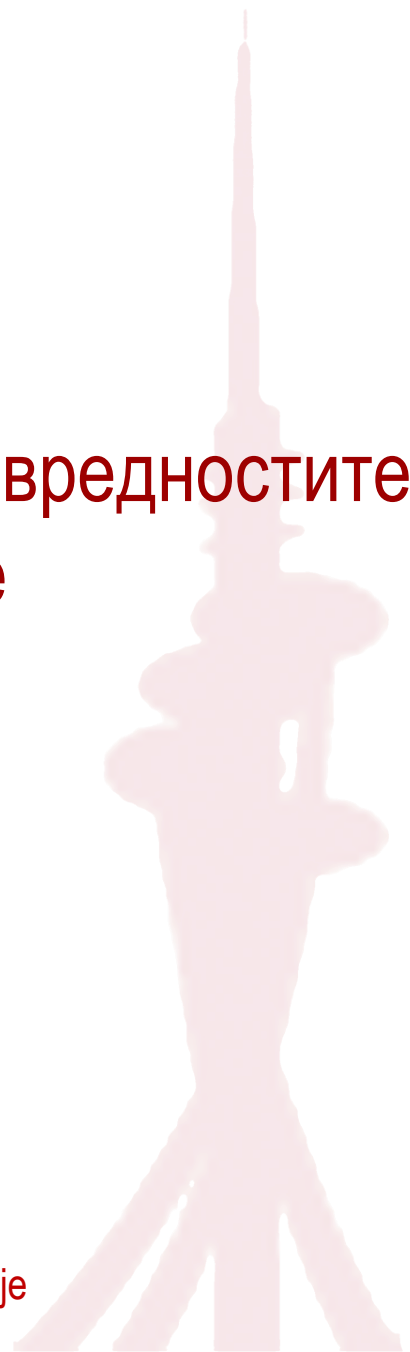




Доприносот на новите технологии врз вредностите на нејонизирачко зрачење

Ацо Рабаџиски

Втор јавен состанок, 2-ри Декември 2019 година, Скопје

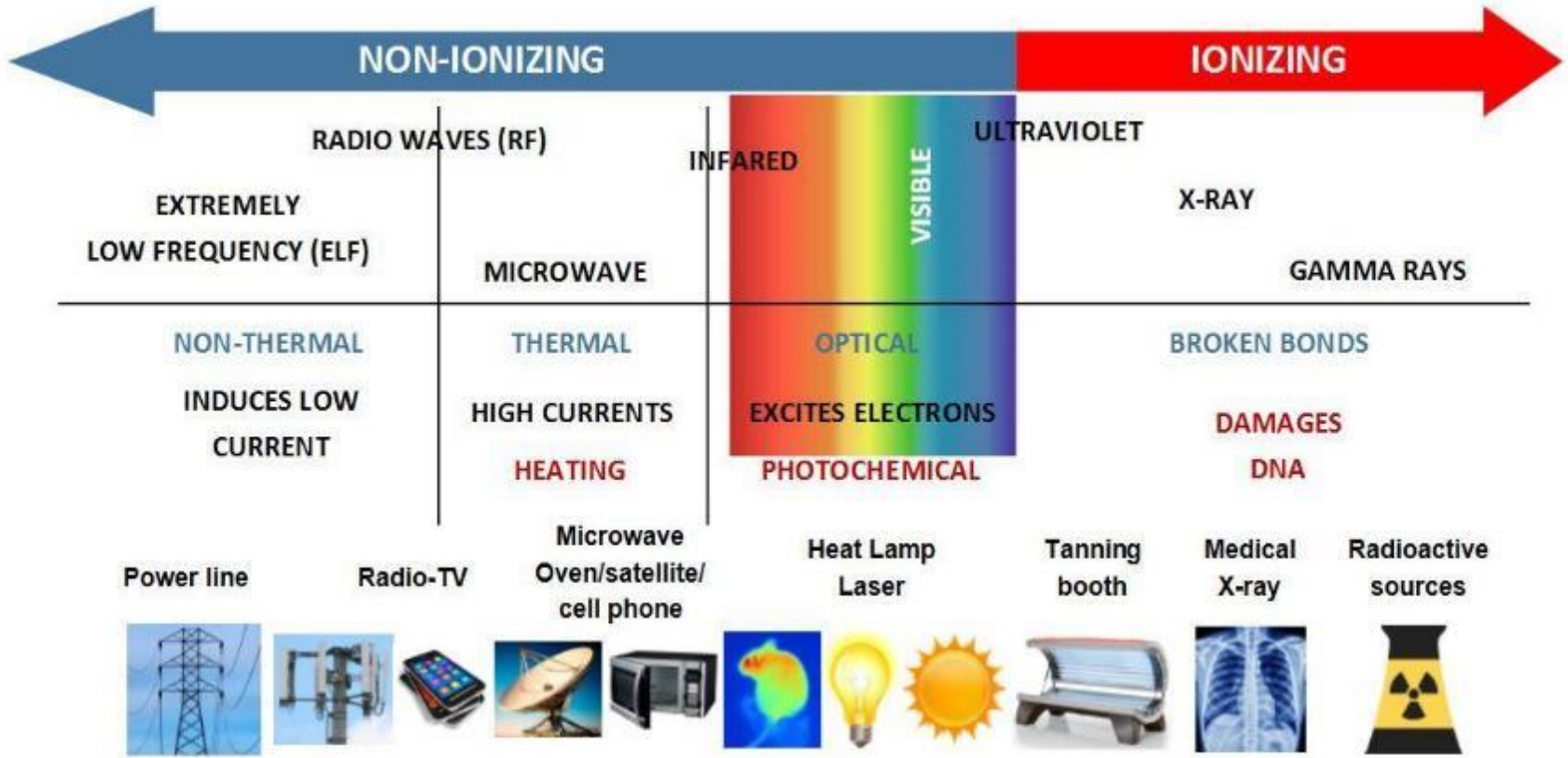


НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ

Во нејонизирачкиот дел на електромагнетниот спектар спаѓаат зрачењата што ги создаваат:

- радиобранови (со фревенција од 1Hz до 300MHz),
- микробранови (со фревенција од 300 MHz до 300 GHz),
- инфрацрвени бранови (со фревенција од 300GHz до 405 THz),
- електромагнетни бранови од видливиот дел на спектарот (со фревенција од 405THz до 790 THz),
- ултравиолетови бранови (со фревенција од 790THz до 30PHz).

ЕЛЕКТРОМАГНЕТЕН СПЕКТАР



НАДЛЕЖНОСТИ НА АЕК во поглед на нејонизирачко зрачење

Согласно **Законот за електронски комуникации, член 8, став 1, алинеја 30** Агенцијата за електронски комуникации го контролира и мери нејонизирачкото зрачење предизвикано со употреба на јавните електронски комуникациски мрежи преку практична процена на изложеноста на нејонизирачко зрачење;

Во случај на **надминување на вредностите на нејонизирачко зрачење**, АЕК согласно своите надлежности, првзема мерки со задолжување на операторот/операторите за намалување на јачината на радиосигналот кој се емитува од соодветните базни станици/предаватели со цел измерените нивоа на вредностите на нејонизирачкото зрачење се во согласност со дефинираните гранични вредности.

.

ГРАНИЧНИ ВРЕДНОСТИ за изложеност на нејонизирачко зрачење

Како гранични вредности на електромагнетното поле се земени препораките од Меѓународната комисија за заштита од нејонизирачки зрачења - **ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection) – GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS UP TO 300GHz)** чии препораки се имплементирани и во европското законодавство дадени во CEPT препораката ECC REC(02)04 –Measuring non ionizing electromagnetic radiation (9KHz-300GHz)

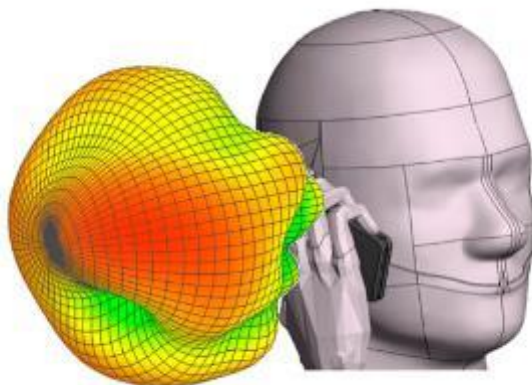


Други стандарди од CENELEC

- **EN 50413** – Basic standard on measurement and calculation procedures for human exposure to electric , magnetic and electromagnetic fields (0-300GHZ) .
- **EN 50492** – Basic standard for in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations.
- **EN 50383** - Basic standard for the calculation and measurement of electromagnetic field strength and SAR related to human exposure from radio base stations for wireless telecommunications systems 110MHz-40GHz.
- **EN 50400** - Basic standard to demonstrate the compliance of fixed equipment for radio transmission (110MHz-GHz) intended for use in wireless telecommunication networks with the basic restrictions of the reference levels related to general public exposure to radi frequency electromagnetic fields when put in service.

