

Društvo za telekomunikacije „MTEL“ d.o.o. Podgorica

TEHNIČKO RJEŠENJE LOKACIJE RBS PG110 CITY KVART

Decembar 2019. godina

Investitor: Društvo za telekomunikacije „MTEL“ d.o.o. Podgorica

Objekat: RBS PG110 City Kvart

Vrsta tehničke dokumentacije: Tehničko rješenje

Projektant: KODAR Inženjering d.o.o, Podgorica

Odgovorno lice: Darko Prelević

Pečat: Potpis:

Odgovorni projektant:

Jelena Balšić, dipl.inž.el.

Za investitora:

Mesto i datum:

Podgorica, decembar 2019.

SADRŽAJ PROJEKTA

1. PROJEKTNI ZADATAK	2
1.1 PROJEKTNI ZADATAK.....	2
2. TEHNIČKO RJEŠENJE.....	5
2.1 POSTOJEĆE STANJE I UVODNE NAPOMENE	5
2.2 OPIS LOKACIJE PG110 "CITY KVART"	5
2.3 OPIS METODA I POSTUPAKA ZA IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA	8
2.4 OPIS ELEKTRO ENERGETSKOG NAPAJANJA	10
2.4.1 <i>Napajanje opreme (AC i DC)</i>	10
2.5 OPIS ANTENSKOG STUBA.....	11
3. TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE OBJEKTA	12
3.1 OPIS OPREME.....	12
3.1.1 <i>RBS 6601</i>	12
3.1.2 <i>RBS 6601 Main Unit (MU)</i>	13
3.1.3 <i>Tehničke karakteristike RBS 6601 (MU i RRU)</i>	23
3.2 ANTENSKI SISTEM	24
3.2.1 <i>Antene</i>	24
3.2.2 <i>Antenski kabl</i>	28
3.3 PRORAČUN SLABLJENJA NA TRASI I EIRP.....	33
4. UTICAJ PROJEKTOVANE OPREME NA ZDRAVLJE LJUDI I ŽIVOTNU SREDINU.....	35
4.1 IZVOD IZ STUDIJE O MOGUĆNOSTIMA KORIŠĆENJA RADIO FREKVENCIJA	35
4.2 IZVOD IZ ZAKONSKE REGULATIVE O ELEKTROMAGNETNOM ZRAČENJU	40
4.2.1 <i>Pojmovi i značenja</i>	40
4.2.2 <i>Granice izlaganja elektromagnetnim poljima za profesionalno izložena lica i lica odgovornih za sprovođenje mjera zaštite od nejonizujućih zračenja za termičke efekte</i>	41
4.2.3 <i>Granične vrijednosti (osnovna ograničenja) za izloženost stanovništva elektromagnetnim poljima za pojedinačnu frekvenciju</i>	43
4.2.4 <i>Vrijednosti upozorenja (referentni nivoi) relevantnih fizičkih veličina za izloženost stanovništva elektromagnetnim poljima u području povećane osjetljivosti za pojedinačnu frekvenciju</i>	44
4.2.5 <i>Uslovi u slučaju istovremenog djelovanja elektromagnetnih polja više stacionarnih izvora različitih frekvencija</i>	45
4.2.6 <i>Referentni propisi i norme</i>	45
4.3 UTICAJ NEJONIZUJUĆEG ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA NA ŽIVOTNU SREDINU.....	46
4.4 ANALIZA UTICAJA ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA BAZNIH STANICA	50
4.5 PRORAČUN GRANIČNE ZONE NEDOZVOLJENOG ZRAČENJA	51
4.5.1 <i>Proračun zone nedozvoljenog zračenja za antenski sistem operatera MTEL</i>	54
4.5.2 <i>Procjena graničnog rastojanja u horizontalnom pravcu zračenja ukupno za sve antenske sisteme za pretpostavljeni najnepovoljniji slučaj</i>	57
4.5.3 <i>Uklapanje u životnu sredinu</i>	60
5. GRAFIČKA DOKUMENTACIJA I PRILOZI	61

1. PROJEKTNI ZADATAK

1.1 Projektni zadatak

1. OPŠTI PODACI

<i>Investitor:</i>	Društvo za telekomunikacije "MTEL" D.O.O. Podgorica, Kralja Nikole 27a
<i>Sistem:</i>	GSM/UMTS/LTE mreža javnih mobilnih telekomunikacija
<i>Dokumentacija:</i>	Projekat RBS lokacije PG110 – "City Kwart", Podgorica

2. CILJEVI I SVRHA PROJEKTA

Projekat RBS lokacije treba da definiše materijale, opremu, vrstu i redosled radova na instalaciji GSM/LTE radio bazne stanice, antenskog sistema, kao i proračun kvaliteta servisa. Svi djelovi Projekta RBS lokacije moraju biti međusobno usaglašeni. Projekat RBS lokacije PG110 – "City Kwart", Podgorica mora biti u potpunosti saglasan sa Glavnim projektom RBS lokacije PG110 – "City Kwart", Podgorica. Predmet projektovanja je instalacija uređaja i telekomunikacione opreme na objektu PG110 – "City Kwart", Podgorica.

3. TEHNIČKI ZAHTJEVI

3.1. PODACI O LOKACIJI

Naziv lokacije	Geografska širina	Geografska dužina	Nadmorska visina
PG110 –City Kwart	42° 26' 23.60"	19° 14' 12.56"	40 m

3.2. TIP I KONFIGURACIJA RADIO OPREME

Na lokaciji PG110 – "City Kwart", Podgorica se instaliraju sledeće radio-bazne stanice:

1. PGG110 – "City Kwart" - GSM 900MHz
2. PGG110 – "City Kwart" - GSM 1800MHz
3. PGL110 – "City Kwart" - LTE 1800MHz

Tip i konfiguracija novih RBS su navedeni u sledećoj tabeli:

	GSM 900	GSM 1800	LTE 1800
Tip radio bazne stanice	RBS 6601 Ericsson (Baseband 5216 G+L)		
Tip baterijskog backup-a	Power 6306 + Enclosure 6307		
Broj kabineta	M+BK+8xRRU		
Konfiguracija primopredajnika	2 + 2	2 + 2	4 x (2x2MIMO)
Dodatni HW	/	/	/
Tip radio jedinice:	RRU 2219	RRU 2219	RRU 2217
Broj radio jedinica:	2	2	4

3.3. ANTENSKI SISTEM

Karakteristike antenskih sistema su date u sledećim tabelama:

ANTENSKI SISTEM GSM 900

	Sektor 2	Sektor 3
Broj sektora		
Broj antena po sektoru	1	1
Tip antene	RFS APXVBLL15EX-C-I20	RFS APXVBLL15EX-C-I20
Azimuti antena	230°	255°
Downtilt	6°/ 0°	6°/ 0°
Vrsta downtilta	E/M	E/M
Vrsta diverzitija	X	X
Visina baza antena od nivoa tla	26.6 m	26.6 m
Tip kabla	1/2"	1/2"
Tip radio jedinice	RRU 2219	RRU 2219
Izlazna snaga na radio jedinici	43 dBm	43 dBm
Konfiguracija	2	2

ANTENSKI SISTEM GSM 1800

	Sektor 1	Sektor 4
Broj sektora		
Broj antena po sektoru	1	1
Tip antene	RFS APXVBLL15EX-C-I20	RFS APXVBLL15EX-C-I20
Azimuti antena	80°	350°
Downtilt	3°/ 0°	3°/ 0°
Vrsta downtilta	E/M	E/M
Vrsta diverzitija	X	X
Visina baza antena od nivoa tla	26.6 m	26.6 m
Tip kabla	1/2"	1/2"
Tip radio jedinice	RRU 2219	RRU 2219
Izlazna snaga na radio jedinici	43 dBm	43 dBm
Konfiguracija	2	2

ANTENSKI SISTEM LTE 1800

Broj sektora	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	Sektor 4
Broj antena po sektoru	1	1	1	1
Tip antene	RFS APXVBLL15EX- -C-I20	RFS APXVBLL15EX- C-I20	RFS APXVBLL15EX- C-I20	RFS APXVBLL15EX- C-I20
Azimuti antena	80°	230°	255°	350°
Downtilt	3°/ 0°	6°/ 0°	6°/ 0°	3°/ 0°
Vrsta downtilta	E/M	E/M	E/M	E/M
Vrsta diverzitija	X	X	X	X
Visina baza antena od nivoa tla	26.6 m	26.6 m	26.6 m	26.6 m
Tip kabla	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Tip radio jedinice	RRU 2217	RRU 2217	RRU 2217	RRU 2217
Izlazna snaga na radio jedinici	49 dBm*	49 dBm*	49 dBm*	49 dBm*
Konfiguracija	1 (2x2 MIMO)	1 (2x2 MIMO)	1 (2x2 MIMO)	1 (2x2 MIMO)

* U sistemu LTE primjenjuje se MIMO 2x2 tehnologija po kojoj se ukupna snaga od 80W dijeli na dvije Tx grane, tako da je izlazna snaga po jednoj Tx grani 40W tj. 46 dBm.

Na lokaciji će se koristiti ukupno 4 antene RFS APXVBLL15EX-C-I20 za realizaciju antenskog sistema GSM 900, GSM 1800 i LTE 1800.

Remote radio jedinice RRU instalirati iza panel antena tako da dužina antenskog kabla između njih i antena bude što kraća.

Povezivanje RBS sa MTEL-ovom centralom izvršiće se pomoću optičkog kabla i to povezivanjem na postojeću nadzemnu ili podzemnu optičku infrastrukturu.

Trasa i način polaganja antenskih kablova treba da obezbijede minimalno savijanje i pouzdano učvršćivanje, kako bi se izbjegle neželjene deformacije uslijed mehaničkih naprezanja, zbog same težine kabla i vremenskih uslova (jak vjetar, ekstremne temperature i sl.). Predvidjeti odgovarajuća uzemljenja antenskih kablova i hidroizolaciju konektorskih spojeva.

3.5. ARHITEKTURA I GRAĐEVINARSTVO

Za nošenje antenskog sistema planirati nove čelične fasadni antenski nosač. Osigurati bezbjedan pristup kabinetima, antenskim nosačima i antenama. Predviđena projektna rješenja moraju da zadovolje propisane mjere zaštite na radu.

3.6. ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Projektom obraditi kompletne električne instalacije i instalacije uzemljenja i zaštite od atmosferskog pražnjenja radio bazne stanice (RBS) mobilne telefonije. Elektro opremu dimenzionisati tako da se obezbijedi napajanje bazne stanice, sa baterijskim back-up-om.

2. TEHNIČKO RJEŠENJE

2.1 Postojeće stanje i uvodne napomene

Treći operater mobilne telefonije u Crnoj Gori „MTEL“ je počeo sa radom 1. jula 2007. godine. U prvoj fazi je pušteno u rad 60 telekomunikacionih objekata – baznih stanica, čime se obezbijedilo inicijalno pokrivanje signalom važnih saobraćajnica i gusto naseljenih mesta. U drugoj fazi puštene su u rad preostale bazne stanice koje čine osnovno pokrivanje teritorije Crne Gore. U trećoj fazi vrši se optimizacija mreže puštanjem u rad novih baznih stanica u cilju proširenja kapaciteta.

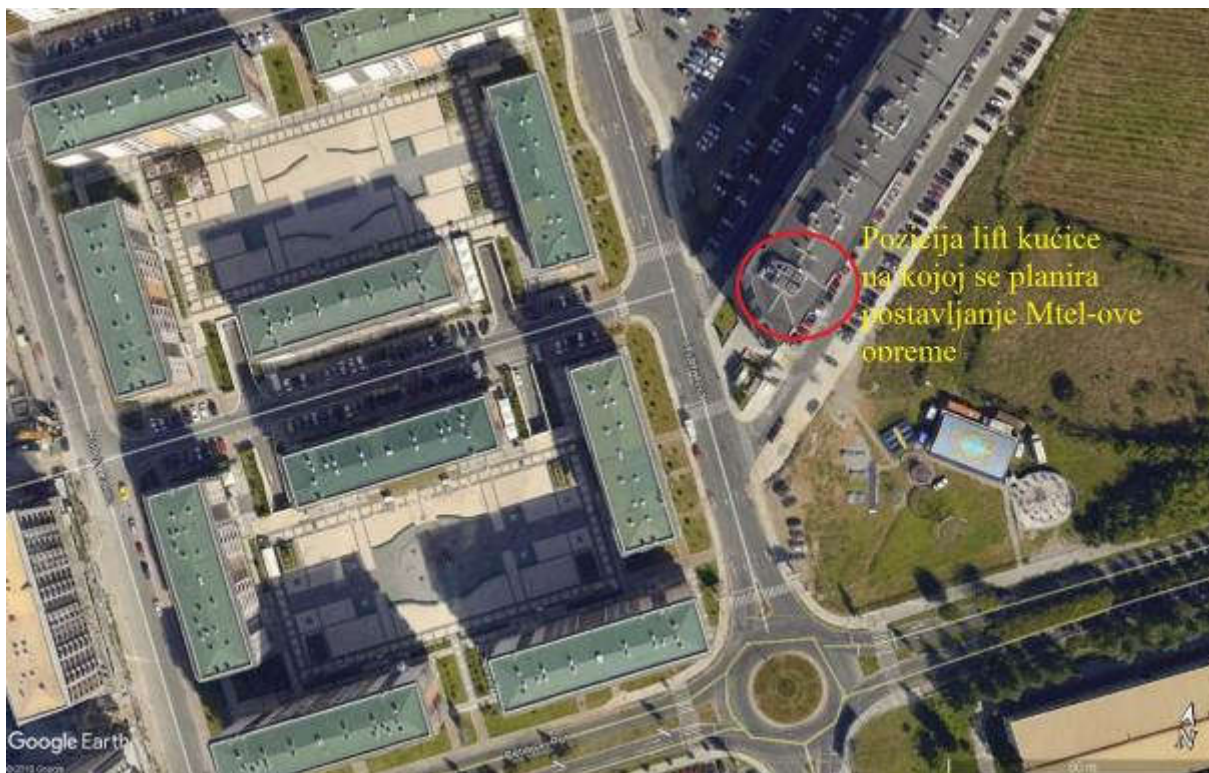
Kako bi se obezbijedilo kvalitetno pokrivanje signalom i proširenje kapaciteta na dijelu teritorije u opštini Podgorica, investitor „MTEL“ d.o.o. je odlučio da se izvrši instaliranje telekomunikacione opreme na lokaciji „City Kwart“. Planirana je instalacija opreme koja će obezbijediti pružanje usluga GSM900, GSM 1800 i LTE 1800.

2.2 Opis lokacije PG110 "City Kwart"

- Geografska širina (GPS podaci) 42° 26' 23.60"
- Geografska dužina (GPS podaci) 19° 14' 12.56"
- Nadmorska visina (GPS podaci) 40.00m



Slika 2.1. Položaj lokacije "City Kwart" na mapi



Slika 2.2. Položaj lokacije "City Kwart" na mapi



Slika 2.3. Izgled lokacije "City Kwart"

Lokacija na kojoj je planirano postavljanje opreme operatera MTEL je stambeno-poslovna zgrada spratnosti prizemlje + osam spratova. Dimenzije objekta su u osnovi 52.2x21.6m.

Konstrukcija lift kućice se sastoji od zidnih platana debljine 25cm kao i stubova dimenzija 50x50cm.

Na krovu lift kućice na kojoj se planira instalacija opreme operatera MTEL nalazi se telekomunikaciona oprema operatera Crnogorski Telekom.

Na zidnim platnima lift kućice nalaze se čelični nosači sa panel antenama, dok je kabinet RBS 6102 smješten na zidnom čelinom nosaču pored izlaza na krov.

Priključak za napajanje električnom energijom potrošača lokacije bazne stanice mobilne telefonije će biti izveden u skladu sa uslovima zakupodavca.

Na krovu objekta je izveden sistem gromobranske zaštite.



Slika 2.4. Fotografija lokacije PG110 - "City Kvar"

2.3 Opis metoda i postupaka za izbor optimalnog rješenja

Na lokaciji PG110 - "City Kwart", Podgorica se instalira radio bazna stanica koja treba da podrži sledeće radio sisteme:

GSM 900MHZ

GSM 1800MHZ

LTE 1800MHZ

Na zidnom platnu lift kućice montiraju se sledeći kabineti:

- Ormar sa ventilacionim sistemom za smještaj RBS 6601 i Baseband 5216 G+L
- Power 6306
- Enclosure 6307
- Razvodni ormari za napajanje RBS

Na novom čeličnom nosaču (stubu) montira se sledeća oprema:

- Tri panel antene tipa RFS APXVBLL15EX-C-I20
- Tri jedinice RRU 2219
- Tri jedinice RRU 2217

Na postojećem čeličnom nosaču (stubu) montira se sledeća oprema:

- Jedna panel antena tipa RFS APXVBLL15EX-C-I20
- Jedna jedinica RRU 2219
- Jedna jedinica RRU 2217

Konfiguracija i parametri sistema koji se planira na ovoj RBS lokaciji dati su u tabeli:

Oprema									
GSM 900	RBS 6601 (Baseband 5216 G+L) + Power 6306 + Enclosure 6307								
GSM 1800	4x RRU 2217 za LTE1800								
LTE 1800	4x RRU 2219 za GSM1800 i GSM900								
	Sektor A		Sektor B		Sektor C		Sektor D		
	GSM1800	LTE1800	GSM900	LTE1800	GSM900	LTE1800	GSM1800	LTE1800	
Tip antene	RFS APXVBLL15EX-C-I20		RFS APXVBLL15EX-C-I20		RFS APXVBLL15EX-C-I20		RFS APXVBLL15EX-C-I20		
Visina baze ant	26.6		26.4		26.4		26.4		
Azimut	80°		230°		255°		350°		
Meh. tilt	0°		0°		0°		0°		
EI tilt	3°	3°	6°	6°	6°	6°	3°	3°	
Tip feeder-a	1/2 "	1/2 "	1/2 "	1/2 "	1/2 "	1/2 "	1/2 "	1/2 "	
Konfiguracija	2	2x2 MIMO	2	2x2 MIMO	2	2x2 MIMO	2	2x2 MIMO	
Radio jedinice	RRU 2219	RRU 2217	RRU 2219	RRU 2217	RRU 2219	RRU 2217	RRU 2219	RRU 2217	

Povezivanje RBS sa MTEL-ovom centralom izvršiće se preko postojećeg optičkog privoda i to povezivanjem optičkog kabla na Baseband 5216 G+L jedinicu.



Slika 2.5. Izgled ormara sa ventilacionim sistemom u kojem će biti smještena TK oprema

Trasa i način polaganja antenskih kablova treba da obezbijede minimalno savijanje i pouzdano učvršćivanje, kako bi se izbjegle neželjene deformacije uslijed mehaničkih naprezanja, zbog same težine kabla i vremenskih uslova (jak vjetar, ekstremne temperature i sl.). Predvidjeti odgovarajuća uzemljenja antenskih kablova i hidroizolaciju konektorskih spojeva.

Pozicija opreme, dimenzije i ostali važni podaci priloženi su u grafičkoj dokumentaciji.

2.4 Opis elektro energetskeg napajanja

2.4.1 Napajanje opreme (AC i DC)

2.4.1.1 Napajanje opreme (AC i DC)

Elektroenergetski priključak će biti izveden u skladu sa tehničkim uslovima CEDIS-a i zakupodavca.

Osnovno napajanje opreme na lokaciji je 3x400/231 V, 50 HZ, a predviđena maksimalna jednovremena vršna snaga opreme je $P_j=9$ kW.

Planirano je da se priključak za napajanje nove bazne stanice izvede sa novih instalacionih automatskih prekidača 3x25A. Kontrolno mjerenje će se obezbijediti montažom mjernog trofaznog brojila električne razvodnom ormaru RO.ED. Razvodni ormar RO.ED montirati na zidu na poziciji naznačenoj u grafičkoj dokumentaciji.

Kompletno napajanje opreme izvesti preko razvodnog ormara +RO.RBS, koji će se montirati na zidu ispod razvodnog ormara RO.ED.

Sve električne instalacije u okviru lokacije voditi u cijevima od PVC materijala po kablovskim nosačima. Kompletnu energetske instalaciju na lokaciji bazne stanice izvesti kablovima sa PVC izolacijom.

2.4.1.2 Uzemljenje i gromobranske instalacije

Na krovu objekta je izvedena gromobranka zaštita od FeZn trake i sistem uzemljenja koji će se iskoristiti za uzemljenje novopostavljene opreme i povezivanje novog gromobranskog sistema. Novi gromobranski sistem sačinjavaće gromobranske hvataljke dužine 1 m, koje će se montirati iznad novopostavljenih antena tako da se antenski sistem i telekomunikaciona oprema nalaze u zoni zaštite.

Uzemljenje antenskih kablova i metalnih masa na lokaciji izvesti međusobnim povezivanjem i povezivanjem na sabirnice za izjednačavanje potencijala, bakarnim užetom presjeka 35mm². Sabirnice za izjednačavanje potencijala povezati na postojeću FeZn traku na krovu.

NAPOMENA:

Detaljni proračuni, predmjer i predračun, kao i tehnička dokumentacija koja obrađuje električne instalacije jake struje pri izgradnji RBS lokacije nisu predmet ovog Projekta, već su sastavni dio Glavnog projekta RBS lokacije PG110 – "City Kwart", Podgorica.

2.5 Opis antenskog stuba

Lokacija PG110 – "City Kwart" nalazi se u istoimenom naselju, u opštini Podgorica. Predmetna mikrolokacija se nalazi na vrhu stambeno poslovne zgrade, uz liftnu kućicu. U pitanju je armiranobetonski objekat spratnosti S+P+8. Konstrukcija lift kućice se sastoji od zidnih platana debljine 25cm i stubova dimenzija 50x50cm. Krov je u blagom nagibu, prekriven limom i neprohodan je. Pozicije na kojima se planiraju antenski nosači i cjelokupna oprema nalaze se uz lift kućicu, koja se izdiže iznad nivoa kose krovne ploče.

Na ovoj lokaciji je predviđena montaža jednog novog fasadnog nosača antena, na kojem će biti postavljene tri panel antene, a četvrta antena se planira na postojećem Telekomovom antenskom nosaču, čija će stabilnost takođe biti dokazana u okviru ovog projekta.

Fasadni čelični nosač planira se da bude jednosegmentni dužine 3.00m, konstantnog poprečnog presjeka od cjevastog profila Ø114.3x5. Vertikalni cjevasti nosač je preko dva distancera ankerovan u AB stub. Od antenskog sistema predviđeno je da na novom nosaču budu instalirane tri panel antene tipa RFS APXVBL15EX-C-I20 sa po dva RRU-a, od čega je jedan 2217, a drugi 2219. Četvrta antena, koja se planira na Telekomovom nosaču, je istih karakteristika kao prethodne tri. Sve antene se preko cijevi Ø76.1x4 montiraju na glavnim nosačima. Veza između nosača i postojećeg AB stuba se ostvaruje Ferum ankerima tipa FSAD M16x250. Prilikom montaže antenskog nosača, na mjestima gdje se pozicioniraju priključne ploče, potrebno je ukloniti fasadne obloge kako bi se čelična konstrukcija direktno ankerovala za AB stub od objekta.

NAPOMENA:

Detaljni proračuni, predmjer i predračun, kao i tehnička dokumentacija koja obrađuje građevinske radove i čelične konstrukcije pri izgradnji RBS lokacije nisu predmet ovog Projekta, već su sastavni dio Glavnog projekta RBS lokacije PG110 – "City Kwart", Podgorica.

