Scorpio* podržava brzi proces diferencijacije neophodan za razdvajanje validnih signala i interferencije. Sve navedeno čini CSMS pogodnim za primene u oblasti nacionalne bezbednosti, zaštite imovine, obezbeđivanja javnih događaja, detekciju interferencije na frekvencijama namenjenim radu vazduhoplovne službe, kao i merenjima za verifikaciju licence u skladu sa ITU preporukama.



Slika 5.3 – Poređenje efektivnog pokrivanja u domenu geolokacije ostvarenog sa 9 CSMS serije 700 (desno) i 9 mernih stanica drugog proizvođača u urbanoj sredini.

Svi SCMS serije 700 podržavaju merenja zauzetosti spektra, koja se izvode u skladu sa ITU *Spectrum Monitoring Handbook* iz 2011. godine i tačnošću definisanom u ITU-R SM 1880, a u cilju podrške nadgledanja korišćenja RF spektra, lociranja interferencije, analiza za potrebe identifikacije šeme saobraćaja i za potrebe izvođenja aktivnosti na oslobađanju opsega učestanosti. Podržano je više načina za merenje zauzeća spektra. Osim toga, CSMS podržavaju merenja učestanosti, jačine polja, zauzeća opsega, modulacije, DF merenja, kao i AVD testove, i to u potpunosti u skladu sa ITU *Spectrum Monitoring Handbook* iz 2011. godine i odgovorajućim ITU-R SM preporukama.

Konačno, svi CSMS serije 700 posebno su razvijani da podrže geolokaciju korišćenjem TDoA metoda, i to putem korišćenja GPS prijemnika u cilju visoke preciznosti i vremenske sinhronizacije merenja (reda *ns*), koja se zahteva za potrebe lociranja izvora signala od interesa u okruženju u kome postoji veliki broj predajnika i visok nivo interferencije. Osim toga, fleksibilna arhitektura CSMS omogućava da se stanice umrežavaju u postojeće TDoA i hibridne TDoA/DF mreže za monitoring RF spektra i lokalizaciju izvora radio-emisija.

### **TCI model 709 i TCI model 739**

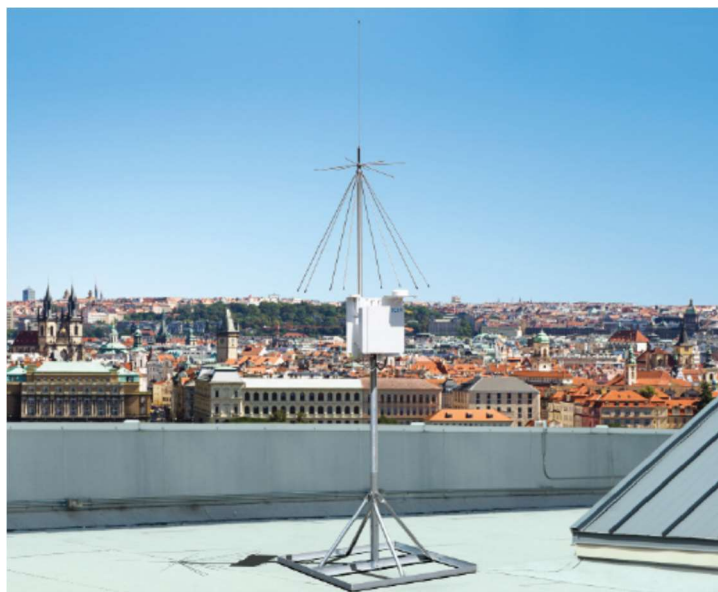
Kompaktan sistem za monitoring RF spektra (CSMS) TCI model 709 poseduje sve prethodno navedene dobre osobine CSMS serije 700, pri čemu je izgled osnovnog modula prikazan na slici 5.4, a izgled operativne CRFMS na bazi TCI model 709 na slici 5.5.

TCI model 709 omogućava monitoring i merenja signala u potpunosti u skladu sa ITU-R SM preporukama u RF opsegu od 9 kHz do 8.5 GHz, kao i geolokaciju korišćenjem TDoA metoda u RF opsegu od 20 MHz do 8.5 GHz. Osim geolokacije korišćenjem osnovnog TDoA

etoda u okviru TDoA mreža, podržava i rad u hibridnim mrežama za geolokaciju primenom hibridnog DF/TDoA metoda.



Slika 5.4 – Izgled osnovnog modula TCI model 709.



Slika 5.5 – Izgled operativne CRFMS na bazi primene TCI model 709.

Operativan rad TCI model 709, osim onih karakteristika koje su navedene kao svojstvene svim CSMS serije 700, karakteriše:

- podržava 24/7 autonomno daljinsko izvođenje procesa monitoringa RF spektra u realnom vremenu, kao i mogućnost efikasnog rada preko mreža sa niskim propusnim opsegom (tj. protocima podataka);
- podržava mogućnost automatskog zakazivanja zadataka monitoringa, pri čemu može da se definiše više RF opsega za skeniranje, i da se izabere trajanje procesa skeniranja;
- podržava rad sa više korisnika i izvršavanje istovremenih zadataka;
- odlikuje ga robustno IP67 kućište što ga čini pogodnom za *outdoor* primene;
- podržava potpunu interoperabilnost sa ostalim CSMS iz serije 700.

Dodante bitne tehničke karakteristike za TCI model 709, osim onih navedenih za sve CSMS serije 700, su:

- podržava rad sa dve vrednosti IBW 10 MHz i 80 MHz, a u cilju podrške visokih vrednosti brzine skeniranja (veća vrednost IBW), ali i većeg dinamičkog opsega (manja vrednost IBW koja omogućava rad sa nižim nivoom šuma i povećava osetljivost za signale niskog nivoa);
- podržan je rad sa promenljivom širinom mernog opsega od 100 Hz do 80 MHz;

- jednostavan rad korišćenjem klijent/server arhitekture, pri čemu ugrađene mogućnosti umrežavanja omogućavaju izgradnju modularnih i skalabilnih mreža za monitoring, koje su kontrolisane iz jednog ili više operativnih centara;
- podržano je snimanje odbiraka signala u I/Q formatu;
- postoje 3 RF ulaza;
- podržana je interna automatska kontrola pojačanja, kao i manuelna kontrola pojačanja;
- podržana je komunikacija putem LAN interfejsa sa 3<sup>rd</sup> party računarima i *Scorpio* klijentom za potrebe daljinske kontrole izvođenja postupka monitoringa RF spektra i razmene rezultata merenja;
- kreiranjem spektralnih i geografskih maski može se obezbediti autonomni monitoring signala od interesa i automatsko aktiviranje alarma;
- karakterišu ga velika osetljivost i visoka rezolucija, čime se omogućava detekcija veoma slabih signala, sa visokom rezolucijom, i to u RF okruženjima sa puno signala.

Osnovna razlika TCI model 739 u odnosu na TCI model 709 sastoji se u tome da je za ovaj CSMS iz serije 700, dodatno podržano DF merenje, opcija za geolokaciju na osnovu DF metoda, kao i primena hibridnog TDoA/DF metoda, i to sve u RF opsegu od 20 MHz do 8.5 GHz. Ostale osnovne operativne i tehničke karakteristike su iste.

U tabeli 5.1, date su generalne tehničke karakteristike prijemnika, a u tabeli 5.2 fizičke karakteristike, koje su validne za sve CSMS serije 700.

Tabela 5.1 - Generalne karakteristike prijemnika u okviru CSMS TCI serije 700.

Parametar	Vrednost
Frekvijski opseg	20 MHz do 8.5 GHz (sa opcijom do 9 kHz)
IBW ( <i>Instantaneous Bandwidth</i> )	10/80 MHz
Širina spektra na međufrekvenciji - IF <i>Bandwidth</i> (IF BW)	<b>Do 30 MHz:</b> 0.1 kHz, 0.3 kHz, 0.5 kHz, 1 kHz, 3 kHz, 5 kHz, 6 kHz, 9 kHz, 10 kHz, 20 kHz, 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 200 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2.5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz i 30MHz <b>Iznad 30 MHz:</b> 1 kHz, 3 kHz, 5 kHz, 6.25 kHz, 7.5 kHz, 8.3 kHz, 12.5 kHz, 15 kHz, 20 kHz, 25 kHz, 30 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 200 kHz, 300 kHz, 400 kHz, 600 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 3 MHz, 4 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, 9 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 25 MHz, 40 MHz i 80 MHz
Faktor šuma prijemnika	<b>2 MHz do 30 MHz:</b> 12 dB tipično <b>20 MHz do 3 GHz:</b> 8 dB tipično <b>3 GHz do 6 GHz:</b> 12 dB tipično
Input 3 <sup>rd</sup> Order Intercept Point (TOPI) ( <i>out-of-band</i> )	15 dBm tipično za urbani režim 30 dBm tipično za zagušeni ( <i>congestion</i> ) režim
Tačnost podešavanja frekvencije	< 0.001 ppm
Frekvijska stabilnost	< $1 \times 10^{-9}$ (sinhronizacija na osnovu GPS)
LO fazni šum	-110 dBc/Hz @ 10 kHz offset, tipično
Ulazna impedansa	50 $\Omega$
Opseg merenja nivoa signala	-20 dB $\mu$ V do 120 dB $\mu$ V (BW = 1 Hz)
Tačnost merenja nivoa signala	$\pm 1.5$ dB
AGC ( <i>Automatic Gain Control</i> )	ostvaren primenom ugrađenih promenljivih atenuatora i pojačavača
Rezolucija podešavanja frekvencije	1 Hz
Brzina zadavanja frekvencije	1 ms tipično
Opseg kontrole pojačanja	> 120 dB
Brzina skeniranja kanala	$\geq 10$ GHz/s
Modovi detekcije	Demodulacija: AM, FM, CW, LSB, USB sa DSP, Pulse, I/Q



Parametar	Vrednost
A/D rezolucija	16 bitna
Digitalni interfejs ka <i>Scorpio Client</i>	1 GbE LAN, RJ45
Osetljivost za FM	-116 dBm (IF BW = 6 kHz, S/N = 12 dB, fmod = 1kHz, dev= 6 kHz)
Osetljivost za AM	-116 dBm (IF BW = 6 kHz, S/N = 12 dB, fmod = 1kHz, m = 0.5)
Osetljivost za SSB	-126 dBm (IF BW = 2.4 kHz, S/N = 12 dB, Δf = 1kHz)
Osetljivost za CW	-124 dBm (IF BW = 600 Hz, S/N = 12 dB)
<i>Time Stamping</i> - tačnost	50 ns, tipično
Preselekcija	12 preselektora (CSMS radio je veoma linearan)
Specifikacija mernog prijemnika	u skladu sa odeljkom 3.3.5 ITU SM Handbook
GPS	u skladu sa odeljkom 6.1 ITU SM Handbook
Mape	u skladu sa odeljkom 6.2 ITU SM Handbook
Razvojni / Softverski interfejs	dostupan standardni API
Audio i monitoring izlazi	Digitalni audio IF, audio izlaza računara, spoljni IF monitora
Kapacitet interne memorije	32 GB SD

Tabela 5.2 – Opšte fizičke specifikacije CSMS TCI serije 700.

Dimenzije	30.5 cm (12 in.) W x 26.7 cm (10.5 in.) D x 5 cm (2 in.) H
IP zaštitni nivo	IP67
Ulazni napon	12 – 16 V DC
Snaga	27 W, tipično
Težina	4.5 kg (10 lbs.)
Operativna temperatura	-30 do +55°C
Relativna vlažnost	5 do 95%
Nadmorska visina	do 3048,00 m
Mrežni interfejs	Gigabit Ethernet (opciono 2G, 3G i 4G modemi)

U tabeli 5.3, date su karakteristike za TCI model 709 i TCI model 739 kao CSMS serije 700 u pogledu podržanih merenja i funkcionalnosti vezanih za monitoring RF spektra, odnosno pregled skupa antena proizvođača TCI koje su podržane u radu sa ovim CSMS.

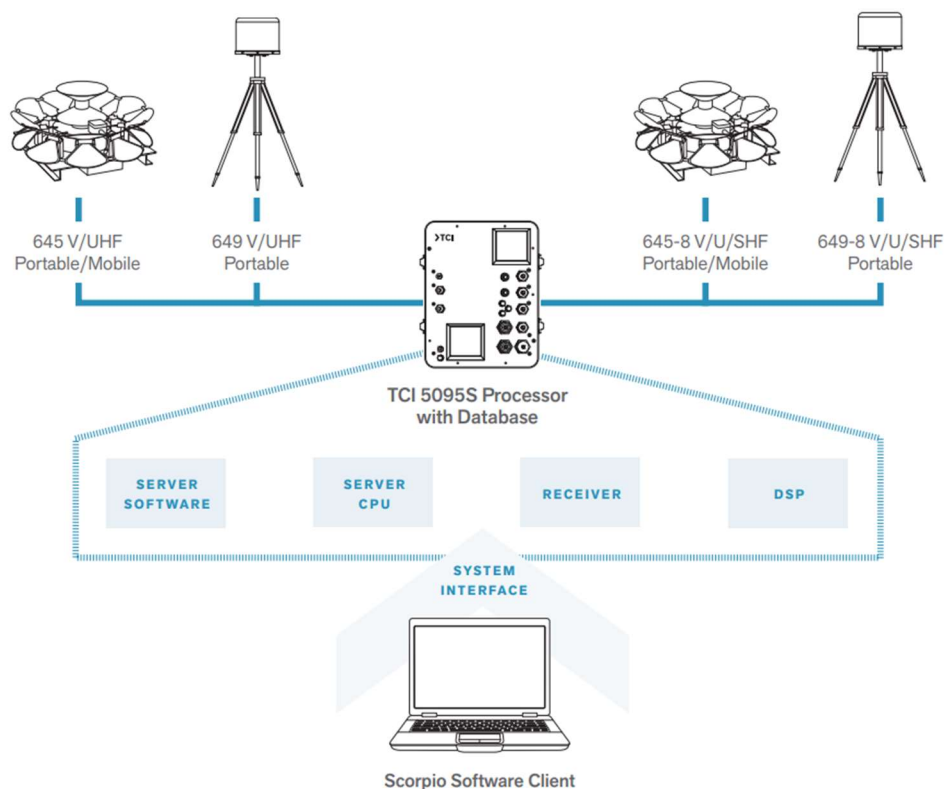
Tabela 5.3 – Podržana merenja, funkcionalnosti i antene za TCI model 709 i TCI model 739

	Model CSMS serije 700	TCI model 709	TCI model 739
DF	Metod merenja	-	Po ITU.R SM 854
	RF opseg	-	Zavisi od karakteristika prijemnika
	Klasifikacija goniometra	-	Klasa B (po ITU-R SM 854)
	Broj prijemnika	-	u skladu sa 3.4.4 <i>ITU SM Handbook</i>
	Osetljivost	-	Zavisi od antene
	Preciznost DF	-	0.1°RMS (tačnost instrumenta) 1°RMS ( <i>scatter-free</i> okruženje) 2 RMS (tipično)
	Minimalno trajanja signala	-	1 ms
	Modulacija	-	Sve
Merenja i funkcije	BIST	<i>Bilt-In-Self-Test</i>	
	ITU merenja	Merenje širine spektra (opsega) po ITU-R SM 443	
		Merenje frekvencije po ITU-R SM 377	
		Merenje modulacije po ITU-R SM 328 (β% i X.dB metodi)	
		Merenje nivoa polja po ITU-R SM 378	
	DF merenja po ITU-R SM 854		

	Model CSMS serije 700	TCI model 709	TCI model 739
	I&Q izlaz <i>time stamped</i> za TDoA	TDoA merenja	
	Zauzetost spektra (f1-f2 i kanal) uz prikaz spektra	Merenje zauzetosti spektra po ITU-R SM 1880	
	Analiza analog. i digitalnih signala	Identifikacija i merenje dig. signala po ITU-R SM 1600	
Antene	TCI 640 DSC, TCI 640-8 TCI 640H, TCI 7031	TCI Model 643, TCI Model 641, TCI Model 645-8 TCI Model 649-8, TCI Model 647, TCI Model 632 TCI Model 7235 i TCI Model 7031	

### TCI model 733

Kompaktan sistem za monitoring RF spektra (CSMS) TCI model 733, poseduje sve prethodno navedene dobre osobine CSMS serije 700, pri čemu je modularna arhitektura ovog sistema prikazana na slici 5.6. TCI model 733 omogućava monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu od 20 MHz do 8 GHz. Predstavlja ultra-kompaktan sistem koji se sastoji od procesora, DF antene koja pokriva ceo radni opseg učestanosti, i *Scorpio Server* softvera. Ovaj model iz serije 700 predstavlja dobar izbor za slučaj kada je potrebno realizovati fiksne, mobilne, transportabilne ili prenosive merne stanice.



Slika 5.6 – Modularna arhitektura sistema TCI model 733.

TCI model 733 je u potpunosti interoperabilan sa ostalim CSMS iz serije 700, pri čemu optimizovan dizajn ovog CSMS koristi višekanalnu širokopojasnu arhitekturu kako bi se obezbedila brza i tačna merenja signala u složenom EM okruženju. Izuzetno tačna merenja i DF performanse postižu se istovremenom DSP analizom signala sa širokopojasnih prijemnika koji su povezani na eksternu DF antenu. U ovom modelu je podržana geolokacija na osnovu hibridnog metoda geolokacije, pri čemu se kombinuju DF (AoA) i/ili TDoA merenja. U radu

CSMS se koristi IBW širine 40 MHz, što omogućava održavanje velikog dinamičkog opsega, pri čemu je ponuđen širok izbor širine mernog opsega (IF BW) od 500 Hz do 40 MHz. U radu se koriste širokopolasni prijemnici sa dualnim IF opsegom (bira se jedan), čime se obezbeđuju velike brzine skeniranja spektra (za širi IBW opseg) i veliki dinamički opseg (za užu IBW opseg). Kao i kod drugih CSMS iz serije 700 u potpunosti su integrisane funkcionalnosti BIST i samokalibracija (eng. *self-calibration*).

Sva merenja sa TCI model 733 su u potpunosti usklađena sa ITU-R preporukama, kao što je navedeno u ITU *Spectrum Monitoring Handbook* iz 2011. godine. Prenosivi TCI model 733 isporučuje se sa integrisanim baterijama od 12 V DC koje omogućavaju autonomiju rada do četiri sata. Sistem prijavljuje nivo napunjenosti baterije i daje zvučno, ali i vizuelno upozorenje kada se baterija isprazni. Postoji mogućnost prebacivanja između različitih izvora napajanja bez ponovnog pokretanja ili ometanja aktivnih radnji stanice.

U slučaju primene u okviru MMS, vozilo može biti opremljeno sa TCI model 649 ili TCI model 645M antenom montiranom na krovu, slika 5.7. Merni uređaj (stanica) postavlja se u vozilo i povezuje sa antenom montiranom na krovu vozila, pri čemu je rad moguć na osnovu korišćenja interne baterije ili uređaj može da se poveže na 12 V DC napajanje iz vozila. U ovakvoj konfiguraciji, operator može da obavlja pretragu, monitoring, *homing* i/ili DF merenja signala od interesa, i to svedeno da li je vozilo stacionarno ili u pokretu. Kada se CSMS koristi u mobilnim ili prenosnim konfiguracijama, stanice u cilju geolokacije mogu biti komunikaciono povezane u realnom vremenu ili se može obavljati naknadna geolokacija (korišćenjem DF i/ili TDOA metoda). Pri tome, svaka stanica može zahtevati dostavljanje *Line of Bearing* (LoB) i/ili TDoA podatke od drugih umreženih stanica, a u cilju određivanja tražene lokacije.



Slika 5.7 – Izgled mobilne merne stanice formirane na osnovu TCI model 733.

U slučaju nepristupačnih lokacija, TCI model 733 se može odvojiti od vozila i preneti na željenu lokaciju, videti sliku 5.8. U prenosivoj konfiguraciji stanica koristi laganu TCI model 649 antenu koja se postavlja na *carbon-fiber* tripod i napaja iz interne baterije ili iz eksternog baterijskog napajanja. U ovoj konfiguraciji stanice mogu se sprovesti pretraživanje spektra, monitoring RF spektra i DF merenja. Ako je stanica umrežena, tada se od drugih stanica mogu zatražiti informacije o LoB i/ili TDoA podaci u cilju određivanja geolokacije izvora željenog signala. Pri tome, kada su dva ili više CSMS umrežena, DF i LoB merenja se mogu iskoristiti za triangulaciju u cilju određivanja lokacije emitera. Kada je jedan sistem instaliran

u okviru vozila, LoB podaci dobijeni putem DF merenja ostvarenim na različitim lokacijama omogućuju određivanje željene lokacije. Omogućen je potpuno automatizovan rad.

Ovaj CSMS omogućava snimanje signala u I/Q formatu, kao i naknadnu analizu ovako snimljenih podataka. Korišćenjem velike brzine skeniranja može se izvršiti presretanje promenljivih i nestalnih radio signala.



Slika 5.8 – Izgled prenosne merne stanice formirane uz primenu TCI model 733.

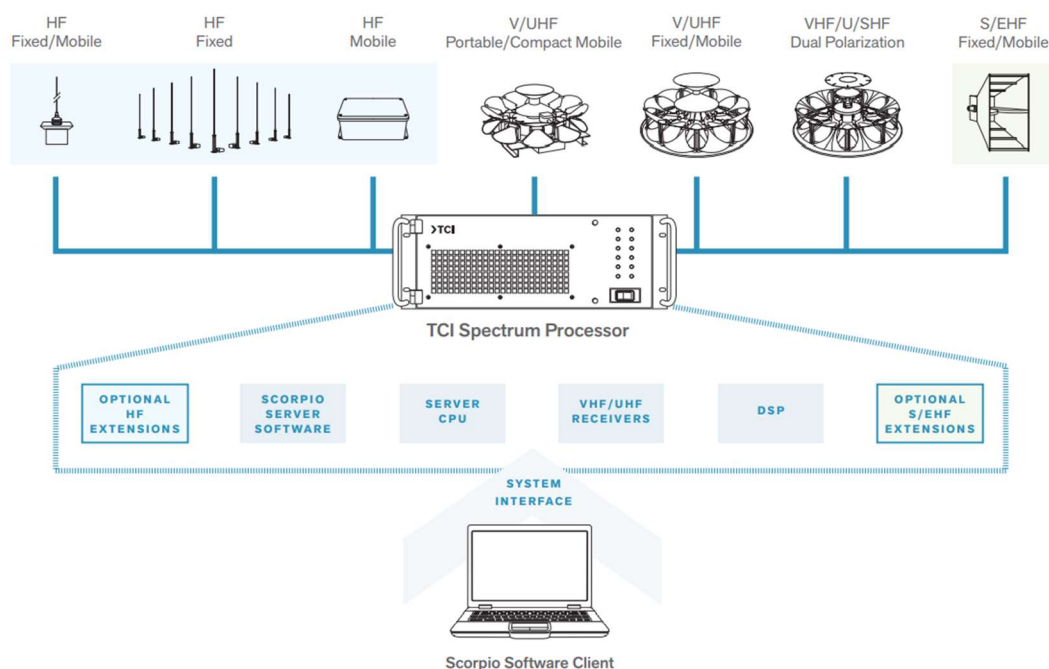
Generalne karakteristike prijemnika su date u tabeli 5.1, dok su u tabeli 5.4 date karakteristike po pitanju podržanih merenja i funkcionalnosti, kao i pregled antena koje su predviđene za rad sa ovim CSMS iz serije 700.

Tabela 5.4 – Podržana merenja, funkcionalnosti i antene za TCI model 733.

Model CSMS serije 700		TCI model 733
DF	Metod merenja	Po ITU-R SM 854
	Preciznost DF	0.1°RMS (tačnost instrumenta) 1°RMS ( <i>scatter-free</i> okruženje) 2 RMS (tipično)
	DR rezolucija	0.1 RMS
	DF metod	Višekanalni – korelacioni interferometar
Merenja i funkcije	BIST	<i>Bilt-In-Self-Test</i>
	ITU merenja	Merenje BW po ITU-R SM 443
		Merenje frekvencije po ITU-R SM 377
		Merenje modulacije po ITU-R SM 328
		Merenje nivoa polja po ITU-R SM 378
	DF merenja po ITU-R SM 854	
Merenje zauzetosti spektra	Merni metod	Merenje nivoa polja po ITU-R SM 1880
	Širina kanala	6.25 kHz do 600 kHz (bira se)
	Brzina merenja kanala	Promenjliva - zavisi od širine kanala
	Zapis karaktersitika signala	Jačina signala, procenat zauzeća, dužina poruke, procenat zauzetosti vs. vreme dana
Antene	TCI model 645, TCI model 649, TCI model 645-8, TCI model 649-8	

### TCI model 737

Kompaktan sistem za monitoring RF spektra (CSMS) TCI model 737, dat na slici 5.9, poseduje sve ranije navedene dobre osobine CSMS serije 700, sa modularnom arhitekturom. TCI model 737 ima najviše performanse od svih CSMS serije 700, i podržava sveobuhvatan monitoring RF spektra i DF merenja koja su potpunosti u skladu sa ITU-R SM preporukama navedenim u ITU *Spectrum Monitoring Handbook* iz 2011. godine, ili ih čak i prevazilazi za merenje frekvencije, jačine polja, zauzetosti opsega i modulacije, odnosno DF merenja, merenje zauzeće spektra i automatsku detekciju nepravilnosti (AVD). AVD je alatka *Scorpio* softvera koja omogućava proveravanje usklađenosti licenciranih emitera i otkriva nelicenciran rad, pri čemu se AVD merenja mogu vršiti na jednoj frekvenciji ili u opsegu frekvencija koje odredi operater. Stanica TCI model 737 predstavlja kompaktan sistem koji se sastoji od procesora spektra, skupa monitoring i DF antena koje pokrivaju ceo radni opseg učestanosti, kao i softver *Scorpio Server*. Robusna konstrukcija čini TCI model 737 idealnim za formiranje mobilnih i transportabilnih mernih stanica, ali i za rad na fiksnim lokacijama u slučaju nepouzdanog napajanja električnom energijom. Na slici 5.10, prikazan je primer mobilne stanice opremljene sa sistemom TCI model 737.



Slika 5.9 – Modularna arhitektura TCI model 737.

TCI model 737 omogućava monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu od 9 kHz do 3 GHz, sa mogućnošću proširenja na opseg do 50 GHz, uz izbor širine mernog opsega (od 500 Hz do 40 MHz), i korišćenje širokopoljnih prijemnika sa izborom jednog od dve širine IF opsega (IF BW). Uži IF BW omogućava maksimalni dinamički opseg koji je pogodan za merenje signala niskog intenziteta i/ili u zagušenim RF okruženjima, a širi IF BW omogućava detekciju signala kratkog trajanja, kao i širokopoljnih signala, odnosno izvođenje brzih i preciznih merenja u složenim RF okruženjima.

*Scorpio* softver obezbeđuje širok spektar mogućnosti za pronalaženje, identifikaciju i snimanje specifičnih emitera, kao što su nelicencirane piratske stanice ili izvori interferencije. Pri tome, mogu se uključiti alati za DF merenja u cilju lociranja zelenog predajnika koristeći umrežene fiksne i mobilne stanice. Podržava TDoA merenja i hibridnu geolokaciju na osnovu kombinacije DF (AoA) i/ili TDoA merenja. Kada se koriste dva ili više umrežena sistema,

triangulacijom se može odrediti lokacija željenog predajnika, odnosno isto se postiže kada je u vozilu instaliran jedan sistem, ali se koriste rezultati merenja dobijeni na različitim lokacijama vozila (određenih primenom GPS), koji se kombinuju da bi se odredila željena lokacija.



Slika 5.10 – Izgled mobilne merne stanice uz primenu TCI model 737.

Softver *Scorpio* podržava interaktivno upravljanje, pri čemu operator ima kontrolu nad merenjima i prikazima rezultata, ali i potpuno automatski režim rada bez učešća operatera. *Scorpio* klijent ima mogućnost da rezerviše vremenski slot na izabranom *Scorpio Server*-u u cilju vršenja zahtevanih merenja. Jedan *Scorpio Server* ima mogućnost da obradi zahteve sa više *Scorpio* klijenata, omogućavajući pri tome prikupljanje podataka iz više različitih sistema na različitim lokacijama.

CSMS omogućava snimanje signala u I/Q formatu kao i naknadnu analizu. Korišćenjem velike brzine skeniranja može se izvršiti presretanje promenljivih i nestabilnih radio signala. Opciono se može ugraditi displej na prednjem panelu.

Generalne karakteristike prijemnika su date u tabeli 5.1, dok su u tabeli 5.5 date karakteristike po pitanju podržanih merenja i funkcionalnosti, kao i pregled antena koje su predviđene za rad sa ovom CSMS iz serije 700.

Tabela 5.5 – Podržana merenja, funkcionalnosti i antene za TCI model 737

Model CSMS serije 700		TCI model 733
DF	Metod merenja	Po ITU-R SM 854
	Preciznost DF	0.1°RMS (tačnost instrumenta) 1°RMS ( <i>scatter-free</i> okruženje) 2 RMS (tipično)
	DR rezolucija	0.1 RMS
	DF metod	Višekanalni – korelacioni interferometar Opciono HF interferometar ili Watson-Watt (10°RMS)

Model CSMS serije 700		TCI model 733
Merenja i funkcije	BIST	<i>Bilt-In-Self-Test</i>
	ITU merenja	Merenje BW po ITU-R SM 443
		Merenje frekvencije po ITU-R SM 377
		Merenje modulacije po ITU-R SM 328
		Merenje nivoa polja po ITU-R SM 378
	DF merenja po ITU-R SM 854	
Merenje zauzetosti spektra	Merni metod	Merenje nivoa polja po ITU-R SM 1880
	Širina kanala	6.25 kHz do 600 kHz (bira se)
	Brzina merenja kanala	Promenjliva - zavisi od širine kanala
	Zapis karaktersitika signala	Jačina signala, procenat zauzeća, dužina poruke, procenat zauzetosti vs. vreme dana
Antene	TCI model 645, TCI model 649, TCI model 645-8, TCI model 649-8	

### 5.1.1.3. Antene i antenski sistemi proizvođača TCI

Ovde će biti prikazane samo neke od antena koje TCI nudi za rad sa CSMS serijom 700.

#### Antena TCI model 640H

Antena TCI model 640H je dualno polarizovana monitoring antena namenjena radu u VHF/UHF/SHF opsezima za CSMS serije 700. Obezbeđuje pokrivenost RF opsega od 20 MHz do 6 GHz za prijem signala vertikalne polarizacije, odnosno u RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz za prijem signala sa horizontalnom polarizacijom. Antena je pasivna i ne zahteva tjunere, pa nisu potrebne komponente za napajanje unutar antene.

Na slici 5.11 prikazan je izgled ove antene, a u tabeli 5.6 date su tehničke specifikacije.



Slika 5.11 – Izgled monitoring antene TCI model 640H VHF/UHF/SHF primenjene u fiksnoj konfiguraciji monitoring antene

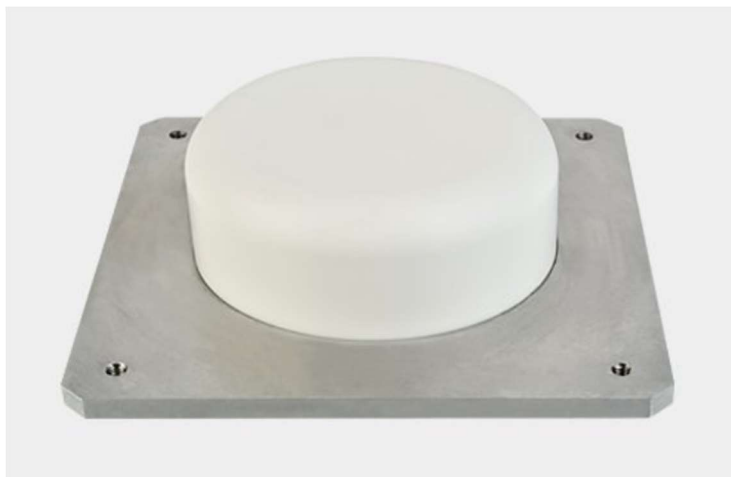
Tabela 5.6 – Tehničke specifikacije TCI model 640H VHF/UHF/SHF monitoring antene.

Parametar	Vrednost		
Radni opseg učestanosti	20 MHz – 6 GHz (vertikalna polarizacija) 20 MHz – 3 GHz (horizontalna polarizacija)		
Tipovi antenskih elemenata	Jedan omnidirekcioni VHF/UHF/SHF bikon (vertikalna polarizacija) Jedna omnidirekciona <i>shunt-fed</i> VHF antena (vertikalna polarizacija) Jedna omnidirekciona <i>slot</i> VHF/UHF antena (horizontalna polarizacija) Jedna omnidirekciona VHF horizontalna petlja (horizontalna polarizacija)		
Četiri RF izlaza	Vertical Low Band: N-Type Vertical High Band: SMA Horizontal Low Band: TNC Horizontal High Band: SMA		
Dimenzije	Visina 242.3 cm (95.4 in.) x 28 cm (11 in.) prečnik		
Težina	8 kg (18 lbs.)		
Parametri okruženja	Operativna temperatura: -25° to +65°		
Učestanost	Osetljivost za vertikalnu polarizaciju	Učestanost	Osetljivost za horizontalnu polarizaciju
20 MHz	-33 dB $\mu$ V/m	20 MHz	10 dB $\mu$ V/m
100 MHz	-28 dB $\mu$ V/m	100 MHz	19 dB $\mu$ V/m
200 MHz	-23 dB $\mu$ V/m	200 MHz	-4 dB $\mu$ V/m
500 MHz	-15 dB $\mu$ V/m	500 MHz	-3 dB $\mu$ V/m
1 GHz	-10 dB $\mu$ V/m	1 GHz	7 dB $\mu$ V/m
2.5 GHz	-3 dB $\mu$ V/m	2 GHz	17 dB $\mu$ V/m
3.5 GHz	-1 dB $\mu$ V/m	3 GHz	12 dB $\mu$ V/m
5 GHz	2 dB $\mu$ V/m		
6 GHz	4 dB $\mu$ V/m		

### **Antena TCI model 640-8**

Antena TCI model 640-8 je vertikalno polarizovana monitoring antena namenjena za rad u SHF opsegu za CSMS serije 700. Obezbeđuje pokrivanje za vertikalnu polarizaciju radio signala u RF opsegu od 3 GHz do 8.5 GHz. Prijem horizontalno polarizovanih radio signala u RF opsegu od 3 GHz do 8.5 GHz obezbeđen je pomoću *monocone* antenskog elementa. Antena je pasivna sa maksimalnim dobitkom na 0° stepeni elevacije i pokrivanjem do 45° stepeni elevacije (zavisno od učestanosti), male je težine (1 kg).

Na slici 5.12 je dat izgled ove antene.



Slika 5.12 – Izgled SHF monitoring antene za vertikalnu polarizaciju TCI model 640-8.



### **Antena TCI model 640 DCS**

Antena TCI model 640 DCS je širokopojasna monitoring VHF/UHF antena namenjena samo za monitoring RF spektra, ali ne i DF merenja. Ima uniforman dijagram zračenja, sa dobitkom većim od jediničnog, i to u okviru celog RF opsega od 20 MHz do 3 GHz. Antena je male težine, a na slici 5.13 je dat njen izgled.



Slika 5.13 – Izgled VHF/UHF širokopojasne monitoring antene TCI model 640 DCS.

### **Aktivna antena TCI model 7031**

Antena TCI model 7031 je aktivna prijemna širokopojasna antena idealna u scenarijima primene u složenom RF okruženju, kao i tamo gde je prostor ograničen. Sastoji se od monopola antene (125 cm) montirane direktno na niskošumni pojačavač velikog dinamičkog opsega. Antena je širokopojasna i pokriva RF opseg od 9 kHz do 3 GHz. Malih je dimenzija, i omogućava prijem signala i horizontalne i vertikalne polarizacije. Antena je vodootporna i njen izgled je dat na slici 5.14.



Slika 5.14 – Izgled širokopojasne monitoring antene TCI model 7031.

### **Antena TCI model 641**

Antena TCI model 641 namenjena je za monitoring RF spektra i DF merenja u VHF/UHF opsezu, i to za aplikacije koje zahtevaju precizne DF antene sa više elemenata, u kombinaciji sa omnidirekcionom antenom za monitoring spektra velike osetljivosti. Podržava širokopojasan rad u RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz. Dostupna je u fiksnim i mobilnim instalacijama, pri čemu obe konfiguracije rade u istom RF opsegu i imaju direkcionu DF niz od 9 elemenata, kao i dodatnu omnidirekcionu monitoring antenu. Konstrukcija antene je čvrsta i lagana i omogućava jednostavnu instalaciju i dug životni vek. Antena predstavlja balans između kompaktne veličine i dobre osetljivosti u širokom frekvencijskom opsegu.

Na slici 5.15 je prikazan izgled ove antene, a u tabeli 5.7 su date tehničke specifikacije.



Slika 5.15 – Izgled VHF/UHF širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 641.

Tabela 5.7 – Tehničke specifikacije širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 641.

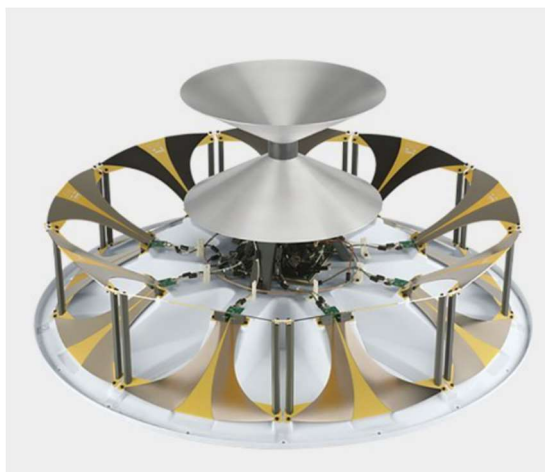
Parametar	Vrednost
Radni opseg učestanosti	20 MHz – 3 GHz
Tipovi antenskih elemenata	9 DF fans, 1 omni UHF bikon i 1 monitoring i referentni bikon
RF izlaza	3 izlaza: DF sample, monitoring i DF referentni 50 ohm (1:2 VSWR), N tip konektora
Dimenzije	0.7 m (28 in.) visina x 1.3m (51 in.) prečnik
Težina	37 kg (82 lbs.)
RF svič (za DF)	<i>Solid-state</i> svič sa velikim dinamičkim opsegom sa širokopojasnim pretpojačavačem Uključuje kola za testiranje i DF kalibraciju
Osetljivost antena	
20 MHz	-13 dB $\mu$ V/m
100 MHz	-22 dB $\mu$ V/m
500 MHz	-20 dB $\mu$ V/m
1 GHz	-18 dB $\mu$ V/m
2 GHz	-11 dB $\mu$ V/m
3 GHz	-9 dB $\mu$ V/m

### **Antena TCI Model 643**

Antena TCI model 643 je antena za monitoring RF spektra i DF merenja u VHF/UHF opsezima, koja je namenjena za aplikacije koje zahtevaju antenu koja podržava rad sa radio

signalima i horizontalne i vertikalne polarizacije. Omogućava rad u širokom RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz, sa velikom osetljivošću u celom opsegu. Čvrsta i lagana konstrukcija omogućava jednostavnu ugradnju i dug životni vek. Dostupan je u dve konfiguracije, za fiksne i mobilne primene. DF niz se sastoji od devet dualno polarizovanih antenskih elemenata koji se smeštenu u plastičnom radom omotaču, u kome se nalazi širokopojasna monitoring antena i širokopojasni RF svič.

Na slici 5.16 je prikazan izgled ove antene, a u tabeli 5.8 su date tehničke specifikacije.



Slika 5.16 – Izgled VHF/UHF širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 643.

Tabela 5.8 – Tehničke specifikacije za širokopojasnu monitoring i DF antenu TCI model 643.

Parametar	Vrednost
Radni opseg učestanosti	20 MHz – 3 GHz, dualno polarizovna
Tipovi antenskih elemenata	9 DF dualno polarizovanih <i>hifans</i> , 1 omni UHF bikon i 1 monitoring i referentni bikon
RF izlaza	2 izlaza DF sample i referentan (za DF referencu i za monitoring N tip konektora, 50 $\Omega$ )
Dimenzije	0.7 m (28 in.) visina x 1.3m (51 in.) prečnik
Težina	41.7 kg (92 lbs.)
Osetljivost DF antene	
20 MHz	-5 dB $\mu$ V/m
40 MHz	-11 dB $\mu$ V/m
80 MHz	-15 dB $\mu$ V/m
100 MHz	-17 dB $\mu$ V/m
200 MHz	-19 dB $\mu$ V/m
400 MHz	-21 dB $\mu$ V/m
800 MHz	-17 dB $\mu$ V/m
1 GHz	-15 dB $\mu$ V/m
2 GHz	-11 dB $\mu$ V/m

### **Antena TCI model 645-8**

Antena TCI model 645-8 je antena za monitoring RF spektra i DF merenja u VHF/UHF opsezima sa osetljivom omnidirekcionom monitoring antenom. Omogućava rad u širokom RF opsegu od 20 MHz do 8.5 GHz, sa velikom osetljivošću u celom opsegu. Čvrsta i lagana konstrukcija omogućava jednostavnu ugradnju i dug životni vek. Predstavlja alternativu

manje veličine klasičnoj anteni TCI model 641. Antena uključuje ugrađenu jedinicu za testiranje i kalibraciju

Na slici 5.17 je prikazan izgled ove antene, a u tabeli 5.9 su date tehničke specifikacije.



Slika 5.17 – Izgled VHF/UHF širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 645-8.

Tabela 5.9 – Tehničke specifikacije širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 641.

Parametar	Vrednost
Radni opseg učestanosti	20 MHz - 8.5 GHz u dva zasebna opsega
Tipovi antenskih elemenata	9 VHF/UHF fan elemenata (DF) i 9 C-Band fan elemenata 1 bicone V/UHF/SHF (monitor/DF)
RF izlaza	2 izlaza (DF sample i DF referentni) N tip konektora, 50 $\Omega$
Dimenzije	0.4 m visina x 0.8 m prečnik (fiksna verzija)
Težina	35 kg (77 lb, fiksna verzija)
Okruženje	Operaciona temperatura: -25° to +50° C Temperature skladištenja: -40° to +60° ambient
Osetljivost vertikalne polarizacije	
20 MHz	-4 dB $\mu$ V/m
100 MHz	-15 dB $\mu$ V/m
500 MHz	-18 dB $\mu$ V/m
1 GHz	-15 dB $\mu$ V/m
2 GHz	-8 dB $\mu$ V/m
3 GHz	-5 dB $\mu$ V/m
5 GHz	-4 dB $\mu$ V/m
8 GHz	3 dB $\mu$ V/m

### **Antena TCI model 647**

Antena TCI model 647 je dizajnirana za aplikacije koje zahtevaju antenu koja ima mogućnost rada u širokom RF opsegu za signale sa vertikalnom polarizacijom, pri čemu se omogućava rad u širokom RF opsegu od 20 MHz do 8.5 GHz. Dizajn antene podržava visoku osetljivost u celom radnom opsegu, a čvrsta i lagana konstrukcija omogućava jednostavnu instalaciju i dug životni vek. Dostupna je u dve konfiguracije: za fiksne i za mobilne primene. Antena TCI model 647D podržava i horizontalnu i vertikalnu polarizaciju.

Na slici 5.18 je prikazan izgled ove antene, a u tabeli 5.10 su date tehničke specifikacije.



Slika 5.18 – Izgled VHF/UHF/SHF širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 647.

Tabela 5.10 – Tehničke specifikacije širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 647.

Parametar	Vrednost		
Radni opseg učestanosti	20 MHz - 8.5 GHz u dva zasebna opsega		
Tipovi antenskih elemenata	9 VHF/UHF fan elemenata (DF) i 9 C-Band fan elemenata 1 bicone VHF/UHF/SHF (monitor/DF referenca)		
RF izlaza	2 izlaza (DF sample i DF referentni), opcioni omni izlaz N tip konektora, 50 $\Omega$		
Dimenzije	0.7 m (28 in.) visina x 1.3 m (51 in.) prečnik		
Težina	44.5 kg (98 lb)		
Okruženje	Operaciona temperatura: -25° to +50° C Temperature skladištenja: -40° to +60° ambient		
Osetljivost DF sistema			
Opseg niske učestanosti (MHz)	Nivo polja (dB $\mu$ V/m)	Opseg visoke učestanosti (GHz)	Nivo polja (dB $\mu$ V/m)
20	-12		
40	-16	3	-7
100	-21	4	-5
200	-23	5	-4
500	-21	6	-3
1000	-15	7	+1
2000	-10	8	+3
2700	-8		

#### **Antena TCI model 648 (Portable)**

Antena TCI model 648 je dizajnirana za primene koje zahtevaju kompaktnu, preciznu, DF antenu sa više elemenata, u kombinaciji sa omnidirekcionom antenom za monitoring RF spektra. Antena omogućava rad u VHF/UHF opsegu od 20 MHz do 8 GHz. Čvrsta i lagana konstrukcija omogućava jednostavnu instalaciju i dug životni vek. Antena je namenjena za prijem signala vertikalne polarizacije. U tabeli 5.11 su date tehničke specifikacije antene.

Tabela 5.11 – Tehničke specifikacije širokopojasne monitoring i DF antene TCI model 648

Parametar	Vrednost
Radni opseg učestanosti	20 MHz - 8 GHz
Tipovi antenskih elemenata	DF: 750 MHz do 8 GHz, niz od 9 fan elemenata DF: 20 MHz do 750 MHz, niz od 5 dipol elemenata
RF izlaza	2 izlaza (DF sample i DF referentni) N tip konektora, 50 $\Omega$
Usmerenost	2-9 dBi (DF elementi), 2 dBi (dipolni elementi)
Dimenzije	0.4 m visina x 0.8 m prečnik (fiksna verzija)
Težina	14.5 kg (32 lb)
Okruženje	Operaciona temperatura: -25° to +50° C Temperature skladištenja: -40° to +60° ambijent
Osetljivost vertikalne polarizacije	
20 MHz	-2 dB $\mu$ V/m
100 MHz	-15 dB $\mu$ V/m
500 MHz	-25 dB $\mu$ V/m
1 GHz	-10 dB $\mu$ V/m
2 GHz	-6 dB $\mu$ V/m
3GHz	-7 dB $\mu$ V/m
4 GHz	-5 dB $\mu$ V/m
5 GHz	-4 dB $\mu$ V/m
6 GHz	-3 dB $\mu$ V/m
7 GHz	+1 dB $\mu$ V/m
8 GHz	+3 dB $\mu$ V/m

### **Aktivna antena TCI Model 7235**

Antena TCI model 7235 je kompaktni aktivan antenski sistem koji se koristi za potrebe DF merenja u MF i HF opsežima, pri čemu je podržan rad u RF opsegu od 500 kHz do 30 MHz. Antena je dizajnirana za DF sisteme koji koriste *Watson-Watt* metod, i pogodna je za mobilne primene. Čvrste je konstrukcije i vodootporna, a njen izgled je dat na slici 5.19.



Slika 5.19 – Izgled TCI model 7235 širokopojasne monitoring antene.

### **5.1.2. Raspoloživa merna oprema i softver kompanije *Rohde & Schwarz***

Kompanija *Rohde & Schwarz* (u daljem tekstu R&S) sa sedištem u Nemačkoj, [5-2], nudi različita rešenja namenjena za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra, kao i rešenja za upravljanje RF spektrom. Ova kompanija je jedan od najvećih proizvođača merne i druge opreme i softvera u oblasti bežičnih komunikacija, ali i jedan od najčešćih provajdera opreme,

softvera i sistema za monitoring RF spektra, posebno u Evropi. Veliki broj NRA u Evropi svoj osnovni sistem za monitoring RF spektra zasniva upravo na opremi ove kompanije.

Ponuđena rešenja kompanije R&S kreću se od nivoa pojedinačnih uređaja i samostalnih stanica za monitoring, pa do kompletno automatizovane mreže stanica na nacionalnom nivou. U ponudi se nalazi veliki broj različitih modularnih rešenja stanica za monitoring RF spektra, pri čemu je na raspolaganju širok izbor rešenja FMS, RFMS, MMS, kao i kompaktnih transportabilnih i prenosivih monitoring stanica. U ponudi postoje posebna kompaktna rešenja uređaja sa integrisanim rešenjem za monitoring RF spektra i DF merenja, ili pojedinačni uređaji za potrebe monitoringa RF spektra i za DF merenja. U svim ovim slučajevima na raspolaganju je skup uređaja koji podržavaju rad u različitim radnim opsezima učestanosti, pri čemu sve varijante (osim onih namenjenih specifično za rad u HF opsegu) podržavaju rad u RF opsegu od 20 MHz do 3 GHz.

U sistem merne stanice mogu se uključiti različite vrste mernih prijemnika, analizatora signala, dekodera, specijalizovanih mernih uređaja (npr. za analognu i digitalnu radiodifuziju, različite analogne i digitalne emisije). Osim toga, nude se posebni uređaji koji omogućavaju povezivanje udaljenih fiksnih stanica i mobilnih stanica korišćenjem infrastrukture javnih mobilnih mreža, xDSL i optičkih veza.

