

**REPUBLIKA E SHQIPËRISË**  
**UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS**  
**FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT**  
**DEPARTAMENTI I ELEKTRONIKËS DHE TELEKOMUNIKACIONIT**

**SANIJE ÇELA**

**Për marrjen e gradës**

**“ Doktor”**

**në “Teknologjitë e Informacionit dhe Komunikimit”**

**drejtimi Telekomunikacion dhe Inxhinieri Informacioni**

## **DISERTACION**

**STUDIMI I ANTENAVE INTELIGJENTE TË TELEFONISË CELULARE,  
RREZATIMI JO-JONIZUES NË AFËRSI TË TYRE**

**Udhëheqës Shkencor**

**PROF. DR. ROZETA MIHO MITRUSHI**

**TIRANË, 2014**





STUDIMI I ANTENAVE INTELIGJENTE TË TELEFONISË CELULARE,  
RREZATIMI JO-JONIZUES NË AFËRSI TË TYRE

Disertacioni

i paraqitur në Universitetin Politeknik të Tiranës

për marrjen e gradës

“Doktor”

në

“Teknologjitë e Informacionit dhe Komunikimit”

drejtimi Telekomunikacion dhe Inxhinieri Informacioni

nga

Znj. Sanije Çela

2014

Disertacioni i shkruar nga

Znj. Sanije Çela

Master Shkencor, Universiteti Politeknik i Tiranës, Shqipëri, 2007

DIND, Universiteti Politeknik i Tiranës, Shqipëri, 1985

I aprovuar nga

\_\_\_\_\_ Kryetar i Jurisë së Disertacionit të Doktoratës

\_\_\_\_\_ Anëtar i Jurisë së Disertacionit të Doktoratës

\_\_\_\_\_ Anëtar i Jurisë së Disertacionit të Doktoratës

\_\_\_\_\_ Anëtar i Jurisë së Disertacionit të Doktoratës

\_\_\_\_\_ Anëtar i Jurisë së Disertacionit të Doktoratës

I pranuar nga

\_\_\_\_\_ Dekan , Fakulteti i Teknologjisë së Informacionit

## Abstrakt

Zhvillimi i komunikimeve pa tel (wireless) në ditët e sotme është në rritje eksponenciale. Rritja me ritme të shpejta ka ardhur nga disa arsye. Arsyeja e parë lidhet me zhvillimin e sistemeve harduerike të përpunimit numerik të avancuar të sinjalit, gjithashtu interesi global për aplikime me brez të gjerë është rritur. Komunikimet pa tel kërkojnë antena inteligjente me qëllim të rrisin kapacitetet, të zgjerojnë brezin, të rrisin raportin sinjal-zhurmë, të përmirësojnë cilësinë e transmetimit. Antenat inteligjente përfshijnë një përmbledhje të shumë disiplinave, si rrezatimi elektromagnetik, mekanizmat e përhapjes, vlerësimi spektral dhe metodat adaptive. Studimi i antenave inteligjente është sot me shumë interes për komunikimet inxhinierike.

Ky punim paraqet një studim të antenave inteligjente, matjen dhe vlerësimin e rrezatimit jojonizues në afërsi të tyre, si dhe ndërtimin e një algoritmi për përpunimin e të dhënave me qëllim sigurimin e informacionit më të shpejtë dhe lehtësisht të menaxhueshëm. Punimi ka trajtuar antenat inteligjente të sistemeve të telefonisë celulare. Sistemet celulare janë komplekse, synojnë tre qëllime kryesore: të sigurojnë mbulim me sinjal dhe mobilitet; të kenë kapacitet të lartë; të sigurojnë cilësinë e sinjalit. Vlerësimi i rrezatimit jojonizues në afërsi të antenave, ka qenë synimi kryesor, për të bërë një njohje të plotë të vlerave të fushës elektromagnetike në afërsi të antenave inteligjente të sistemeve celulare. Ky vlerësim bëhet i rëndësishëm, duke ditur dhe shtrirjen shumë të madhe që ka marrë rrjeti i telefonisë celulare në ditët e sotme.

Punimi studjon parametrat për antenat inteligjente që lidhen me rrezatimin, këndin e matjes, densitetin e fuqisë, si dhe në raport me frekuencën, duke trajtuar modelet për të tre brezat e frekuencave të përdorura nga sistemet e telefonisë celulare. Këto modele mundësojnë hartimin e një algoritmi që mund të menaxhojë të dhënat e marra në mjedis në mënyrë autonome. Përpunimi i të dhënave është bërë edhe në skenarin me MATLAB, por është realizuar edhe me anë të modelimit në ORACLE, ku skedarët e përfutur japin mjaft mirë proceset e vlerësimit të rrezatimit të fushës elektromagnetike në afërsi të antenave inteligjente të përdorura nga sistemet celulare. Krahasimi i vlerave në një sistem celular është bërë referuar vlerave standarde limit.

Mbështetur mbi një literaturë shkencore mbi argumentin në fjalë, si dhe në disa artikuj që lidhen me argumentin tonë, si dhe nga përvoja në zbatime të ngjashme me sisteme celulare, ne kemi zhvilluar një algoritëm për vlerësimin e rrezatimit jojonizues duke ndërtuar një model në MATLAB që i referohet vlerësimit të densitetit të fuqisë së rrezatuar nga antena inteligjente, si dhe kemi hartuar modelimin e një Kubi, për përpunimin e të dhënave bazuar në Oracle, për antenat inteligjente të sistemeve celulare. Ky model, i bazuar në Oracle BI, realizon llogaritje dhe vlerësime të ndryshme statistikore, gjenerim të raporteve për situata të ndryshme.

Studimi dhe ndërtimi i këtij algoritmi, si dhe përpunimi i bazës së të dhënave në Oracle ka kontribuar ndjeshëm në zhvillimin e një modeli bazë referencial me konkluzione pozitive për përdorueshmërinë e modelit në aplikacione bazuar në matjen e rrezatimit jojonizues.

**Fjalë kyçe:** antena inteligjente, stacion bazë, telefoni celular, rrezatimi jojonizues, densiteti i fuqisë, intensiteti i fushës, fusha në afësi, fusha në largësi.

## PËRMBAJTJA

<b>LISTA E FIGURAVE.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA E TABELAVE.....</b>	<b>X</b>
<b>MIRËNJOHJE.....</b>	<b>XI</b>
<b>Kapitulli 1 Hyrje .....</b>	<b>1</b>
1.1. Fusha elektromagnetike, vlerësimi i rrezatimit jojonizues .....	1
1.2. Antenat në sistemet e radiokomunikimeve .....	6
1.3. Antenat inteligjente .....	8
1.4. Vlerësimi i fushës dhe përpunimi i të dhënave .....	9
1.5. Kontributi .....	9
1.6. Përmbajtja e kapitujve .....	10
<b>Kapitulli 2 Përhapja e valëve elektromagnetike .....</b>	<b>12</b>
2.1. Vala elektromagnetike në një mjedis dielektrik .....	12
2.1.1. Vala elektromagnetike, ekuacioni valor .....	12
2.1.2. Vala monokromatike, vala e polarizuar .....	13
2.2. Vala elektromagnetike .....	16
2.2.1. Përhapja e valëve elektromagnetike në një mjedis përçues .....	16
2.2.2. Përhapja e valëve elektromagnetike në një mjedis me sjellje të dyfishtë.....	18
2.3. Probleme të përgjithshme të rrezatimit .....	20
2.4. Aspekte energjetike të valës elektromagnetike .....	22
2.5. Përfundime .....	23
<b>Kapitulli 3 Antenat, parametrat e tyre .....</b>	<b>24</b>
3.1. Parimet bazë mbi funksionimin e antenave .....	24
3.1.1. Funksionimi i një antene.....	24
3.1.2. Qarku ekuivalent i një antene .....	25
3.2. Vështrim i përgjithshëm mbi antenat.....	26
3.2.1. Sistemi koordinativ i antenës .....	26
3.2.2. Fuqia e rrezatuar e antenës, fusha afër dhe fusha larg .....	28
3.3. Parametrat e antenave .....	29
3.3.1. Rendimenti i antenës.....	29