Специфична брзина на апсорпција на енергијата SAR

Основните гранични вредности се изведени врз основа на директни здравствени ефекти врз човековото тело (загревање, контактни струи), а како физички големини, во зависност од фреквенцијата на електромагнетното поле се користат специфична брзина на апсорпција на енергија **SAR-Specific Absorption Rate** која се мери во W/kg, густина на енергија на електромагнетно поле која се мери во W/m² и густина на контактни струи кои се релевантни до 10MHz, а се мерат во A/ m²



	Општа популација	Професионални работници
SAR за цело тело	0.08	0,4
SAR за ткиво, глава или труп со маса 10g	2	10
SAR за ткиво, екстремитет со маса 10g	4	20

МЕРНИ ГОЛЕМИНИ И ГРАНИЧНИ ВРЕДОСТИ

Референтните гранични вредности се користат за практична проценка на изложеноста на човековото тело на електромагнетни полиња. Како мерни големини се користат:

- Јачина на електрично поле E [V/m],
- Јачина на магнетно поле H [A/m],
- Густина на енергија на електромагнетно поле S [W/m²]

Референтни гранични вредности

фреквенција	E [V/m]	H [A/m]	S [W/m ²]
0.15-1MHz	87	0.73/f	
1-10MHz	87/f	0.73/f	
10-400MHz	28	0.0073	2
400-2000MHz	1.375 f	0.0037f	f/200
2-30GHz	61	0.16	10

МЕРНИ ОПРЕМА КОЈА СЕ КОРИСТИ ЗА МЕРЕЊЕ НА НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ

NARDA NB550

Широкопојасен инструмент за мерење на електромагнетно зрачење до 60GHz



NARDA SRM 3006

Фреквенциски селективен инструмент за мерење на електромагнетно зрачење до 6GHz



МЕТОДОЛОГИЈА ЗА МЕРЕЊЕ

Мерењата се спроведуваат во т.н далечна зона, преку мерење на јачината на електричното поле бидејќи растојанието од изворите на нејонизирачко зрачење до мерната локација е многу поголемо од брановата должина на електромагнетното зрачење

Предавател	Фреквенција	Бранова должина
300 FM радио	87.5-108MHz	3m
TV UHF	470-790MHz	63-38cm
LTE FDD 800	791-862MHz	38-35cm
GSM/UMTS 900	925-960MHz	31cm
GSM/LTE FDD 1800	1805-1880MHz	16cm
UMTS 2100	2110-2170MHz	14cm
LTE 2500 (тест)	2500-2510MHz	12cm
LTE TDD 3500	3545-3576,5MHz	8cm
5G NR 3700	3600-3800MHz	8cm

МЕРНА ПОСТАПКА за мерење на нејонизирачко зрачење

1. NARDA NBM 550 широкопојасен мерен инструмент

Се мери јачината на електричното поле кое потекнува од сите извори со што се утврдува точката со максимално зрачење.



МЕРНА ПОСТАПКА за мерење на нејонизирачко зрачење

2. NARDA SRM 3006 Фреквенциски селективен мерен инструмент

Се определуваат доминантните извори на зрачење кое потекнуваат од јавните мобилни мрежи преку регистрирање и декодирање на сите радиосигнали во точката со максимално зрачење.

За GSM,UMTS,LTE се определува јачината на референтните сигнали од соодветната технологија потребни за интерполација до максимален капацитет

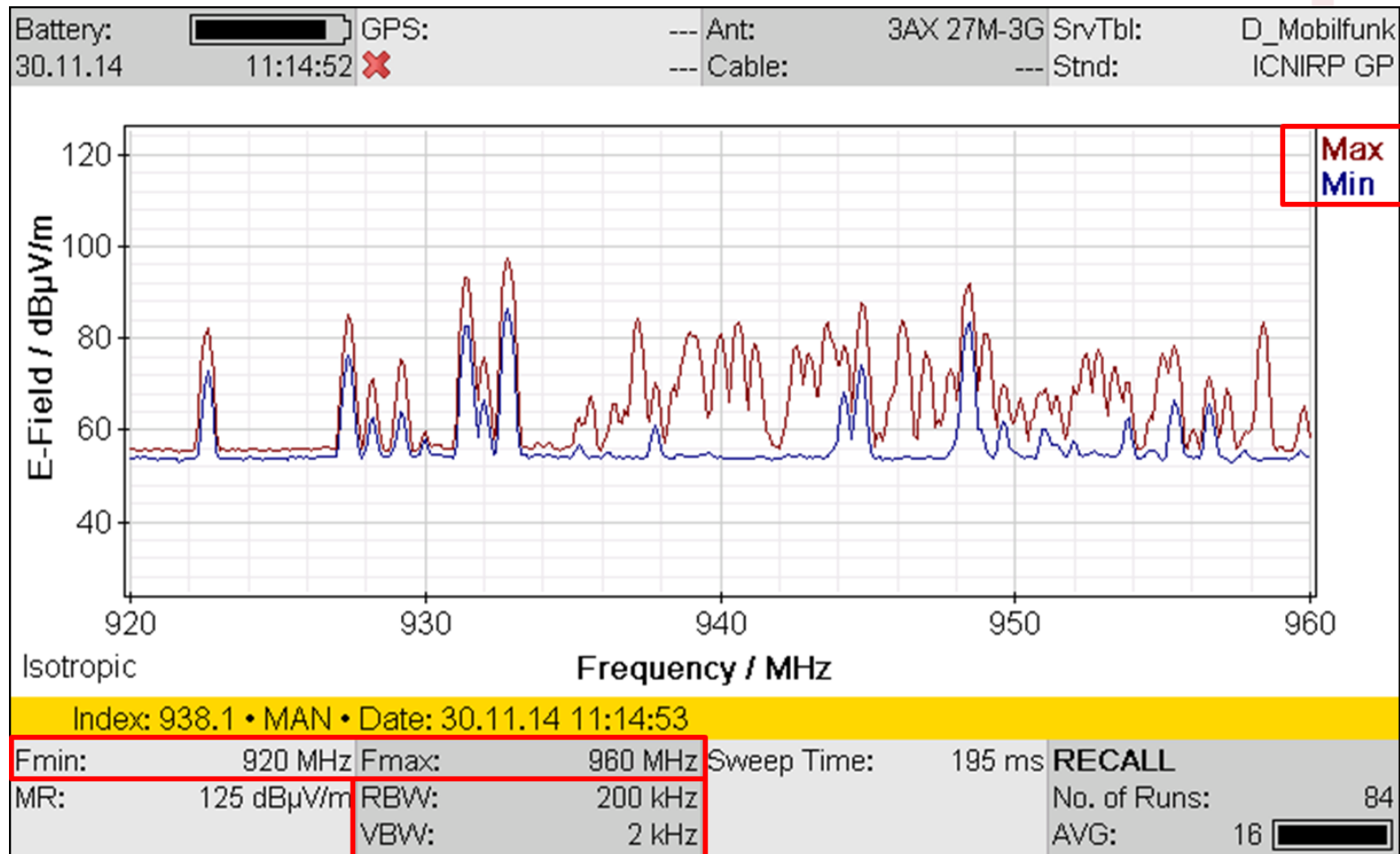


Narda SRM 3006 – автоматски мод на мерење
Мерењето се врши автоматски преку предефинирани рутини со кои се подесуваат сите потребни параметри за мерење на соодветните технологии и сервиси.

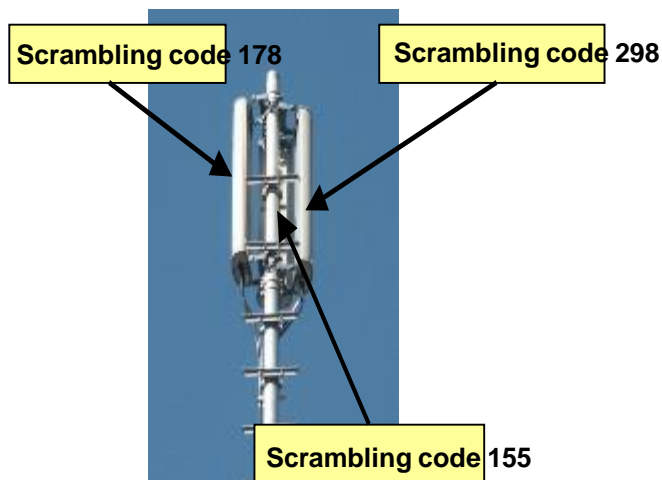
СИГНАЛИ КОИ СЕ КОРИСТАТ КАКО ОСНОВА ЗА ИНТЕРПОЛАЦИЈА

- **GSM:** Сигналот кој се емитува со константна моќност е "Broadcast Control Channel" (BCCH). Секоја секторска антена на GSM системот емитува по еден BCCH сигнал на одредена фреквенција.
- **UMTS:** Сигналот кој се емитува со константна моќност е "Common Pilot Channel" (CPICH). Секоја секторска антена на UMTS системот емитува по еден CPICH сигнал. За мерење на овој сигнал е потребен приемник за декодирање.
- **LTE:** Сигналите кои се користат за интерполација кај LTE сигналот се "Reference Signals" (RS). Исто се емитуваат со константна моќност и можат да се измерат со приемник за декодирање.