3. Tehničko-tehnološke karakteristike objekta

3.1 Opis opreme

3.1.1 RBS 6601

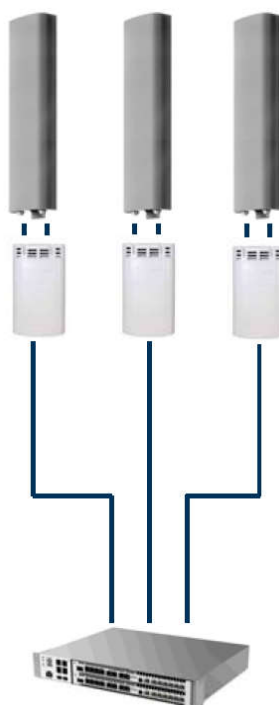
Radio bazna stanica (*Radio Base Station*) **RBS 6601** pripada porodici baznih stanica RBS 6000. RBS 6601 je tipa *Main-Remote* (MU-RU) rješenja optimizovana tako da omogući visoke performanse i pokrivenost signalom i u *indoor* i u *outdoor* varijantama. Main-Remote rješenje štedi prostor, omogućava manju potrošnju i kvalitetniji izlazni signal upravo iz razloga što su radio jedinice smještene u blizini antena čime se postižu manji gubici na antenskim kablovima. Na jednu MU 6601 jedinicu može se povezati i do 12 Remote radio jedinica (RRU).



Slika 4.1. RBS 6601 MU (Main unit - glavna jedinica)



Slika 4.2. RBS 6601 RRU (Remote radio unit – udaljena radio jedinica)



Slika 4.3. RBS 6601 Main-Remote arhitektura (primjer za 3 sektora)

3.1.2 RBS 6601 Main Unit (MU)

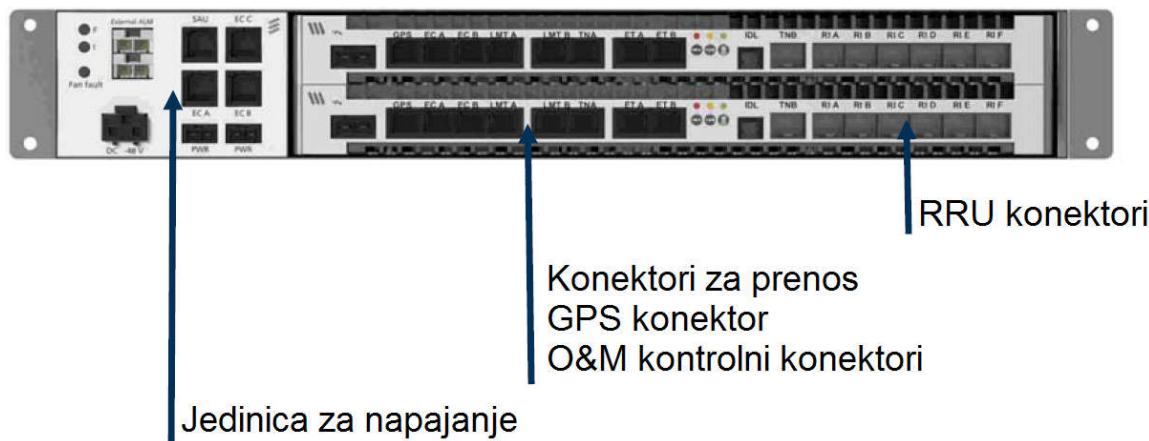
Glavna jedinica RBS 6601 (*Main Unit* - MU) je dizajnirana za *indoor* okruženje, optimalno za 19" rekove. Unutar jedne MU 6601 može se smjestiti jedna DUW jedinica ili dvije DUG/DUL jedinice.

Neke od osnovnih karakteristika MU 6601 su:

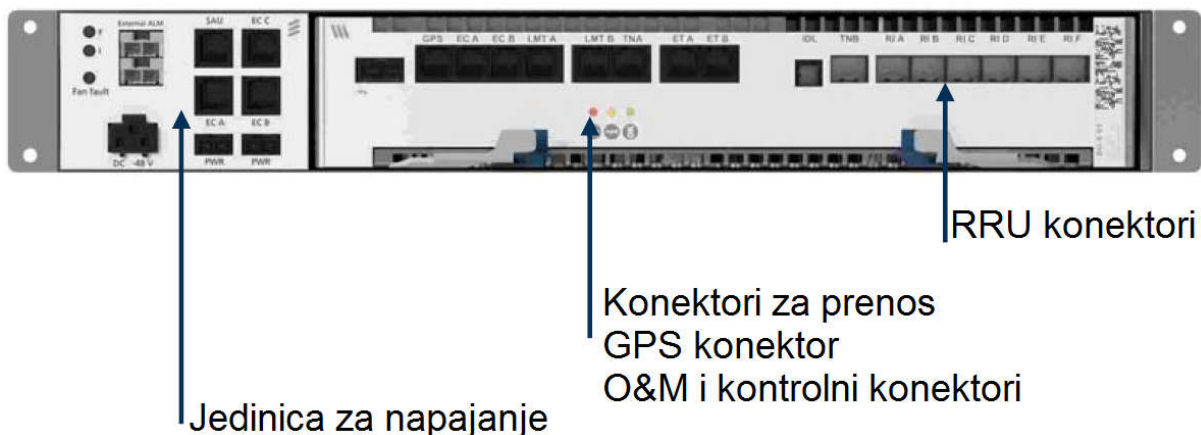
Napajanje digitalnih jedinica -48 VDC

Sistem za klimatizaciju koji uključuje ugrađene ventilatore i sistem za kontrolu

MU 6601 takođe omogućava i ograničen broj ugrađenih interfejsa za alarme, kao i port za priključenje eksterne SAU jedinice.



Slika 4.4. RBS 6601 MU sa dvije DUG/DUL jedinice



Slika 4.5. RBS 6601 MU sa jednom DUW jedinicom

3.1.2.1 Digitalna jedinica (Digital Unit)

Digitalna jedinica omogućava preusmjeravanje (prosleđivanje), upravljanje saobraćajem, sinhronizaciju, obradu u osnovnom opsegu i radio interfejs. U zavisnosti u kom sistemu rade, mogu biti:

- DUG (Digital Unit GSM)
- DUW (Digital Unit WCDMA)
- DUL (Digital Unit LTE)

DUG (Digital Unit for GSM), DUG 20 može da kontroliše do 12 GSM nosilaca. Ako je potrebno više od 12, onda je moguće dodati još jednu DUG u baznu stanicu i sinhronizovati je sa postojećom.

DUG 20 podržava:

- E1/T1 interfejs za prenos
- obradu u osnovnom opsegu
- LAPD koncentraciju/multiplexing
- Abis optimizaciju
- *Multi-drop* (kaskadiranje)
- sinhronizovanu radio mrežu, kroz eksterni GPS prijemnik
- *Transceiver Group* (TG) sinhronizaciju

DUW (Digital Unit for WCDMA) ima tri varijante, DUW 10/20/30, u zavisnosti od zahtijevanog kapaciteta. DUW omogućava obradu u osnovnom opsegu, kontrolu, preusmjeravanje (*switching*), lub i Mub interfejse. DUW može da obradi grupe podataka različitog vremenskog kašnjenja, koji se sastoje od govora koji se prenosi komutacijom kola, podataka koji se prenose paketskom komutacijom i „brzih“ podataka kao što je High Speed Packet Access (HSPA).

Dvije DUW mogu biti konfigurisane unutar jedne RBS.

DUW stabilizuje signal takta izdvojen iz transportne mreže ili opcione eksterne GPS opreme i koristi ga za sinhronizaciju RBS.

DUW podržava:

- 100/1000 Base-T Ethernet
- STM-1 transportni mrežni interfejs
- četiri IMA E1/T1/J1 porta.

DUW se može povezati na RRU22, RRUW ili RRUS.

DUL (Digital Unit for LTE) sadrži interfejse osnovnog opsega, kontrolni i upravljački interfejs, kao i S1 i Mub interfejse za LTE bazne stanice. DUL jedinica podržava različite varijante vremenski promjenljivog saobraćaja nad LTE high-speed interfejsom podataka. Kapacitet opsega je objedinjen nezavisno od sektora i frekvencija, i do dvije LTE jedinice mogu postojati u istom čvoru.

DUL stabilizuje taktni signal ekstraktovan iz konekcije transportne mreže ili opcione GPS opreme i koristi ga da sinhronizuje RBS.

DUL obezbjeđuje:

- Potpunu IP konekciju
- Gigabitni interfejs Ethernet mrežnog saobraćaja

Dodatni interfejsi i konfiguracije mrežnog saobraćaja su dostupni kao opcije.

Pored standardnih digitalnih jedinica (DUG, DUW i DUL), postoje dva tipa **DUS (Digital Units for Multi Standard)** jedinica. Te jedinice, takozvane DUS 31 i DUS 41, podržavaju LTE standard i hardver za GSM. DUS jedinice zauzimaju isti prostor u kabinetu kao i DUG i DUL jedinica.

DUS 31 i DUS 41 se razlikuju po pitanju kapaciteta, ali dijele iste karakteristike:

- Podržavaju LTE. Hardver je pripremljen za GSM.
- Tri gigabit ethernet porta (dva optička i jedan električni)

DUS 41 podržava 10Gbps CoMP i ima dodatni port 10Gbps.

DUS 31 podržava 5Gbps CoMP.

DUS 31 ima približno isti kapacitet kao DUG i DUL jedinice.

DUS 41 nudi udvostručavanje kapaciteta u poređenju sa DUS 31.

3.1.2.2 Radio jedinica RRU (Radio Remote Unit)

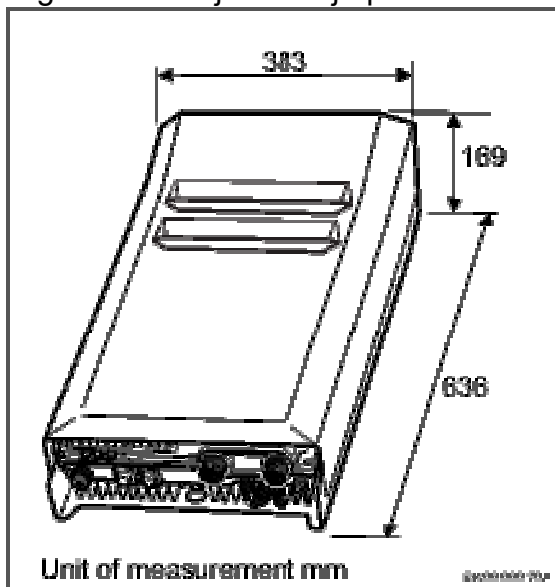
Radio jedinica RRU daljinski proširuje domet bazne stanice i do 40 km. RRU jedinice se nalaze u blizini antena. Neke od vrsta RRU jedinica su: RRU 22, RRUW (*Remote Radio Unit Wideband*), **RRUS (Remote Radio Unit multi-Standard)**.

RRU jedinice se sastoje od filter jedinica, TRX ploča, pojačavača i konvertora napona.

RRUW (Remote Radio Unit Wideband)

U zavisnosti od softverske aplikacije, RRUW podržava ASC, TMA i RETU. Predviđena je za spoljašnju montažu, a može se napajati naponom -48V DC ili

naponom 90-275V AC. Izgled RRUW jedinice je prikazan na donjoj slici.



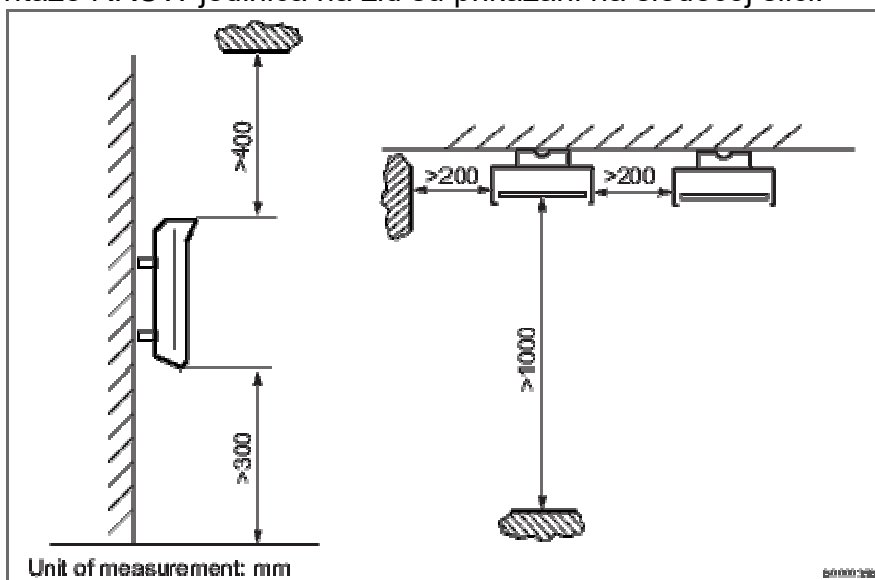
Dimenzije RRUW su:

Visina	636 mm
Širina	383 mm
Dubina	169 mm

Ukupna težina RRUW je 20kg.

Uslovi za veličinu prostora

RRUW jedinicu moguće je instalirati na zid i na stub. Minimalni zahtjevi prostora prilikom montaže RRUW jedinica na zid su prikazani na sledećoj slici.

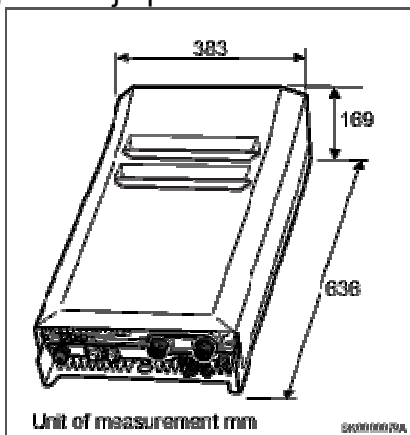


RRUS (Remote Radio Unit multi-Standard)

RRUS podržava GSM, WCDMA i LTE tehnologiju preko istog RRU hardvera. Odabir tehnologija se podešava softverski.

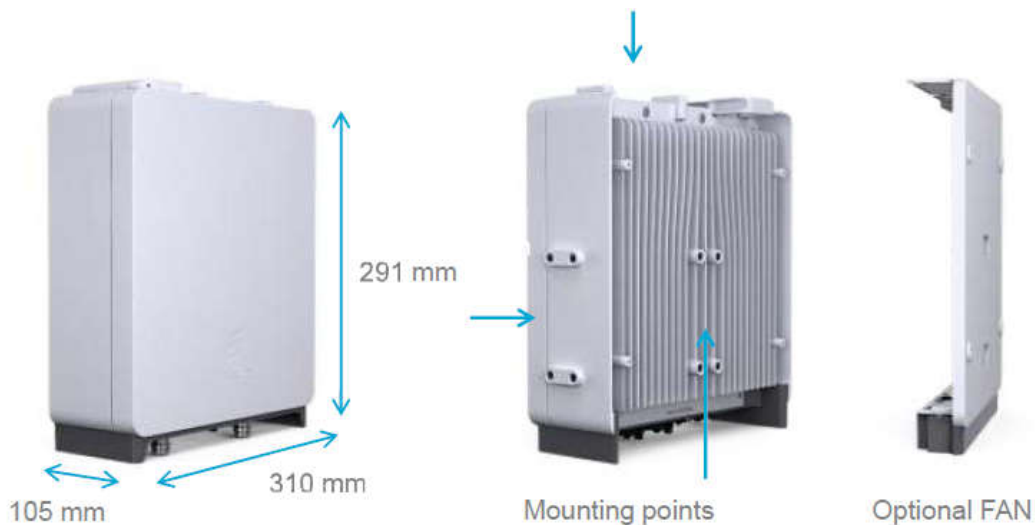
Postoje dvije varijante RRUS jedinica. RRUS 01 podržava 1 Tx granu po RRU, a RRUS 11 podržava 2Tx grane po RRU (MIMO/Tx div).

RRUS hardver je sposoban da podrži više različitih tehnologija, npr. da podrži dvije tehnologije istovremeno. U zavisnosti od softverske aplikacije, RRUS podržava ASC, TMA i RETU. Izgled RRUS jedinice je prikazan na sledećim slikama.



Predviđena je za spoljašnju montažu, a može se napajati naponom -48V DC ili naponom 90-275V AC.

RRU 2217 jedinica (malih dimenzija)



Karakteristike RRU 2217 jedinice:

- 2TX/2RX, 4TX/4RX upotrebom dvije 2217
- 2x40W, 40 MHz IBW FDD
- Do 6 nosioca WCDMA
- Do 40 MHz LTE nosioca
- 10 Gbps CPRI
- -48 VDC
- Podržava i AISG TMA & RET

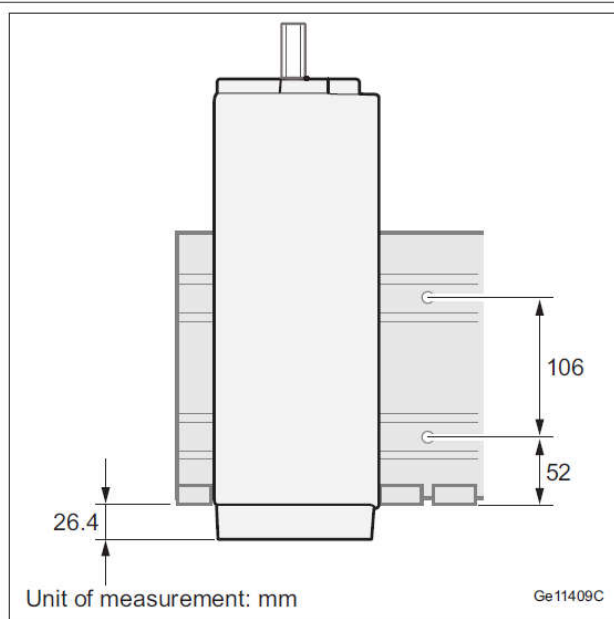
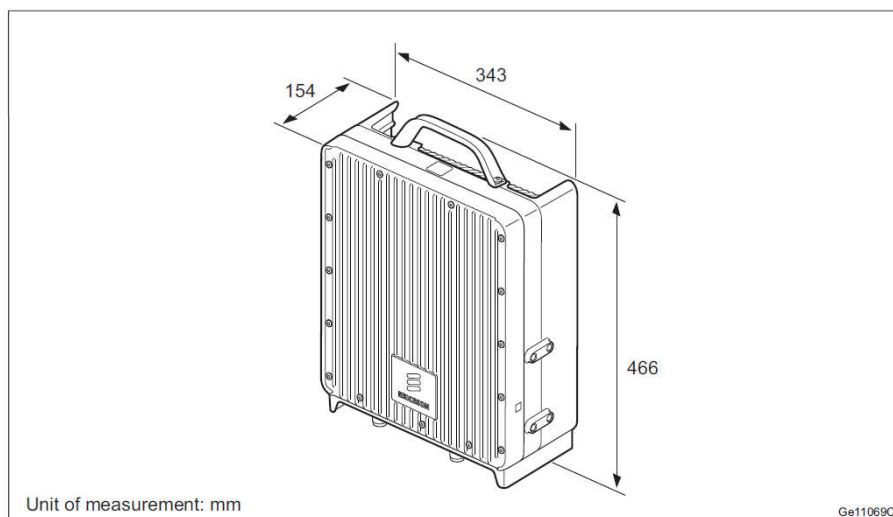
- 2 eksterna alarma
- Integrisani TX-monitor portovi
- IP 65, -40° do +55°
- Manje i efikasnije multi band konfiguracije
- Maksimalna potrošnja za B1 <300W

Dimenzije RRU su:

Visina	291 mm
Širina	310 mm
Dubina	105 mm

Ukupna težina RRU je 12kg.

RRU 2219 jedinica



Tehničke karakteristike RRU 2219 jedinice:

- Maksimalna nominalna izlazna snaga:
2 × 60 W, 2 × 80 W
- Broj nosioca po grani:
LTE: 4 downlink, 4 uplink; 3 downlink, 3 uplink (B5B)
GSM: 4 downlink, 8 uplink
WCDMA: 4 downlink, 8 uplink
Mixed mode: 6 downlink, 8 uplink
- Broj nosioca po radio jedinici:
LTE: 2×4 downlink, 2×4 uplink; 2×3 downlink, 2×3 uplink (B5B)
GSM: 8 downlink, 16 uplink
WCDMA: 8 downlink, 16 uplink
Mixed mode: 8 downlink, 16 uplink
- Dimenzije:
Visina 466 mm
Dužina 343 mm
Širina 154 mm
- Težina:
Radio 2219 18 kg
Radio 2219 B0A, B0B 19 kg
Radio 2219 B2, B8A 18.5 kg

Dimenzije RRUS 01 su:

Visina	636 mm
Širina	383 mm
Dubina	169 mm

Ukupna težina RRUS 01 je 20kg.

Dimenzije RRUS 11 su:

Visina	500 mm
Širina	431 mm
Dubina	182 mm

Ukupna težina RRUS 11 je 23kg.

Dimenzije RRUS 12 su:

Visina	518 mm
Širina	470 mm
Dubina	191 mm

Ukupna težina RRUS 12 je 23kg.

Dimenzije RRU 2217 su:

Visina	291 mm
Širina	310 mm
Dubina	105 mm

Ukupna težina RRU 2217 je 19kg.

Dimenzije RRU 2219 su:

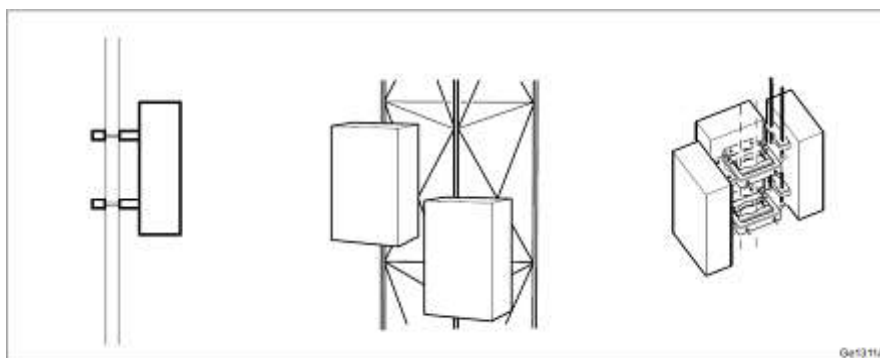
Visina	466 mm
Širina	343 mm
Dubina	154 mm

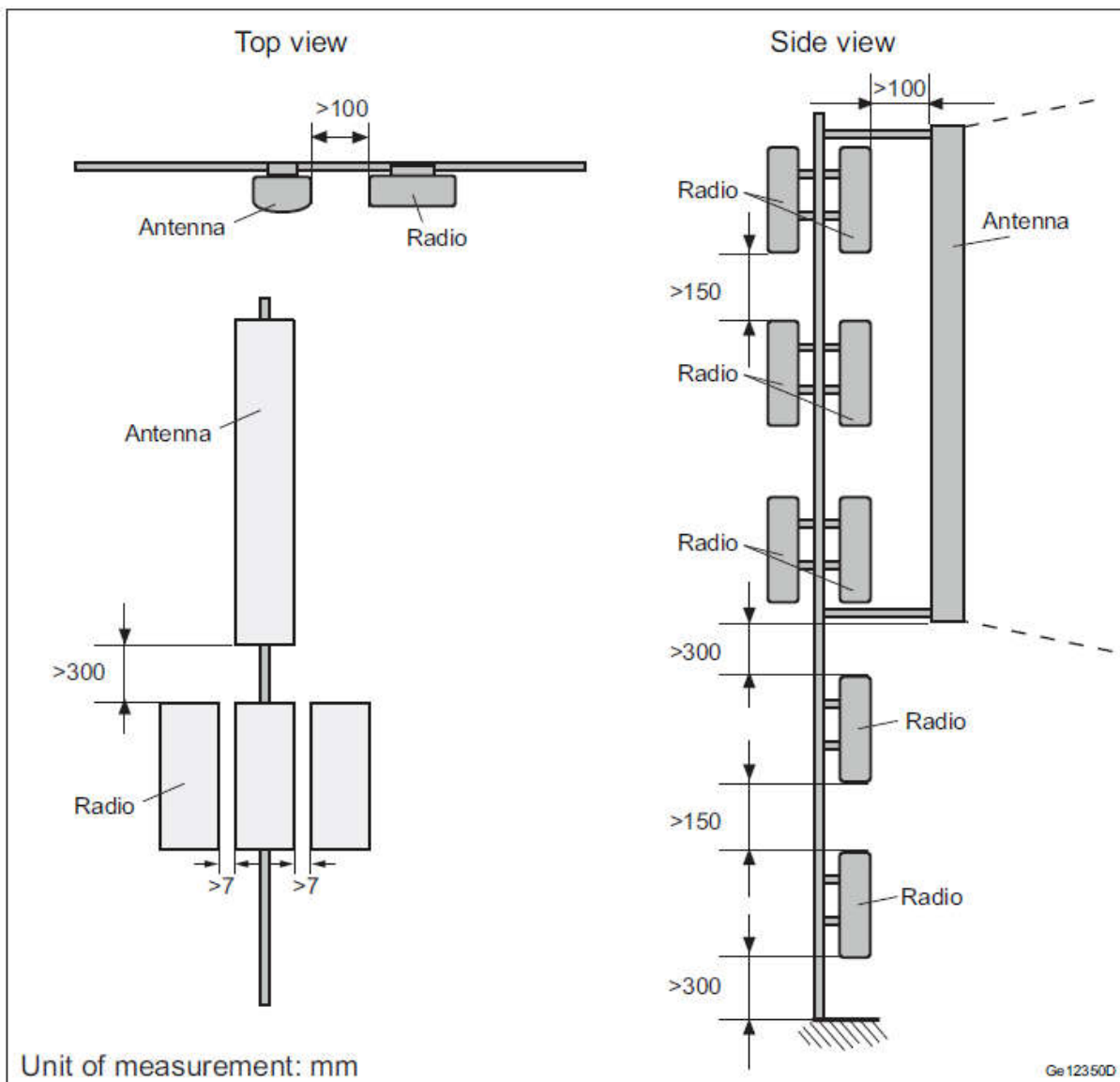
Ukupna težina RRU 2219 je 19kg.