3.3.2.	Amplifikimi i antenës .....	30
3.3.3.	Densiteti i fuqisë që kapet nga antena.....	30
3.3.4.	Parametra të tjera të antenës .....	31
3.4.	Tipet e antenave.....	31
3.4.1.	Antena vektoriale (Arrays) .....	33
3.4.2.	Tipet e tjera të antenave .....	35
3.4.3.	Vibratori i Hercit në një antenë mikrocelulare.....	35
3.5	Përfundime të kapitullit .....	38
<b>Kapitulli 4 Antenat inteligjente dhe Arkitekturat e tyre .....</b>		<b>39</b>
4.1.	Parimet bazë të funksionimit të antenës inteligjente.....	39
4.1.1.	Funksionimi i antenës inteligjente .....	39
4.1.2.	Tipet e antenave inteligjente .....	41
4.1.3.	Koncepti celular në sistemet e radiokomunikimit.....	43
4.1.4.	Antenat inteligjente në sistemet e radiokomunikimit.....	44
4.2.	Teknikat e aksesit .....	46
4.2.1.	Teknikat bazë të aksesit .....	46
4.2.2.	Teknikat e avancuara të aksesit.....	48
4.2.3.	Teknika SDMA.....	50
4.3.	Arkitekturat e antenave inteligjente.....	52
4.3.1.	Elementet e një sistemi me antenë inteligjente .....	52
4.3.2.	Projektimi i antenës inteligjente.....	58
4.3.3.	Antenat me vargje elementësh në formë cilindrike.....	63
4.3.4.	Projektimi i antenave me formë cilindrike.....	64
4.3.5.	Projektimi i stacionit bazë prototip .....	65
4.4.	Algoritmet e vlerësimit të parametrave të antenave inteligjente.....	67
4.4.1.	Vlerësimi me metodat tradicionale .....	68
4.4.2.	Vlerësimi me metodën MUSIC .....	70
4.4.3.	Vlerësimi me metodën ESPRIT .....	75
4.5.	Përfundime të kapitullit .....	78
<b>Kapitulli 5 Vlerësimi i rrezatimit dhe Algoritmi i Përpunimit të të dhënave .....</b>		<b>79</b>
5.1.	Hyrje.....	79
5.2.	Dozimetria .....	80
5.2.1.	Parametrat kuantitive të dozimetrisë.....	80
5.2.2.	Kufizimet bazë.....	81

5.3.	Vlerësimi i fushës rënëse në zonën e fushës “në distancë” nga transmetuesi .....	82
5.3.1.	Zonat e fushës .....	83
5.3.2.	Metodat e vlerësimit të ekspozimit të fushës në largësi .....	85
5.4.	Vlerësimi i densitetit të pikut të fuqisë së rrezatuar nga antena celulare .....	87
5.4.1.	Metoda analitike për vlerësimin e densitetit të pikut të fuqisë .....	88
5.4.2.	Vlerësimi i densitetit maksimal të fuqisë në prani të shumë burimeve .....	89
5.4.3.	Metoda teorike për vlerësimin e vlerës pik të densitetit të fuqisë .....	91
5.4.4.	Rezultatet e matjeve të densitetit të fuqisë në afërsi të BTS-ve .....	93
5.5.	Përpunimi i të dhënave me anë të Algoritmit të propozuar në MATLAB .....	96
5.5.1.	Procedura e matjes .....	97
5.5.2.	Algoritmi i propozuar .....	99
5.5.3.	Interpretimi i rezultateve .....	106
5.6.	Përfundime lidhur me Algoritmin e propozuar në MATLAB .....	115

**Kapitulli 6 Modelimi i një Kubi në Oracle për përpunimin dhe analizën e rezultateve të matjeve ..... 117**

6.1.	Baza e të dhënave në Oracle .....	117
6.1.1.	Integruesi i të dhënave Oracle - ODI .....	118
6.1.2.	Edituesi i Oracle Business Intelligence Enterprise - OBIEE .....	120
6.2.	Modelimi i bazës së të dhënave .....	122
6.3.	Ngarkimi i të dhënave me anë të ODI .....	123
6.4.	Mjetet e administrimit të OBIEE .....	130
6.5.	Rezultatet e përfuara .....	134
6.6.	Përfundime .....	145

**Kapitulli 7 Konkluzione ..... 146**

7.1.	Përfundime teorike .....	146
7.2.	Konsiderata mbi punimin .....	147
7.3.	Përfundime .....	148
7.4.	Punime në të ardhmen .....	149

**REFERENCA ..... 150**

**Shtojca A..... 153**

**Shtojca B..... 156**

**Shtojca C..... 161**

**Shtojca D..... 172**



## LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1 Vala e polarizuar .....	16
Figura 2.2 Ndërfaqja midis dy mjediseve ku përhapet vala .....	17
Figura 2.3 Sjellja e mjediseve të ndryshme në varësi të frekuencës.....	21
Figura 2.4 Sjellja e qarkut lëkundës .....	22
Figura 3.1 Forma e rrezatimit në një linjë transmetimi .....	26
Figura 3.2 Antena si nyje katërpolare; qarku ekuivalent për antenë1 .....	27
Figura 3.3 Koordinatat sferike për paraqitjen e diagramës së rrezatimit.....	28
Figura 3.4 Diagramat e rrezatimit .....	29
Figura 3.5 Paraqitja skematike e valës së një dipoli afër dhe larg tij .....	30
Figura 3.6 Diagramat e rrezatimit të dipolit gjysmë-vale.....	33
Figura 3.7 Efekti i reflektimit tokë në dipolin gjysmë-vale .....	33
Figura 3.8 Antena vektoriale .....	34
Figura 3.9 Antena “ <i>broadside</i> ” .....	35
Figura 3.10 Antena “ <i>end fire</i> ” .....	35
Figura 3.11 Antena rombike.....	35
Figura 3.12 Paraqitja skematike e antenës mikrocelulare. ....	37
Figura 3.13 Diagrama e drejtimit e një dipoli elementar.....	38
Figura 4.1 Bllokskemë e një sistemi radiokomunikimi me efektet e shuarjeve .....	41
Figura 4.2 Koncepti i ndarjes me qeliza .....	45
Figura 4.3 Ndarja e qelizës në përmasa më të vogla .....	45
Figura 4.4 Metodat e aksesit të shumëfishtë: FDMA, TDMA, CDMA .....	49
Figura 4.5 Koncepti i teknikës SDMA .....	52
Figura 4.6 Bllokskema e transmetuesit për antenë inteligjente .....	55
Figura 4.7 Ilustrimi i një plani valor të mundshëm nga një kënd $\Phi$ në një varg linear .....	56
Figura 4.8 Gjeometri të ndryshme për antenat inteligjente .....	57
Figura 4.9 Bllokskema e marrësit për antenë inteligjente .....	58
Figura 4.10 Gjeometria e një vargu linear me elementë identikë.....	60
Figura 4.11 Paraqitja e lobeve të padëshirueshëm në zonën e shikimit .....	62
Figura 4.12 Modeli i mbulimit për një pesë element emetues/absorbues me hapësira të njehta .....	63
Figura 4.13 Projektioni i elementëve të përshtatur në formë cilindrike në plan .....	65

Figura 4.14 Një varg me 12 elementë në formë cilindrike Struktura e propozuar e stacionit bazë .	66
Figura 4.15 Një antenë me sektorë 120° ku secili konsiston në katër elementë .....	67
Figura 4.16 Një diagramë që ilustron projektimin kryesor të sistemit prototip .....	68
Figura 4.17 Grupi me M-elementë bashkë me sinjalet e ardhur.....	70
Figura 4.18 Të gjashta rrënjët në koordinatat karteziane. ....	74
Figura 4.19 Pseudo spektri i MUSIC dhe rrënjët e gjetura me root-MUSIC .....	75
Figura 5.1 Zonat e fushave dhe modelet e amplitudës për secilën .....	85
Figura 5.2 Shkaqet e gabimeve në matje.....	86
Figura 5.3 Antena kolineare dhe plani horizontal ku bëhet vlerësimi i fushës .....	92
Figura 5.4 Kufiri i pajtueshmërisë.....	93
Figura 5.5 Densiteti i fuqisë në varësi të distancës për 900 MHz .....	95
Figura 5.6 Densiteti i fuqisë në varësi të distancës për 1800 MHz .....	96
Figura 5.7 Densiteti i fuqisë në varësi të distancës për 2100 MHz .....	96
Figura 5.8 Ndikimi i përbashkët 2G dhe 3G krahasuar me vlerat ICNIRP .....	97
Figura 5.9 Bllokskema e procedurës së matjes.....	99
Figura 5.10 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz .....	105
Figura 5.11 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz .....	106
Figura 5.12 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz .....	106
Figura 5.13 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz .....	107
Figura 5.14 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 925 – 935 MHz .....	110
Figura 5.15 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 935.2 – 943 MHz .....	110
Figura 5.16 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 1815 – 1823 MHz .....	111
Figura 5.17 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 2125.4 – 2140 MHz .....	111
Figura 5.18 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz .....	112
Figura 5.19 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 925 – 935 MHz. ....	113
Figura 5.20 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 935.2 – 943 MHz .....	114
Figura 5.21 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 1815 – 1823 MHz .....	114
Figura 5.22 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 2125.4 – 2140 MHz (UMTS).....	115
Figura 5.23 Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz .....	115
Figura 6.1 Arkitektura E-LT (ekstrakt – ngarkim – transformim) .....	120
Figura 6.2 Integruesi i të dhënave Oracle.....	120
Figura 6.3 Paraqitja skematike e një Oracle BI .....	123