Svi merni uređaji i druga rešenja R&S namenjenih monitoringu RF spektra usklađeni su sa najnovijim preporukama ITU-R SM, i omogućavaju različita merenja parametara signala, monitoring RF spektra u opsegu od 9 kHz/20 MHz do 3 GHz/6 GHz, kao i proširenje radnog opsega zavisno od izbora elemenata sistema. U ponudi je i širok skup omnidirekcionih antena, kao i usmerenih antena sa mogućnošću rotacije po azimutu i polarizaciji, odnosno integrisanih DF antenskih sistema.

Rad stanice u okviru postupka monitoringa RF spektra kontroliše se iz kolocirane ili udaljene radne stanice, primenom softverskog paketa *Argus*. Rešenje omogućava integraciju sistema za upravljanje spektrom i kontrole korišćenja RF spektra. Primenom ovog softverskog alata moguće je obaviti sve uobičajene zadatke vezane za monitoring RF spektra, kao što su: istraživanja pojave interferencije usled istokanalne emisije, detekcija emisija van posmatranog radio kanala, kao i detekcija intermodulacionih smetnji. Osim toga, može se izvršiti kontrola tehničkih parametara predajnika u smislu zadovoljenja zahteva iz dozvole za korišćenje frekvencija i tehničkih normativa. Podržana su merenja jačine električnog polja, zauzetosti spektra, kao i planiranje i upravljanje predajnicima. Sva navedena merenja u potpunosti su usklađena sa ITU preporukama.

Na Sl.5.20, prikazana je tipična arhitektura mreže na nacionalnom nivou ostvarena korišćenjem softverskog paketa *Argus*. Prikazani sistem sadrži jednu glavnu (CCS) i više regionalnih kontrolnih stanica (RCS) i veći broj daljinski upravljanih RFMS, MMS i TMS.

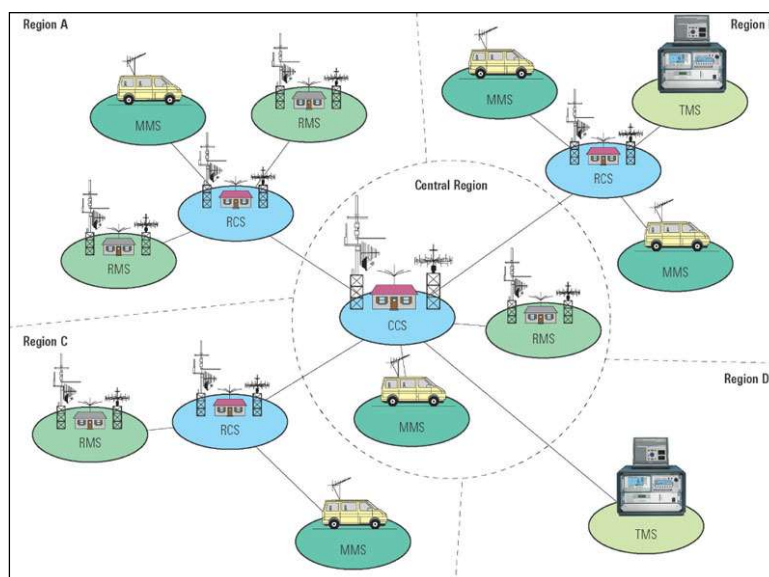
Kompanija R&S nudi sveobuhvatan portfolio opreme, softvera i drugih komponenti za potrebe monitoringa RF spektra, DF merenja i TDoA merenja. Pojedinačni moduli se mogu kombinovati na različite načine za potrebe konfiguracije pojedinačnih sistema, odnosno fiksnih, mobilnih, prenosivih i transportabilnih stanica za monitoring RF spektra. U ponudi postoje i predefinisana rešenja za kompaktne daljinski upravljane fiksne stanice za monitoring RF spektra (CRFMS). Pojedinačne merne stanice se mogu umrežiti i raditi bez nadzora i to automatski po modelu 24/7.

Kao osnovne elemente za formiranje stanica za monitoring RF spektra, R&S nudi:

- **Merne antene.** R&S linija proizvoda obuhvata širok opseg visoko osetljivih aktivnih i pasivnih antena namenjenih za upotrebu u fiksnim, mobilnim ili prenosivim sistemima,

koje podržavaju punu pokrivenost za RF opseg od 100 kHz do 40 GHz. Širokopoljnost antena, minimizira broj antena potrebnih za pokrivanje širokog frekvencijskog opsega.

- **DF merni prijemnici.** Porodica R&S DF uređaja kreće se od prenosivih instrumenata do brzih skenirajućih DF uređaja, pri čemu su pokrivena sve primene DF uređaja, uključujući radiolokaciju. DF uređaji se mogu privremeno ili trajno integrisati u merna vozila, ili koristiti pri formiranju RFMS.
- **Merni prijemnici.** Dostupan je širok skup mernih prijemnika, i to onih namenjenih za monitoring RF spektra, otkrivanje i istraživanje izvora smetnji, kao i za izvođenje preciznih merenja u RF opsegu od 8 kHz do 26.5 GHz, pa i do 100 GHz (korišćenjem translatora učestanosti).
- **Specijalizovani analizatori signala.** U ponudi su analizatori signala koji nude širok skup mogućih opcija i posebnih rešenja za određene tipove bežičnih komunikacionih sistema. R&S portfolio proizvoda uključuje sveobuhvatnu opremu za istraživanje smetnji u javnim mobilnim mrežama i drugim bežičnim komunikacionim servisima.
- **Kompaktne merne stanice za monitoring RF spektra za outdoor primenu.** U ponudi je familija univerzalnih sistema za monitoring RF spektra, koja obuhvata kompaktne, samostalne stanice za monitoring RF spektra, koje su namenjene za obavljanje neprekidnih automatskih merenja. Integrisana je mogućnost snimanja RF signala, što ove sisteme čini idealnim za identifikaciju sporadičnih smetnji. Ovi sistemi mogu automatski pokrenuti merenja i upozoriti korisnika kada su neželjeni predajnici aktivni.
- **Softverska rešenja.** Osnovni softver za povezivanje mernih stanica u okviru sistema za monitoring RF spektra predstavlja softverski paket *Argus* (najnovija varijanta 6.1), koji omogućava kontrolu mernih stanica i daljinsko upravljanje njihovim radom.



Sl.5.20 – Primer realizacije nacionalnog sistema za monitoring i upravljanje RF spektrom korišćenjem *Rohde & Schwarz* rešenja.

### 5.1.2.1. Softverski paket *Argus* verzija 6.1 proizvođača *R&S*

Softverski paket *Argus* (najnovija verzija 6.1) nudi širok skup funkcionalnosti, u rasponu od jednostavnih merenja nivoa signala do sofisticirane intermodulacione analize i istraživanja AM-VSB emisija, odnosno od interaktivnog rada sa brzim odgovorom mernog uređaja do zadavanja i izvođenja potpuno automatskih procedura. Softverski paket omogućava rad sa



pojedinačnim mernim uređajima, pa sve do upravljanja i rada sa celokupnom mrežom za monitoring RF spektra. Pri tome, dodavanje novih funkcionalnosti, kao što su kontinualni monitoring RF spektra i centralna baza podataka, predstavljaju pogodna rešenja za rešavanje najnovijih izazova u domenu monitoringa RF spektra.

Softverski paket u sebi kombinuje moćne alate za monitoring spektra, sa interfejsima koji omogućavaju lak i efikasan rad. Koriste se isprobane i testirane funkcionalnosti, npr. razumne podrazumevane vrednosti i vođeni režimi merenja. To omogućava da i nešto manje iskusni operateri mogu brzo i pouzdano da obave veoma zahtevne zadatke. Pri tome, podržan je prikaz merenja na elektronskim mapama koje prikazuju detaljan pregled operativnog statusa i primene sistema. Podržane su operacije zasnovane na mapama, npr. definisanje i pokretanje misija monitoringa RF spektra i geolokacije sa više udaljenih mernih stanica. Modularna struktura softverskog paketa omogućava konfigurisanje sistema koji odgovara individualnim zahtevima korisnika. Omogućeno je fleksibilno podešavanje različitih otvorenih interfejsa, a u cilju da se omogući prilagođenje svim zahtevima korisnika. Sva naknadna proširenja se mogu lako implementirati, bez obzira na broj mernih uređaja, na poboljšane mogućnosti merenja ili dodatne stanice za monitoring RF spektra.

Zahvaljujući podršci za širok skup specijalizovane merne opreme, brojnim otvorenim interfejsima i mogućnostima za realizaciju monitoringa RF spektra, softverski paket *Argus* je veoma pogodan za aplikacije koje su daleko izvan opsega monitoringa koji se minimalno zahteva u skladu sa ITU-R SM preporukama. Osnovne funkcionalnosti koje su podržane uključuju:

- merenja i analize u skladu sa ITU standardom za monitoring RF spektra i ITU-R SM preporukama;
- geolokaciju emitera primenom DF metoda, TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda, kao i tehnologije mobilnog lokatora (ML);
- proširene mogućnosti za kontinualan monitoring i automatsku evaluaciju parametara predajnika u velikim mrežama;
- rad zasnovan na mapi uz prikaz statusa sistema;
- otvoreni interfejs za razmenu podataka sa aplikacijama za upravljanje spektrom;
- lako postizanje skalabilnosti zahvaljujući modularnoj softverskoj arhitekturi;
- podršku za vođena merenja.

Kao glavne prednosti softverskog paketa *Argus*, i na njemu zasnovanim sistemima za monitoring RF spektra, mogu se navesti:

- **Modularna struktura.** Podržano je ogromno bogatstvo funkcija i funkcionalnosti, koje su organizovane u nekoliko softverskih opcija. Svaka opcija se posebno licencira, pa je ovim konceptom omogućeno prilagođavanje rešenja svim korisnicima, pri čemu sami korisnici pojedinačno konfiguriraju sistem koji odgovara njihovim sopstvenim zahtevima.
- **Izbor opcija za izvršenje postavljenog zadatka.** Monitoring RF spektra u skladu sa ITU preporukama uključuje niz veoma različitih zadataka merenja. Za obavljanje svih merenja u skladu sa ITU preporukama zahteva se širok skup namenskih uređaja, pri čemu su ovi uređaji u potpunosti integrisani u upravljački softver *Argus*, a čiji standardizovani korisnički interfejs omogućava jednostavan rad korisnika.
- **Direktna kontrola uređaja za postizanje maksimalne fleksibilnosti u radu.** Direktna kontrola uređaja omogućava korisniku da direktno kontroliše svu mernu opremu preko virtuelnih prednjih panela. Ovaj režim omogućava operateru da brzo nadgleda, meri, locira i identifikuje radio-emisije. Sistemski vizuelizator generiše šemu izabrane merne

stanice: antena, prijemnika, analizatora signala, dekodera i oprema za snimanje sa svim njihovim priključcima, pri čemu se daje grafički prikaz. Interfejs uključuje sve funkcije i podešavanja uređaja, a u zavisnosti od uređaja sadrži nekoliko kartica, od kojih svaka odgovara tipu merenja koje dotični uređaj može da izvrši, dok se rezultati merenja prikazuju korišćenjem različitih tipova grafika, tabela ili numeričkog prikaza, i mogu se čuvati za dalju analizu.

- **Strukturirane sekvence merenja.** Proces monitoringa RF spektra uključuje mnoge aktivnosti, pri čemu svaka od ovih aktivnosti ima svoj karakterističan tok rada. Da bi rad bio što jednostavniji, pojedinačni tokovi rada se implementiraju pomoću softverskih modula poznatih kao režimi merenja. U zavisnosti od zadatka izabranog od strane operatera, softver predlaže odgovarajuće uređaje i podešavanja uređaja, a u skladu sa ITU preporukama i definicijama specifičnim za korisnike. Postoji 7 režima merenja.
- **Otvoreni interfejsi – integracija monitoringa i upravljanja spektrom.** Kako bi se RF spektar optimalno iskoristio, sistemi za monitoring spektra i za upravljanje spektrom trebaju međusobno da razmenjuju podatke. Softverski paket *Argus* obezbeđuje dva tipa interfejsa: SMDI (eng. *Spectrum Management Database Interface*) sa kojim korisnik traži relevantne informacije u bazama podataka licenci, i ORM (*Order Report Module*) pri čemu aplikacije za upravljanje spektrom definišu naloge za softverski paket *Argus*, a željena merenja se obavljaju interaktivno ili potpuno automatski, nakon čega se dobijeni rezultati prosleđuju sistemu za upravljanje spektrom na dalju obradu i analizu.
- **Širok skup podržanih analiza i informativni izveštaji.** Postoji podrška za generisanje konciznih i informativnih izveštaja, koji se generišu u 4 koraka: filtriranje neobrađenih podataka, analiza i evaluacija u skladu sa smernicama i preporukama ITU, fuzija podataka (kombinacija različitih informacija iz više izvora da bi se dobio potpun i tačan rezultat), i sastavljanje sažetih, informativnih izveštaja merenja.
- **Prikaz i proračuni bazirani na mapi.** Informacioni sistem stanice *Argus* obezbeđuje ažurne podatke o statusu sistema u realnom vremenu, pri čemu se prikazuju informacije o mogućnostima (monitoring, DF, TDoA, TDoA/DF), korišćenju (uređaji ne rade ili su zauzeti) i stanju stanice (povezivanje, upozorenja uređaja, greške u merenju). Osim rezultata monitoringa, podataka upravljanja spektrom i statusa sistema, mapa, takođe, upravlja sistemima za monitoring spektra. Izbor više stanica konfigurira automatsku proceduru merenja ili sinhronizovani zadatak geolokacije za sve lokacije.

### 5.1.2.2. Softverski alat *AllAudio* proizvođača *R&S*

Softverski alat *AllAudio*, zaokružuje asortiman R&S sistema za upravljanje spektrom i monitoring RF spektra, pri čemu softveski alat *AllAudio* može zameniti analogne audio *switch* matrice i multipleksere. Ovaj softver direktno i bez gubitaka obrađuje digitalne audio signale sa mernih prijemnika i DF uređaja, i kontroliše pristup ovim podacima u okviru sistema. Podacima se pristupa ili iz glavnog prozora softvera *AllAudio* ili preko kontrolnih elemenata ugrađenih u druge softverske aplikacije. Upotreba algoritama kompresije omogućava lakšu distribuciju audio signala preko mreža manjih kapaciteta. Dodatno, funkcionalnost interfona zasnovan na ovom softveru olakšava timski rad i koordinaciju.

Softver *AllAudio* omogućava:

- integrisano digitalno snimanje, trenutnu reprodukciju, uređivanje i distribuciju audio signala bez dodatnih multipleksera i kablova,
- automatsku pretragu i označavanje aktivnosti u audio snimcima,
- integrisani interkom (opciono), za komunikaciju između sajtova u okviru sistema,

- praktično upravljanje snimljenim audio signalima u integrisanoj bazi podataka,
- ugrađene kontrole u korisničkim interfejsima R&S mernih prijemnika i softvera za DF uređaje,
- povezivanje sa bazama podataka u okviru R&S sistema,
- digitalizaciju analognih audio signala sa izbornim kvalitetom (opciono), i
- integraciju u *Argus* i *Ramon* sisteme.

### 5.1.2.3. Merni prijemnici i DF uređaji proizvođača R&S za outdoor primenu

Merni prijemnici i DF uređaji kompanije R&S pokrivaju RF opseg od 8 kHz do 40 GHz i mogu detektovati čak i frekvencijski agilne signale veoma kratkog trajanja. U tabeli 5.12, prikazani su R&S merni prijemnici i DF uređaji predviđeni za *outdoor* ugradnju i primene, sa svojim osnovnim tehničkim karakteristikama, dok je detaljan pregled tehničkih karakteristika za ove merne prijemnike dat u tabeli 5.13.

Tabela 5.12 – Osnovne tehničke karakteristike mernih prijemnika, DF uređaja i CRFMS kompanije R&S namenjenih za spoljnu (*outdoor*) instalaciju

KARAKTERISTIKE	EM100XT	DDF1555	UMS175	UMS300	MP007
Radni opseg učestanosti	9 kHz - 7.5 GHz			8 kHz - 6GHz	8kHz - 8GHz
Opseg učestanosti za DF	20 MHz – 6 GHz			300 MHz – 6 GHz	20 MHz – 6 GHz
IBW	10 MHz	10 MHz	10 MHz	20 MHz	40 MHz
Opseg za demodulaciju	500 MHz	500 MHz	500 MHz	20 MHz	40 MHz interno 1MHz, LAN
Brzina skeniranja pri monitoring spektra	1.8 GHz/s za 100 kHz rezoluciju			22 GHz/s za 1 MHz rezoluciju	44 GHz/s za 100 kHz rezoluciju

#### **Kompaktan digitalni prijemnik R&S EM100XT**

Kompaktan digitalni prijemnik R&S EM100XT poseduje iste funkcionalnosti kao i merni prijemnik R&S EM100, pri čemu je robusno kućište prijemnika otporno na vremenske uslove što ga čini pogodnim za kratkoročnu i dugoročnu upotrebu na otvorenom, pošto je dobro zaštićen od kiše i prašine. Prijemnik poseduje IP67 klasu zaštite, i podržava realizaciju ekonomski isplativih rešenja za fiksne i mobilne *outdoor* primene. Prijemnikom se upravlja preko istog softvera za daljinsko upravljanje (R&S EM100-Control) koji se koristi za merni prijemnik R&S EM100, pri čemu se opciono u uređaj može instalirati GPS modul kako bi se prijemnik transformisao u TDoA senzorski čvor. Moguće je opciono dodati podršku za DF merenja pri čemu uz obe prethodno opisane opcije (GPS antena i DF antena), prijemnik postaje hibridno rešenje za efikasno i tačno određivanje pravca iz kojeg predajnik emituje. Nosači za montažu su specijalno dizajnirani za praktično fiksiranje uređaja na bilo koji stub ili zidnu strukturu, a nagnuta gornja ploča funkcioniše kao senka za sunce. Izgled uređaja je prikazan na slici 5.21.

Osnovne karakteristike mernog prijemnika R&S EM100XT su:

- visoka osetljivost prijemnika i visoka rezolucija signala;
- mogućnost preuzimanja informacija putem demodulacije i rad kao *handoff* prijemnik;
- podržan je monitoring prijemnika i analiza signala;
- efikasan rad putem daljinskog upravljanja, uz podršku daljinske kontrole svih funkcija prijemnika preko LAN interfejsa (SCPI naredba postavljena u skladu sa IEEE488.2);

- postoji pogodan softver za daljinsko upravljanje R&S EM100-Control;
- kompaktan dizajn i niska potrošnja energije;
- podržan rad u širokom frekvencijskom opsegu;
- sposoban za prijem i obradu signala koji karakterišu trenutne i buduće radio usluge;
- R&S HE600 aktivna omnidirekciona prijemna antena sa vertikalnom polarizacijom, predstavlja pogodnu antenu za primenu uz ovaj merni prijemnik, pri čemu je antena prilagođena za rad u RF opsegu od 20 MHz do 8 GHz. Tehničke karakteristike antene date su u tabeli 5.14, a izgled na slici 5.22.



Slika 5.21 – Izgled mernog prijemnika R&amp;S EM100XT.

Tabela 5.14 – Tehničke karakteristike omnidirekционе antene R&amp;S HE 600

Opšte specifikacije	
Radni opseg učestanosti	20 MHz do 8 GHz
Nominalna impedansa	50 $\Omega$
Generalni podaci o aktivnoj omnidirekcionoj prijemnoj anteni	
Napajanje	15 - 28 VDC, tipično 24 V DC max. 180 mA (preko R&S IN600 bias unit)
RF konektor	N female
Težina	2 kg
Dimenzije	135 mm $\times$ 550 mm
Generalni podaci o bias jedinici	
Napajanje	100 – 240 V AC, 10 V - 32 V DC
Težina	3 kg
Dimenzije	400 mm $\times$ 250 mm $\times$ 65 mm



Slika 5.22 – Izgled omnidirekционе antene R&amp;S HE 600.

Tabela 5.13 – Detaljne tehničke karakteristike R&amp;S EM100XT, R&amp;S DDF1555, R&amp;S UMS175, R&amp;S UMS200 i R&amp;S UMS300

SPECIFIKACIJE		R&S EM100XT	R&S DDF1555	R&S UMS175	R&S UMS200	R&S UMS300
Podaci o prijemniku						
Opseg učestanosti	Osnovna jedinica	9 kHz - 3.5 GHz	/	9 kHz - 3.5 GHz	9 kHz - 3.5 GHz, opciono do 7.5 GHz	20 MHz - 3.6 GHz
	Sa EM100-FE opcijom	9 kHz - 7.5 GHz	/	/	/	/
	Sa odvojenim monitoring antenama	/	9 kHz - 7.5 GHz	/	/	/
	Sa UMS20-FE opcijom	/	/	9 kHz - 7.5 GHz	/	/
	Sa UMS30-HF	/	/	/	/	9 kHz - 3.5 GHz
	Sa UMS30-FE	/	/	/	/	20 MHz - 6 GHz
	Sa UMS30-HF i UMS30-FE opcijom	/	/	/	/	9 kHz - 6 GHz
RF ulaz	Impedansa	50 Ω	/	/	/	/
	Predselekcija	9kHz – 30 MHz, 30 MHz NF	/	Uključena	Uključena	Uključena
		20 MHz - 1.5 GHz, podešeni PO	/	/	/	/
		1.5 GHz - 7.5 GHz, NF+VF	/	/	/	/
Podaci IF spektra						
Opseg prikaza IF spektra	Bira se	<b>1 kHz do 10 MHz,</b> 1/2/5/10/20/50/ 100/200/500 kHz, 1/2/5/10 MHz	Do 10 MHz	1 kHz do 10 MHz (1/2/5/10/20/50/ 100/200/500 kHz, 1/2/5/10 MHz	10 kHz do 10 MHz	/
Režimi prikaza		<i>normal (clear/write), average, max. hold, min. hold</i>	/	<i>normal (clear/write), average, max. hold, min. hold</i>	/	/
Opseg demodulacije	Bira se	/	Do 500 kHz	/	/	/
	15 filtara (određene vrednosti označavaju 3dB opsega)	150/300/600 Hz, 1.5/2.4/6/9/15/30/50/ 120/150/250/300/500 kHz	/	/	/	/

SPECIFIKACIJE		R&S EM100XT	R&S DDF1555	R&S UMS175	R&S UMS200	R&S UMS300
Način demodulacije	Svi opsezi	AM, FM, pulse, I/Q	/	AM, FM, USB, LSB, ISB, pulse, CW, I/Q	AM, FM, USB, LSB, ISB, pulse, CW, I/Q	AM, FM, PULSE, I/Q
	Opsezi $\leq 9$ kHz	USB, CW, LSB	/	/	/	LSB, USB, CW
	Opsezi $\leq 15$ kHz	ISB	/	/	/	/
	Opsezi $\leq 1$ kHz	/	/	/	/	ISB
Brzina skeniranja spektra	Sa DDF1555-PS opcijom	/	max. 1.8 GHz/s	/	max. 1.8 GHz/s	/
	Sa UMS20-PS opcijom	/	/	max. 1.8 GHz/s	/	/
	Sa UMS30-PS opcijom	/	/	/	/	max. 12 GHz/s
Režimi skeniranja						
Frekvencijsko skeniranje (FScan)	Početna i krajnja frek., širina koraka	Korisnici biraju	/	/	/	/
	Brzina skeniranja	Do 150 kanala po sekundi	/	/	/	/
Memorijsko skeniranje (MScan)	Memorijske lokacije	1024, programabilno	/	/	/	/
	Brzina skeniranja	Do 150 kanala po sekundi	/	/	/	/
Panoramsko skeniranje (PScan)	Početna i krajnja frek., širina koraka	Korisnici biraju	/	/	/	/
	Rezolucija propusnog opsega	125/250/500/625 Hz, 1.25/2.5/3.125/6.25/ 12.5/25/50/100 kHz	/	/	/	/
	Brzina skeniranja	Do 1.8GHz/s	/	/	/	/
Podaci o DF merenjima						
Opseg učestanosti	Osnovna	20 MHz - 6 GHz	/	/	20 MHz – 3 GHz	20 MHz – 3 GHz
	Sa R&SADD107	/	20 MHz - 1.3 GHz	/	/	/
	Sa R&SADD207	/	690 MHz – 6 GHz	/	/	/
	Sa R&SADD307	/	20 MHz – 690 MHz	/	/	/
	Sa UMS30-HF opcijom	/	/	/	/	300 kHz – 3 GHz
	Sa UMS30-FE opcijom	/	/	/	/	20 MHz - 6 GHz

SPECIFIKACIJE		R&S EM100XT	R&S DDF1555	R&S UMS175	R&S UMS200	R&S UMS300
	Sa UMS30-HF i UMS30-FE opcijom	/	/	/	/	300 kHz – 6 GHz
DF metoda	Osnovna	/	/	/	Korelativni interferometar	/
	20 MHz to 173 MHz	<i>Watson-Watt</i>	/	/	/	/
	173 MHz to 6 GHz	Korelativni interferometar	/	/	/	/
	sa R&S ADD207, ADD307 ili ADD107 iznad 173 MHz	/	Korelativni interferometar	/	/	/
	R&S ADD107 ispod 173 MHz	/	<i>Watson-Watt</i>	/	/	/
	HF	/		/	/	<i>Watson-Watt</i>
	VHF/UHF/SHF, sa UMS30-DF opcijom	/		/	/	Korelativni interferometar
Rezolucija prikaza	Bira se	/	0.1° ili 1°	/	/	/
Tačnost DF sistema	20 MHz do 6 GHz	/	1° (RMS)	/	/	/
Osetljivost DF	20 MHz do 50 MHz	/	2 $\mu$ V/m – 8 $\mu$ V/m	/	/	/
	50 MHz do 3 GHz	/	1.0 $\mu$ V/m	/	/	/
	3 GHz do 6 GHz	/	2 $\mu$ V/m – 8 $\mu$ V/m	/	/	/
Minimalno trajanje signala	<i>Single burst</i>	/	10 ms	/	/	/
Minimalno trajanje <i>burst</i> -a	<i>Multiple burst</i>	/	0.5 ms	/	/	/
Generalni podaci						
Dimenzije	Osnovna jedinica	/	210.8×87.6×300[mm]	300×445×175[mm]	300×480×292[mm]	365×765×275[mm]
	Sa dodacima	/	/	380×530×240[mm]	300×570×292 [mm]	/
Težina	Osnovna jedinica	/	4.5 kg	8 kg	28 kg	30 kg
	Sa dodacima	/	/	12 kg	33 kg	/
Vreme rada	DDF1555X10 baterija	/	10 h	/	/	/

SPECIFIKACIJE		R&S EM100XT	R&S DDF1555	R&S UMS175	R&S UMS200	R&S UMS300
Napajanje		/	/	100-240 V AC, 50-60 Hz, max. 200 VA 12-30 V DC, max. 125 W	100-240 V AC, 50-60 Hz, max. 350 VA, 10-30 V DC, max. 15 A	22-26 V DC, max. 300 W
Temperatura rada bez direktne sunčeve svetlosti	Osnovna jedinica	/	/	-30°C do +40°C	-30°C do +45°C	-20°C do +55°C
	Sa dodacima	/	/	-30°C do +50°C	-30°C do +35°C	
	Sa zaštitom (UMS20-B4 opcijom)	/	/	/	-30°C do +50°C	
Temperatura skladišta		/	/	-30°C do +70°C	-40°C do +70°C	-30°C do +70°C
Stepen zaštite	Osnovna jedinica	/	/	IP54	IP65	IP65
	Sa zaštitom	/	/	IP55		
Relativna vlažnost		/	/	95% na +25°C/+40°C	95% na +25°C/+40°C	95% na +25°C/+55°C
Udar		/	/	EN60068-2-27, MIL-STD-810E, metod 516.4, procedura 1	40g, 11 ms interval, MIL-STD-810E, metod 516.4, procedura 1	EN60068-2-27, MIL-STD-810-E metod 516.4, procedura 1
Vibracija	Sinusoidalna	/	/	EN60068-2-6	5-55Hz, 0.15mm konst. amplituda (1.8g na 55Hz), 55-150Hz, 0.5g konst.	EN60068-2-6
	Slučajna	/	/	EN60068-2-64	10-500Hz, 1.9g RMS	EN60068-2-64
Elektromagnetska kompatibilnost (EMC)		/	/	EN55022, ETSI EN301489-1, ETSI EN301489-22	/	EN55022, ETSI EN301489-1, ETSI EN301489-22
Interfejsi						
Spoljašnji uslovi	DC ulaz	/	/	7-kontaktni cirkularni konektor	7-kontaktni cirkularni konektor	7-kontaktni cirkularni konektor
	AC ulaz	/	/	4-kontaktni cirkularni konektor	4-kontaktni cirkularni konektor	/
	LAN	/	/	1 Gbit Ethernet, RJ-45 ženski	10/100 Mbit LAN	10/100/1000 Mbit Ethernet, RJ-45 ženski
	WAN	/	/	/	/	10/100/1000 Mbit Ethernet, RJ-45 ženski



SPECIFIKACIJE		R&S EM100XT	R&S DDF1555	R&S UMS175	R&S UMS200	R&S UMS300
	DC izlaz	/	/	24V, max. 500mA, 5-kontaktni cirkularni konektor sa dva drenažna drajvera	Za napajanje aktivnih antena	/
	COM antena	/	/	N ženski, 50 Ω, zahteva UMS175-B5 opciju	Konektor za antenu	N ženski, 50 Ω
	GPS antena	/	/	SMA ženski, 50 Ω	Ulaz za opciju referentne učestanosti	SMA ženski, 50 Ω
	DF kontrolna antena	/	/	/	/	MIL konektor, ženski
	Ulazi za nadgledanje	/	/	N ženski, 50 Ω, 9 kHz - 7.5 GHz, 0 V DC, 2 ulaza sa unutrašnjim svičem (SPDT)	/	N ženski, 50 Ω, 20 MHz - 6 GHz, do 4 ulaza (opciono 1 ulaz za buduće ekstenzije)
	RF ulaz 1 do 4	/	/	/	antena ulazi, 4×N ženski, 50 Ω	/
	COMP	/	/	/	Konektor za spoljni kompas	/
	GPS senzor	/	/	/	Konektor za spoljni GPS prijemnik	/
	Spoljni FAN	/	/	/	Konektor	/
	Ref izlaz	/	/	/	10 MHz ref. učest. za spoljne uređaje	/
AUX	/	/	/	/	5-kontaktni cirkularni konektor, ženski	
Unutrašnji interfesji	Monitor	/	/	VGA ženski	/	/
	USB	/	/	2×USB, tip A, USB 2.0	/	/
	SIM kartica	/	/	mini-SIM 1.8/3V, uz UMS12-B1 opciju	/	/

### **Kompaktni DF uređaj R&S DDF1555**

Kompaktni DF uređaj R&S DDF1555 se može koristiti kao mobilni ili prenosivi DF sistem ili kao privremeno raspoređena DF stanica. Zahvaljujući maloj težini i kompaktnim dimenzijama ovaj DF sistem se može brzo i lako podesiti i konfigurirati. Karakteriše ga niska potrošnja energije, što omogućava dugotrajno vreme rada u primenama kada se napaja preko baterije. Integrisani širokopolasni DF prijemnik nudi funkcionalnost prikupljanja uzorka za pretragu i prikaza signala, uključujući funkciju panoramskog skeniranja za brzo skeniranje širokog RF opsega i brzi prikaz spektrograma.

Za mobilne DF primene, R&S DDF1555 uređaj se kombinuje sa kompaktnom R&S ADD107 VHF/UHF DF antenom namenjenom radu u opsegu od 20 MHz do 1,3 GHz ili R&S ADD207 kompaktnom UHF/SHF DF antenom namenjenom za rad u RF opsegu 690 MHz do 6 GHz. Obe antene se nabavljaju sa integrisanim GPS modulom, elektronskim kompasom i opcionim adapterom za montažu na vozila pomoću magneteta. U cilju ostvarivanja optimalne tačnosti i osetljivosti DF merenja kada se koristi kao prenosivi sistem, R&S DDF1555 uređaj se može kombinovati sa R&S ADD307 sklopivom VHF/UHF DF antenom. Ova kombinacija pruža znatno širu pokrivenost u VHF opsegu, pri čemu integrisani GPS modul antene i elektronski kompas omogućavaju brzo i lako podešavanje sistema.

Izgled uređaja je prikazan na slici 5.23.

Osnovne karakteristike DF uređaja R&S DDF1555 su:

- širok radni opseg učestanosti od 20 MHz do 6 GHz (DF režim) i 9 kHz do 7.5GHz (režim prijema);
- predstavlja visokoprecizni korelativni interferometarski DF sistem;
- kompaktna i robustna uređaj prilagođen za *outdoor* primene;
- koristi integrisani i brzi širokopolasni prijemnik sa opcionim panoramskim skeniranjem za skeniranje velikom brzinom širokog frekventnog opsega;
- raspoložive su kompaktne DF antene sa integrisanim GPS modulom i elektronskim kompasom, sa opcionim magnetnim nosačem;
- podržava sveobuhvatan asortiman dodatne opreme (opcija) za poboljšanu operativnu fleksibilnost i brzo i jednostavno podešavanje DF sistema;
- predviđen za primenu u DF, TDoA i hibridnim TDoA/DF sistemima za geolokaciju.



Slika 5.23 – Izgled DF uređaja R&S DDF1555.

### **Kompaktna CRFMS merna stanica R&S UMS175**

Karakteristike kompaktne merne stanice R&S UMS175 (CRFMS tipa) omogućavaju da se njome obavi monitoring širokopoljnih signala i pouzdano otkrivanje kratkotrajnih signala, kao i frekvencijski agilnih predajnika. Može se koristiti u TDoA mreži, kada isporučuje I/Q strim za zadatke koji traže visoku preciznosti geolokacije. Visoka osetljivost i integrisani filter za predizbor opsega (preselektivni filter), čine ovaj sistem pogodnim za primenu u teškim uslovima RF okruženja. Usled minimalnih infrastrukturnih zahteva i veoma fleksibilnog daljinskog upravljanja, omogućava se lak izbor lokacija za postavljanje uređaja.

Za rad sa CRFMS R&S UMS175 koriste se softverski paketi *Argus* (za monitoring RF spektra) i *Ramon* (COMINT). Softverski paketi omogućavaju brzu i laku integraciju merne stanice u postojeće sisteme za monitoring RF spektra. Korišćenje otvorenih interfejsa za hardver i operativni sistem, omogućava korisnicima i sistem integratorima razvoj sopstvenih softverskih aplikacija. Sistem je namenjen za veoma širok spektar zadataka u oblasti monitoringa RF spektra i geolokacije. Izgled uređaja je prikazan na slici 5.24.

Osnovne karakteristike CRFMS R&S UMS175 su:

- predstavlja kompletan kompaktan sistem za monitoring RF spektra, koji je smešten u kućištu prilagođenom za sve vremenske prilike, i pogodan je za *outdoor* primene;
- podržava geolokaciju zasnovanu na TDoA metodu;
- podržava širok RF opseg od 9 kHz do 7.5 GHz za monitoring RF spektra;
- podržava otvorene interfejse;
- visoka osetljivost sistema, ostvarena korišćenjem integrisanog prijemnika najnovije generacije kompanije R&S;
- podržava veliku brzinu skeniranja i digitalne obrade signala za otkrivanje frekvencijski agilnih signala i signala u vidu kratkotrajnih prenosa;
- integrisani predizbor za rad sa R&SUMS 175 u blizini predajnika velike snage;
- podržan IBW od 10 MHz u realnom vremenu za monitoring širokopoljnih signala;
- odlikuje ga visoka osetljivost detekcije signala.



Slika 5.24 – Izgled CRFMS R&S UMS175 predviđene za *outdoor* primene.

### **Kompaktna CRFMS sa DF merenjem R&S UMS200**

R&S UMS200 predstavlja kompletan sistem za monitoring RF spektra i DF merenja koji radi u RF opsegu od 9 kHz do 7.5 GHz (DF merenja od 20 MHz do 3 GHz). Podržani su širok opseg radnih temperatura, fleksibilno napajanje i kompaktni dizajn, što uslovljava minimalne zahteve za infrastrukturu na lokaciji gde se postavlja. Postoje različite opcije za daljinsko upravljanje i lokalni rad, koje pružaju visok stepen fleksibilnosti. Osnovna jedinica se sastoji od prijemnika, kontrolnog računara, LAN sviča i napajanja. Može se proširiti dodavanjem drugog prijemnika, DF uređaja, kompasa i GPS prijemnika. Sve komponente su smeštene u kompaktnom kućištu otpornom na vremenske uslove, koje je klimatizovano i može se montirati na stub ili zid.

Za podršku rada R&S UMS200 može se koristiti softverski paket *Argus*, koji omogućava da se R&S UMS200 brzo i lako integriše u postojeće sisteme za monitoring RF spektra. Podrška za otvorene interfejsne omogućava korisnicima i sistem integratorima da razviju sopstvene softverske aplikacije. Izgled uređaja je prikazan na slici 5.25.

Osnovne karakteristike CRFMS R&S UMS200 su:

- fleksibilan koncept rada, pri čemu se nude dve metode kontrole;
- fleksibilno daljinsko upravljanje, korišćenjem LAN interfejsa za daljinsko upravljanje. Podržane su visoke brzine prenosa podataka za prenos vrednosti DF merenja, audio podataka, IF spektra, I/Q odbiraka i sl.;
- R&S UMS200 može da se koristi kao posebna CRFMS, ali se lako umrežava za podršku geolokacije na osnovu DF metoda;
- poseduje 4 antenska ulaza, dostupna za sve zadatke, frekvencije i polarizacije;
- izuzetno visoka preciznost reference vremena i frekvencije, npr. referentni signal od 10 MHz ima tačnost do  $5 \times 10^{-12}$  (GPS sinhronizovan, prosečno 24 sata);
- kompaktni dizajn;
- fleksibilno napajanje, pošto se sistem može napajati iz mreže naizmjenične struje (100 – 240 V AC) i DC napajanja (10 – 30 V DC). U slučaju nestanka napajanja iz mreže, sistem se automatski prebacuje na DC napajanje - bez prekida u radu.
- sistem je posebno razvijen za upotrebu na otvorenom.



Slika 5.25 – Izgled CRFMS uređaja R&S UMS200 predviđenog za *outdoor* primene.

### **Kompaktni CRFMS sa DF merenjem R&S UMS300**

R&S UMS300 je prvi kompaktni sistem koji kombinuje funkcionalnosti monitoringa RF spektra u skladu sa ITU-R SM preporukama, DF merenje sa konvencionalnom DF tehnikom za geolokaciju i geolokaciju na osnovu primene TDoA metoda. Sistem je predviđen za postavljanje na otvorenom. Integrirani prijemnik visokih performansi obavlja sve zadatke merenja signala i DF merenja. Ugrađeni računar obezbeđuje platformu za upravljački softver, a istovremeno kontroliše temperaturu i upravlja interfejsima. Sistem je dizajniran za spoljnu ugradnju na stubu ili krovu, što pojednostavljuje proces izbora lokacije. Veoma kratki antenski kablovi značajno povećavaju osetljivost sistema, i omogućavaju pouzdano merenje i precizno geolociranje čak i za predajnike male snage.

Daljinsko upravljanje je obezbeđeno preko Ethernet interfejsa sa ruterom, a opciono je moguće povezivanje preko GSM/3G/4G mobilnih radio mreža. Omogućen je rad sa softverskim paketima *Argus* (monitoring RF spektra) i *Ramon* (COMINT). Koriste se otvoreni interfejsi koji omogućavaju korisnicima i sistem integrorima da razviju sopstveni upravljački softver. Modularni dizajn omogućava da se sistem optimalno koristi u različitim scenarijima primene.

Izgled uređaja je prikazan na slici 5.26.



Slika 5.26 – Izgled CRFMS uređaja R&S UMS300 predviđenog za *outdoor* primene

Osnovne karakteristike CRFMS R&S UMS300 su:

- predstavlja kompletan sistem za monitoring RF spektra, DF merenja i geolokaciju u kompaktnom kućištu otpornom na vremenske uslove;
- omogućen je monitoring RF spektra i DF merenja u skladu sa ITU-R SM preporukama;
- omogućena je geolokacija korišćenjem DF, TDoA i hibridnog TDoA/DF metoda;
- podržan je širok RF opseg od 9 kHz do 6 GHz (DF merenja u RF opsegu od 300 kHz do 6 GHz);
- podržano je brzo skeniranje sa do 12 GHz/s u celom frekvencijskom opsegu;
- širina IF spektra i demodulacija signala širine do 20 MHz;
- omogućeno višekanalno izdvajanje DDC signala unutar opsega u realnom vremenu;
- integrisan je GPS sa vremenskom oznakom visoke preciznosti za TDoA merenja;

- podržana su DF merenja uz primenu DF antena sa horizontalnom i/ili vertikalnom polarizacijom, kao i DF antena sa aktivnim/pasivnim prebacivanjem;
- podržana je TDoA geolokacija;
- podržana je hibridna TDoA/DF geolokacija. Podržan je fleksibilan izbor odgovarajuće metode, pri čemu se za obe metode koristi isti hardver, uz gotovo istovremenu primenu oba metoda;
- podržano je automatsko snimanje I/Q strima sa vremenskom oznakom visoke preciznosti;
- podržano je daljinsko upravljanje preko LAN-a i mobilnih radio mreža;
- ima fleksibilno napajanje (AC i DC).

#### 5.1.2.4. Jednokanalni merni prijemnici i DF uređaji proizvođača R&S za primenu u reku ili posebnom kućištu

Jednokanalni merni prijemnici kompanije R&S pokrivaju RF opseg od 8 kHz do 26.5 GHz i mogu detektovati čak i frekvencijski agilne signale veoma kratkog trajanja. U tabeli 5.15, prikazani su R&S merni prijemnici predviđeni za ugradnju u reku ili posebna kućišta, pri čemu su date samo generalne karakteristike, dok je detaljan pregled tehničkih karakteristika ovih mernih prijemnika dat u tabeli 5.16.

Tabela 5.15 – Osnovne tehničke karakteristike jednokanalnih mernih prijemnika kompanije R&S namenjenih za instalaciju u reku ili posebnom kućištu

KLJUČNE KARAKTERISTIKE	EM100	EM200	EB500	EB510	ESMD	ESME
Radni opseg učestanosti	9kHz - 7.5 GHz	8 kHz – 8 GHz	8 kHz – 6 GHz	8 kHz – 32 MHz	8 kHz – 26.5 GHz	8kHz – 18GHz
Opseg učestanosti za DF merenja	20 MHz – 6 GHz		200 kHz – 6 GHz	/	300 kHz – 8.2 GHz	300 kHz – 8.2 GHz
IBW	10 MHz	40 MHz	20 MHz	32 MHz	80 MHz	
Širina opsega za demodulaciju	500 MHz	40 MHz	20 MHz	5 MHz	20 MHz	
Brzina skeniranja za monitoring spektra	1.8 GHz/s za 100 kHz rez.	47 GHz/s za 1 MHz rez.	22 GHz/s za 1 MHz rez.	60 GHz/s za 100 kHz rez.	90 GHz/s za 2 MHz rez.	110 GHz/s za 2 MHz rez.

#### **Kompaktan digitalni merni prijemnik R&S EM100**

Kompaktan digitalni prijemnik R&S EM100 podržava širok skup funkcija za monitoring radio signala, otkrivanje smetnji, geolokaciju predajnika male snage, a može funkcionisati i kao ručni prijemnik. Uređaj je izuzetno kompaktan i troši veoma malo energije. R&S EM100 predstavlja optimalno rešenje za sisteme sa malim budžetom, pošto predstavlja dobar odnos cene i tehničkih mogućnosti. U kombinaciji sa softverom za analizu (kao što je R&S CA100), obezbeđuje prijem i analizu signala koji pokrivaju širok RF opseg od 9 kHz do 7.5 GHz, pri čemu prijemnik može da radi sa različitim antenama, npr. širokopojasne omnidirekcionne antene i usmerene antene. Prijemnik nudi širok spektar funkcionalnosti.

Daljinsko upravljanje je obezbeđeno preko Ethernet interfejsa sa ruterom, a opciono je moguće povezivanje preko GSM/3G/4G mobilnih radio mreža. Podržan je rad sa softverskim paketom *Argus*. Modularni dizajn omogućava da se sistem optimalno koristi u različitim

scenarijima primene. Zahvaljujući svojoj kompaktnoj veličini i maloj težini, R&S EM100 je pogodan za primenu u vozilima, avionima i bespilotnim letelicama (UAV).

Izgled uređaja je prikazan na slici 5.27.

Osnovne karakteristike mernog prijemnika R&S EM 100 su:

- brzo panoramsko skeniranje sa do 1.8 GHz/s u celom RF opsegu od 9 kHz do 7.5 GHz;
- trenutna širina spektra (IBW) je 10 MHz, a demodulacija se obavlja sa propusnim opsegom od 150 Hz do 500 kHz;
- podržana su automatska DF merenja u RF opsegu 20 MHz do 6 GHz;
- prikaz spektra i spektrograma korišćenjem softvera R&S EM100-Control;
- podržana sinhronizacija frekvencije i vremenska sinhronizacija pomoću R&S ESMD-IGT internog GPS modula;
- podržane su vremenske oznake (*time stamps*) visoke preciznosti u I/Q strimu podataka za potrebe umrežavanja u okviru TDoA sistema;
- postoji LAN interfejs za daljinsko upravljanje i za izvoženje podataka;
- karakteriše ga mala potrošnja energije iz autonomnog izvora napajanja;
- podržana klasifikacija i analiza signala širine do 500 kHz, i to analognih i digitalnih modulacija, korišćenjem softvera R&S CA100;
- odlikuje ga mala težina (oko 2,5 kg).



Slika 5.27 – Izgled mernog prijemnika R&S EM100

### **Kompaktni digitalni merni prijemnik R&S EM200**

Kompaktni digitalni merni prijemnik R&S EM200 se može koristiti kao prijemnik za monitoring RF spektra i DF prijemnik. Zbog svoje kompaktnosti, veličine i male potrošnje energije, može se koristiti kao samostalna merna stanica ili integrisana u različita rešenja FMS sa posadom ili bez posade. Povoljan odnos cena i performansi čini ga osnovnim i pogodnim alatom za većinu aplikacija za monitoring RF spektra, ali i COMINT primene. Posедуje sofisticirani stepen preselekcije, čime se rad prijemnika štiti od preopterećenja usled jakih ulaznih RF signala. Sadrži interni stepen prepojačavača sa velikim pojačanjem, pri čemu je obezbeđena dobra osetljivost. Ostvareni dinamički opseg čini ovaj prijemnik pogodnim za različite scenarije primene. Prijemnik omogućava virtuelnu kontrolu prednjeg panela.