Zahtjevi za instalaciju RRUS jedinice na stub, dati su u sledećoj tabeli.

Prečnik stuba (cijevi)

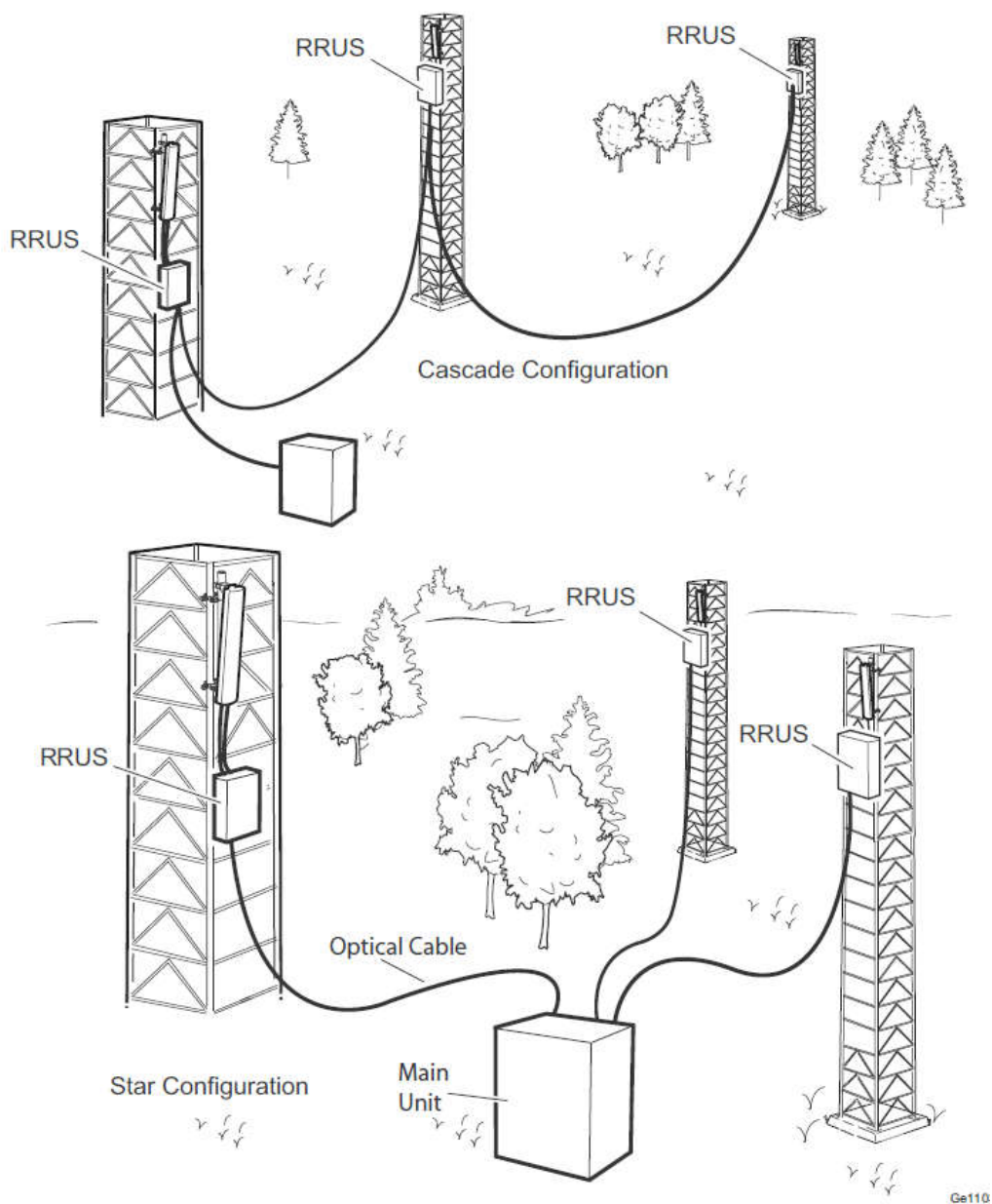
Oprema za montažu	Prečnik cijevi	Vrste RRUS
Sa jednim hvatanjem	60-120mm	sve vrste
Montažni nosači	35-155mm	sve vrste





Primjeri instalacije RRUS jedinica na stub

RRUS jedinice mogu biti povezane u konfiguraciji „zvijezda“ ili kaskadno, pomoću optičkih kablova kao što je pokazano na sledećoj slici.



Primjeri instalacije RRUS jedinica na stub

3.1.3 Tehničke karakteristike RBS 6601 (MU i RRU)

Napajanje:

Jedinica	Nominalni napon
MU	-48 VDC
RRU	-48 V DC / 100–250 V AC

Dimenzije:

Jedinica	Visina	Širina	Dužina
MU (RBS 6601)	66 mm	482 mm	350 mm
RRU22 20W	410 mm	334 mm	176 mm
RRU22 40W	514 mm	334 mm	176 mm
RRUW & RRUS	600 mm	350 mm	112 mm

Težina:

Jedinica	Težina
MU (RBS 6601 sa jednom DUG ili DUL)	9 kg
MU (RBS 6601 sa jednom DUW)	10.5 kg
RRU22 20W	19 kg
RRU22 40W	24 kg
RRUW & RRUS	20 kg

Uslovi okoline koji treba da budu ispunjeni za pravilan rad MU RBS 6601 su:

- Temperatura: +5°C do +50°C
- Relativna vlažnost: 5 – 100%

Uslovi okoline koji treba da budu ispunjeni za pravilan rad RRUS jedinice su:

- Temperatura: -40°C do +55°C
- Relativna vlažnost: 5 – 100%

MU RBS 6601 je dizajnirana tako da bude otporna na vibracije:

- normalni rad maksimalno 0.02m²/s³
- neuobičajen rad maksimalno 0.08m²/s³
- nedestruktivne vibracije maksimalno 0.15m²/s³
- šok (destruktivne vibracije) maksimalno 30m/s²

MU RBS 6601 je dizajnirana tako da bude otporna na seizmičke aktivnosti u skladu sa IEC/EN 60 068-2-57.

3.2 Antenski sistem

3.2.1 Antene

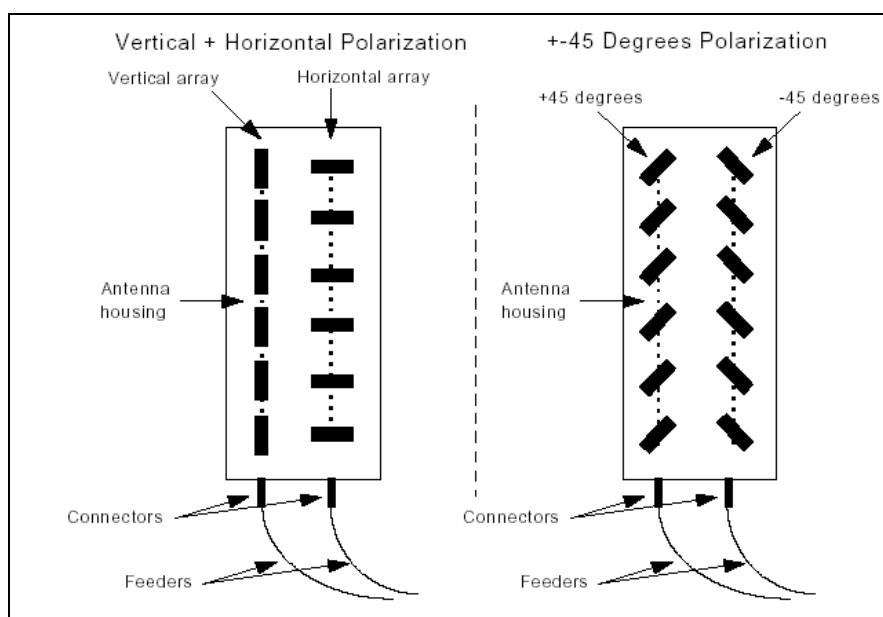
Svaka bazna stanica ima svoj antenski sistem koji se sastoji od predajnih i prijemnih antena. Pošto je antena pasivni element, jedini način da se dobije pojačanje u bilo kom pravcu je pomoću usmjeravanja zračenja. Dobitak, prema tome, nije u emitovanoj snazi, već u gustini snage emitovane u određenom pravcu.

Zavisno od toga kakav se dijagram zračenja želi, mogu se izabrati različiti tipovi antena. Najčešće korišćeni tipovi antena za bazne stanice u mobilnoj telefoniji su omni-direkzione, usmjerene, specijalne antene, multi-antenski sistemi.

Usmjerene (sektorske) antene imaju neravnomeran dijagram zračenja u horizontalnoj i u vertikalnoj ravni i koriste se za sektore baznih stanica. Izračena snaga je više ili manje koncentrisana u jednom pravcu. Tipičan dobitak za usmjerene antene je 11 do 18 dBi.

Diversity dobitak u celularnim mobilnim radio sistemima može se ostvariti prostorno ili polarizacijski. Dual polarisana antena je takav antenski uređaj koji je napravljen na principu emisije dva polja unutar iste fizičke jedinice. Dva polja mogu biti dizajnirana i orjentisana na različite načine, dok god dvije polarizacije ravniju imaju jednake performanse u pogledu dobitka i dijagrama zračenja. Dva najčešća tipa su vertikalno/horizontalna polja i polja sa $\pm 45^\circ$ polarizacijom. Iako se prostornim *diversity*-jem može ostvariti dobitak do 1.5 dB veći nego polarizacijskim *diversity*-jem, na lokaciji City Kvart koriste se antene sa ukrštenom polarizacijom. Razlog zbog kojeg se koristi polarizacijski diversity je pre svega urbanističke prirode. S obzirom da se lokacija nalazi u urbanom području, tačnije u užem delu grada Budve, nije praktično koristiti prostorni *diversity* iz jednostavnog razloga prostornog iskorišćenja i eksterijera same lokacije. Dobitak koji bi se na ovaj način ostvario nije značajan u ovom slučaju uzimajući u obzir servisnu zonu za koju je projektovana ova bazna stanica.

Na slici je prikazana vertikalno/horizontalna i ukrštena polarizacija.



Antenski sistem na lokaciji City Kwart je četvorosektorski i sastoji se od četiri panel antene proizvođača RFS tipa APXVBLL15EX-C-I20 i to u prvom sektoru sa azimutom 80°, u drugom sa azimutom 230°, u trećem sa azimutom 255° i u četvrtom sa azimutom 350°.

Osnovne tehničke karakteristike antene RFS APXVBLL15EX-C-I20 su:

Vrsta antene	<u>RFS APXVBLL15EX-C-I20</u>		
Frekvencijski opseg	694 – 960 MHz		
	694 – 790 MHz	790 – 894 MHz	880 – 960 MHz
Konektor	6x7/16 ženski		
Pozicija konektora	sa donje strane		
VSWR	<1.5		
Polarizacija	Dvostruka +45°, - 45°		
Impedansa	50Ω		
Prosječno pojačanje	13 dBi	13.9 dBi	13.8 dBi
Odnos napred/nazad	27 dB	24 dB	24 dB
Širina snopa zračenja u horizontalnoj ravni (za obje polarizacije)	74.4°	73.7°	70.2°
Širina snopa zračenja u vertikalnoj ravni (za obe polarizacije)	19.3°	16.7°	15.9°
Električni downtilt	2°-15°		
Intermodulacioni produkti 3. reda (snaga nosioca 2x43dBm)	< -153dBc		

Vrsta antene	<u>RFS APXVBL15EX-C-I20</u>		
Frekvencijski opseg	1695 – 2690MHz		
	1695 – 1880 MHz	1850 – 2010 MHz	1920 – 2170 MHz
Konektor	6x7/16 ženski		
Pozicija konektora	sa donje strane		
VSWR	<1.5		
Polarizacija	Dvostruka +45°, - 45°		
Impedansa	50Ω		
Prosječno pojačanje	16.3 dBi	16.8 dBi	17.3 dBi
Odnos napred/nazad	30 dB	30 dB	29 dB
Širina snopa zračenja u horizontalnoj ravni (za obje polarizacije)	63°	59.5°	59.7°
Širina snopa zračenja u vertikalnoj ravni (za obje polarizacije)	8.1°	7.7°	7.2°
Električni downtilt	2°-12°		
Intermodulacioni produkti 3. reda (snaga nosioca 2x43dBm)	< -153dBc		

Vrsta antene	<u>RFS APXVBL15EX-C-I20</u>
Opterećenje na vjetar sa prednje/ bočne/ zadnje strane (pri brzini vjetra od 150 km/h)	420/245/401N
Maksimalna brzina vetra	200 km/h
Dimenzije	1390/340/200mm
Težina	22 kg

Izgled antene tipa RFS APXVBLL15EX-C-I20:



3.2.2 Antenski kabl

Za povezivanje antenskog sistema i RBS će se koristiti koaksijalni antenski kablovi, prelazni kablovi i konektori proizvođača *Rosenberger*.

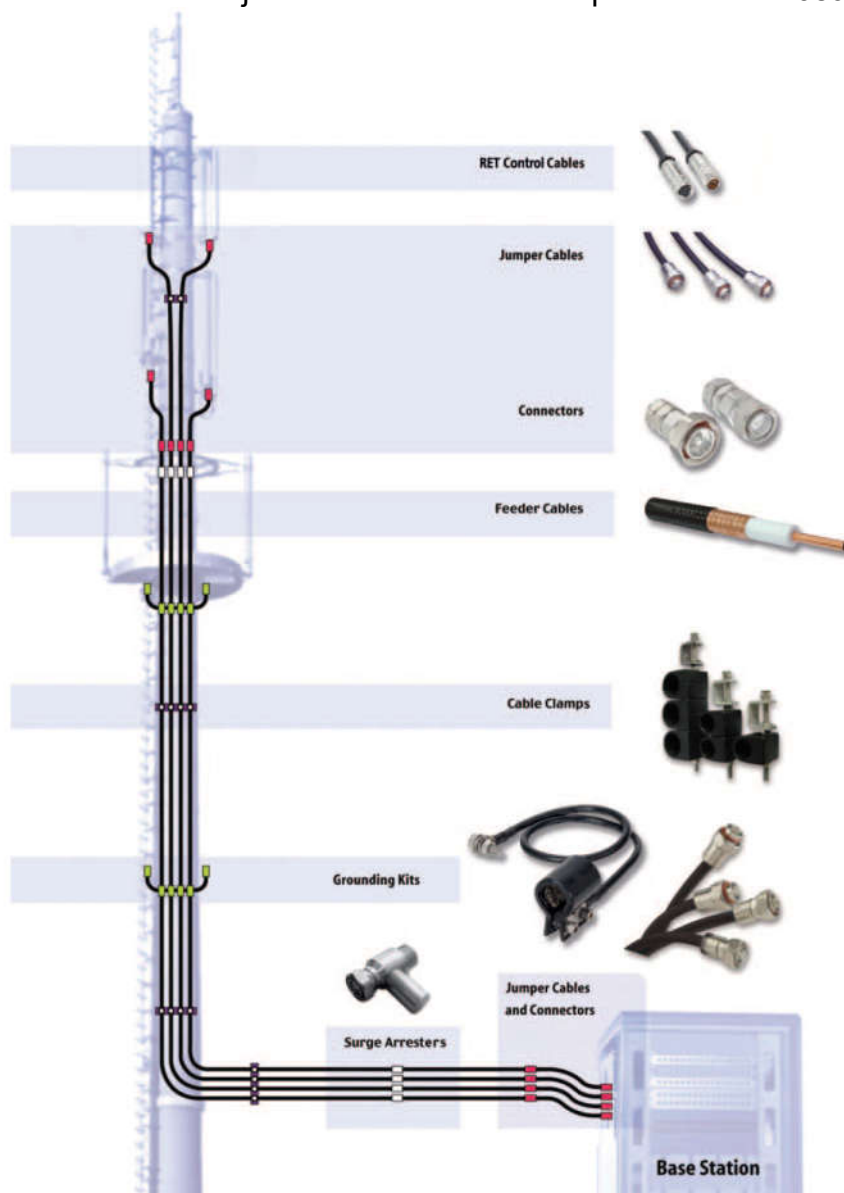
U narednim tabelama dat je opis opreme na kablovskoj trasi između radio bazne stanice i antene.

Vrsta opreme za sistem GSM 900	Tip opreme	Tip konektora	Presjek kabla	Dužina kabla
Radio jedinica	RRU 2219	DIN 7-16 Female	/	/
Prelazni kabl (jumper)	SL012S FRNC	60S1C7-C08N1 DIN 7-16 Male	1/2"	2m
Antena	RFS APXVBLL15EX-C-I20	DIN 7-16 Female	/	/

Vrsta opreme za sistem GSM 1800	Tip opreme	Tip konektora	Presjek kabla	Dužina kabla
Radio jedinica	RRU 2219	DIN 7-16 Female	/	/
Prelazni kabl (jumper)	SL012S FRNC	60S1C7-C08N1 DIN 7-16 Male	1/2"	2m
Antena	RFS APXVBLL15EX-C-I20	DIN 7-16 Female	/	/

Vrsta opreme za sistem LTE 1800	Tip opreme	Tip konektora	Presjek kabla	Dužina kabla
Radio jedinica	RRU 2217	DIN 7-16 Female	/	/
Prelazni kabl (jumper)	SL012S FRNC	60S1C7-C08N1 DIN 7-16 Male	1/2"	2m
Antena	RFS APXVBLL15EX-C-I20	DIN 7-16 Female	/	/

Osnovne karakteristike koaksijalnih antenskih kablova proizvođača *Rosenberger*.



Coaxial Cable Overview:

	Flexible (R)	Super Flexible (S)	Low Loss (L)
1/4"	SL014R PE	SL014S PE	
	SL014R FRNC	SL014S FRNC	
3/8"		SL038S PE	
		SL038S FRNC	
1/2"	SL012R PE	SL012S PE	
	SL012R FRNC	SL012S FRNC	
7/8"			SL078R L PE
			SL078R L FRNC
1 1/4"			SL114R L PE
			SL114R L FRNC
1 5/8"			SL158R L PE
			SL158R L FRNC

- R = Ring corrugation
 - S = Spiral corrugation
 - PE = Polyethylene
 - FRNC = Flame retardant & halogen-free (IEC 60332)

Super Flexible Coaxial Cables 1/2" S

Rosenberger No.	Description	
SL012S PE	Standard polyethylene jacket	
SL012S FRNC	Flame retardant, halogen-free jacket	

Mechanical Characteristics	
Inner conductor	Copper clad aluminium wire, 3.6 mm
Dielectric	Foamed PE, 9.0 mm
Diameter over outer conductor	Corrugated copper tube, 12.2 mm
Diameter over outer jacket	PE / FRNC, 13.4 mm
Cable with standard UV resistant and halogen free PE / FRNC	
Cable weight PE (FRNC)	171 (184) kg/km
Tensile strength	750 N
Min. bending radius, single	25 mm
Min. bending radius, repeated	35 mm
Number of bends, minimum (typical)	20 (50)
Recommended hanger spacing	0.8 m
Installation temperature	- 25 °C to + 60 °C
Operational temperature	- 40 °C to + 85 °C

Electrical Characteristics	
Impedance	50 ± 1 Ω
Relative velocity of propagation	83 %
Capacitance	80 pF/m
Inductance	0.195 μH/m
Maximum operating frequency	10.2 GHz
Cut-off frequency	13.0 GHz
Peak power rating	16 kW
DC breakdown voltage	2500 V
Jacket spark, volts RMS	5000 V
Inner conductor DC-resistance	2.73 Ω/km
Outer conductor DC-resistance	3.68 Ω/km
Insulation Resistance	≥ 10 GΩ x km
Return loss 800 – 1000 MHz	26 dB
Return loss 1700 – 2500 MHz	24 dB

Attenuation value and power rating

Frequency (MHz)	100	200	300	400	450	800	900	1000	1800	2000	2200	2500	2700	3000
Attenuation (dB/100 m)	3.31	4.84	6.07	7.11	7.59	10.40	11.20	11.80	16.00	17.20	18.20	19.50	20.50	21.90
Average Power (kW)	3.16	2.17	1.71	1.47	1.38	1.01	0.95	0.89	0.63	0.60	0.56	0.52	0.50	0.48

- Attenuation, ambient temperature: 20 °C
- Average power, ambient temperature: 40 °C
- Average power, inner conductor temperature: 100 °C
- Maximum attenuation value shall be 105 % of the nominal attenuation value
- Other frequencies on request

Osnovne karakteristike konektora proizvođača *Rosenberger*:

Rosenberger Connectors

Rosenberger SLink™ connectors are available in N and 7-16 DIN series with both male and female interfaces. All connectors are designed for ease of attachment while providing consistent, industry leading performance. Available for corrugated coaxial cable sizes from 1/4" to 1-5/8".

Rosenberger connectors have excellent mechanical and environmental properties that insure long-term durability and performance in outdoor installations. These connectors are designed to exceed the IP68 Ingress standard to withstand 2.5 bars (36 psi) of pressure.

All Rosenberger connectors are coated with a specially selected flash white bronze over silver (OPTARGEN®) plating. This coating is specifically selected to provide protection against oxidation while delivering exceptional intermodulation performance and excellent electrical conductivity.

7-16 DIN Series	
Technical Characteristics	
Nominal impedance	50 Ω
Frequency range	DC to 8.3GHz
Insertion loss	≤ 0.05 dB
Intermodulation	≤ -115 dBm @ 2 x 20 W
RF Leakage	≤ -128 dB @ 1 GHz
Operating temperature	-45° C to +85° C
Waterproof / Protection	IP 68
Plating Outer Contact	white bronze
Plating Center Contact	Silver
Return Loss	
1/4", 3/8", 1/2", 7/8", 1-1/4", 1-5/8"	≥35 dB DC to 1.0 GHz
1/4", 3/8", 1/2" S, 1-5/8"	≥30 dB 1 GHz to 2.7 GHz
1/2" R, 7/8", 1-1/4"	≥32 dB 1 GHz to 2.7 GHz

Male Straight		
Part Number	Cable Type	Description
60S1C7-C09N1	1/4" S	7-16 DIN male straight
60S115-C02N1	3/8" S	7-16 DIN male straight
60S1C7-C08N1	1/2" S	7-16 DIN male straight
60S1C7-C03N1	1/2" R	7-16 DIN male straight
60S1C7-CX5N1	7/8" R	7-16 DIN male straight
60S1D7-C06N1	1-1/4" R	7-16 DIN male straight
60S1D7-C07N1	1-5/8" R	7-16 DIN male straight

Female Straight		
Part Number	Cable Type	Description
60K1C7-C09N1	1/4" S	7-16 DIN female straight
60K115-C02N1	3/8" S	7-16 DIN female straight
60K1C7-C08N1	1/2" S	7-16 DIN female straight
60K1C7-C03N1	1/2" R	7-16 DIN female straight
60K1C7-CX5N1	7/8" R	7-16 DIN female straight
60K1D7-C07N1	1-1/4" R	7-16 DIN female straight
60K1D7-C07N1	1-5/8" R	7-16 DIN female straight



Povezivanje RBS kabineta (DU jedinice) i RRU2217/RRU2219 jedinica ostvariće se jednomodnim optičkim kablom, sa dva vlakna.