Figura 6.4 Struktura yll – ( <i>star</i> ) e bazës së të dhënave.....	123
Figura 6.5 Krijimi i variablit Alphanumeric.....	124
Figura 6.6 Pamje nga seksioni Datastore model.....	124
Figura 6.7 Krijimi i skedarit EMF_Allfilenames.txt .....	125
Figura 6.8 Skema që tregon procedurën <i>GetEmfFileNames</i> .....	126
Figura 6.9 Ndërfaqja <i>Pop.LoadEmfData</i> .....	126
Figura 6.10 Krijimi i paketës <i>pck_LoadEmfData</i> .....	127
Figura 6.11 Rikthim në procedurën <i>GetEmfFileNames</i> .....	127
Figura 6.12 Ngarkimi në bazën e të dhënave i informacionit.....	128
Figura 6.13 Modulet e njohjes (KM).....	128
Figura 6.14 Opsionet e planifikimit të procedurës .....	129
Figura 6.15 Shtresa Fizike (Kubi) .....	130
Figura 6.16 Çelësat e tabelave, si dhe relacionet.....	130
Figura 6.17 Lidhja e tabelave ndërmjet tyre.....	131
Figura 6.18 Hierarkitë e dimensioneve .....	131
Figura 6.19 Funksione të ndryshme të përdorura .....	132
Figura 6.20 Fushat që do të përdoren për raportin .....	133
Figura 6.21 Vendosija e kriterëve të ndryshme .....	133
Figura 6.22 Vlerat e E, kundrejt limitit të lejuar për frekuencen 925-935MHz .....	134
Figura 6.23 Vlerat e E (V/m) në momente të ndryshme kohe dhe vlera totale, (Filologjiku) .....	137
Figura 6.24 Vlerat e E (V/m) në momente të ndryshme kohe dhe vlera totale, (Kinostudio) .....	137
Figura 6.25 Përqindja e vlerave të E (V/m) në pikat e matjes, kundrejt limitit të lejuar. ....	140
Figura 6.26 Vlerat në brezin 935 – 945 MHz DL, krahasuar me limitin.....	140
Figura 6.27 Vlerat e matura të E (V/m), për çdo frekuencë, krahasuar me vlerat Max dhe Min ..	141
Figura 6.28 Mesatarja e vlerave të E (V/m) të çdo stacioni kundrejt Min dhe Max .....	142
Figura 6.29 Krahasimi sipas frekuencave për çdo zonë .....	143
Figura 6.30 Krahasimi sipas përqindjes së frekuencave në çdo zonë.....	143
Figura 6.31 Krahasimi sipas frekuencave, për çdo zonë .....	144
Figura 6.32 Numri i stacioneve me vlerat maksimale të arritura për çdo frekuencë .....	144

## LISTA E TABELAVE

Tabela 1.1 Brezi i frekuencave.....	2
Tabela 1.2 Limitet e ekspozimit të punonjësve në frekuencat RF.....	4
Tabela 1.3 Limitet e ekspozimit të publikut në frekuencat RF dhe shumë të larta.....	5
Tabela 5.1 Kufizimet bazë ICNIRP mbi ekspozimin e fushave EM.....	111
Tabela 5.2 Zona në distanca në ndryshme nga stacionet radio.....	114
Tabela 5.3 Selektimi në frekuencë .....	130
Tabela 5.4 Ilustrimi i një grupi të matjeve të kryera në afërsi të një antene.....	131
Tabela 6.1 Vlerat e intensitetit të fushës elektrike, për çdo stacion.....	135
Tabela 6.2 Vlerat totale të E(V/m) për çdo stacion .....	136
Tabela 6.3 Vlerat e E (v/m) në momente të ndryshme (Kinostudio).....	138
Tabela 6.4 Përqindja e vlera të E kundrejt vlerës limit të lejuar.....	139
Tabela 6.5 Vlerat e E (V/m) për brezat 925-935, si dhe 935-943 MHz, kundrejt Max dhe Min..	141
Tabela 6.6 Krahasimi sipas Zonave ose Frekuencave .....	142
Tabela 6.7 Krahasimi në përqindje sipas frekuencave .....	143
Tabela 6.8 Numri i stacioneve me vlerat maksimale.....	144

## MIRËNJOHJE

Dëshiroj të falenderoj të gjithë kolegët e mi që më kuptuan dhe më mbështetën gjatë punimit të këtij disertacioni. Përgjegjës in e departamentit, si dhe kompaninë AMC, që lehtësuan realizimin e matjeve dhe provave të shpeshta duke bërë të mundur zhvillimin me sukses të algoritmit që realizoi përfundimin e disertacionit.

Sanije Çela

2014, Tiranë



## KAPITULLI 1

### Hyrje

Zhvillimi i vrullshëm i komunikimeve me brez të gjerë, si dhe qenia e njerëzve në lëvizje, kanë bërë që komunikimet sot të synojnë më shumë drejt komunikimeve pa fije. Studimi dhe projektimi i antenave inteligjente në ditët e sotme është i vështirë për shkak të kompleksitetit në rritje. Ka një ndërthurje të shumë disiplinave inxhinierike në studimin dhe projektimin e antenave inteligjente. Duke iu referuar kësaj ndërthurjeje, ekzistojnë dy arsye të rëndësishme mbi të cilat motivohet ky hulumtim. Një arsye është kërkesa në rritje për cilësinë e komunikimeve pa tel (wireless) [1]. Aktorë të ndryshëm të interesuar në zhvillimin e komunikimeve pa tel (përdorues, projektues, si dhe drejtues të kompanive) zakonisht kanë kërkesa të ndryshme mbi cilësinë e antenave inteligjente siç janë brezi, vlera e fuqisë së rrezatuar, besueshmëria, etj. Një arsye e dytë e rëndësishme pse zhvillimi i algoritmeve për vlerësimin e rrezatimit jojonizues vazhdon të jetë me interes, është interesi i publikut për njohjen e vlerave të rrezatimit elektromagnetik në afërsi të antenave të telefonisë celulare. Studimi i paraqitur ka interes të njohë vlerat e fushës në afërsi të antenave të përdorura nga sistemet e sotme celulare. Komunikimi pa fije është ngushtësisht i lidhur me valët elektromagnetike, kjo e bën të domosdoshme njohjen e vlerave të parametrave të fushës elektromagnetike, krahasimin e tyre me vlerat e lejuara nga standardet ndërkombëtare, si dhe rekomandimet e duhura për fuqinë e lejuar të antenave inteligjente të sistemeve celulare. [2] Në këtë studim ne propozojmë një model algoritmi bazë për të vlerësuar parametrat e rrezatimit elektromagnetik. Kjo është e rëndësishme për menaxhimin e të dhënave dhe përpunimin e tyre në kohë sa më të shkurtër, si dhe me cilësinë e kërkuar.

#### 1.1. Fusha elektromagnetike, vlerësimi i rrezatimit jojonizues

Sistemet e komunikimeve pa tel, midis të cilëve sistemet e telefonisë së lëvizshme, kanë si mjedis, valën elektromagnetike, që në distanca larg burimeve të saj, mund të konsiderohet si valë elektromagnetike plane. Aparati i celularit dhe antena, në rastin e studimit tonë, antena inteligjente, ose stacioni bazë, janë burimet e valës elektromagnetike. Në këtë këndvështrim sistemet e komunikimeve pa tel kanë si burim bazë spektrin elektromagnetik.