Tabela 5.16 – Detaljne tehničke karakteristike mernih prijemnika R&amp;S EM100, R&amp;S EM200, R&amp;S EB500, R&amp;S ESMD i R&amp;S ESMS

SPECIFIKACIJE		EM100		EM200	EB500	ESMD			ESME	
Opseg učestanosti	Osnovna jedinica	9 kHz - 3.5 GHz		8 kHz – 8 GHz	20 MHz - 3.6 GHz	20 MHz - 3.6 GHz			20 MHz – 6 GHz	
		R&S EM100-FE	9 kHz - 7.5 GHz		R&S EB500-HF	8 kHz - 3.6 GHz	R&S ESMD-HF	8 kHz - 3.6 GHz	R&S ESME-HF	8 kHz – 6 GHz
					R&S EB500-FE	20 MHz – 6 GHz	R&S ESMD-SHF	20MHz-26.5GHz	R&S ESME-HF i R&S ESME-MW18	8 kHz – 18 GHz
							+ R&S MC40	20 MHz – 40 GHz		
R&S EB500-HF i R&S EB500-FE	8 kHz – 6 GHz	R&S ESMD-HF R&S ESMD-SHF	8 kHz-26.5GHz	Spoljni R&S MC40 koji zahteva R&S ESME-MW18	Do 40 GHz					
		+ R&SMC40	8 kHz – 40 GHz							
RF impedansa		50 Ω								
Predselekcija	9 kHz do 30 MHz	30 MHz NF								
	20 MHz do 1.5 GHz	Podešeni PO								
	1.5 GHz do 7.5 GHz	Kombinacija VF i NF								
IF opseg	demodulacija, nivo i ofset merenja (3dB opseg), 34 filtara *38 filtara za EM200	150/300/600 Hz, 1.5/2.4/6/9/15/30/50/120/150/250/300/500 kHz	100/150/300/600 Hz, 1/1.5/2.1/2.4/2.7/3.1/4/4.8/6/9/12/15/A TC25/30/50/75/120/150/250/300/500/800 kHz, 1.25/1.5/2/5/8/10/12.5/15/20/40 MHz	100/150/300/600 Hz, 1/1.5/2.1/2.4/2.7/3.1/4.4.8/6/9/12/15/30/50/120/150/250/300/500/800 kHz, 1/1.25/1.5/2/5/8/10/12.5/15/20 MHz	100/150/300/600 Hz, 1/1.5/2.1/2.4/2.7/3.1/4.4.8/6/9/12/15/30/50/120/150/250/300/500/800 kHz, 1/1.25/1.5/2/5/8/10/12.5/15/20 MHz					



Demodulacija	Svi IF opsezi	AM, FM, pulse, I/Q	AM, FM, PM, pulse, I/Q	AM, FM, φM, pulse, ISB, I/Q	AM, FM, φM, pulse, ISB, I/Q, analog TV	
	IF opsezi ≤ 1 kHz		ISB			
	IF opsezi ≤ 8 kHz			LSB, USB, CW, ISB		
	IF opsezi ≤ 9 kHz	USB, CW, LSB	LSB, USB, CW		LSB, USB, CW, ISB	
	IF opsezi ≤ 15 kHz	ISB				
FFT IF panorama	FFT	<i>gap-free, dynamically overlapping FFT, do 4096 tačaka</i>				
	FFT režim rada	<i>automatic or variable with selectable frequency resolution</i>				
	Selektabilna rezolucija frekvencije		0.625/1.25/2.5/3.125/6.25/12.5/25/31.25/50/62.5/100/125/200/250/312.5/500/625 Hz, 1/1.25/2/2.5/3.125/5/6.25/8.333/10/12.5/20/25/50/100/200/500 kHz, 1/2MHz	0.625/1.25/2.5/3.125/6.25/12.5/25/31.25/50/62.5/100/125/200/250/312.5/500/625 Hz, 1/1.25/2/2.5/3.125/5/6.25/8.333/10/12.5/20/25/50/100/200/500 kHz, 1/2 MHz	0.625/1.25/2.5/3.125/6.25/12.5/25/31.25/50/62.5/100/125/200/250/312.5/500/625 Hz, 1/1.25/2/2.5/3.125/5/6.25/8.333/10/12.5/20/25/50/100/200/500 kHz, 1/2 MHz	
IF raspon	Osnovna jedinica	1 kHz do 10 MHz, 1/2/5/10/20/50/100/200/500 kHz, 1/2/5/10 MHz	1/2/5/10/20/50/100/200/500 kHz, 1/2/5/10/20/40 MHz		1/2/5/10/20/50/100/200/500 kHz, 1/2/5/10/20 MHz	
					R&S ESMD-ADC2 i R&S ESMD-WB	Dodatnih 40 MHz i 80 MHz
Prikaz IF spektra	<i>normal (clear/write), average, max. hold, min. hold</i>	<i>Trace</i>	<i>clear/write, max. hold, min. hold, average</i>	<i>clear/write, average, max. hold, min. hold, histogram, pulse</i>	<i>clear/write, average, max. hold, min. hold, histogram, pulse</i>	
		<i>Display</i>	<i>auto peak, positive peak</i>			
		<i>FFT</i>	<i>auto peak, positive peak, negative peak, average, sample</i>			
Opseg u	HF					Do 20 MHz

realnom vremenu	VHF/UHF sa R&S ESME-ADC2 i R&S ESME-WB opcijama						Do 80 MHz
	demodulacija						Do 20 MHz
Brzina skeniranja	Osnovna jedinica			1/2/5/10/20/50/100/200/500 kHz, 1/2/5/10/20 MHz			
							R&S ESME-PS i R&S ESME-WB Do 110 GHz/s za 2 MHz rez. opsega
Skeniranje memorije	Brzina	Do 150 kanala/s	Do 1000 kanala/s	Do 1200 kanala/s	Do 1200 kanala/s		
	Opis	1024, programabilnih	10000 programabilnih memorijskih lokacija	10000 programabilnih memorijskih lokacija	10000 programabilnih memorijskih lokacija		
Skeniranje frekvencije	Brzina	Do 150 kanala/s	Do 2000 kanala/s	Do 1500 kanala/s	Do 1500 kanala/s		
	Opis	programabilne	Odabir početne i krajnje učestanosti i odabir koraka	Odabir početne i krajnje učestanosti i odabir koraka	Odabir početne i krajnje učestanosti i odabir koraka		
Panoram. skenirane	Brzina	Do 1.8 GHz/s	47 GHz/s (1 MHz RBW) 44 GHz/s (0.1 MHz RB) 36 GHz/s (25 kHz RBW)	Do 75 GHz/s	U opsegu do 400 GHz/s Sa R&S ESMD-WB do 1300 GHz/s		
	Opis	Izbor početne i krajnje učestanosti i odabir koraka, 125/250/500/625 Hz, 1.25/2.5/3.125/6.25/12.5/25/50/100 kHz	R&S CS-PS opcija RF spektar sa odabirom početne i krajnje učestanosti i koraka 100/125/200/250/500/625 Hz, 1/1.25/2/2.5/3.125/5/6.25/8.333/10/12.5/20/25/50/100/200/500 kHz, 1/2 MHz	R&S EB500-PS opcija RF spektar sa odabirom početne i krajnje učestanosti i koraka 100/125/200/250/500/625 Hz, 1/1.25/2/2.5/3.125/5/6.25/8.333/10/12.5/20/25/50/100/200/500 kHz, 1/2 MHz	R&S ESMD-PS opcija RF spektar sa odabirom početne i krajnje učestanosti i koraka 100/125/200/250/500/625 Hz, 1/1.25/2/2.5/3.125/5/6.25/8.333/10/12.5/20/25/50/100/200/500 kHz, 1/2 MHz		
I/Q interfejs			LAN		≤ 1 MHz		
			10G Ethernet R&S CS-10G		1kHz-40MHz		R&S ESME-DIQ R&S RX-40G 40 Gbit, do 80 MHz

Opseg učestanosti za DF	Osnovna jedinica	20 MHz do 6 GHz	20 MHz do 6 GHz			Opciono AoA, sa R&S ESME-DF opcijom, 20 MHz do 6 GHz	
			R&S CS-DF 50/100/150/300/600 Hz, 1/1.5/2.1/2.4/2.7/3.1/4/4. 8/6/8.333/9/12/15/25/30/ 50/75/120/150/250/300/5 00/800/1000/ 1250 kHz, 1.5/2 MHz			R&S ESME-HF	300 kHz – 6 GHz
						R&S ESME-MW18	20 MHz - 8.2 GHz
						R&S ESME-HF i R&S ESME-MW18	300 kHz - 8.2 GHz
DF opseg u realnom vremenu	Širokopolasni DF					Do 20 MHz	
Tačnost DF	Svi opsezi		0.5° RMS			0.2° RMS	
Sistemska DF tačnost			Zavisno od DF antene, 1° RMS tipično				
	80 MHz - 1.3 GHz					0.5° RMS	
	20 MHz – 80 MHz i 1.3 GHz – 6 GHz					1° RMS	
Minimalno trajanje signala	<i>Single burst</i>						
	R&S ADD107		2 ms				
	R&S ADD207		1.5 ms				
	R&S ADD307		1.5 ms				
	R&S ADD317		1.5 ms				
Minimalno trajanje <i>burst-a</i>	Za <i>multi-burst</i> signale		0.5 ms				
Rezolucija prikaza	prilagodljiva		0.1° or 1°				
Režim rada			FFM, FSCAN, MSCAN				

Squelch mod				<i>off, gate, normal</i>			
Podržane DF antene				R&S ADD107, R&S ADD207, R&S ADD307, R&S ADD317			
Tipovi DF modulacije				svi			
DF metod		20 MHz - 173 MHz	<i>Watson-Watt</i>	Zavisi od antene			
		173 MHz - 6 GHz	Korelativ. interfer.				

R&S EM200 nudi veliki broj opcionih funkcionalnosti. Opremljen je mernim alatima za verifikaciju licence za prenos analognog signala u skladu sa tehničkim standardima ITU. Osim merenja nivoa signala i demodulacije signala, podržane su funkcije nultog raspona i spektra koje pomažu korisnicima da analiziraju *burst*-ove ili impulsne signale, što omogućava da se ispituju pojedinačni kanali u režimu prenosa. Za razrešenje odvojenih superponiranih, impulsnih signala, koje nije lako razlikovati korišćenjem spektralne analize, može se koristiti polihromna funkcija. Za analizu i kreiranje sadržaja na mreži, nude se rešenja u rasponu od prenosa jednostavnih spektralnih podataka i demodulisanog zvuka, do prenosa kontinualnog I/Q strima za punu širinu spektra od 40 MHz. Digitalni tokovi podataka su označeni veoma preciznim vremenskim oznakama (*time stamps*). Prijemnik poseduje opciju DF merenja sa kompaktnim R&S ADDx07 DF antenama, pri čemu se ovaj merni prijemnik može lako nadograditi za DF merenja u RF opsegu od 20 MHz do 6 GHz.

Umrežavanjem više R&S EM200 prijemnika, uz korišćenje ugrađenih GNSS modula, dodatno je podržana precizna geolokacija zasnovana na primeni TDoA metoda u celom RF opsegu. Pored rada sa standardnim sistemskim i analitičkim softverom kompanije R&S, prijemnik poseduje otvorene interfejske za podatke i kontrolu, kao i dva antenska ulaza koji pokrivaju kompletan RF opseg.

Izgled uređaja je prikazan na slici 5.28.

Osnovne karakteristike mernog prijemnika R&S EM200 su:

- brzo skeniranje sa brzinom do 47 GHz/s u celom RF opsegu od 8 kHz do 8 GHz;
- omogućena je paralelna analiza signala u vremenskom i frekvencijskom domenu do 40 MHz propusnog opsega;
- podržan je opsežan predizbor (preseletivni filtri) i automatska zaštita od preopterećenja;
- DF merenja su zasnovana na AoA sa R&S kompaktnim DF antenama koje rade u RF opsegu od 20 MHz do 6 GHz (opciono);
- podržan I/Q striming za širine IF BW do 40 MHz sa 10 Gbit interfejsom;
- merni prijemnik je jednostavan za rukovanje;
- prijemnik je kompaktan i pogodan za korišćenje kao samostalno rešenje ili integrisan u sistemsku rešenja (sisteme za monitoring RF spektra);
- malih je dimenzija i teži samo 3,5 kg.



Slika 5.28 – Izgled mernog prijemnika R&S EM200

### Merni prijemnik R&S EB500

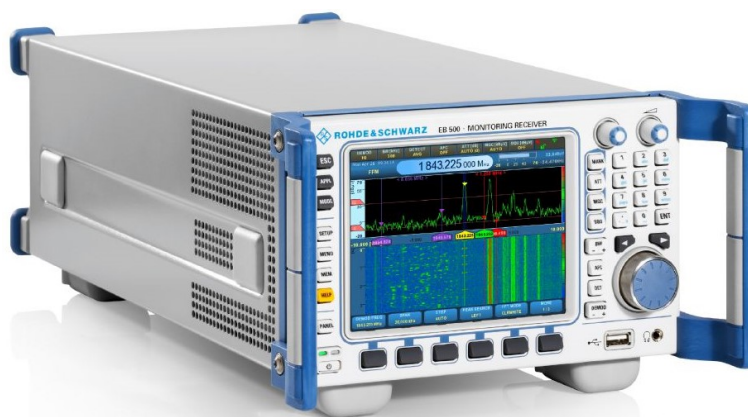
Merni prijemnik R&S EB500 je predviđen za rad u širokom RF opsegu od 8 kHz do 6 GHz, pri čemu ga karakterišu dobre karakteristike prijema, propusni opseg širine 20 MHz u realnom vremenu i veliki broj dodatnih funkcionalnosti. Zahvaljujući ugrađenim fazama preselekcije, prijemnik se može direktno povezati na širokopoljasne antene za nadzor. Pored toga, dostupan je komplet za nadogradnju u cilju prevođenja prijemnika za monitoring RF spektra u jednokanalni DF uređaj.

Svi rezultati se dobijaju kao izlaz preko LAN interfejsa prijemnika, uključujući: spektar (rad u realnom vremenu i režim skeniranja), spektrogram, demodulisane audio informacije, podatke o merenju nivoa signala i I/Q podacima u osnovnom opsegu.

Izgled uređaja je prikazan na slici 5.29.

Osnovne karakteristike mernog prijemnika R&S EB500 su:

- podržana su merenja i primene u skladu sa ITU-R preporukama za bezbednosne organe i organizacije;
- podržan je širok radni opseg učestanosti od 8 kHz do 6 GHz, pri čemu osnovna jedinica podržava RF opseg od 20 MHz do 3.6 GHz;
- širina spektra IF signala u realnom vremenu je 20 MHz;
- podržani su različiti prikazi rezultata;
- omogućena je integracija u softverske pakete koji se mogu podesiti za specifične korisnike i to korišćenjem otvorenih interfejsa;
- podržano je interno snimanje i reprodukcija spektra i "waterfall" podataka;
- obezbeđen je prikaz karte sa GPS pozicijom (na prednjoj ploči ili na eksternom R&S EB500-GUI softveru).



Slika 5.29 – Izgled mernog prijemnika R&S EB500

### Merni prijemnik R&S ESMD

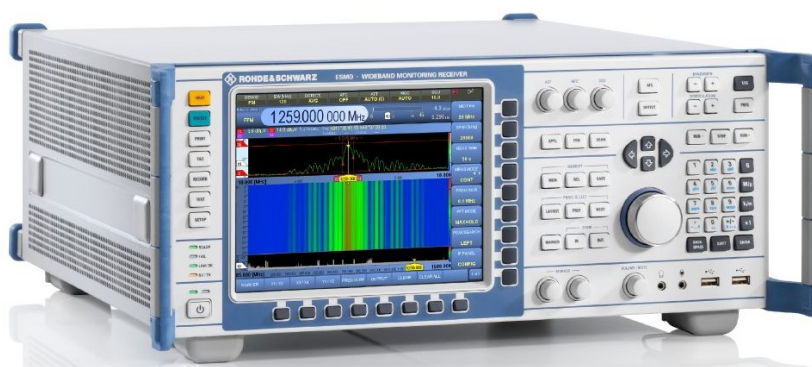
Merni prijemnik R&S ESMD predviđen je za rad u širokom RF opsegu od 8 kHz do 40 GHz, i karakterišu ga veoma visoke performanse prijema, kao i trenutni propusni opseg od 80 MHz, pri čemu osnovna jedinica podržava 20 MHz, i veliki broj dodatnih funkcionalnosti. Zbog podržanih faza preselekcije, prijemnik se može direktno povezati na širokopoljasnu antenu za monitoring RF spektra. Dostupan je komplet za nadogradnju zahvaljujući kojem ovaj prijemnik postaje jednokanalni DF uređaj. Hardverski ubrzana višekanalna obrada

obezbeđuje efikasan prenos podataka do 128 paralelnih kanala preko 1 Gbit LAN interfejsa. Svi rezultati se mogu poslati na LAN interfejs uključujući spektre (rad u realnom vremenu i režim skeniranja), „waterfall“ podatke (spektrogram), demodulisane audio informacije, podatke merenja nivoa signala i I/Q strim u osnovnom opsegu.

Izgled uređaja je prikazan na slici 5.30.

Osnovne karakteristike mernog prijemnika R&S ESMD su:

- podržana su merenja i aplikacije u skladu sa ITU preporukama za bezbednosne organe i organizacije;
- podržan je širok RF opseg od 8 kHz do 40 GHz, pri čemu osnovna jedinica podržava rad u RF opsegu od 20 MHz do 3.6 GHz;
- trenutni propusni opseg do 80 MHz, pri čemu osnovna jedinica podržava 20 MHz;
- omogućena je analiza signala u vremenskom domenu za propusni opseg do 20 MHz;
- podržano je snimanje događaja u realnom vremenu, za I/Q snimke, kao i reprodukcija u realnom vremenu;
- podržani su različiti načini prikaza rezultata;
- podržano je interno snimanje i reprodukcija spektra;
- omogućen je prikaz karte sa GNSS pozicijom.



Slika 5.30 – Izgled mernog prijemnika R&S ESMD

### **Merni prijemnik R&S ESME**

R&S ESME je širokopolasni merni prijemnik namenjen za monitoring RF spektra sa trenutnim propusnim opsegom do 80 MHz. Prijemnik je dizajniran za detekciju signala, analizu signala i digitalni striming I/Q podataka uz rad u širokom RF opsegu od 8 kHz do 40 GHz. Zahvaljujući velikom dinamičkom opsegu i brzini skeniranja spektra do 110 GHz/s, mogu se pouzdano detektovati i meriti signali niskog intenziteta, koje karakteriše mala verovatnoća presretanja (LPI, *Low Probability of Intercept*), i to u blizini predajnika velike snage. Prijemnik podržava širok skup funkcija za detekciju i analizu neželjenih emisija, kao i za višekanalnu obradu, klasifikaciju, demodulaciju i kontinuirano I/Q strimovanje nepoznatih signala od interesa. Sva merenja se mogu snimiti za kasniju dokumentaciju i dalju analizu van mreže u kojoj je uključen prijemnik. Omogućeno je snimanje različitih informacija, podaci o snimcima spektra, podaci za demodulisane audio sadržaje, odnosno širokopolasni I/Q snimci dobijeni za maksimalni trenutni propusni opseg od 80 MHz. Ukoliko se kombinuje sa R&S jednokanalnim DF antenama, može se nadograditi u DF uređaj koji radi u RF opsegu od

300 kHz do 8.2 GHz. U mreži više R&S ESME prijemnika, primenom internog GNSS modula, podržana je i funkcionalnost TDoA merenja i geolokacije za ceo podržani RF opseg.

Posebne prednosti ovog mernog prijemnika su odlične RF performanse u svim bitnim RF opsezima, podrška funkcije trigera za snimanje događaja u realnom vremenu i za automatsko detektovanje sporadičnih, impulsnih i kratkotrajnih radio signala, i istovremena reprezentacija signala u frekvencijskom i vremenskom domenu. Omogućeno je daljinsko upravljanje preko prednjeg panela ili LAN interfejsa. Raznovrsni i dobro dokumentovani interfejsi za podatke i kontrolu čine ga jednostavnim za integraciju. Izgled uređaja je prikazan na slici 5.31.

Osnovne karakteristike mernog prijemnika R&S ESME su:

- podržan je monitoring RF spektra visokog kvaliteta potpuno u skladu sa ITU-R SM preporukama u RF opsegu od 8 kHz do 40 GHz, pri čemu osnovna jedinica podržava rad u RF opsegu od 20 MHz do 6 GHz;
- omogućena su precizna DF merenja u skladu sa ITU-R SM preporukama u RF opsegu od 300 kHz do 8.2 GHz, tj. za osnovnu jedinicu u RF opsegu od 20 MHz do 6 GHz, kao i podrška za geolokaciju uz primenu TDoA metoda, odnosno podrška za hibridnu TDoA/DF geolokaciju u celom podržanom RF opsegu;
- karakteriše ga izuzetna linearnost prijemnika, pa je stoga optimizovan za merenje radio emisija niskog intenziteta u složenim RF okruženjima, pri čemu je omogućen rad sa trenutnom širinom spektra do 80 MHz, pri čemu osnovna jedinica podržava 20 MHz;
- podržano je brzo panoramsko skeniranje sa brzinama skeniranja do 110 GHz/s;
- podržana je istovremena analiza frekvencijskog i vremenskog domena za signale širine spektra do 20 MHz;
- podržan je namenski širokopolasni I/Q koncept striminga za RF signale širine spektra do 80 MHz sa mogućnošću reprodukcije i obrade u realnom vremenu;
- integrisana je hardverski ubrzana višekanalna digitalna obrada signala, koja podržava mogućnost istovremne obrade velikog broja uskopojasnih kanala, automatsku detekciju i klasifikaciju u kombinaciji sa eksternim softverom za analizu signala R&S CA120.



Slika 5.31 – Izgled mernog prijemnika R&S ESME

#### 5.1.2.5. Pregled neusmerenih antena proizvođača R&S

U tabeli 5.17 prikazane su osnovne informacije o neusmerenim (omnidirekcionim) antenama proizvođača R&S. Osim toga, na raspolaganju je širok izbor jednokanalnih i višekanalnih DF antenskih sistema.



Tabela 5.17 – Osnovni pregled neusmerenih (omnidirekcionih) antena proizvođača R&amp;S

SPECIFIKACIJE	MONITORING RF SPEKTRA	PRENOS	FREKVENCIJSKI OPSEG	POLARIZACIJA	TIP
Stacionarne					
R&S AC004L1	Dobitak 2dB	NE	18GHz – 26.5GHz	Levo cirkularna	Pasivna
R&S AC004L2	Dobitak 2dB	NE	26.5GHz – 40GHz	Levo cirkularna	Pasivna
R&S AC004R1	Dobitak 2dB	NE	18GHz – 26.5GHz	Desno cirkularna	Pasivna
R&S AC004R2	Dobitak 2dB	NE	26.5GHz – 40GHz	Desno cirkularna	Pasivna
R&S AU600	Vert. pol. (sa LNA) -30dB/20MHz-15dB/8GHz, (bez LNA) -52dB/20MHz-(-13)dB/8GHz, Hotiz. pol. (sa LNA) -40dB/20MHz-20dB/8GHz, (bez LNA) -60dB/20MHz-(-5)dB/8GHz,	NE	20MHz – 8GHz	Linearna horizontalna i vertikalna	Aktivna
R&S HA230/403	Dobitak zavisno od instalacije	NE	1.5MHz – 30MHz	Linearna horizontalna i vertikalna	Pasivna
R&S HE309E	Dobitak -6dB (2MHz) do 21dB (1.3GHz)	NE	20MHz – 1.3GHz	Linearna vertikalna	Aktivna
R&S HE314A1	Dobitak -14dB do 5dB	NE	20MHz – 500MHz	Linearna horizontalna(na horizontu), levo cirkularna(90° elevacije)	Aktivna
R&S HE500	Dobitak -26dBi(20MHz) do 3dBi (3GHz)	NE	20MHz – 3GHz	Linearna vertikalna	Aktivna
R&S HE600	Dobitak -6dBi(20MHz) do 13dBi (8GHz)	NE	20MHz – 8GHz	Linearna vertikalna	Aktivna
R&S HF214	Dobitak 0.6dBi(500MHz) do 3.3dBi(1.3GHz)	NE	500MHz – 1.3GHz	Linearna horizontalna	Pasivna
R&S HF902	Vert. polarizacija 0.5dBi/1GHz-4.1dBi/3GHz, Hotiz. polarizacija 0.7dBi/1GHz-2.3dBi/3GHz	NE	1GHz – 3GHz	Linearna horizontalna i vertikalna	Pasivna
R&S HF907OM	Dobitak 6dBi do 5dBi	NE	800MHz – 26.5GHz	Linearna vertikalna	Pasivna
R&S HK001E	Dobitak 2dBi	Maks. ulazna snaga 400W CW	225MHz – 450MHz	Linearna vertikalna	Pasivna

R&S HK012E	Dobitak 2dBi	Maks. ulazna snaga 400W CW	100MHz – 174MHz	Linearna vertikalna	Pasivna
R&S HK014E	Dobitak 2dBi	Maks. ulazna snaga 1kW CW do 200MHz	100MHz – 2GHz	Linearna vertikalna	Pasivna
R&S HK033	Dobitak 2dBi	Maks. ulazna snaga 860W +100%AM, 100MHz	80MHz – 2GHz	Linearna vertikalna	Pasivna
R&S HK309	Dobitak 24dBi (20MHz) do -2dBi (1.3GHz)	NE	20MHz – 1.3GHz	Linearna vertikalna	Pasivna
Mobilne i polu-mobilne					
R&S AC004L1	Dobitak 2dBi	NE	18GHz – 26.5GHz	Levo cirkularna	Pasivna
R&S AC004L2	Dobitak 2dBi	NE	26.5GHz – 40GHz	Levo cirkularna	Pasivna
R&S AC004R1	Dobitak 2dBi	NE	18GHz – 26.5GHz	Desno cirkularna	Pasivna
R&S AC004R2	Dobitak 2dBi	NE	26.5GHz – 40GHz	Desno cirkularna	Pasivna
R&S AC005	0dBi-5dBi(0.6GHz-18GHz), 0dBi(18GHz-40GHz)	NE	500MHz – 40GHz	Linearna, nagnuta	Pasivna
R&S HE010D	-55dBi-13dBi (100kHz-100MHz)	NE	100kHz – 100MHz	Linearna horizontalna ili vertikalna	Aktivna
R&SHE010E	-65dBi-11dBi (8.3kHz-100MHz)	NE	8.3kHz – 100MHz	Linearna vertikalna	Aktivna
R&S HE016	Vert. polarizacija -88dBi/9kHz-(-8)dBi/80MHz, Horiz. polarizacija -48dBi/0.6MHz-(-12)dBi/40MHz	NE	9kHz – 80MHz (vert. pol.), 600kHz – 40MHz (horiz. pol.)	Linearna horizontalna i vertikalna	Aktivna
R&S HE500	Dobitak -26dBi (20MHz) do 3dBi (3GHz)	NE	20MHz – 3GHz	Linearna vertikalna	Aktivna
R&S HE600	Dobitak -6dBi (20MHz) do 13dBi (8GHz)	NE	20MHz – 8GHz	Linearna vertikalna	Aktivna
R&S HF907OM	Dobitak 1dBi do 5dBi	NE	800MHz – 26.5GHz	Linearna vertikalna	Pasivna

### 5.1.3. Raspoloživa merna oprema i softver kompanije *CRFS Inc.*

Kompanija *CRFS Limited* (u daljem tekstu *CRFS*), [5-3], sa sedištem u SAD, ima dugododišnje iskustvo u dizajnu i proizvodnji merne opreme i softvera, kao i u projektovanju i izgradnji sistema namenjenih monitoringu RF spektra, upravljanju spektrom, odnosno geolokaciji izvora detektovanih radio-emisija. Merna oprema, softver i usluge kompanije *CRFS* namenjene su regulatornim telima (*NRA*), vojnim korisnicima, i drugim korisnicima iz oblasti bezbednosti i nacionalne sigurnosti, ali i civilnim korisnicima (npr. operaterima mobilnih mreža). Osim opreme, *CRFS* korisnicima nudi i kompletnu podršku u domenu projektovanja, izgradnje i održavanja sistema za monitoring RF spektra, ali i optimizacije sistema u toku operativnog rada. U oblasti monitoringa RF spektra, DF merenja i geolokacije, *CRFS* je razvio specifična rešenja RF senzorskih uređaja, koji se u kombinaciji sa softverskim paketima specifično razvijenih za rad sa ovim uređajima koriste za realizaciju sistema za monitoring RF spektra. Pri tome, ponuđena rešenja omogućavaju realizaciju geolokacije izvora detektovanih emisija primenom više različitih metoda. RF senzori kompanije *CRFS* projektovani su tako da imaju visoke performanse prijemnika, ali i da budu kompaktni, robustni i modularni.

U svom portfoliju *CRFS* nudi određena specifična rešenja u domenu upravljanja spektrom i monitoringom RF spektra namenjena upravo za potrebe *NRA*. Odnosno, nude se inteligentni sistemi za monitoring i upravljanje RF spektrom u realnom vremenu, uključujući savremenu mernu opremu, i to: RF senzori iz serije *RFeye Nodes*, integrisane platforme sa prijemnicima i DF antenskim sistemima iz serije *RFeye Arrays*, kao i odgovarajući softverski paketi *RFeye Site* i *RFeye Mission*. Pri tome, *CRFS* saraduje sa regulatornim telima širom sveta u razvoju i primeni rešenja koja podržavaju prikupljanje i analizu svih ključnih podataka bitnih za monitoring RF spektra i specifičnih kampanja merenja u skladu sa ITU preporukama. Sistemi razvijeni korišćenjem opreme *CRFS* (na osnovu prikazanih specifikacija) omogućavaju nadgledanje stepena korišćenja različitih RF opsega, uključujući zauzetost spektra u vremenu, po lokaciji i po snazi, koji se mogu koristiti za zaštitu raspodele spektra (pružanjem dokaza o korišćenju) ili za prenamenu dodela spektra za nedovoljno iskorišćene RF opsege. Pri tome, *CRFS* nudi širok spektar fleksibilnih opcija primene, i to fiksne, mobilne i prenosive stanice za monitoring RF spektra i geolokaciju (predviđenih za montažu na stubovima ili zgradama), uključujući rešenja sa podrškom DF merenja, kao i specifična rešenja namenjena za snimanje signala u RF opsezima korišćenjem snimača (eng. *recorder*) strimova I/Q odbiraka.

U proizvodnji merne opreme, softvera i sistema za potrebe monitoringa RF spektra, *CRFS* je posebnu pažnju posvetio problemu geolokacije izvora detektovanih radio-emisija. U tom domenu *RFeye* serija proizvoda podržava geolokaciju na osnovu primene DF (*AoA*) metoda, *TDoA* metoda, *PoA* metoda, kao i različitih hibridnih metoda, uključujući hibridni *TDoA/DF* metod, pri čemu su rešenja *CRFS* u stanju da detektuju, klasifikuju i lociraju signale od interesa na širokom postornom području.

Softverska rešenja *CRFS* su posebno dizajnirana za tzv. kumulativno praćenje na bazi DF metoda pri primeni u *MMS*, pri čemu se podatak o lokaciji određuje iterativno korišćenjem višestrukih linija pravaca (*LoB*, *Line of Bearing*) dobijenih pomeranjem DF antenskog niza na *MMS*. Pri tome, moguće je istovremeno vršiti određivanje pravaca dolaska za više signala. Dodatno, sistem za DF merenja omogućava filtriranje pogrešno određenih pravaca dolaska signala usled postojanja višestruke propagacije, čime se minimizira degradacija tačnosti DF merenja u složenim urbanim okruženjima.

Kako bi se pojednostavilo planiranje i primena sistema za monitoring RF spektra, pri čemu je za neke tipove emisija od interesa pogodnije koristiti DF (*AoA*) metod, a za druge

TDoA metod geolokacije, rešenja CRFS podržavaju hibridni pristup u kome je merna oprema i softer u stanju da podrži i DF (AoA) i TDoA merenja, odnosno da kasnije izvrši optimizaciju izlaza geolokacije kroz kombinovanje DF (AoA) i TDoA merenja. U tom smislu, fiksne i prenosive merne stanice na bazi primene *RFeye* opreme, mogu se umrežiti u cilju podrške fleksibilnog i hibridnog DF/TDoA rešenje za geolokaciju. Fiksne stanice se mogu primeniti tako da obezbede kontinuirani rad TDoA mreže za monitoring spektra, a alternativno *RFeye Arrays* mogu biti raspoređeni na fiksnim lokacijama da bi se omogućila istovremena DF i TDoA merenja. U okviru mreže se mogu kombinovati i merna vozila opremljena DF antenama, u pokretu ili raspoređena na lokacijama po potrebi. Na ovaj način mogu se formirati dodatni kapaciteti za monitoring u cilju ostvarenja što boljeg rezultata geolokacije primenom DF (AoA) i/ili TDoA. Pri tome, merna oprema CRFS omogućava da se ista oprema koja se koristi za geolokaciju RF signala, može koristiti i za opšte zadatke monitoringa i upravljanja RF spektrom.

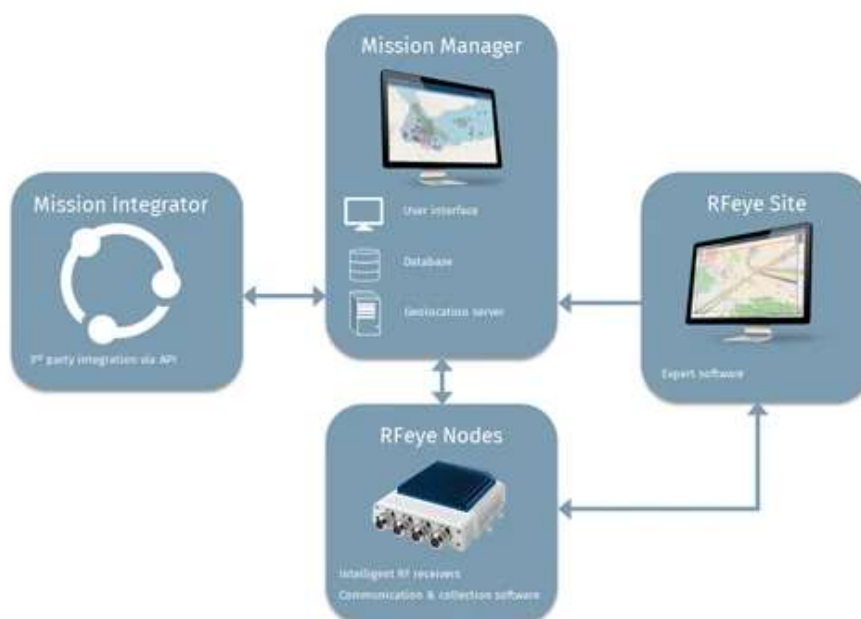
U nastavku ovog poglavlja, biće detaljnije opisani merna oprema i softver proizvođača CRFS koji su od direktnog interesa za predmet Studije, i to: serije RF senzorskih uređaja *RFeye Node* i integrisanih platformi prijemnika i DF antenskih sistema iz serije *RFeye Array*, koji se mogu koristiti za izgradnju kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (CRFMS tj. KDUS) u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i softverski paket *RFeye Mission* za automatizovano upravljanje sistemom za monitoring RF spektra i *RFeye Site* desktop aplikacija za potrebe praćanja i geolokacije u realnom vremenu.

### 5.1.3.1. Softverski paket *RFeye Mission* proizvođača CRFS

*RFeye Mission* predstavlja rešenje za automatizovano upravljanje spektrom i monitoringom RF spektra. Rešenje omogućava korisniku da iz raspoređenih *RFeye* mernih stanica izvuku sve korisne podatke iz RF spektra za potrebe upravljanja spektrom, bez angažovanja timova stručnjaka. Dizajniran je za primenu u kombinaciji sa *RFeye* mernim stanicama raspoređenim u širokim oblastima, kao i u manjim oblastima, kao što su gradovi ili granični pojasevi. Rad *RFeye Mission* se kontroliše preko interfejsa *web* pretraživača, i omogućava da se izvrši automatizovano zakazivanje monitoringa RF spektra. Pri tome se pregledi, skeniranje spektra i različiti tipovi istraživanja mogu brzo podesiti, dok se ovlašćeni predajnici, operativne zone i geolokacije jasno prikazuju, kao i detektovani incidenti, odnosno kreirani alarmi.

Arhitektura koja se koristi pri primeni *RFeye* rešenja u okviru *RFeye Mission* softvera je prikazana na slici 5.32, i sastoji se od familije integrisanih tehnologija:

- *Alata Mission Manager*, kao osnovnog softvera korisničkog interfejsa koji omogućava upravljanje mrežom RF senzora, upravljanje bazom podataka, i automatsku geolokaciju korišćenjem GMP (*Group Mission Processor*);
- *RFeye Node* i *RFeye Arrays*, robusnih RF senzorskih uređaja visokih performansi;
- *RFeye Node* softvera instaliranog na mernim prijemnicima, koji omogućava autonomnu komunikaciju i napredno prikupljanje signala, korišćenjem EMP (*Embedded Mission Processor*), NCP (*Node Control Protocol*) i PHD (*Phone Home Daemon*).
- *RFeye Site* aplikacije, koja omogućava manuelno izvođenje monitoringa RF spektra i geolokacije, iz koje se podaci mogu uneti direktno u *Mission Manager*;
- Integratora misije, koji se povezuje preko REST API (*REpresentational State Transfer Application Protocol Interface*), koristeći podatke u JSON format, kako bi se omogućio aplikacijama trećih strana da unose skupove podataka i izvore geolokacije direktno u *RFeye Mission*.



Slika 5.32 – Arhitektura sistema pri primeni *RFeye* rešena u okviru *RFeye Mission*.

Kao osnovne operativne i tehničke karakteristike *RFeye Mission* rešenja mogu se navesti:

- **Geolokacija.** Omogućena je automatska geolokacija signala od interesa na osnovu frekvencije, propusnog opsega, lokacije signala, vremena detekcije i snage signala, pri čemu se rezultat svake analize prikazuje na karti sa informacijama o geografskoj dužini, širini, i nadmorskoj visini (kada se koristi 3D TDoA), frekvenciji i širini spektra.
- **Automatizacija procesa.** Podrazumeva da su unapred definisani zadaci u domenu monitoringa RF spektra, koji se mogu zakazati, a zatim nadgledati preko interfejsa kalendara, pri čemu je dat jasan pregled šta se i kada dešava. Dodatno, obezbeđena je automatska signalizacija u slučaju detekcije incidenta (npr. detekcije kršenja uslova korišćenja, neovlašćenog prenosa i sl.). Ako se koriste IFDS (*Intermediate Frequency Data Stream*) podaci za rešavanje problema sa dometom detekcije, *RFeye Mission* softver učitava podatke za nekoliko sekundi i automatski kreira rasporede koji će pratiti RF spektar i generisati izveštaje o aktivnostima.
- **Vizuelizacija.** Podržana je primena jednostavnih alata za vizuelizaciju, pri čemu se koristi standardni interfejs *web* pretraživača za pružanje jasnih i jednostavnih pregleda RF okruženja. Prikaz karte jasno prikazuje ovlašćene predajnike i operativne zone, odnosno prikazuje rezultate geolokacije, kao i incidente i alarme po redosledu kako su se dešavali. Osim praćenja signala od interesa, može se podesiti i praćenje određene geografske zone. Na primer, *RFeye Mission* može pokrenuti upozorenja i aktivnosti ako se signal pomeri u ili iz definisanih zona. Moguće je preklapanje mapa dodavanjem sopstvenih slojeva (eng. *layer*). Podržana je i opcija TOI (eng. *Transmitter of Interest*), kojim se obeležava poznati predajnik koji treba da se nadgleda, pri čemu softver automatski prati kretanje TOI, zauzetost spektra i modulaciju, ili se TOI dodaje u zonu uključenja/isključenja. Rešenje omogućava i pregled spektra u realnom vremenu.
- **Upravljanje rasporedom.** Jasno se pokazuju planirani zadaci monitoringa RF spektra koji treba da se izvrše po mesecima, nedeljama i danima (eng. *Schedule Calendar*). Postoji i opcija pokrivenost spektra, kojom se omogućava prikaz rasporeda i zadataka u vremenu u odnosu na frekvenciju, da bi se proverilo da li se neki rasporedi preklapaju u

vremenu, a da se pritom obavljaju na istoj učestanosti. Ovo može ukazivati na to da dve ili više emisija mogu da izazovu smetnje na istom kanalu.

- **Izveštaji.** Omogućeno je automatsko generisanje brojnih izveštaja i podataka, kao što su izveštaji o izmerenoj snazi signala (promene u snazi), izveštaji o zauzetosti RF spektra (procentualna zauzetost dela spektra), ili tzv. *sweep data* (pokazuje da li se signali prenose unutar definisanog skupa RF opsega). Izveštaji se mogu automatski distribuirati svim zainteresovanim stranama.
- **Upravljanje.** Omogućeno je centralizovano upravljanje prijemnicima, trenutni pristup statusu sistema (uključujući status mernih stanica, servera, GPS i RF aktivnosti, obaveštenja o greškama), kao i upravljanje korisnicima (postoji visoka fleksibilnost u pogledu korisničkih dozvola).
- **Dodatni paket detektora signala od interesa (SOI, *Signal of Interest*).** Kao SOI se mogu označiti jednokanalni ili višekanalni signali, uključujući impulsne signale, ili taktičke veze za prenos podataka, dok se rezultati geolokacije izvedene pri monitoringu ovih signala mogu prikazati u *RFeye Mission*.

### 5.1.3.2. Softverski paket *RFeye Site* proizvođača CRFS

*RFeye Site* je desktop aplikacija namenjena za monitoring RF spektra i geolokaciju u realnom vremenu, koja uključuje osnovne funkcije potrebne za monitoringa RF spektra i zadatke upravljanja (npr. pregled RF spektra, snimanje I/Q odbiraka, merenja snage, merenje zauzetosti opsega, merenje propusnog opsega ili merenje devijacije frekvencije). Dodatno, softver podržava veći broj naprednih funkcionalnosti, što uključuje:

- geolokaciju u realnom vremenu (uključujući hibridni DF/AoA metod, TDoA metod, PoA metod i druge hibridne metode), i to u okviru mreže za monitoring ili van mreže (putem izvoženja podataka ka posebnom serveru za obradu);
- detaljno interaktivno mapiranje mreža RF senzora i rezultata geolokacije;
- automatski prikaz alarma i pokretanje misija (npr. skeniranje, geolokacija, snimanje I/Q odbiraka) kao odgovor na prekoračenje uslova iz spektralne maske;
- klasifikaciju signala i *off-line* analizu snimljenih signala (uključujući geolokaciju);
- 3D TDoA geolokaciju za praćenje aviona i dronova;
- modelovanje propagacije za optimizaciju mreže prijemnika za potrebnu pokrivenost;
- simulacije za testiranje scenarija monitoringa i geolokacije.

Korisnost podržanih funkcionalnosti se povećava kroz podršku mogućnosti istovremnog obavljanja više zadataka monitoringa RF spektra i geolokacije, i to korišćenjem istih RF senzorskih stanica. Softverski paket se može prilagoditi i drugim primenama, uključivanjem ili isključivanjem opcionih dodataka.

Kao osnovne operativne i tehničke karakteristike *RFeye Site* rešenja mogu se navesti:

- **Monitoring RF spektra.** Omogućeno je izvođenje svih osnovnih merenja, uključujući merenja frekvencije, snage i devijacije učestanosti u skladu sa ITU-R preporukama, kao i združena analiza podataka iz mreže RF senzorskih stanica. Detekcija kratkotrajnih signala male snage obezbeđena je kroz brzo ažuriranje i monitoring u realnom vremenu, uz mogućnost podešavanja spektralnih maski na određenim opsezima i kanalima. Pri tome se pri detekciji narušavanja postavljenih zahteva, pokreću zadaci snimanje signala od interesa, geolokacija ili aktiviranje alarma treće strane. Scenariji nadgledanja se

mogu simulirati i testirati ilegalni i/ili opasni scenariji putem nadgledanja u virtuelnom okruženju.

- **Geolokacija.** U cilju pravilne podrške DF metoda, izvršena je optimizacija kako za rad u zatvorenom, tako i za rad u otvorenom prostoru. Podržano je praćenje višestrukih ciljeva u širokim oblastima u realnom vremenu, sa brzim stopama ažuriranja u cilju ostvarivanja preciznog praćenja emisija, i to čak i iz vozila koja se brzo kreću. Mogu se vršiti i simulacije scenarija u sklopu obuke osoblja.
- **3D TDoA.** Softver za geolokaciju omogućava 3D pasivno praćenje ciljeva čak i sa mrežom fiksnih mernih stanica, a za potrebe praćenje objekata poput vojnih/civilnih aviona, komercijalnih dronova i naprednijih vojnih bespilotnih letelica. Metod je pasivan, tj. nema emisija koje mogu upozoriti mete.
- **Klasifikacija signala.** Postoji dodatak za klasifikaciju signala, koji omogućava da se tipovi signala precizno identifikuju pomoću tehnologije mašinskog učenja. Klasifikacija se može koristiti i u dijagnostici RF smetnji i identifikaciji signala koji su van zadatog opsega učestanosti.
- **Propagacija radio signala.** Uključeni su alati za modelovanje propagacije radio signala koji omogućavaju simulaciju propagacije signala uzimajući u obzir efekte zakrivljenosti zemlje, prepreke terena i prilagođene prepreke koje je kreirao korisnik. To omogućava analizu performansi mernih stanica mreže za monitoring i pokrivenost funkcionalnošću geolokacije. Lokacije mernih stanica se mogu menjati u cilju optimizacije performansi u virtuelnom okruženju, pre postavljanja na odgovarajuće lokacije u stvarnom okruženju.
- **RFeye Map.** Omogućava upravljanje i analizu velikih skupova podataka o RF spektru dobijenih korišćenjem fiksnih i mobilnih stanica za monitoring spektra. Korišćenje RF spektra se može vizuelizovati pomoću preklapanja mapa, kako bi se dobila jasna indikacija gde se javljaju zagušenja u korišćenju RF spektra ili se spektar ne koristi efikasno, odnosno kako se ovo stanje menja tokom vremena. NRA mogu da koriste ove mape kako bi uočili dugoročne trendove u korišćenju RF spektra.
- **Verifikacija signala.** Alat za verifikaciju signala namenjen za primenu u NRA koji omogućava automatsku identifikaciju kršenja uslova licenci ili dozvola za korišćenje frekvencija.

### 5.1.3.3. Softverski paket *RFeye Deep View* proizvođača CRFS

Softverski paket *RFeye DeepView* je alat za ekstrakciju signala i preciznu analizu RF spektra, koji podržava robusno indeksiranje. Ovo omogućava korisnicima pregled skupova podataka reda više TB, kao i za brzo pronalaženje i izvoz signala od interesa (SOI). Softver je dizajniran za upotrebu sa specijalnim uređajima, *SenS Portable I/Q* rekorderima, pri čemu je omogućeno snimanje u trajanju od nekoliko sati ili dana sa punom brzinom snimanja, pri čemu se generišu snimci I/Q odbiraka u realnom vremenu (sa 16-to-bitnom A/D konverzijom), i širinom spektra do 100 MHz po kanalu prijemnika. Nizak nivo šuma i mali fazni šum *SenS Portable* rekordera obezbeđuju visoku verodostojnost signala, što omogućava korisnicima da uspešno pronađu i analiziraju kritične signale, uključujući uskopojasne ili širokopojasne signale male snage, signale koji se javljaju u kratkim impulsima, istokanalne signale ili signale sa frekvencijskim skakanjem. Softverski paket *RFeye DeepView* se uklapa u postojeće ekosisteme, pošto podržava više formata datoteka koje koriste softverski sistemi klijenata. Osnovne karakteristike ovog softvera su:

- podržan je pregled velike količine I/Q podataka (snimaka I/Q odbiraka signala), uz prikaz u formi vremenskog spektrograma ili kroz vizuelni prikaz korišćenjem paete boja spektra;
- *real-time* analiza u hodu, pri čemu se generiše ukupni indeks snimanja za neposrednu naknadnu obradu skeniranja i analize;
- interaktivno zumiranje i pretraživanje u realnom vremenu do nivoa jednog uzorka;
- čuvanje digitalno podešenih i filtriranih delova I/Q podataka bez ograničenja veličine izvoza;
- sveobuhvatna i korelisana analiza informacija o vremenu, frekvenciji, amplitudi, i fazi za signale od interesa;
- reprodukovanje celog skupa podataka ili izabranog dela I/Q podataka;
- funkcionalnost markera i delta-markera deljena sa prikazom snimanja uživo;
- nema ograničenja za ukupno trajanje datoteke;
- širok skup podržanih tipova datoteka: XDAT, SIQ i RFIQ, kao i izvoz JSON podataka iz grafikona.

#### 5.1.3.4. RF senzorski uređaji iz serije *RFeye Node* proizvođača CRFS

RF senzorske uređaje *RFeye Node* karakterišu visoke performanse monitoringa RF spektra u realnom vremenu, kao i mogućnost neprekidnog rada. Pri tome, *RFeye Node* uređaje karakteriše visoka osetljivost. Pri dizajnu ovih uređaja uzeta je u obzir kombinacija visokih RF performansi, uz niz ključnih inovacija i jedinstvenih CRFS tehnologija koje podržavaju *RFeye* ekosistem proizvoda, pri čemu se mogu naglasiti:

- superheterodinska arhitektura *RFeye* prijemnika sa visokim performansama u pogledu širine radnog RF opsega, širine trenutnog propusnog opsega, mehanizma preselekcije signala, malog faktora šuma, malog faznog šuma, velike vrednosti dinamičkog opsega u trenutnom kanalu, i sl;
- korišćenje sopstvenog serverskog protokola za kontrolu uređaja (NCP, *Node Control Protocol*), koji omogućava višekorisničko i višenamensko korišćenje uređaja, odnosno koji upravlja radom na efikasan način i kroz interakciju korisnika sa uređajima;
- specifična tehnologija sinhronizacije distribuiranih uređaja (*SyncLinc*) koja omogućava sinhronu operacije uređaja raspoređenih u prostoru i združenu geolokaciju;
- širok asortiman ugrađenog računarskog aplikativnog softvera koji zadovoljava različite primene.

CRFS nudi širok skup RF senzorskih uređaja (*RFeye Node 40-8*, *RFeye Node 100-8*, *RFeye Node 100-18* i *RFeye Node 100-40*), namenjenih za monitoring RF spektra i DF merenja u RF opsegu od 9 kHz do 8 GHz, 18 GHz ili 40 GHz. Podržane su dve vrednosti trenutnog opsega učestanosti (IBW, *Instantaneous Bandwidth*), i to: 50 MHz i 100 MHz. Pri tome, veća vrednost IBW omogućava brz prolaz kroz RF opseg sa manje vremena za ponovno podešavanje, odnosno ostvaruje se veća brzina skeniranja i veća verovatnoća presretanja kratkotrajnih signala. Manja vrednost IBW je pogodna za detekciju emisija niskog intenziteta, zbog boljeg odnosa SNR, tj. manjeg efektivnog faktora šuma.

Svi *RFeyeNode* uređaji imaju ugrađeni procesor, što omogućava lokalnu obradu RF podataka za različite zadatke u domenu monitoringa i geolokacije. Dobijeni rezultati se mogu



u realnom vremenu, i bezbedno, poslati preko VPN linkova na centralnu lokaciju, pri čemu se ne zahteva korišćenje *backhaul* linka sa velikom brzinom prenosa podataka. Podaci se mogu lokalno čuvati na USB (eng. *Universal Serial Bus*) disku ili opcionom internom SSD-u (eng. *Solid State Drive*), ili preneti preko spoljnog interfejsa za mobilne ćelijske mreže.

Uređaji su malih dimenzija i težine, smešteni su u robusnom, kompaktnom i laganom kućištu. Uz opcionu zaštitu od uslova okruženja, obezbeđuje se zaštita nivoa IP67, u kom slučaju su pogodni za spoljnu instalaciju u svim radnim uslovima. U zavisnosti od primene, uređaj se može montirati na stub ili zgradu, ali i na samostojeći stativ u slučaju privremenih instalacija. Uređaji se mogu diskretno rasporediti u svrhe TSCM (eng. *Technical Surveillance Counter Measures*), uz primenu *RFeye Guard* rešenja, ili kao prenosive (*RFeye Stormcase*) jedinice, odnosno u nekoj od mobilnih konfiguracija. Uređaje odlikuje mala potrošnja energije, pri čemu se svaka jedinica može napajati iz više izvora energije, što omogućava brzo ponovno raspoređivanje.