Predviđeno je korišćenje Ericsson OIL (*Optical Interface Link*) kablova u skladu sa standardom G.762, sa prefabrikovanim LC konektorima i Ericsson uvodnicama za kablove. Minimalni radijus savijanja za OIL kabl iznosi 100mm, a za optičko vlakno 50mm.

Mehaničke karakteristike OIL kabla:

Radni temperaturni opseg	-40 do +60°C
Minimalni radijus savijanja	100 mm
Maksimalna sila zatezanja tokom eksploatacije	300 N
Maksimalna vučna sila tokom instalacije	450 N
Klasa uslova okoline – otpornost na plamen	IEC 60332-1
Klasa uslova okoline – prodiranje vode	IEC 60794-1-2-F5

Transmisionne karakteristike OIL kabla:

Za talasnu dužinu 1310 nm:	
Prosječno podužno slabljenje kabla	≤ 0.36 dB/km
Maksimalno slabljenje	≤ 0.39 dB/km
Talasna dužina sa nultom disperzijom	1302-1322 nm
Nagib sa nultom disperzijom	≤ 0.092 ps/(nm ² · km)
Koeficijent hromatske disperzije	≤ 2.8 ps/(nm · km)
Prečnik polja moda na 1310 nm, Petermann II	9.2 ± 0.4 μm
Za talasnu dužinu 1550 nm:	
Prosječno podužno slabljenje kabla	≤ 0.21 dB/km
Maksimalno slabljenje	≤ 0.25 dB/km
Koeficijent hromatske disperzije na 1550 nm	≤ 18 ps/(nm · km)
Koeficijent hromatske disperzije na 1570 nm	≤ 19 ps/(nm · km)
Prečnik polja moda na 1550 nm, Petermann II	10.5 ± 0.5 μm
Granična talasna dužina, kabl, λ _{cc}	< 1260 nm
Polarizaciona disperzija	≤ 0.2 ps/√km

Za napajanje RRUS 2217 jedinica koristiće se Ericsson DC kabl.

Dužina trase optičkih i DC napojnih kablova od RBS do RRUS-a:

Sektor 1:	Ericsson OIL kabl	–	20m
Sektor 2/3/4:	Ericsson OIL kabl	–	10m

3.3 Proračun slabljenja na trasi i EIRP

Na osnovu tehničkih karakteristika antenskih kablova (fidera i prelaznih kablova) i konektora, ASC, kao i procijenjene dužine kablova, ukupno slabljenje na trasi iznosi:

GSM 900 (Sektor 2 (Az=230°) i Sektor 3 (Az=255°)):

$$a_{uk900} = a_{fid} + a_{con}$$

$$a_{uk900} = 2m * 0.102dB / m + 2 * 0.02dB$$

$$a_{uk900} = 0.204dB + 0.04dB$$

$$a_{uk900} = 0.244dB$$

GSM 1800 (Sektor 1 (Az=80°) i Sektor 4 (Az=350°)):

$$a_{uk1800} = a_{fid} + a_{con}$$

$$a_{uk1800} = 2m * 0.149dB / m + 2 * 0.02dB$$

$$a_{uk1800} = 0.298dB + 0.04dB$$

$$a_{uk1800} = 0.338dB$$

LTE 1800

(Sektor 1 (Az=80°), Sektor 2 (Az=230°), Sektor 3 (Az=255°) i Sektor 4(Az=350°)):

$$a_{uk1800} = a_{fid} + a_{con}$$

$$a_{uk1800} = 2m * 0.149dB / m + 2 * 0.02dB$$

$$a_{uk1800} = 0.298dB + 0.04dB$$

$$a_{uk1800} = 0.338dB$$

gdje je:

a_{uk} – slabljenje na kablovskoj trasi,

a_{uk900} – ukupno slabljenje na trasi za sistem GSM 900,

a_{uk1800} – ukupno slabljenje na trasi za sistem GSM 1800 i LTE 1800,

a_{jump} – slabljenje na prelaznim kablovima,

a_{con} – ukupno slabljenje na konektorima (za tipično slabljenje 0.02dB po konektoru)

Da bi dobili tačan proračun efektivnih izračenih snaga ovog antenskog sistema moramo uključiti pojačanje predajnika, antena i sva slabljenja.

Proračun efektivno izračene snage po radio kanalu GSM 900

Sektor	Sektor 1 (80°)	Sektor 2 (230°)	Sektor 3 (255°)	Sektor 3 (350°)
Izlazna snaga RRUS po radio kanalu	dBm 43	dBm 43	dBm 43	dBm 43
Slabljenje na trasi	dB/m - 0.244	dB/m - 0.244	dB/m - 0.244	dB/m - 0.244
Korekcija slabljenja	dB -1	dB -1	dB -1	dB -1
Slabljenje kombajnera	dB 0	dB 0	dB 0	dB 0
Antensko pojačanje	dBi 13.8	dBi 13.8	dBi 13.8	dBi 13.8
EIRP:	dBm 55.55	dBm 55.55	dBm 55.55	dBm 55.55
	dBW 25.55	dBW 25.55	dBW 25.55	dBW 25.55
	W 359.0	W 359.0	W 359.0	W 359.0

Proračun efektivno izračene snage po radio kanalu GSM 1800

Sektor	Sektor 1 (80°)	Sektor 2 (230°)	Sektor 3 (255°)	Sektor 3 (350°)
Izlazna snaga RRUS po radio kanalu	dBm 43	dBm 43	dBm 43	dBm 43
Slabljenje na trasi	dB/m - 0.338	dB/m - 0.338	dB/m - 0.338	dB/m - 0.338
Korekcija slabljenja	dB -1	dB -1	dB -1	dB -1
Slabljenje kombajnera	dB 0	dB 0	dB 0	dB 0
Antensko pojačanje	dBi 16.3	dBi 16.3	dBi 16.3	dBi 16.3
EIRP:	dBm 57.96	dBm 58.46	dBm 58.46	dBm 58.46
	dBW 27.96	dBW 28.46	dBW 28.46	dBW 28.46
	W 625.5	W 625.5	W 625.5	W 625.5

Proračun efektivno izračene snage po radio kanalu LTE 1800

Sektor	Sektor 1 (80°)	Sektor 2 (230°)	Sektor 3 (255°)	Sektor 3 (350°)
Izlazna snaga RRUS po radio kanalu	dBm 46	dBm 46	dBm 46	dBm 46
Slabljenje na trasi	dB/m - 0.338	dB/m - 0.338	dB/m - 0.338	dB/m - 0.338
Korekcija slabljenja	dB -1	dB -1	dB -1	dB -1
Slabljenje kombajnera	dB 0	dB 0	dB 0	dB 0
Antensko pojačanje	dBi 16.3	dBi 16.3	dBi 16.3	dBi 16.3
EIRP:	dBm 60.96	dBm 60.96	dBm 60.96	dBm 60.96
	dBW 30.96	dBW 30.96	dBW 30.96	dBW 30.96
	W 1248.0	W 1248.0	W 1248.0	W 1248.0

Napomena:

U sistemu LTE primjenjuje se MIMO 2x2 tehnologija po kojoj se ukupna snaga od 80W dijeli na dvije Tx grane, tako da je izlazna snaga po jednoj Tx grani 40W tj. 46 dBm.

4. Uticaj projektovane opreme na zdravlje ljudi i životnu sredinu

4.1 Izvod iz Studije o mogućnostima korišćenja radio frekvencija

Institut za razvoj i istraživanja u oblasti zaštite na radu¹ izradio je Studiju o mogućnostima korišćenja radio frekvencija iz opsega 694-790MHz, 1452-1492MHz, 2300-2400MHz, 3400-3600MHz i 3600-3800MHz za IMT sisteme.

U okviru navedene Studije dat je sveobuhvatan osvrt na stepen tehnološkog razvoja mobilnih komunikacionih mreža u Crnoj Gori sa tabelama trenutnih radio-frekvencijskih dodjela mobilnim operatorima u Crnoj Gori.

U nastavku ovog poglavlja dati su izvodi iz nekih poglavlja navedene Studije:

Mreže sva tri mobilna operatora: Telenor-a, Crnogorskog Telekom (T-Mobile) i Mtel-a, su zasnovane na harmonizovanim standardima druge generacije - 2G (GSM/DCS1800, uključujući i paketski segment GPRS, odnosno EDGE), treće generacije - 3G (IMT-2000/UMTS, uključujući HSPA+ i DC-HSDPA) i četvrte generacije - 4G (LTE/LTE-Advanced). Radio pristupni dio GSM/DCS1800 mreža realizovan je u opsezima 900MHz i 1800MHz, dok je pristupni dio UMTS mreža realizovan u opsezima 2100MHz i 900MHz (u opsegu 900MHz na bazi refarminga spektra). Za realizaciju radio pristupnog segmenta LTE mreža koriste se opsezi 800MHz ili 900MHz, 1800MHz i 2600MHz (opsezi 900MHz i 1800MHz na bazi refarminga spektra).

Stepen tehnološkog razvoja savremenih mobilnih komunikacionih mreža ogleda se u mogućnostima mreže da podrži, prije svega, širokopojasne usluge prenosa podataka. Stalna potreba korisnika za sve većim brzinama prenosa podataka i kvalitetom servisa uslovljava je mobilne operatore i u Crnoj Gori da konstantno unapređuju svoje mreže i na taj način drže korak u tehnološkom razvoju sa operatorima u razvijenim evropskim državama.

Kada je riječ o podršci za pružanje *data* usluga, GPRS/EDGE je implementiran na svim GSM/DCS1800 radio baznim stanicama sva tri operatora. Podsjećanja radi, GPRS omogućava protok od 53kb/s prema korisniku, a EDGE od oko 230kb/s prema korisniku (teorijski maksimum od 115kb/s za GPRS, odnosno 384kb/s za EDGE ograničen je brzinom procesiranja terminala).

Teorijski, u UMTS mrežama bez HSxPA unapređenja (WCDMA, 3GPP Release 99) moguće je ostvariti maksimalni protok od 384kb/s, a u zavisnosti od implementirane verzije HSDPA/HSUPA tehnologije (3GPP Release 5 i 6) teorijski je moguće ostvariti maksimalni protok od 14,4Mb/s prema korisniku (*downlink*), odnosno 5,76Mb/s od

¹ Sudiju je izradio Projektni tim:

Prof. Dr Zoran Veljović, dipl.el.ing.

Prof. Dr Milica Pejanović-Đurišić, dipl.el.ing

Doc. Dr Enis Kočan, dipl.el.ing

Mr Uglješa Urošević, dipl.el.ing

21.08.2017. godine za potrebe Agencije za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost

korisnika (*uplink*). U pristupnom dijelu 3G mreža (bez obzira na primijenjeni opseg) sva tri mobilna operatora u Crnoj Gori su implementirala HSPA+ tehnologiju (3GPP *Release 7*). Sve 3G radio bazne stanice, sva tri mobilna operatora, teorijski omogućavaju maksimalni protok od 21,1Mb/s prema korisniku u kanalu širine 2x5MHz.

Usljed ograničenih spektralnih kapaciteta u opsegu 900MHz, čiji dio je angažovan i za GSM i/ili LTE, u ovom opsegu se koristi redukovana širina UMTS nosioca od 2x4,2MHz, koja omogućava srazmjerno manji kapacitet bazne stanice. U zavisnosti od potreba za kapacitetom, na većem broju lokacija u urbanim djelovima većih gradova implementiran je *dual-carrier* (DC) koncept, koji teorijski omogućava protok od maksimalno 42,2Mb/s prema korisniku, koristeći dva susjedna kanala širine 2x5MHz (ukupno 2x10MHz). DC-HSDPA (3GPP *Release 8*) je trenutno posljednja komercijalno dostupna verzija IMT-2000/UMTS standarda na globalnom nivou.

Kako je već navedeno, 3G mobilne komunikacione mreže, zasnovane na WCDMA tehnici višestrukog pristupa, prošle su razvojni put od WCDMA, preko HSDPA/HSUPA do HSPA+ i DS-HSDPA verzije, kao posljednjeg komercijalno dostupnog unaprjeđenja u ovom trenutku. Iako omogućavaju protoke reda nekoliko Mb/s ka korisniku, UMTS mreže se ne ubrajaju u širokopojasne mobilne mreže kojima je moguće obezbijediti potpunu podršku za sve zahtjevnije multimedijalne servise. Za dalji razvoj mobilnih komunikacionih mreža, od kojih se očekuje ispunjenje znatno većih zahtjeva, bilo je neophodno implementirati sasvim novu tehnologiju pristupnog radio interfejsa.

Iako je prema ITU nomenklaturi zvanično dio IMT-2000 familije standarda, LTE (3GPP *Release 8*) se, zbog činjenice da se zasniva na potpuno novom konceptu višestrukog pristupa (OFDMA), u mobilnoj industriji smatra 4G tehnologijom mobilnih komunikacionih mreža. LTE tehnologiju odlikuju znatno veća propusnost (veće brzine prenosa podataka), veća brzina odziva mreže za zahtijevane servise (manji *ping*), veća fleksibilnost u korišćenju spektra (podržane različite širine kanala), kao i *all IP* komutacija. Ukupni kapacitet radio bazne stanice u smislu brzine prenosa podataka ka i od korisnika u LTE sistemu zavisi od širine raspoloživog spektra i uslova u mobilnom radio kanalu, tj. od izbora parametara prenosa. U Tabeli 1.2 i Tabeli 1.3 date su teorijski maksimalne brzine prenosa na LTE *downlink*-u i *uplink*-u, respektivno.

Tabela 1.2. Maksimalne brzine prenosa podataka na LTE *downlink*-u

Modulacija i kodni odnos	Biti po simb.	MIMO	Dostupna brzina prenosa [Mb/s] za različite širine LTE nosioca					
			1,4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
QPSK 1/2	1	SISO	0,8	2,2	3,7	7,4	11,2	14,9
16QAM 1/2	2	SISO	1,5	4,4	7,4	14,9	22,4	29,9
16QAM 3/4	3	SISO	2,3	6,6	11,1	22,3	33,6	44,8
64QAM 3/4	4,5	SISO	3,5	9,9	16,6	33,5	50,4	67,2
64QAM 1/1	6	SISO	4,6	13,2	22,2	44,7	67,2	89,7
64QAM 3/4	9	2X2 MIMO	6,6	18,9	31,9	64,3	96,7	129,1
64QAM 1/1	12	2X2 MIMO	8,8	25,3	42,5	85,7	128,9	172,1
64QAM 1/1	24	4X4 MIMO	16,6	47,7	80,3	161,9	243,5	325,1

Tabela 1.3. Maksimalne brzine prenosa podataka na LTE uplink-u

Modulacija i kodni odnos	Biti po simb.	MIMO	Dostupna brzina prenosa [Mb/s] za različite širine LTE nosioca					
			1,4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
QPSK 1/2	1	SISO	0,9	2,2	3,6	7,2	10,8	14,4
16QAM 1/2	2	SISO	1,7	4,3	7,2	14,4	21,6	28,8
16QAM 3/4	3	SISO	2,6	6,5	10,8	21,6	32,4	43,2
16QAM 1/1	4	SISO	3,5	8,6	14,4	28,8	43,2	57,6
64QAM 3/4	4,5	SISO	3,9	9,7	16,2	32,4	48,6	64,8
64QAM 1/1	6	SISO	5,2	13,0	21,6	43,2	64,8	86,4

Dio RF resursa kojima su raspolagali u opsegu 1800MHz Telenor i T-Mobile su još 2013. godine iskoristili za implementaciju LTE tehnologije. Dodjelom opsega 800MHz otvorena su vrata za širenje LTE pokrivenosti i na ruralna područja, kao i za implementaciju LTE-Advanced tehnologije (3GPP Release 10).

Usljed preraspodjele spektra u opsegu 1800MHz nakon aukcije spektra 2016. godine mobilni operatori su dobili mogućnost da u ovom opsegu implementiraju LTE nosilac pune širine od 2x20MHz na svim baznim stanicama. LTE tehnologija implementirana u mrežama crnogorskih operatora omogućava maksimalni protok od 150Mb/s na *downlink*-u i 75Mb/s na *uplink*-u, u kanalu širine 2x20MHz i uz primjenu 2x2 MIMO tehnike. Stvarni protok na aplikativnom nivou je manji iz razloga koji su prethodno navedeni.

S obzirom da raspolaže blokom širine 2x20MHz u opsegu 800MHz, T-Mobile je primjenom tehnike agregiranja LTE nosilaca (CA) u opsezima 800MHz i 1800MHz omogućio protok ka korisniku od 300Mb/s u većini urbanih oblasti. U užem urbanom dijelu Kotora, Budve i Bara implementirana je 3CA tehnika, korišćenjem, pored navedena dva, i opsega 2600MHz. Tehnika agregiranja LTE nosilaca je dio 3GPP Release 10 specifikacije, poznate pod imenom LTE-Advanced, koja prema ITU definiciji pripada familiji 4G mobilnih komunikacionih mreža. LTE-Advanced tehnologija na bazi 3GPP Release 10 je trenutno najnaprednija komercijalno dostupna tehnologija mobilnih komunikacionih mreža.

Preraspodjelom spektra u opsegu 900MHz i usljed činjenice da na aukciji spektra iz 2016. godine nije dobio radio-frekvencije iz opsega 800MHz, Telenor je dio resursa u opsegu 900MHz (blok širine 2x10MHz u urbanim, odnosno 2x5MHz u ruralnim oblastima) angažovao za implementaciju LTE/LTE-Advanced tehnologije, u kombinaciji sa opsegom 1800MHz.

Mtel je primijenio strategiju frekvencijskog planiranja LTE/LTE-Advanced mreže koja podrazumijeva agregiranje LTE nosilaca u opsezima 800MHz (**širina LTE nosioca od 2x10MHz**) i 1800MHz (**širina LTE nosioca od 2x20MHz**), s tim što ovaj operator raspolaže i blokom širine 2x20MHz u opsegu 2600MHz, koji trenutno nije u upotrebi.

Treba napomenuti da implementacijom LTE/LTE-Advanced mreža dolazi do postepene migracije *data* saobraćaja i rasterećenja UMTS mreža, što direktno utiče i na kvalitet servisa, tj. na protok na *downlink*-u i *uplink*-u u 3G mrežama.

Kod sva tri mobilna operatora GSM/DCS1800, UMTS i LTE/LTE-Advanced mreže funkcionišu integralno, sa integrisanim jezgrom i zajedničkom prenosnom mrežom. U mrežama sva tri operatora omogućen je tzv. vertikalni *handover*, tj. automatsko

prebacivanje konekcije sa jedne na drugu tehnologiju, čime se postiže ostvarivanje maksimalnih performansi prenosa i neprekidnost veze.

Prenosni dio mreže Telenor-a i Mtel-a zasnovan je uglavnom na mikrotalasnim radio-relejnim vezama, sa za sada još uvijek manje zastupljenim prenosom po optičkim vlaknima, za koji se može reći da je u ekspanziji. T-Mobile na kičmi prenosne mreže koristi optičke prenosne kapacitete, a u *last mile* dijelu se takođe u značajnoj mjeri oslanja na mikrotalasne radio-relejne veze. U cilju obezbjeđivanja podrške za zadovoljenje rastućih zahtjeva za širokopojsnim uslugama, kapaciteti prenosnih mreža se konstantno proširuju, povećanjem kapaciteta radiorelejnih veza (na nekim trasama do tehnološkog maksimuma) i razvojem optičkih spojnih puteva u *last mile* dijelu. Važno je napomenuti da su sva tri mobilna operatora izvršila migraciju prenosnih mreža ka *all IP* prenosu.

Trenutno su u Crnoj Gori za javne mobilne komunikacione mreže dodijeljeni RF resursi iz opsega 800MHz, 900MHz, 1800MHz, 2100MHz i 2600MHz. Važeće dodjele su rezultat aukcije spektra iz navedenih opsega koju je Agencija sprovela 2016. godine, osim dodjela Mtel-u u opsezima 900MHz, 1800MHz i 2100MHz koje su iz 2007. godine i koje važe do aprila 2022. godine.

Tabela 2.1. Radio-frekvencijski opsezi opredijeljeni za mobilne komunikacione mreže

Opseg	Ukupna količina spektra	FDD/TDD	Broj blokova širine 5MHz	Tehnologija
700MHz	60-80MHz, 2x30MHz+do 20MHz	FDD, TDD	5 uparenih+ do 4 neuparena	MFCN (TRA-ECS)
800MHz	60MHz, 2x30MHz	FDD	6 uparenih	MFCN (TRA-ECS)
900MHz	70MHz, 2x35MHz	FDD	7 uparenih	GSM, IMT (TRA-ECS)
1500MHz	40MHz	TDD	8 neuparenih	MFCN (TRA-ECS)
1800MHz	150MHz, 2x75MHz	FDD	15 uparenih	DCS1800, IMT (TRA-ECS)
2100MHz	120MHz+35, 2x60MHz+35MHz	FDD	12 uparenih+ 7 neuparenih	MFCN (TRA-ECS) DA2GC, IMT
2350MHz	100MHz	TDD	20 uparenih	MFCN (TRA-ECS)
2600MHz	190MHz, 2x70MHz +50MHz	FDD, TDD	14 uparenih+ 10 neuparenih	MFCN (TRA-ECS)
3,5GHz	200MHz ili 160MHz, 2x80MHz	TDD ili FDD	40 neuparenih ili 16 uparenih	MFCN (TRA-ECS)
3,7GHz	200MHz	TDD	40 neuparenih	MFCN (TRA-ECS)

Planovi dodjele radio-frekvencija u opsezima 800MHz, 900MHz, 1800MHz, 2100MHz (upareni), 2100MHz (neupareni) i 2600MHz dati su u Tabelama 2.2 do 2.7, respektivno.