Приказ на мерење за GSM сигнали на NARDA SRM 3006



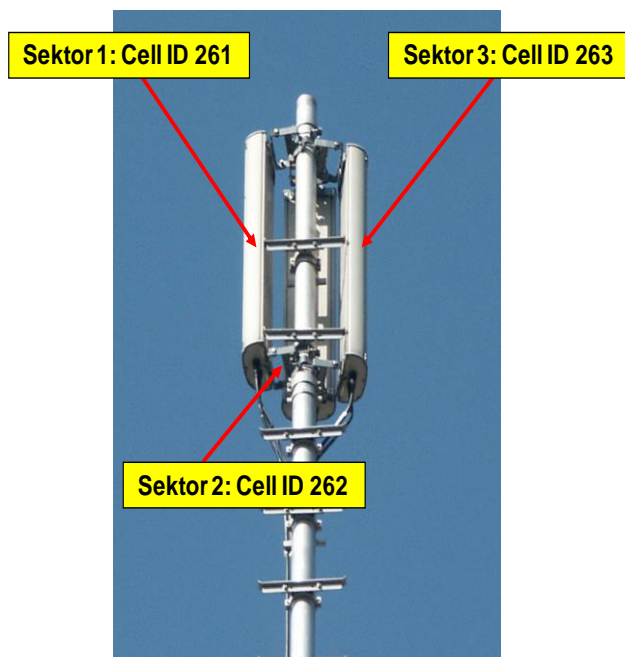
Приказ на мерење за UMTS сигнали на NARDA SRM 3006



Battery:	12.12.14	GPS:	49°48'59.7" N	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	Germany_UMTS
	17:07:38		10°59'37.7" E	Cable:	---	Stnd:	ICNIRP GP
Table View							
Index	Scr	Act	Max				
1	178	79.82 dB μ V/m	86.71 dB μ V/m				
2	298	89.34 dB μ V/m	90.36 dB μ V/m				
3	155	81.18 dB μ V/m	83.01 dB μ V/m				
Total		90.36 dB μ V/m	91.83 dB μ V/m				
Analog		96.26 dB μ V/m	97.43 dB μ V/m				
Isotropic							
Index: 976.3 • MR NUM • Date: 12.12.14 17:07:39							
Fcent:	2.187 2 GHz	Sweep Time:		1.018 s	RECALL		
MR:	130 dB μ V/m Extr. Fact.:	Off Noise Suppr.:		Off	No. of Runs:	20	
				AVG:	4		

- Секоја антена зрачи со различен скремблинг код
- P-CPICH "Primary common pilot channel" ("CPICH") е со константна моќност ≈ 10 dB помалку од P_{max}

Приказ на мерење за LTE сигнали на NARDA SRM 3006



Battery:	<input type="checkbox"/>	GPS:	49°48'50.2" N	Ant:	3AX 27M-3G	SrvTbl:	D_Mobilfunk
12.12.14	17:32:32		10°59'45.1" E	Cable:	---	Std:	ICNIRP GP
Table View							
Index	Cell ID	No. Ant	Max (PSS)	Max (SSS)	Max (RS 0)	Max (RS 1)	
1	155	2	89.49 dBµV/m	89.12 dBµV/m	89.02 dBµV/m	89.16 dBµV/m	
2	154	2	88.33 dBµV/m	88.05 dBµV/m	88.67 dBµV/m	87.86 dBµV/m	
3	153	2	75.71 dBµV/m	72.21 dBµV/m	72.45 dBµV/m	73.96 dBµV/m	
Total			91.22 dBµV/m	90.85 dBµV/m	90.91 dBµV/m	91.27 dBµV/m	
Analog			105.47 dBµV/m				
Isotropic							
Index: 986.4 • MR_NUM • Date: 12.12.14 17:32:33							
Fcent:	816 MHz	CBW:	1.4 MHz	Sweep Time:	697 ms	Progress:	<input type="checkbox"/>
MR:	125 dBµV/m	Extr. Fact.:		Off Noise Suppr.:		Off No. of Runs:	30
		Cell Sync.:		Sync. CP Length:	Normal	AVG:	4 <input type="checkbox"/>

Се мери референтен сигнал за секоја ќелија **“Reference Signals”** (RS). Исто се емитуваат со константна моќност

МЕРНИ РЕЗУЛТАТИ

- По завршувањето на мерењата следи обработка на мерните резултати и нивно споредување со граничните вредности и утврдување на коефициентот на изложеност на електромагнетни полиња.
- Во зависност од фреквентниот опсег и сервисот , измерените вредности се интерпретираат на различен начин.
- FM радио и DVB-T сигналите цело време се емитуваат со константна снага.
- GSM,UMTS,LTE – сигналот од базната станица во текот на времето не е константен и зависи од сообраќајното оптоварување на истата.Затоа на овие мерења се врши интерполација на мерните резултати до максималното оптоварување на базната станица.

ТАБЕЛА СО МЕРНИ РЕЗУЛТАТИ

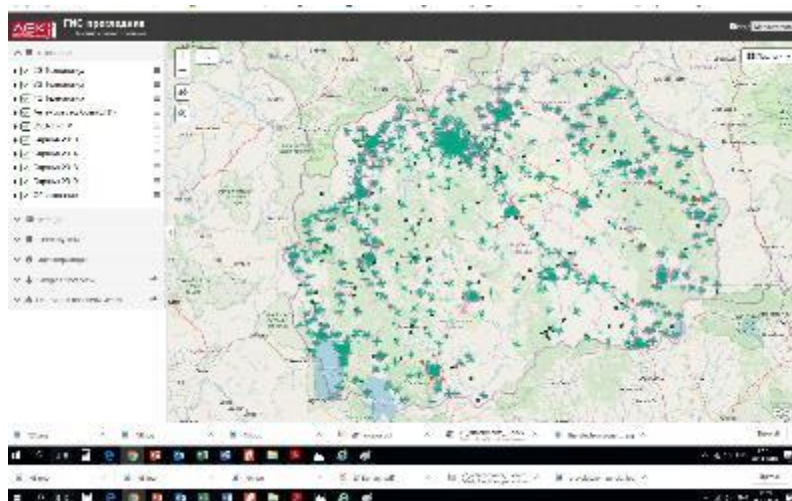
Фреквенција/опсег [MHz]	Оператор/Сервис	Технологија	Скремблинг код (само за UMTS)	Јачина на електрично поле [dB μ V/m]	Број на канали по ќелија	Мерна несигурност [dB]	Макс. очекувана јачина на ел.поле [dB μ V/m]	Макс. очекувана јачина на ел.поле [V/M]	Макс. дозволе на јач. на ел.поле	% од макс. дозволе на вредност	Густина на моќност [mW/m ²]
87.5 - 108	FM-Радиодифузија	FM		87.8	1	0	87.8	0.024	28	0.09	0.002
470 - 790	Дигитална телевизија	DVB-T		89.5	1	0	89.5	0.03	34.51	0.09	0.002
937.2	Македонски Телеком	GSM 900		72.1	4	0	78.2	0.008	42.09	0.02	0
938	Македонски Телеком	GSM 900		97.8	4	0	103.8	0.155	42.11	0.37	0.063
948	Оне.Вип	GSM 900		89.1	4	0	95.1	0.057	42.34	0.13	0.009
951	Оне.Вип	GSM 900		70.7	4	0	76.7	0.007	42.4	0.02	0
958.2	Оне.Вип	GSM 900		92.3	4	0	98.3	0.082	42.56	0.19	0.018
943.4 - 0	Македонски Телеком	UMTS 900	143	88.2	20	0	101.3	0.115	29.86	0.39	0.035
953.8 - 0	Оне.Вип	UMTS 900	4	81	20	0	94	0.05	30.03	0.17	0.007
953.8 - 0	Оне.Вип	UMTS 900	5	72	20	0	85	0.018	30.03	0.06	0.001
953.8 - 0	Оне.Вип	UMTS 900	6	56	20	0	69	0.003	30.03	0.01	0
806 - 0	Македонски Телеком	LTE 800	207	83.7	600	0	111.5	0.374	27.6	1.35	0.371
816 - 0	Оне.Вип	LTE 800	11	75.6	600	0	103.4	0.148	27.77	0.53	0.058
816 - 0	Оне.Вип	LTE 800	3	67.8	600	0	95.6	0.06	27.77	0.22	0.01
953.8	A1 МАКЕДОНИЈА	UMTS 900	12	121	1	3	124	1.585	42.47	3.73	6.663
Вкупно							124.36	1.65		4.06	7.24