Për këtë qëllim, më poshtë është paraqitur brezi i frekuencave prej frekuencave të ulëta (ato industriale, pra me gjatësi vale 300 Mm), deri në frekuencat tepër të larta (në ato të rrezeve gama), d.m.th në valët me gjatësi  $\lambda=10^{-15}$  m. [1]

Tabela 1.1: Brezi i frekuencave

Brezi i frekuencave		
*ELF	3-30 Hz	
SLF	30-300 Hz	(fuqia elektrike)
ULF	300-3000 Hz	
VLF	3-30 kHz	(nëndetëset)
LF	30-300 kHz	
MF	300-3000 kHz	
HF	3-30 MHz	
VHF	30-300 MHz	(FM, TV)
UHF	300-3000 MHz	(TV, celular)
SHF	3-30 GHz	(radar, satelit)
EHF	30-300 GHz	(radar)

Vektori i Pointingut jep vektorin e përhapjes së fushës elektromagnetike dhe përcakton madhësinë dhe drejtimin e fuqisë së transmetuar, i shprehur në  $\text{wat/m}^2$ . Ky është një nga parametrat e vlerësimit, i përcaktuar si densiteti i fuqisë. [3] Mekanizmat e përhapjes së valëve elektromagnetike lidhen me transmetimin, reflektimin, shpërhapjen dhe përthyerjen. [4] Në [2] përkufizohet se vala elektromagnetike karakterizohet nga vektorët  $E$  dhe  $H$ , që kënaqin të njëjtin ekuacion valor. Vala elektromagnetike quhet plane, atëherë kur vektorët  $E$  dhe  $H$  që karakterizojnë atë, varen vetëm nga një koordinatë, p.sh. nga  $z$  dhe nga koha.

Është me rëndësi të vemë në dukje, se parimisht, çdo qark i rrymës së ndryshueshme, rrezaton valë elektromagnetike. Kjo konsideratë e përgjithshme rezulton prej vetë zgjidhjes së ekuacioneve të fushës elektromagnetike, të cilat mund të përftoheshin për konturet elektrike në forma të ndryshme. Është me shumë rëndësi të vemë në dukje se aftësia e një qarku për të rrezatuar, varet shumë nga konfiguracioni i qarkut. Për të rritur këtë aftësi rrezatuese të qarkut, duhet që fushat magnetike dhe elektrike, që lidhen me rrymën alternative, të jenë të përqëndruara në të njëjtën zonë të hapsirës, për qark qarkut të marrë në shqyrtim. Qarku lëkundës ka aftësitë rrezatuese më të mira të mundshme; ai praktikisht është në rolin e një antene rrezatuese. Rryma e përcjellshmërisë  $i$  në përcjellës, mbyllet me rrymën e zhvendosjes në kondensator; dhe

---

\* ELF = Extremely Low Frequency, SLF = Super Low Frequency, VLF= Very Low Frequency, MF=Medium Frequency, HF = High Frequency, UHF = Ultrahigh Frequency, etj.

kështu në hapsirën e qarkut lëkundës, kemi fushën elektromagnetike të ndërthurur në një të vetme.

Henrih Herc, fizikant gjerman, lindur në Hamburg (1857-1894) ka zbuluar eksperimentalisht valët elektromagnetike që shpesh quhen herciane. Ai ka qënë një eksperimentues i shkëlqyer me mjaft kontribute në përhapjen e valëve elektromagnetike, për rrezatimin e tyre, për reflektimin, refraktimin, difraksionin, etj. Konkluzionet e tij ekperimentale që bënë mjaft bujë në kohën e vet dhe që citohen edhe sot, konfirmuan teorinë e elektromagnetizmit të përpunuar në mënyrë të shkëlqyer nga Maxwell. [5] Gjithashtu eksperimentet e Hercit, luajtën një rol të rëndësishëm edhe në konfirmimin e natyrës elektromagnetike të dritës edhe kjo, gjithashtu ishte hipotezë e rëndësishme e Maxwellit.

Kur analizohet fusha apo vala elektromagnetike, gjithnjë aspektet energjetike zënë një vend të rëndësishëm në shqyrtimin e problemit. Me përhapjen e valës elektromagnetike kemi përhapjen e energjisë elektromagnetike. Siç dihet nga teoria e fushës elektromagnetike, një koncept energjetik themelor në analizën energjetike të fushës apo valës elektromagnetike, është dhe ai i vektorit të Pointingut.

Nga ana tjetër, në të gjitha studimet dhe analizat që bëhen për ndikimin e fushës apo valës elektromagnetike tek njeriu apo në qeniet e tjera, flitet për energjinë elektromagnetike në njësinë e kohës, të absorbuar nga organizmi për njësinë e peshës  $\left(\frac{\text{wat}}{\text{kg}}\right)$  ose që depërton në njësinë e sipërfaqes  $\left(\frac{\text{wat}}{\text{cm}^2}\right)$ , në rastin e frekuencave shumë të larta; pra kemi të bëjmë me vlera specifike të energjisë që depërtojnë tek njeriu nëpërmjet indit të lëkurës. Pra edhe në këtë rast do të ndeshemi përsëri me vektorin e Pointingut. Flitet në këto raste për DAS (*Debi d'absorbition specifique*) ose SAR (*Specific Absorbition Rate*) që përfaqësojnë absorbimin e fuqisë në njësinë e peshës, ose në njësinë e sipërfaqes, pra densitetin e fuqisë; ato realisht janë kriteret dozimetrike të rëndësishme [4].

Një nga shprehjet më të qarta të bashkëveprimit të fushës me mjedisin, këtu kemi parasysh dhe organizmin e njeriut apo të çdo qenie tjetër të gjallë, është dhe transferimi i energjisë. Kjo realizohet kryesisht nga zhvendosja e ngarkesave nën veprimin e vektorit E. Shprehja e mësipërme  $\left(\frac{w}{\text{kg}}\right)$ , merr një kuptim të rëndësishëm dozimetrik; ajo përcakton fuqinë e absorbuar në një kg peshë të organizmit të njeriut që është nën veprimin e fushës elektromagnetike. Nga sa u tha më sipër fuqia e absorbuar varet nga  $\gamma$  dhe  $\varepsilon''$  e këto në organizmin e njeriut, janë më të mëdha në indin muskolor se sa në indin dhjamor e kockor, sepse në të parin sasia e ujit është mjaft e madhe. Nga paraqitja

e mësipërme vemë re se humbjet në organizmin e njeriut, pra fuqia e absorbuar, është ajo e Zhul-Lencit e që jep ngrohjen tij. Njëherazi kujtojmë se ajo është pjesë përbërëse e vektorit të Pointingut. [2]

Problemi i marrë në analizë në këtë studim, e ka të nevojshme një paraqitje të përzgjedhur të normativave për ekspozimin në fushat dhe valët elektromagnetike. Në [2] dhe [6] ka një shqyrtim të hollësishëm të limiteve të ekspozimit, të natyrës referuese bibliografike ku vihen në dukje pikënisjet, diskutimet, rezervat, miratimet në nivel ndërkombëtar, rajonal dhe kombëtar. Edhe pse problemi ka një rëndësi të veçantë, dalin në pah dy drejtime të rëndësishme: elementet normativë, të hartuara nga ICNIRP, pas një pune studimore mjaft të gjatë, sugjerohet që të gjejnë zbatim, pra që të jenë referenca pune në të gjitha vendet; ka rezerva në limitet e rekomanduara, duke sugjeruar limite të tjera në zonën rrethojëse të tyre. Në këtë vështrim, synohet që limitet e rekomanduara të ulen, siç ka ndodhur gjatë viteve. Në tabelën 1.2 jepen referencat normative. [2]

Tabela 1.2: Limitet e ekspozimit të punonjësve në frekuencat RF

Frekuenca (MHz)	Intensiteti i fushës elektrike (V/m)	Intensiteti i fushës magnetike (A/m)	Densiteti i fuqisë (W/m <sup>2</sup> )	Kohëzgjatja e ekspozimit (min)
0,003-1	600	4,9		6
1-10	600/f	4,9/f		6
10-30	60	4,9/f		6
30-300	60	0,163	10	6
300-1500	3,54f <sup>0,5</sup>	0,0094f <sup>0,5</sup>	f/30	6
1500-15000	137	0,364	50	6
15000-150000	137	0,364	50	616000/f <sup>12</sup>
150000-300000	0,354f <sup>0,5</sup>	9,4x10 <sup>-4</sup> f <sup>0,5</sup>	3,33x10 <sup>-4</sup> f	616000/f <sup>12</sup>

Në tabelat e mësipërme kemi të bëjmë me limite të dendësisë të fuqive për frekuenca më të mëdha se 100 MHz; (frekuenca f në MHz). Nga ana tjetër kujtojmë se dendësia e fuqisë prej 10 W/m<sup>2</sup> është e barabartë me 1 mW/cm<sup>2</sup>, ndërsa intensiteti i fushës magnetike prej 1 A/m i korrespondon 1,257 mikrotesla ose 12,57 miligauss.