Tabela 2.2. Plan dodjele radio-frekvencija iz opsega 800MHz

Oznaka bloka	Širina bloka	Granice bloka (UL/DL)[MHz]	Nosilac odobrenja
U periodu od 01. 09. 2016. godine do 01. 09. 2031. godine			
A1,A2	2x10MHz	832-842/791-801	Mtel
A3,A4,A5,A6	2x10MHz	842-862/801-821	Crnogorski Telekom

Tabela 2.3. Plan dodjele radio-frekvencija iz opsega 900MHz

Oznaka bloka	Širina bloka	Granice bloka (UL/DL)[MHz]	Nosilac odobrenja
U periodu od 01. 02. 2017. godine do 20. 04. 2022. godine			
B1,B2	2x10MHz	880-890/925-935	Mtel
B3,B4,B5	2x15MHz	890-905/935-950	Telenor
B6,B7	2x10MHz	905-915/950-960	Crnogorski Telekom
U periodu od 21. 04. 2022. godine do 01. 09. 2031. godine			
B1,B2	2x10MHz	880-890/925-935	nedodijeljeno
B3,B4,B5	2x15MHz	890-905/935-950	Telenor
B6,B7	2x10MHz	905-915/950-960	Crnogorski Telekom

Tabela 2.4. Plan dodjele radio-frekvencija iz opsega 1800MHz

Oznaka bloka	Širina bloka	Granice bloka (UL/DL)[MHz]	Nosilac odobrenja
U periodu od 01. 02. 2017. godine do 20. 04. 2022. godine			
C1,C2,C3,C4,C5	2x25MHz	1710-1735/1805-1830	Telenor
C6,C7,C8,C9,C10	2x25MHz	1735-1760/1830-1855	Mtel
C11,C12,C13,C14,C15	2x25MHz	1760-1785/1855-1880	Crnogorski Telekom
U periodu od 21. 04. 2022. godine do 01. 09. 2031. godine			
C1,C2,C3,C4,C5	2x25MHz	1710-1735/1805-1830	Telenor
C6	2x5MHz	1735-1740/1830-1835	Mtel
C7,C8,C9,C10,C11	2x25MHz	1740-1765/1835-1860	Crnogorski Telekom
C12,C13,C14,C15	2x20MHz	1765-1785/1860-1880	nedodijeljeno

Tabela 2.5. Plan dodjele radio-frekvencija iz opsega 2100MHz (upareni)

Oznaka bloka	Širina bloka	Granice bloka (UL/DL)[MHz]	Nosilac odobrenja
U periodu od 01. 02. 2017. godine do 20. 04. 2022. godine			
D1	2x5MHz	1920-1925/2110-2115	nedodijeljeno
D2	2x5MHz	1925-1930/2115-2120	Crnogorski Telekom
D7,D8,D9	2x15MHz	1950-1965/2140-2155	
D3,D4,D5,D6	2x20MHz	1930-1950/2120-2140	Telenor
D10,D11,D12	2x15MHz	1965-1980/2155-2170	Mtel
U periodu od 21. 04. 2022. godine do 01. 09. 2031. godine			
D1,D2,D3,D4	2x20MHz	1920-1940/2110-2130	nedodijeljeno
D5,D6,D7,D8	2x20MHz	1940-1960/2130-2150	Crnogorski Telekom
D9,D10,D11,D12	2x20MHz	1960-1980/2150-2170	Telenor

Tabela 2.6. Plan dodjele radio-frekvencija iz opsega 2100MHz (neupareni)

Oznaka bloka	Širina bloka	Granice bloka (UL/DL)[MHz]	Nosilac odobrenja
U periodu od aprila 2017. godine do aprila 2022. godine			
E1	5MHz	1900-1905	nedodijeljeno
E2	5MHz	1905-1910	Telenor
E3	5MHz	1910-1915	Crnogorski Telekom
E4	5MHz	1915-1920	Mtel
E5,E6,E7	15MHz	2010-2025	nedodijeljeno
U periodu od aprila 2022. godine do 01. 09. 2031. godine			
E1	5MHz	1900-1905	Crnogorski Telekom
E2,E3,E4	15MHz	1905-1920	nedodijeljeno
E5,E6,E7	15MHz	2010-2025	nedodijeljeno

Tabela 2.7. Plan dodjele radio-frekvencija iz opsega 2600MHz

Oznaka bloka	Širina bloka	Granice bloka (UL/DL)[MHz]	Nosilac odobrenja
U periodu od 01. 09. 2016. godine do 01. 09. 2031. godine			
F1,F2	2x10MHz	2500-2510/2620-2630	Crnogorski Telekom
F3,F4,F5,F6	2x20MHz	2510-2530/2630-2650	Mtel
F7 do F14	2x40MHz	2530-2570/2650-2690	nedodijeljeno
G1 do G8	40MHz	2570-2610	nedodijeljeno
G9	5MHz	2610-2615	Crnogorski Telekom

Analizom navedenih podataka može se zaključiti da Crnogorski Telekom sa 2x85MHz (37,78% ukupnih resursa u pet opsega) i Mtel sa 2x80MHz (35,55% ukupnih resursa u pet opsega) raspolažu približno istom ukupnom širinom spektra, s tim što Crnogorski Telekom raspolaže sa 2x10MHz više spektra u opsegu 800MHz, a Mtel sa isto toliko spektra više u opsegu 2600MHz, uz blok širine 2x5MHz manje u opsegu 2100MHz. Crnogorski Telekom je jedan od svega nekoliko mobilnih operatera u Evropi koji raspolaže sa 2x20MHz spektra u opsegu 800MHz.

4.2 Izvod iz zakonske regulative o elektromagnetnom zračenju

U ovom poglavlju dat je izvod najznačajnijih smjernica za projektovanje EM sistema iz Pravilnika o granicama izlaganja elektromagnetnim poljima („Službeni list Crne Gore“ broj 6/15).

4.2.1 Pojmovi i značenja

Opšta javna izloženost predstavlja izloženost dugotrajnom uticaju visokofrekventnih elektromagnetnih polja na populaciju svih starosnih doba i zdravstvenih stanja, kao i posebno osjetljivih grupa i pojedinaca, koji najčešće nijesu svjesni izloženosti elektromagnetnim poljima, pa se od njih ne može očekivati samostalno preduzimanje mjera kako bi se izbjegli neželjeni efekti.

Profesionalna izloženost predstavlja izloženost dugotrajnom uticaju visokofrekventnih elektromagnetnih polja na populaciju čiji profesionalni angažman podrazumijeva izloženost ovim pojavama pod opšte poznatim uslovima, svjesno prihvaćenim rizicima i preduzetim adekvatnim preventivnim mjerama zaštite.

Specifična apsorbovana energija (SA) je apsorbovana energija elektromagnetnog talasa po jedinici mase biološkog tkiva i izražava se u džulima po kilogramu (J/kg). Upotrebljava se kao osnovno ograničenje u frekvencijskom opsegu od 300 MHz do 10 GHz, i to u slučaju impulsnih elektromagnetnih polja.

Specifična apsorbovana snaga (SAR) je mjera brzine apsorbovanja energije po jedinici mase biološkog tkiva i izražava se u vatima po kilogramu (W/kg). Upotrebljava se kao osnovno ograničenje u frekvencijskom opsegu od 100 kHz do 10 GHz.

Osnovna ograničenja su ograničenja koja se odnose na izlaganje dugotrajnom uticaju visokofrekventnih elektromagnetnih polja, a koja su zasnovana na utvrđenim zdravstvenim i biološkim razmatranjima djelovanja tih polja na ljudski organizam.

Referentni nivoi su vrijednosti parametara elektromagnetnog polja sa kojima se porede izmjerene ili proračunate vrijednosti, u cilju utvrđivanja zadovoljenja osnovnih ograničenja.

4.2.2 Granice izlaganja elektromagnetnim poljima za profesionalno izložena lica i lica odgovornih za sprovođenje mjera zaštite od nejonizujućih zračenja za termičke efekte

Fizičke veličine i vrijednosti koje se koriste za utvrđivanje vrijednosti upozorenja (ALs), čije su magnitude utvrđene sa ciljem pojednostavljivanja procesa dokazivanja usklađenosti sa odgovarajućim graničnim vrijednostima izloženosti (ELVs) ili preduzimanju odgovarajućih zaštitnih ili preventivnih mjera su:

Vrijednosti upozorenja (ALs(E)) za jačinu električnih polja E vremenski promjenljivih električnih polja, vrijednosti upozorenja (ALs(B)) za magnetnu indukciju B vremenski promjenljivih električnih polja, vrijednosti upozorenja (ALs(S)) za gustinu snage elektromagnetnih talasa i date su u narednoj tabeli.

Vrijednosti upozorenja odgovaraju izračunatim ili izmjerenim vrijednostima polja na radnom mjestu u odsutnosti profesionalno izloženih lica i lica odgovornih za sprovođenje mjera zaštite od nejonizujućih zračenja, kao najviše vrijednosti s obzirom na položaj tijela ili pojedini dio tijela.

Vrijednosti upozorenja izloženosti električnim poljima frekvencija od 100 kHz do 300 GHz

Frekvencijski opseg	Vrijednosti upozorenja (ALs(E)) za jačinu električnog polja [V/m] (RMS)	Vrijednosti upozorenja (ALs(B)) za magnetnu indukciju [μ T] (RMS)	Vrijednosti upozorenja (ALs(S)) za gustinu snage [W/m^2]
$100 \text{ kHz} \leq f < 1 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^2$	$2,0 \times 10^6/f$	—
$1 \text{ MHz} \leq f < 10 \text{ MHz}$	$6,1 \times 10^8/f$	$2,0 \times 10^6/f$	—
$10 \text{ MHz} \leq f < 400 \text{ MHz}$	61	0,2	—
$400 \text{ MHz} \leq f < 2 \text{ GHz}$	$3 \times 10^{-3} \bar{f}$	$1,0 \times 10^{-5} \bar{f}$	—
$2 \text{ GHz} \leq f < 6 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	—
$6 \text{ GHz} \leq f \leq 300 \text{ GHz}$	$1,4 \times 10^2$	$4,5 \times 10^{-1}$	50

Napomene:

- f je frekvencija izražena u hercima (Hz).
- Vrijednosti upozorenja [ALs(E)]² i [ALs(B)]² se moraju usrednjiti u toku bilo kojeg 6-minutnog vremenskog intervala. Za RF impulse, najviša vrijednost gustine snage usrednjena kroz širinu impulsa ne smije da prekorači vrijednost koja je 1000 puta veća od odgovarajuće vrijednosti upozorenja (ALs(S)). Za multifrekvenciona polja analiza se bazira na sabiranju, prema objašnjenjima iz praktičnih smjernica.
- Vrijednosti upozorenja (ALs(E)) i (ALs(B)) predstavljaju najviše vrijednosti izračunate ili izmjerene s obzirom na položaj tijela profesionalno izloženih lica i lica odgovornih za sprovođenje mjera zaštite od nejonizujućih zračenja. To omogućava konzervativnu procjenu izloženosti i automatsku usklađenost sa graničnim vrijednostima izloženosti (ELVs) u svim nejednakim uslovima izloženosti. Kako bi se pojednostavila procjena usklađenosti sa graničnim vrijednostima izloženosti (ELVs), koja se sprovodi u skladu sa propisom kojim se uređuje bliži sadržaj procjene rizika u posebnim nejednakim uslovima, iz praktičnih smjernica utvrdiće se kriterijumi za prostorno usrednjavanje izmjerenih polja na osnovu priznate dozimetrije. U slučaju vrlo lokalizovanog izvora udaljenog nekoliko centimetara od tijela, usklađenost sa graničnim vrijednostima izloženosti (ELVs) se određuje pomoću dozimetrije, posebno za svaki pojedinačni slučaj.
- Gustina snage treba biti usrednjena na svakih 20 cm² izloženog tkiva. Maksimalne vrijednosti gustine snage usrednjene na površini od 1 cm² ne smiju prelaziti vrijednosti 20 puta veće od vrijednosti 50 W/m². Gustine snage od 6 do 10 GHz moraju se usrednjavati u toku bilo kojeg 6-minutnog vremenskog intervala. Iznad 10 GHz, gustina snage mora se usrednjavati u toku vremenskog intervala trajanja 68/f1,05 minuta (gdje je f frekvencija u GHz), kako bi se kompenzovala progresivno slabija penetracija na višim frekvencijama.

4.2.3 Granične vrijednosti (osnovna ograničenja) za izloženost stanovništva elektromagnetnim poljima za pojedinačnu frekvenciju

VRIJEDNOSTI UPOZORENJA (REFERENTNI NIVOI) RELEVANTNIH FIZIČKIH VELIČINA ZA OPŠTU JAVNU IZLOŽENOST STANOVNIŠTVA ELEKTROMAGNETNIM POLJIMA ZA POJEDINAČNU FREKVENCIJU

Vrijednosti upozorenja (referentni nivoi) za izloženost vremenski promjenljivim električnim i magnetnim poljima frekvencije između 100 kHz i 300 GHz definišu se za sljedeće relevantne veličine:

- Jačina električnog polja (E);
- Jačina magnetnog polja (H);
- Magnetna indukcija (B);
- Gustina snage ekvivalentnog ravanskog talasa (Sekv), samo za polja frekvencije između 10 MHz i 300 GHz.

Vrijednosti upozorenja (referentni nivoi) za izloženost elektromagnetnim poljima frekvencija između 100 kHz i 300 GHz

Frekvencijski opseg	Jačina električnog polja, E [V/m]	Jačina magnetnog polja, H [A/m]	Magnetna indukcija, B [μT]	Gustina snage ekvivalentnog ravanskog talasa, S _{ekv} [W/m ²]
100-150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-
1 – 10 MHz	87/√f	0,73/f	0,92/f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	1,375×√f	3,7×10 ⁻³ ×√f	4,6×10 ⁻³ ×√f	f/200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,2	10

Napomene:

- Sve vrijednosti su srednje-kvadratne (RMS).
- f je frekvencija izražena u jedinicama navedenim u prvoj koloni.
- Za frekvencije između 100 kHz i 10 GHz vrijednosti za Sekv, E2, H2 i B2 usrednjavaju se toku bilo kojeg vremenskog intervala trajanja 6 (šest) minuta.
- Za frekvencije između 100 kHz i 10 MHz vršne vrijednosti jačine polja dobijene su interpolacijom od 1,5-opadajuće vrijednosti na 100 kHz do 32-opadajuće vrijednosti na 10 MHz. Za frekvencije iznad 10 MHz preporučuje se da vršna vrijednost gustine snage ekvivalentnog ravanskog talasa, usrednjeno za vrijeme trajanja impulsa, ne smije prelaziti 1000 puta uvećanu graničnu vrijednost, odnosno da vrijednosti jačine polja ne smiju prelaziti 32 puta uvećane vrijednosti date u tabeli.
- Za frekvencije iznad 10 GHz vrijednosti za Sekv, E2, H2 i B2 usrednjavaju se u toku bilo kojeg vremenskog intervala trajanja 68/f1,05 minuta (f je izražena u GHz).

4.2.4 Vrijednosti upozorenja (referentni nivoi) relevantnih fizičkih veličina za izloženost stanovništva elektromagnetnim poljima u području povećane osjetljivosti za pojedinačnu frekvenciju

Vrijednosti upozorenja (referentni nivoi) za izloženost vremenski promjenljivim električnim i magnetnim poljima frekvencije između 100 kHz i 300 GHz definišu se za sljedeće relevantne veličine:

- Jačina električnog polja (E);
- Jačina magnetnog polja (H);
- Magnetna indukcija (B);
- Gustina snage ekvivalentnog ravanskog talasa (Sekv), samo za polja frekvencije
- između 10 MHz i 300 GHz.

Vrijednosti upozorenja (referentni nivoi) za izloženost elektromagnetnim poljima frekvencija između 100 kHz i 300 GHz

Frekvencijski opseg	Jačina električnog polja, E [V/m]	Jačina magnetnog polja, H [A/m]	Magnetna indukcija, B [μT]	Gustina snage ekvivalentnog ravanskog talasa, S _{ekv} [W/m ²]
100 – 150 kHz	43,5	2,5	3,125	-
0,15 – 1 MHz	43,5	0,37/f	0,46/f	-
1 – 10 MHz	43,5/√f	0,37/f	0,46/f	-
10 – 400 MHz	14	0,037	0,046	0,5
400 – 2000 MHz	0,7×√f	1,85×10 ⁻³ ×√f	2,3×10 ⁻³ ×√f	1,25×10 ⁻³ ×f
2 – 300 GHz	31	0,08	0,10	2,5

Napomene:

- Sve vrijednosti su srednje-kvadratne (RMS).
- f je frekvencija izražena u jedinicama navedenim u prvoj koloni.
- Za frekvencije između 100 kHz i 10 GHz vrijednosti za Sekv, E2, H2 i B2 usrednjavaju setoku bilo kojeg vremenskog intervala trajanja 6 (šest) minuta.
- Za frekvencije između 100 kHz i 10 MHz vršne vrijednosti jačine polja dobijene su interpolacijom od 1,5-opadajuće vrijednosti na 100 kHz do 32-opadajuće vrijednosti na 10 MHz. Za frekvencije iznad 10 MHz preporučuje se da vršna vrijednost gustine snage ekvivalentnog ravanskog talasa, usrednjeno za vrijeme trajanja impulsa, ne smije prelaziti 1000 puta uvećanu graničnu vrijednost, odnosno da vrijednosti jačine polja ne smiju prelaziti 32 puta uvećane vrijednosti date u tabeli.
- Za frekvencije iznad 10 GHz vrijednosti za Sekv, E2, H2 i B2 usrednjavaju se u toku bilo kojeg vremenskog intervala trajanja 68/f1,05 minuta (f je izražena u GHz).

4.2.5 Uslovi u slučaju istovremenog djelovanja elektromagnetnih polja više stacionarnih izvora različitih frekvencija

U slučaju istovremene izloženosti uticaju elektromagnetnih polja koja potiču od više izvora i više različitih frekvencija, zadovoljenje osnovnih ograničenja uslovljeno je ne samo zadovoljenjem referentnih nivoa, već moraju biti zadovoljeni i dodatni zahtjevi.

Uzimajući u obzir efekte izazvane intenzitetom gustine indukovane struje i stimulacione električne efekte, a što je relevantno za frekvencije između 100 kHz i 300 GHz, sljedeća dva zahtjeva dodatno moraju biti zadovoljena:

$$\sum_{j=1}^{N_g} \left(\frac{E_j(f_j)}{E_{L,j}} \right)^2 \leq 1, f_j \in \{100\text{kHz}, 300\text{GHz}\}$$
$$\sum_{j=1}^{N_g} \left(\frac{H_j(f_j)}{H_{L,j}} \right)^2 \leq 1, f_j \in \{100\text{kHz}, 300\text{GHz}\}$$

gdje je,

E_j - efektivna vrijednost jačine električnog polja u V/m na frekvenciji f_j ,

$E_{L,j}$ - efektivna vrijednost jačine graničnog nivoa električnog polja u V/m na frekvenciji f_j ,

H_j - efektivna vrijednost jačine magnetnog polja u A/m na frekvenciji f_j ,

$H_{L,j}$ - efektivna vrijednost jačine graničnog nivoa magnetnog polja u A/m na frekvenciji f_j .

4.2.6 Referentni propisi i norme

Preporuka Savjeta Evropske Unije 1999/519/EC o ograničavanju izlaganja ljudi elektromagnetnim poljima (0 Hz do 300 GHz)

ICNIRP 1998 – Uputstvo za ograničavanje izlaganju vremenski promjenljivim električnim, magnetnim i elektromagnetnim poljima (do 300 GHz)

ICNIRP Izjava na ICNIRP 1998 (septembar 2009)

EN 50364/2001 – Ograničenje izloženosti ljudi elektromagnetnim poljima od uređaja koji rade u frekvencijskom opsegu od 0 Hz do 10 GHz, a upotrebljavaju se u elektronskom nadzoru proizvoda (EAS), radiofrekvencijskoj identifikaciji (RFID) i sličnim primjenama

EN 50360/2001 – Norma za prikaz usklađenosti mobilnih telefona sa osnovnim ograničenjima koja se odnose na izloženost ljudi elektromagnetnim poljima (300 MHz – 3 GHz)

EN 50371/2002 – Norma za prikaz usklađenosti električnih i elektronskih uređaja male snage sa osnovnim ograničenjima koja se odnose na izloženost ljudi elektromagnetnim poljima (10 MHz do 300 GHz)

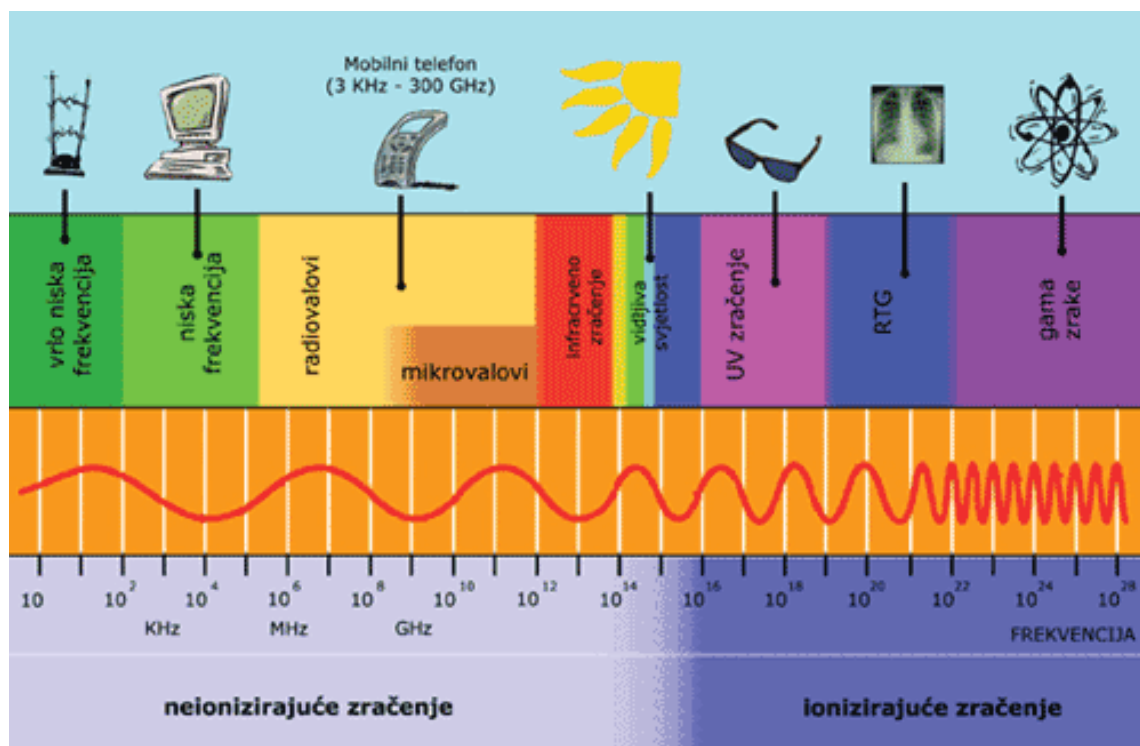
EN 50385/2002 – Norma proizvoda za prikaz usklađenosti radio stanica i fiksnih terminalnih stanica za bežične telekomunikacione sisteme sa osnovnim ograničenjima koja se odnose na izloženost ljudi elektromagnetnim poljima (110 MHz- 40 GHz).

4.3 Uticaj nejonizujućeg elektromagnetnog zračenja na životnu sredinu

Nejonizujuće zračenje je bilo koja vrsta elektromagnetnog zračenja koje ne posjeduje dovoljno energije po kvantu (na nivou fotona ona je manja od 12,4 eV), kojom bi mogla izazvati jonizaciju; odnosno ukloniti elektrona iz atoma ili molekula. Umjesto stvaranja jona prilikom prolaska kroz materiju, elektromagnetno zračenje ima dovoljno energije samo za ekscitaciju, odnosno prelazak elektrona u više energetske stanje, pri čemu mogu da se uoče različiti biološki efekti kod različitih vrsta nejonizujućeg zračenja.

Elektromagnetna energija se koristi na različite načine, iako njena suština i njena negativna dejstva još nijesu u potpunosti poznata a masovno je u mnogim uređajima njena primjena postala integralni dio modernog života. Ako mjerimo doprinos elektromagnetnih zračenja, odnosno polja, na razvoj i dobrobit ljudske zajednice i negativne efekte po zdravlje ljudi, možemo zaključiti da su pozitivni efekti daleko ispred negativnih efekata. Zapravo upotreba elektromagnetnih polja i talasa je temelj razvoja savremene civilizacije.

Početak 21. veka sve više se učvršćuje mišljenje da EM ili nejonizujuća zračenja proizvedena na različite načine, od energetske vodova do mobilnih telefona, izazivaju različita oboljenja, uključujući rak. Nažalost, zbog nedovoljnih saznanja, još uvijek nema jedinstvenog stava. Bolji uvid u realnu situaciju koji imaju dobri poznavaoци ove oblasti ukazuju da ne treba ignorisati njegove potencijalne opasnosti po zdravlje, jer su primijećeni uticaji i nejonizujućeg zračenja veoma male jačine, što nije lako objasniti i mogu se svrstati u različite kategorije, u zavisnosti od osobina i funkcija.