Arhitektura *RFeye Node* uređaja podržava izvršavanje višestrukih, istovremenih zadataka i misija, kao i podršku za istovremene upite od strane više korisnika. Primera radi, podržano je obavljanje više istovremenih procesa TDoA geolokacije, uz paralelno merenje zauzeća spektra. Pri tome, udaljena kontrola omogućava da se zadacima dodele relativni prioriteti, pri čemu uređaj izvršava potrebne zadatke na najefikasniji automatski definisan način, tj. bez dodatne interaktivne kontrole od strane korisnika ili centra za upravljanje. Dizajn *RFeye* uređaja je izveden korišćenjem modernih mikrotalasnih komponenti čime se obezbeđuju: nizak sistemski nivo šuma, linearnost *front-end*-a u uslovima visokih nivoa ulaznih signala, višestepeno filtriranje kroz preselekciju, izuzetno mali fazni šum, nizak nivo povratnog zračenja lokalnog oscilatora za sve antenske portove, visok dinamički opseg sa izuzetno malim interno generisanim lažnim komponentama, odnosno manuelna i automatska kontrola pojačanja na osnovu snimanja tipa *drop-by-drop*.

Osnovne tehničke i druge karakteristike svih *RFeye Node* uređaja date su u tabeli 5.18, a na slici 5.33 su dati prikazi izgleda nekih *RFeye Node* uređaja.



Slika 5.33 – Prikaz izgleda *RFeye Node* uređaja, i to: *RFeye Node 40-8* (levo) i *RFeye Node 100-8* (desno).

#### 5.1.3.5. Integrirani prijemnici sa DF antenskim nizovima iz serije *RFeye Array* proizvođača CRFS

Integrirani prijemnici (*RFeye Node*) sa DF antenskim sistemima iz serije *RFeye Array* su dostupni sa različitim konfiguracijama i brojem antena (*RFeye Array-100*, *RFeye Array-125*, *RFeye Array-150* i *RFeye Array-300*), i namenjeni su za primenu u fiksnim, prenosivim i mobilnim stanicama za monitoring RF spektra. Postoje različite opcije u pogledu radnog

opsega, pri čemu se pokriva rad u RF opsegu od 20 MHz do maksimalno 18 GHz, kao i rad sa dvostrukim kanalima prijemnika. U svim konfiguracijama DF antenski nizovi obezbeđuju simultani monitoring RF spektra, DF merenja i geolokaciju.

Svaki *RFeye Array* sistem je potpuno integrisan sistem radio prijemnika i DF antenskog niza, a namenjeni su za kontinualan i neprekidan monitoring RF spektra i DF merenja, pri čemu su mogu koristiti za detekciju i lociranje neovlašćenih, sumnjivih ili ometajućih predajnika. Dizajn ovih sistema omogućava:

- presretanje signala, ma koliko retki bili,
- analizu i klasifikaciju signala, i
- geolociranje izabranih predajnika.

*RFeye Array* sistemi omogućavaju rad u realnom vremenu, ali se podaci mogu snimiti i za kasniju analizu, pri čemu se u radu koristi višeslojni pristup. Odnosno, koriste se spiralni usmereni antenski moduli, optimizovani za različite opsege učestanosti, koji su raspoređeni u više orijentacija, pri čemu je antenski niz osetljiv na većinu polarizacija signala, uključujući sve linearne polarizacije. Na taj način se omogućava pouzdana detekcija signala (uključujući one nevidljive za DF sisteme sa omogućenim prijemom signala samo za radio signale sa vertikalnom polarizacijom).

U okviru *RFeye Array* sistema ulaz prijemnika se velikom brzinom prebacuje između antena, čime se omogućavaju gotovo istovremena merenja u više pravaca. Prijemnik može meriti korelacije i izračunava verovatnoće lokacije koristeći TDoA metod i/ili PoA metod. Dodatno, prijemnik daje ugao dolaska (DF/AoA) na osnovu merenja nivoa snage primljenog signala na svakoj od antena. Pri tome, merenja dobijena različitim metodama se mogu preklapati na mape, satelitske snimke i 2D/3D GIS (eng. *Geographical Information System*) podatke sa jedinstvenim pozicionim prikazom, i sa uključenim prikazom verovatnoće geolokacije izvora emisije. Omogućeno je mapiranje svih tipova signala, bez obzira na snagu signala, propusni opseg ili frekvenciju.

Svaki *RFeye Array* sistem je predviđen za potpuno samostalan rad, i smešten je unutar robusnog kućišta koje je u skladu sa zaštitom nivoa IP65. Spajanje *RFeye Node* i antenskih modula smanjuje uticaj gubitaka na kablovima i time značajno poboljšava performanse rada na visokim učestanostima. Dostupne su različite opcije usmerenih antena od 100 MHz do 18 GHz, a dostupan je i modul za proširenje RF opsega za DF merenja u VHF opsegu do 20 MHz. Može se izvršiti umrežavanje više *RFeye Array* sistema, lociranih na velikim rastojanjima, kako bi se time dobile mreže za monitoring RF spektra i TDoA merenja.

Neke osnovne tehničke karakteristike *RFeye Array* sistema date su u tabeli 5.19, a na slici 5.34 dat je prikaz izgleda *RFeye Array* sistema serije 100 i serije 300.



Slika 5.34 – Izgled sistema serije *RFeye Array 100* (levo) i *RFeye Array 300* (desno).

Tabela 5.18 – Tehničke karakteristike *RFeye Node* uređaja.

RFeye Node		40-8		100-8		100-18		100-40	
Jednokanalni prijemnik	Promenljivi RF ulazi	4 x SMA konektori		3 x SMA konektori		3 x SMA konektori		2 x SMA (9 kHz – 18 GHz) 1 x K 2.92 (16 kHz – 40 GHz)	
Frekvencija	Radni opseg	9 kHz – 8 GHz		9 kHz – 8 GHz		9 kHz – 18 GHz		9 kHz – 40 GHz	
Šum pri maks. osetljivosti	9 kHz-0.1 GHz	9 kHz - 0.1 GHz	10 dB	9 kHz - 0.1 GHz	10 dB	9 kHz - 0.12 GHz	12 dB	9 kHz - 0.12 GHz	12 dB
	0.1-2.4 GHz	0.1 - 2.4 GHz	6 dB	0.1 - 2.4 GHz	6 dB	0.12 – 6 GHz	8.5 dB	0.12 – 6 GHz	8.5 dB
	2.4-6 GHz	2.4 – 6 GHz	7 dB	2.4 – 6 GHz	7 dB	6-10 GHz	10.5 dB	6-10 GHz	10.5 dB
	6-8 GHz	6-8 GHz	8 dB	6-8 GHz	8 dB	10-18 GHz	13 dB	10-18 GHz	13 dB
								18-40 GHz	16 dB
Fazni šum	Rx ulaz 1 GHz	-103 dBc/Hz, 20 kHz ofset		-103 dBc/Hz, 20 kHz ofset		-126 dBc/Hz, 20 kHz ofset		-126 dBc/Hz, 20 kHz ofset	
	Rx ulaz 5 GHz	/		/		-121 dBc/Hz, 20 kHz ofset		-121 dBc/Hz, 20 kHz ofset	
	Rx ulaz 8 GHz	-107 dBc/Hz, 20 kHz ofset		-121 dBc/Hz, 20 kHz ofset		/		/	
	Rx ulaz 18 GHz	/		/		-110 dBc/Hz, 20 kHz ofset		-110 dBc/Hz, 20 kHz ofset	
	Rx ulaz 40 GHz	/		/		/		-104 dBc/Hz, 20 kHz ofset	
Analiza signala	IBW	40 MHz		100 MHz		100 MHz		100 MHz	
	Rezolucija podešavanja	1 Hz		1 Hz		1 Hz		1 Hz	
Interna referenca frekvencije	Inicijalna tačnost na 20°C	±0.1 ppm		±0.1 ppm		±0.1 ppm		±0.1 ppm	
	Stabilnost temperature	±0.3 ppm		±0.3 ppm		±0.3 ppm		±0.3 ppm	
	Promena u toku 1 dana	±0.04 ppm		±0.04 ppm		±0.04 ppm		±0.04 ppm	
Programabilni režimi pomeranja	Brzina skeniranja	Za 2 MHz RBW, 100 GHz/s		280 GHz/s za 2 MHz RBW 245 GHz/s za 61 kHz RBW		390 GHz/s za 2 MHz RBW 320 GHz/s za 61 kHz RBW		390 GHz/s za 2 MHz RBW	
	Programabilni režimi	<i>free run continuous, single timed, user trigger and adaptive</i>							
	Režimi indikovani događajem	Definisane maske, akcije i alarmi							
Odabiranje	Rezolucija	62.5 MS/s I&Q		16b po kanalu (I&Q)		16b po kanalu (I&Q)		16b po kanalu(I&Q)	
	Stopa	/		125 5 MS/s I&Q		125 5 MS/s I&Q		125 5 MS/s I&Q	

IP3 sa AGC	0.1-8 GHz	/	+35 dBm	/	/
	< 1 GHz	/	/	+20 dBm	+20 dBm
	1-6 GHz	/	/	+15 dBm	+15 dBm
	6-18 GHz	/	/	+20 dBm	+20 dBm
	18-40 GHz	/	/	/	+20 dBm
Lokalni oscilator	Re-radijacija	$\leq -90$ dBm	$\leq -90$ dBm	$\leq -90$ dBm	$\leq -90$ dBm
Reference frekvencije	Selektabilni	Interno, GNSS, eksterno	Interno, GPS, eksterno	Interno, GPS, eksterno	Interno, GPS, eksterno
	Spoljni ulaz	10 MHz $\pm$ 10ppm	10 MHz $\pm$ 10ppm	10 MHz $\pm$ 10ppm	/
	Izlaz	/	/	/	/
	GPS zadržavanje	/	Sinhronizacija bekapa Modul $\pm 1.5 \mu s$ / 8 hrs	Sinhronizacija bekapa Modul $\pm 1.5 \mu s$ / 8 hrs	/
Procesorski podsistem	CPU	Intel E3845 quad core			
Ulaz/Izlaz	Mreža	1 x 1 GigE, sa PONe			
	Univerzalna serijska magistrala	1 x USB3.0, 1 x USB2.0			
	2xIEEE1394 portovi ekspanzije	2 x SyncLinc, eksterna periferna kontrola	2 x SyncLinc sa <10ns RMS tačnošću, ulaz za okidač, eksterna periferna kontrola	2 x SyncLinc sa <10ns RMS tačnošću, ulaz za okidač, eksterna periferna kontrola	2 x SyncLinc, eksterna periferna kontrola
	GPS antenski ulaz	/	1 x SMA pasivni ili aktivni (3.3 VDC)	1 x SMA pasivni ili aktivni (3.3 VDC)	/
	GNSS antenski ulaz	1 x SMA pasivni ili aktivni (3.3 VDC)	/	/	/
	GPS/GNSS ant. ulaz	/	/	/	1 x SMA pasivni ili aktivni (3.3 VDC)
Skladištenje podataka	Spoljni disk	/	Preko USB interfejsa	Preko USB interfejsa	/
	Spoljni SSD	Preko USB interfejsa	/	/	Preko USB interfejsa
Sistem	<i>Boot firmware</i>	BIOS	BIOS	BIOS	BIOS
	Operativni sistem	Linux, kernel v2.6	Linux	Linux	Linux
	<i>RFeye Node</i> protokol kontrole	NCP Server (NCPd)	NCP Server (NCPd)	NCP Server (NCPd)	NCP Server (NCPd)
	Node aplikacije	Logger, EMP, Detektori	Logger, EMP, Detektori	Logger, EMP, Detektori	/
Veličina,	Dimenzije (nod)	200 x 50 x 130 mm	200 x 50 x 192 mm	200 x 50 x 192 mm	200 x 50 x 192 mm

težina, napajanje	Dimenzije ukupno ŠxVxD	200 x 74 x 330 mm	200 x 98 x 395 mm	200 x 98 x 395 mm	/
	Težina (samo nod)	2.1 kg	2.4 kg	3.5	2.9 kg
	Težina ukupno	4.5 kg	5.8 kg	6.2 kg	5.8 kg
	DC napajanje ili POnE	12VDC(DC)/56VDC(POnE)	10 - 48 VDC	10 - 48 VDC	10 - 48 VDC
Potrošnja energije	Tipično	20 W	25W	40 W	50 W
	Maksimum	25 W	40W	55 W	57 W
Okruženje	Radna temperatura	-30°C - +55°C	-30°C - +55°C	-30°C - +55°C	-30°C - +55°C
	Temperatura skladišta	-40°C - +71°C	-40°C - +71°C	-40°C - +71°C	-40°C - +71°C
	Zaštita ulaza	IP67 (opcione završne ploče)			
Lokacija i vreme	GNSS uređaj (standard)	GPS, GLONASS, Galileo	/	/	/
	GNSS vremenska tačnost	20 ns	/	/	/

Tabela 5.19 – Tehničke karakteristike sistema *RFeye Array*redaja serije 100 i serije 300.

RFeye Array		Array 100	Array 125	Array 150	Array 300
<b>Pronalaženje pravca i geolokacija</b>					
Metoda za DF	DF (AoA)	6-smerna antena	6-smerna antena	6-smerna antena	Promenjeni usmereni nizovi
Opseg učestanosti za geolokaciju	AoA	500 MHz – 8 GHz	500 MHz – 8 GHz	500 MHz – 8 GHz	300 MHz - 8/18 GHz
	VHF (proširenje)	/	/	/	20 MHz – 300 MHz
	TDoA	9 kHz – 8 GHz (opciona omni antena)	9 kHz – 8 GHz (opciona omni antena)	9 kHz – 8 GHz (opciona omni antena)	9 kHz to 8/18 GHz (eksterna omni antena)
	PoA				
Pokrivenost i preciznost	Osetljivost polarizacije	Linearno (cirkulaciono polarizovana Rx antena)			
	Pokrivenost azimuta	360°	360°	360°	360°
	Vreme promene antene	/	/	/	1.5 μs
<b>Sistem</b>					
Ulaz/Izlaz	Pomoćni RF ulaz	2 x N-tip	2 x N-tip	2 x N-tip	3 ilir 4 x N-tip ili SMA (9 kHz - 8/18 GHz)
	Omni antene	2 x eksterna i/ili 1 x interna (fabrička opcija)	2 x eksterna i/ili 1 x interna (fabrička opcija)	2 x eksterna i/ili 1 x interna (fabrička opcija)	3 ili 4 x eksterna i/ili 1 x interna (fabrička)
	Ulaz GPS antene	1 x SMA pasivni ili aktivni (+3.3 VDC)	1 x SMA pasivni ili aktivni (+3.3 VDC)	1 x SMA pasivni ili aktivni (+3.3 VDC)	-
	Mreža	1 x 1 GigE, sa POnE	1 x 1 GigE, sa POnE	1 x 1 GigE, sa POnE	2 x GbE with POnE
	USB	1 x USB 3.0, 1 x USB 2.0	1 x USB 3.0, 1 x USB 2.0	1 x USB 3.0, 1 x USB 2.0	2 x USB 3.0
	Lokacija	Unutrašnji GPS modul i antena			
	Zaglavljje	Unutrašnji digitalni kompas (opciono)			
Skladištenje podataka	Spoljni SSD	Spoljni USB interfejs	Spoljni USB interfejs	Spoljni USB interfejs	Spoljni USB interfejs
	Unutrašnji SSD	512 GB	512 GB	512 GB	512 GB po Node-u
Veličina, težina i snaga	Dimenzije (Ø, h)	650 mm x 420 mm	650 mm x 420 mm	650 mm x 420 mm	1.1 m x 0.8 m
	Težina	28 kg	28 kg	28 kg	80 kg
	DC, POnE	10 - 48 VDC	10 - 48 VDC	10 - 48 VDC	48 VDC
Potrošnja snage	Nominalna	/	/	/	140 W
	Tipično	30 W	30 W	40 W	/
	Maksimum	50 W	50 W	55 W	/
Okruženje	Radna temperatura	-30°C - +55°C	-30°C - +55°C	-30°C - +55°C	-30°C - +55°C
	Temperatura skladišta	-40°C - +71°C	-40°C - +71°C	-40°C - +71°C	-40°C - +71°C

RFeye Array		Array 100	Array 125	Array 150	Array 300	
Zaštita ulaza		IP55 Nominal	IP55 Nominal	IP55 Nominal	Nod i elektronika IP67, sistem IP55	
<b>Merni prijemnik</b>						
					<b>Array 300-8</b>	<b>Array 300-18</b>
Kanali	Dual	/	/	/	2 x Node 100-8	2 x Node 100-18
	Single	1 x Node 50-8	1 x Node 100-8	1 x Node 100-18	/	/
Frekvencija	Opseg	9 kHz – 8 GHz	9 kHz – 8 GHz	9 kHz – 18 GHz	9 kHz – 8 GHz	9 kHz – 18 GHz
Brzina skeniranja	2 MHz RBW	151 GHz/s	280 GHz/s	390 GHz/s	280 GHz/s	390 GHz/s
	61 kHz RBW	/	245 GHz/s	320 GHz/s	245 GHz/s	320 GHz/s
Šum pri maks. osetljivosti	9 kHz - 0.1 GHz	10 dB	10 dB	/	10 dB	/
	0.1 - 2.4 GHz	6 dB	6 dB	/	6 dB	/
	2.4 – 6 GHz	7 dB	7 dB	/	7 dB	/
	6 - 8GHz	8 dB	8 dB	/	8 dB	/
	9 kHz - 0.12 GHz	/	/	12 dB	/	12 dB
	0.12 – 6 GHz	/	/	8.5 dB	/	8.5 dB
	6 – 10 GHz	/	/	10.5 dB	/	10.5 dB
Analiza signala	10 – 18 GHz	/	/	13 dB	/	13 dB
	IBW	50 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz
Odabiranje	Rezolucija podešavanja	1 Hz				
	Rezolucija	16 bita po kanalu (I&Q)				
Interna referenca frekvencije	Stopa	62.5 MS/s I&Q				
	Inicijalna tačnost na temperaturi 20°C	±0.1 ppm	±0.1 ppm	±0.1 ppm	/	/
	Stabilnost temperature	±0.3 ppm	±0.3 ppm	±0.3 ppm	/	/
	Promena u toku 1 dana	±0.04 ppm	±0.04 ppm	±0.04 ppm	/	/

### 5.1.3.6. Dodatna oprema namenja za uređaje *RFeye* serije proizvođača CRFS

U ovom poglavlju biće opisani neki dodatni sistemi koje CRFS nudi kao dopunske opcije za svoje uređaje iz serije *RFeye*.

#### *RFeye Stormcase*

*RFeye Stormcase* je prenosivi i robusni integrisani sistem za monitoring RF spektra, prikupljanje signala i “lov na smetnje“. Sistem uključuje *RFeye Node 100-8* ili *RFeye Node 100-18*, portove za unutrašnju i spoljnu antenu, bateriju i integrisanu SSD memoriju za velike količine podataka prikupljene tokom operacija na terenu. *RFeye Stormcase* sistem se može umrežiti sa drugim mernim stanicama izgrađenim korišćenjem merne opreme *RFeye* serije, uz mogućnost daljinskog upravljanja i rada, za potrebe prikupljanja podatka u realnom vremenu iz bilo kog dela operativnih oblasti. Pri tome, može se koristiti *backhaul* link bilo kog tipa.

Protok podataka od *RFeye Stormcase* do udaljenih centara za upravljanje i obradu je izuzetno mali, pošto se analiza i obrada podataka odvija na samoj jedinici u realnom vremenu. Tipična vrednost protoka je između 400 kb/s i 1 Mb/s u zavisnosti od primene. Podržane su interne ili eksterne GPS antene, a sistem poseduje ugrađenu GPS antenu.

Sistem obezbeđuje 3 antenska porta, pri čemu svaka antena može imati svoju namenu. Nivo zaštite od spoljnih uslova definisan je sa IP67, pri čemu poklopci za prašinu osiguravaju da portovi ostanu čisti i suvi. Sistem se isporučuje sa unutrašnjim standardnim litijum-jonskim baterijama koje se mogu zameniti tokom rada. Podržani su spoljno napajanje, baterija, solarno ili napajanje pomoću vetra sa konektorom otpornim na vremenske uslove.

Bitne karakteristike *RFeye Stormcase* sistema su date u tabeli 5.20, a izgled na slici 5.35.



Slika 5.35 – Izgled *RFeye Stormcase* sistema.

Tabela 5.20 – Tehničke specifikacije *RFeye Stormcase* sistema.

PARAMETAR	VREDNOST/OPIS	
Prijemnik	Ugrađen	1 x Node 100-18
Frekvencija	Radni opseg	9 kHz – 18 GHz
	9 kHz - 0.12 GHz	12 dB
Šum pri maksimalnoj osetljivosti	0.12 – 6GHz	8.5 dB
	6 - 10GHz	10.5 dB
	10 - 18GHz	13 dB
Fazni šum	Prijemni ulaz $\leq 0.5$ GHz	$\leq -125$ dBc/Hz za ofset 20 kHz
	Prijemni ulaz $> 1$ GHz	$\leq -115$ dBc/Hz za ofset 20 kHz
Analiza signala	Trenutni propusni opseg	100 MHz



PARAMETAR	VREDNOST/OPIS	
	Rezolucija podešavanja	1 Hz
Odabiranje	Rezolucija	16 bita po kanalu (I&Q)
	Stopa	125 MS/s I&Q
Interna referenca frekvencije	Inicijalna tačnost na 20°C	±0.1 ppm
	Stabilnost temperature	±0.3 ppm
	Promena u toku 1 dana	±0.04 ppm
Programabilna brzina skeniranja	2 MHz RBW	390 GHz/s
	61 kHz RBW	320 GHz/s
	Programabilni režimi	<i>Continuous, single timed, user trigger and adaptive</i>
	Režimi indukovani događajem	Definisane maske, akcije i alarmi
Tačke presretanja 3. reda sa AGC	≤ 1 GHz	+ 20 dBm
	> 1 GHz do ≤ 6 GHz	+ 15 dBm
	> 6 GHz do ≤ 18 GHz	+ 20 dBm
Lokalni oscilator	Ponovna radijacija	≤ -90 dBm
Referentna frekvencije	Bira se izvor	GPS unutrašnji ili spoljni
	Opciono	GPS <i>Holdover Reference</i>
	Unutrašnji ulaz	10 MHz ±10 ppm
Procesorski podsistem	CPU	Intel E3845 <i>quad core</i>
Softverski sistem	<i>Boot firmware</i>	BIOS
	Operativni sistem	Linux, kernel v2.6
Skladištenje podataka	SSD hard disk	512 GB (1 TB opciono)
Ulazni/Izlazni portovi	RF ulaz (spoljni)	3 x N-tip, 9 kHz – 18 GHz
	GPS (spoljni)	N-tip (mogućnost premošćavanja sa internom antenom)
	DC napajanje (spoljni ulaz)	1 x 4-pin Amphenol MS 3102 serije
	Mreža (spoljni)	1 x 1 Gige
	USB (unutrašnji)	1 x USB 2.0
	<i>Data Logger</i>	Unutrašnji kontrolni svič i LED status
Napajanje	Spoljni adapter 65 W	90 -264 VAC ulaz, 24 VDC, 2.7 A izlaz
	Punjač baterija (spoljni)	univerzalni 100-240 VAC
	Baterija (unutrašnja)	9 Ah litijum-jonska, punjiv, nominalni rad 5 sati
	Baterija velikog kapaciteta (opciono)	> 10 sati rada sa spoljnim baterijama koje se mogu zamenjivati tokom rada
Potrošnja energije (snaga)	Nominalna na 20°C	50 W
	Maksimum	65 W
Okruženje	Radna temperatura	-30°C - +50°C
	Temperatura skladišta	-40°C - +71°C
	Zaštita ulaza	IP55 minimum
Veličina i težina	Dimenzije WxHxD	490 x 390 x 230 mm
	Težina (kutija bez baterije)	14 kg
	Težina (jedna baterija 9.5 Ah)	1.5 kg

### **RFeye Outdoor Kit**

*RFeye Outdoor Kit* predstavlja čvrsto kućište za *RFeye Node* uređaje predviđene za rad u zahtevnim okruženjima, koji obezbeđuju fleksibilne montažne komplete za pričvršćivanje *RFeye Node* na spoljne strukture, kao što su stubovi i građevinske strukture. *RFeye Outdoor*

Kit se sastoji od čvrstog kućišta, čiji je nivo zaštite IP66, i kompleta za montažu. Kompleti uključuju i štitnik od sunca, delove za montažu GPS antene i više omnidirekcionih antena, kao i prostor za dodatnu opremu. Odlikuje se jednostavnom instalacijom, mogućnošću primene za više različitih namena, pri čemu je uključen jedan kabl za instalaciju.

Izgled *RFeye Outdoor Kit* je dat na slici 5.36, a bitne karakteristike su date u tabeli 5.21.



Slika 5.36 – Izgled *RFeye Outdoor Kit* kućišta.

Tabela 5.21 – Tehničke specifikacije *RFeye Outdoor Kit* opreme.

KARAKTERISTIKA		VREDNOST/OPIS
Veličina i težina	Dimenzije kutije (mm):	415 x 400 x 260
	Težina kutije (kg):	28
Napajanje		12 – 48V DC POnE
Okruženje	Zaštita ulaza	IP66
Nosaići za antenu	Omni antena	maksimum 3
	GPS antena	1

### **RFeye SyncLink**

*RFeye SyncLink* uređaj je namenjen za lokacije kada nije dostupan GPS signal, npr. kada se *RFeye Node* postavljaju u zatvorenom prostoru. Tada *RFeye SyncLink* uređaj dozvoljava vremensku sinhronizaciju više *RFeye Node* uređaja. To se ostvaruje putem distribucije tačne vremenske reference sa glavnog senzora na grupu podređenih senzora. Ovakav način rada omogućava napredne operacije sa proračunom korelacije, uključujući geolokaciju visoke preciznosti na bazi PoA u zatvorenom prostoru. *RFeye SyncLink* sistem radi preko interne mreže nezavisno od mreže za prenos podataka. Dostupne su *Ethernet* (Cat 5) i optičke verzije, i distributivni moduli sa 4 i 8 *slave* portova, a distributivni moduli mogu biti povezani. Izgled *RFeye SyncLink* sistema je dat na slici 5.37.



Slika 5.37 – Izgled *RFeye SyncLink* sistema.

### **RFeye SenS Portable rekorder**

*RFeye SenS Portable* rekorder predstavlja lagan, prenosiv snimač strimova I/Q pododbiraka primljenih RF signala, koji je namenjen za dugotrajno snimanje i ekstrakciju RF signala. Omogućava snimanje više signala u RF opsegu od 9 kHz do 8/18/40 GHz, i to uskopojasnih ili širokopojasnih signala korišćenjem propusnog opsega maksimalne širine do 100 MHz u realnom vremenu. Uređaj omogućava prikupljanje više sati snimaka I/Q odbirka u jednom snimanju uz ugrađenu memoriju do 25.6 TB, i time održava verodostojnost signala za analizu i reprodukciju, odnosno omogućava da se brzo pronađu i filtriraju signali (primenom *RFeye DeepView* softverskog interfejsa). Uređaj koristi ugrađene SSD kartice u cilju obezbeđivanja do 25.6 TB skladišnog prostora, čime se omogućava snimanje RF signala u trajanju više sati ili dana, kako bi se omogućila detekcija veoma sporadičnih, ali kritičnih signala.

Izgled *RFeye SenS Portable* uređaja je dat na slici 5.38.



Slika 5.38 – Izgled *RFeye SenS Portable* sistema.

#### **5.1.4. Raspoloživa merna oprema i softver kompanije *Keysight Technologies***

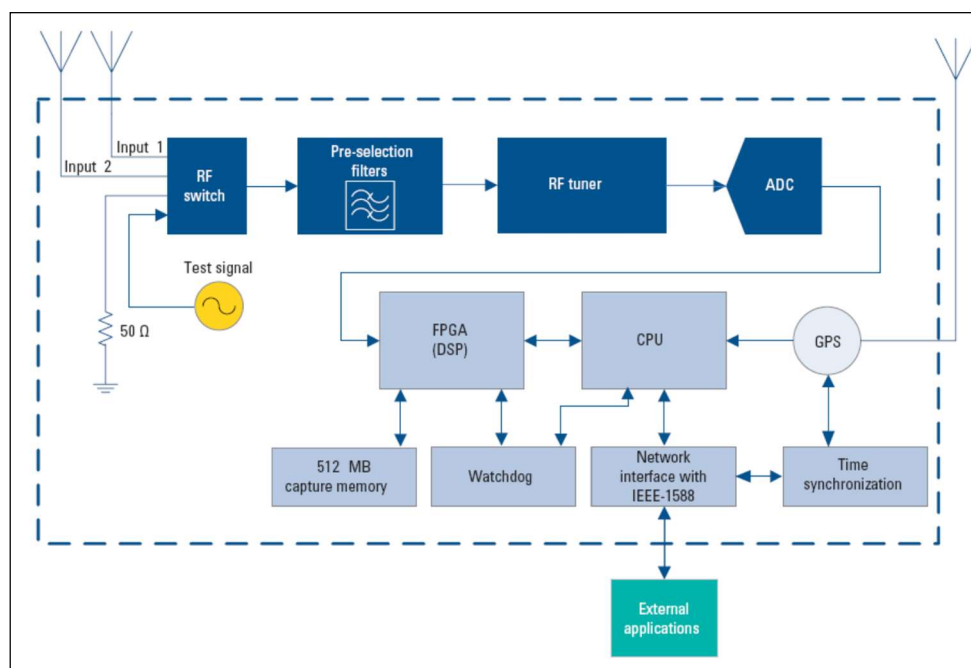
Kompanija *Keysight Technologies* (u daljem tekstu *Keysight*), [5-4], sa sedištem u SAD, predstavlja jednog od najpoznatijih proizvođača merne opreme, mernih sistema i druge opreme u oblasti elektronskih komunikacija. U domenu monitoringa RF spektra, *Keysight* nudi rešenje bazirano na primeni RF senzora (tj. RF senzorske stanice). Osnovni element rešenja kompanije *Keysight* predstavlja RF senzor N6841A, čijim radom se daljinski upravlja korišćenjem softvera *N6820E Signal Survey 4D* za potrebe osnovnih funkcionalnosti u domenu monitoringa RF spektra, odnosno softvera *N6854A RF Geolocation Server* za potrebe geolokacije detektovanih radio-emisija. U trenutku kada se pojavio na tržištu, sistem za monitoring RF spektra bio je namenjen za urbane sredine, i predstavljao je jednostavno i inovativno rešenje u smislu povećanja mogućnosti sagledavanja RF spektra u poređenju sa tada klasičnim rešenjima. Integracijom RF senzora N6841A sa datim softverskim paketima, omogućava se umrežavanje velikog broja RF senzora u posmatranom prostoru, i to primenom standardnih IP konekcija. Ovakav princip rada obezbeđuje povećanje verovatnoće detekcije RF signala, kao i monitoring RF spektra i signala u objektima ili na nivou grada.

Osnovne primene sistema za monitoring RF spektra na osnovu formiranja mreže RF senzorskih stanica (baziranih na RF senzoru N6841A) u oblasti monitoringa RF spektra su:

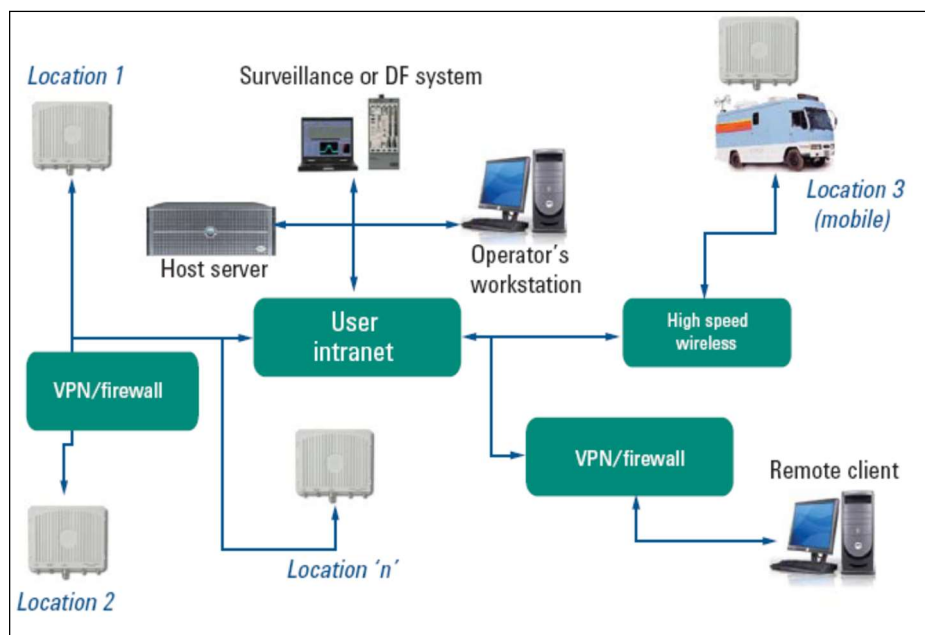
- kontinualni i neprekidni monitoring RF spektra;
- pretraživanje i detekcija radio signala;
- prijem i demodulacija signala;
- SIGINT (eng. *Signal Intelligence*) primene;
- analiza analognih i digitalnih signala;
- udaljeni prijem i snimanja (digitalizovanog) RF signala tj. striming RF signala u formi IQ odbiraka preko mreže (u cilju dalje *on-line* ili *off-line* obrade);
- geolokacija predajnika signala na osnovu primene TDoA metoda;
- identifikacija i razrešenje interferencija i smetnji;
- kontrola zauzetosti i iskorišćenosti spektra;
- primena u bezbednosnim službama.

Pojedinačne RF senzorske uređaje, koji su projektovani u skladu sa konceptom softverski definisanog radija, odlikuju male dimenzije i potrošnja električne energije, što u velikoj meri olakšava praktičnu primenu. Rešenje *Keysight*-a je u trenutku kada se pojavilo (oko 2007-2008 godine) predstavljalo inovativno rešenje, ali su u međuvremenu slična i unapređena rešenja ponudili i drugi proizvođači (npr. CRFS).

Prednosti koncepta sistema na bazi jednostavnih RF senzorskih stanica, mogu se sagledati na nivou mreže senzora, koja se sastoji od većeg broja RF senzorskih stanica raspoređenih relativno gusto u željenom prostoru (u odnosu na klasične mreže za monitoring RF spektra). Integracijom rada RF senzorskih stanica u sklopu sistema monitoringa RF spektra dobija se robustna mreža u kojoj svaka od RF senzorskih stanica može dobiti različite zadatke, a koji se menjaju u skladu sa zahtevima i promenama ciljeva monitoringa. Na Sl.5.39, prikazan je blok šema pojedinačnog senzora, dok je na Sl.5.40, prikazana šema povezivanja u okviru senzorskog sistema.



Slika 5.39 – Blok šema RF senzora N6841A.



Slika 5.40 – Prikaz načina povezivanja RF senzora u sistemu za monitoring RF spektra.

Relativno gusto raspoređene u prostoru, RF senzorske stanice se koriste za vremenski sinhronizovano pretraživanje željenog RF opsega, pri čemu se isti radio signal detektuje i nadgleda sa više lokacija. Time se omogućava prikupljanje redundantnih mernih podataka za isti signal u istom trenutku, i u slučaju visoke sinhronizacija rada RF senzora, omogućava se formiranje koherentne detekcije (korišćenjem unakrsne korelacije) kombinovanjem signala sa više RF senzora. Dodatno, u ovom slučaju moguće je primeniti geolokaciju na osnovu TDoA metoda. Združeni rad RF senzorskih stanica odvija se korišćenjem bežičnih, optičkih ili ožičenih veza, odnosno korporativnih IP VPN servisa, pri čemu su kapaciteti linkova ka centralnom serveru za većinu primena manji od 2 Mb/s. Serverska softverska aplikacija povezuje se sa RF senzorskom stanicom korišćenjem standardnog API (eng. *Application Programming Interface*). Visoka sinhronizacija rada na nivou sistema podržana je na osnovu mrežnog interfejsa i IEEE 1588 kompatibilnosti, ili integracijom GPS prijemnika za potrebe sinhronizacije (ovime se omogućava i lokalizacija mobilnih senzorskih stanica).

U nastavku ovog poglavlja, biće detaljnije opisani merna oprema i softver proizvođača *Keysight* koji su od direktnog interesa za predmet Studije, i to: RF senzorski uređaji N6841, koji se mogu koristiti za izgradnju kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (CRFMS tj. KDUS) u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, odnosno softverski paket *N6820E Signal Survey 4D* za automatizovano upravljanje sistemom za monitoring RF spektra, kao i softverski paket *N6854A RF Geolocation Server* za potrebe praćenja i geolokacije u realnom vremenu. Osim toga, opisan je i antenski sistem (N6850A) koji je namenjen radu posmatranog RF senzora za potrebe monitoringa RF spektra i geolokacije detektovanih radio-emisija.

Za potrebe monitoringa RF spektra, *Keysight* dodatno nudi vektorske analizatore signala M9391APXI VSA i M9393APXI VSA za primene koje zahtevaju širi propusni opseg prijemnika. Ovi uređaji ovde nisu opisani pošto nisu od interesa za predmet Studije.

#### 5.1.4.1. Softver paket *N6820E Signal Survey 4D* proizvođača *Keysight*

Integracija rada RF senzora N6841 u okviru mreže RF senzorskih stanica, odvija se korišćenjem *N6820E Signal Survey 4D* softvera instaliranog na centralnom serveru sistema.

Softver je razvijen za potrebe monitoringa RF spektra, i koristi se za detekciju, merenja i snimanje signala sa ulaza RF senzora. Dodatni softverski moduli za detekciju i prepoznavanje tipa modulacije signala (omogućeno je prepoznavanje velikog broja tipova modulacije, uključujući merenje modulacionih parametara), značajno ubrzavaju postupak identifikacije signala od interesa i smanjuju verovatnoću lažnog alarma. Softverski paket omogućava automatizaciju pretrage i istraživanja signala, pri čemu daje zadatak internim ili eksternim procesima da detektuju i analiziraju definisane događaje u RF spektru i/ili da sprovedu sveobuhvatno istraživanje RF okruženja. Pri tome su podržane funkcionalnosti trigerera i kreiranja alarma. Softver omogućava izvođenje DF merenja, prepoznavanje modulacija, kao i snimanje RF signala u formatu strima I/Q odbiraka.

Osnovne primene ovog softverskog paketa obuhvataju: monitoring i zapis (*logging*) snimaka RF spektra, upravljanje spektrom, detekciju smetnji i lokalizaciju izvora smetnji, kao i podršku za zadatke oslobađanja opsega (eng. *band clearing*), presretanja i prikupljanja specifičnih signala. Neke od osnovnih karakteristika softverskog alata su:

- relativno brza pretraga RF spektra visoke rezolucije;
- automatsko ispitivanje signala i alati za klasifikaciju;
- ugrađene funkcije automatskog *trigger*-ovanja i postavljanja spektralnih maski;
- mogućnost planiranja funkcije alarma i fleksibilno zadavanje zadataka;
- primena SQL baza podataka za dugoročno evidentiranje i analizu detektovanih signala i predajnika;
- omogućeno je snimanje RF spektra;
- mogućnost korišćenja fleksibilnih režima pretrage u više RF opsega;
- podržana geolokacija sa automatskim postavljanjem zadataka, i
- tehnička identifikacija usklađenosti I/Q prijema i snimanja RF signala u skladu sa preporukom ITU-R SM 1600.

Softverski paket je predviđen za rad sa RF sensorima N6841, odnosno sa vektorskim analizatorima signala M9391APXI VSA ili M9393APXI VSA za aplikacije koje zahtevaju širi propusni opseg prijemnika, veću brzinu pretrage ili pokrivenost RF opsega do 50 GHz. Svi prijemnici mogu da funkcionišu u *tuner locked* ili *swept* modu rada. Osnovne funkcionalnosti koje su podržane su:

- **Detekcija energije.** Sprovode se brze RF pretrage visoke rezolucije u jednom ili više RF opsega sa detekcijom signala na osnovu merenja energije, pri čemu detekcija energije podrazumeva postavljanje određenog praga (nude se različite opcije). U slučaju prekoračenja praga, vrši se unos u bazu podataka EHD (eng. *Energy History Database*), pri čemu svaki unos sadrži preko 20 izmerenih parametara, kao što su: frekvencija, širina spektra, amplituda, snaga, nivo polja, trajanje i zauzetost kanala.
- **Filtriranje i alarmi.** Moguće je primeniti pre- i post- filtere, kao i postavljanje alarma na osnovu kriterijuma zasnovanog na jednom ili više parametara signala iz EHD. Pri aktiviranju alarma, izvršavaju se jedna ili više definisanih akcija.
- **Geolokacija.** Softver *N6854A RF Geolocation Server* koji je deo softvera *RF Sensor Management Tool* (SMT) integrisan je sa softverskim paketom *N6820E Signal Survey 4D*, i omogućava sinhronizaciju grupe senzora za potrebe geolokacije RF predajnika korišćenjem TDoA metoda, PoA metoda ili *Keysight*-ovog hibridnog TDoA/PoA metoda. Mogu se definisati i alarmi na osnovu lokacije predajnika.

- **Alati u okviru paketa.** Podržan je alat za snimanje i reprodukciju RF spektra koji ne zahteva licencu, kao i alata koji omogućava reprodukciju *snapshot* I/Q snimaka i snimaka RF spektra, čime se mogu proceniti vremenski promenjive karakteristike signala. Alat *Spectrum Survey Tool* sakuplja i izvozi sve sistemske rezultate u format koji je čitljiv *Microsoft Excel* aplikaciji, gde se podacima može definisati prioritet, odnosno mogu se sortirati i filtrirati. Pri tome, postoje posebni alati za SQL bazu podataka i vizuelizaciju podataka iz ove baze. Podržan je i rad alata za vektorsku analizu signala, putem koga se obrađuju snimci signala i vrše različite analize.
- **Dodatne opcije.**
  - Opcija ASD - podržava dokumentaciju i biblioteke za prilagođavanje grafičkog korisničkog interfejsa;
  - Opcija EDF - obezbeđuje interfejs između hardvera za DF merenja i softvera *N6820E Signal Survey 4D*;
  - Opcija MR1 - omogućava analizu signala u cilju identifikacije modulacionih formata, devijacije frekvencije i protoka simbola, i može se koristiti u automatskom režimu, kao task alarma ili u manuelnom režimu;
  - Opcija SSY - mogućava sinhronizaciju rada RF senzora;
  - Opcija USD - podržava alat za kreiranje prilagođenih detektora signala;
  - Opcija MTP - koristi se ako je potrebno povezivanje softvera sa M9391APXI VSA i M9393A PXI VSA uređajima;
  - Opcija NBR - mogućava istovremeno snimanje do 8 uskopojasnih RF kanala, odnosno definisane su različite varijante zavisno od broja kanala.

U tabeli 5.22, date su tehničke, operativne i funkcionalne karakteristike koje se ostvaruju korišćenjem *N6820E Signal Survey 4D* softvera.

Tabela 5.22 – Tehničke, operativne i funkcionalne karakteristike koja se ostvaruju korišćenjem *N6820E Signal Survey 4D* softvera.

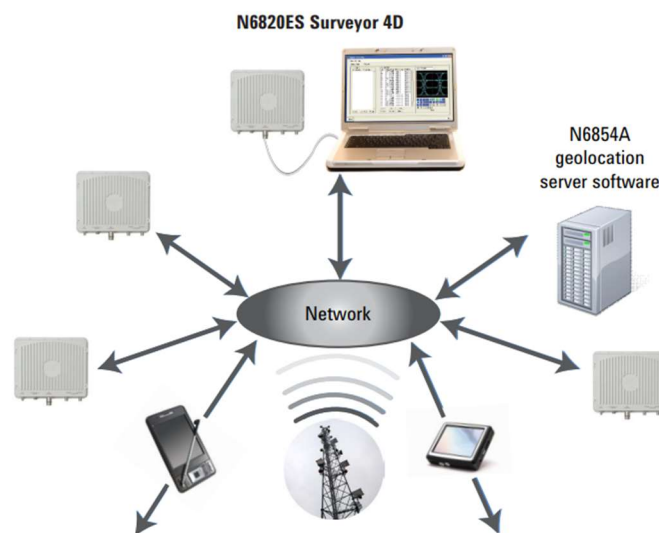
TEHNIČKE KARAKTERISTIKE PRI RADU SA RF SENZORIMA N6841	
Radni opseg učestanosti	1 MHz do 3 GHz ili 6 GHz
Širina analiziranog/merenog opsega	40 MHz, 100 MHz ili 160 MHz
Brzina prebacivanja RF	320 $\mu$ s, nominalno (frekvencija) 136 $\mu$ s, nominalno (frekvencija)
Fazni šum	-120 dBc/Hz, nominalno (1 GHz, 10 kHz offset)
Tačnost amplitude	$\pm$ 0.45 dB, tipično
EVM ( <i>Error Vectro Magnitude</i> )	-47.5 dB, nominal (WLAN 802.11ac, 160 MHz)
ACLR ( <i>Adjacent Channel Leakage Ratio</i> )	-70 dBc, nominal (W-CDMA, 1 DPCH)
Sinhronizacija između kanala	Vremensko poravnanje: $\leq$ 1 ns, nominalno Fazno poravnanje: $\leq$ 1°, nominalno
Veličina	4-slota
ZAHTEVI	
Operativni sistem	Linux OS
Standardni kompatibilni drajveri	Podržano
Razvojno okruženje	Visual Studio (C/C++, C#, VB.NET), LabVIEW, LabWindows/CVI, MATLAB, VEE
Keysight IO Libraries (preporučena verzija 17.0 ili novija)	VISA Libraries, Keysight Connection Expert, IO Monitor

OPERATIVNE KARAKTERISTIKE	
Karakteristike	Benefiti
Velika brzina promene amplitude i frekvencije	Ubrzani protok testa
Ugrađeni režim merenja snage	Smanjeno vreme testiranja sa 3 s na manje od 600 ms uz visoku linearnost
Višekanalni rad	Skaliranje rešenja koje odgovara potrebama za testiranje uz podršku za do 8x8 MIMO
Jedinstveni menadžer resursa za softverske aplikacije i drajver	Brz prelaz između sirovih merenja snage i merenja baziranih na standardu
Nadogradnje bazirane na licencnom ključu bez vraćanja modula	Kupovina na početku samo onoga što je potrebno i jednostavna kasnija nadogradnja
Više programskih interfejsa	Jednostavna integracija u testna okruženja i smanjeno vreme razvoja

#### 5.1.4.2. Softverski paket *N6854A RF Geolocation Server* proizvođača *Keysight*

Softver *N6854A RF Geolocation Server* predstavlja serversku aplikaciju koja proširuje mogućnosti mreže RF senzorskih stanica zasnovanih na primeni RF senzora N6841, i omogućava integraciju geolokacije i mapiranja RF predajnika u realnom vremenu. Softver određuje estimaciju pozicije predajnika na osnovu više metoda za geolokaciju, i integrisan je sa *N6820ES Signal Surveyor 4D* softverom.

Na slici 5.41, prikazana je logička arhitektura sistema za geolokaciju koja se dobija korišćenjem softverskog paketa *N6854A RF Geolocation Server*.



Slika 5.41 – Arhitektura sistema za geolokaciju korišćenjem *N6854A RF Geolocation Server*.

Geolokacija je podržana za RF opseg od 20 MHz do 6 GHz, pri čemu se za TDoA metod geolokacije zahteva korišćenje 3 do 5 RF senzora. Usled sinhronizovanog rada RF senzora, mogu se locirati predajnici koji emituju CW (eng. *Continuous Wave*) signale, uskopojasne signale i širokopojasne signale, uključujući i signale ispod nivoa šuma. Rastojanje susednih RF senzora, zavisno od tipa posmatrane radio mreže, kreće se od 3 km do 10 km, [5-5]. Podržan je rad korišćenjem fiksnih, mobilnih i heterogenih mreža RF senzora, kao i prikaz rezultata na uvezenim raster mapama standardnog formata, kao i primena u zatvorenim,



ruralnim, suburbanim ili gusto urbanim okruženjima za monitoring (dimenzija od 10 m do nekoliko desetina kilometara).

Kada su u pitanju metodi za geolokaciju, podržani su TDoA metod, PoA metod (na osnovu RSS odnosa amplitude), kao i adaptivna hibridna tehnika koja kombinuje TDoA i PoA. Rezultati geolokacije, osim estimirane pozicije uključuju i indikatore tačnosti i pouzdanosti, pri čemu se geolokacija može automatski zadati na osnovu definisanih *trigger*-a na bazi nivoa snage ili doba dana. Obezbeđeni su vizuelni prikazi estimirane pozicije, korelacije signala i propagacionih karakteristika, uvoz rasterskih mapa u većini standardnih formata slike, kao i izvoz rezultata geolokacije u KML formatu u geografske informacione sisteme kao što je *Google Earth*.