Siç është e ditur [1], në tërë spektrin e frekuencave, bëhen këto klasifikime kryesore:

- Fushat elektromagnetike të frekuencave tepër të ulta 0-300 Hz (ELF -Extremely Low Frequency). Në këtë brez bëjnë pjesë dhe fushat elektromagnetike të linjave të tensionit të lartë për të cilat është folur në disa plane duke përfshirë dhe ato ekologjike [1]. Kujtojmë se në këto raste kriteri bazë dozimetrik është rryma e induktuar në organizëm e matur në A/m<sup>2</sup>, pra dendësia e saj.

Tabela 1.3: Limitet e ekspozimit të publikut në frekuencat RF dhe shumë të larta

Frekuenca (MHz)	Intensiteti i fushës elektrike (V/m)	Intensiteti i fushës magnetike (A/m)	Densiteti i fuqisë (W/m <sup>2</sup> )	Kohëzgjatja e ekspozimit (min)
0,003-1	280	2,19		6
1-10	280/f	2,19/f		6
10-30	28	2,19/f		6
30-300	28	0,073	10+	6
300-1500	1,585f <sup>0,5</sup>	0,0042f <sup>0,5</sup>	f/150	6
1500-15000	61,4	0,163	10	6
15000-150000	61,4	0,163	51	616000/f <sup>12</sup>
150000-300000	0,158f <sup>0,5</sup>	4,21x10f	6,67x10 <sup>-5</sup> f	616000/f <sup>12</sup>

- Fushat e RF me frekuenca më të vogla se 1 MHz. Këto fusha nuk prodhojnë nxehtësi të dukshme në organizmin e njeriut; ato induktojnë në inde fusha dhe rryma elektrike, dendësia e të cilave matet në A/m<sup>2</sup>. Pra dendësia dozimetrike është po ajo, dendësia e rrymës së induktuar në indet e organizmit, A/m<sup>2</sup>. Në [2] jepen standardet, brezat e këtyre rrymave si dhe për efektet biologjike, po qe se në organizëm do të kishim të bënim me vlerat e skajshme të tyre. Pra, në këtë brez frekuencash, si kriter dozimetrik bazë, është përsëri dendësia e rrymave të induktuara nga fusha elektromagnetike.
- Fushat e RF me frekuenca në brezin 1 MHz-10 GHz. Këto fusha depërtojnë në inde, prodhojnë nxehtësi si rezultat i absorbimit të energjisë nga indet. Në këtë brez frekuencash, si kriter dozimetrik është fuqia e absorbimit specifik e matur në W/kg, pra fuqia e absorbuar nga çdo kg peshë të indit (DAS ose SAR). Ky absorbim duhet të arrijë në 4 W/kg, që fusha e këtyre frekuencave të jetë e dëmshme për organizmin. Këto nivele ose të afërta me to, arrihen në disa dhjetra metra larg antenave të fuqishme të këtyre fushave. Ndaj rekomandohet që antena të tilla të instalohen në shtylla të larta. Fushat e këtyre radiofrekuencave japin ngrohje, rritje të temperaturave mbi 1<sup>0</sup>C, gjë që provokon reaksione fiziologjike dhe çrregullime të sistemit termorregullues, për rrjedhojë një ulje të kapacitetit mendor dhe fizik njëlloj si në rastin e një njeriu të ekspozuar në mjedise të mbinxehura dhe që japin stresin termik.
- Fushat e RF me frekuenca më të mëdha se 10 GHz. Në këto raste si kriter bazë dozimetrik është moduli i vektorit të Pointingut në njësinë e sipërfaqes, pra W/m<sup>2</sup>. Kjo lidhet ngushtë me sjelljen e këtyre frekuencave në organizmin e njeriut. Ato depërtojnë vetëm në sipërfaqen e indit të lëkurës.

## 1.2. Antenat në sistemet e radiokomunikimeve

Studimi ynë është i lidhur me sjelljen e antenave, për të hartuar një model përpunimi të të dhënave që mund të merren nga sistemet e antenave. Për këtë arsye janë studiuar fillimisht tipet e antenave të përdorura në sistemet e radiokomunikimeve, para se të kalohet në studimin e antenave bashkëkohore inteligjente.

Një sistem radiokomunikimi përdor antenën si mjetin që konverton valët e drejtuara në një valësjellës, mikrostrip, apo në një linjë transmetimi në valë të rrezatuara që përhapen në hapësirën e lirë, ose anasjelltas. Qëllimi i antenës është të sigurojë këtë konvertim me eficiencë sa më të lartë. Dipoli i hercit [1] është struktura bazë më e thjeshtë e një antene. Diagrama e rrezatimit është parametri më e rëndësishëm për një antenë.

Struktura më e përhapur e antenave është antena me vektorë. Format më klasike janë antenat me vektorë linearë dhe planarë. Në antenat lineare kemi përforsim të rrezes në një drejtim, duke fituar një direktivitet vetëm në një plan. Në rastin e antenave planare, kemi dy parametra të kontrollit. [1] Në këtë mënyrë përftohet një rreze shumë e ngushtë. Antenat me vektorë linearë uniformë janë një nga shembujt më tipikë. Një tjetër strukturë, e përdorur gjerësisht është antena me reflektorë. Në këtë strukturë përdoret teoria e imazhit. [3]

Sistemet e antenave në stacionet bazë të përdorura në sistemet e telefonisë celulare, janë të ndërtuara për të siguruar mbulimin edhe në planin e azimuthit, por edhe për të siguruar direktivitet në planin vertikal. Struktura më e përdorur është ajo me ndarje në sektorë, secili prej  $120^\circ$ . Metoda kryesore për të llogaritur diapazonin e një sistemi radio mobile është modelimi i humbjes në rrugën e përhapjes.

Në një vështrim të shkurtrë historik po ndalemi në shpjegimin e gjeneratave të telefonisë celulare, që ka ndikuar drejt për së drejti edhe në zhvillimin e antenave, sipas [4].

Gjenerata e parë e sistemeve të komunikimeve celulare u shfaq në vitet 1980. Gjenerata e parë ka përdorur teknikat e transmetimit analog për trafikun, i cili ishte vetëm zëri. Në këtë gjeneratë nuk kishte një standard dominues, por ekzistonin disa standarde. Standardet më të suksesshëm kanë qenë NMT (*Nordic Mobile Telephone*), TACS (*Total Access Communications System*), dhe AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*).

Gjenerata e dytë (2G) e sistemeve të komunikimeve celulare ka përdorur teknikat radio të transmetimit numerik për trafikun. Kështu që kufiri ndarës midis gjeneratës së parë dhe asaj të dytë është ndarja nga transmetimi analog në atë numerik. Sistemet e

gjeneratës së dytë kanë siguruar kapacitet më të lartë se sistemet e gjeneratës së parë. Në këtë gjeneratë një kanal i frekuencës ndahet midis disa përdoruesve, secili kanal është i koduar në teknikën CDMA (*Code Division Multiple Access*), ose është me ndarje në kohë në teknikën TDMA (*Time Division Multiple Access*). Struktura hierarkike e qelizave, në të cilën sipërfaqja e shërbimit mbulohet nga makroqeliza, mikroqeliza dhe pikoqeliza e rrit akoma më shumë kapacitetin e sistemit. Në sistemet 2G kemi katër standarde kryesore: GSM dhe derivatet e tij, D-AMPS (*Digital-Advanced Mobile Phone Service*), CDMA dhe PDC (*Personal Digital Cellular*). GSM është standardi më i suksesshëm dhe më i përdorur në sistemin 2G. GSM përdor bandën bazë 900 MHz.

Gjenerata 2.5 është një përmbledhje e të gjitha përparësive dhe përmirësimeve të sistemeve 2G. Këto përmirësime arrijnë të sigurojnë pothuajse të njëjtat mundësi si edhe sistemet e gjeneratës së tretë 3G. Linja ndarëse midis 2G dhe 2.5 G nuk është shumë e qartë. Është e vështirë nga ana teknike të thuash se kur një sistem 2G kalon në 2.5 G. Në përgjithësi, një sistem 2.5 G përfshin teknologjitë më të fundit si HSCSD (*high-speed circuit-switched data*), GPRS (*General Packet Radio Services*) dhe EDGE (*Enhanced Data Rates for Global Evolution*). Problemi më i madh i GSM është shpejtësia e ulët e të dhënave në ndërfaqen ajrore. GSM bazë mund të sigurojë vetëm 9.6 *kbps* për të dhënat. Më vonë, shpejtësia e të dhënave u specifikua në 14.4 *kbps*, ndonëse përgjithësisht ajo nuk u përdor. Një zgjidhje për këtë problem është GPRS, me këtë teknologji përqindja e të dhënave mund të shkojë deri në 115 *kbps* ose dhe më shumë.