Prema frekvenciji, EM zračenje je podijeljeno na jonizujuće i nejonizujuće. Opšte prihvaćena granica je na talasnim dužinama oko 1nm u ultraljubičastom (UV)

području. Iznad ove granice je jonizujuće zračenje, u kome fotoni imaju dovoljnu energiju da fizički promijene atom koji pogode, mijenjajući ga u naelektrisanu česticu zvanu jon. Svi tipovi EM zračenja imaju iste fizičke osobine u smislu divergencije, interferencije, spajanja, i polarizacije; a razlikuju se po količini energije. Frekvencijski opseg EM spektra koji se danas tehnički koristi obuhvata red veličina 10^{12} .

Nejonizujuća (EM) zračenja obuhvataju: ultraljubičasto ili ultravioletno zračenje, vidljivo zračenje (svjetlost-talasne dužine 400-780 nm), infracrveno zračenje, radio-frekvencijsko zračenje, elektromagnetska polja niskih frekvencija (0-10 kHz) i lasersko zračenje. Nejonizujuća zračenja obuhvataju i ultrazvuk ili zvuk čija je frekvencija veća od 20 kHz. Izvor nejonizujućih zračenja može biti uređaj, instalacija ili objekat koji emituje ili može da emituje nejonizujuće zračenje.

Pored nejonizujućeg zračenja koje na Zemlju dolazi i iz prirodnih izvora, poput Sunca koje emituje ultraljubičasto zračenje i terastralnog zračenja zemlje, danas je savremeni način života nemoguće zamisliti bez uređaja koji sa jedne strane olakšavaju život, a sa druge predstavljaju izvor nejonizujućeg zračenja. U veštačke izvore spadaju električni uređaji u svakom domaćinstvu, poput šporeta, frižidera, mašina za veš, fenova, a tu su u čovekovom okruženju radari, mobilna telefonija, trafo stanice, bazne stanice, antene, bandere itd.

Zabrinutost oko uticaja nejonizujućeg zračenja na zdravlje se prvenstveno zasniva na brojnim epidemiološkim studijama. Takve studije sve više nalaze vezu između oboljenja i određenih karakteristika okoline, na osnovu bioloških podataka u određenom (posmatranom) vremenskom periodu za veliku populaciju ljudi. Svaki biološki podatak je čisto statistički; međutim, ljudi se obično mogu uklopiti u određene kategorije bazirane na osnovu mjesta života ili zaposlenja. Rezultati mogu ukazati samo na vjerovatan uzročnik (npr. nejonizujuće zračenje) pošto postoji mnogo uzročnika koji se mogu vezati za pojedinu osobu.

Epidemiološke studije obrađuju uočene efekte mogućeg opasnog izlaganja nejonizujućem zračenju na ljudsko zdravlje, te da li je izlaganje kvantitativno vezano za te efekte. Pri tome treba imati u vidu da epidemiolozi ne stvaraju eksperimentalna polja nejonizujućeg zračenja niti mogu da kontrolišu uzroke oboljenja na način kako to čine istraživači u laboratorijama. Zato nedostatak saznanja kako EM zračenja reaguju sa živim sistemima čini pitanje procjene uticaja EM zračenja glavnim uzrokom nesigurnosti.

Tabela 4.2.1. Najznačajniji biološki efekti nejonizujućeg zračenja iz različitih izvora, sa različitom talasnom dužinom i frekvencijom, otkriveni u mnogobrojnim epidemiološkim studijama

	Izvor	Frekvencija	Biološki efekti
UVA	Sunčevo zračenje	750 THz - 950 THz	Oko – fotohemijska katarakta; Koža – eritem, pigmentacija
Vidljiva svetlost	Laseri, Sunčeva svjetlost, vatra, LED, sijalice	385 THz - 750 THz	Koža - starenje; Oko – fotohemijske i termičke povrede retine

IR-A	Lasери, daljinski upravljači	215 THz - 385 THz	Oko – termičke povrede retine, termička katarakta, Opekotine kože
IR-B	Lasери, telekomunikacije	100 THz - 215 THz	Oko – opekotine rožnjače, katarakta, Opekotine kože
IR-C	Lasери, daleko IR područje	300 GHz - 100 THz	Oko – opekotine rožnjače, katarakta, Zagrijavanje površine tijela
Mikrotalasi	PCS telefoni, pojedini mobilni telefoni, mikrotalasne peći, bežični telefoni, detektori kretanja, radar, Wi-Fi	1 GHz - 300 GHz	Zagrijavanje tkiva
Radio-frekvencijsko zračenje	Mobilni telefoni , televizija, FM, AM, kratki talasi, bežični telefoni	100 kHz - 1 GHz	Zagrijavanje tkiva, povišena tjelesna temperatura
Niskofrekvencijski RF	Dalekovodi	< 100 kHz	Sakupljanje naboja na površini, Smetnje nervnih i mišićnih impulsa
Statička polja	Jaki magneti, MRI	0 Hz	Magnetsko – vrtoglavica/mučnina; Električno – naboj na površini tijela

Mjere zaštite od nejonizujućih zračenja zasnivaju se na sledećim načelima:

1. Načelo zabrane - izlaganje nejonizujućim zračenjima iznad propisane granice i svako nepotrebno izlaganje nejonizujućim zračenjima nije dozvoljeno;
2. Načelo srazmjernosti - uslovi i dozvoljenost korišćenja izvora nejonizujućih zračenja od posebnog interesa se određuju i cijene prema koristi koju njihovo korišćenje pruža društvu u odnosu na potencijalne rizike nastupanja štetnog dejstva usled njihovog korišćenja, uzimajući u obzir nivo i trajanje izloženosti stanovništva u konkretnom slučaju, starosnu i zdravstvenu strukturu potencijalno izloženog stanovništva, način, vrijeme i mjesto korišćenja takvog

izvora, prisustvo drugih izvora sa različitim frekvencijama, kao i druge relevantne okolnosti konkretnog slučaja;

3. Načelo javnosti - podaci o nejonizujućim zračenjima moraju biti dostupni javnosti.

Osnovne mjere zaštite od nejonizujućih zračenja su:

- * Izbjegavanje nepotrebnog izlaganja nejonizujućem zračenju
- * Rastojanje od izvora (poželjno je što veće)
- * Skraćenje vremena izlaganja
- * Ne primicati glavu i oči izvoru nejonizujućeg zračenja
- * Obilježavanje zona zračenja
- * Korišćenje zaštitnog odijela samo u posebnim situacijama
- * Periodični zdravstveni pregledi ljudstva izloženog nejonizujućem zračenju
- * Osposobljavanje za bezbjedan rad
- * Mjerenje zračenja
- * Kontrola kvaliteta izvora zračenja (prije puštanja uređaja u rad, periodične u toku rada i po završenoj opravci-servisiranju)
- * Zakonska regulativa

U sprovođenju zaštite od nejonizujućih zračenja u svim zemljama svijeta preduzimaju se i propisuju sledeće mjere:

- * Određivanje granica izlaganja nejonizujućim zračenjima;
- * Otkrivanje prisustva i određivanje nivoa izlaganja nejonizujućim zračenjima;
- * Određivanje uslova za korišćenje izvora nejonizujućih zračenja od posebnog interesa;
- * Obezbeđivanje organizacionih, tehničkih, finansijskih i drugih uslova za sprovođenje zaštite od nejonizujućih zračenja;
- * Vođenje evidencije o izvorima nejonizujućih zračenja od posebnog interesa;
- * Označavanje izvora nejonizujućih zračenja od posebnog interesa i zone opasnog zračenja na propisani način;
- * Sprovođenje kontrole i obezbeđivanje kvaliteta izvora nejonizujućih zračenja od posebnog interesa na propisani način;
- * Primjena sredstava i opreme za zaštitu od nejonizujućih zračenja;
- * Kontrola stepena izlaganja nejonizujućem zračenju u životnoj sredini i kontrola sprovedenih mjera zaštite od nejonizujućih zračenja;
- * Obezbeđivanje materijalnih, tehničkih i drugih uslova za sistematsko ispitivanje i praćenje nivoa nejonizujućih zračenja u životnoj sredini;
- * Obrazovanje i stručno usavršavanje kadrova u oblasti zaštite od nejonizujućih zračenja u životnoj sredini;
- * Informisanje stanovništva o zdravstvenim efektima izlaganja nejonizujućim zračenjima i mjerama zaštite i obavještanje o stepenu izloženosti nejonizujućim zračenjima u životnoj sredini.

4.4 Analiza uticaja elektromagnetnog zračenja baznih stanica

Karakteristike opreme i uređaja koji se koriste za rad u GSM/UMTS tehnologiji su takve, da svojim radom ne izazivaju zagađenje vazduha, zemljišta i vode. Nivo generisane buke kod baznih stanica za spoljašnju primjenu sa klimatizerom je u granicama koje propisuje standard ETSI ETS 300 375 Equipment Engineering (EE), Acoustic emitted by telecommunicatios equipment i Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama (Službeni list SFRJ", br. 21/92). Predajnici baznih radio-stanica i radio-relejnih stanica rade sa malim emisionim snagama i emituju elektromagnetska zračenja koja ne spadaju u jonizujuća zračenja.

Smještaj i položaj opreme baznih radio-stanica se tokom projektovanja definiše na taj način da položaj telekomunikacionog objekta lokacijski ne utiče na ugrožavanje životne sredine i prirodno okruženje u urbanim i neurbanim uslovima.

Bazne stanice i radio-relejne stanice, kao i drugi radio i TV predajnici, smatraju se izvorima nejonizujućeg zračenja, za razliku od jonizujućeg zračenja koje je svojstveno radioaktivnim materijama. Poslednjih godina istraživanja u oblasti uticaja elektromagnetne energije na životnu sredinu su intenzivirana, što je rezultiralo i ustanovljavanjem dozvoljenih vrijednosti elektromagnetskih emisija. Granične vrijednosti zasnovane su uglavnom na istraživanjima uticaja efekta zagrijavanja i stimulativnih efekata na ljudsko tijelo. Potrebno je naglasiti da su postavljene granice ispod onih vrijednosti intenziteta električnog polja za koje su uočeni eventualni negativni efekti.

Postoji više standarda koji regulišu ovu oblast, izdatih od strane međunarodnih institucija kao što su IRPA (međunarodni komitet za nejonizujuće zračenje), IEC (International Electrotechnical Commission), IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), CISPR (Comite International Special des Pertuations Radioelectriques), Evropski komitet za elektrotehničku standardizaciju (CENELEC – European Committee for Electrotechnical Standardization. Standard SRPS N.NO.205 dijelom reguliše problematiku uticaja nejonizujućeg zračenja na životnu sredinu i on postavlja jedinstvenu graničnu vrijednost za cio opseg od 30MHz do 300GHz koja iznosi $2W/m^2$ za ljude, odnosno $27,5V/m$. Novija istraživanja pokazuju da granične vrijednosti dozvoljene emisije elektromagnetnog polja zavise od radne frekvencije.

Pravilnikom o graničnim vrijednostima parametara elektromagnetnog polja u cilju ograničavanja izlaganja populacije elektromagnetnom zračenju, (Sl. list CG, broj 15/10) definisana su bazična ograničenja izlaganja i referentni granični nivo za izlaganja stanovništva nejonizujućem zračenju. Primjena mjerljivog referentnog graničnog nivoa osigurava poštovanje relevantnog bazičnog ograničenja.

Sa ciljem razmatranja uticaja na životnu sredinu izvršena je analiza raspodjele bliskog elektromagnetskog polja za svaki tip antena koje se koriste u FWA mreži. Analiza bliskog elektromagnetskog polja je kompleksan problem sa stanovišta izvođenja neophodnih proračuna. Naime, proračun se mora vršiti polazeći od Maxwell-ovih jednačina u njihovoj diskretnoj formi, prilagođenoj za računarske primjene. Pomoću programa RADCALC, koji je razvijen u kompaniji KATHREIN koja je ujedno i proizvođač antena koje se koriste u FWA mreži, omogućeno je izračunavanje intenziteta električnog i magnetskog polja u okolini proizvoljnog antenskog sistema. Na osnovu toga su određena rastojanja od antena za granične

vrijednosti električnog polja, što je polazna osnova pri projektovanju antenskih sistema na način da se životni prostor ostavi izvan kritične zone datih antena. Potrebno je naglasiti da se antenski sistemi baznih radio-stanica tako projektuju da se sve potencijalne prepreke, na emisionim pravcima od antena ka zoni pokrivanja od interesa, nalaze na višestruko većim rastojanjima nego što su maksimalna kritična rastojanja. Kada ovaj uslov ne bi bio ispunjen došlo bi do značajne degradacije kvaliteta telekomunikacionih servisa u projektovanoj radio-zoni.

Prema Zakonu o životnoj sredini (Sl. List CG 48/08) u proceduri dobijanja neophodnih dozvola i odobrenja potrebno je dobiti saglasnost na Studiju o procjeni uticaja na životnu sredinu koju izdaje upravni organ koji je nadležan za izdavanje odobrenja za gradnju.

Nakon puštanja u rad radio-stanica u urbanim područjima, ili u slučaju kada to zahtijeva zakupodavac ili upravni organ, vrše se mjerenja intenziteta elektromagnetne emisije u okolini radio-stanica, koje vrše nadležne institucije i izvještaj o mjerenjima se podnosi nadležnom organu.

Tokom eksploatacije sistema oprema baznih radio-stanica se daljinski nadgleda pomoću sofisticiranih sistema za kontrolu i upravljanje mrežom, tako da je moguće utvrditi svaku abnormalnost u radu radio-stanica i adekvatno reagovati.

Elektromagnetna emisija GSM/UMTS baznih stanica je po svojoj prirodi veoma slična elektromagnetnoj emisiji TV predajnika. Na ovom mjestu treba posebno istaći da snage TV predajnika mogu biti i do 1000 puta jače od predajnika u GSM sistemu.

4.5 Proračun granične zone nedozvoljenog zračenja

Prilikom analize uticaja elektromagnetnog zračenja na čovjeka, a na osnovu dijagrama zračenja antena, može se grafički aproksimirati zona nedozvoljenog zračenja u okviru koje vrijednost nekog od razmatranih parametara polja (najčešće je to jačina električnog polja) prelazi standardom definisane granične vrijednosti.

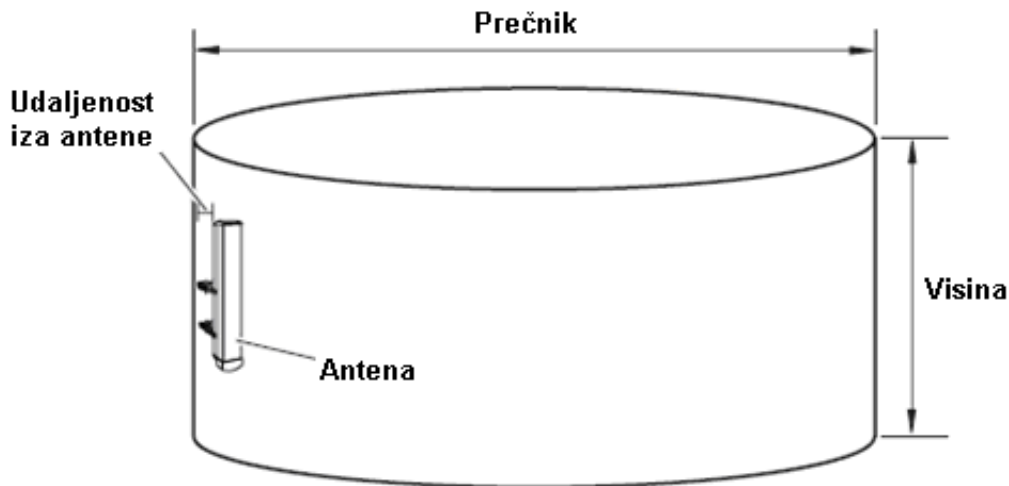
Na osnovu dijagrama zračenja usmjerenih antena zona nedozvoljenog zračenja se može prikazati kao cilindar na čijoj se ivici nalazi antena, a čiji prečnik predstavlja maksimalno granično rastojanje, dok se za omni antene zona nedozvoljenog zračenja može prikazati kao cilindar sa antenom u svom centru, a čiji poluprečnik predstavlja maksimalno granično rastojanje.

Na slici 5.4.1 cilindar konstruisan oko usmjerene antene definiše proračun graničnih rastojanja neželjenog dejstva elektromagnetnog polja, dok na slici 5.4.2 cilindar konstruisan oko omni antene definiše proračun graničnih rastojanja neželjenog dejstva elektromagnetnog polja.

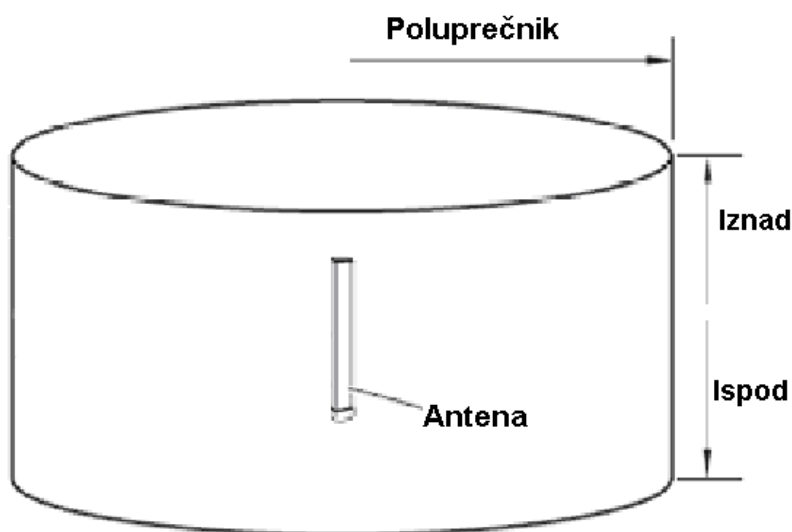
Kako slika 5.4.1. pokazuje, antena je locirana na ivici cilindra sa smjerom maksimalnog zračenja ka centru cilindra. Granično rastojanje ispred antene, definisano izrazom 5.4, je rastojanje između antene, u smjeru maksimalnog zračenja i cilindra prečnika d .

Visina cilindra je vertikalna dimenzija antene uvećana za jednaki iznos iznad i ispod antene.

Granična rastojanja iznad, ispod i iza antene određuje odnos naprijed nazad (*Front to Back Ratio*), kao i dijagram zračenja antena. Za omni antene se računa zona iznad i ispod antene, ali u odnosu na sredinu (centar) antene, a na osnovu dijagrama zračenja istih.



Slika 5.4.1. Prostorni prikaz za proračun graničnih rastojnja za usmjerene antene



Slika 5.4.2. Prostorni prikaz za proračun graničnih rastojnja za omni antene

U slučaju kada se analizira daleko polje (*far field region*), intenzitet električnog polja, intenzitet magnetnog polja i gustina snage emisije teorijski su povezani jednostavnim relacijama, a teorijske relacije se dobro slažu sa eksperimentalnim provjerama. Zbog toga je u ovom slučaju dovoljno izmjeriti samo jednu od ove tri komponente polja pošto su druge dvije komponente u tom slučaju jednoznačno određene.

Najčešće se mjeri intenzitet električnog polja zbog široke rasprostranjenosti mjernih uređaja za nivo električnog polja.

Koristeći model za proračun električnog polja u “dalekoj zoni” zračenja antenskog sistema, dobija se da je intenzitet električnog polja na rastojanju d od antene, u pravcu glavnog snopa zračenja, jednak:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G_T}}{d}, \quad (5.1)$$

gdje su:

- E – intenzitet električnog polja ,
- P – snaga predajnika na ulazu antene [W],
- G_T – dobitak predajne antene [W] i
- d – rastojanje od predajnika.

Obzirom da su izvori zračenja nekorelisani i da su primijenjene sektorske antene, koje su prostorno dislocirane, analitički proračun se sprovodi na način da se zanemaruje zračenja antena iz istog i drugih sektora, tj. posmatra se nivo zračenja u pravcu glavnog snopa pojedinačno za svaku antenu čime se zanemaruje eventualno proširenje zone nedozvoljenog zračenja zbog uticaja zračenja drugih antena.

Prema Pravilniku o granicama izlaganja elektromagnetnim poljima (Sl. list CG, broj 6/15), u daljem tekstu “Pravilnik”, referentni nivoi jačine električnog polja za opsege učestanosti koji se obrađuju ovim projektom, se računaju kao:

f \ $E_{L,j}$ [V/m]	Opšta javna izloženost stanovništva	Izloženost stanovništva u području povećane osjetljivosti
400 MHz – 2 GHz	$1.375 \times \sqrt{f}$	$0.7 \times \sqrt{f}$
2 GHz – 6 GHz	61	31

gdje $E_{L,j}$ predstavlja referentni nivo jačine električnog polja na frekvenciji j . Iz prethodne relacije se dobijaju referentni nivoi jačine električnog polja za izloženost stanovništva za opseg od interesa, npr:

f \ $E_{L,j}$ [V/m]	Opšta javna izloženost stanovništva	Izloženost stanovništva u području povećane osjetljivosti
800 MHz	38.89	19.8
900 MHz	41.25	21
1800 MHz	58.33	29.70
2100 MHz	61	31

Na osnovu relacije (5.1) i uz poznate referentne nivoe jačine električnog polja za svaki opseg od interesa, može se odrediti granično rastojanje u horizontalnom pravcu maksimalnog zračenja za svaku antenu pojedinačno:

$$d_{\max} = \sqrt{30 \cdot \frac{P \cdot G_T}{(E_{L,i})^2}} \quad (5.2)$$

U jednačini 5.2 proizvod PG_T naziva se ekvivalentnom izotropno izračenom snagom (*Equivalent Isotropically Radiated Power* - EIRP). Ekvivalentna izotropna snaga u smjeru maksimalnog zračenja jednaka je PG_T (ukupno za sve nosioce), dok se za ostale smjerove može odrediti na osnovu dijagrama zračenja antene.

Granična rastojanja iza antena, d_{\max}' , računaju se po istoj formuli s tim da se uzima u obzir odnos naprijed-nazad u proračunu EIRP'.

Usvojeno je pravilo da se granična rastojanja iznad i ispod antena, d_{\max}'' , računaju kao 1/20 graničnog rastojanja u pravcu maksimalnog zračenja.

4.5.1 Proračun zone nedozvoljenog zračenja za antenski sistem operatera MTEL

Područje djelovanja lokacije City Kvart može se smatrati područjem povećane osjetljivosti, tako da će na osnovu Pravilnika proračun granične zone nedozvoljenog zračenja biti urađen u skladu sa tim.

Na lokaciji City Kvart u sistemu GSM/LTE biće instalirane četiri panel antene tipa RFS APXVBL15EX-C-I20 čija je baza postavljena na istoj visini od 26.6 m u azimutima 80°, 230°, 255° i 350°.

Maksimalna efektivna izračena snaga po nosiocu (EIRP) za **GSM 900** opseg je ranije proračunata i iznosi 55.55dBm, tj. 359W za drugi i treći sektor. Maksimalni broj nosioca za svaki GSM sektor iznosi 2.

Na osnovu relacije , uz uvrštavanje poznatog referentnog nivoa jačine električnog polja za **GSM 900 opseg** (21V/m), dobija se granično rastojanje u horizontalnom pravcu zračenja za antenu tipa RFS APXVBL15EX-C-I20, za maksimalni broj nosioca:

$$\text{Sektor 2/3: } d_{\max} = \frac{\sqrt{30 \cdot 359 \cdot 2}}{21} = \frac{146.76}{21} = 6.98m$$

Granična rastojanja iznad i ispod antena za **GSM 900 opseg** iznose:

$$\text{Sektor 2/3: } d'_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{6.98}{20} = 0.35m$$

Maksimalna efektivna izračena snaga po nosiocu (EIRP) za **GSM 1800** opseg je ranije proračunata i iznosi 57.96dBm, tj. 625.5W za prvi i četvrti sektor. Maksimalni broj nosioca za svaki GSM 1800 sektor iznosi 2.