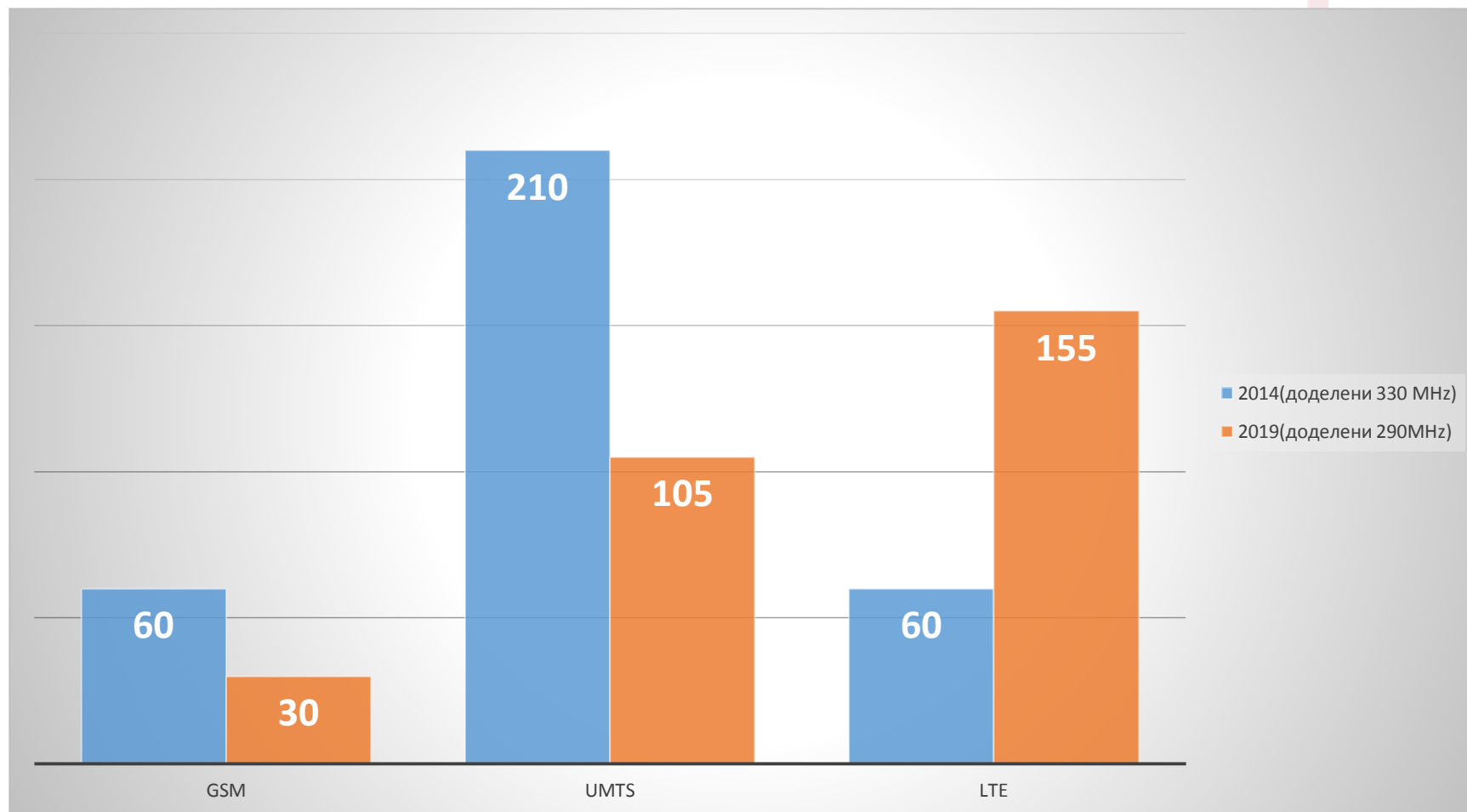
Microsoft Excel
Worksheet

КАМПАЊА- МЕРЕЊЕ НЕЈОНИЗИРАЧКО ЗРАЧЕЊЕ

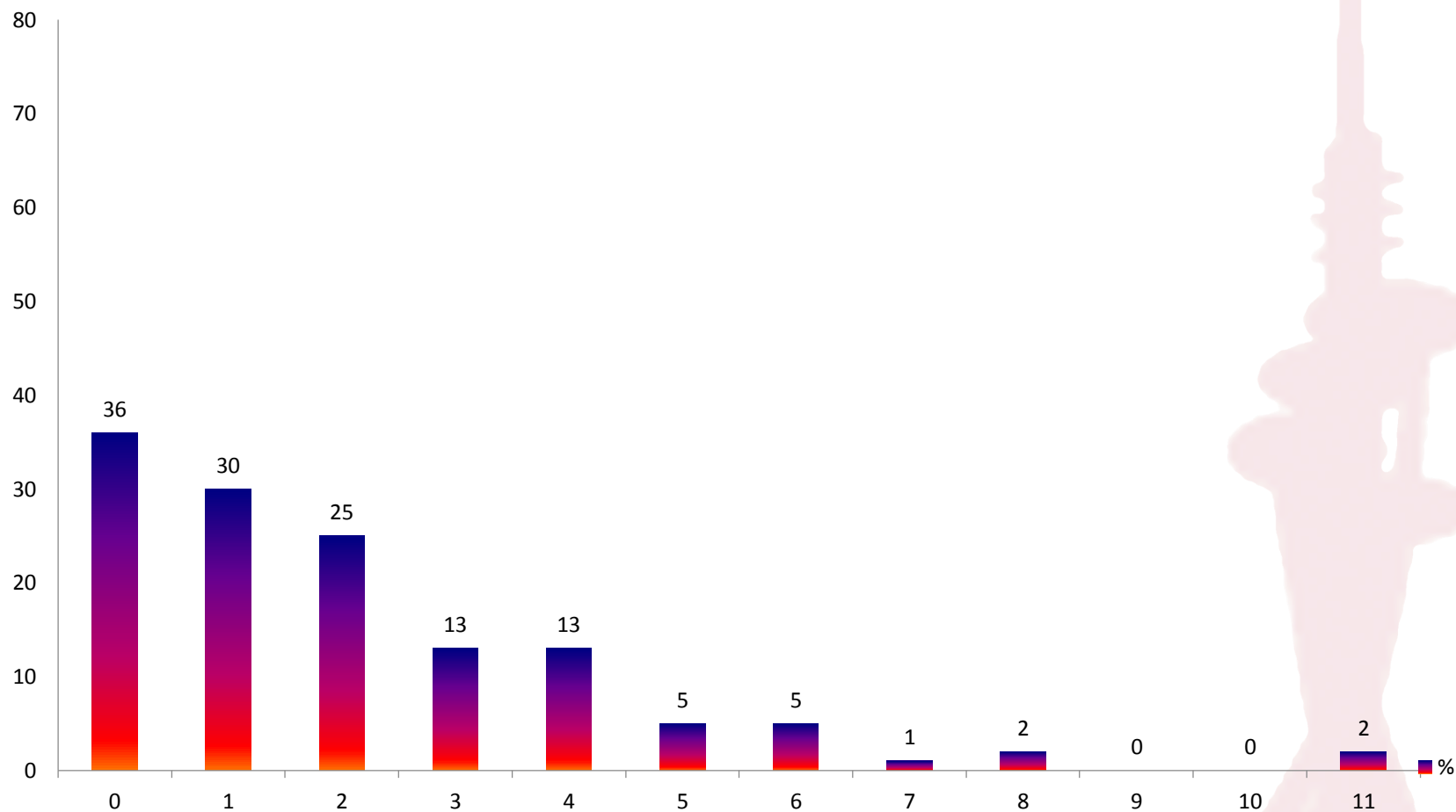
- Во периодот од 10/05/2013 до 04/07/2014 година направени се мерења на 131 градинки на нејонизирачко зрачење.
- Со воведување на LTE сервисот во мобилната телефонија мерењата се повторени во период од 07/11/2018 до 15/11/2019 година на 149 градинки со цел да се виде влијанието на LTE сервисот на нејонизирачкото зрачење.
- Резултатите од мерењата се прикажани на веб страната <https://e-agencija.aek.mk/GISNejoniziracko/>