Upravljanje mrežom RF senzorskih stanica može biti ručno, tj. direktno kontrolisano od strane korisnika, ili automatizovano. Pri tome, sam proces geolokacije na bazi TDoA zasniva se na proračunu unakrsne korelacije između merenja RF senzora, odnosno koherentnom detekcijom sinhronizovanih prijemnika. Preciznost geolokacije korišćenjem mreže RF senzora zavisi od više faktora uključujući: gustinu RF senzora, položaj i geometriju mreže senzora u odnosu na posmatrani predajnik, topografiju terena i postojanje linije direktne optičke vidljivosti, kao i visine predajnika koji se detektuje i locira. Za pravilno raspoređenu mrežu RF senzora u suburbanom/urbanom terenu bez linije optičke vidljivosti, preciznost geolokacije je reda nekoliko desetina metara do 300 m, pri čemu nije podržana lokalizacija predajnika signala koji emituju na istoj frekvenciji, kao što je slučaj kod predajnika 3G sistema mobilne telefonije.

U tabeli 5.23, date su karakteristike geolokacije koja se ostvaruje korišćenjem *N6854A RF Geolocation Server* softvera.

Tabela 5.23 – Karakteristike geolokacije korišćenjem *N6854A RF Geolocation Server*.

OPIS	SPECIFIKACIJA
Podržani opseg učestanosti	20 MHz do 6 GHz
Širina mernog opsega	do 10 MHz
Modovi merenja	Ručna ili daljinska kontrola aplikacije <i>Single</i> ili <i>Auto-repeat</i> merenja
Metode merenja	TDoA, PoA - RRSAR ( <i>Relative Signal Strength Amplitude Ratio</i> ) i <i>Adaptive Hybrid</i> (TDoA + PoA)
Mogući triggeri za pokretanje geolokacije	Nivo snage RF signala u <i>Sensor IF Time-of-Day</i>
Snimanje podataka signala	256k do 32k odboraka I/Q podataka (definiše korisnik)
<i>Doppler</i> -ova kompenzacija	Korisniku je omogućeno do 100 km/h
Konfiguracije senzora	Najmanje 3 senzora za TDoA Najmanje 4 senzora za PoA i hibridne metode
Baza podataka o istoriji merenja	Korisnik definiše ograničenja
Programski interfejs	C biblioteka za razvoj za daljinsku kontrolu aplikacija

#### 5.1.4.3. RF senzor N6841 proizvođača *Keysight*

RF senzor N6841A predstavlja softverski definisan prijemnik koji koristi operativni sistem na bazi Linux OS, a u cilju izvođenja širokog skupa zadataka monitoringa RF spektra. Ove uređaje odlikuje jednostavan i optimizovan DSP dizajn na bazi FPGA (eng. *Field Programmable Gate Array*) tehnologije, čime se omogućava rekonfiguracija u cilju promene primene i zahteva misije monitoringa, odnosno primena varijabilnih filtara za decimaciju za

implementaciju digitalnog IF stepena širine spektra do 20 MHz. RF senzori zahtevaju relativno veliku memoriju (500 MB), ali omogućavaju neprekidnu akviziciju RF signala.

RF senzor N6841A predstavlja ekonomski isplativo rešenje za realizaciju mreže RF senzorskih stanica za monitoring RF spektra, bez ograničenja u pogledu lokacije ili fizičke infrastrukture. Radni opseg učestanosti RF senzora je od 20 MHz do 6 GHz, a digitalizacija signala se obavlja na učestanosti međufrekvencije u opsegu maksimalne širine 20 MHz. RF senzor kombinuje brzinu prijemnika za nadgledanje spektra sa mernim mogućnostima vektorskog prijemnika.

Postoji više opcija za montažu, uključujući tronožac, na krov, na stub, na stalak, na vozilo ili se može koristiti *man-pack* pristup, uz fleksibilne zahteve po pitanju instalacije. Dodatno, troškovi održavanja su smanjeni tako što *on-board* dijagnostika uključuje kompletni *self-test*. Instalacija i konfiguracija RF senzora je jednostavna.

Softver koji dolazi uz RF senzor obezbeđuje: daljinsko podešavanje i kontrolu RF senzora, kao i povezivanje, konfigurisanje i upravljanje mrežom senzora, odnosno praćenje svakog senzora, korišćenje alata za optimizaciju lokacija pri postavljanju mreže, kao i alata za vektorsku analizu signala, odnosno već ranije opisane softverske pakete *N6854A RF Geolocation Server* i *N6820ES Signal Surveyor 4D*.

Osnovne primene RF senzora N6841 su:

- pregled RF spektra sa klasifikacijom signala i operacijama vezanim za upis u bazu podataka;
- detekcija interferencije, akvizicija, klasifikacija, identifikacija i lokacija radio signala;
- praćenje zauzetosti spektra, praćenje iskorišćenosti spektra i oslobađanje spektra;
- monitoring RF spektra u graničnom pojasu, po regionima ili u urbanim sredinama, i geolokacija predajnika;
- sprovođenje politike u domenu RF spektra i praćenje dometa predajnika.

Neke dodatne operativne i tehničke karakteristike RF senzora N6841 su:

- uređaj je smešten u kućište, sa definisanim nivoom zaštite IP67;
- podržana *LookBack* memorija signala (4.8 sekundi za IBW 20 MHz), koja omogućava pouzdanu detekciju, obradu i lokaciju signala/interferencije kratkog trajanja;
- podržan I/Q striming do širine spektra signala od 2 MHz, za snimanje i obradu signala;
- integrisan je GPS prijemnik za potrebe sinhronizacije rada RF senzora u mreži i geolokacije predajnika;
- podržana precizna sinhronizacija merenja i označavanje u vremenu (*time-stamping*);
- mogućnost demodulacije AF/FM audio *streaming-a*;
- postoje dva RF ulazna interfejsa N tipa.

Osnovne tehničke karakteristike RF senzora N6841 su date u tabeli 5.24, a izgled uređaja je dat na slici 5.42.



Slika 5.42 – Izgled RF senzora N6841 proizvođača Keysight.

Tabela 5.24 – Tehničke i operativne karakteristike RF senzora N6841.

PARAMETAR	VREDNOST/OPIS	
Radni opseg učestanosti	20 MHz do 6 GHz	
Frekvencijski span	Podesivo od 5 MHz do maksimalnog frekvencijskog opsega	
Maksimalni IF BW	20 MHz	
Brzina skeniranja	> 4 GHz/sec sa 10 kHz RBW	
RBW ( <i>Resolution Bandwidth</i> )	Selektivnost Podesivi factor uobličavanja: 2.6, 4.0 i 9.0 do 1 (sa <i>N6820ES Surveyor 4D</i> softverom)	
	Korišćenjem N6820ES softverai faktora uobličavanja 9.0: 5 Hz, 10 Hz, 40 Hz, 90 Hz, 170 Hz, 330 Hz, 650 Hz, 1.29 kHz, 2.57 kHz, 5.13 kHz, 10.26 kHz, 20.51 kHz, 41.01 kHz, 82.04 kHz, 164.07 kHz, 328.13 kHz, 656.25 kHz korišćenjem SAL API: 5 Hz to 1.67 MHz	
Fazni šum na 1 GHz	10 kHz <i>offset</i> : -82 dBc/Hz	
	100 kHz <i>offset</i> : -98 dBc/Hz	
Maksimalna ulazna snaga	+20 dBm	
Vremenska sinhronizacija	GPS ili <i>Precision time protocol</i> (IEEE-1588, 2008 <i>compatible</i> )	
Električno napajanje	15 to 24 VDC nominal (optional 120/240 VAC indoor adapter)	
Potrošnja snage	30 Watts maksimalno; 25 Watts tipično	
Dimenzije (WxHxD)	29.2 cm (11.5 in) x 24.6 cm (9.7 in) x 5.4 cm (2.1 in)	
Težina	3.5 kg (7.7 lb)	
Konektori	RF ulazni portovi	Type-N, 50 ohm, elektronski svič
	Napajanje	<i>Switchcraft</i> SF6382-2SG-520
	LAN	Ethernet RJ45, robustan i vodootporan
	GPS	Type-TNC (ženski)
GPS	Prijemnik	<i>Trimble resolution-SMTx</i> (ugrađen)
	Operativni režimi	Fiksni ili mobilni
	GPS horizontalna preciznost	< 9 meters (90%)
	GPS preciznost nadmorske visine	< 18 meters (90%)
	GPS antena	Aktivna (3.3V) sa 3 metra kabla

#### 5.1.4.4. Širokopojasna neusmerena antenna N6850A proizvođača Keysight

Širokopojasna neusmerena (omnidirekciona) N6850A antenna je pasivna, omnidirekciona antenna dizajnirana za prijemnike koji rade u RF sopegu do 6 GHz. Uniformni dobitak antene je čini pogodnom za TDoA ili PoA metode geolokacije. Osnovne primene su: monitoring RF spektra i geolokacija signala, detekcija interferencije i lokacije, rad na fiksnoj stanici, na vozilu ili za ručnu upotrebu. Antena je predviđena za primenu sa N6841A RF senzorom, kao i sa ručnim analizatorima spektra ili bilo kojim drugim prijemnikom.

Na slici 5.43 prikazan je izgled antene N6850A, dok je u tabeli 5.26, data tehnička specifikacija za ovu antenu.



Slika 5.43 – Izgled neusmerene širokopojasne antene N6850A proizvođača Keysight.

Tabela 5.26 – Tehničke neusmerene širokopojasne antene N6850A proizvođača Keysight.

KARAKTERISTIKA	VREDNOST/OPIS
Frekvencijski opseg	20 MHz do 6 GHz
Tip	Omnidirekciona, pasivna
Konektor	N tipa
Impedansa	50 ohms
VSWR	< 2.5 for 1500 MHz < f < 3.7 GHz < 3.0 for 3.7 GHz < f < 5.3 GHz < 3.5 for 5.3 GHz < f < 6 GHz
Radna temperatura	−50 to +70 °C
Uslovi okruženja	IP67
Brzina vetra	100 miles/hr (160 km/hr)
ROHS	Usaglašeno
KARAKTERISTIKE	BENEFITI
Širok rekvencijski opseg	Potrebna jedna antenna sa RF senzorom ili drugim prijemnikom
Uniform gain pattern	Pogodno za <i>outdoor</i> i <i>indoor</i> geolokaciju
Adapter za montažu	Pogodno za montažu na stub ili <i>rail</i> ili za ručnu upotrebu.
Kompaktan dizajn, mala udarna površina za vetar	Pogodna za monitoring signala sa kule ili vozila. Jednostavna za transport i montiranje.

### 5.1.5. Raspoloživa merna oprema i softver kompanije *LS Telecom*

Kompanija *LS Telecom AG*, [5-6], sa sedištem u Nemačkoj, u oblasti monitoringa RF spektra i upravljanja spektrom, nudi sistem *LS Observer* namenjen za monitoring RF spektra. *LS Observer* je zaokruženi sistem koji čine softverski paket i veći broj različitih rešenja stanica za monitoring RF spektra (fiksni, transportabilni, prenosivi, mobilni, ručni i ugrađeni u dronove). Ista kompanija nudi i automatski sistem za upravljanje spektrom *LS Spektra*. Naravno, moguća je intergacija ova dva rešenja u okviru zaokruženog sistema.

#### 5.1.5.1. Sistem *LS Observer* proizvođača *LS Telecom*

*LS Observer* predstavlja potpuno integrisan savremeni sistem za monitoring RF spektra, uključujući softver za merenje i kontrolu, odnosno hardver za nadzor. Bilo da se radi o klasičnom monitoringu RF spektra, DF merenjima, analizi zauzetosti spektra ili demodulaciji, sistem *LS Observer* nudi širok skup aplikacija. Pri tome, ključna razlika *LS Observer* sistema u odnosu na konvencionalne sisteme za monitoring RF spektra predstavlja primena specifične kompresije podataka i veliki kapacitet skladištenja podataka direktno unutar mernih jedinica, kao i integrisani *user-friendly* i inteligentni softver, odnosno interfejs za sisteme upravljanja spektrom.

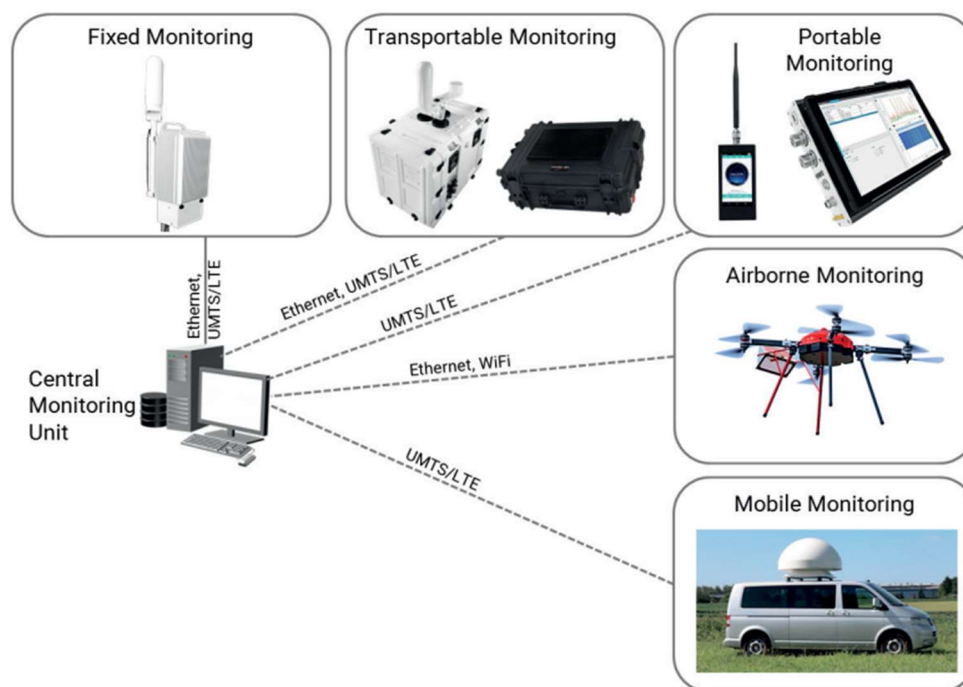
U okviru sistema *LS Observer*, merni uređaji, tzv. *Remote Monitoring Unit* (RMU), obavljaju kontinualni i neprekidni monitoring RF spektra (model 24/7). Pri pokretanju od strane operatora, svaki RMU nezavisno obrađuje i snima merne podatke unutar same lokalne jedinice. U zavisnosti od tipa merenja, RMU može čuvati podatke do dve godine. Ovime je omogućeno i preuzimanje snimljenih podataka kada god je to potrebno za analizu. Dobijanje željenih podataka omogućeno je uz primenu odgovarajućih filtara. Zahvaljujući ovakvom rešenju, za povezivanje centralnog servera sa RMU je potreban komunikaioni link sa malim protokom podataka. Osim toga, podaci se mogu sačuvati na centralnom serveru, pa se ako su potrebni kasnije, ne moraju ponovo preuzimati. Sam sistem dozvoljava primenu fiksnih, prenosivih, ručnih i mobilnih konfiguracija RMU.

*LS Observer* se može povezati sa sistemima za upravljanje spektrom (npr. *LS Spektra* istog proizvođača) za potrebe automatske razmene podataka i poređenje „realnih“, izmerenih i licenciranih podataka u bazi za upravljanje spektrom. Sistem je potpuno kompatibilan sa smernicama i preporukama za monitoring iz *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, [5-7]. Dodatno, moguće je integrisanje *LS Observer* sistema sa već postojećim sistemom za monitoring RF spektra kako bi se automatizovala kompresija, skladištenje i analiza podataka.

Na slici 5.44, prikazana je arhitektura *LS Observer* sistema.

Daljinski upravljana jedinica za monitoring spektra (RMU) u okviru *LS Observer* sistema, se sastoji od RF *front end*-a, ugrađenog kompjutera, memorije i interfejsa za potrebe ostvarivanja mrežne konekcije. U zavisnosti od podržanog RF opsega i tipa primene, dostupno je nekoliko različitih verzija RMU. Ugrađeni računar koji koristi inteligentni softver, automatski koristi četiri različita tipa podataka:

- sirovi podaci,
- podaci bez šuma,
- podaci o zauzeću spektra, tj. FCO (eng. *Frequency Channel Occupancy*) podaci, i
- pregledni podaci.

Slika 5.44 – Arhitektura *LS Observer* sistema.

Dodatno, podržana je AVD (eng. *Automatic Violation Detection*) funkcionalnost, putem koje se automatski proverava usklađenost izmerenog RF spektra sa očekivanim spektrom (na osnovu baze podataka o licencama) i šalje alarm u slučaju utvrđene nepravilnosti. Istorija alarma, tzv. AVD log fajl se trajno čuva.

Koncept *LS Observer* sistema sastoji se u tome da se omogućava povezivanje svih RMU u jednu mrežu. Ovo omogućava operatoru na terenu, kao i onom u Centralnoj jedinici za nadzor (CMU, *Central Monitoring Unit*) da pristupa i upravlja merenjima svih povezanih jedinica. Sva komunikacija u mreži se zasniva na TCP/IP modelu, pa se stoga mogu koristiti različiti tipovi ožičenih i bežičnih linkova/tehnologija za povezivanje. U standardnoj verziji RMU se mogu povezati preko *Ethernet*-a ili bežično preko 3G-UMTS ili 4G-LTE.

Na osnovu mogućnosti lokalnog internog skladištenja podataka i procesorske moći RMU, samo mala količina podataka se šalje ka CMU. Sistem se može koristiti u oblastima gde je komunikaciona veza nestabilna i kada je protok na linku mali. Zbog malih zahteva za komunikacijom, čak ni prekidi veze ne bi trebalo da izazovu sistemske kvarove, pošto će RMU nastaviti da radi iako nije povezana sa CMU. Veći protoci se zahtevaju jedino kada je potrebno preuzeti velike količine podataka ili u okviru aplikacija koje se odnose na striming IQ podataka (uključujući TDoA).

Dostupan je veliki broj različitih RMU koje mogu biti fiksne, transportabilne, prenosne, ručne, mobilne ili na dronovima. U standardnoj verziji, različiti primerci ovih uređaja mogu da pokriju ceo frekvencijski opseg od 9 kHz do 18 GHz.

Kada su u pitanju fiksne RMU, za razliku od tradicionalnih teških i glomaznih stanica, u okviru *LS Observer* sistema fiksne stanice za monitoring RF spektra (FMU, *Fixed Monitoring Units*) dozvoljavaju montažu na jednom stubu. Dozvola za ugradnju ovih malih pametnih uređaja se lako dobija, a mogu se instalirati doslovno bilo gde. Zahvaljujući robusnosti dizajna, mogu raditi i u surovim vremenskim uslovima. Postoje 3 tipa FMU, u zavisnosti od

podržanog radnog RF opsega, i to: FMU 306, FMU 312 i FMU 318, koje su predviđena za rad u RF opsezima 9 kHz – 6 GHz, 9 kHz – 12.4 GHz i 9 kHz – 18 GHz, respektivno.

Sve ove FMU imaju slične tehničke karakteristike, koje su date u tabeli 5.27.

Tabela 5.27 – Tehničke karakteristike FMU proizvođača *LS Telecom*.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE			
Tip FMU	FMU 306	FMU 312	FMU 318
Radni opseg učestanosti	9 kHz do 6 GHz	100 kHz do 12.4 GHz	9 kHz do 18 GHz
Brzina skeniranja	Do 25 GHz/s	Do 140 MHz/s	Do 40 GHz/s
Maks. ulazni nivo	+16 dBm, 0 VDC	+16 dBm, 0 VDC	+16 dBm, 0 VDC
IBW	Do 27 MHz	Do 240 kHz	Do 40 MHz
Tačnost frekvencije	0.01 ppm	1 ppm	preko GPS, bez GPS 0.15 ppm
KONEKTIVNOST			
RF antenski ulaz	1x N-Type opciono 4-to-1 antenski komitator ili duplekser		1x APC 3.5-Type, opciono 4-to-1 komutator ili duplekser
Eksterni ulaz za GPS antenu	da	da	da
Žičano povezivanje	1x Gigabit-Ethernet	1x Gigabit-Ethernet	1x Gigabit-Ethernet
Bežično povezivanje	UMTS, LTE	UMTS, LTE	UMTS, LTE
Lokalno povezivanje (opciono)	WiFi (802.11 b/g/n)	WiFi (802.11 b/g/n)	WiFi (802.11 b/g/n)
GEOLOKACIJA			
DF merenje	Da, sa opcionom direkcionalnom antenom ili AoA 1xDF antenskim sistemom		
<i>Gain Ratio of Arrival (GROA+)</i>	Da	Da	Da
TDoA merenje	Da	Ne	Da
GPS prijemnik	Da	Da	Da
GPA antenski ulaz	1 x SMA, antena uključena		
SKLADIŠTENJE			
Čuvanje sirovih podataka	Do 30 dana	Do 30 dana	Do 30 dana
Čuvanje statističkih pod.	Do 2 godine	Do 2 godine	Do 2 godine
PARAMETRI OKRUŽENJA			
Ojačano kućište	da	da	da
Temperaturni opseg	-30°C to +55°C (temperature pokretanja veća od -20°C)		
Napajanje	10-32 VDC ili 100-240 VAC 50-60 Hz sa eksternim PSU		
Potrošnja	max. 110 W tipično 45 W	max. 105 W tipično 42 W	max. 170 W tipično 75 W
Težina	24.5 kg	24.5 kg	27.5 kg
Dimenzije u mm (Š/V/D)	370 x 522 x 210 370 x 522 x 280	370 x 522 x 210 370 x 522 x 280	370 x 522 x 210 370 x 522 x 280
Vlažnost (bez kondez.)	Do 95 %	Do 95 %	Do 95 %
Zaštita	IP 65	IP 65	IP 65
Softver	LS Observer RMS		

Osim FMU, postoje transportabilne jedinica za monitoring spektra (TMU, *Transportable Monitoring Unit*), koje nude veliku fleksibilnost i pogodne su za različite primene. Pakovanje

je otporno na vremenske uslove i imaju unutrašnju bateriju. Tehničke karakteristike TMU su gotovo identične odgovarajućim FMU (zavisno od podržanog RF opsega).

Prenosive jedinice za monitoring spektra (PMU, *Portable Monitoring Unit*) su, zbog svojih malih dimezija i težine, pogodne za upotrebu na terenu. Za prikaz kontrole i merenja, PMU je opremljen tablet računarom osjetljivim na dodir. Napajaju se iz spoljnog paketa baterija ili se alternativno mogu povezati na mrežu. Osim toga, postoji i zaštićena prenosiva jedinica za monitoring spektra (PPU, *Protected Portable Unit*), koja je pogodna za *outdoor* operacije u ekstremnim vremenskim uslovima. Laka je za transport i može se koristiti za jednokratno merenje u polju kao i za kontinuirana merenja na otvorenom.

Ručna jedinica za monitoring RF spektra (HMU, *Handheld Monitoring Unit*), predstavlja male i lagane, ali moćne uređaje. Zasnovana je na *Android* sistemu sa korisničkim interfejsom osjetljivim na dodir, i ima integrisan prikaz kompasu.

Konačno, postoji i vazдушna jedinica za monitoring spektra (AMU, *Airbone Monitoring Unit*), koja predstavlja potpuno opremljen dron za monitoring RF spektra i DF merenja. AMU je predviđen za let na visini do 100 m, i ima mogućnost monitoringa RF signala koji nisu merljivi na zemlji.

Na slici 5.45 prikazan je izgled FMU i TMU.



Slika 5.45 – Izgled FMU (levo) i TMU (desno) kao mernih stanica *LS Observer* sistema.

Većina RMU u okviru *LS Observer* sistema ima mogućnost da u sebi integriše više prijemnika za potrebe *multi-tasking* načina rada. Time je moguće ostvariti monitoring RF spektra, DF merenja i analizu paralelno sa samo jednom jedinicom. Na ovaj način se može uštedeti vreme i povećati efikasnost rada.

Osnovne primene *LS Observer* sistema su:

- **Monitoring u realnom vremenu.** Centralni softver za monitoring (CMS, *Central Monitoring Software*) u okviru sistema omogućava brz proces monitoringa. Merenja u realnom vremenu sa datog RMU se prikazuju u interaktivnom FFT i *waterfall* prikazu.
- **AVD funkcionalnost.** AVD verifikuje usklađenost detektovanog spektra sa očekivanim spektrom (na osnovu podataka u bazi podataka o licenciranom opsegu), i u roku od nekoliko *ms* generišu se maske u cilju definisanja limita dozvoljenih za fluktuacije u spektru. Moguće je definisati i prilagoditi pravila alarma za svaki element maske. Ukoliko neka emisija krši unapred definisana pravila, odgovarajuća maska se ističe crvenom bojom na FFT grafikonu i automatski se šalje SMS ili mejl. Upozorenja se beleže, tako da se kasnije mogu analizirati u *waterfall* prikazu.



- **Demodulacija.** Softver nudi integrisani demodulator koji omogućuje reprodukciju analognog zvuka. Moguće je slušanje uživo ili snimanje za potrebe kasnijeg preslušavanja. Trenutno podržani tipovi modulacija su FM, AM, USB, LSB i DSB.
- **Analize.** U cilju detaljnije analize mogu se preuzeti 4 tipa podataka sa RMU.
  - Pregledni podaci daju smislenu sliku spektra tokom kompletnog vremena merenja, pa se stoga prosečan nivo signala tokom vremena merenja prikazuje na FFT grafikonu. Dodatno, prikazuju se maksimalne i minimalne vrednosti nivoa signala radi otkrivanja pojedinačnih *burst*-ova ili prekida;
  - FCO podaci su prikazani u *waterfall* grafikonu i daju pregled zauzeća spektra tokom vremena;
  - U slučaju podataka bez šuma, iz neobrađenih podataka se eliminiše šum i omogućava odvajanje signala od šuma, kao i procena kvaliteta i snage signala, tj. izračunava odnos signal-šum;
  - Sirovi podaci, predstavljaju neobrađene podatke koji sadrže potpune informacije o merenju koje dobija prijemnik.
- **DF merenje.** Povezivanjem na DF antenu moguće je obaviti DF merenja, pri čemu postoji i mogućnost automatskog izračunavanja LoB počevši od stvarne GPS pozicije RMU, sa prikazom na mapi.
- **Geolokacija sa DF metodom.** Više LoB koji potiču od nekoliko merenja se mogu preklopiti na mapi kako bi se izvršila geolokacija željenog predajnika. Ovo se može postići ili višestrukim uzastopnim merenjima sa jednom jedinicom ili kombinovanjem paralelnih DF merenja sa više mrežnih uređaja.
- **TDoA merenje.** Na osnovu TDoA metoda računa se lokacija predajnika. Osnovna prednost TDoA metoda je da višestruka propagacija ne utiče na tačnost geolokacije.
- **GROA+ (*Gain Ratio of Arrival*) metod geolokacije.** Ovaj metod računa lokaciju predajnika na osnovu razlika u snazi određenog signala na različitim lokacijama. Tačnost geolokacije u ovom slučaju zavisi od preciznosti proračuna propagacije signala uzimajući u obzir topografske podatke. Ne koristi se propagacioni model u slobodnom prostoru, već se koriste složeni modeli koji uzimaju u obzir topografske informacije i informacije o klateru. Velika prednost GROA+ metoda je što omogućava lociranje predajnika na osnovu podataka sačuvanih u RMU.
- **Hibridne tehnike geolokacije.** Kako bi se ostvarila preciznija geolokacija, sistem *LS Observer* nudi hibridne kombinacije prethodno pomenutih tehnika.

Sistem podržava DF naredne generacije sa AoA 1 x DF antenskim sistemom, uz DF *Time Travel* funkcionalnošću koja predstavlja inovaciju u oblasti DF merenja. Korišćenjem izuzetno širokog RF opsega od 8 kHz do 12 GHz (u zavisnosti od konfiguracije), AoA 1x opcija omogućava primenu kompaktnog *full band* rešenja za monitoring RF spektra i DF merenja u jednom modulu. Primenom 28 antena, sistem podržava ceo RF opseg učestanosti i poseduje mogućnost analiziranja i horizontalne i vertikalne polarizacije, zajedno sa monitoringom od 8 kHz do 12 GHz korišćenjem kombinovanog antenskog sistema. Opciju AoA 1x karakteriše robustan dizajn koji ima mogućnost da se izbori sa surovim vremenskim uslovima. Pogodan je za rad u režimu 24/7 na fiksnim lokacijama ili mobilnim primenama kada se montira na vozilo.

U tabeli 5.28 prikazane su podržane opcije za geolokaciju u okviru *LS Observer* sistema.

Tabela 5.28 – Podržane opcije za geolokaciju u okviru *LS Observer* sistema.

TEHNOLOGIJA	TRIANGULACIJA		TDOA	GROA+	
	Sekvencijalan	Paralelan	Paralelan	Sekvencijalan	Paralelan
Operacioni režim	Sekvencijalan	Paralelan	Paralelan	Sekvencijalan	Paralelan
Antena	DF antena		omnidirekciona	omnidirekciona	
Minimalan broj jedinica	1	2	3	1	3

*DF Time Travel* tehnologija omogućava traženje pravca ne samo „uživo“, nego i na osnovu DF/spektralnih merenja, tako da se signali mogu pratiti čak i kada se trenutno ne emituju. Moguće je biranje RF opsega ili učestanosti od interesa za potrebe DF merenja. Mogu se slobodno birati RF opseg ili frekvencija od interesa pri čemu se izvodi DF merenje koje nije ograničeno na jedan kanal i na jedan RBW (eng. *Real-Time Bandwidth*), kao što je slučaj kod tradicionalnih sistema.

Kako refleksije mogu imati veliki uticaj na tačnost DF merenja, odnosno DF metoda za geolokaciju, primenjuje se *multi-spot heatmap* vizuelizacija u cilju smanjenja uticaja pogrešnih proračuna izazvanih refleksijom. Dok standardni DF razmatra samo najverovatnije rezultate, dok se ostale informacije odbacuju, sa *multiple-spot* opcijom se razmatra više mogućih geolokacija, što pomaže da se odvoji izvor refleksije ili daljih predajnika na istom kanalu od stvarno traženih signala.

### 5.1.6. Raspoloživa merna oprema i softver kompanije *Anritsu Company*

*Anritsu Company* (u daljem tekstu *Anritsu*), [5-3], sa sedištem u SAD, predstavlja renomiranog proizvođača merne i druge opreme u oblasti bežičnih komunikacija. Grupu proizvoda ove kompanije koja se odnosi na primenu u oblasti monitoringa RF spektra predstavlja sistem *Remote Spectrum Monitor Vision*. Ovaj sistem se sastoji od softverskog paketa MX280001A - *Remote Spectrum Monitor Vision* i MS27100 serije kompaktnih daljinski kontrolisanih uređaja za monitoring RF spektra (u koji spadaju daljinski upravljani uređaji za monitoring RF spektra MS27100A, MS27101A, MS27102A i MS27103A). U pitanju je sistem koji omogućava izgradnju mreže RF senzorskih stanica sa centralizovanim upravljanjem i kontrolom rada, koji će biti opisan u ovom poglavlju.

Osim ovog sistema, u oblasti monitoringa RF spektra, *Anritsu* nudi poseban softver za vektorsku analizu signala, MX280005A - *Vector Signal Analysis*, kao i poseban softver za identifikaciju izvora interferencije za operatore bežičnih mreža, MKS280007A - *Mobile Interference Hunter*. Ovi softverski paketi nisu od interesa za predmet Studije, pa neće biti detaljnije opisani.

#### 5.1.6.1. Softverski paket MX280001A – *Remote Spectrum Monitor Vision* proizvođača *Anritsu*

MX280001A – *Remote Spectrum Monitor Vision* predstavlja softverski paket predviđen za rad na standardnom desktop ili laptop računaru u okruženju *MS Windows OS*. Može se koristiti sa svim *Anritsu* RF senzorskim uređajima za monitoring RF spektra serije MS27100, namenjenih za nadgledanje, identifikaciju i lociranje signala smetnji. Softverski paket se sastoji od dve komponente odgovorne za monitoring RF spektra i za geolociranje signala od interesa, i to: *Vision Monitor* (opcija 400) i *Vision Locate* (opcija 401), respektivno.

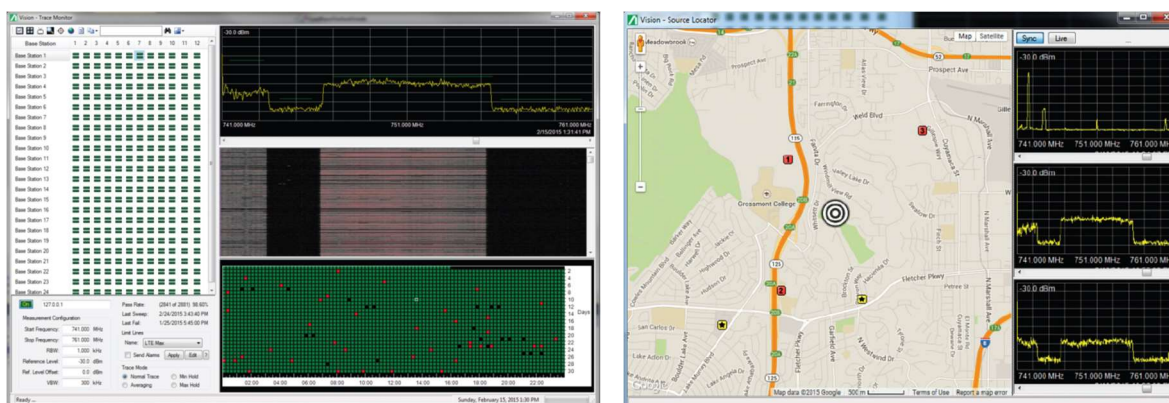
##### Softverski alat *Vision Monitor*

*Vision Monitor* predstavlja korisnički interfejs za daljinsku kontrolu procesa nadgledanja aktivnosti u RF spektru, i predviđen je za rad sa RF senzorskim uređajima za monitoring RF

spektra serije MS27100. Podaci o merenjima se prikazuju i čuvaju u različitim formatima uključujući podatke vezane za snimke spektra, spektrograme, tabele i grafikone. Merenjima spektra u realnom vremenu se može pristupiti sa bilo kog mesta u mreži u kojoj je raspoređen veći broj RF senzorskih uređaja za monitoring RF spektra serije MS27100.

Softverska aplikacija *Vision Monitor*, slika 5.46, obezbeđuje potpunu automatizaciju procesa monitoringa RF spektra. Merenja se mogu snimati i periodično učitavati u bazu podataka u cilju dalje obrade. U zavisnosti od potrebe i kapaciteta skladištenja, korisnici mogu da čuvaju istoriju spektra tokom većeg broja meseci ili godina. Obično se u sistemu sa 1000 RF senzorskih uređaja, sa svakog RF senzora učitavaju podaci o spektru na svakih 15 minuta, pa bi tridesetodnevna istorija spektra zahtevala oko 1 TB kapaciteta za skladištenje. Sve baze podataka sa snimcima dobijenim merenjem RF spektra, mogu se lako pretraživati, što omogućava korisniku da brzo locira obrasce aktivnosti signala relevantne za proces monitoringa RF spektra. Sačuvani podaci sa izmerenim stanjem RF spektra, istorija spektra, se potencijalno mogu koristiti u pravnim postupcima za dokumentovanje nelegalnih ili nelicenciranih aktivnosti pri emitovanju. Dodatne funkcionalnosti koje podržava softverski paket *Vision Monitor* uključuju:

- funkcije upravljanja za sve daljinski kontrolisane RF senzorske uređaje za monitoring RF spektra,
- podešavanja pragova detekcije i spektralnih maski koje se koriste za generisanje alarma,
- izveštavanje o integritetu RF spektra na dnevnoj ili nedeljnoj bazi,
- mogućnost vizuelizacije položaja RF senzorskih uređaja korišćenjem *GoogleMaps* ili *OpenStreetMap*,
- mogućnosti kontrole svakog RF senzorskog uređaja za monitoring RF spektra,
- kreiranje izveštaja o alarmu koji pokazuje lokaciju na mapi na kojoj je došlo do nelegalnog emitovanja,
- obaveštavanje o događajima putem e-pošte,
- fenerisanje identifikacionih signala za operatere, tj. vlasnike predajnika.



Slika 5.46 – Izgled ekrana pri radu softvera *Vision Monitor* (levo) i prikaz rezultata geolokacije dobijenih korišćenjem softvera *Vision Locate* (desno).

### Softverski alat Vision Locate

*Vision Locate* predstavlja korisnički interfejs namenjen za slučaj kada se identifikuje da postoji signala ometač ili neki sumnjivi signal. Pri tome se u okviru ovog alata koristi algoritam geolokacije za identifikaciju približne pozicije predajnika detektovanog signala. *Vision Locate* omogućava pozicioniranje izvora ometajućeg signala, što daje mogućnost

korisniku da suzi oblast u kojoj se može nalaziti lokacija izvora ometajućeg signala: na taj način se skraćuje vreme i smanjuju troškovi detekcije pozicije ometača. Primenom *GoogleMaps* ili *OpenStreenMap* u okviru alata prikazuje se procenjena pozicija izvora detektovane smetnje.

Za potrebe određivanja lokacije za predajniike svih signala od interesa, tj. za sve smetnje detektovane u prošlosti, korisnici softverskog alata mogu koristiti i ranije snimljene podatke. Moguće je obaviti pretragu alarma koji su se desili merenjem na bilo kojem RF senzorskom uređaju za monitoring RF spektra u okviru date mreže senzora. Pri tome, potrebno je da najmanje tri RF senzorska uređaja budu u blizini traženog predajnika, kako bi se otkrio signal od interesa, odnosno kako bi se pravilno odredila pozicija predajnika na osnovu primene PoA metoda ili TDoA metoda. U situacijama kada je za geolokaciju izvora smetnje dostupan samo jedan RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra, može se koristiti ugao dolaska (AoA) za određivanje pravca predajnika u odnosu na RF senzorski uređaj.

Ključne karakteristike softverskog alata *Visio Locate* su:

- upravljanje i kontrola rada za veći broj RF senzorskih uređaja,
- prikupljanje istorije spektra, identifikovanje obrazaca za neuobičajenu aktivnost signala,
- podešavanje praga, generisanje alarma, i obaveštavanje putem e-pošte,
- pretraživanje baze podataka za signale od interesa,
- automatsko generisanje izveštaja,
- geolokacija smetnji ili ilegalnih/nelicenciranih signala primenom PoA i TDoA metoda,
- pregled aktivnosti signala u realnom vremenu u mreži,
- podržan je skener portova velike brzine,
- podržano je mapiranje pokrivenosti,
- podržano je merenje zauzeća RF spektra.

### 5.1.6.2. RF senzorski uređaji iz serije *M27100* proizvođača *Anritsu*

Kompanija Anritsu nudi nekoliko tipova RF senzorskih uređaja za monitoring RF spektra namenjenih radu u unutrašnjem (*indoor*) i spoljašnjem (*outdoor*) okruženju, i to:

- daljinski kontrolisan RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27101A, koji je predviđen za primenu u zatvorenom prostoru;
- daljinski kontrolisan RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27102A, koji predstavlja merni uređaj predviđen za rad u *outdoor* okruženju. Ovaj uređaj karakteriše IP67 nivo zaštite, pa se stoga može montirati na antenske stubove, krovove ili obične stubove. Namenjen je za monitoring RF spektra i identifikaciju smetnji, kao i neobičnih aktivnosti radio signala;
- daljinski kontrolisan RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27103A, tj. uređaj koji podržava 12 ili opciono 24 RF ulaza, i koji je posebno dizajniran za analizu rada bežičnih ćelijskih sistema ili primene koje zahtevaju više RF ulaza. Ovo rešenje je prilagođeno za identifikaciju smetnji u DAS (eng. *Distributed Antenna Systems*) okruženjima;
- Daljinski kontrolisan RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27100A, koji predstavlja razvojni OEM (eng. *Original Equipment Manufacturer*) model, i koji se nudi kupcima zainteresovanim za razvoj svog sopstvenog rešenja.

Svi navedeni RF senzorski uređaji su hardversko-softverske platforme dizajnirane tako da omogućavaju stabilnost u radu, veliku brzinu skeniranja RF spektra, kao i da mogu da detektuju signale interferencije niskog intenziteta. Uzimajući u obzir primenu posmatranu u ovoj Studiji, detaljnije je opisan samo daljinski kontrolisan RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27102A, pošto namena ostalih uređaja nije kompatibilna sa realizacijom KDUS u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

### **RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27102A**

RF senzorski uređaj za monitoring RF spektra MS27102A, dizajniran je u cilju detekcije pojave štetnih smetnji, ublažavanja problema pri pojavi smetnji, odnosno za identifikaciju nelegalnih ili nelicenciranih aktivnosti signala. To je platforma koja podržava funkcionalnosti za nadgledanje i snimanje signala u RF opsezima koje odredi korisnik, sposobna za brzo skeniranja spektra sa brzinama skeniranja do 24 GHz/s. Ova karakteristika omogućava ovom RF senzorskom uređaju da detektuje mnoge tipove signala, uključujući periodične ili prolazne signale, kao i kratke *burst*-ove, tj. impulsne radio-emisije. Maksimalna trenutna širina spektra (IBW) od 20 MHz omogućava širokopojasno snimanje aktivnosti radio signala u realnom vremenu, što je pogodno za naknadnu obradu podataka. Funkcija *save on event* obezbeđuje snimanje trenutnih merenja spektra i to samo onda kada su pređeni određeni pragovi koje je odredio korisnik. Na ovaj način se štedi memorijski prostor, pošto se registruju i snimaju samo signali od interesa. RF senzorski uređaj se nudi u kućištu sa IP67 nivoom zaštite, koje je otporno na vremenske uslove i namenjeno je za spoljašnju montažu. Sam uređaj se standardno isporučuje sa jednim RF ulazom (opciono se može dodati drugi port za rad sa dve antene).

Predviđeno je više načina ostvarivanja komunikacije sa RF senzorskim uređajem i to:

- putem primene prethodno opisanog softverskog alata MX280001A – *Remote Spectrum Monitor Vision*, namenskog softvera za automatizaciju procesa monitoringa RF spektra;
- korišćenjem integrisanog *web* servera, kada korisnik bilo gde u svetu korišćenjem internet pretraživača (podržani pretraživači su *Chrome* i *FireFox*) može da se loguje na uređaj za monitoring RF spektra i kontroliše sve njegove funkcije. To uključuje podešavanje frekvencije, kontrolu RBW/VBW, konfiguraciju referentnog nivoa signala i druga podešavanja relevantna za primene u monitoringu RF spektra. Takođe, mogu se videti *trace data* podaci, spektrogrami i druga merenja. Za pristup se može koristiti svaki elektronski uređaj sposoban za komunikaciju sa *web* serverom. Pri tome, svaki RF senzorski uređaj ima 1 Gbit Ethernet interfejs, što omogućava brz prenos izmerenih podataka i kontrolu informacija;
- **SCPI programiranje.** Korisnici mogu samostalno da napišu sopstveni program za monitoring RF spektra koristeći dostupne SCPI komande. Anritsu obezbeđuje uputstvo sa opisom SCPI komandi. Svaki pojedinačni par IQ podataka koje uređaj prikazuje je vremenski obeležen pomoću visoko preciznih GPS signala, što omogućava korisniku da koristi IQ podatke za potrebe geolokacije na bazi primene TDoA metoda. Rezolucija vremenskog označavanja IQ podataka je manja od 9 ns, što je dovoljno za potrebe preciznih proračuna lokacije signala korišćenjem TDoA metoda.

Ključne karakteristike RF senzorskog uređaja za monitoring RF spektra MS27102A su:

- podržan je rad u RF opsegu od 9 kHz do 6 GHz,
- podržana je brzina skeniranja/snimanja spektra do 24 GHz/s,
- podržan je integrisani *web* server za pregled, kontrolu i sprovođenje merenja korišćenjem *web* pretraživača,

- podržana je mogućnost daljinskog ažuriranja *firmvera*,
- ugrađen je *Watchdog* tajmer za potrebe osiguravanja dugoročne stabilnosti daljinski kontrolisanih uređaja,
- podržan je IP67 nivo zaštite, koji je pogodan za primenu na otvorenom,
- trenutna širina spektra (IFB) je vrednosti 20 MHz,
- mala potrošnja električne energije, manja od 11 W (ulazni napon 11 - 24 V DC),
- integrisani GPS prijemnik za praćenje lokacije i primena koje zahtevaju sinhronizaciju,
- dostupan je Gigabit Ethernet interfejs za prenos podataka velikom brzinom,
- podržana je analiza interferencije tipa spektrogram i jačina radio signala,
- podržan je dinamički opseg veći od 106 dB normalizovano na 1 kHz RBW (eng. *Resolution Bandwidth*).
- vrednost DANL (eng. *Displayed Average Noise Level*) manja od -150 dBm u odnosu na 1 Hz RBW, kada je uključen pretpojačavač,
- nivo faznog šuma je -99 dBc/Hz pri ofsetu od 10 kHz na učestanosti 1 GHz,
- podržan je IQ režim i strimovanje odbiraka primljenog RF signala sa vremenskim označavanjem za potrebe podrške primene TDoA metoda geolokacije,
- podržan je softverski paket MX280001A – *Remote Spectrum Monitor Vision*, namenjen automatskim merenjima spektra, podešavanju alarma i geolociranju izvora signala.

Izgled RF senzorskog uređaja za monitoring RF spektra MS27102A je dat na slici 5.47, a najbitnije tehničke karakteristike u tabeli 5.29.



Slika 5.47 – Izgled RF senzorskog uređaja za monitoring RF spektra MS27102A.

Kako je RF senzorski uređaj dizajniran za rad u spoljašnjem okruženju, obično se postavljaju na stalnu ili polustalnu lokaciju za potrebe monitoringa RF spektra i nadgledanje radio signala. Tipičan slučaj primene je korišćenje procene trenutnog spektra za propusni opseg od 20 MHz pri čemu se snima celokupan opseg za FM radio (od 88 MHz do 108 MHz). Na osnovu ovog snimka, moguće je naknadnom analizom utvrditi da li u ovom delu spektra ima nelegalnih emisija. Osim toga, RF senzorski uređaj se može koristiti za:

- merenje zauzetosti spektra,
- nadgledanje zatvora/zatvorenika zbog ilegalnih emisija,
- obezbeđenje vojnih objekata, državnih granica, aerodroma i sl.,
- monitoring RF spektra povezan sa RF laboratorijskim testiranjem,
- otkrivanje nelicenciranih ili ilegalnih predajnika,

- PTC (*Positive Train Control*) primene u železnici,
- otkrivanje nelegalnog ili nelicenciranog AM i FM emitovanja, ili emitovanja signala u delu spektra namenjenog radu ćelijskih mreža.

Tabela 5.29 – Tehničke karakteristike RF senzorskog uređaja za monitoring RF spektra MS27102A proizvođača *Anritsu*.

KARAKTERISTIKA	VREDNOST/OPIS
Radni opseg učestanosti	9 kHz do 6 GHz
Rezolucija podešavanja frekvencije	1 Hz
Maksimalna brzina skeniranja frekvencije	24 GHz za RBW 10 Hz do 3 MHz, 1-3 sekvence (-3 dB BW)
VBW ( <i>Video Bandwidth</i> )	10 Hz – 3 MHz, u 1–3 sekvence (-3 dB BW)
SSB Phase Noise @ 1 GHz	-98 dBc/Hz @ 10 kHz <i>offset</i>
Dinamički opseg	> 106 dB na 2.4 GHz, 2/3(TOI-DANL) za 1 Hz RBW
Dometa merenja	DANL <i>to maximum continuous input</i>
Opseg referentnog nivoa	-150 dBm to +30 dBm
Opseg atunatora	0 dB do 50 dB u kracima od 5 dB
Tačnost merenja amplitude	±2.5 dB
Operativni opseg temperature	-40°C do 50°C
Dimenzije, W x H xD	310 mm x 102 mm x 310 mm (12.2 in x 4.0 in x 12.2 in)
Masa	6.87 kg

### 5.1.7. Raspoloživa merna oprema i softver drugih proizvođača.

Osim merne opreme i softvera koji su opisani u prethodnim poglavljima, na tržištu se može naći i oprema drugih proizvođača.

#### *Tadiran Electronic Systems Ltd*

Kompanija *Tadiran Electronic Systems Ltd.*, iz Izraela, u oblasti kontrole korišćenja RF spektra raspolaže iskustvom dugim 40 godina. Sistemi ovog proizvođača su modularnog tipa, fleksibilnog dizajna i bazirani su na uobičajenom komercijalnom hardveru najviše klase i softverskoj platformi sa *proprietary* algoritmima. U ponudi ovog proizvođača nalazi se integrisani sistem za upravljanje i kontrolu korišćenja RF spektra. Osnovni element ovog sistema je softverski paket IRIS, koji se instalira na glavni server sistema. IRIS omogućava optimizaciju korišćenja RF spektra, putem generisanja izveštaja o upravljanju spektrom i dodelom zahteva stanicama sistema za monitoring. Ovaj softverski paket podržava planiranje i optimalnu dodelu radio-frekvencija korisnicima, i faze licenciranja i tarifiranja (nadoknade za korišćenje spektra i licence). IRIS vodi bazu podataka o licencama, dozvoljenoj opremi i internacionalnim propisima. IRIS dodatno izvršava zadatke vezane za razrešenje problema interferencije, prikupljanje i čuvanje podataka o korišćenju spektra, notifikaciju ka ITU, standardizaciju, koordinaciju na granicama i koordinaciju satelitskih veza, omogućava inženjering spektra, kao i obavljanje raznih RF analiza, frekvencijskog planiranja, raportiranja i druge administrativne zadatke.