Na osnovu relacije, uz uvrštavanje poznatog referentnog nivoa jačine električnog polja za **GSM 1800 opseg** (29.7V/m), dobija se granično rastojanje u horizontalnom

pravcu zračenja za antenu tipa RFS APXVBLL15EX-C-I20, za maksimalni broj nosioca:

$$\text{Sektor 1/4: } d_{\max} = \frac{\sqrt{30 \cdot 625.5 \cdot 2}}{29.7} = \frac{193.72}{29.7} = 6.52m.$$

Granična rastojanja iznad i ispod antena za **GSM 1800 opseg** iznose:

$$\text{Sektor 1/4: } d'_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{6.52}{20} = 0.33m$$

Maksimalna efektivna izračena snaga po nosiocu (EIRP) za **LTE 1800 opseg** je ranije proračunata i iznosi 60.96dBm, tj. 1248W za sva četiri sektora. Maksimalni broj nosioca za svaki LTE sektor iznosi 2.

Na osnovu relacije, uz uvrštavanje poznatog referentnog nivoa jačine električnog polja za **LTE 1800 opseg** (29.7V/m), dobija se granično rastojanje u horizontalnom pravcu zračenja za antenu tipa RFS APXVBLL15EX-C-I20, za maksimalni broj nosioca:

$$\text{Sektor 1/2/3/4: } d_{\max} = \frac{\sqrt{30 \cdot 1248 \cdot 2}}{29.7} = \frac{273.64}{29.7} = 9.21m.$$

Granična rastojanja iznad i ispod antena za **LTE 1800 opseg** iznose:

$$\text{Sektor 1/2/3/4: } d''_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{9.21}{20} = 0.46m$$

Ako uzmemo u obzir jednačinu iz poglavlja 5.2 možemo izračunati jačinu polja na rastojanju d_{\max} :

$$E_{LTE} = \frac{\sqrt{30 \cdot EIRP_{LTE} \cdot 2}}{d_{\max}} \quad \text{i} \quad E_{UMTS} = \frac{\sqrt{30 \cdot EIRP_{UMTS} \cdot 3}}{d_{\max}}$$

Ako ove jednačine uvrstimo u uslov iz Pravilnika:

$$\sum_{j=1}^{N_g} \left(\frac{E_j(f_j)}{E_{L,j}} \right)^2 \leq 1, f_j \in \{100kHz, 300GHz\}$$

Kombinacijom relacija uz poznate referentne nivoe jačine električnog polja za svaki opseg od interesa, može se odrediti granično rastojanje u horizontalnom pravcu maksimalnog zračenja za svaku antenu pojedinačno:

$$d_{\max} = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_g} 30 \cdot \frac{P_j \cdot G_{T,j}}{E_{L,j}^2}}$$

Sektor 1/4 (GSM 1800 + LTE 1800):

$$d_{\max} = \sqrt{\left(\frac{30 \cdot 625.5 \cdot 2}{29.7^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 1248 \cdot 2}{29.7^2}\right)} = 11.29m$$

Granična rastojanja iznad i ispod antene iznose:

$$d''_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{11.29}{20} = 0.56m$$

Sektor 2/3 (GSM900 + LTE 1800):

$$d_{\max} = \sqrt{\left(\frac{30 \cdot 359 \cdot 2}{21^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 1248 \cdot 2}{29.7^2}\right)} = 11.56m$$

Granična rastojanja iznad i ispod antene iznose:

$$d''_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{11.56}{20} = 0.58m$$

Najniža visina baze za antene na lokaciji City Kwart je 26.6m. Uzevši u obzir granična rastojanja ispod antena koja ne prelaze 0.6m i uzevši u obzir ukupni tilt (nagib snopa zračenja naniže) koji ne prelazi 6°, krajnja tačka zone nedozvoljenog zračenja u pravcu maksimalnog zračenja nalazi se na visini ne nižoj od 25.34m.

U blizini lokacije City Kwart na udaljenosti 52m jugozapadno od lokacije nalaze se stambene zgrade visine oko 20m.

Uzevši u obzir visinu i usmjerenje MTEL-ovih antena na lokaciji City Kwart, maksimalnu visinu objekata u okolini lokacije, kao i to da je proračun urađen prema parametrima za zonu povećane osjetljivosti, može se zaključiti da se ni živa bića, ni uređaji ne mogu naći u zonama nedozvoljenog zračenja ovih antena.

4.5.2 Procjena graničnog rastojanja u horizontalnom pravcu zračenja ukupno za sve antenske sisteme za pretpostavljeni najnepovoljniji slučaj

Kako se svaka pojedinačna antena na lokaciji "City Kwart" nalazi na poziciji i na visini različitoj od ostalih antena ne može se adekvatno primijeniti jednačina iz Člana 8. Pravilnika o granicama izlaganja elektromagnetnom zračenju.

Na lokaciji se pored MTEL-ove opreme nalazi i **oprema operatera Crnogorski Telekom**.

Od strane Agencije za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost dobijeni su sledeći podaci o **opremi operatera Crnogorski Telekom**:

City kvart LTE 800

Azimut gl. snopa [°]	Tilt [°]	Tip antene	Visina antene iznad tla [m]	Max EIRP po nosiocu [W]	Broj nosilaca
345	-8	Kathrein 800 10691 v01		1230	1 (2X2 MIMO)
240	-8	Kathrein 800 10691 v01		1230	1 (2X2 MIMO)
170	-8	Kathrein 800 10691 v01		1230	1 (2X2 MIMO)

City kvart LTE 1800

Azimut gl. snopa [°]	Tilt [°]	Tip antene	Visina antene iznad tla [m]	Max EIRP po nosiocu [W]	Broj nosilaca
345	-8	Kathrein 800 10691 v01		740	1(2X2 MIMO)
240	-8	Kathrein 800 10691 v01		740	1(2X2 MIMO)
170	-8	Kathrein 800 10691 v01		740	1(2X2 MIMO)

City kvart UMTS 2100

Azimut gl. snopa [°]	Tilt [°]	Tip antene	Visina antene iznad tla [m]	Max EIRP po nosiocu [W]	Broj nosilaca
345	-6	Kathrein 800 10691 v01		923	2
240	-6	Kathrein 800 10691 v01		923	2
170	-6	Kathrein 800 10691 v01		923	2

Ako posmatramo azimute antena koje se nalaze na stubu na kojem je smješten antenski sistem operatera MTEL na ovoj lokaciji, može se zaključiti da se antenski sistem može aproksimirati tako da se podijeli u tri azimuta: 125° (iz opsega 80° - 170°) koji se može označiti kao azimut A, 242.5° (iz opsega 230° - 255°) koji se može označiti kao azimut B i 347.5° (iz opsega 345° - 350°), koji se može označiti kao azimut C.

Sektor	Sistem	M:TEL EIRP/Br. nosioca/Az	Crnogorski Telekom EIRP/Br. nosioca/Az
Azimut A AZ=125° Hbaze=26.6m Tilt =-8°	GSM 900		
	LTE 800		1230 W / 2 / 170°
	GSM 1800	625.5 W / 2 / 80°	
	LTE 1800	1248 W / 2 / 80°	740 W / 2 / 170°
	UMTS 2100		923 W / 2 / 170°
Azimut B AZ=242.5° Hbaze=26.6m Tilt =-8°	GSM 900	359W / 2 / 230° 359W / 2 / 255°	
	LTE 800		1230 W / 2 / 240°
	GSM 1800		
	LTE 1800	1248 W / 2 / 230° 1248 W / 2 / 255°	740 W / 2 / 240°
	UMTS 2100		923 W / 2 / 240°
Azimut C AZ=347.5° Hbaze=26.6m Tilt =-6°	GSM 900		
	LTE 800		1230 W / 2 / 345°
	GSM 1800	625.5 W / 2 / 350°	
	LTE 1800	1248 W / 2 / 350°	740 W / 2 / 345°
	UMTS 2100		923 W / 2 / 345°

. Ako uzmemo u obzir jednačinu (5.1) možemo izračunati jačinu polja na rastojanju d_{max} za svaki opseg frekvencija i za svaku antenu pojedinačno. Ako ove jednačine uvrstimo u uslov iz Člana 8. Pravilnika:

$$\sum_{f=100\text{ kHz}}^{1\text{ MHz}} \left(\frac{E_f}{C}\right)^2 + \sum_{f>1\text{ MHz}}^{300\text{ GHz}} \left(\frac{E_{f,i}}{E_{L,i}}\right)^2 \leq 1.$$

kombinacijom relacija uz poznate referentne nivoe jačine električnog polja za svaki opseg od interesa, može se odrediti granično rastojanje u horizontalnom pravcu maksimalnog zračenja za svaki sektor pojedinačno:

$$d_{max} = \sqrt{\sum_{f=1\text{ MHz}}^{300\text{ GHz}} 30 \frac{P_i G_{T,i}}{(E_{L,i})^2}}$$

Azimut A/C:

$$d_{\max} = \sqrt{\left(\frac{30 \cdot 1230 \cdot 2}{19.93^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 740 \cdot 2}{30^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 923 \cdot 2}{31^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 625.5 \cdot 2}{29.7^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 1248 \cdot 2}{29.7^2}\right)} = 20.50m$$

Granična rastojanja iznad i ispod antene iznose:

$$d''_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{20.50}{20} = 1.02m$$

Azimut B:

$$d_{\max} = \sqrt{\left(\frac{30 \cdot 1230 \cdot 2}{19.93^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 740 \cdot 2}{30^2}\right) + \left(\frac{30 \cdot 923 \cdot 2}{31^2}\right) + 2 \cdot \left(\frac{30 \cdot 359 \cdot 2}{21^2}\right) + 2 \cdot \left(\frac{30 \cdot 1248 \cdot 2}{29.7^2}\right)} = 23.67m$$

Granična rastojanja iznad i ispod antene iznose:

$$d''_{\max} = \frac{d_{\max}}{20} = \frac{23.67}{20} = 1.18m$$

Najniža visina baze za antene na lokaciji City Kwart je 26.6m. Uzevši u obzir granična rastojanja ispod antena koja ne prelaze 1.2m i uzevši u obzir ukupni tilt (nagib snopa zračenja naniže) koji ne prelazi 8°, krajnja tačka zone nedozvoljenog zračenja u pravcu maksimalnog zračenja unajnepovoljnijem slučaju nalazi se na visini ne nižoj od 22.02m.

U blizini lokacije City Kwart na udaljenosti 52m jugozapadno od lokacije nalaze se stambene zgrade visine oko 20m.

Uzevši u obzir visinu i usmjerenje MTEL-ovih antena na lokaciji City Kwart, maksimalnu visinu objekata u okolini lokacije, kao i to da je proračun urađen prema parametrima za zonu povećane osjetljivosti, može se zaključiti da se ni živa bića, ni uređaji ne mogu naći u zonama nedozvoljenog zračenja ovih antena.

Grafički prikaz zona nedozvoljenog zračenja dat je na sledećoj slici:



Jednom godišnje je obavezno izvršiti mjerenja jačine električnog polja (i gustine snage) preko ovlaštene institucije i uporediti sa onom vrijednošću koja je bila prilikom puštanja u rad. Na osnovu dobijenih podataka, u slučaju da isti iskaču iz dovoljenih granica, preduzeće se adekvatne mjere u cilju otklanjanja. O izvršenim mjerenjima mora se obavještavati nadležni organ za zaštitu životne sredine.

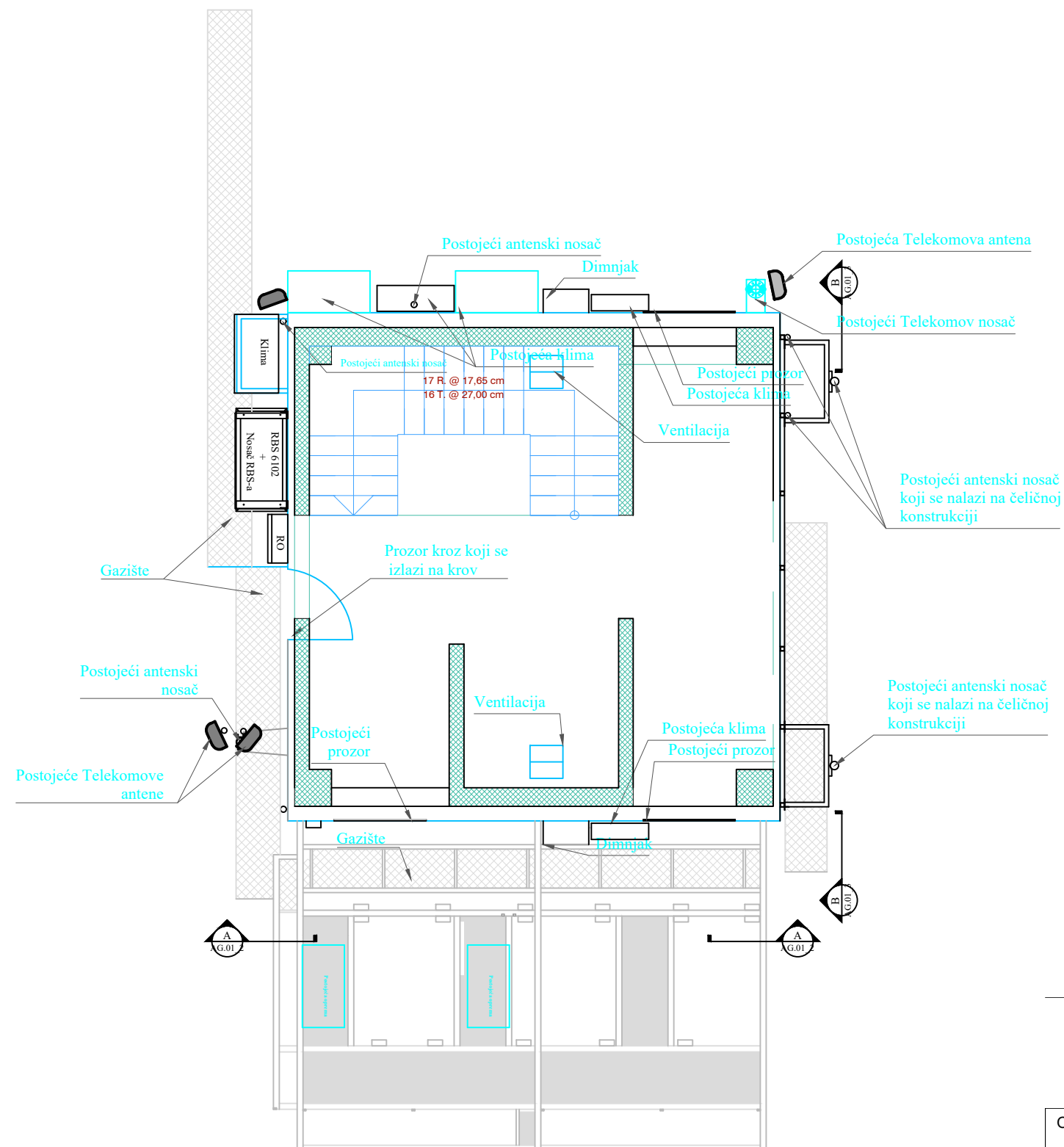
Zbog mogućeg štetnog uticaja RF zračenja antena, na lokaciji bazne radio-stanice treba istaći upozorenje da se predajnici bazne stanice moraju isključiti kada se na rastojanju manjem od 60 cm od njenih antena izvode radovi.

4.5.3 Uklapanje u životnu sredinu

Bazne stanice svojim radom ne zagađuju životno i tehničko okruženje. Ni na koji način se ne zagađuju vodu, vazduh i zemljište. Rad baznih stanica ne proizvodi nikakvu buku ni vibracije, nema toplotnih ni hemijskih dejstava.

U manjoj meri i u ograničenom prostoru može doći do nedozvoljenog nivoa elektromagnetnog zračenja baznih stanica, što je detaljno razmotreno u prthodnom poglavlju. Konačno, može se zaključiti da tokom normalnog rada bazne stanice ni na koji način ne ugrožavaju životnu i tehničku sredinu.

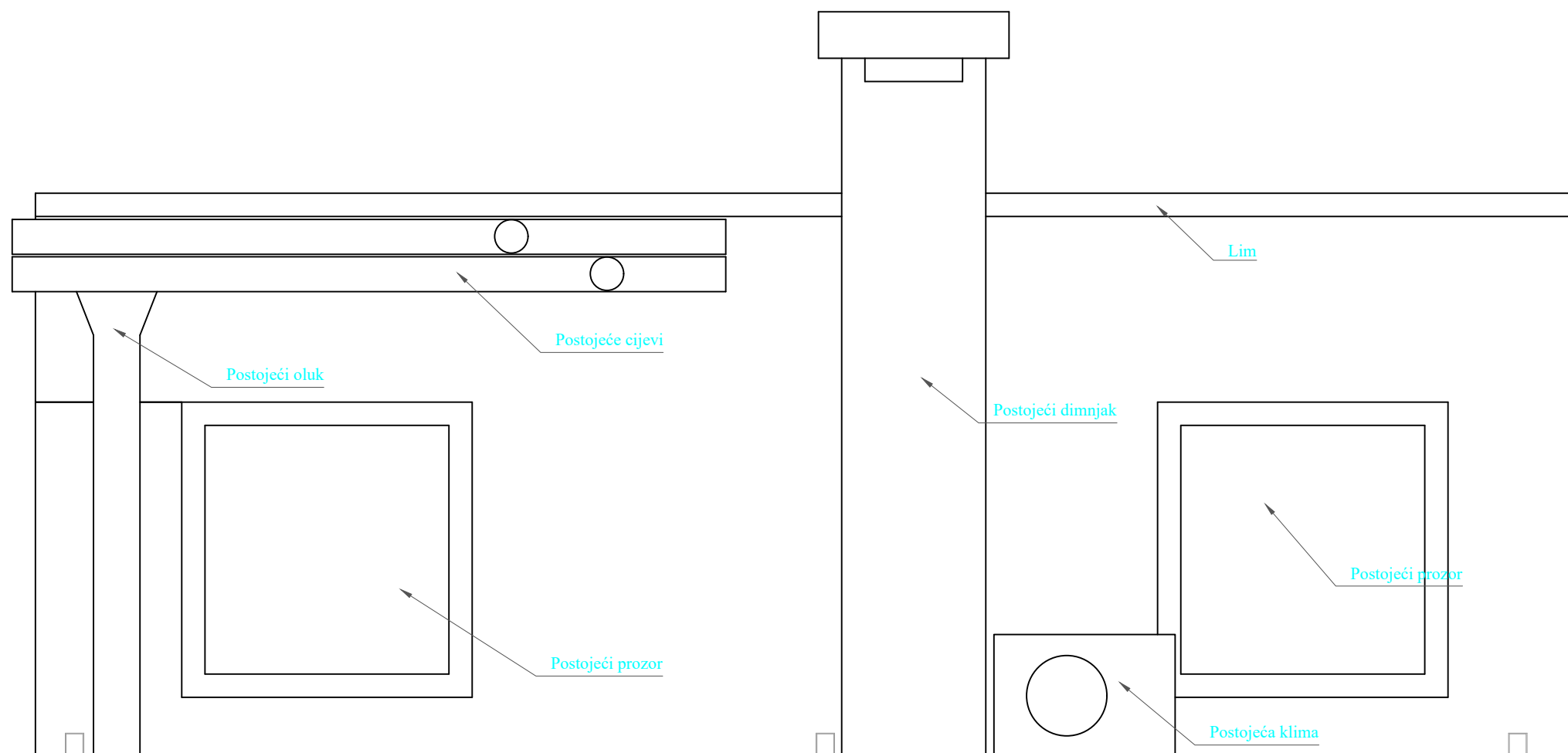
5. Grafička dokumentacija i prilozi



Investitor:
"M: TEL" d.o.o.
 Podgorica



Objekat:	Radio Bazna Stanica	Lokacija:	City Kwart - PG 110, opština Podgorica	
Glavni inženjer:		Vrsta tehničke dokumentacije:	Tehničko rješenje	
Odgovorni inženjer:	Jelena Balšić, dipl.inž.el.	Dio tehničke dokumentacije:	Elektroinstalacije slabe struje	Razmjera:
Saradnik/ci:		Prilog:	Osnova lokacije postojeće stanje	Broj priloga: TK.01 Broj strane: 01/03
Datum izrade i MP ¹ :	Decembar 2019.		Datum revizije i MP ² :	



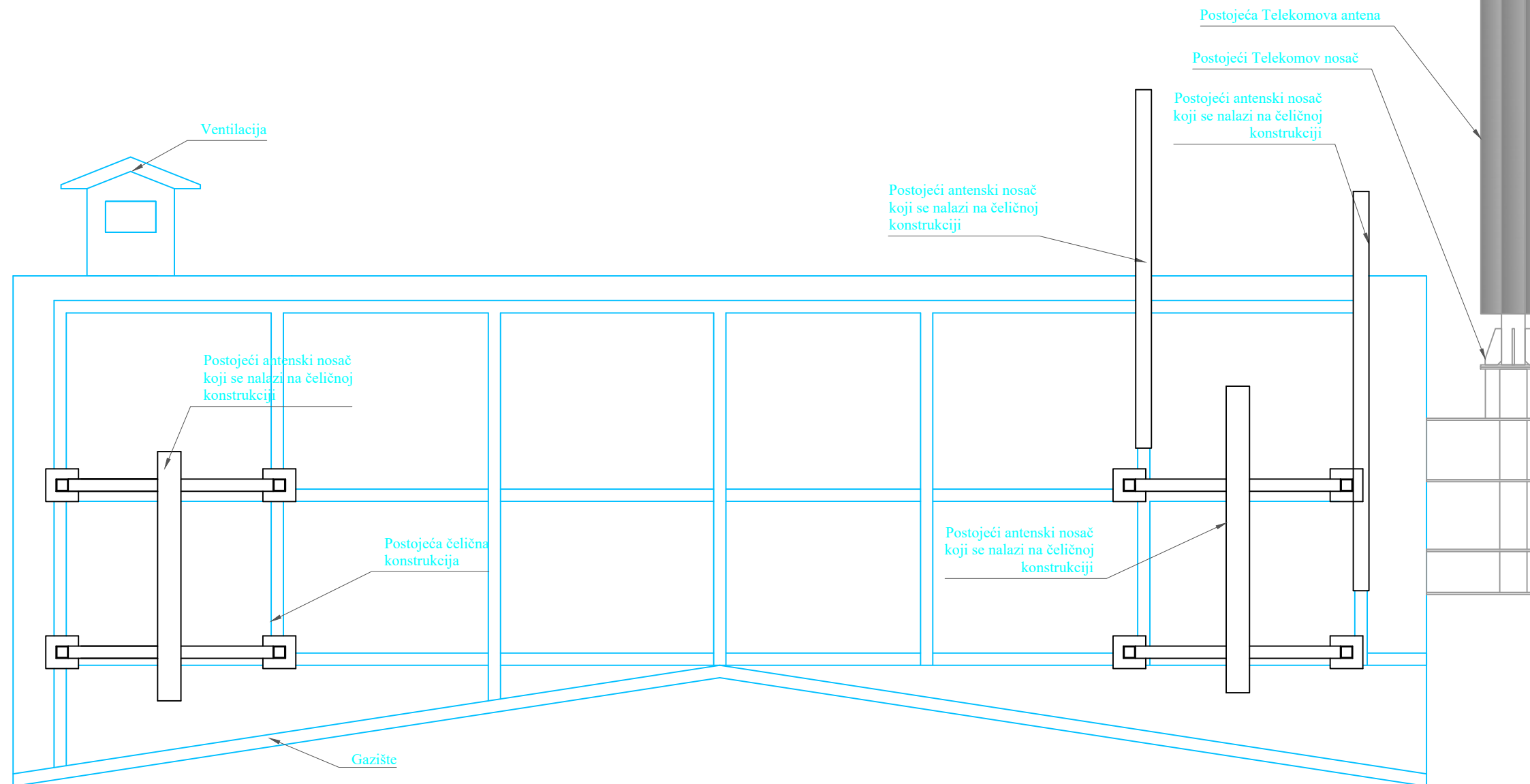
IZGLED A-A



Investitor:
"M: TEL" d.o.o.
Podgorica



Objekat:	Radio Bazna Stanica	Lokacija:	City Kwart - PG 110, opština Podgorica	
Glavni inženjer:		Vrsta tehničke dokumentacije:	Tehničko rješenje	
Odgovorni inženjer:	Jelena Balšić, dipl.inž.el.	Dio tehničke dokumentacije:	Elektroinstalacije slabe struje	Razmjera: 1:25
Saradnik/ci:		Prilog:	Izgled A-A postojeće stanje	Broj priloga: TK.01 Broj strane: 02/03
Datum izrade i MP ¹ :	Decembar 2019.		Datum revizije i MP ² :	