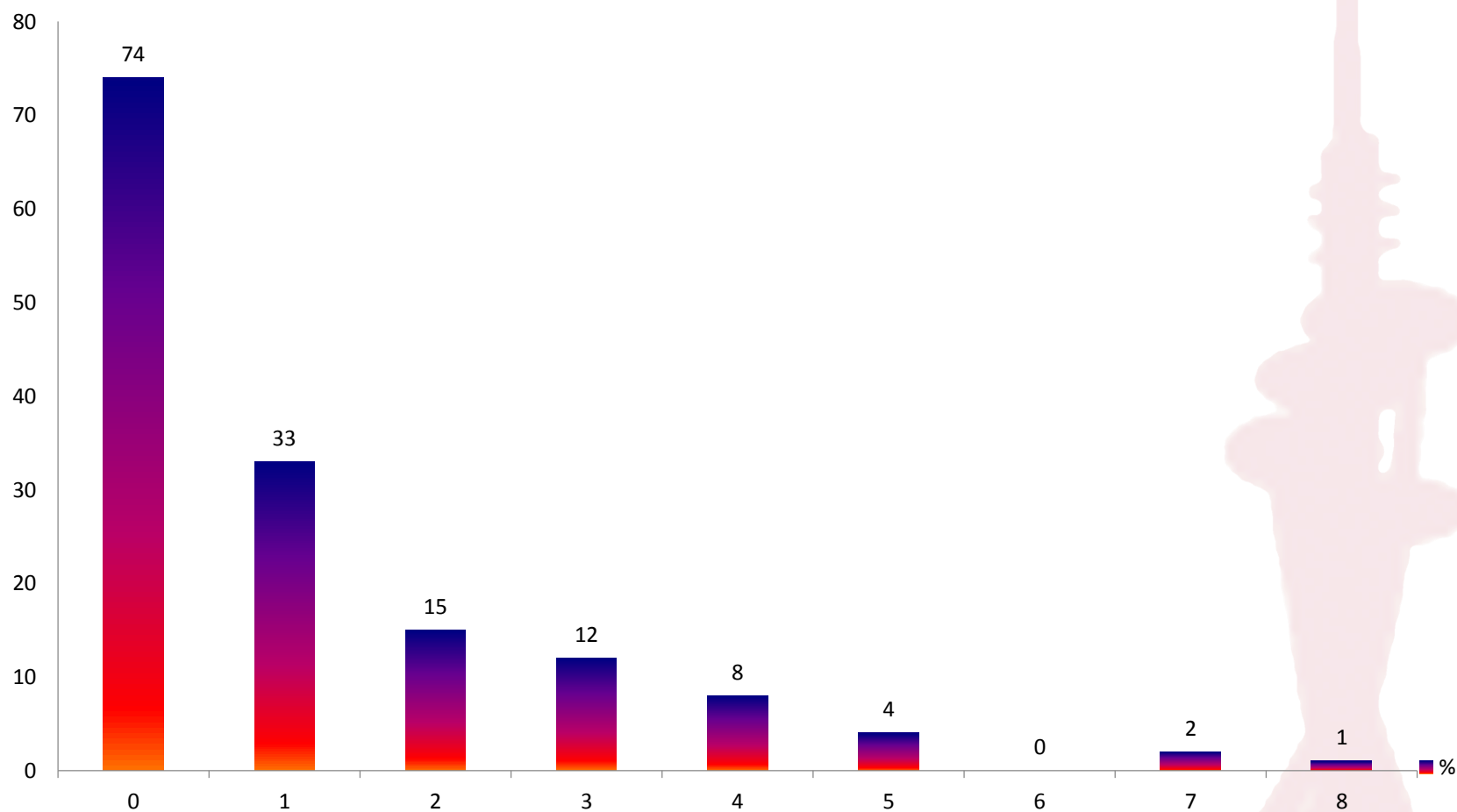
РАСПРЕДЕЛБА НА ФРЕКВЕНЦИСКИ ОПСЕЗИ ПО ТЕХНОЛОГИИ



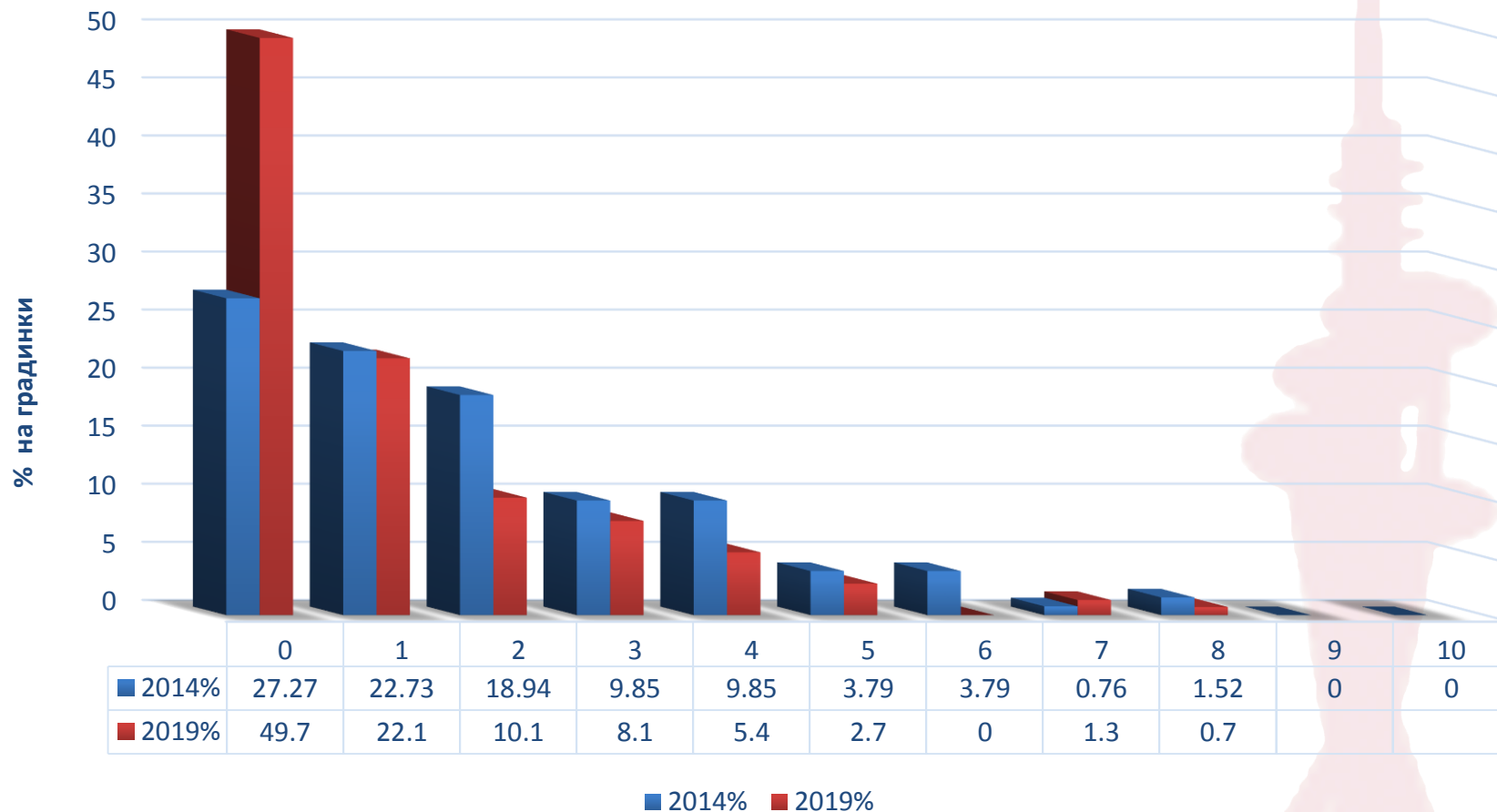
Дистрибуција на коефициентот на електромагнетно зрачење (број на градинки) 2014 година