Po pitanju sistema za monitoring RF spektra, ova kompanija nudi modularna rešenja od nivoa pojedinačne mobilne monitoring stanice do nacionalne mreže za monitoring RF spektra. Sistem za monitoring dizajniran je tako da predstavlja ulaz za sistem upravljanja spektrom (IRIS). Sistem obavlja zadatke merenja parametara predajnika, sprovodi postupke određivanja zauzetosti kanala, prati efektivne dodele kanala, obavlja lokalizaciju predajnika i omogućava razrešenje problema interferencije. Osim toga, sistem za monitoring RF spektra obavlja

nadgledanje RF emisija, merenje pokrivanja na terenu, verifikaciju kvaliteta servisa, odnosno podržava VAD ako je integrisan u sistem upravljanja spektrom, obavlja snimanje audio i video emisija, kreira logove sa rezultatima merenja i odgovarajuće izveštaje.

Pošto nisu bile javno dostupne specifikacije trenutne ponude ove kompanije, a delimično su poznati samo podaci za sistem TAD-6, namenjen monitoringu RF spektra i DF merenjima na bazi interferometrijskih merenja u opsegu od 9 kHz do 67 GHz (zavisno od konfiguracije). Sistem predstavlja modularno rešenje, i radi se o potpuno digitalnom širokopojasnom DF i monitoring sistemu, sa mogućnošću geolokacije na bazi DF metoda. Sistem odlikuju velika brzina skeniranja, mogućnost obrade signala kratkog trajanja i podrška za merenja velike tačnosti. Rešenje je u potpunosti u skladu sa ITU preporukama. Sistem je fleksibilan i ima mogućnost prijema i demodulacije višestrukih radio kanala, odnosno karakteriše ga velika verovatnoća presretanja i mogućnost *multitasking*-a. Sistem TAD-6 sastoji se od većeg broja DSP modula (kartica), i čine ga širokopojasni merni prijemnici, širokopojasni DF procesor, posebne antene za potrebe monitoringa, analizator digitalnih signala, analizatori spektra, analizatori i merni prijemnici pojedinih tipova signala, uređaji za komunikaciju i radne stanice. Sistem se može prilagoditi primeni u formi FMS, RFMS, MMS ili TMS. Ipak, cena i karakteristike ovog sistema ne odgovaraju njegovoj primeni za realizaciju KDUS.

### **Thales Group**

Proizvođač *Thales Group* iz Francuske u osnovi svoje ponude ima *Esmeralda* sistem za monitoring RF spektra, DF merenja i analizu širokog skupa analognih i digitalnih emisija. Sistem je u potpunosti razvijen u skladu sa ITU preporukama za potrebe realizacije automatizovanog sistema monitoringa RF spektra. Predstavlja integraciju efikasnih mernih prijemnika, brzog i preciznog DF procesora, kao i skupa softverskih alata i mernih uređaja za analizu i identifikaciju različitih tipova signala. Sistem može da radi kao izdvojena stanica ili da se poveže u regionalnu, nacionalnu ili internacionalnu mrežu za monitoring RF spektra, kada se stanica povezuje preko TCP/IP interfejsa (bilo koja raspoloživa tehnologija prenosa).

U standardnoj konfiguraciji koristi se merni prijemnik uparen sa DF procesorom (koji koristi dva kanala za svoj rad). Treći kanal prijemnika omogućava analizu širokopojasnih signala u trenutnom opsegu širine do 20 MHz i DF merenja. Moguće je dodatno obavljati analize zauzetosti radio kanala, dekodovanje digitalnih signala u realnom vremenu, analize modulacije, vektorsku analizu signala, analizu širokopojasne interferencije, snimanje širokopojasnih digitalnih RF signala, demodulaciju i prikaz TV signala.

Moguće su konfiguracije u formi FMS, MMS i TMS, pri čemu se mreža može obrazovati sa jednim ili više kontrolnih centara. Nacionalni sistem za kontrolu korišćenja RF spektra u Francuskoj obrazovan je na bazi *Esmeralda* sistema. Ipak, sistem ovog tipa više je pogodan za primenu u okviru klasičnog sistema za monitoring RF spektra, ali ne i za realizaciju KDUS. Nije javno dostupna informacija o sistemima ovog proizvođača koji odgovaraju ovoj nameni.

### **Ostali proizvođači**

Na osnovu pretrage javno dostupnih informacija, postoji veći broj proizvođača RF senzorskih uređaja, koji su sličnih karakteristika kao *Keysight* i/ili *Anritsu* uređaji opisani u prethodnom izlaganju. U ovu grupu uređaja spada niz RF senzorskih uređaja koje proizvode kompanije: *Signal Hound* iz SAD, *Novator Solutions* iz Švedske, kao i *ThinkRF* iz Kanade, mada ima i drugih proizvođača. Osnovni problem sa ovom opremom je da nije potvrđeno da su ovi uređaji usklađeni sa ITU-R preporukama u domenu monitoringa RF spektra. Osim toga, kod ovih sistema sa koristi sopstveni softver za daljinsku kontrolu i upravljanje radom



RF senzorskih uređaja. U skladu sa istaknutim potrebama i zahtevima RATEL-a neophodno je da novi sistem za monitoring RF spektra bude kompatibilan sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra, u kome se koriste softverska rešenja *Scorpio* od TCI i *Argus* od R&S. Problem kompatibilnosti predstavlja ograničavajući faktor za uključenje ovih rešenja u analizu. Napomena, u pregled su već uključeni proizvođači *Anritsu* i *Keysight* koji imaju opremu ovog tipa, pa stoga ova rešenja nisu detaljnije opisana.

Dodatno postoji niz proizvođača opreme za monitoring RF spektra, kao što su *Digital Global Systems, Inc.* iz SAD, *GEW Technologies/Hendsoldt* iz Južnoafričke Republike, kao i *MEDAV GmbH* iz Nemačke, koji se primarno bave proizvodnjom opreme namenjene za opremanje vojske i bezbednosnih agencija. Iz toga razloga, tehničke karakteristike opreme ovih proizvođača nisu javno dostupne, a nije ni poznato da li bi ova oprema i pod kojim uslovima mogla da se nabavi. Stoga je ovaj deo opreme izostavljen iz pregleda i analize.

## 5.2. ANALIZA PRIMENJIVOSTI OPISANE OPREME ZA REALIZACIJE SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA

Ukoliko se analizira raspoloživa merna oprema, softveri i sistemi namenjeni za monitoring RF spektra za potrebe NRA, a za koje postoje javno dostupne informacije (odnosno koji su dobijeni direktno od proizvođača opreme) i koji su obuhvaćeni opsežnim pregledom datim u ovoj glavi, mogu se izvesti sledeći opšti zaključci:

- Proizvođači merne opreme, softvera i sistema su u velikoj meri usvojili novi pravac razvoja, koji nije bio prisutan u ranijem periodu, u kome se unapređuju stara ili razvijaju nova rešenja mernih prijemnika, antenskih sistema i upravljačkog softvera namenjenih za realizaciju sistema umreženih mernih stanica koje združenim radom obavljaju detekciju i geolokaciju radio-emisija korišćenjem DF metoda, TDoA metoda, hibridnog TDoA/DF metoda, kao i nekih specifičnih metoda podržanih od strane nekih proizvođača (npr. PoA metod i hibridni TDoA/PoA metod).
- Jasno se uviđa trend ponude kompaktnih mernih prijemnika ili celokupnih kompaktnih mernih sistema, razvijenih primenom principa softverski definisanog radija, a koji su između ostalog prilagođeni primeni u sistemima za monitoring RF spektra u urbanim sredinama. Ovakva rešenja karakteriše:
  - kompaktni dizajn,
  - mala potrošnja električne energije i podrška različitih izvora napajanja,
  - prilagođenosti za jednostavnu montažu u *outdoor* uslovima,
  - relativno manja cena za osnovne performanse (kroz modularnu strukturu uređaja nude se i naprednije funkcionalnosti pogodne za druge primene),
  - posebna unapređenja za brzo skeniranje frekvencijskih opsega, merenje zauzeća i iskorišćenja RF spektra,
  - velika širina trenutnog opsega prijemnika (IBW, *Instantaneous Bandwidth*), od 20 MHz pa do 100 MHz;
  - prilagođenost za rad u uslovima postojanja jakih signala bliskih predajnika (što je karakteristično pri primeni u urbanim sredinama). Npr. u mnogim rešenjima postoje dve sistemske vrednosti za IBW, predviđene za podršku detekciju signala slabog intenziteta u prisustvu jakih signala (manja vrednost IBW), ali i za brzo skeniranje RF opsega u cilju detekcije signala impulsnog tipa i kratkog trajanja (veća vrednost IBW),
  - postojanje ugrađenih funkcija za samo-održavanje i samo-testiranje.

- Hardverska rešenja mernih prijemnika i kompaktnih mernih stanica omogućavaju izvođenje vremenski sinhronisanih TDoA merenja, kao i detekciju i geolociranje primenom TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda. Ugrađeni GPS prijemnici omogućavaju izuzetno preciznu vremensku sinhronizaciju i visoku stabilnost frekvencije. Podržana je velika širina IBW (minimalno 20 MHz, a ima rešenja kod kojih je ova vrednost 100 MHz).
- Upravljački softver i arhitektura softverskih rešenja prilagođeni su za izvođenje vremenski sinhronisanih TDoA merenja, kao i za potrebe detekcije i geolociranja primenom TDoA i hibridnog TDoA/DF metoda.

Procena troškova po jednoj KDUS izvršena je na osnovu određenog broja dostupnih komercijalnih ponuda (koje ovde ne mogu biti date u celosti usled uslova o poverljivosti podataka pod kojim su dobijene), okvirnih informacija dobijenih od proizvođača, kao i nekih javno dostupnih informacija. Ipak, realne cene zavise od trenutka davanja ponude, ali i uslova nabavke (količine, nivoa i dužine garancije, popusta na količinu, postojanja lokalnog distributera i sl.).

Na osnovu osnovne analize, zaključeno je da su cene KDUS stanica u kojima bi bila omogućena i TDoA i DF merenja, značajno veće od rešenja KDUS stanica u kojima su podržana samo TDoA merenja. I to 2.5 do 4 puta zavisno od ponuđača. Iz tog razloga, a kako je u predlogu tehničkog rešenja definisano, ovde se detaljnije razmatraju samo rešenja KDUS stanica sa podržanim TDoA merenjima, koja omogućavaju realizaciju mreža KDUS sa detekcijom radio-emisija i geolokacijom izvora ovih emisija primenom TDoA metoda, odnosno i hibridnog TDoA/DF metoda u slučaju uključenja u mrežu MMS i/ili DKUMS/KMC stanica iz postojećeg sistema za monitoring RF spektra.

Kada se posmatra mogućnost primene prethodno prikazane merne opreme u okviru planiranog sistema za monitoring u obzir se moraju uzeti sledeći parametri:

- zahtevane tehničke karakteristike mernih prijemnika i antenskih sistema, definisane u glavi 6, tabele 6.3 i 6.3, respektivno. Napomena: Tehničke karakteristike su definisane na osnovu pregleda raspoloživih rešenja na tržištu, ali i zahteva za odgovarajućim karakteristikama KDUS (pokrivanje, procenjeni troškovi izgradnje KDUS, cena, mogućnost unapređenja, i sl.);
- funkcionalnosti upravljačkog softvera,
- kompatibilnost sa sistemima u KMC Beograd (koristi se softverski paket *Argus* verzija 6.1 proizvođača *Rohde & Schwarz*) i KMC Niš (koristi se softverski paket *Scorpio* proizvođača *TCI International, Inc.*);
- usklađenost ponuđenog rešenja i svih merenja i analiza za ITU preporukama (skup ITU-R SM preporuka i preporuka iz *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*);
- cena po jednoj KDUS stanici.

U skladu prethodno navedenim kriterijumima, u tabeli 5.30 dat je sažeti pregled za slučaj 6 proizvođača opreme čija je oprema detaljno opisana u glavi 5. Pri tome, pregled je izvršen za moguća rešenja proizvođača na osnovu primene određenog mernog prijemnika koji čini osnovu sistema ili kompaktnog mernog sistema kao celine (koje nude određeni proizvođači), uz procenu troškova odgovarajućeg mernog sistema sa pripadajućom antenom i pratećom opremom.

Na osnovu prikazanih podataka, najmanje 3 rešenja odgovaraju postavljenim tehničkim zahtevima, i to bar po jedno rešenje za sva 3 proizvođača (R&S, TCI i CRFS) merne opreme,

softvera i sistema čija se rešenja trenutno koriste ili se planiraju za korišćenje, u svim državama u okruženju i Evropi u kojima postoje ili se planiraju sistemi za monitoring RF spektra u urbanim sredinama (videti glavu 3).

Tabela 5.30 – Upredni pregled rešenja proizvođača merne opreme, softvera i sistema obuhvaćenih detaljnim pregledom u glavi 5.

MERNI PRIJEMNIK ILI MERNI SISTEM	PODRŽANE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	PODRŽANA KOMPATIBILNOST SA KMC BEOGRAD I/ILI KMC NIŠ	USKLAĐENOST SA ITU PREPORUKAMA ZA SISTEM, MERENJA I ANALIZE	PROCENJENA CENA (BEZ INSTALACIJE)
R & S EM200 (Rohde & Schwarz)	Da	Puna kompatibilnost	Potpuna usklađenost	57000-60000 EUR
R & S EB500 (Rohde & Schwarz)	Uglavnom. IBW = 20 MHz	Puna kompatibilnost	Potpuna usklađenost	68000-75000 EUR
R & S UMS300 (Rohde & Schwarz)	Uglavnom. IBW = 20 MHz	Puna kompatibilnost	Potpuna usklađenost	120000-130000 EUR (sa DF)
TCI model 709 (TCI Internat. Inc)	Da	Puna kompatibilnost	Potpuna usklađenost	55000-56000 EUR
RFeye Node 40-8 (CRFS Limited)	Da	Nepoznato	Potpuna usklađenost	60000-65000 EUR
RFeye Node 100-8 (CRFS Limited)	Da	Nepoznato	Potpuna usklađenost	60000-65000 EUR
RF sensor N6841 (Keysight)	Ne. Brzina skeniranja < 10 GHz IBW = 20 MHz	Nije kompatibilan	Nisu usklađena sva merenja	35000-40000 EUR
RF node M27102A (Anritsu)	Da, za poznate karakteristike (nisu sve date)	Nepoznato. Softver nije.	Nije iskazana usklađenost	35000-40000 EUR
FMU 306 (LS Telecom)	Da, za poznate karakteristike (nisu sve date)	Nepoznato Nudi se u okviru <i>LS Observer</i> sistema sa softverskim rešenjem	Navodi se usklađenost	Nepoznato. Nudi se kao sistem a ne pojedinačne FMU 306 jedinice

**REFERENCE**

- [5-1] Zvaničan web portal kompanije *TCI Technologies, Inc.*, <https://www.tcibr.com/>
- [5-2] Zvaničan web portal kompanije *Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG*, [https://www.rohde-schwarz.com/home\\_48230.html](https://www.rohde-schwarz.com/home_48230.html)
- [5-3] Zvaničan web portal kompanije *CRFS Limited*, <https://www.crfs.com>
- [5-4] Zvaničan web portal kompanije *Keysight Technologies*, <https://www.keysight.com/zz/en/home.html>
- [5-5] Zvanični portal NRA u Velikoj Britaniji, *Ofcom (Office of Communications)*, <https://www.ofcom.org.uk/research-and-data/technology/radio-spectrum/spectrum-use>
- [5-6] Zvaničan web portal kompanije *LS Telecom AG*, <https://www.lstelcom.com/en/home/>
- [5-7] *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, *ITU (International Telecommunication Union)*, 2011. godine, <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23>
- [5-8] Zvaničan web portal kompanije *Anritsu*, <https://www.anritsu.com/en-us/>

## 6. TEHNIČKO REŠENJE SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA

U ovom poglavlju dat je predlog tehničkog rešenja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama na teritoriji Republike Srbije. Predlog je formiran na osnovu analize i zaključaka izvedenih u prethodnim glavama ove Studije. U skladu sa predlogom, osnovu sistema čine mreže kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (KDUS) koje treba izgraditi u definisanim urbanim sredinama (većim gradovima) u Republici Srbiji. Dopunski element predloženog rešenja su prenosive kompaktne daljinski upravljane merne stanice (PKDUS), koje se koriste u cilju trenutnog povećanja kapaciteta za monitoring RF spektra u određenim sredinama, kao privremeno rešenje u slučaju otkaza neke od stanica, ali i kao sredstvo za potrebe planiranja daljeg proširenja i optimizacije izgrađenog sistema.

Kao princip funkcionisanja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u pogledu detekcije radio-emisija i geolokacije izvora ovih emisija, usvojen je pristup na bazi primene TDoA metoda. Ovakvo rešenje korišćeno je pri izgradnji sistema iste namene u svim državama u Evropi, gde takvi sistemi postoje, i trenutno predstavlja optimalno rešenje na osnovu zaključaka teorijske analize date u glavi 2, koja je najvećim delom izvedena na osnovu izveštaja i preporuka ITU koje se odnose na ovu oblast.

Uzimajući u obzir moguću kompatibilnost merne opreme i softvera, koji bi se koristili za realizaciju KDUS, sa postojećim sistemom, predloženo tehničko rešenje omogućava integraciju postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a sa planiranim sistemom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama. U okviru integrisanog sistema za monitoring RF spektra, u zavisnosti od prostornog rasporeda i opremljenosti fiksnih i mobilnih mernih stanica (tj. KMC, DUKMS i MMS u postojećem, odnosno KDUS i PKDUS u planiranom sistemu), kao i posmatranog lokalnog okruženja, predloženo tehničko rešenje omogućava fleksibilan izbor između primena TDoA metoda, DF metoda i hibridnog TDoA/DF metoda. Metodi se koriste u procesu detekcije radio-emisija i geolokacije izvora radio-emisija u delu prostora koji je pokriven planiranim sistemom.

Realizacijom planiranog sistema obezbeđuju se infrastrukturne i tehničke mogućnosti da RATEL u narednom periodu može uspešno da izvršava svoje zakonske obaveze u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, odnosno posledično u domenu upravljanja spektrom (u skladu sa poverenim nadležnostima). Pri tome, uzet je u obzir ranije izveden zaključak (glava 4) da u ovom trenutku postojeći sistem za monitoring RF spektra ne omogućava izvršavanje svih neophodnih zadataka kada su u pitanju aktivnosti nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama, što je posledica brzog razvoja tehnologije i novih koncepata primene bežičnih komunikacionih mreža i sistema u poslednjem periodu. U narednom periodu, može se očekivati uvođenje 5G i IoT tehnologija, kao i sve složeniji zadaci koji se moraju obaviti da bi se obezbedio uspešan monitoring RF

spektra. Ovo će naročito biti izraženo u urbanim sredinama, gde se očekuje najveća gustina predajnika sadašnjih i budućih komunikacionih mreža, ali se istovremeno za potrebe uspešnog planiranja upravljanja spektrom, zahtevaju i najkvalitetniji rezultati nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra. Zbog svega navedenog, neophodno je što pre pristupiti unapređenju i modernizaciji postojećeg sistema za monitoring RF spektra.

Odluka da se u ovom trenutku predloži rešenje koje sa dugoročnog stanovišta odgovara inicijalnoj fazi izgradnje posmatranog sistema, doneta je prevashodno uzimajući u obzir tehničke, ali i ekonomske parametre. Izgradnja i održavanje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama koji bi odmah ostvarivao maksimalno moguće performanse, iziskuje izuzetno velike materijalne troškove. Naime, takvo rešenje bi zahtevalo izgradnju znatno gušće mreže KDUS u urbanim sredinama od one koja se predlaže u ovom tehničkom rešenju. Dodatno, u ovom trenutku nijedna država u Evropi ne može se pohvaliti dugogodišnjom praksom u korišćenju sličnih sistema, a ne postoje ni jasne preporuke za planiranje ovih sistema u skladu sa definisanim zahtevima i uz garanciju ostvarivanja očekivanih performansi.

Iz navedenih razloga, zaključeno je da u ovom trenutku nije moguće garantovati isplativost izgradnje kompletnog sistema sa ciljem dostizanja krajnjih, maksimalno mogućih performansi u pogledu uspešnosti monitoringa RF spektra u urbanim sredinama. Osim toga, smatrano je da se mora imati u vidu sasvim izvesna i brza dalja evolucija bežičnih komunikacionih mreža, kao i očekivano dalje unapređenje koncepta sistema za monitoring RF spektra, odgovarajuće merne opreme i postupaka za obradu signala. Iz navedenih razloga, pri izboru tehničkog rešenja uzet je u obzir i zahtev da planirani sistem mora predstavljati pogodnu osnovu za dalji razvoj sistema za monitoring RF spektra u Srbiji, a ne samo sredstvo za rešavanje trenutnih potreba. U skladu s tim, usvojeno je rešenje koje je fleksibilno, skalabilno, zasnovano na modernim principima, i u kome se koriste komponente i arhitektura koji se mogu dalje unapređivati i nadograđivati u skladu sa razvojem tehnologije.

Prema tome, ovde predloženo tehničko rešenje usvojeno je uzimajući u obzir sve tehničke i ekonomske aspekte mogućih varijanti rešenja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i potrebu da se već sada obezbede osnovni infrastrukturni i tehnički uslovi za uspešno funkcionisanje RATEL-a u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra.

U narednom poglavlju biće detaljnije definisan i obrazložen koncept predloženog rešenja, nakon čega će biti detaljnije definisani svi neophodni elementi ovog rešenja.

## 6.1. IZBOR KONCEPTA RADA SISTEMA

Osnovni koncept i arhitektura predloženog tehničkog rešenja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama definisani su na osnovu razmatranja datih u prethodnom delu ove Studije, pri čemu su najbitniji:

- Razvoj i primena novih bežičnih komunikacionih tehnologija, kao i promena dizajna bežičnih ćelijskih mreža, generiše izazove koji imaju sve veći uticaj na uspešnost rada klasičnih sistema za monitoring RF spektra, pri čemu najveći uticaj imaju:
  - smanjenje snage na predaji i smanjenja zona pokrivanja, pri čemu je aktuelan model mreže sa veoma gusto raspoređenim predajnicima u prostoru, odnosno pojava sve većeg broja predajnika male snage, posebno u urbanim sredinama u kojima postoji najveća gustina korisnika sistema;
  - predajnici u okviru mreže koriste iste frekvencijske opsege, ili se isti opseg koristi od strane većeg broja sistema (istokanalni rad);

- koriste se signali sa većom širinom spektra, što uz smanjenje predajne snage dovodi do emitovanja signala sa niskom SGSS, pa se dodatno smanjuje domet detekcije mernih stanica za monitoring RF spektra;
- koriste se složeni antenski sistema sa adaptivnim usmeravanjem snage signala u vremenu u skladu sa potrebama korisnika;
- koriste se složeni modulacioni postupci, pri čemu se javlja skraćivanje trajanja aktivnosti predajnika uz sve češće emitovanje signala impulsnog tipa, nepravilnog trajanja i pojave u vremenu;
- sve češće se koriste modulacione tehnike i protokoli sa izraženom frekvencijskom agilnošću;
- najveći broj predajnika se postavlja u delovima teritorije u kojima se nalazi i najveća koncentracija korisnika, a to su gusto naseljene urbane sredine u okviru kojih se ne koriste merne stanice klasičnih sistema za monitoring RF spektra (osim mobilnih mernih stanica).
- Klasični model sistema za monitoring RF spektra, koji čine mreža fiksnih mernih stanica opremljenih za monitoring RF spektra i DF merenja (npr. KMC i DUKMS u Srbiji), ne omogućava uspešno izvršavanje zadataka nadgledanja kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama. Osnovni razlozi za to su:
  - zbog definisanih uslova za izbor sajtova za izgradnju fiksnih stanica, one su, u cilju neometanog rada opreme, a naročito DF merenja (glava 2), izmeštene iz visoko urbanih delova, i nalaze se relativno daleko od najgušće naseljenih delova teritorije - gradova;
  - zbog udaljenosti u odnosu na predajnike radio signala u urbanim sredinama, složenih uslova propagacije u gradskim sredinama sa refleksijama, višestrukom propagacijom i visokim objektima kao preprekama propagacije, postojeće fiksne merne stanice ne mogu pouzdano da detektuju i/ili lokalizuju radio-emisije niskog intenziteta, emisije izuzetno kratkog trajanja, kao i emisije sa veoma širokim spektrom signala i malom vrednošću SGSS. Ovakve emisije su sve češće i direktna su posledica razvoja modernih bežičnih komunikacionih mreža.
- Novi trendovi u razvoju i korišćenju bežičnih komunikacionih mreža i sistema utiču i na mehanizme upravljanja spektrom. U tom smislu, u urbanim sredinama gde se nalazi najveći broj korisnika, i gde postoji najveći interes, ali i problemi u domenu upravljanja spektrom, neophodno je obezbediti:
  - praćenje zauzetosti i iskorišćenja RF spektra, kao i dinamike korišćenja radio kanala ili RF opsega, kako bi se generisala što kvalitetnija informacija potrebna za procese upravljanje RF spektrom i planiranje bežičnih komunikacionih mreža;
  - proveru ispravnosti tehničkih i operativnih karakteristika prenesenih signala (usklađenost sa licencom i/ili dozvolama za korišćenje radio-frekvencija);
  - otkrivanje i identifikaciju ilegalnih odašiljača i potencijalnih ometača;
  - generisanje i verifikaciju zapisa o učestalosti pojava smetnji i interferencije u pojedinim delovima RF spektra i/ili delu teritorije.
- Prethodno iskazane zahteve u domenu upravljanja spektrom u urbanim sredinama ne mogu ispuniti klasični sistemi za monitoring RF spektra, već je neophodno obezbediti prisustvo mernih stanica za monitoring RF spektra u blizini ili čak i unutar gusto naseljenih urbanih sredina. Pri tome, javljaju se novi problemi pošto je u takvoj sredini praktično nemoguće naći lokacije za postavljanje mernih stanica u čijoj blizini se ne nalaze predajnici.

- Posebnom analizom u glavi 2, razmatrane su opcije primene mreže RF senzorskih stanica, tj. KDUS, za detekciju i geolokaciju putem primene DF metoda, primene TDoA metoda, ili primene hibridnih TDoA/DF metoda. Osnovni zaključak analize bio je da TDoA metod, zasebno ili kao hibridni TDoA/DF metod, predstavlja znatno bolje rešenje za razvoj sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u odnosu na DF metod. Pri tome, neke od prednosti TDoA koncepta pri primeni u urbanim sredinama su:
  - znatno manji zahtevi pri izboru lokacije za postavljanje merne stanice u odnosu na stanice sa primenom DF metoda (za koji je pitanje da li ih je uopšte moguće naći). Time se olakšava izbor lokacija, omogućava lakša promena lokacije u slučaju promena u okruženju, ali i smanjuje cena uređenja i zakupa lokacija;
  - značajno manji uticaj složenih uslova propagacije na uspešnost primene TDoA metoda u odnosu na DF metod (posebno i slučaju uticaja reflektora bliskih mernoj stanici i višestruke propagacije);
  - ostvarivanje znatno boljeg pokrivanja prostora u urbanim sredinama sa istim brojem mernih stanica usled korišćenja unakrsne korelacije i sinhronog rada mreže senzora;
  - primene jednostavnijeg i jeftinijeg antenskog sistema, koji ne zahteva napajanje, kalibraciju i koji je jednostavnije održavati;
  - primena jeftinijih rešenja u pogledu izbora merne opreme;
  - sveukupno 3 do 4 puta manje cene po jednoj mernoj stanici, uzimajući u obzir merne prijemnike, antenske sisteme i neophodne radove na izgradnji stanice. Ovo je veoma bitno usled velikog broja mernih stanica koje je potrebno izgraditi za uspešno funkcionisanje sistema.
- Na osnovu analize stanja u domenu monitoringa RF spektra u okolnim državama i drugim državama u Evropi (glava 3), zaključeno je da je u najvećem broju država započeo proces evolucije sistema za monitoring RF spektra kroz uvođenje mreža CRFMS (tj. KDUS) u urbanim sredinama, i to isključivo kroz primenu TDoA metoda za potrebe detekcije i geolokacije u ovim mrežama;
- Na osnovu pregleda i analize raspoložive merne opreme i softvera na tržištu, uočen je jasan trend kod proizvođača opreme u smislu razvoja novih i unapređenja postojećih rešenja radi implementacije sistema na bazi TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda za potrebe detekcije i geolokacije, tj. razvoja TDoA zasnovanih sistema za monitoring RF spektra.

Sve prethodno navedeno, uticalo je na zaključak da primena TDoA zasnovanih sistema predstavlja trenutno najpogodniji izbor za realizaciju ekonomski isplativog, pouzdanog i komercijalno dostupnog rešenja u oblasti monitoringa RF spektra u urbanim sredinama.

U skladu sa tim, definisan je predlog tehničkog rešenja za implementaciju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Republici Srbiji na bazi primene posebnih kompaktnih, jednostavnih i jeftinih daljinski upravljanih senzorskih/mernih stanica (KDUS). Struktura sistema zasniva se na formiranju posebne mreže KDUS u svakoj od posmatranih urbanih sredina, a koje obrazuju sistem za monitoring RF spektra i geolokaciju na osnovu primene TDoA metoda, i omogućavaju izvođenje većeg broja zadataka u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama.



## 6.2. OSNOVNI ELEMENTI PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

U skladu sa celokupnom sprovedenom analizom, predlaže se da rešenje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, koje se od strane RATEL-a implementira na teritoriji Republike Srbije, obuhvata sledeće segmente:

- Postavljanje mreže KDUS u gradskim naseljima u kojima se predviđa realizacija sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama;
- Nabavka i konfiguracija PKUDS, odnosno priprema ovih mernih stanica za praktičnu primenu u okviru izgrađenog sistema, tj. delova sistema. Nabavka je predviđena u poslednjoj godini (fazi) realizacije planiranog sistema;
- Realizacija komunikacionog povezivanja KDUS, odnosno PKDUS kada se koriste, sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra, tačnije sa radnim mestima u KMC Beograd i KMC Niš;
- Obezbeđivanje neophodnog upravljačkog softvera za potrebe daljinskog upravljanja sa pojedinačnim KDUS (i PKDUS), odnosno mrežama KDUS (i PKDUS) namenjenim za zajednički rad pri realizaciji detekcije i geolokacije radio-emisija u zoni pokrivanja mreže na osnovu TDoA metoda;
- Funkcionalno povezivanje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra RATEL-a. To se omogućava kroz zahtev da merna oprema i softver koji se ugrađuje u KDUS i PKDUS u potpunosti budu kompatibilni sa softverskim paketom *Argus* (verzija 6.1) proizvođača *Rohde & Schwarz* (pretežno se koristi u KMC Beograd) i/ili softverskim paketom *Scorpio* proizvođača *TCI International, Inc.* (pretežno se koristi u KMC Niš). Pri tome se postiže više bitnih efekata koji omogućavaju značajno poboljšanje karakteristika oba sistema, odnosno stvaranje jednog integrisanog sistema za monitoring RF spektra, i to:
  - na najnižem nivou, integracija omogućava razmenu rezultata merenja između svih elemenata oba sistema, odnosno kombinovanje ovih rezultata u cilju povećanja tačnosti i efikasnosti pri izvođenju *off-line* analize, zaključaka i kreiranja izveštaja;
  - na višem nivou, integracija sistema omogućava jednostavno i zajedničko upravljanje, odnosno kontrolu rada, svih elemenata oba sistema, a samim tim i znatno efikasnije korišćenje resursa (tehničkih i kadrovskih), odnosno planiranje rada i izvođenje zahtevanih aktivnosti u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra;
  - na najvišem nivou, integracija obezbeđuje mogućnost da se KMC, DUKMS i MMS postojećeg sistema funkcionalno povežu u okviru lokalnih mreža koje čine KDUS i PKDUS (misli se na DKUMS koje pokrivaju oblast posmatrane lokalne mreže, odnosno MMS koja se može koristiti na toj teritoriji):
    - Sadašnja oprema i softver DUKMS i MMS, podržava rad korišćenjem DF, TDoA i hibridnog TDoA metoda, pa one u zajedničkom radu sa mrežama KDUS/PKDUS, mogu da podrže fleksibilan izbor metoda za potrebe detekcije i geolokacije između TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda;
    - Operateru sistema se omogućava da sve merne stanice koristi kao jedinstvenu mrežu (na delu teritorije pokrivene mrežama KDUS), što obezbeđuje dodatno povećanje performansi monitoringa u urbanim sredinama.

### 6.3. MODEL RAZVOJA SISTEMA I PLANIRANO POKRIVANJE

Osnovni cilj izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama je da se što je moguće brže i kvalitetnije izvrši pokrivanje najvećih urbanih sredina u Republici Srbiji, kako bi se omogućilo izvođenje adekvatnih aktivnosti u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra. Naravno, dodatni zahtev je da se celokupan proces izgradnje sistema izvede na maksimalno ekonomičan način, vodeći računa o smanjivanju troškova izgradnje i održavanja sistema uz postizanje adekvatnih ciljeva u smislu karakteristika sistema.

U ovom smislu, bilo je neophodno doneti strateške odluke u smislu gradova koji će se pokriti planiranim sistemom, gustine mreže KDUS u ovim gradovima (tj. broja KDUS u svakom od gradova u kojima se sistem implementira), kao i opremanja samih KDUS i PKDUS. Osim toga, bitnu odluku predstavlja i definisanje cilja sistema u pogledu kvaliteta dobijene mreže KDUS po pojedinim gradovima, kao i sistema u celini. Naime, moguće je postaviti cilj potpunog i veoma gustog pokrivanja, koje bi obezbedilo izuzetan kvalitet realizacije svih aktivnosti u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra (sa izuzetno velikim ukupnim brojem KDUS), ali bi to zahtevalo izuzetno velika materijalna ulaganja. Pri tome, ne misli se samo na troškove izgradnje (*CapEx*), već se moraju posmatrati i značajni troškovi operativnog rada i održavanja (*OpEx*) izgrađene mreže (npr. značajni stalni troškovi po pitanju zakupa lokacija, zakupa komunikacionih veza, neophodan broj zaposlenih u radu sa mrežom i održavanju mreže).

Sve ove odluke presudno utiču na kvalitet pokrivanja planiranim sistemom za monitoring (po gradovima, i u celini), kao i izbor performansi KDUS, gradskih mreža i sistema u celini, ali i troškova izgradnje i održavanja sistema. Pri tome, treba imati u vidu da je neophodno ostvariti balans uzimajući u obzir sledeće osnovne elemente:

- Ukoliko se KDUS opreme mernim prijemnicima i antenskim sistemima nižeg kvaliteta, smanjuje se cena KDUS, ali se smanjuje i njihovo pojedinačno pokrivanje, što uslovljava da se istovremeno povećava neophodan broj KDUS stanica neophodan da se ostvari osnovno pokrivanje na nivou svakog grada. Troškovi izgradnje mreže na ovaj način neće biti značajno smanjeni, ali će troškovi održavanja operativnog rada drastično da se povećaju.
- Izgradnja gušće mreže KDUS u principu obezbeđuje bolje pokrivanje u posmatranoj sredini, a time i bolji kvalitet sistema za monitoring RF spektra, odnosno bolje rezultate rada sistema. Sa druge strane, ovakav pristup zahteva značajno veće troškove izgradnje i održavanja sistema. Ipak, treba naglasiti da iako postoji značajan broj država u kojima su slični sistemi izgrađeni, i dalje ne postoji dugoročno iskustvo u pogledu njihove primene, niti jasni kriterijumi i procedure dizajna ovih sistema koji garantuju određeni kvalitet u skladu sa troškovima izgradnje. Primera radi, ITU je tek ove godine definisao prvu preporuku za merenje kvaliteta detekcije i geolokacije TDoA zasnovanih sistema u urbanim sredinama, [6-1].
- Primena KDUS/PKDUS u kojima su osim TDoA merenja podržana i DF merenja, u ovom trenutku nije ekonomski opravdana uzimajući u obzir približno 3 puta veću cenu ovih rešenja u odnosu na ona koja podržavaju samo TDoA merenja. Ova rešenja su pogodnija za neki narednu fazu unapređenja sistema;
- Ukoliko se RATEL opredeli da u okviru predviđenog ukupnog budžeta razvije gušću i kvalitetniju mrežu KDUS u većim gradovima, praktično bi zbog troškova izgradnje onemogućio izgradnju sistema u drugim urbanim sredinama. Na ovaj način se ne bi postigli ciljevi izgradnje sistema. Primera radi, pri dodeli RF spektra, na interesovanje

operatora za određene delove spektra utiču problemi na celoj teritoriji, a ne samo u velikim gradovima.

- U ovom trenutku, Služba za kontrolu RATEL-a, ne poseduje potpunu niti pouzdanu informaciju o lokalnom stanju RF spektra u urbanim sredinama, pošto postojeći sistem za monitoring RF spektra, osim kroz periodičnu primenu MMS, ne omogućava detaljan uvid u stanje spektra u ovim sredinama. Iz tog razloga, nije moguće primeniti neki napredni postupak za optimizaciju strukture mreže KDUS za svaku od urbanih sredina, u smislu broja i rasporeda KDUS, kao i ostvarenog pokrivanja u smislu verovatnoće detekcije emisija predajnika od interesa.

Na osnovu svih prethodno razmotrenih činjenica, zaključeno je da realizacija lokalnih mreža za monitoring RF spektra u gradovima sa velikim brojem KDUS, tj. velikom gustinom mreže KDUS, zahteva izuzetno velika ulaganja pri izgradnji, održavanju i operativnoj primeni ovih mreža (videti odnos *CapEx* i *OpEx* u predmeru i predračunu). Dodatno, u ovom slučaju realna materijalna sredstva bi omogućila pokrivanje samo nekoliko najvećih gradova, što bi u znatnoj meri umanjilo efekte realizacije sistema u smislu obezbeđivanja sigurnosti svih korisnika RF spektra i garancije kvaliteta spektra na celokupnoj teritoriji države. Osim toga, u ovom trenutku nije bilo moguće odrediti jasan kriterijum na osnovu koga bi se utvrdilo da bi tako velika ulaganja zaista omogućila adekvatno poboljšanje karakteristika dobijenog sistema u tim gradovima.

Na osnovu svega navedenog, ali uzimajući u obzir i praksu drugih NRA koje već imaju sisteme ovog tipa (gde je pokrivanje urbanih zona izvršeno sa nešto manjim brojem mernih stanica i većim rastojanjima između njih), donesen je zaključak da u ovom trenutku optimalno tehničko rešenje podrazumeva:

- početnu fazu uvođenja novog tipa sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama na bazi primene TDoA metoda za detekciju i geolokaciju;
- u ovoj prvoj fazi izgradnje pokrivaju se svi veći gradovi u Republici Srbiji sa onim brojem KDUS stanica u svakom gradu koji obezbeđuje osnovni nivo funkcionalnosti sistema.

Ova odluka se može posmatrati kao opravdana i sa stanovišta da se sistemi za monitoring RF spektra ovog tipa još uvek nalaze u fazi razvoja, odnosno početnim fazama primene. Kako nas očekuje sasvim izvesna i brza evolucija bežičnih komunikacionih sistema i mreža, ali i sa tim povezana modernizacija elemenata i koncepta sistema za monitoring RF spektra, sasvim je opravdano da se u ovom trenutku donese prethodna odluka. Naime, zaključeno je da u ovako promenljivim okolnostima treba pristupiti realizaciji sistema koji predstavlja pogodnu osnovu za dalji razvoj sistema, a ne samo način da se podmire trenutni zahtevi. Zato je usvojeno fleksibilno, skalabilno i moderno rešenje, uz dodatni zahtev da se sve komponente mogu dalje unapređivati i nadograđivati, a u skladu sa razvojem tehnologije u ovoj oblasti.

U skladu sa navedenim, predloženo je rešenje koje obezbeđuje početno pokrivanje svih većih urbanih sredina, i koje suštinski omogućava izvršavanje svih u ovom trenutku bitnih i kritičnih zadataka nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra. Ovo omogućava da se nakon završetka projekta izgradnje u ovoj početnoj fazi, izvrši procena u smislu daljeg razvoja sistema. U tom trenutku je neophodno izvršiti analizu realnih dobitaka primene i odnosa ulaganja, i na osnovu toga doneti pouzdaniju odluku o daljem unapređenju i dogradnji lokalnih mreža za monitoring RF spektra. Pri tome, tada se odluka može doneti na osnovu realnih parametara, i to tamo gde za tim bude bilo realne potrebe, odnosno na način koji bude najpovoljniji i u skladu sa trenutnim tehnološkim i materijalnim mogućnostima.

Usvojeni koncept dodatno pruža i izbalansiran pristup u smislu ostvarenih performansi sistema, dobitaka u pogledu unapređenja sistema za monitoring RF spektra, ali i smanjenja ukupnih troškova za razvoj lokalnih mreža za monitoring RF spektra.

Konkretno, predlog tehničkog rešenja predviđa da se pokrivanje ostvaruje u svim većim gradovima u Republici Srbiji, uz postavljanje jednog KDUS u gradovima sa populacijom manjom od 50000 stanovnika, po 3 KDUS u gradovima koji imaju između 50000 i 100000 stanovnika, po 4 KDUS u gradovima sa populacijom većom od 100000 stanovnika, kao i 9 stanica u gradu Beogradu (uzimajući u obzir površinu, broj stanovnika, ali i topografiju terena). U tabeli 6.1 je prikazana planirana raspodela KDUS stanica po gradovima.

Tabela 6.1 – Raspodela KDUS stanica po gradovima u Republici Srbiji sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama definisana ovim tehničkim rešenjem.

GRAD	BROJ STANOVNIKA U UŽEM PODRUČJU	BROJ STANOVNIKA U ŠIREM PODRUČJU	BROJ KDUS STANICA
Beograd	1.233.796	1.659.440	9
Novi Sad	277.522	341.625	4
Niš	183.164	260.237	4
Kragujevac	150.835	179.417	4
Subotica	105.681	141.554	4
Zrenjanin	76.511	123.362	3
Pančevo	76.203	123.414	3
Čačak	73.331	115.337	3
Kruševac	58.745	128.752	3
Kraljevo	68.749	125.488	3
Novi Pazar	66.527	100.41	3
Smederevo	64.175	108.209	3
Leskovac	60.288	144.206	3
Užice	52.646	78.04	3
Vranje	55.138	83.524	3
Valjevo	59.073	90.312	3
Šabac	53.919	115.884	3
Sombor	47.623	85.903	1
Požarevac	44.183	75.334	1
Pirot	38.785	57.928	1
Zaječar	38.165	59.461	1
Kikinda	38.065	59.453	1
Sremska Mitrovica	37.751	79.94	1
Jagodina	37.282	71.852	1
Vršac	36.040	52.026	1
Bor	34.160	48.615	1
Prokuplje	27.333	44.419	1
Loznica	19.212	79.327	1
<b>Ukupno KDUS u planiranoj početnoj fazi razvoja sistema</b>			<b>72</b>

Tehničko rešenje predviđa da se u urbanim sredinama u kojima postoji 3 ili više KDUS formiraju mreže KDUS za potrebe monitoringa RF spektra i geolokaciju na osnovu TDoA metoda. Pri tome, mogućnosti združenog rada sa elementima postojećeg sistema za monitoring RF spektra obrađene su u podnaslovu 6.3.4.

U urbanim sredinama u kojima se predviđa postavljanje samo jedne KDUS, ova KDUS stanica se regularno koristi za sve zadatke monitoringa RF spektra, osim za geolokaciju. Ovakav model primene omogućava da se i u manjim gradovima uz značajno smanjenje troškova izgradnje sistema obavi osnovno nadgledanje i kontrola korišćenja RF spektra, uz prikupljanje većine podataka neophodnih za upravljanje spektrom. Osim toga, ova KDUS treba da obavlja konstantnu detekciju postojanja štetnih smetnji, nedozvoljenog i/ili nepravilnog korišćenja RF spektra. U slučaju da postoji visoka učestalost detektovanih problema, KDUS se može umrežiti sa MMS (videti 6.3.4) za potrebe detekcije i geolokacije na osnovu primene hibridnog TDoA/DF metoda. Pri tome treba imati u vidu, da čak i postojanje samo jedne KDUS, bez mogućnosti geolokacije, ima pozitivan preventivan uticaj na potencijalne neovlašćene korisnike RF spektra, odnosno legalne korisnike RF spektra da spektar koriste na propisan način. Širokim pokrivanjem na nivou Republike Srbije, uz relativno mala dodatna ulaganja, na osnovu predloženog tehničkog rešenja postiže se značajan efekat nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra sa stanovišta postojećih i legalnih korisnika spektra. Naime, šalje se jasan signal da će prava ovih korisnika biti zaštićena, kao i da postoje realna sredstva, kao i volja, da se spreči neovlašćeno i nepravilno korišćenje spektra.

### 6.3.1. Faze realizacije projekta

Osnovni cilj izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, u skladu sa Projektnim zadatkom, predstavlja što brže pokrivanje najvećih gradskih sredina u Republici Srbiji, odnosno uspostavljanje tehničke osnove da RATEL na odgovarajući način izvršava zakonom propisane aktivnosti u oblasti nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra na celoj teritoriji države. Uzimajući u obzir realne uslove vezane za nabavku opreme, relativno dugotrajan postupak izbora i ugovaranja adekvatnih lokacija za izgradnju KDUS i dobijanje neophodnih dozvola, kao i ugovaranja izgradnje i samu instalaciju KDUS, tehničko rešenje predviđa realizaciju projekta izgradnje u tri faze, svake u trajanju 12 meseci.

Plan realizacije projekta po fazama, predviđa sledeće:

- U prvoj fazi (od 1. do 12. meseca od početka projekta) potrebno je realizovati nabavku opreme, izvršiti izbor lokacija, odnosno instalaciju i puštanje u rad 30 KDUS stanica. Pri tome u ovoj fazi treba, ako je moguće, izvršiti izbor i ugovaranje lokacija i ostvariti pokrivanje za najveće gradove u Srbiji: Beograd, Novi Sad i Niš, kao i druge gradove iz skupa onih u kojima se postavlja više od jedne KDUS.
  - na početku ove faze treba izvršiti angažovati 3 diplomirana inženjera koja bi se uključila u realizaciju projekta (2 u Službi za kontrolu i 1 u Grupi za izgradnju i održavanje – videti glavu 7), kao i sprovesti adekvatnu obuku zaposlenih koji bi radili na novom sistemu;
  - dodatno, predviđa se realizacija pilot projekta u kome bi trebalo izvršiti pokrivanje grada Novog Sada (ili Niša ako se tamo ranije nađu adekvatne lokacije) sa najmanje 3 KDUS, kako bi se stekla praktična iskustva u planiranju i korišćenju opreme i sistema, i kako bi se ovo iskustvo primenilo u daljem toku projekta.

- U drugoj fazi (od 13. do 24. meseca od početka projekta) potrebno je realizovati nabavku opreme, izvršiti izbor lokacija, odnosno instalaciju i puštanje u rad 25 KDUS. Do kraja druge faze treba pokriti praktično sve gradove sa više od 50000 stanovnika.
- U trećoj fazi (od 25. do 36. meseca od početka projekta), potrebno je realizovati nabavku opreme, izvršiti izbor lokacija, odnosno instalaciju i puštanje u rad preostalih 17 KDUS. Do kraja treće faze treba pokriti sve gradove navedene u tabeli 6.1. Dodatno, tokom ove faze treba nabaviti 2 PKUDS, po jednu za KMC Beograd i KMC Niš, i izvršiti pripreme za njihovu primenu u okviru sistema, a u skladu sa predviđenim načinom korišćenja (videti podnaslov 6.3.4).

Paralelno sa navedenim aktivnostima treba obavljati dodatne neophodne aktivnosti, kao što su:

- ugovaranje i realizacija komunikacionih L3VPN veza za povezivanje KDUS stanica preko mreže jednog ozbiljnog telekomunikacionog operatora;
- stalna analiza procesa izbora lokacija i planiranja gradskih mreža uz analizu ostvarenih rezultata rada sistema nakon puštanja u rad, sve u cilju donošenja odgovarajućih odluka u daljem procesu realizacije sistema;
- stalna procena dinamike realizacije projekta, a u skladu sa potrebom da se ostvari najbolji kvalitet pri izgradnji sistema i adekvatno planiranje lokalnih mreža, uz minimizaciju potreba za velikim brojem naknadnih korekcija (koje naravno predstavljaju dodatni trošak).