Zhvillimet e mëtejshme bazohen në partneritetin e 3GPP2 (*Partnership Projekt Number 2*), ajo është një teknologji e rëndësishme veçanërisht në hapësirat ku përdoren rrjetat IS-95. Një standard tjetër është CDMA2000, i cili përdor një rrjetë sinkrone. Gjenerata e dytë e telefonisë celulare (siç është GSM) mundëson transmetim zëri *wireless*. Karakteristikë për këtë sistem është dhe kodimi me gjysmë shpejtësie, që lejon dyfishimin e numrit të abonentëve në të njëjtin numër kanalesh. Megjithatë kapaciteti i transmetimit të të dhënave për këto sisteme është i kufizuar. Zvoglimi i mangësive të sistemeve të gjeneratës së dytë, si dhe marrja parasysh e kërkesave të reja të abonentëve, si për shembull kërkimi në internet, informacionet në lidhje me vendndodhjen, transmetimi i të dhënave me një shpejtësi më të madhe, çuan në zhvillimin e sistemeve me kapacitet më të lartë. Këto sisteme njihen ndryshe dhe si gjenerata e tretë e telefonisë celulare.

Gjenerata e tretë (3G) nisi të zhvillohej në të njëjtin vit që u hodh në treg edhe GSM. Ky sistem i ri u quajt UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). Gjenerata e tretë është projektuar për komunikimet multimediale. Me këtë sistem, komunikimi person – person është me cilësi të lartë të figurës dhe videos si dhe aksesit i informacionit

dhe shërbimit në rrjetat publike dhe private realizohet me një shpejtësi më të lartë të dhënash. Teknika kryesore e përdorur në ndërfaqen ajrore të gjeneratës së tretë është WCDMA. Ka pasur dhe ka aktualisht disa projekte që janë në konkurrencë për një standard global 3G. Më poshtë do të japim shpjegimin për disa nga sistemet e komunikimit celular, bazuar në teknologjinë e mësipërme WCDMA, TDMA e avancuar, CDMA/TDMA hibride.

### **1.3. Antenat inteligjente**

Teknologjitë e reja të komunikimeve pa tel janë sot drejt zhvillimeve të antenave inteligjente, për të siguruar rritjen e kapacitetit, sigurimin e brezit më të gjerë, raportin sinjal-zhurmë më të lartë, si dhe sigurinë e informacionit më të lartë. Terminologjia antenë inteligjente nënkupton përfshirjen e dy koncepteve, me rreze me komutim dhe me sistem me rreze me përshtatje. Sistemet e reja të antenave inteligjente përshtasin mjedisin e ndryshimit të sinjalit me anë të optimizimit të algoritmeve. Kriteret e optimizimit, lidhur me koston, janë gjersëishtë të përdorur [7].

Antenat inteligjente janë sot një domosdoshmëri për dy arsye kryesore. Së pari, teknologjitë për konvertues analog-numerik me shpejtësi të lartë (ADC) dhe përpunues sinjali numerik (DSP) me shpejtësi të lartë janë zhvilluar me ritme të jashtëzakonshme. Përpunimi i numerik sinjalit me anë të matricave portë të programueshme (FPGA) ka arritur në shpejtësi deri në 256 BMACS. [8] Së dyti, kërkesat globale për komunikime pa tel, po rriten me ritme shumë të shpejta. Antenat inteligjente bëjnë të mundur realizimin praktik të marrjes së sinjaleve për një diapazon të gjerë të aplikimeve. Në [8] funksionalitetet e antenave inteligjente lidhen me këto fusha përdorimi:

- Komunikimet mobile pa tel;
- Rrjetat lokale pa tel (WLAN);
- Laku lokal pa tel (WLL);
- Rrjetat metropolitane pa tel (WMAN);
- Komunikimet satelitore;
- Sistemet radar;
- Rrjetat mobile ad-hoc (MANET);
- Sistemet multiple-in-multiple-out (MIMO).

Për të mundësuar rritjen e kapacitetit dhe shpejtësinë e transmetimit të të dhënave, përdorimet e antenave inteligjente janë të pranishme në të gjitha komunikimet pa tel në ditët e sotme.



#### **1.4. Vlerësimi i fushës dhe përpunimi i të dhënave**

Problem i matjes së fushës elektromagnetike që buron nga stacionet bazë është se niveli i fuqisë së daljes varion sipas nivelit të trafikut në kohë, prandaj vlerat e matura do të jenë të vlefshme vetëm për intervalet kohore kur janë kryer matjet. Metoda e përdorur për matje, është metoda e analizimit në kohë duke regjistruar vlerat aktuale të matura, një metodë, e cila është dizenuar për të monitoruar burimet e fushës që emetojnë fuqi që varion me kohën.

Antenat celulare funksionojnë në frekuencat 900, 1800 dhe 2100 MHz. Ato kanë sjellë mundësinë e rritjes së kapacitetit të ofruar dhe njëkohësisht edhe të shërbimeve shtesë që lidhen më së shumti me 3G dhe së shpejti 4G. Metodatat analitike të llogaritjeve për zonat e fushës afër dhe larg japin mundësinë e llogaritjes së rrezatimit për një frekuencë të vetme, apo për ndikimin e të gjithë frekuencave.

Antenat inteligjente të operatorëve tanë janë sektoriale, dhe siç u theksua i përkasin njëkohësisht në frekuencat 900 MHz, 1,800 MHz dhe 2,100 MHz. Atëherë llogarisim vlerën e densitetit për çdo frekuencë ( $i$ ), pra  $S_i$  pa marrë parasysh influencën e frekuencave të tjera.

Ne kemi zhvilluar një algoritëm për përpunimin e të dhënave të matjeve dhe vizualizimin e tyre në formë grafike, me qëllim lehtësimin e interpretimit të vlerave të matura dhe personalizimin e përpunimit të të dhënave sipas mënyrave të ndryshme që mund të kërkohen. Algoritmi u ndërtua për vlerat e matura në 900, 1800 dhe 2100 MHz, si dhe për vlerat totale të matura me brez të gjerë. Algoritmi u zbatua për matjet e kryera për një kompani konkrete celulare në territorin e Shqipërisë, matje që janë kryer në 80 stacione të shpërndara pothuajse në të gjithë territorin.

#### **1.5. Kontributi**

Ky kërkim sjell një perspektivë të re në përpunimin e të dhënave që merren nga rrezatimi i antenave për sistemet e komunikimeve celulare. Në mënyrë të veçantë, ky kërkim integron sistemet database, bazuar në Oracle, me inxhinierinë e antenave, si dhe me interesin e publikut për njohjen e vlerave të rrezatimit jojonizues në sistemin e

antenave të përdorura gjerësisht sot në komunikimet mobile. Konkretisht mund të përmendim:

- Zhvillimi i një algoritmi për përpunimin e të dhënave të matjeve dhe vizualizimin e tyre në formë grafike, me qëllim lehtësimin e interpretimit të vlerave të matura dhe personalizimin e përpunimit të të dhënave sipas mënyrave të ndryshme që mund të kërkohen.
- Algoritmi u ndërtua për vlerat e matura në 900, 1800 dhe 2100 MHz, si dhe për vlerat totale të matura me brez të gjerë. Algoritmi u zbatua për matjet e kryera për një kompani konkrete celulare në territorin e Shqipërisë, të dhënat të përpunohen shumë herë më shpejtë, (rreth 30 herë) dhe me një saktësi të madhe.
- Studimi i metodave të matjeve, si nga llogaritje analitike, ashtu edhe nga llogaritje numerike. Këto mjete janë shumë të dobishme për të bërë saktësime në mënyrë të tërthortë të matjeve RF. Në algoritmin e zhvilluar në këtë punim u propozua edhe një metodë teorike e llogaritjes së intesitetit të fushës.
- Zhvillimi i një aplikacioni për krijimin e modelimit të një Kubi të përpunimit të të dhënave, bazuar në arkitekturën Oracle, diskutimi i rezultateve të nxjerra nga implementimi i aplikacionit. Krijimi i modelimit sjell një mundësi të mirë për të realizuar llogaritje dhe vlerësime të ndryshme statistikore, gjenerim raportesh për situata të ndryshme, vizualizim interaktiv të tyre.
- Krahasimi i gjithë vlerave të matura, me nivelet kufi të rekomanduara nga ICNIRP.

## **1.6. Përmbajtja e kapitujve**

Materiali i këtij punimi përmban 6 kapituj dhe konkluzionet.

Në kapitullin e parë, është paraqitur një hyrje mbi punimin, aspektet kryesore ku ndalet punimi, si dhe kontributi i propozuar bashkë me përmbajtjen.