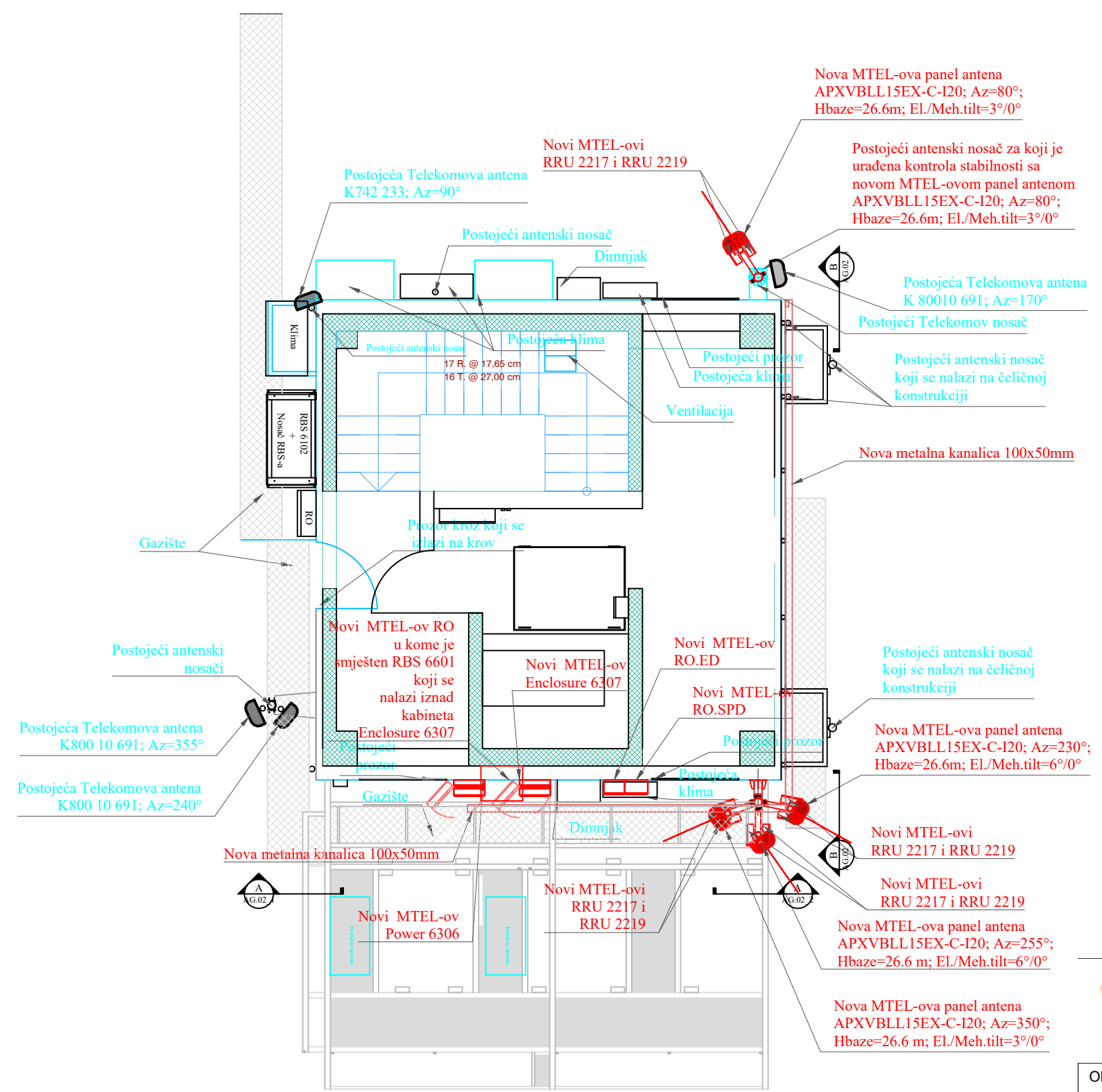
IZGLED B-B



Investitor:
"M: TEL" d.o.o.
Podgorica



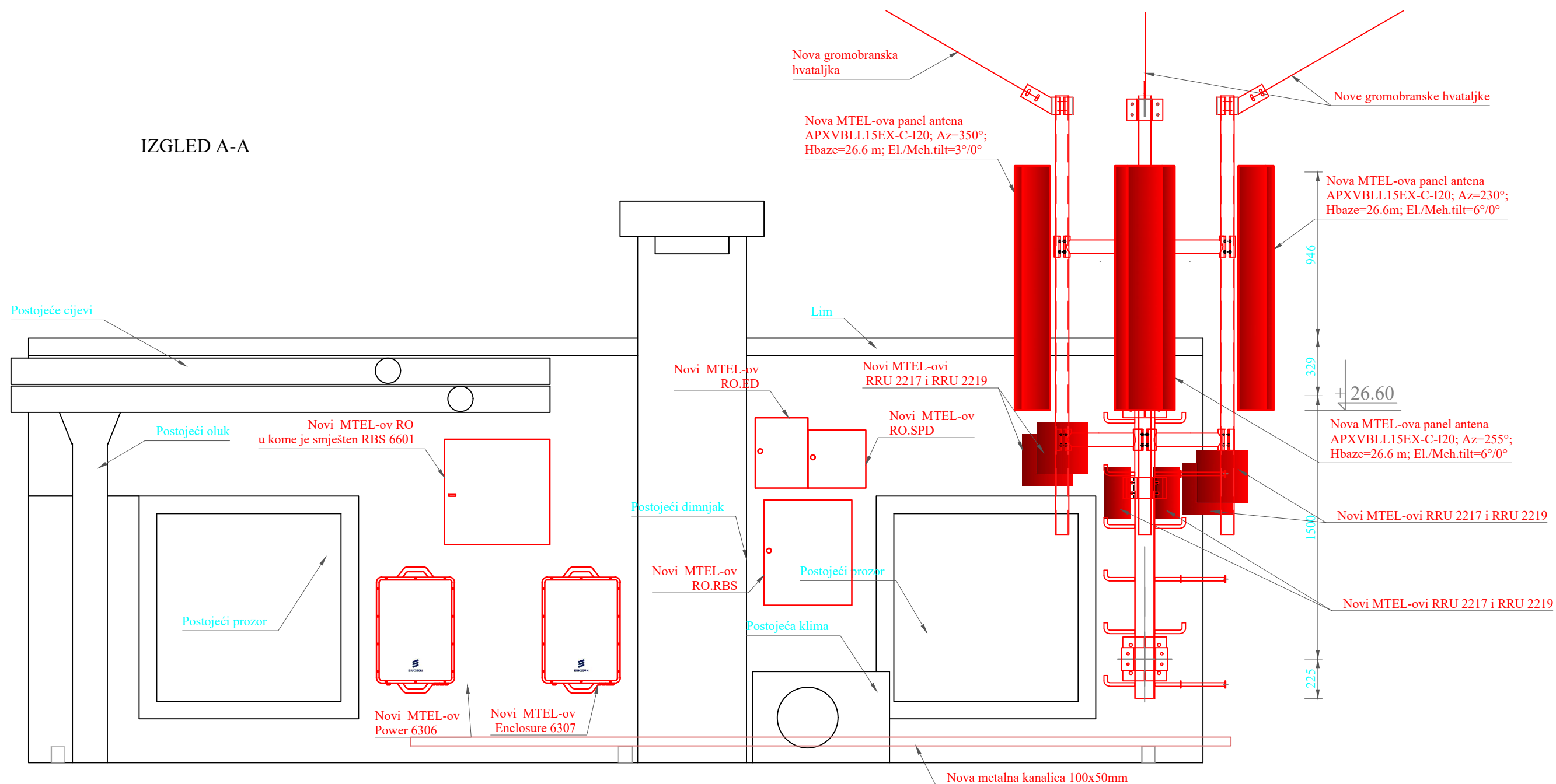
Objekat:	Radio Bazna Stanica	Lokacija:	City Kwart - PG 110, opština Podgorica	
Glavni inženjer:		Vrsta tehničke dokumentacije:	Tehničko rješenje	
Odgovorni inženjer:	Jelena Balšić, dipl.inž.el.	Dio tehničke dokumentacije:	Elektroinstalacije slabe struje	Razmjera: 1:25
Saradnik/ci:		Prilog:	Izgled B-B postojeće stanje	Broj priloga: TK.01 Broj strane: 03/03
Datum izrade i MP ¹ : Decembar 2019.		Datum revizije i MP ² :		



Investitor: "M: TEL" d.o.o. Podgorica

Objekat:	Radio Bazna Stanica	Lokacija:	City Kwart - PG 110, opština Podgorica	
Glavni inženjer:		Vrsta tehničke dokumentacije:	Tehničko rješenje	
Odgovorni inženjer:	Jelena Balšić, dipl.inž.el.	Dio tehničke dokumentacije:	Elektroinstalacije slabe struje	Razmjera: 1:75
Saradnik/ci:		Prilog: Osnova lokacije novo stanje	Broj priloga: TK.02	Broj strane: 01/03
Datum izrade i MP ¹ :	Decembar 2019.		Datum revizije i MP ² :	

IZGLED A-A



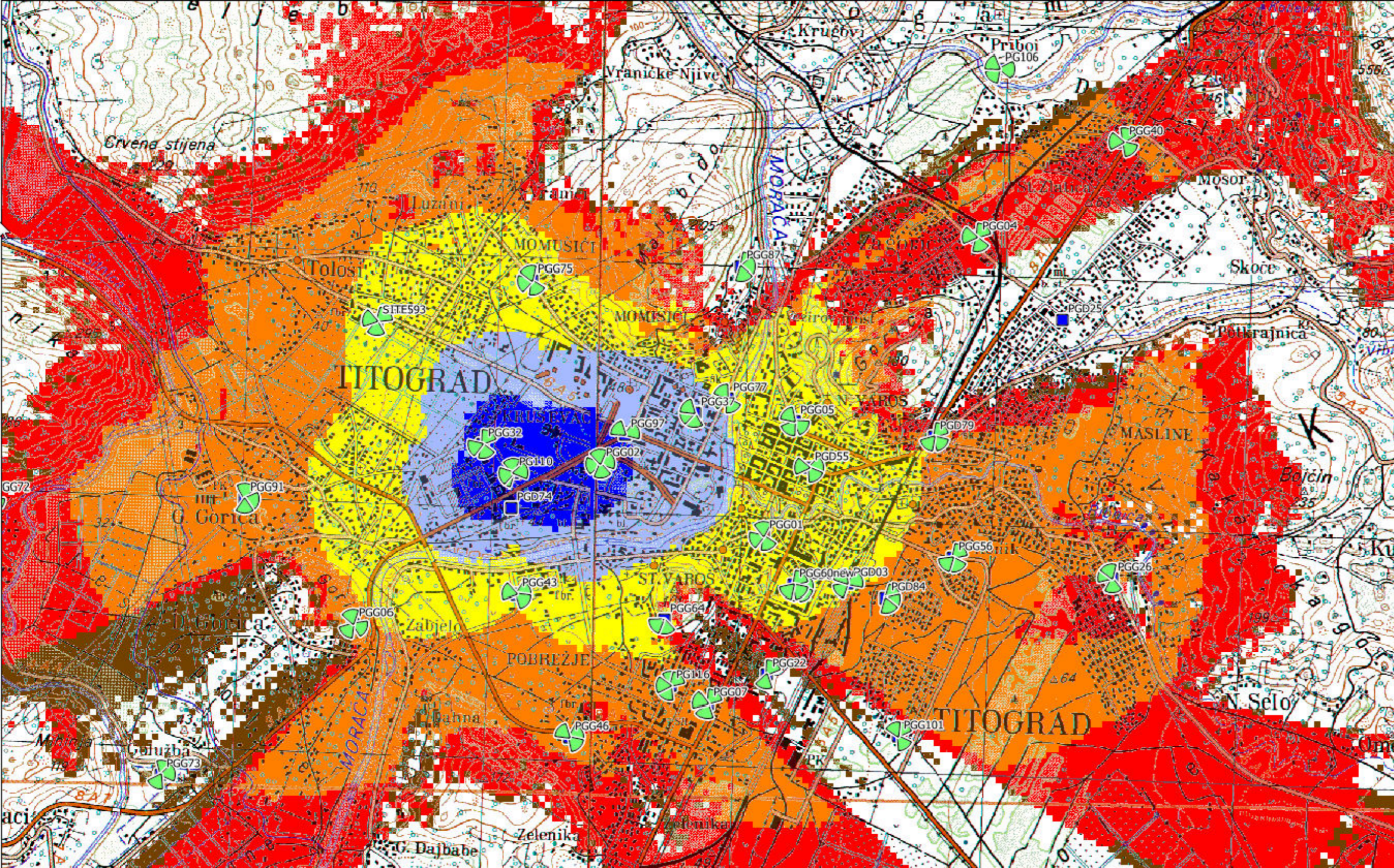
Investitor:
"M: TEL" d.o.o.
Podgorica



Objekat:	Radio Bazna Stanica	Lokacija:	City Kwart - PG 110, opština Podgorica	
Glavni inženjer:		Vrsta tehničke dokumentacije:	Tehničko rješenje	
Odgovorni inženjer:	Jelena Balšić, dipl.inž.el.	Dio tehničke dokumentacije:	Elektroinstalacije slabe struje	Razmjera: 1:25
Saradnik/ci:		Prilog:	Izgled A-A novo stanje	Broj priloga: TK.02 Broj strane: 02/03
Datum izrade i MP ¹ :	Decembar 2019.	Datum revizije i MP ² :		







**PGD110 CKB GSM 900 i
DCS 1800**

2019-12-03 09:05:24









Site PG110

GSM-900

-  -60.0 <= x dBm -60dBm
-  -70.0 <= x < -60.0 dBm -70dBm
-  -80.0 <= x < -70.0 dBm -80dBm
-  -90.0 <= x < -80.0 dBm -90dBm
-  -100.0 <= x < -90.0 dBm -100dBm
-  -110.0 <= x < -100.0 dBm -110dBm

AMPS-Default

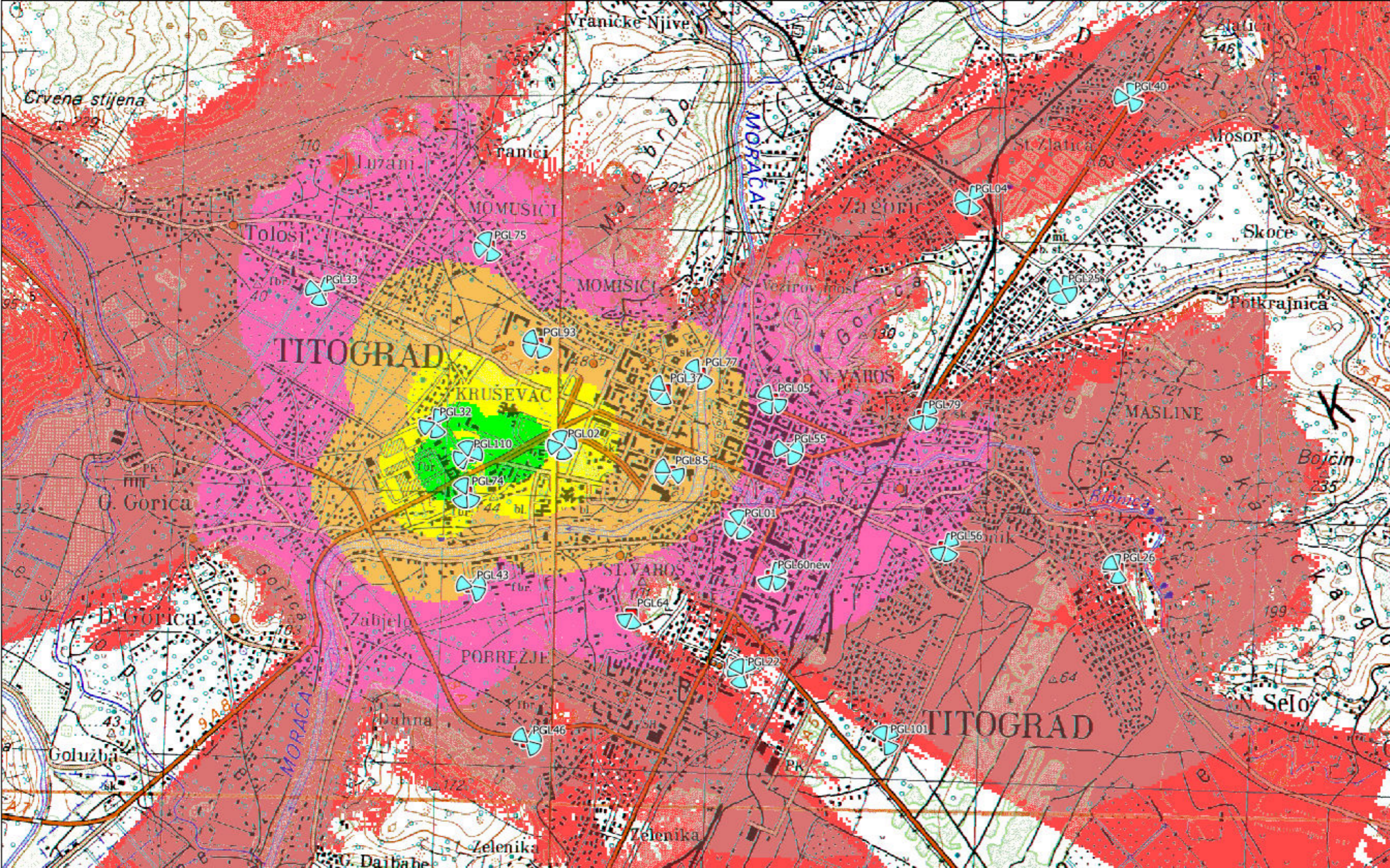
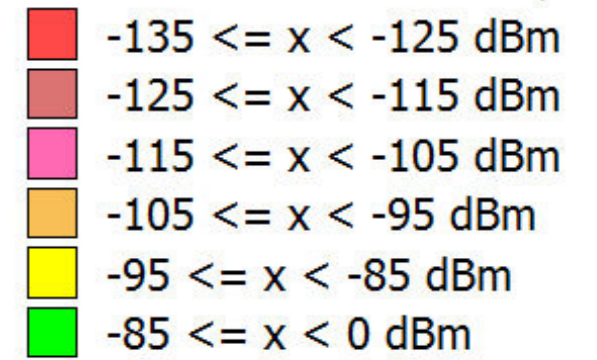
GSM-1800

-  -60.0 <= x dBm -60dBm
-  -70.0 <= x < -60.0 dBm -70dBm
-  -80.0 <= x < -70.0 dBm -80dBm
-  -90.0 <= x < -80.0 dBm -90dBm
-  -100.0 <= x < -90.0 dBm -100dBm
-  -110.0 <= x < -100.0 dBm -110dBm

PGL110 CKB LTE1800

2019-12-03 09:17:42

LTE: Best RSRP - LTE Default, Outdoor, Carr



Prilog 1:

Podaci o GSM 900 sistemu (RBS 6601)

PGG110 City Kvart - RBS 6601 900MHz

Tehnički parametri	Sektor B	Sektor C
Podaci o lokaciji predajnika/prijemnika		
Naziv predajnika/prijemnika	PGG110 – City Kvart	PGG110 – City Kvart
Naziv uže lokacije	City Kvart	
Opština	Podgorica	
Geografske koordinate (WGS84)	191412E422623N	
Nadmorska visina terena [m]	40	
Podaci o predajnim/prijemnim radio-frekvencijama		
Predajna frekvencija [MHz]*		
Prijemna frekvencija [MHz]*		
Redni broj kanala (ARFCN)		
Podaci o predajniku i antenskom sistemu		
Širina opsega i vrsta emisije	200KF7WDT	
Izlazna snaga predajnika [dBm]	43	43
Efektivno izračena snaga (EIRP) [dBW]	25.55	25.55
Tip predajne antene	61	61
Usmjerenost antene	D	D
Azimut glavnog snopa antene [°]	230	255
Elevacioni ugao glavnog snopa antene [°]	-6	-6
Širina glavnog snopa antene [°]	70.2	70.2
Polarizacija antene	B	B
Visina predajne antene iznad terena [m]	26.6B	26.6B
Dobitak antene [dBi]	13.8	13.8
Odnos naprijed-nazad [dB]	24	24
Konfiguracija	2	2

*Popunjava Agencija

Prilog 2:

Podaci o GSM 1800 sistemu (RBS 6601)

PGG110 City Kvart - RBS 6601 1800MHz

Tehnički parametri	Sektor A	Sektor B
Podaci o lokaciji predajnika/prijemnika		
Naziv predajnika/prijemnika	PGG110 – City Kvart	PGG110 – City Kvart
Naziv uže lokacije	City Kvart	
Opština	Podgorica	
Geografske koordinate (WGS84)	191412E422623N	
Nadmorska visina terena [m]	40	
Podaci o predajnim/prijemnim radio-frekvencijama		
Predajna frekvencija [MHz]*		
Prijemna frekvencija [MHz]*		
Redni broj kanala (ARFCN)		
Podaci o predajniku i antenskom sistemu		
Širina opsega i vrsta emisije	200KF7WDT	
Izlazna snaga predajnika [dBm]	43	43
Efektivno izračena snaga (EIRP) [dBW]	27.96	27.96
Tip predajne antene	61	61
Usmjerenost antene	D	D
Azimut glavnog snopa antene [°]	80	350
Elevacioni ugao glavnog snopa antene [°]	-3	-3
Širina glavnog snopa antene [°]	63	63
Polarizacija antene	B	B
Visina predajne antene iznad terena [m]	26.6B	26.6B
Dobitak antene [dBi]	16.3	16.3
Odnos naprijed-nazad [dB]	30	30
Konfiguracija	2	2

*Popunjava Agencija

Prilog 3:

Podaci o LTE 1800 sistemu (RBS 6601)

PGL110 City Kvart - RBS 6601 1800MHz

Tehnički parametri	Sektor A	Sektor B	Sektor C	Sektor D
Podaci o lokaciji predajnika/prijemnika				
Naziv predajnika/prijemnika	PGL110 City Kvart	PGL110 City Kvart	PGL110 City Kvart	PGL110 City Kvart
Naziv uže lokacije	City Kvart			
Opština	Podgorica			
Geografske koordinate (WGS84)	191412E422623N			
Nadmorska visina terena [m]	40			
Podaci o predajnim/prijemnim radio-frekvencijama				
Predajna frekvencija [MHz]*				
Prijemna frekvencija [MHz]*				
Redni broj kanala (ARFCN)				
Podaci o predajniku i antenskom sistemu				
Širina opsega i vrsta emisije	200KF7WDT			
Izlazna snaga predajnika [dBm]	46	46	46	46
Efektivno izračena snaga (EIRP) [dBW]	30.96	30.96	30.96	30.96
Tip predajne antene	61	61	61	61
Usmjerenost antene	D	D	D	D
Azimut glavnog snopa antene [°]	80	230	255	350
Elevacioni ugao glavnog snopa antene [°]	-3	-6	-3	-6
Širina glavnog snopa antene [°]	59.5	59.5	59.5	59.5
Polarizacija antene	B	B	B	B
Visina predajne antene iznad terena [m]	26.6B	26.6B	26.6B	26.6B
Dobitak antene [dBi]	16.3	16.3	16.3	16.3
Odnos naprijed-nazad [dB]	30	30	30	30
Konfiguracija	1 (2x2MIMO)	1 (2x2MIMO)	1 (2x2MIMO)	1 (2x2MIMO)

*Popunjava Agencija