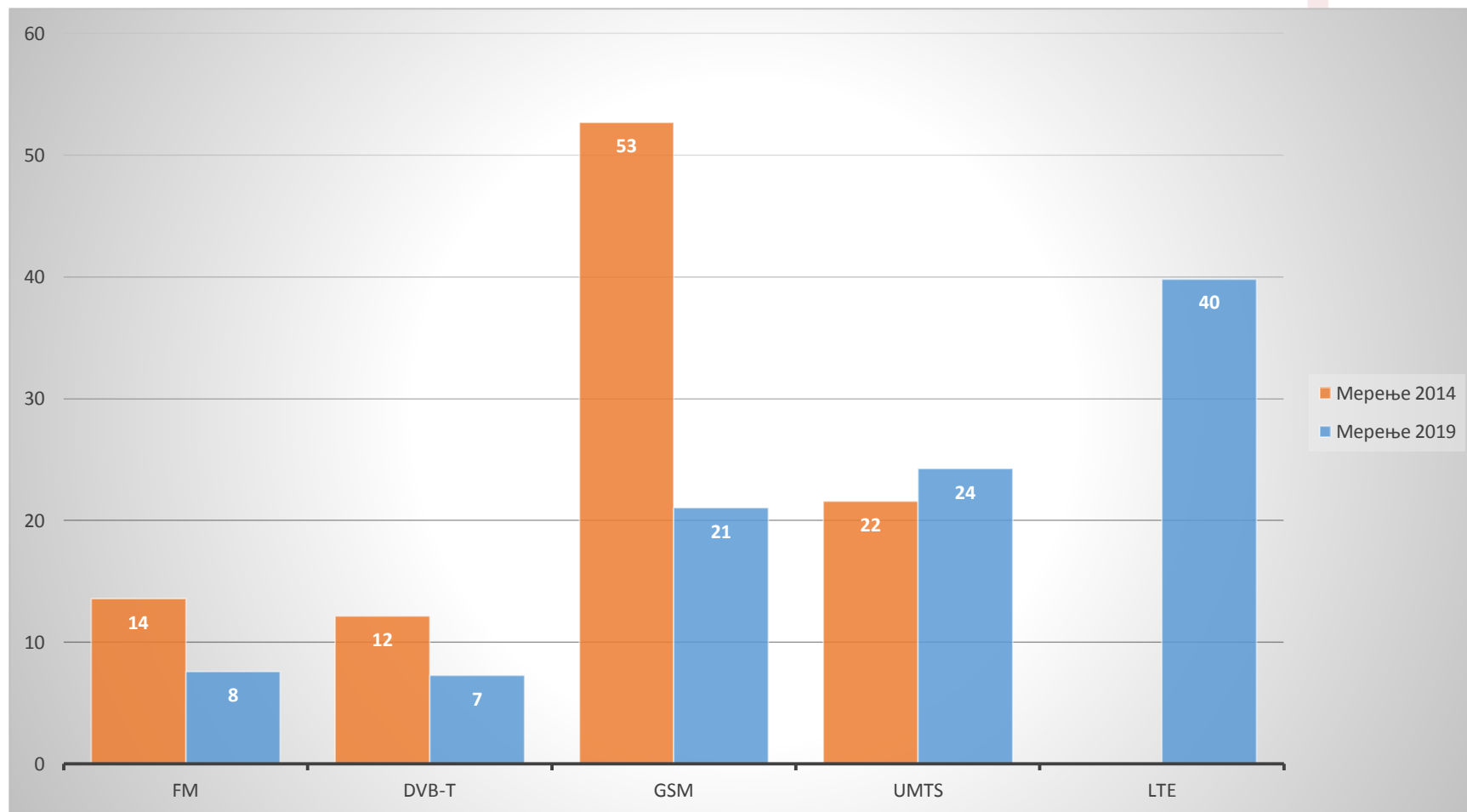
Дистрибуција на коефициентот на електромагнетно зрачење (број на градинки) 2019 година



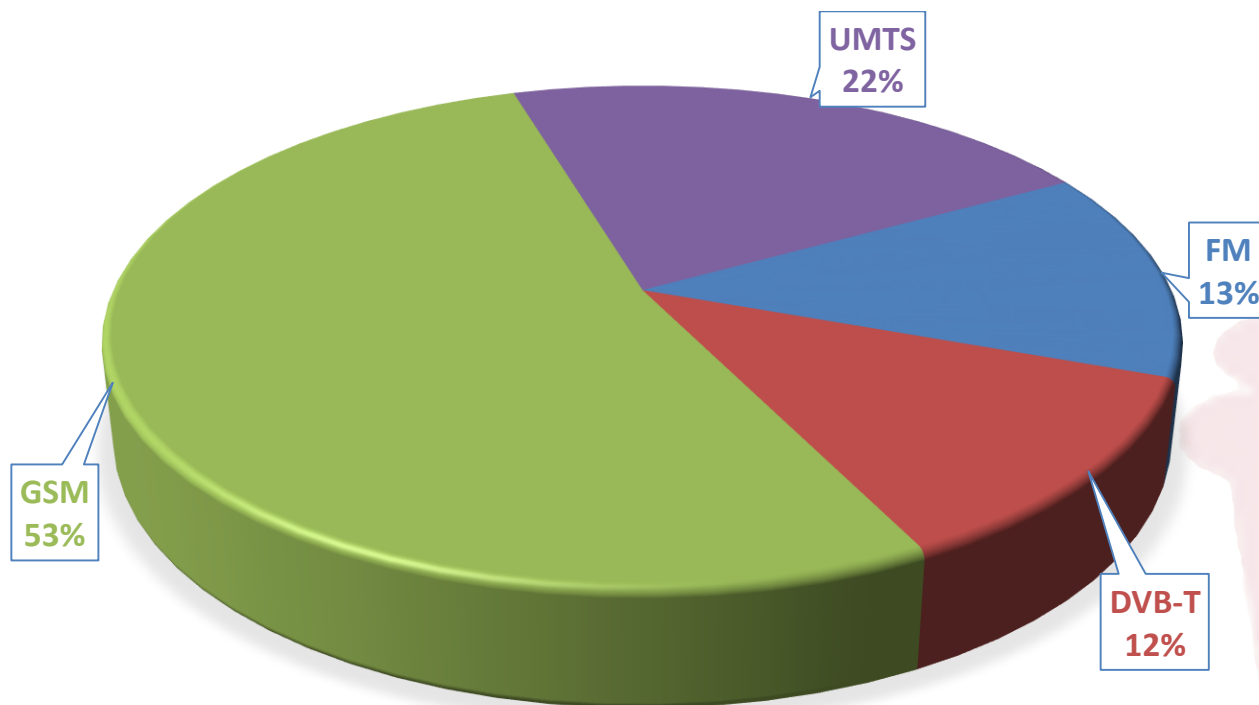
Дистрибуција на коефициентот на електромагнетно зрачење споредбено во % 2014/2019 година



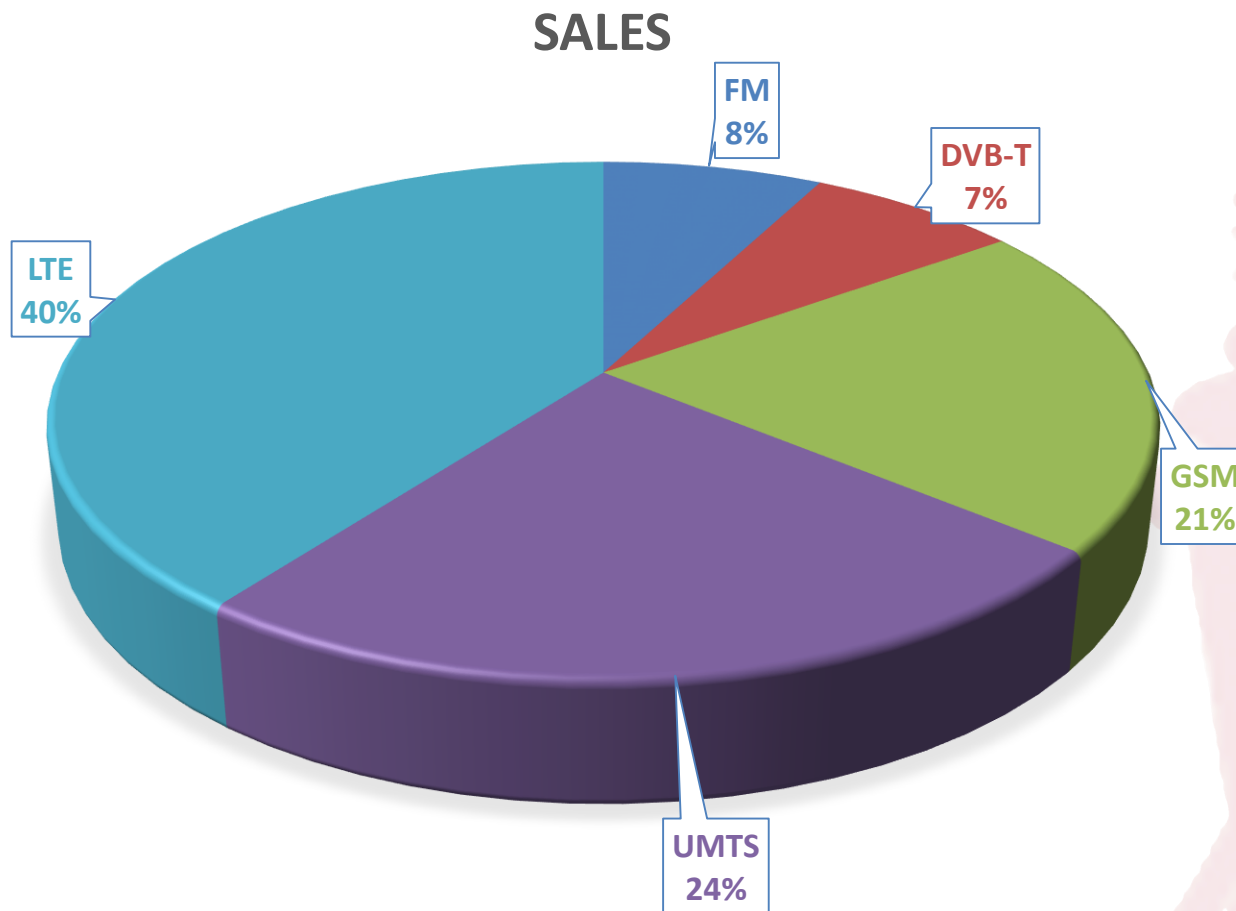
Придонесот на технологиите на емитување во вкупното ниво на зрачење 2014/2019 година (споредбено)