Në kapitullin e dytë, jemi përqëndruar në ekuacionet valore për valën elektromagnetike duke e vlerësuar këtë si një pjesë mjaft të rëndësishme të lidhur me rrezatimin e antenave në sistemet e telefonisë celulare. Kemi trajtuar analizën për valën

elektromagnetike në një mjedis dielektrik, si dhe në një mjedis përçues. Në mënyrë të përmbledhur kemi paraqitur problemet e rrezatimit që lidhen me konceptet e fushës elektromagnetike në afërsi dhe në distancë, duke vënë theksin edhe në aspektet energjetike të valës elektromagnetike.

Në kapitullin e tretë kemi analizuar antenat duke diskutuar mbi parimet e funksionimit, si dhe duke paraqitur sjelljen e antenave me anë të parametrave kryesore, që përcaktojnë vetitë kryesore të antenave. Në këtë kapitull kemi dhënë tipet kryesore të antenave që përdoren në sistemet e ndryshme të telekomunikacioneve.

Në kapitullin e katërt është sjellë koncepti i antenave inteligjente dhe arkitektura e tyre. Kapitulli përmban një analizë të parimeve bazë të funksionimit të antenës inteligjente, si dhe teknikat kryesore të aksesit. Kemi trajtuar arkitekturat e antenave inteligjente në mënyrë të përmbledhur, në kontekstin e një sistemi me antenë inteligjente. Në këtë kapitull janë trajtuar edhe algoritmet që përdoren për përcaktimin e parametrave të antenës, kemi analizuar algoritmin për vlerësimin e këndit të mbërritjes, si parametri më i rëndësishëm në aplikacione të ndryshme.

Kapitulli i pestë është një analizë e detajuar e punës për matjet e kryera për vlerësimin e rrezatimit jojonizues në afërsi të antenave të rrjetave celulare, ndërtimin e modelit për përpunimin e të dhënave të matjes. Në këtë kapitull jepen matjet e kryera në stacione të shumta të rrjetave celulare, duke u ndalur në rastet më tipike, që janë marrë në shqyrtim. Vlerësimi i rrezatimit të antenave të rrjetave celulare janë objekt i krijimit të një algoritmi të propozuar në MATLAB. Janë përshkruar këndvështrime të ndryshme të këtij algoritmi dhe janë specifikuar mekanizma të ndryshëm në kushtet specifike për aplikimin e tij në ndërtimin e modeleve konkrete të rrezatimit të antenave.

Kapitulli i gjashtë jep një aplikacion bazuar mbi skedarë të përpunimit të të dhënave në mjedisin e një sistemi ORACLE të menaxhimit të informacionit. Duke u nisur nga kërkesat e vlerësimin, janë diskutuar skedarët e ndryshëm të aplikacionit, gjithashtu janë shpjeguar se si arkitektura softuere e këtij aplikacioni lidhet me modelin referencë dhe sesi ai ka kontribuar në zhvillimin e kësaj arkitekture. Në këtë kapitull janë vlerësuar situata krahasuese të ndryshme, si dhe janë diskutuar rezultatet e testeve të mbledhura nga implementimi i aplikacionit.

Në fund, kapitulli i shtatë përmban përfundimet e punimit, si dhe përshkruhen disa tendenca të punimeve në të ardhmen. Në këtë kapitull përmbledhen kontributet e këtij punimi duke raportuar çfarë është arritur në planin teorik dhe eksperimental mbi algoritmin e hartuar në MATLAB, si dhe mbi aplikacionin e bazuar në ORACLE.

## KAPITULLI 2

### Përhapja e valëve elektromagnetike

Sistemet e komunikimeve pa tel, midis të cilëve sistemet e telefonisë së lëvizshme, kanë si mjedis, valën elektromagnetike, që në distanca larg burimeve të saj, mund të konsiderohet si valë elektromagnetike plane. Me burime të saj, në kuptimin e drejtpërdrejtë, do të kemi parasysh aparatit e celularit dhe antenën, në rastin e studimit tonë, antena inteligjente, ose stacioni bazë. Duke patur parasysh se në qendër të vëmendjes sonë do të jetë ky mjedis, do të na duhet që, në analizën e mëposhtme, të ndalemi në disa çështje të veçanta të valës elektromagnetike, në valën elektromagnetike plane dhe veçoritë e saj, në probleme kryesore të rrezatimit etj., si mbështetje kryesore për shqyrtimin e problemit; të gjitha këto të para në kontekstin e përshtatshmërisë elektromagnetike, rrjedhojë e bashkëveprimit të valës me mjedisin.

#### 2.1. Vala elektromagnetike në një mjedis dielektrik

Në trajtimin e parë, është me interes, që nga teoria e fushës elektromagnetike të kujtojmë ekuacionin valor që karakterizon përhapjen e valës elektromagnetike [1]. Siç dihet përfundimisht i ekuacionit valor mban parasysh analizën e hollësishme të bërë në teorinë e fushës elektromagnetike si dhe trajtimet e veçanta të bëra në disiplinën e përhapjes së valës elektromagnetike.

##### 2.1.1. Vala elektromagnetike, ekuacioni valor

Kujtojmë se ekuacioni valor, përftohet prej ekuacioneve të Maxwellit [9] në vijim.

$$\operatorname{rot}H = \delta \quad (2-1)$$

$$\operatorname{rot}E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (2-2)$$

$$\operatorname{div}B = 0 \quad (2-3)$$

$$\operatorname{div}D = \rho \quad (2-4)$$

Ndërsa barazimet ndihmëse që futen në përdorim janë:

$$B = \mu H \quad (2-5)$$

dhe  $D = \varepsilon E \quad (2-6)$

$$\delta = \gamma E + \frac{\partial P}{\partial t} + \delta k + \delta m \quad (2-7)$$

Në anën e djathtë të barazimit (2-7) kemi me radhë, rrymën e përcjellshmërisë, rrymën e zhvendosjes, rrymen e konveksionit dhe atë të magnetizimit.

Shqyrtimi i problemit, do të bëhet në mjedisin dielektrik, d.m th në ajër, pra në kushtet normale të tij, pa u ndalur në llojin e burimit të valës elektromagnetike. Mjedisi konsiderohet homogjen, pa ngarkesa të lira, pa rryma elektrike dhe pa magnetizim. Ky është rasti më tipik i mjedisit elektromagnetik të sistemeve celulare.

Në këto rrethana, ekuacionet e Maxwellit, të paraqitura më sipër, marin formën e thjeshtuar:

$$rot H = \frac{\varepsilon \partial E}{\partial t} \quad (2-1')$$

$$rot E = \frac{-\mu \partial H}{\partial t} \quad (2-2')$$

$$div B = 0 \quad (2-3')$$

$$div D = \rho \quad (2-4')$$

ndërsa ekuacionet ndihmëse shkruhen:

$$B = \mu H \quad (2-5')$$

$$D = \varepsilon E \quad (2-6')$$

$$\delta = \frac{\varepsilon \partial E}{\partial t} \quad (2-7')$$

### 2.1.2. Vala monokromatike, vala e polarizuar

Përkufizim: Vala elektromagnetike quhet plane, atëherë kur vektorët E dhe H që karakterizojnë atë, varen vetëm nga një koordinatë, p.sh. nga z dhe nga koha [2].

Në këtë rast do të kishim  $\mathbf{E}(z,t)$  dhe  $\mathbf{H}(z,t)$ .

Pra për këtë valë janë të vërteta barazimet e mëposhtme:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial E}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial H}{\partial y} = 0$$

Nga [2] përftojmë dy ekuacione krejtësisht simetrike:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \quad (2-8)$$

$$\frac{\partial^2 H_y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 H_y}{\partial t^2} \quad (2-9)$$

ku  $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$  është shpejtësia fazore e valës elektromagnetike, e cila për  $\epsilon=\epsilon_0$  dhe  $\mu=\mu_0$  të ajrit, jep:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \approx 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

pra, shpejtësinë e dritës. Në shprehjet e mësipërme kemi këto vlera numerike:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4} \pi \cdot 9 \cdot 10^{-9} \text{ dhe } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$$

Nga teoria e fushës elektromagnetike dhe ajo e linjave të gjata mund të sjellim të gatshme dhe plotësisht të mjaftueshme për qëllimin tonë, disa veçori dhe konkluzione të tjera të rëndësishme, që do të na ndihmojnë për të kuptuar më mirë problemin në analizë, pa rënduar kontekstin e tij.