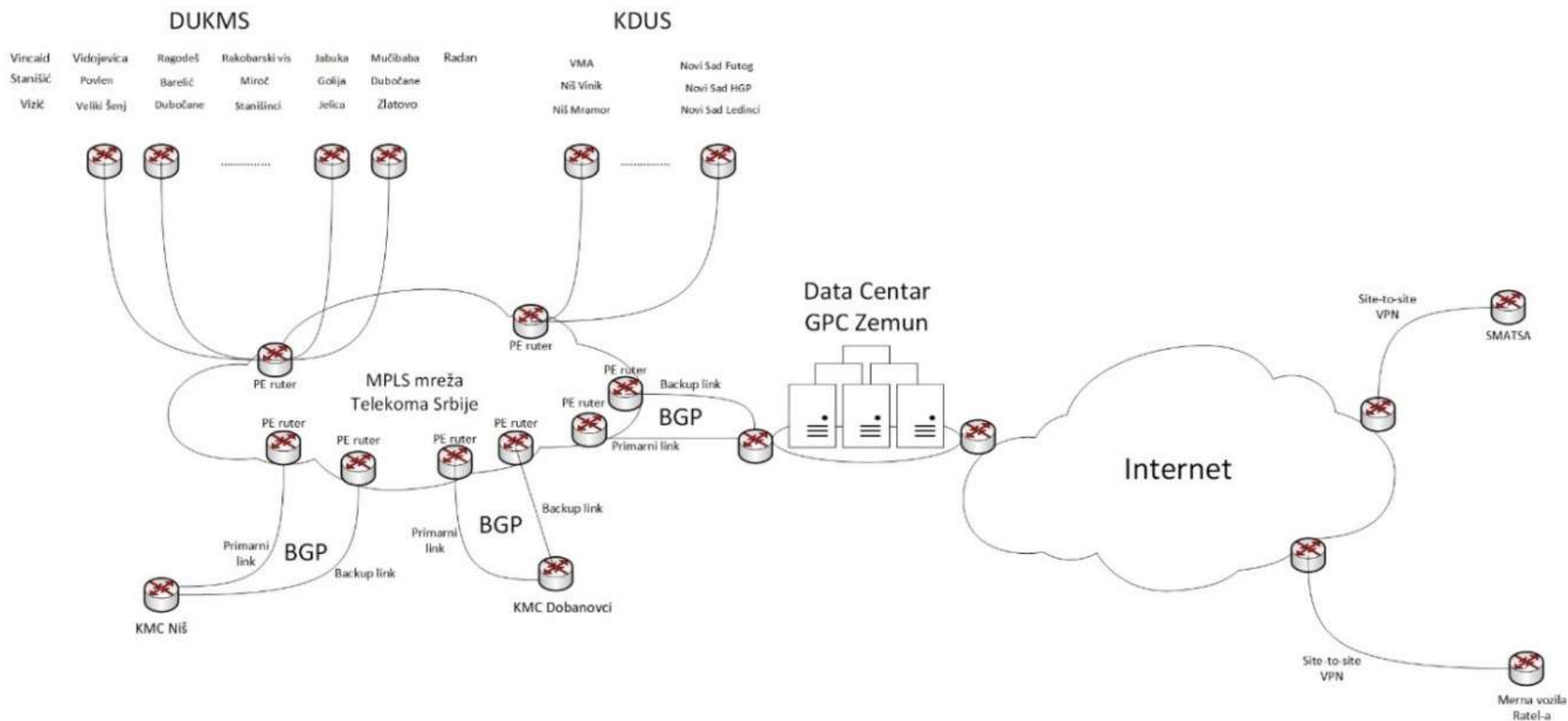
### 6.3.2. Telekomunikaciono povezivanje KDUS i PKDUS

Predlog tehničkog rešenja u slučaju KDUS i PKDUS stanica podrazumeva da se zahteva maksimalni nivo lokalne obrade i čuvanje podataka na samoj lokaciji KDUS i PKDUS (tj. da se obezbeđuje na opremi kojom su opremljene merne stanice) za sva merenja i analize koje su predviđene.

Iz tog razloga, za povezivanje KDUS sa ostalim elementima sistema, kao i sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra, predviđaju se komunikacioni linkovi kapaciteta 2 Mb/s. Tehničko rešenje predviđa da se za povezivanje KDUS zadrži isto rešenje koje je i do sada uspešno korišćeno za povezivanje DUKMS u okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra, koje je opisano u glavi 4, a arhitektura data na slici 6.1.

Za umrežavanje KDUS u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama (međusobno i sa KMC Beograd i KMC Niš) predviđa se povezivanje korišćenjem L3VPN servisa jednog javnog telekomunikacionog operatora. Kao redundantno rešenje za povezivanje KDUS, predviđa se povezivanjem korišćenjem 4G-LTE (odnosno 5G u budućnosti) javnih mobilnih mreža, pri čemu su KDUS opremljene kompaktnom 4G-LTE (odnosno 5G u budućnosti) bežičnom pristupnom tačkom (AP, *Access Point*).

U slučaju prenosivih KDUS (PKDUS) predlaže se rešenje sa korišćenjem IPsec veza, koje se u postojećem sistemu za monitoring RF spektra koriste za povezivanje mobilnih mernih stanica. Za primarno, kao i za redundantno povezivanje predviđeno je korišćenje 4G-LTE (odnosno 5G u budućnosti) javnih mobilnih mreža, pri čemu su PKDUS opremljene kompaktnom 4G-LTE (odnosno 5G u budućnosti) bežičnom pristupnom tačkom (AP, *Access Point*). Napomena: Ukoliko se predviđa rad u dužem vremenskom periodu, i ako uslovi na lokaciji to dozvoljavaju, PKDUS se mogu povezati na isti način kao i KDUS, odnosno korišćenjem L3VPN servisa jednog javnog telekomunikacionog operatora.



Slika 6.1 – Arhitektura komunikacione mreže kojom je ostvareno povezivanje (umrežavanje) elemenata postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL - isto rešenje predviđeno je i za realizaciju tehničkog rešenja predloženog ovom Studijom.

Kada je u pitanju kompaktna 4G (LTE) bežična pristupna tačka (AP, *Access Point*), osnovni zahtevi su (ukoliko 4G-LTE AP nije predviđena u sklopu opreme proizvođača merne opreme kojom se opremaju KDUS i PKDUS):

- predviđena je za montažu u ekstremnim klimatskim uslovima, i za radni temperaturni opseg od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+70^{\circ}\text{C}$ ;
- potrebno je da ima bar dva Mini SIM ulaza;
- Interfejsi: 1xGigabit Ethernet LAN (ulaz), USB (ulaz) i RS232 serijski port;
- Napajanje: 12 VDC, PoE-IN;
- Zaštitno kućište sa najmanje IP54 nivoom zaštite;
- AP se instalira na poziciju u kojoj minimalno utiče na rad merne opreme i povezuje se na odgovarajući način na svič u kućištu KDUS ili PKDUS.

### 6.3.3. Integracija sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra

Jedan od osnovnih zahteva Projektnog zadatka je obezbeđivanje integracije planiranog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra. Na ovaj način omogućava se poboljšanje performansi oba sistema pojedinačno, ali i poboljšanje na nivou dobijenog integralnog sistema.

Osnovne činjenice koje treba imati u vidu da bi se omogućila zahtevana integracija su:

- Svim elementima postojećeg sistema za monitoring RF spektra (DKUMS i MMS) daljinski se upravlja iz KMC Beograd i KMC Niš. Pri tome:
  - Interno je definisana podređenost određenih DKUMS i MMS ovim regionalnim centrima, ali se, tehnički, upravljanje i kontrola rada nad svim daljinski upravljanim komponentama sistema može obaviti iz oba KMC.
  - U KMC Beograd i njemu podređenim DKUMS se koristi merna oprema i softver *Argus* (verzija 6.1) kompanije R&S, dok se u KMC Niš i njemu podređenim DKUMS koristi merna oprema i softver *Scorpio* kompanije TCI. U oba KMC operateri imaju pristup preko oba softverska paketa. MMS su opremljene ili opremom jednog ili drugog proizvođača, pri čemu se za rad koriste isti softverski paketi kao u KMC.
  - Arhitektura komunikacione mreže kojom je ostvareno povezivanje (umrežavanje) elemenata postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, omogućava međusobnu komunikaciju između svih elemenata sistema (KMC, DUKMS i MMS).
  - Svi DUKMS i MMS u postojećoj mreži su opremljeni za obavljanje monitoringa RF spektra i DF merenja, odnosno za geolokaciju korišćenjem DF metoda. Ipak, upravljački softver i merna oprema na lokacijama, kao i softver u KMC Beograd i KMC Niš podržavaju i TDoA merenja, odnosno geolokaciju na osnovu primene TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda.
- Tehničko rešenje za komunikaciono povezivanje u okviru Sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, videti poglavlje 6.3.2, predviđa zadržavanje arhitekture komunikacione mreže iz postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a. To omogućava međusobnu komunikaciju između svih elemenata planiranog sistema (KMC, KDUS i PKDUS), a posledično i sa svim elementima postojećeg sistema (KMC, DKUMS i MMS).
- Svim elementima planiranog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama (KDUS i PKDUS) daljinski će se upravljati iz KMC Beograd i KMC Niš, i to primenom trenutno korišćenih softvera za monitoring R&S *Argus* (verzija 6.1) ili TCI



*Scorpio*. Kako bi se omogućilo ovakvo povezivanje, izričito se zahteva kompatibilnost sa softverom za monitoring koji se koristi u KMC Beograd i/ili KMC Niš.

Da bi se ostvarila potpuna integracija oba sistema, zahteva se da KDUS i PKDUS na svim lokacijama moraju biti kompatibilni sa minimalno jednim od dva trenutno korišćena softverska rešenja u KMC Beograd i KMC Niš, odnosno *Argus* (verzija 6.1) proizvođača R&S i/ili *Scorpio* proizvođača TCI. To znači da upravljački softver koji se instalira na predmetnim lokacijama KDUS i na PKDUS, treba da bude potpuno kompatibilan sa opremom i sistemom koji se koristi u KMC Beograd ili KMC Niš, pri čemu je poželjno da ovaj upravljački softver bude ili R&S *Argus* (verzija 6.1) ili TCI *Scorpio*, inače je neophodno dokazati potpunu kompatibilnost.

Ukoliko se ispuni prethodni uslov kompatibilnosti, u skladu sa usvojenom arhitekturom komunikacione mreže kojom se povezuju elementi postojećeg sistema (KMC, DUKMS i MMS) i elementi planiranog sistema (KMC, KDUS i PKDUS), ovi elementi neće biti samo komunikaciono povezani, već će biti i funkcionalno povezani. To suštinski znači:

- Da se upravljanje svim elementima oba sistema obavlja na isti način iz KMC Beograd i KMC Niš, i to korišćenjem istog softvera i u okviru iste komunikacione (VPN) mreže.
- Operateri u KMC Beograd i KMC Niš, mogu zajednički, u okviru istih aktivnosti da upravljaju ili definišu automatske procedure svim elementima u obe mreže.
- Svi prostorno bliski KDUS i PKDUS se mogu koristiti u okviru iste TDoA mreže, a u cilju združenog rada u okviru TDoA sistema za detekciju i geolokaciju.
- Svi prostorno bliski elementi oba sistema (KMC, DUKMS, MMS, KDUS ili PKDUS), koji imaju zajedničko pokrivanje na posmatranoj teritoriji, mogu se koristiti za združeni rad u okviru TDoA sistema ili hibridnog TDoA/DF sistema, u aktivnostima detekcije i geolokacije. Pri tome, KMC, DUKMS i MMS obezbeđuju DF merenja i/ili TDoA merenja, dok KDUS i PKDUS obezbeđuju samo TDoA merenja.

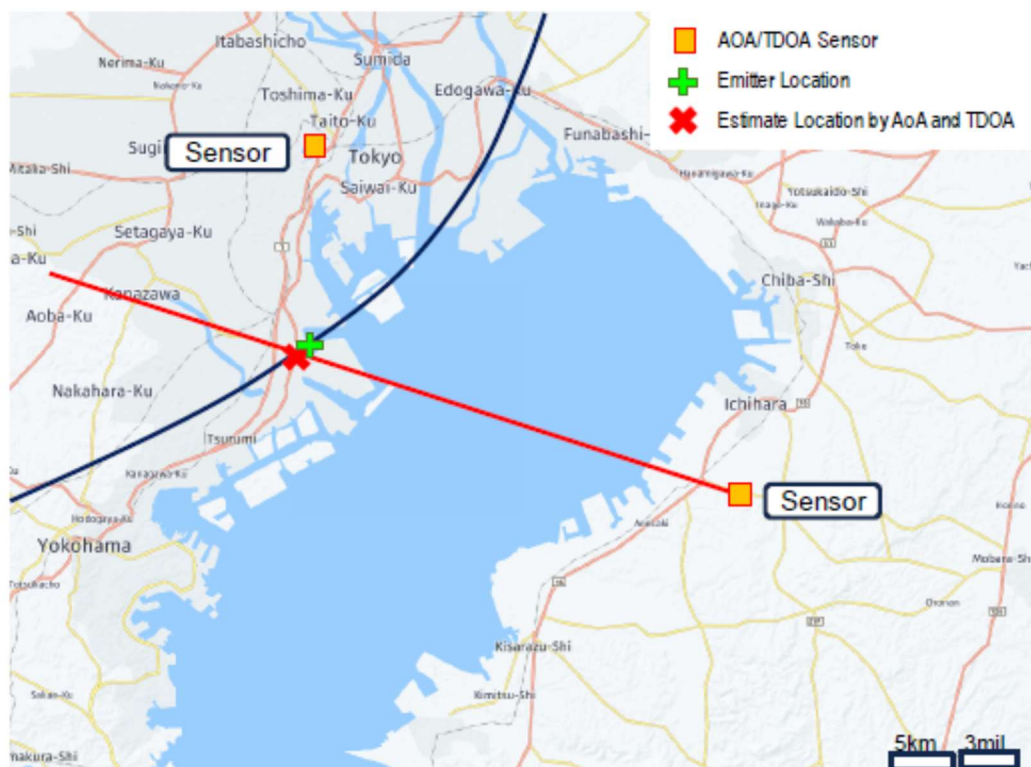
#### **6.3.4. Primena KDUS, PKDUS i mogućnosti združenog rada sa elementima postojećeg sistema za monitoring RF spektra**

U urbanim sredinama (gradovima) u kojima je predviđeno 3 ili više KDUS, obrazuju se mreže KDUS stanica koje čine TDoA mreže namenjene za detekciju i geolokaciju na bazi primene TDoA pristupa. Ukoliko se KDUS iz susednih mreža (drugih urbanih sredina u blizini), nalaze dovoljno blizu, tada se i one mogu uključiti u zajedničku mrežu. Iz tog razloga, o ovoj mogućnosti treba voditi računa pri planiranju mreže i izboru lokacija u slučaju bliskih naselja, ako je za njih predviđeno postavljanje KDUS.

U slučaju da se na dovoljno malom rastojanju od posmatrane urbane sredine nalazi lokacija KMC ili DUKMS, treba razmotriti mogućnost formiranja združene mreže KDUS i DUKMS/KMC na osnovu primene hibridnog TDoA/DF metoda, odnosno izbora između ovog metoda i TDoA metoda zavisno od situacije (upravljački softveri omogućavaju i automatski izbor). U ovom slučaju, treba voditi računa da izabrane lokacije KDUS stanica ne budu u prostornoj zoni smeštenoj direktno između DUKMS/KMC i posmatrane urbane sredine, a pogodno je da budu sa strane (levo ili desno) u odnosu na pravac DUKMS/KMC - urbana sredina, ili sa suprotne strane od DUKMS/KMC u odnosu na urbanu sredinu (ali ne kolinearno sa pravcem DUKMS/KMC - urbana sredina), [6-2]. Na slici 6.2, prikazan je jedan primer ovakvog načina rada iz [6-2].

FIGURE 21

## Combination result with one AOA sensor and two TDOA sensors



Slika 6.2 – Ilustracija primene hibridnog TDoA/DF metoda korišćenjem stanice tipa DKUMS sa podržanim DF i TDoA metodima, i KDUS stanice sa podržanim TDoA, [6-2].

U slučaju da se za potrebe povećanja kapaciteta sistema za monitoring RF spektra u nekoj urbanoj sredini (u cilju periodičnih merenja ili namenskih merenja zbog učestalih nerazrešenih smetnji) koristi merno vozilo (MMS), moguće je obaviti formiranje zajedničke mreže sa MMS, i to u formi združene mreže KDUS/MMS sa primenom TDoA metoda i/ili hibridnog TDoA/DF metoda. Pri tome, merno vozilo treba da se kreće sa suprotne strane od ciljane oblasti u odnosu na KDUS-ove i na dovoljno velikom rastojanju od ciljane oblasti kako bi se ostvarili maksimalni efekti u pogledu geolokacije, [6-2]. U ovom slučaju moguća je detekcija i geolokacija samo korišćenjem jedne KDUS i MMS, ali korišćenje većeg broja KDUS obično ne izaziva probleme pri primeni metoda geolokacije.

Naravno, po potrebi, moguća je primena kombinacije TDoA metoda i hibridnog TDoA/DF metoda za mreže koju čine KDUS, KMC/DKUMS i MMS.

U urbanim sredinama (gradovima) u kojima je predviđeno postavljanje samo jedne KDUS, ova merna stanica služi da obavlja sve zadatke vezane za monitoring RF spektra, ali bez mogućnosti geolokacije.

U skladu sa predloženim tehničkim rešenjem, u ovom slučaju se za detaljniji monitoring RF spektra (ako za tim ima potrebe na osnovu rezultata rada posmatrane KDUS) pored KDUS koristi MMS, i to u formi hibridne TDoA/DF mreže, i na način koji je već opisan u prethodnom delu za slučaj kada se u urbanoj sredini nalazi više KDUS.

Ako se u blizini urbane sredine u kojoj se nalazi samo jedna KDUS, nalazi DUKMS i/ili KMC, tada za predajnike za koje DUKMS/KMC može da obavi DF merenja, može da se formira hibridna TDoA/DF mreža sa dve merne stanice (uz izbor lokacije KDUS na način

opisan u prehodnom slučaju kada se u urbanoj sredini nalazi mreža sa više KDUS). U suprotnom, može se formirati TDoA mreža sa dve merne stanice, koje ne omogućavaju potpunu geolokaciju, ali definišu LoP.

PKUDS se opremaju na isti način kao i KDUS, uz odgovarajuće zaštitne elemente predviđene da omoguće učestali transport mernih prijemnika i druge opreme, kao i rešenja za rasklopivi stub koji se koristi pri postavljanju na privremene lokacije (ako ne postoje uslovi za bolju realizaciju). Uključivanje PKUDS u okviru predloženog tehničkog rešenja je izvršena kako bi se omogućile sledeće akitvnosti:

- PKUDS se koristi kao pomoćna merna stanica za potrebe optimizacije već postojećih mreža KDUS u gradovima. Naime, primenom PKUDS može se pre samog premeštanja neke već postavljene KDUS ili dodavanja nove KDUS u mrežu, izvršiti provera ispravnosti izbora lokacije, odnosno obezbediti pouzdan izbor lokacija za KDUS.
- PKUDS se koristi u naseljima koja nisu pokrivena sistemom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, ili u delovima urbanih sredina u kojima postojeći sistem nema dovoljan kapacitet. To se ostvaruje formiranjem mreže sa MMS u kojoj se koristi hibridni TDoA/DF metod za potrebe detekcije i geolokacije. Rešenje se može pokazati kao veoma korisno u naseljima za koje je neisplativo formiranje stalne lokacije KDUS.
- PKUDS se koristi u naseljima koja nisu pokrivena sistemom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, u cilju prikupljanja osnovnih informacija o zauzetosti i iskorišćenju RF spektra, potrebnih za upravljanje spektrom, ili za detekciju štetnih smetnji, nepravilnog i nezakonitog korišćenja spektra. Ovo rešenje se može pokazati kao veoma korisno u naseljima za koje je neisplativo formiranje stalne lokacije KDUS, a uz manje troškove od dugotrajne primene MMS.
- PKUDS se koristi u delovima urbanih sredina u kojima postojeća mreža KDUS nema dovoljan kapacitet, pri čemu se dodavanjem PKUDS na povoljnu lokaciju mogu rešiti eventualni problemi u datoj oblasti.
- PKUDS se koristi kao rezervna merna stanica u slučaju otkaza postojeće KDUS. Sve dok se problem ne reši ili ne zameni KDUS, PKUDS se koristi na toj lokaciji.

#### **6.4. KARAKTERISTIKE MERNE OPREME I SOFTVERA ZA OPREMANJE KOMPAKTNIH DALJINSKI UPRAVLJANIH MERNIH STANICA**

Kompaktne daljinski upravljane merne stanice (KDUS) i prenosive daljinski upravljane merne stanice (PKUDS) moraju da budu opremljene mernom opremom, antenskim sistemima i drugim instalacijama koje garantuju kvalitetan rad stanice, ali i mogućnost kasnije nadogradnje i proširenja njihovih mogućnosti.

Osnovni komplet merne i prateće opreme kojom se oprema KDUS sastoji se od:

- mernog prijemnika;
- neusmerene (omnidirekzione) antene koja mora da ima mogućnost prijema signala sa vertikalnom polarizacijom, a poželjno i sa horizontalnom polarizacijom;
- kompleta kablova i pratećeg pribora;
- upravljačkog softvera i namenskog mernog računara;
- kućišta za smeštaj mernog prijemnika i prateće opreme, sa odgovarajućim nivoom zaštite od klimatskih uslova. Klimatska zaštita treba da bude definisana za maksimalno opterećenje merne i prateće opreme.

PKUDS je opremljen na istovetan način, uz dodatak rasklopivog antenskog stuba, i zaštitnih kofera ili drugih rešenja za prenos merne i druge opreme.

#### 6.4.1. Tehničke karakteristike mernog prijemnika

Izbor mernog prijemnika predstavlja najbitniji element u formiranju merne stanice (tj. KDUS). Polazna osnova za izbor parametara mernog prijemnika mogu da budu preporučene specifikacije date u *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, [6-3].

Prilikom izbora mernog prijemnika, naravno treba najpre definisati opseg učestanosti koji je od interesa. Uzimajući u obzir da je sve veći broj sistema predviđen za rad na opsezima učestanosti višim od 3 GHz, ovde je kao minimalni zahtev usvojen radni opseg od 20 MHz do 6 GHz. Ovaj opseg podržava većina mernih prijemnika novijeg datuma, videti glavu 5, pri čemu se po sličnoj ceni mogu nabaviti i prijemnici sa širim radnim opsegom (do 8 GHz ili 8.5 GHz). Stoga se, radio opseg od 20 MHz do 6 GHz može smatrati kao minimalno zahtevani, a radni opseg od 20 MHz do 8/8.5 GHz kao poželjan, ukoliko ne uslovljava značajno povećanje cene prijemnika. Iz tog razloga, ovde je pri definisanju tehničkih parametara prijemnika, za neke parametre za koje je to imalo smisla, kao što je prethodni slučaj, definisana minimalno zahtevana vrednost, ali i poželjna vrednost parametra. Naravno, u procesu nabavke opreme treba voditi računa da se izborom parametara (insistiranjem na poželjnim umesto minimalnim zahtevima) ne dođe do mnogo veće cene uređaja u odnosu na minimalnu konfiguraciju.

Izbor mernog prijemnika u sistemima za monitoring RF spektra u urbanim sredinama je specifičan, pošto se posebno mora voditi računa o tome da je u ovoj primeni veoma moguće da se merna stanica mora postaviti na lokaciju koja je bliska nekom od postojećih (i legalnih) predajnika. Ovo izaziva dodatne probleme u smislu maskiranja signala malog intenziteta (slabih signala) od strane signala velikog intenziteta (jakih signala), koji potiču od predajnika koji se nalaze na relativno malom rastojanju od pozicije merne stanice.

U tom smislu, kvalitet KDUS biće presudno definisan sa više različitih parametara, uključujući, [6-4, 6-5]:

- dobitak antene,
- trenutni propusni opseg prijemnika (IBW, *Instantaneous Bandwidth*),
- faktor šuma prijemnika,
- trenutni dinamički opseg prijemnika, i
- fazni šum prijemnika.

Kao što je to analizirano u poglavlju 2.2.2, neki od navedenih parametara (IBW, fazni šum prijemnika i dinamički opseg) u slučaju velike verovatnoće istovremenog prijema slabog i jakog signala, mogu da izazovu efekte ekvivalentne povećanju faktora šuma za signale malog intenziteta i onemogućće njihovu detekciju u prisustvu signala velikog intenziteta (tzv. povećanje efektivnog faktora šuma). Dodatno, izbor prijemnika sa većim faktorom šuma, u značajnoj meri smanjuje oblast pokrivanja, odnosno uslovljava korišćenje većeg broja KDUS, kako bi se pokrila ista površina. U prethodno analiziranoj situaciji, izbor lošijih parametara prijemnika (npr. veća vrednost faznog šuma) u prethodno analiziranom slučaju izaziva isti efekat kao i povećanje faktora šuma (u smislu detekcije slabih signala u prisustvu jakih).

Prethodno opisani problem se može delimično smanjiti korišćenjem ugrađenih (predefinisanih) filtera za preselekciju signala, putem preciznog podešavanja širine međufrekventnog filtra (IF BW) i slično.

Dodatni bitan faktor u izboru mernog prijemnika za monitoring RF spektra u urbanim sredinama je želja da se poveća verovatnoća detekcije kratkotrajnih impulsnih signala. Kako bi se to postiglo, neophodno je podržati velike brzine skeniranja po frekvencijskim opsezima (*sweep speed* ili *scanning speed*). Velike brzine skeniranja je lakše postići, ukoliko se koristi veća vrednost IBW, odnosno tada se povećava verovatnoća uspešne detekcije kratkotrajnih impulsnih signala. Sa druge strane, korišćenjem manje vrednosti IBW ostvaruje se veća osetljivost (manji efektivni faktor šuma) pri detekciji signala niskog intenziteta.

Mogućnost izbora vrednosti IBW, pri čemu neki proizvođači merne opreme nude izbor između dve vrednosti, predstavlja dodatan element koji povećava fleksibilnost i proširuje mogućnosti KDUS.

Pri primeni mernih prijemnika u okviru TDoA mreža, neophodan uslov za uspešno funkcionisanje na nivou združenog rada u TDoA mreži, predstavlja zahtev u pogledu visokog nivoa vremenske sinhronizacije rada prijemnika, koji se ostvaruje primenom GPS prijemnika ugrađenih u KDUS. Dodatno, pošto se koristi analiza na osnovu unakrsne korelacije signala sa više prijemnika (čiji rezultati zavise od koherentnog prijema u više tačaka u prostoru), neophodno je izbeći razdešenost trenutne frekvencije između prijemnika. Iz tog razloga, zahteva se visoka tačnost, velika rezolucija i visoka stabilnost frekvencije.

U skladu sa navedenim, a uzimajući u obzir realnu ponudu merne opreme koja je opisana u glavi 5, ovde je definisan jedan moguć izbor minimalnih tehničkih karakteristika mernog prijemnika, uz neke dodatne poželjne vrednosti (kao opcija), koje su date u tabeli 6.2.

Dodatno, u tabeli 6.3, date su dodatne karakteristike u pogledu uslova fizičkog (radnog okruženja), elektromagnetne kompatibilnosti i napajanja.

Tabela 6.2 – Tehničke karakteristike mernog prijemnika za KDUS stanicu (minimalne i poželjne).

PARAMETAR	MINIMALNA VREDNOST	POŽELJNA VREDNOST
Radni opseg učestanosti	20 MHz do 6 GHz	20 MHz do 8/8.5 GHz
Rezolucija postavljanja frekvencije	1 Hz	
Tačnost frekvencije	< $1 \times 10^{-9}$ (sinhronizacija korišćenjem GPS)	
Frekvencijska stabilnost	-	< 0.001 ppm
Brzina podešavanja frekvencije	-	1 ms
Podrška TDoA metodi geolokacije	Da	
Podrška hibridnoj TDoA/DF metodi	Da	
GPS prijemnik sa antenom (sinhronizacija master oscilatora, podrška za TDoA)	Da. U skladu sa 6.1 <i>ITU Handbook on Spectrum monitoring</i>	
Opseg merenja nivoa signala	od -20 dB $\mu$ V do 120 dB $\mu$ V (za BW = 1 kHz)	
Tačnost merenja nivoa signala	$\pm 3.0$ dB	$\pm 1.5$ dB
Faktor šuma	$\leq 15$ dB (do $f = 3$ GHz)	$\leq 12$ dB
Linearnost prijemnika, TOIP ili IP3	$\geq 10$ dBm	$\geq 15$ dBm
Fazni šum oscilatora (LO <i>Phase Noise</i> )	< -95 dBc @ 10kHz <i>offset</i> (za $f = 1$ GHz)	-110 dBc/Hz @ 10kHz <i>offset</i> (za $f = 1$ GHz)
Ugrađeni filtri za preselekciju signala ( <i>pre-select</i> )	Da	
Ugrađen interni atenuator	Da	
Mogućnost izbora širine IF filtra (IF BW)	Minimalna širina $\leq 1$ kHz Maksimalna širina $\geq 20$ MHz (podržan širok skup opcija)	Minimalna širina $\leq 1$ kHz Maksimalna širina $\geq 80$ MHz (podržan širok skup opcija)
IBW ( <i>Instantaneous Bandwidth</i> )	$\geq 40$ MHz	Izbor 4 MHz ili 40 MHz Izbor 10 MHz ili 80 MHz
Demodulacija signala	AM, FM, $\phi$ M, pulse, ISB, I/Q	
Podržano skeniranje po RF opsezima	Da	
Brzina skeniranja po RF opsezima	$\geq 10$ GHz/s	

Tabela 6.3 – Dodatne tehničke karakteristike mernog prijemnika za KDUS.

PARAMETAR	MINIMALNA VREDNOST	POŽELJNA VREDNOST
Napon napajanja	230 VAC/50Hz, evropski standard (dozvoljen spoljni ispravljač)	
Mogućnost priključenja DC napajanja	Da, 12 VDC	
Radni opseg temperature	-10 do +50°C	-30 do +55°C
Kućište	19 inča ili manje	
Daljinsko upravljanje prijemnikom	Da	
Upravljački softver za monitoring	Da	
API interfejs	Da	
Komunikacioni interfejs	1 Gigabit Ethernet	1 Gigabit Ethernet opciono 4G LTE <i>access point</i>
Elektromagnetska kompatibilnost	IEC 61000-4-2, -3, -4 CISPR 11, group 1, class B	

### 6.4.2. Tehničke karakteristike antenskog sistema

Primena KDUS stanica u urbanoj sredini sa velikom verovatnoćom postojanja bliskih predajnika (tj. jakih signala na mestu prijema), kao i primena za TDoA merenja u okviru TDoA mreža za geolokaciju uslovljava korišćene pasivnih i neusmerenih (omnidirekcionih) antena. Napomena: Primena aktivne neusmerene antene u cilju povećanja dobitka i zone pokrivanja može se predvideti samo na lokacijama na kojima je nivo polja od postojećih okolnih predajnika izuzetno mali.

U tabeli 6.4, date su osnovne tehničke karakteristike antenskog sistema.

Tabela 6.4 – Zahtevane karakteristike neusmerene antene.

PARAMETAR	MINIMALNA VREDNOST
Radni opseg učestanosti	20 MHz do 6 GHz – vertikalna polarizacija 20 MHz do 3 GHz – horizontalna polarizacija
Pasivna antena	Da
Tip i impedansa konektora	N-ženski ili K-ženski, 50 $\Omega$
Minimalna i maksimalna težina	između 1.5 kg i 10 kg
Radni opseg temperature	-25 do +50°C
Dobitak antene	20 MHz – 200 MHz, dobitak (minimalni u opsegu) > -25dBi
	200 MHz – 400 MHz, dobitak (minimalni u opsegu) > -15dBi
	400 MHz – 600 MHz, dobitak (minimalni u opsegu) > -10dBi
	600 MHz – 6000 MHz, dobitak (minimalni u opsegu) > -5dBi
Definisani faktor antene	Da
Maksimalna brzina vetra, bez naslaga leda	150 km/h

### 6.4.3. Lokalna obrada, analize i skladištenje podataka

Kompaktne daljinski upravljane merne stanice (KDUS) moraju da imaju mogućnost lokalnog skladištenja podataka kako bi se sve analize obavljale lokalno, odnosno kako bi se u okviru KDUS skladištili rezultati analiza i merenja. Iz tog razloga, neophodno je da postoji merni računar, integrisan ili kao poseban element.

### 6.4.4. Upravljački softver

Trenutno se u KMC Beograd i KMC Niš kao osnovni softveri koriste *Argus* (verzija 6.1) proizvođača R&S i *Scorpio* proizvođača TCL. Da bi se ostvarilo potpuno funkcionalno povezivanje (uključujući združeni rad pri obavljanju detekcije i geolokacije na osnovu primene TDoA metoda i/ili hibridne TDoA/DF metode) i zahtevana potpuna integracija projektovanog sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama sa postojećim sistemom za monitoring RF spektra, neophodno je da upravljački softver, koji se instalira na lokaciji KDUS, bude u potpunosti kompatibilan sa navedenim softverskim paketima i postojećim sistemom u celini.

Upravljački softver instaliran na mernom računaru (posebnom ili ugrađenom) mora da obezbedi interfejs između merne opreme montirane na lokaciji i upravljačkog softvera u KMC Beograd i KMC Niš. Dodatno, kako bi se minimizovala komunikacija u okviru mreže, upravljački softver instaliran na lokaciji (namenskom mernom računaru) mora da omogućiti potpuno autonoman rad merne opreme, ali i mogućnost izvršavanja zadataka koji se preko

komunikacionog linka zadaju sa radnih mesta operatora u KMC Beograd i KMC Niš. Pri tome, minimalan skup koji merna oprema i prateći softver moraju da podrže je:

- snimanje i reprodukovanje demodulisanih audio signala,
- funkcionalnost skeniranja RF opsega u modu analizatora spektra,
- upravljanje mernom opremom (merni prijemnik),
- geolociranje primenom TDoA metoda,
- podrška za hibridni TDoA/DF metod.

Sva merenja moraju biti izvršena u skladu sa odgovarajućim ITU preporukama iz skupa ITU-R SM preporuka.

## 6.5. KRITERIJUMI ZA IZBOR LOKACIJA

### 6.5.1. Kriterijumi za izbor lokacija KDUS i PKDUS

U glavi 2 dat je pregled osnovnih kriterijuma za izbor lokacija za realizaciju fiksnih stanica za monitoring RF spektra, kao i posebnih kriterijuma koji se odnose na merne stanice sa DF prijemnicima (što u ovom slučaju nije od značaja pošto se u okviru KDUS i PKDUS stanica u ovoj fazi izgradnje sistema ne predviđa primena DF uređaja).

U skladu sa ITU-R SM preporukama i izveštajima, odnosno na osnovu iskustva drugih NRA prikupljenih kroz odgovore na poslato Upitnik, mogu se navesti osnovni međusobno nezavisni kriterijumi za izbor lokacija za postavljanje KDUS u urbanim sredinama:

- **Kriterijum baziran na vrednosti intenziteta električnog polja na lokaciji.** Uzimajući u obzir ovaj kriterijum, prilikom izbora lokacije KDUS potrebno je voditi računa o očekivanim nivoima elektromagnetne emisije (odnosno intenziteta električnog polja) koje proizvode postojeći predajnici na mestu postavljanja KDUS. Ova vrednost se može proceniti na osnovu podataka o lokacijama i karakteristikama predajnika u postojećim bazama podataka RATEL-a, što je pogodno za početnu fazu izbora lokacije. Ipak, savetuje se da se za sužen skup lokacija korišćenjem odgovarajućeg mernog prijemnika (npr. analizatora spektra) izvrši merenje realne vrednosti intenziteta električnog polja za sve značajne radio-emisije na samoj lokaciji. Uzimajući u obzir ulogu KDUS i PKDUS, izbor lokacije treba izvršiti u zonama gde se ne očekuju visoki nivoi elektromagnetne emisije (npr. ne treba birati lokacije u neposrednoj okolini grupe radio-predajnika). U slučaju izbora ovih lokacija, narušava se osetljivost prijemnika (tj. signali bliskih predajnika mogu potpuno maskirati signale ostalih predajnika), a usled primene predpojačavača može se javiti i problem izraženih intermodulacionih produkata. Primenom kriterijuma baziranog na vrednosti intenziteta električnog polja ostvaruje se cilj, a to je da je intenzitet električnog polja na mestu instalacije KDUS ili PKDUS takav da nijedna od radio-emisija koju je moguće detektovati na lokaciji ne bude maskirana signalima većeg intenziteta. Za potrebe analize i odlučivanja po ovom kriterijumu treba koristiti preporuku ITU-R SM 575-3 iz 2021. godine, [6-6]. Na osnovu *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, za maksimalnu dozvoljenu ukupnu vrednost jačine električnog polja na lokaciji KDUS koja potiče od više signala u propusnom opsegu prijemnika (koja se računa kao koren od sume kvadrata izmerene jačine polja svakog od signala), treba smatrati vrednost od 30 mV/m, [6-3].
- **Kriterijum vezan za način instalacije KDUS i PKDUS.** Po ovom kriterijumu treba voditi računa o tehničkim uslovima realizacije KDUS, kao što su: jednostavnost pristupa lokaciji, jednostavnost instalacije merne opreme i antena, obezbeđivanje



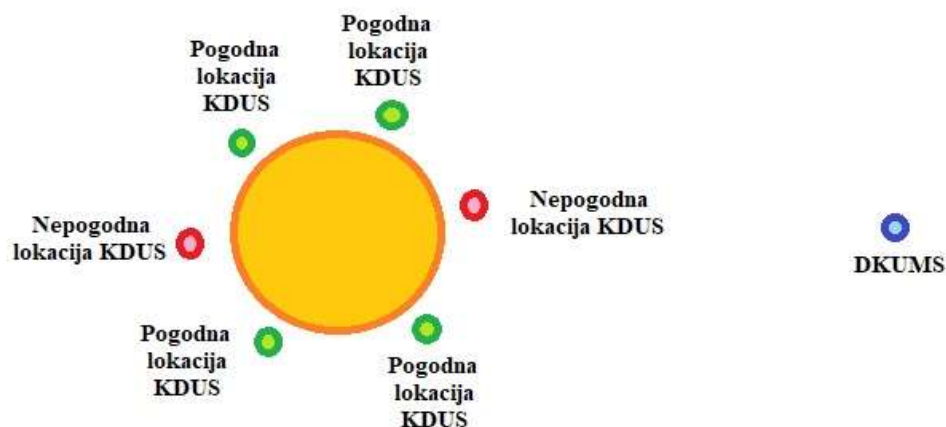
napajanja električnom energijom (pogodne su lokacije gde se može izvršiti jednostavno priključenje na postojeću elektrodistributivnu mrežu bez ugradnje novog priključka, tj. elektro ormana), obezbeđivanje telekomunikacionog kanala, pogodnost lokacije u smislu bezbednosti od oštećenja i krađe (npr. krov koji se zaključava), i slično. U slučaju PKDUS, ovaj kriterijum je nižeg prioriteta.

- **Kriterijum vezan za dostupnost signala javne mobilne telefonije.** Kako je kao redundantno rešenje za povezivanje KDUS, tj. primarno i redundantno za PKDUS, usvojeno povezivanje sa mrežom RATEL-a korišćenjem 4G LTE (odnosno 5G u budućnosti) sistema javnih mobilnih mreža u Republici Srbiji, lokacije KDUS, a posebno PKDUS, treba birati na takav način da na njoj bude obezbeđen kvalitetan signal 4G LTE sistema (odnosno 5G u budućnosti 5).
- **Kriterijum vezan za radio-predajnike u okolini lokacija.** Prema ovom kriterijumu lokacije KDUS i PKDUS treba birati na taj način da se planiranom mrežom KDUS i PKDUS postigne pokrivanje najvećeg mogućeg procenta poznatih lokacija predajnika u datoj oblasti, pri čemu treba voditi računa da predajnici budu zastupljeni ravnomerno u celokupnoj mreži KDUS i PKDUS, ali i da ne budu suviše blizu mernoj lokaciji.
- **Kriterijum vezan za način pokrivanja sa primenom TDoA.** Lokacije KDUS i PKDUS po pravilu treba birati po obodu ili nešto izvan posmatranih urbanih sredina, uzimajući u obzir da se najbolji rezultati primene TDoA metoda ostvaruju u zoni između KDUS. Praktično za sve gradove, osim Beograda i nekoliko većih gradova, moguće je izbarati lokacije od po tri KDUS koje obrazuju približno jednakostraničan trougao kojim se obuhvata urbana zona i većina lokacija na kojima se može očekivati postavljanje predajnika, videti ilustraciju na slici 6.3 (levo). U slučaju nešto većih gradova (Novi Sad, Niš, Kragujevac i Subotica) pokrivanje se na sličan način može ostvariti sa dva spojena trougla (dobija se približan oblik romba), videti ilustraciju na slici 6.3 (desno). Jedino se u slučaju Beograda mora posmatrati složenija šema KDUS, pri čemu će neki od KDUS zbog konfiguracije terena i velikih dimenzija gradskog područja morati da se postave unutar gustih urbanih zona blizu centra grada, zbog čega je znatno teže izabrati odgovarajuće lokacije, a da se ispoštuju **kriterijumi bazirani na vrednosti intenziteta električnog polja na lokaciji.** Pri tome, jedan mogući postupak za planiranje mreže u urbanim sredinama, a na bazi primene TDoA zasnovane mreže, dat je u ITU-R SM 2356-2 (2018). Napomena: Ista pravila važe za PKDUS ako se koriste u mrežama sa KDUS.



Slika 6.3 – Ilustracija realizacije pokrivanja sa 3 KDUS (levo) i sa 4 KDUS (desno) za gradove Kraljevo i Kragujevac, respektivno, KDUS su označene belim kružićima. (Napomena: Ovo je samo ilustracija opšteg načina pokrivanja, ne radi se o optimalnom rasporedu KDUS).

- **Kriterijum vezan za međusobno rastojanje KDUS/PKDUS u horizontalnoj ravni.** Po ovom pitanju nema definitivnog odgovora u praksi (NRA su mreže formirale na različite načine) ili literaturi. Preporuka je da se KDUS postavljaju na međusobnom rastojanju između 3 km i 7 km (korišćen je i razmak od 10 km u slučaju naselja lociranih u kotlinama na ravnom terenu), zavisno od konfiguracije terena, zastupljenosti i rasporeda visokih objekata koji ometaju propagaciju radio signala. Rastojanja između KDUS/PKDUS ne smeju biti ni suviše mala (manja od 3 km), pošto se u tom slučaju ne dobijaju dobri rezultati primenom TDoA metoda.
- **Kriterijum vezan za međusobno rastojanje KDUS/PKDUS u vertikalnoj ravni.** U skladu sa ovim kriterijumom KDUS/PKDUS koji se nalaze u istoj TDoA mreži (ako u upravljačkom softveru nije predviđena kompenzacija) ne treba da imaju veliku razliku (reda više stotina metara) u pogledu ukupne nadmorske visine baze antene, pošto se u tom slučaju sa 3 TDoA merne stanice ostvaruju lošiji rezultati. Napomena: Kako se za većinu urbanih sredina predviđa pokrivanje sa manjim brojem KDUS, kako bi se obezbedilo bolje pokrivanje treba izabrati lokacije koje se nalaze na objektima istaknutim u odnosu na posmatranu oblast, ali ne treba insistirati na najvišim tačkama u okolini (ove tačke su najverovatnije već zaposednute postojećim predajnicima ili se nalaze u blizini postojećih predajnika).
- **Kriterijumi vezani za hibridne TDoA/DF mreže KDUS/PKDUS sa KMC/DUKMS.** Ukoliko se formiraju TDoA ili hibridne TDoA/DF mreže korišćenjem mreže KDUS u posmatranom naselju, tada je preporuka da se posmatra pravac KMC/DUKMS–naselje, a lokacije KDUS planiraju van tog pravca i to sa leve strane, sa desne strane i sa suprotne strane od KMC/DUKMS u odnosu na poziciju naselja, slika 6.4 [6-2, 6-4].



Sl.6.4 – Ilustracija sa prikazom preporučenih pozicija za postavljanje KDUS u slučaju hibridne TDoA/DF mreže sa DKUMS u okolini, [6-2, 6-4].

### 6.5.2. Vrste lokacija od interesa

Antenski sistem KDUS sastoji se od jedne ili dve neusmerene (omnidirekcionone) antene, koje se montiraju na odgovarajućim nosačima. Na lokaciji se ugrađuje i kućište za smeštaj opreme u koje se smešta sva ostala oprema, osim GPS antena i 4G (LTE) AP uređaja.

Vrste lokacija od interesa za postavljanje KDUS klasifikovane su na sledeći način:

- **Ravan krov ili krovna terasa objekta.** Podrazumeva instalaciju KDUS na ravnom krovu ili krovnoj terasi objekta, videti sliku 6.5 (levo), pri čemu visina baze antene mora da bude najmanje 2 m iznad najviše kote objekta na koji se montira. Ovaj tip je posebno pogodan zbog jednostavnosti instalacije merne stanice. Ovakve lokacije u praksi obezbeđuju najpogodnije uslove po pitanju malog narušavanja izotropije antene KDUS. *Ovaj tip lokacije se preporučuje.*
- **Bočno na zidu objekta.** Podrazumeva instalaciju KDUS na metalnom nosaču koji se fiksira bočno na zid objekta, videti sliku 6.5 (desno). Kod ovog tipa lokacije treba voditi računa o karakteristikama zida na koji se postavlja senzor sa stanovišta refleksije, da bi što manje narušavao izotropiju antene KDUS. Visina baze antene mora da bude najmanje 2 m iznad najviše kote objekta na koji se montira. Treba izbegavati zidove sa metalnim površinama i metalnim unutrašnjim konstrukcijama (npr. armirano-betonski zidovi), odnosno treba birati zidove od materijala koji imaju šta manji uticaj na prostiranje elektromagnetnih talasa (npr. drveni zid, zid od cigle...).
- **Antenski stub.** Podrazumeva instalaciju KDUS bočno na postojećem antenskom stubu. Pogodni su antenski stubovi realizovani kao cevaste ili rešetkaste metalne konstrukcije, ako na njima nema predajnika. Ovakve lokacije su generalno dobre, ali je teško očekivati da se može naći veći broj lokacija koje zadovoljavaju definisane kriterijume.
- **Stub za različite namene.** Podrazumeva instalaciju KDUS bočno na postojećem stubu koji može da se koristi za različite namene (npr. stubovi javne rasvete). Ovi stubovi su najčešće metalni ili imaju metalnu konstrukciju, pa sam stub znatno narušava izotropiju antene merne stanice.



Slika 6.5 – Montaža KDUS na ravnom krovu objekta (levo) i bočno na zidu objekta (desno).

### 6.5.3. Optimalan izbor lokacija za postavljanje KDUS

Veoma je bitno naglasiti da se lokacije ne mogu birati pojedinačno, tj. za svaki KDUS i PKDUS posebno, već da je neophodno odrediti optimalan raspored KDUS na prostoru u i bliskoj okolini date urbane sredine (grada), koristeći pri tome pogodne lokacije uz razmatranje svih prethodno navedenih kriterijuma. Kao što je već napomenuto, usled korišćenja nešto

manjeg broja KDUS, pogodno je koristiti lokacije sa nešto većom visinom u odnosu na okolno tlo, kako bi se ostvarilo kvalitetnije pokrivanje teritorije.

Pri planiranju pokrivanja, i izboru lokacija može se koristiti postupak definisan u okviru ITU-R SM 2356-2, [6-4].

## 6.6. UREĐENJE LOKACIJE ZA POSTAVLJANJE KDUS I PKDUS

Lokacije na kojima se instaliraju KDUS i PKDUS moraju da budu unapred pripremljene, što uključuje postavljanje antenskog nosača, zatim nosača kućišta za smeštaj merne opreme, instalacije antena i merne opreme, i lokalnih energetskih instalacija. Osim toga neophodno je obezbediti IP komunikaciju sa mrežom RATEL-a opisanom u poglavlju 6.3.2, pri čemu se za najveći broj lokacija to može učiniti korišćenjem optičkog kabla ili korišćenjem xDSL modema. Svi komunikacioni uređaji smeštaju se u kućište sa mernim prijemnikom.

Pri tome, kućište za smeštaj opreme mora minimalno zadovoljavati nivo zaštite IP66 (u skladu sa IEC standardima) za primenu u *outdoor* uslovima. U kućište za smeštaj opreme treba ugraditi merni prijemnik, namenski merni računar, mrežni svič, modem za pristup (xDSL ili optički) i odgovarajući ruter. Sva oprema treba da se napaja iz elektrodistributivne mreže sa 230 VAC, 50 Hz. U kućištu treba obezbediti odgovarajući elektro razvod.

Uređenje lokacije u principu obuhvata:

- raščišćavanje lokacije, uz demontažu i uklanjanje nepotrebnih instalacija i predmeta,
- pripremu trase za vođenje napojnog kabla,
- po potrebi treba uraditi hidroizolaciju na postojećim horizontalnim površinama,
- po potrebi treba izraditi betonsku ploču za potrebe nivelacije, i
- treba obraditi zidne površine.

Sve kablovske instalacije koje se postavljaju van kućišta za potrebe rada KDUS moraju biti adekvatno zaštićene (npr. primenom PVC creva za spoljnu montažu), a svi ulazi u kućište obezbeđeni (zaptiveni i hidro-izolovani). RF kablovi se u kućištu povezuju preko konektora na odvodnike prenapona, koji se uzemljivačkim kablovima pojedinačno povezuju na zajednički sistem uzemljenja. Na lokaciji treba izvršiti izbor mesta za postavljanje GPS antene, a ako to uslovi zahtevaju, GPS antenu treba postaviti na odgovarajući nosač.