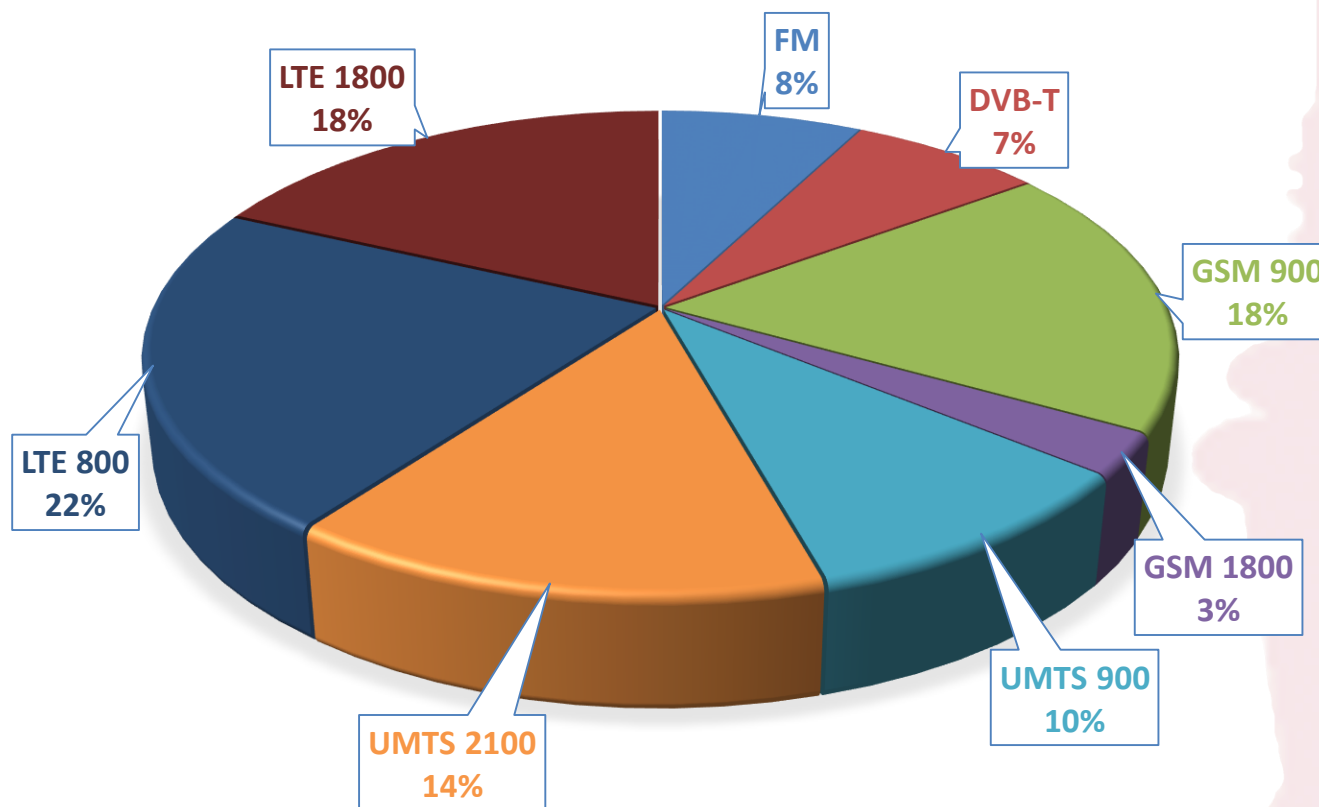
Придонесот на технологиите на емитување во вкупното ниво на зрачење (2014 година)



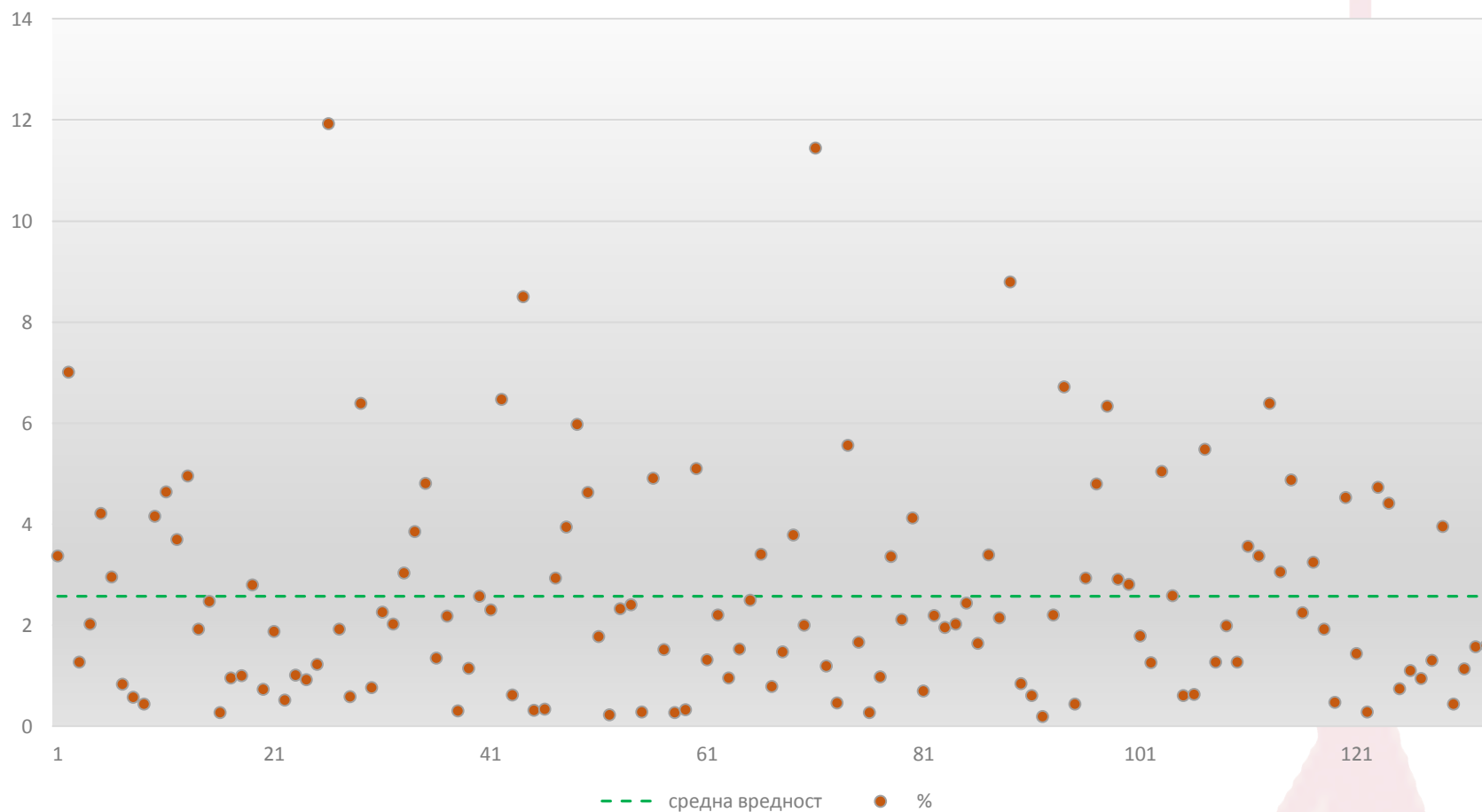
Придонесот на технологиите на емитување во вкупното ниво на зрачење (2019година)



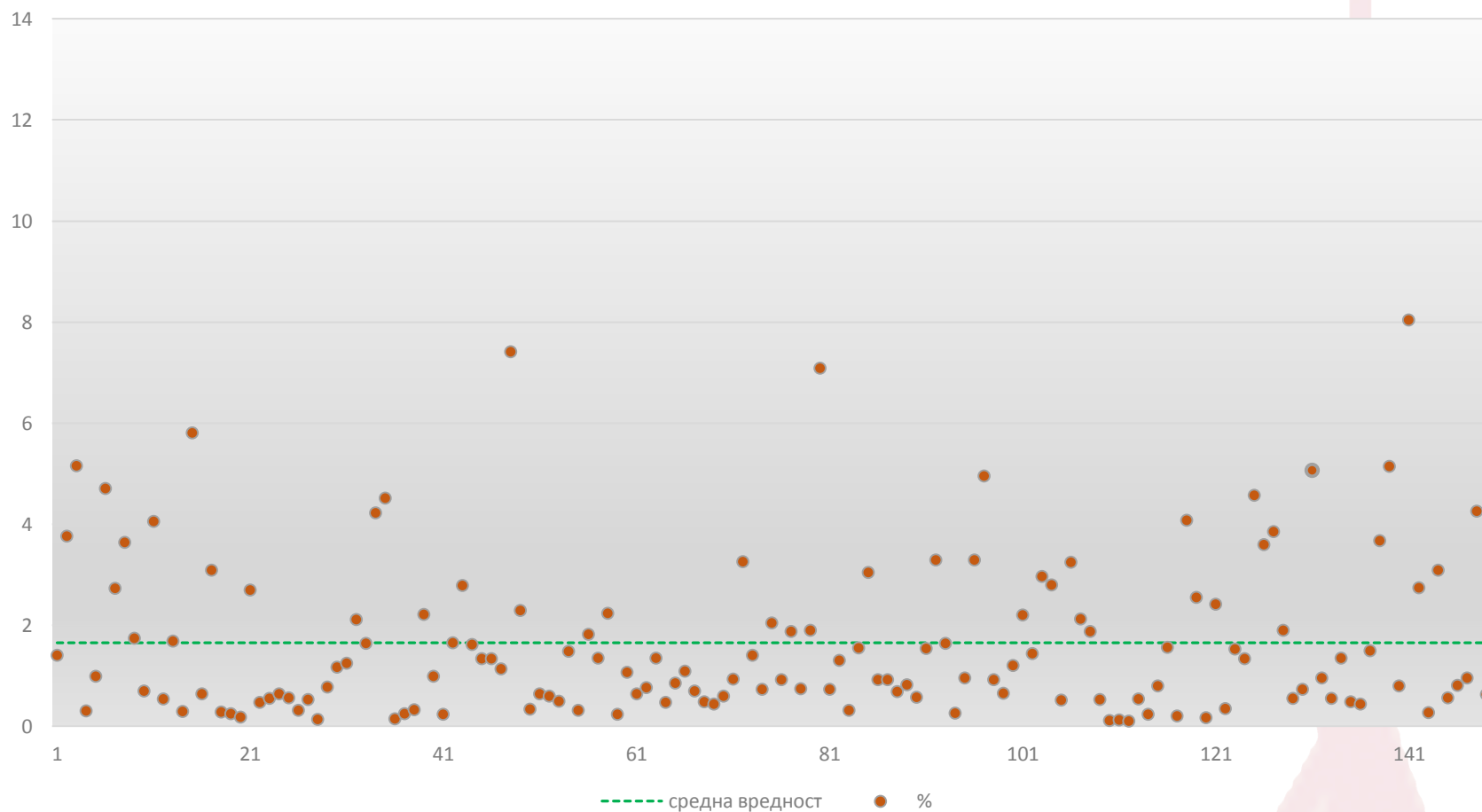
Придонесот на технологиите на емитување во вкупното ниво на зрачење (2019 година)



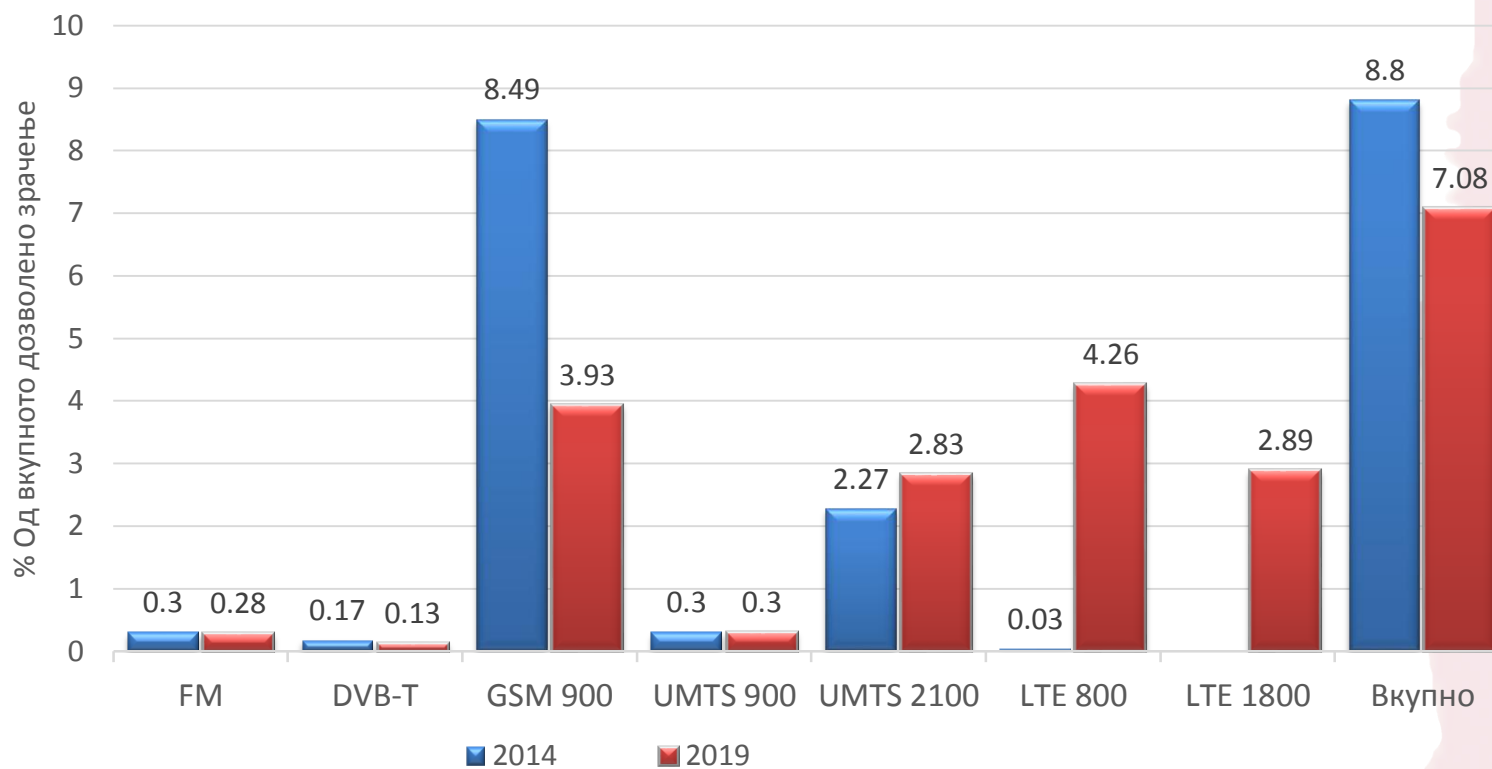
ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА НА МЕРНИТЕ РЕЗУЛТАТИ 2014



ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА НА МЕРНИТЕ РЕЗУЛТАТИ 2019



ДГ "Павлина Вељанова КлонЗ" Кочани Мерења 2014/2019



ЗАКЛУЧОК

- Цел на оваа кампања беше да се виде доприносот на новите технологии во вкупното нејонизирачко зрачење.
- Во 2014 година работеа три мобилни оператори и имале 330MHz фреквенциски опсег.
- Во 2019 година се два мобилни оператори со 290MHz фреквенциски опсег или 40MHz помалку.
- Од една антена GSM сервисот зрачи со поголема моќност од LTE сервисот.
- Од добиените резултати се гледа дека нејонизирачкото зрачење е на повеќе мерни точки намалено.
- Сите мерења кои се добиени се многу пати помали од дозволените гранични вредности.
- Резултатите од мерењата се јавно достапни на веб страната <https://e-agencija.aek.mk/GISNejoniziracko/> и за секоја мерна точка има детален извештај.