Kako bi se obezbedilo sigurno i bezbedno postavljanje antenskog sistema, treba predvideti postavljanje antenskog stuba uz zahtev u pogledu mehaničke stabilnosti u pogledu brzine vetra od minimalno 35 m/s (ili više), pri čemu se može predvideti i primena balasta realizovanih korišćenjem betonskih blokova. Sama konstrukcija nosača antene, kao i balast, treba da bude pripremljeni u skladu sa statičkim proračunom.

Kada je postavljanje KDUS planirano na vertikalne površine, neophodno je koristiti odgovarajuće čelične nosače, koji se pričvršćuju korišćenjem anker ploča, pored toga treba da se obezbedi trajna montaža, i potpuno fiksiranje konstrukcije.

### 6.6.1. Realizacija električnog napajanja

Po pitanju električnog napajanja KDUS, ovo tehničko rešenje predviđa da se realizuje iz elektro-distributivne mreže, 3 x 400/231 V, 50 Hz, pri čemu se priključenje realizuje preko posebnog elektro ormara (koji se montira na lokaciji), ili iz postojećeg razvodnog ormara u objektu. Potrošnja merne opreme, računarske opreme i komunikacione opreme je manja od 500 W. Troškovi električne energije treba da ulaze u zakup lokacije.

Ako se priključenje realizuje preko posebnog elektro-ormana, orman mora da zadovolji nivo mehaničke zaštite IP41, postavlja se u blizini postojećeg elektro-ormana u objektu, pri čemu se u okviru ormana mora predvideti automatski prekidač od 16 A za priključenje kabla za napajanje kućišta i prenaponsku zaštitu. Elektro-orman mora biti obezbeđen ključem.

Ako se priključenje realizuje iz postojećeg razvodnog ormana na lokaciji, oprema predviđena za ugradnju u prethodno opisan poseban elektro-orman, ugrađuje se u postojeći.

Priključno mesto i kućište za smeštaj opreme se povezuju kablom, u skladu sa važećim propisima i normativima, uz poštovanje uslova zaštite kabla i pada napona, pri čemu se kabl u objektu polaže po plastičnim kanalicama ili u zidovima. Za vođenje kabla van objekta, kabl se polaže u giblivo PVC crevo predviđeno za spoljnu montažu, a potom u metalne kanalice.

**REFERENCE**

- [6-1] *Recommendation ITU-R SM.2139-0 (08/2021), Test procedure for determining the accuracy of TDOA systems*, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>
- [6-2] *Report ITU-Report SM 2211-2, Comparison of time-difference-of-arrival and angle-of-arrival methods of signal geolocation*, ITU (International Telecommunication Union), 2018. godine, <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM>
- [6-3] *ITU Handbook on Spectrum Monitoring*, ITU (International Telecommunication Union), 2011. godine, <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23>
- [6-4] *Recommendation ITU-R SM 2356-2, Procedures for planning and optimization of spectrum-monitoring networks in the VHF/UHF frequency range*, ITU (International Telecommunication Union), 2018. godine, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>
- [6-5] *Recommendation ITU-R SM.2039-0 (08/2013), Spectrum monitoring evolution*, ITU (International Telecommunication Union), 2018. godine, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>
- [6-6] *Recommendation ITU-R SM 575-3, Protection of fixed monitoring stations against interference from nearby or strong transmitters*, ITU (International Telecommunication Union), 2021. godine, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>

## 7. NEOPHODNI LJUDSKI RESURSI I OBUKA

### 7.1. NEOPHODNI LJUDSKI RESURSI

Za uspešnu izgradnju, nesmetan rad i održavanje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, koji predstavlja predmet ove Studije, potrebno je obezbediti kvalitetno i profesionalno osoblje koje može da obavi sve neophodne poslove i izvrši sve radne zadatke. Potrebni kadrovski resursi podrazumevaju dovoljan broj stručno osposobljenih zaposlenih u Službi za kontrolu RATEL-a (zaposlenih u KMC Beograd i KMC Niš), kao i Grupi za izgradnju i održavanje RATEL-a, koji će biti angažovani u procesu izgradnje, eksploatacije, daljeg unapređenja i održavanja mreža KDUS. U ovom poglavlju, dat je predlog neophodnih ljudskih resursa koje agencija RATEL mora da poseduje za potrebe izgradnje, nesmetanog rada i održavanja sistema, kao i obuke koje treba sprovesti u cilju kadrovskog osposobljavanja trenutno zaposlenih, kao i lica koja će biti angažovana u sklopu realizacije projekta izgradnje predmetnog sistema.

Kao što je to navedeno u glavi 4, u KMC Beograd i KMC Niš, trenutno se ukupno 9 zaposlenih aktivno bavi kontrolom korišćenja RF spektra primenom postojećeg sistema za monitoring RF spektra sa 20 fiksnih lokacija (2 KMC i 18 DUKMS). Tokom 2022. godine biće završena još 4 DUKMS, a u narednom periodu će u rad biti pušteno još nekoliko fiksnih stanica ovog tipa. U skladu sa navedenim, može se zaključiti da Služba za kontrolu RATEL-a trenutno nema dovoljne kadrovske potencijale da u potpunosti isprati realizaciju pilot projekta (koji se predviđa u prvoj fazi izgradnje), kao ni kasniju izgradnju, konfiguraciju, puštanje u rad i svakodnevnu eksploataciju sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

Iz navedenih razloga, neophodno je da se ova služba dodatno pojača u kadrovskom smislu. U tom pogledu, za obavljanje tehničkog dela poslova i radnih zadataka, vezanih za izgradnju, konfiguraciju i kasniji operativni rad sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, predlaže se **angažovanje 2 stalno zaposlena diplomirana inženjera sa punim radnim vremenom**, i to jednog u KMC Beograd, a drugog u KMC Niš. Angažovanje dva navedena člana tehničkog osoblja bilo bi vezano isključivo za rad na sistemu koji je predmet ovog projekta i uglavnom bi se odnosilo na sledeće aktivnosti:

- nadzor postupka instalacije KDUS pri izgradnji sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama;
- puštanje KDUS u operativni rad i njihovo konfigurisanje;
- operativni rad na mrežama KDUS stanica;
- aktivnosti na daljem unapređenju rada i primeni sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kroz analizu postignutih rezultata merenja i usavršavanje mernih procedura i protokola, kao i metoda obrade dobijenih rezultata;

- rad na terenu;
- planiranje primene, periodično ili po potrebi, i postavljanje prenosnih KDUS (PKDUS), kao i upravljanje njihovim radom i analiza dobijenih rezultata primene;
- održavanje KDUS i PKDUS kao delova izgrađenog sistema;
- sprovođenje mernih kampanja korišćenjem KDUS i PKDUS, odnosno korišćenjem postojećih mernih vozila koja se koriste kao sastavni deo integrisanog sistema za monitoring RF spektra (uz obradu rezultata);
- operativni rad sa centralnim softverom za daljinsko upravljanje sa KDUS, odnosno razvoj automatskih procedura za potrebe operativnog izvođenja postavljenih zadataka u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao i integralnog sistema za monitoring RF spektra;
- rad sa bazom podataka u koju se smeštaju rezultati merenja;
- kao i sve druge aktivnosti neophodne za operativan rad i primenu predmetnog sistema.

Dodatno, smatra se da angažovanje 2 zaposlena (diplomirana inženjera) treba obaviti na početku projekta kako bi od samog početka mogli da prođu neophodnu obuku, kao i da aktivno učestvuju u izgradnji i konfiguraciji sistema, tj. kako bi se što pre i što bolje osposobili za kasniji rad na ovim sistemima. Nakon izgradnje sistema, kada počne njegova eksploatacija, treba ponovo proceniti da li postoji potreba za angažovanjem dodatnih izvršilaca na poslovima kontrole korišćenja RF spektra.

Izgradnja predmetnog sistema, posebno uzimajući u obzir relativno veliki broj lokacija (72 lokacije), pri čemu se ne koriste lokacije postojećih ili planiranih DUKMS za monitoring RF spektra, zahteva značajno angažovanje zaposlenih u RATEL-u na aktivnostima vezanim za izbor, ugovaranje i uređenje lokacija, ali i kasnijeg održavanja mreže KDUS. Pri tome, za radove vezane za postavljanje i montažu antenskog sistema, opreme i uređaja KDUS, kao i pratećih instalacija, odnosno za izradu prateće dokumentacije i ostale radove predviđena su odgovarajuća sredstva u okviru predmeta i predračuna (glava 8).

Kada je u pitanju sam proces izgradnje i kasnijeg održavanja predmetnog sistema, ovim poslovima se u okviru RATEL-a pretežno bavi Grupa za izgradnju i održavanje, koja trenutno raspolaže sa 5 zaposlenih. Ova grupa se, uz druge poslove, bavi izgradnjom i održavanjem celokupne mreže DUKMS, kao i mreže senzora za merenje nejonizujućeg zračenja koja se kontinualno širi (trenutno obuhvata preko sto lokacija). Imajući u vidu da Grupa za izgradnju i održavanje, na osnovu smernica koje dobije od Službe za kontrolu, treba da izvede akviziciju lokacija za postavljanje KDUS, montažu ovih stanica i njihovo održavanje, neophodno je dodatno kadrovski ojačati ovu organizacionu jedinicu. U tom smislu, neophodno je već na samom početku projekta, tj. već od početka izvođenja pilot projekta izgradnje mreže KDUS u Novom Sadu, angažovati **najmanje jednog kvalifikovanog izvršioca (diplomiranog inženjera) sa punim radnim vremenom**, koji treba aktivno da se uključi u celokupan posao izbora, akvizicije, pripreme i montaže KDUS, kao i u njihovo kasnije održavanje.

Nakon završetka prve faze projekta (u drugoj godini), predlaže se **angažovanje dodatnog zaposlenog sa punim radnim vremenom u Grupi za izgradnju i održavanje, i to sa srednjom stručnom spremom**, koji bi prethodno bio anagažovan na poslovima održavanja mreže KDUS, ali i mreže DUKMS i mreže senzora za merenje nejonizujućeg zračenja.

U nastavku ovog poglavlja biće dat predlog obuka, prvenstveno namenjen osoblju koje se bavi tehničkim poslovima vezanim za implementaciju, razvoj i rad predmetnog sistema. Za tehničko osoblje neophodno je obezbediti resurse za rad (računari i oprema), kao i radni



prostor. Predlaže se da se obezbedi radni prostor od 15 m<sup>2</sup> za dva člana tehničkog osoblja u Službi za kontrolu, kao i za smeštaj njihove radne opreme. Isto važi i za novozaposlene u Grupi za izgradnju i održavanje.

Takođe, pored tehničkog osoblja, za sprovođenje poslova i radnih zadataka, prvenstveno iz pravne i finansijske oblasti, neophodno je obezbediti odgovarajuće ljudske resurse iz postojećeg sastava RATEL-a. S obzirom na obim ovih poslova, nije neophodno da ovaj kadar bude u potpunosti posvećen poslovima vezanim za izgradnju i rad sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, već može da ih obavlja uz druge poslove u okviru RATEL-a. Predlaže se angažovanje diplomiranog pravnika za pravna pitanja (5% ukupnog radnog vremena), diplomiranog ekonomiste za poslove nabavke i vođenja finansija (10% ukupnog radnog vremena) i marketing menadžera za poslove vezane za marketing projekta i marketing pojedinačnih mernih kampanja (15% ukupnog radnog vremena).

## **7.2. PREDLOG OBUKA ZA ZAPOSLENE KOJI RADE NA SISTEMU**

Zaposleni koji rade na sistemu koji je predmet ove Studije treba da budu osposobljeni da kvalitetno i profesionalno obavljaju sve poslove neophodne za nesmetan rad sistema. Pri tome, osposobljavanje zaposlenih za rad na sistemu treba da se sprovede kroz namenske obuke. Ovim obukama potrebno je obuhvatiti osnovna teorijska znanja vezana za sisteme za monitoring RF spektra, način funkcionisanja KDUS i celog sistema, kao i rad na terenu. Pored toga, potrebno je posebno naglasiti važnost kontinualnog usavršavanja, s obzirom na stalni napredak u domenu novih saznanja vezanih za kontrolu korišćenja RF spektra, kao i na sam značaj ove tematike u praksi. Iz tog razloga predlažu se sledeće obuke za zaposlene koji treba da rade na sistemu:

- obuka za operativni rad na mreži KDUS (tehnički aspekt), odnosno sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama. Predlaže se obuka od 12 zaposlenih (3 dodatna angažovana zaposlena kao i 9 zaposlenih koji su trenutno angažovani za rad u postojećem sistemu za monitoring RF spektra, a biće uključeni i u rad sa planiranim sistemom),
- obuka za rad na terenu (praktičan rad),
- stručna usavršavanja u oblasti nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra.

### **7.2.1. Obuka za operativni rad sa KDUS u okviru sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama**

Obuka za operativni rad treba da omogući zaposlenima sticanje znanja koja su neophodna za planiranje, implementaciju, konfiguraciju, puštanje u rad i održavanje predmetnog sistema. Ove obuke se mogu podeliti u dve grupe: obuke vezane za KDUS i njihov rad, i obuke vezane za rad sa centralnim softverom.

Oblasti koje obuke vezane za mrežu KDUS i njihov rad treba da obuhvate su:

- principi rada i postupci instalacije svih tipova merne opreme u mreži,
- puštanje KDUS u operativni rad i način konfigurisanja,
- instaliranje i puštanje u operativni rad prenosivih KDUS (PKDUS),
- procedure za održavanje svih tipova merne opreme u sistemu, i
- sprovođenje mernih kampanja korišćenjem PKDUS (i obrada rezultata).

Navedene obuke ovog tipa mogu da sprovede kompanije isporučioici merne opreme i specijalizovane naučno-stručne institucije sa iskustvom u oblasti monitoringa RF spektra, odnosno primeni tehnika geolokacije, kao i iz oblasti metoda za njihovo merenje. Dodatno, jedan deo navedenih obuka može da se sprovede i interno unutar organizacije Naručioca, korišćenjem dostupnih priručnika za korišćenje i održavanje opreme, odnosno softvera.

Obuke vezane za rad sa centralnim softverom treba da obuhvate sledeće oblasti:

- obuka za rad sa centralnim softverom,
- rad sa bazom podataka u koju se smeštaju rezultati merenja,
- dodavanje nove KDUS u sistem za prikazivanje rezultata merenja,
- prikazivanje, odnosno način prezentovanja, rezultata mernih kampanja, i
- osnove principa rada neophodne za operativni rad sa okruženjem na kojem je softver implementiran.

Obuke vezane za rad sa centralnim softverom treba da budu uključene u nabavku softvera i treba da ih sprovede kompanija koja je razvila softver.

### **7.2.2. Obuka za rad na terenu**

S obzirom da se u fazi projektovanja, implementacije i održavanja sistema očekuje da zaposleni deo aktivnosti sprovede na terenu, neophodno je da prođu osnovnu obuku koja će im omogućiti siguran i bezbedan rad. Prvenstveno, očekuje se da će zaposleni obilaziti lokacije na kojima će se postavljati ili su već postavljene merne stanice, a koje mogu biti na velikoj visini (npr. krovovi objekata, antenski stubovi i sl.), kao i lokacije na kojima već postoje izgrađeni radio predajnici. Iz tih razloga, obuka za rad na terenu treba da obuhvati:

- stručno osposobljavanje za bezbedan rad na visini, i
- stručno osposobljavanje u pogledu zaštite od nejonizujućih zračenja.

Navedene obuke ovog tipa treba da sprovede specijalizovane institucije sa iskustvom iz oblasti rada na visini i zaštite od nejonizujućih zračenja.

### **7.2.3. Stručno usavršavanje**

S obzirom na veoma dinamičan razvoj telekomunikacionih sistema, kao i potrebu da zaposleni na sistemu kontinuirano prate dešavanja u oblasti nadgledanja i kontrole RF spektra, neophodno je sprovoditi neprekidno stručno usavršavanje, koje će zaposlenima omogućiti uvid u savremena dešavanja u navedenim oblastima. Iz tog razloga, predlaže se da zaposleni za rad na sistemu učestvuju na relevantnim naučno-stručnim konferencijama ili specijalističkim *workshop*-ovima iz oblasti upravljanja i kontrole korišćenja RF sprektrom, i to: jednom godišnje na domaćem skupu i jednom godišnje na međunarodnom skupu. Pored toga, predlaže se kontinuirana saradnja i razmena znanja sa korisnicima sličnih sistema za monitoring RF spektra, i to putem elektronske komunikacije.

## **7.3. ANALIZA POTREBE IZRADE AKTA O PROCENI RIZIKA NA RADNOM MESTU**

U fazi projektovanja i akvizicije lokacija, kao i implementacije i održavanja mreže KDUS, deo aktivnosti zaposlenih mora da se sprovede na terenu. Ovo se prvenstveno odnosi

na dva navedena člana tehničkog osoblja u Službi za kontrolu, ali i dva izvršioca koje bi trebalo angažovati u Grupi za izgradnju i održavanje. Sa jedne strane, očekuje se da će zaposleni obilaziti lokacije na kojim će se postavljati ili su već postavljene merne stanice, a koje mogu biti na velikoj visini (npr. krovovi objekata, antenski stubovi i sl.). Sa druge strane, za potrebe ispitivanja i izbora lokacija koje su od interesa za izgradnju sistema za monitoring RF spektra, može se očekivati i postojanje radio-predajnika (u neposrednoj blizini). To dovodi do potrebe za sprovođenjem radnih zadataka na visini, kao i u okruženjima sa eventualnim povišenim nivoima nejonizujućih zračenja.

Iz tih razloga, neophodna je izrada akta o proceni rizika na radnom mestu za osoblje koje će biti angažovano na poslovima u vezi sa mrežom KDUS, odnosno sistema za monitoring RF zračenja u urbanim sredinama.

## 8. PROCENA FINANSIJSKIH TROŠKOVA

### 8.1. PREDMER I PREDRAČUN

Planirano je da se budući sistem za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, kao deo integrisanog sistema za monitoring RF spektra na teritoriji Republike Srbije, realizuje u 3 faze, pri čemu je predviđeno trajanje svake od faza 12 meseci (ukupno 3 godine).

Prva faza realizacije sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama obuhvata:

- nabavku i instalaciju 30 kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (KDUS), sa realizacijom pilot projekta sa 3 KDUS stanice na teritoriji grada Novog Sada;
- obuku za instaliranje i puštanje KDUS stanica u operativni rad;
- obuku osoblja za rad na terenu;
- obuku za operativni rad sa sistemom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama i kompaktnim daljinski upravljanim mernim stanicama (KDUS);
- izradu akta o proceni rizika na radnom mestu;
- nabavku potrebnih računara (2 *laptop* računara za potrebe osoblja koje će raditi na sistemu – Služba za kontrolu RATEL-a, 1 *laptop* računar za potrebe osoblja koje će raditi na izgradnji i održavanju sistema – Grupa za izgradnju i održavanje RATEL-a);

U okviru ove faze realizacije neophodno je da se steknu osnovna znanja iz domena nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, da se realizuje pilot projekat, i da se steknu iskustva u radu sa KDUS stanicama i centralnim softverom za kontrolu rada sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama.

U okviru druge faze sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama planirano je:

- proširenje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama kroz nabavku i instalaciju novih 25 kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica - KDUS;
- nabavku potrebnih računara (1 *laptop* računar za potrebe osoblja koje će raditi na održavanju sistema – Grupa za izgradnju i održavanje RATEL-a, i 1 dodatni *laptop* računar namenjen za terenski rad za potrebe Službe za kontrolu pri operativnoj primeni sistema);

Treća faza realizacije predmetnog sistema podrazumeva:

- proširenje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama kroz nabavku i instalaciju novih 17 kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica - KDUS;
- nabavku 2 prenosive kompaktne daljinski upravljane merne stanice (PKDUS) – po jedna za KMC Beograd i KMC Niš.

U nastavku je dat pregled obima odgovarajućih troškova izgradnje predmetnog sistema u sve tri faze realizacije, uključujući i pregled troškova koji prate životni vek sistema.

Tabela 8.1 - Pregled obima kapitalnih ulaganja (CAPEX - *Capital Expenditure*) po fazama I-III izgradnje budućeg sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama

R.BR	SREDSTVO	OBIM ULAGANJA FAZA I	OBIM ULAGANJA FAZA II	OBIM ULAGANJA FAZA III	UKUPNO	JEDINIČNA CENA [EVRO]
1.	Kompaktna daljinski upravljana merna stanica - KDUS	30	25	17	72	59000
2.	Prenosiva kompaktna daljinski upravljana merna stanica – PKDUS, sa pripadajućom opremom, PC <i>laptopom</i> , GPS-om, 4G-LTE AP			2	2	65000
3.	Instalacija kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica - KDUS (akvizicija lokacija, izrada tehničke dokumentacije, usluga vađenja dozvola, dozvole i saglasnosi, tehnička kontrola dokumentacije, izgradnja i opremanje lokacije, stručni nadzor izgradnje, tehnički pregled izgrađene lokacije)	30	25	17	72	3700
4.	Obuka za instaliranje i puštanje KDUS u operativni rad	4			4	600
5.	Obuka za operativni rad sa sistemom za monitoring RF spektra u urbanim sredinama i sa KDUS/PKDUS (rad sa softverskim modulima, proširenja sistema...)	12			12	1000
6.	Obuka osoblja za rad na terenu (rad na visini i zaštita od nejonizujućih zračenja)	3	1		4	500
7.	PC <i>laptop</i> za personal (zavisno od broja zaposlenih + jedan za rad na terenu)	3	1+1		5	1000
8.	Izrada akta o proceni rizika na radnom mestu za zaposlene	1			1	2000

Tabela 8.2 - Pregled kategorija operativnih troškova (OPEX - *Operating Expenses*) održavanja i iznosi troškova određene kategorije za zadatak jedinicu mere budućeg sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Republici Srbiji

R.BR	TROŠAK	KOLIČINA	IZNOS TROŠKA PO JEDINICI MERE [EVRO]	JEDINICA MERE
1.	Plate zaposlenih – diplomirani inženjeri + srednja stručna sprema (bruto mesečna cena po zaposlenom)	3 + 1	1500 + 1100	Bruto iznos / po zaposlenom za 1 radni mesec
2.	Trošak postavljanja prenosive kompaktne daljinski upravljane merne stanice - PKUDS (akvizicija lokacija, skidanje opreme sa postojeće lokacije, uređenje i opremanje lokacije, instalacija opreme)	2 PKUDS x 3 puta godišnje (postavljaju se po potrebi za rad u trajanju od 2-3 meseca)	2500	Procenjeni trošak po stavljanju jednog KUDS
3.	Troškovi održavanja kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica (KUDS) i prenosivih KDUS i popravki izvan domena obuhvaćenog garancijom (3% cene mernih stanica: KUDS i PKUDS)	72+2 (KUDS + PKUDS)	1770 + 1950 (KUDS + PKUDS)	Procenjeni trošak /po 1 mernoj stanici /po 1 kalendarskoj godini
4.	Učestvovanje zaposlenih na konferencijama i seminarima (u zemlji 500, a u inostranstvu 2500)	2+2 godišnje	500 + 2500	Cena po zaposlenom /po 1 konferenciji
5.	Troškovi osiguranja mernih stanica KDUS i PKDUS od požara, krađe, izliva i poplava i pritiska snega za period do 12 meseci (1.5% ukupne nabavne cene stanice)	72 + 2 (KUDS + PKUDS)	885 + 975 (KUDS + PKUDS)	Procenjeni trošak/po 1 mernoj stanici /po 1 kalendarskoj godini
6.	Troškovi zakupa lokacija za KDUS (uključujući troškove napajanja električnom energijom)	72	960	Procenjeni trošak /po 1 KDUS /po 1 kalendarskoj godini

R.BR	TROŠAK	KOLIČINA	IZNOS TROŠKA PO JEDINICI MERE [EVRO]	JEDINICA MERE
7.	Telekomunikacioni troškovi (zasnivanje komunikacione veze kapaciteta 2Mb/s korišćenjem L3VPN servisa i IPsec VPN, aktivacije SIM kartice)	72 (L3VPN) 72 + 2 (SIM kartice)	200 (72 KDUS) 20 (74KDUS i PKDUS)	Procenjeni trošak /po 1 KDUS ili PKDUS (jednokratno)
8.	Telekomunikacioni troškovi (mesečna naknada za komunikacione veze kapaciteta 2Mb/s korišćenjem L3VPN servisa i IPsec, mesečna naknada za SIM kartice)	72 72 + 2	50 (72 KDUS) 10 (74KDUS i PKDUS)	Procenjeni mesečni trošak /po 1 KDUS/PKDUS za 1 kalendarski mesec
9.	Kalibracija (etaloniranje) KDUS i PKDUS (jednom u 5 godina)	74	1000	Procenjeni trošak/po 1 KDUS/PKDUS na 5 godina



Tabela 8.3 - Pregled kapitalnih ulaganja (CAPEX - *Capital Expenditure*) izgradnje budućeg sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Republici Srbiji prikazanih po fazama implementacije i po odgovarajućim sredstvima

Redni broj	O P I S	Godina br. 1 (Faza I)	Godina br. 2 (Faza II)	Godina br. 3 (Faza III)	Ukupno za godine br. 1-3 (Faze I-III)
	<b>TIP OPREME (I)</b>	<b>UKUPNA ULAGANJA U SPECIJALIZOVANU TELEKOMUNIKACIONU OPREMU</b>			
1.	Kompaktna daljinski upravljana merna stanica (KDUS)	1.770.000,00	1.475.000,00	1.003.000,00	4.248.000,00
2.	Prenosiva kompaktna daljinski upravljana merna stanica (PKDUS)	0,00	0,00	130.000,00	130.000,00
3.	Instalacija kompaktnih daljinski upravljanih mernih stanica - KDUS (akvizicija lokacija, izrada tehničke dokumentacije, usluga vađenja dozvola, dozvole i saglasnosi, tehnička kontrola dokumentacije, izgradnja i opremanje lokacije, stručni nadzor izgradnje, tehnički pregled izgrađene lokacije)	111.000,00	92.500,00	62.900,00	266.400,00
SS (I)	<b>UKUPNA ULAGANJA U TRAJNA SREDSTVA (I)</b>	<b>1.881.000,00</b>	<b>1.567.500,00</b>	<b>1.195.900,00</b>	<b>4.644.400,00</b>
	<b>TIP OPREME (II)</b>	<b>UKUPNA ULAGANJA U RAČUNARSKU OPREMU (STALNA SREDSTVA II)</b>			
6..	PC laptop-ovi za personal i rad na terenu	3.000,00	2000,00	0,00	5000,00
SS (II)	<b>UKUPNA ULAGANJA U STALNA SREDSTVA (II)</b>	<b>3.000,00</b>	<b>2000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>5.000,00</b>
SS (I+II)	<b>UKUPNA ULAGANJA U STALNA SREDSTVA (I+II)</b>	<b>1.884.000,00</b>	<b>1.569.500,00</b>	<b>1.195.900,00</b>	<b>4.649.400,00</b>
	<b>TIP ULAGANJA (III)</b>	<b>UKUPNA ULAGANJA U LJUDSKE RESURSE (LJR III)</b>			
7.	Izrada akta o proceni rizika na radnom mestu za zaposlene	2.000,00	0,00	0,00	2.000,00

Redni broj	O P I S	Godina br. 1 (Faza I)	Godina br. 2 (Faza II)	Godina br. 3 (Faza III)	Ukupno za godine br. 1-3 (Faze I-III)
8.	Obuka 4 člana osoblja za instaliranje i puštanje KDUS u operativni rad	2.400,00	0,00	0,00	2.400,00
9.	Obuka 6+6 članova osoblja za operativni rad za sistem za monitoring RF spektra u urbanim sredinama i sa KDUS/PKDUS (rad sa softverskim modulima, proširenja sistema, ...)	12000,00	0,00	0,00	12000,00
10.	Obuka 4 člana osoblja za rad na terenu (rad na visini i zaštita od nejonizujućih zračenja)	1.500,00	500,00	0,00	2.000,00
LJR (III)	<b>UKUPNA ULAGANJA U LJUDSKE RESURSE (III)</b>	<b>17.900,00</b>	<b>500,00</b>	<b>0,00</b>	<b>18.400,00</b>
I+II+III	<b>UKUPNA KAPITALNA ULAGANJA</b>	<b>1.901.900,00</b>	<b>1.570.000,00</b>	<b>1.195.900,00</b>	<b>4.667.800,00</b>

**NAPOMENE:** \*Za pregled kapitalnih ulaganja izraženih u novčanoj valuti [RSD] potrebno je gore prikazane novčane vrednosti pomnožiti faktorom konverzije K ( $1\text{EUR}=K*\text{RSD}$ ) u skladu sa zvaničnim srednjim kursom NBS na dan razmatranja.

\*\*Prikazani CAPEX uključuje troškove carine (tarifna stopa 15%), kao i PDV (20%).

Tabela 8.4 - Pregled svih operativnih troškova (OPEX - *Operating Expenses*) održavanja budućeg sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u Republici Srbiji projektovanih na budući desetogodišnji period

Redni broj	O P I S	Godina br. 1	Godina br. 2	Godina br. 3	Godina br. 4	Godina br. 5	Godina br. 6	Godina d br. 7	Godina br. 8	Godina br. 9	Godina br. 10
	<b>TIP TROŠKOVA (I)</b>	<b>DIREKTNI OPERATIVNI VARIJABILNI PROIZVODNI TROŠKOVI (KOJI SE ODNOSE NA KDUS i PKDUS)</b>									
1.	<b>Troškovi zakupa lokacije za instalirane KDUS</b> (uključujući troškove napajanja električnom energijom)	28.800,00	52.800,00	69.120,00	69.120,00	69.120,00	69.120,00	69.120,00	69.120,00	69.120,00	69.120,00
2.	<b>Troškovi održavanja KDUS i PKDUS, i popravki izvan domena obuhvaćenog garancijom</b> (3% od vrednosti opreme )	53.100,00	97.350,00	131.340,00	131.340,00	131.340,00	131.340,00	131.340,00	131.340,00	131.340,00	131.340,00
3.	<b>Trošak postavljanja PKUDS</b> (skidanje opreme sa postojeće i premeštanje na novu lokaciju, dodatni troškovi vezane za zakup lokacije, administrativne dozvole i potrebnu dokumentaciju) (2 x 3 = 6 puta godišnje)	0,00	0,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00
<b>DOVT I</b>	<b>UKUPNI DIREKTNI OPERATIVNI VARIJABILNI TROŠKOVI (I)</b>	<b>81.900,00</b>	<b>150.150,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>	<b>215.460,00</b>

Redni broj	O P I S	Godina br. 1	Godina br. 2	Godina br. 3	Godina br. 4	Godina br. 5	Godina br. 6	Godina d br. 7	Godina br. 8	Godina br. 9	Godina br. 10
	<b>TIP TROŠKOVA (II)</b>	<b>DIREKTNI NEMATERIJALNI VARIJABILNI TROŠKOVI (KOJI SE ODNOSE NA KUDS i PKUDS STANICE)</b>									
4.	<b>Telekomunikacioni troškovi</b> (zasnivanje komunikacione veze kapaciteta 2Mb/s korišćenjem L3VPN, aktivacije SIM kartica)	6.000,00	5.000,00	3.780,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.	<b>Telekomunikacioni troškovi</b> (mesečna naknada za komunikacione veze kapaciteta 2Mb/s korišćenjem L3VPN servisa i IPsec, mesečna naknada za SIM kartice)	21.600,00	39.600,00	52.080,00	52.080,00	52.080,00	52.080,00	52.080,00	52.080,00	52.080,00	52.080,00
6.	<b>Kalibracija (etaloniranje) KDUS i PKDUS</b> (jednom u 5 godina, stanice su inicijalno kalibrisane pri nabavci)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.000,00	25.000,00	19.000,00	0,00	0,00
7.	<b>Troškovi osiguranja opreme od požara, krađe, izliva i poplava i pritiska snega za period do 12 meseci</b> (1.5% od vrednosti opreme)	26.550,00	48.675,00	65.670,00	65.670,00	65.670,00	65.670,00	65.670,00	65.670,00	65.670,00	65.670,00
<b>DNMVT II</b>	<b>UKUPNI DIREKTNI NEMATERIJALNI VARIJABILNI TROŠKOVI (II)</b>	<b>54.750,00</b>	<b>93.775,00</b>	<b>121.530,00</b>	<b>117.750,00</b>	<b>117.750,00</b>	<b>147.750,00</b>	<b>142.750,00</b>	<b>136.750,00</b>	<b>117.750,00</b>	<b>117.750,00</b>

Redni broj	O P I S	Godina br. 1	Godina br. 2	Godina br. 3	Godina br. 4	Godina br. 5	Godina br. 6	Godina d br. 7	Godina br. 8	Godina br. 9	Godina br. 10
	<b>TIP TROŠKOVA (III)</b>	<b>INDIREKTNI OPERATIVNI FIKSNI TROŠKOVI</b>									
8.	<b>Ostali operativni troškovi</b> (troškovi štampe, kancelarijski materijal, dodatni troškovi struje i telefona, itd.)	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
<b>IOFT III</b>	<b>UKUPNI INDIREKTNI OPERATIVNI FIKSNI TROŠKOVI (III)</b>	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
	<b>TIP TROŠKOVA (IV)</b>	<b>INDIREKTNI FIKSNI TROŠKOVI MARKETINGA I PERSONALA</b>									
9.	<b>Bruto novčani iznos plata personala</b> (projektovano na 3+1 zaposlena, namenski angažovana za potrebe sistema monitoringa RF spektra u urbanim sredinama)	54.000,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00	67.200,00
10.	<b>Učestvovanje zaposlenih na domaćim i međunarodnim stručnim skupovima</b>	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00	6.000,00
<b>IFTMP IV</b>	<b>UKUPNI INDIREKTNI FIKSNI TROŠKOVI MARKETINGA I PERSONALA (IV)</b>	60.000,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00	73.200,00
<b>UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI PRE AMORTIZACIJE</b>											
<b>I+II+III+IV</b>	<b>UKUPNO:</b>	197.850,00	318.325,00	411.390,00	407.610,00	407.610,00	437.610,00	432.610,00	426.610,00	407.610,00	407.610,00

Redni broj	O P I S	Godina br. 1	Godina br. 2	Godina br. 3	Godina br. 4	Godina br. 5	Godina br. 6	Godina d br. 7	Godina br. 8	Godina br. 9	Godina br. 10
	<b>TIP TROŠKOVA (V)</b>	<b>TROŠKOVI AMORTIZACIJE STALNIH SREDSTAVA</b>									
11.	Troškovi amortizacije KDUS i PKDUS(10%)	177.000,00	324.500,00	437.800,00	437.800,00	437.800,00	437.800,00	437.800,00	437.800,00	437.800,00	437.800,00
12.	Troškovi amortizacije računarske opreme (30%)	9600,00	1500,00	1500,00	900,00	200,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TA V</b>	<b>UKUPNI TROŠKOVI AMORTIZACIJE (V)</b>	<b>177.900,00</b>	<b>326.000,00</b>	<b>439.300,00</b>	<b>438.700,00</b>	<b>438.000,00</b>	<b>437.800,00</b>	<b>437.800,00</b>	<b>437.800,00</b>	<b>437.800,00</b>	<b>437.800,00</b>
<b>UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI NAKON AMORTIZACIJE</b>											
<b>I+II+III+IV+V</b>	<b>UKUPNO:</b>	<b>375.750,00</b>	<b>644.325,00</b>	<b>850.690,00</b>	<b>846.310,00</b>	<b>845.610,00</b>	<b>875.410,00</b>	<b>870.410,00</b>	<b>864.410,00</b>	<b>845.410,00</b>	<b>845.410,00</b>

**NAPOMENE:** \*Za pregled kapitalnih ulaganja izraženih u novčanoj valuti [RSD] potrebno je gore prikazane novčane vrednosti pomnožiti faktorom konverzije K ( $1\text{EUR}=K*\text{RSD}$ ) u skladu sa zvaničnim srednjim kursom NBS na dan razmatranja.

\*\*Prikazani CAPEX uključuje troškove carine (tarifna stopa 15%), kao i PDV (20%).

## **8.2. PROCENA VREDNOSTI I OPRAVDANOSTI PROJEKTA IZGRADNJE SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA U URBANIM SREDINAMA NA BAZI KOMPAKTNIH DALJINSKI UPRAVLJANIH MERNIH STANICA**

Izgradnja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama predstavlja proširenje postojećeg sistema za monitoring RF spektra u Republici Srbiji, koje će u znatnoj meri povećati infrastrukturne, kadrovske i tehničke mogućnosti agencije RATEL za obavljanje jednog od svojih najbitnijih zadataka. Ovaj projekat predstavlja neprofitni investicioni projekat u strateški sistem koji ima za cilj da obezbedi osnovu za uspešno nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra u budućnosti, što je neophodan element sistema za uspešno upravljanje RF spektrom.

Osim razvoja sistema neophodnog za dalji uspešan rad RATEL-a u domenu nadgledanja i kontrole RF spektra, a posledično upravljanja spektrom, ovaj projekat predvideo je značajna ulaganja u edukaciju zaposlenih iz relevantnih stručnih domena. Ovde razmatrani projekat izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama pripada grupi projekata čiji je strateški cilj omogućavanje daljeg razvoja u pravcu digitalizacije društva, što je jedan od prioriteta investicionih ulaganja Evropske zajednice i mnogobrojnih institucija u tim zemljama. Program projekta podrazumeva promovisanje agencije RATEL kao i njenog angažmana u ovom strateškom domenu, i ulaganja u saradnju sa međunarodnim institucijama i praćenje najsavremenijih standarda iz ove oblasti. Suština projekta podrazumeva aktivno učešće agencije RATEL u ovom procesu i njeno puno angažovanje u ovom strateškom domenu, a sve u skladu sa zakonskim obavezama RATEL-a.

Realizacija sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama posredno može da obezbedi velike uštede, odnosno velike prihode državi Srbiji. Kao što je već dobro poznato, radio-frekvencijski resursi imaju vrlo značajnu finansijsku vrednost. Kada se ovi radio-frekvencijski resursi prodaju na nedirigovanim dobro organizovanim aukcijama (što je praktično pravilo u svim zamljama Evrope i Severne Amerike), cena prava korišćenja pojedinačnih frekvencijskih blokova može dostići veoma veliku vrednost. Kada na jednoj takvoj aukciji, neki od ponuđenih frekvencijski blokova ostane neprodat, to za državu predstavlja relativno veliki finansijski gubitak. Primera radi, na aukciji spektra održanoj u regionu, Crna Gora, i pored veoma velikog interesovanja telekomunikacionih operatora za frekvencijski opseg 2 GHz, jedan frekvencijski blok širine 2 x 5 MHz u opsegu 2 GHz ostao je neprodat zbog smetnji koje neovlašćeno uzrokuju predajnici bez dozvole za emitovanje na pojedinim delovima teritorije Crne Gore (Crna Gora u tom trenutku nažalost nije imala adekvatan sistem za kvalitetan monitoring RF spektra). Postignuta cena na aukciji za jedan frekvencijski blok širine 2 x 5 MHz u opsegu 2 GHz je bila značajno preko 700.000 evra. Ako se u vidu ima činjenica da je država Crna Gora manja (kako u populacionom tako i u finansijskom smislu) približno 11 puta od države Srbije (i egzistira u približno istim tržišnim uslovima), posmatrano sa stanovišta Republike Srbije to je ekvivalentan gubitak od preko 8.000.000 evra za samo jedan frekvencijski blok. Na ovom mestu posebno treba primetiti da je ova vrednost značajno veća od predviđenih ukupnih investicija u celokupnu mrežu za monitoring RF spektra u urbanim sredinama koja je predmet ove Studije (i to samo za jedan neprodani frekvencijski blok). Čak i situacijama kada se frekvencijski spektar ne prodaje na pravim aukcijama, prethodno pokazane cene ukazuju na red veličine gubitaka koje operatori (a posredno i korisnici i država) imaju zbog predajnika koji rade bez adekvatne dozvole u nepropisanim radio-frekvencijskim opsezima. Na osnovu svega navedenog, jasno se vidi kako

društvena tako i značajna finansijska opravdanost izgradnje sistema koji je predmet ove Studije.

Efikasno vođenje projekta izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanism sredina, i njegova uspešna primena u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, doprineće ugledu agencije RATEL u javnosti kao institucije koja svoje profesionalne aktivnosti obavlja uz brigu o korisnicima RF spektra. Naime, primena sistema će korisnicima RF spektra u Republici Srbiji obezbediti sigurnost u kvalitet i dostupnost RF spektra, kao i sprečavanje neovlašćenog i nepravilnog korišćenja RF spektra, a koje nanosi štetu legalnim korisnicima, što će sve u značajnoj meri doprineti ne samo ugledu RATEL kao agencije, već i države kao vlasnika RF spektra. Tehničke mogućnosti sistema, koji je predmet Studije, treba da omoguće nesmetanu primenu novih tehnologija u domenu bežičnih komunikacionih mreža, prvenstveno 5G tehnologija, na osnovu kojih se očekuje ubrzani razvoj društva u celini.

U skladu sa navedenim, sa računovodstvenog aspekta procene vrednosti razmatranog projekta izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, treba naglasiti da i ako projekat po svojoj prirodi ne donosi operativan profit, njegova vrednost sa računovodstvenog aspekta ogleđa se u bilansu stanja kao uvećani nematerijalni dobitak koji se ne može otuđiti, ali koji povećava vrednost Agencije, u računovodstvu poznatiji kao *gudvil* (*goodwill*). Povećani ugled agencije RATEL, porast ekspertize zaposlenih u Agenciji, poverenje javnosti i korisnika RF spektra u Republici Srbiji, kao i saradnja u ovoj oblasti na međunarodnom nivou, zajedno doprinose porastu značaja agencije RATEL. Ova nematerijalna sredstva, koja se nikako ne mogu otuđiti, od velikog su značaja za budući rad agencije i njen uspeh na nacionalnom i međunarodnom nivou.



## 9. ZAKLJUČAK

Upravljanje radio-frekvencijskim (RF) spektrom obezbeđuje uslove za efikasan rad radio-komunikacione opreme i pružalaca usluga bez izazivanja smetnji ostalim korisnicima RF spektra. Uspešno planiranje i upravljanje spektrom moguće je samo u stabilnom okruženju, a koje se obezbeđuje kroz proces nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra.

Agencija RATEL, u skladu sa zakonskim obavezama i ovlašćenjima, a na osnovu Zakona o elektronskim komunikacijama ("Službeni glasnik Republike Srbije" broj 44/2010, 60/2013 - odluka US, 62/2014 i 95/2018 - dr. zakoni), obavlja poslove upravljanja RF spektrom na teritoriji Republike Srbije. U skladu sa potrebama i zahtevima u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra, uzimajući u obzir realne materijalne mogućnosti i raspoloživi kadrovski potencijal, RATEL vrši stalnu modernizaciju i unapređenje sistema za monitoring RF spektra. U više faza izgradnje postojećeg sistema za monitoring RF spektra, izvršena je modernizacija merne opreme i sistema, unapređena infrastruktura kroz izgradnju fiksnih stanica za monitoring RF spektra, kao i nabavljena oprema mobilnih stanica. Sve ove aktivnosti obavljane su u cilju izgradnje modernog integrisanog sistema za monitoring RF spektra, a u potpunosti u skladu sa odgovarajućim međunarodnim preporukama.

Kroz analizu sprovedenu u ovoj Studiji, zaključeno je da postojeći klasičan model sistema za monitoring RF spektra koji poseduje RATEL, nije prilagođen najnovijem tehnološkom razvoju i primeni bežičnih komunikacionih mreža. Iz navedenih razloga, najveći broj zadataka u domenu nadgledanja i kontrole korišćenja RF spektra u urbanim sredinama trenutno mogu da izvrše gotovo isključivo mobilne merne stanice (MMS). Ovakvo rešenje je reaktivno, i nije održivo na duži period, zbog nedovoljnog broja MMS u sistemu, kao i značajnih operativnih troškova. Zato je bilo neophodno izvršiti proširenje postojećeg sistema.

U okviru ove Studije definisan je predlog tehničkog rešenja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, koji se sastoji od 72 kompaktne daljinski upravljane merne stanice (KDUS), koje treba izgraditi u definisanim urbanim sredinama (28 gradova) u Republici Srbiji. Dopunski element predloženog rešenja su dve prenosive kompaktne daljinski upravljane merne stanice (PKDUS), predviđene za potrebe trenutnog povećanja kapaciteta za monitoring RF spektra, kao privremeno rešenje u slučaju otkaza neke KDUS stanice, ali i za potrebe planiranja proširenja i optimizacije sistema. U pogledu detekcije radio-emisija i geolokacije izvora emisija, usvojen je pristup na bazi primene TDoA metoda, uz dodatnu mogućnost primene hibridnog TDoA/DF metoda u okviru integrisanog sistema za monitoring RF spektra. Slično rešenje se koristi i u sistemima iste namene u državama Evrope gde takvi sistemi postoje.

Upravljanje sa mrežama KDUS stanica obavlja se iz već postojećih regionalnih centara bez dodatnih ulaganja u ove centre. Za komunikaciono povezivanje zadržava se isti model koji se koristi i u okviru postojećeg sistema, a koji omogućava buduće fleksibilno i skalabilno širenje sistema.

Da bi se obezbedila izgradnja i nesmetan operativni rad sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama predviđeno je angažovanje 3 nova stalno zaposlena diplomirana inženjera, kao i 1 novog stalno zaposlenog tehničara sa srednjom stručnom spremom. Predloženo je i delimično dopunsko angažovanje postojećih zaposlenih na pravnim, finansijskim i marketinškim poslovima. Pored toga, dat je predlog obuka koje zaposleni treba da prođu da bi stekli znanja i veštine neophodne za rad i održavanje sistema.

Planirano je da se projekat izgradnje sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama, realizuje u 3 faze trajanja od po 12 meseci (ukupno 3 godine). Predviđena su ukupna kapitalna ulaganja za izgradnju sistema u iznosu od 4.667.800,00 EUR.

Izgradnja sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama u opštem smislu predstavlja neprofitni društveno odgovoran investicioni projekat. Realizacija sistema koja je predmet ove Studije, omogućiće znatno efikasnije upravljanja spektrom u Republici Srbiji i to naročito u najgušće naseljenim delovima njene teritorije. Primena sistema će korisnicima RF spektra obezbediti sigurnost u kvalitet i dostupnost RF spektra, kao i sprečavanje neovlašćenog i nepravilnog korišćenja RF spektra, a koje nanosi štetu legalnim korisnicima, što će sve u značajnoj meri doprineti ne samo ugledu RATEL kao agencije, već i države kao vlasnika RF spektra. Tehničke mogućnosti sistema, treba da omogućće nesmetanu primenu novih tehnologija u domenu bežičnih komunikacionih mreža, npr. 5G tehnologija, na osnovu kojih se očekuje ubrzani razvoj društva u celini.

Posebno treba naglasiti, da realizacija sistema za monitoring RF spektra u urbanim sredinama posredno može da obezbedi velike uštede, odnosno velike prihode državi Srbiji. Pri prodaji RF spektra na dobro organizovanim aukcijama spektra (što je pravilo u zemljama Evrope i Severne Amerike), cena prava korišćenja pojedinačnih frekvencijskih blokova može dostići veoma veliku vrednost. Ukoliko pri aukciji spektra, neki od ponuđenih frekvencijski blokova ostane neprodat, to za državu predstavlja relativno veliki finansijski gubitak. Primera radi, na aukciji spektra održanoj 2016. godine u regionu, u Crnoj Gori, i pored velikog interesovanja operatora, jedan frekvencijski blok širine 2 x 5 MHz u opsegu 2 GHz ostao je neprodat zbog smetnji koje neovlašćeno uzrokuju predajnici bez dozvole za emitovanje. Ekvivalentna vrednost jednog takvog frekvencijskog bloka posmatrano sa stanovišta Republike Srbije bila bi oko 8.000.000 evra, pa bi njegoova neuspešna prodaja predstavljala približno toliki ekonomski gubitak za budžet države. Treba primetiti da je ova vrednost skoro dva puta veća od predviđenih ukupnih investicija u celokupnu mrežu za monitoring RF spektra u urbanim sredinama koja je predmet ove Studije. Čak i ako se RF spektar ne prodaje na aukciji, prethodno data procena vrednosti spektra ukazuje na red veličine gubitaka koje korisnici RF spektra (operatori, ali posredno i korisnici servisa i sama država) mogu da imaju zbog predajnika koji rade nekontrolisano.

Na osnovu svega prethodno navedenog, jasno se vidi kako društvena tako i značajna finansijska opravdanost izgradnje sistema koji je predmet ove Studije.

U skladu sa svim navedenim, kada je u pitanju finansijski aspekt procene vrednosti razmatranog projekta, iako Projekat po svojoj prirodi ne donosi operativan profit, njegova vrednost sa računovodstvenog aspekta ogleda se u bilansu stanja kao uvećani nematerijalni dobitak koji se ne može otuđiti, ali koji povećava tržišnu vrednost agencije, u računovodstvu poznatiji kao *gudvil* (*goodwill*). Povećani ugled agencije RATEL, porast ekspertize zaposlenih u Agenciji, poverenje javnosti i korisnika RF spektra u Republici Srbiji, kao i saradnja u ovoj oblasti na međunarodnom nivou, zajedno doprinose porastu značaja agencije RATEL. Ova nematerijalna sredstva, koja se nikako ne mogu otuđiti, od velikog su značaja za budući rad agencije i njen uspeh na nacionalnom i međunarodnom nivou.