Valët rënëse  $E_{x1}$  dhe  $H_{y1}$  jepen nga shprehjet e përgjithshme [x]:

$$E_{x1} = F_1(z - vt) \quad (2-10)$$

dhe

$$H_{y1} = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} F_1(z - vt) \quad (2-11)$$

Raporti ndërmjet tyre jep rezistencën valore të mjedisit:

$$Z = \frac{E_{x1}}{H_{y1}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \quad (2-12)$$

Në rastin e përhapjes së valës në boshllëk me  $\mu=\mu_0$  dhe  $\epsilon=\epsilon_0$ , rezistenca valore e mjedisit do të ishte:

$$Z = 120\pi \approx 377\Omega$$

Këto vlejnjë afërsisht edhe kur mjedisi është ajër.

Konkluzioni që nxirret është tepër i rëndësishëm:

Edhe në rastin e veçantë të marrë në shqyrtim për valën elektromagnetike plane, energjia e fushës elektrike është e barabartë me energjinë e fushës magnetike [1, 4, 10]. Supozojmë se kemi vetëm valën rënëse dhe vektorët  $E_x$  dhe  $H_y$  ndryshojnë sipas një ligji sinusoidal, pra harmonik në lidhje me kohën. Skajet e këtyre vektorëve, ndryshojnë përkatësisht në boshtet X dhe Y. Në këtë rast thuhet që vala është monokromatike [9, 10, 14]. Në këtë mënyrë, vala elektromagnetike që përhapet në lidhje me kohën, në bazë të ligjit të përshtatshmërisë elektromagnetike, bën që edhe gjendja elektromagnetike e mjedisit të ndryshojë sipas po atij ligji; pra, në vazhdim, vetë mjedisi bëhet burim për valën elektromagnetike. Mund të themi se, superpozimi i dy lëkundjeve sinusoidale, pra i dy lëkundjeve pulsuese, d.m.th dy valëve me polarizim linear, jep një lëkundje rrethore ose eliptike. Pra dy valë me polarizim linear japin gjithnjë një valë me polarizim rrethor ose eliptik. (Figura 2.1)

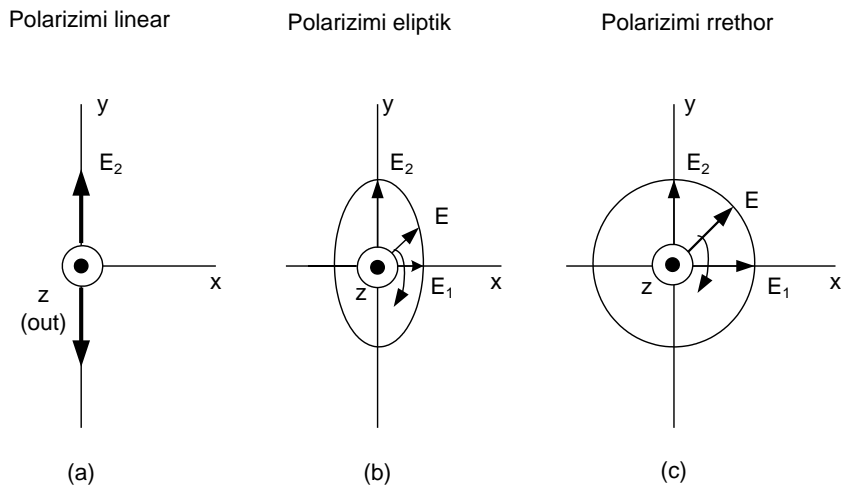


Figura 2.1: Vala e polarizuar

Konkretisht, le të kemi valët me polarizim linear, (për një  $z=c$ ):

$$E_x = E_m \sin \omega t \quad \text{dhe} \quad E_y = E_m \cos \omega t ,$$

nga ku përftojme:

$$E_x^2 + E_y^2 = E_m^2$$

Përftohet kështu një valë me polarizim rrethor, dhe po që se amplitudat e mësipërme do të ishin të ndryshme, do të kishim valën me polarizim eliptik. [9]:

## 2.2. Vala elektromagnetike

Problemet që do të trajtohen kanë referime mjaft të rëndësishme jetësore me interes edhe për zbatimet bioelektro-magnetike të telefonisë celulare. Dihet se trupi i njeriut përfaqëson një mjedis përçues. Ekspozimi i trupit të njeriut, ose një pjese të tij ndaj valës elektromagnetike të celularit, të trajtuar si valë plane, në kuadrin e sfondit të përgjithshëm të problemit në shqyrtim, shkalla e depërtimit dhe zvoglimet e shuarjes së valës elektromagnetike në organizmin e njeriut dhe më tej efektet e mundshme sanitare, janë probleme të rëndësishme të ditës.

### 2.2.1. Përhapja e valëve elektromagnetike në një mjedis përçues

Në figurën 2.2 është treguar një mjedis dielektrik që vazhdon me një mjedis përçues. Një valë elektromagnetike plane përhapet nga e majta në të djathtë. Në kufirin e ndarjes lind një valë e reflektuar dhe një valë e refraktuar që depërton në mjedisin përçues. Na intereson kjo e dyta, si përhapet kjo valë në ambientin përçues, ekuacioni që karakterizon përhapjen, zgjidhja e tij, veçori dhe konkluzione të përhapjes së valës elektromagnetike në këtë mjedis përçues etj. [2, 9, 10].

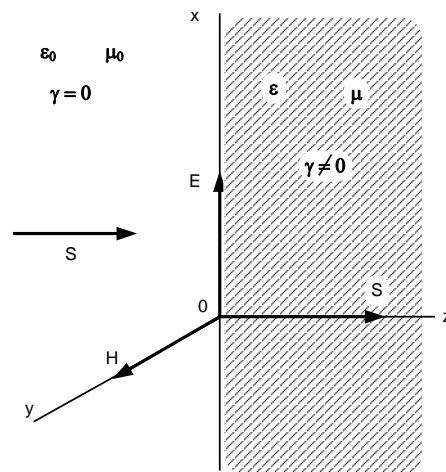


Figura 2.2: Ndërfaqja midis dy mjediseve ku përhapet vala

Në mjedisin përçues të marrë në shqyrtim në figurën 2.2, praktikisht mund të mënjanojmë rrymat e zhvendosjes në krahasim me ato të përcjellshmërisë. Në këtë mënyrë dy ekuacionet kryesore të Maxwellit, d.m.th dy rotacionelet, mund të shkruhen si vijon:



$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \delta = \gamma \mathbf{E}; \quad \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad (2-13)$$

Për valën rënëse elektromagnetike plane, një moment përpara se ajo të bjerë mbi mjedisin përçues të marrë në shqyrtim, vlejné të gjitha konkluzionet e përshkruara më parë. Vlera e vektorit  $\mathbf{E}$  është në boshtin X, ajo e vektorit  $\mathbf{H}$ , në boshtin Y, vala zhvillohet në planin XOY, ajo nuk ndryshon në lidhje me këta boshte dhe kështu ajo i drejtohet mjedisit përçues.

Konkluzione kryesore:

- Në një mjedis përçues, vlerat maksimale të E dhe të H janë ligje sinusoidalë në lidhje me kohën t dhe distancën z, me amplituda që vijnë edhe shuhen sipas z.
- Shuarja e valës përcaktohet nga koeficienti.

$$k = \sqrt{\frac{\omega \mu \gamma}{2}}$$

d.m.th nga frekuenca, permeabiliteti magnetik dhe përcjellshmëria elektrike. Kur ato janë të rritura edhe koeficienti k është i rritur, pra shkalla e depërtimit është më e vogël sepse fuqia shuhet më shpejt.

- Marrdhënia ndërmjet amplitudës së vektorit të fushës elektrike dhe magnetike është:

$$\sqrt{\frac{\omega \mu}{\gamma}}$$

Pra ajo përcaktohet nga parametrat e mjedisit përçues  $\mu\gamma$  dhe frekuenca këndore  $\omega$ , pra dhe frekuenca lineare f, si shprehje e qartë e pajtushmërisë së mjedisit me fushën elektromagnetike.

- Rezistenca valore e mjedisit përçues është një rezistencë komplekse, me natyrë capacitive, ku rezistenca aktive është e barabartë me atë capacitive.
- Në kufirin e mjedisit dielektrik me atë përçues mund të llogariten lehtësisht koeficientet e reflektimit dhe të refraktimit, sipas shprehjeve të njohura nga teoria e linjave të gjata dhe që përcaktohen nga kombinimi i vlerave të rezistencave valore të dy mjedisëve të ndryshme.

Në rastin e veçantë kur  $\gamma \rightarrow \infty$ , atëherë rezistenca valore e mjedisit është zero dhe në këtë rast do të kishim:

$$E\psi_1 = E\phi_1 \quad \text{dhe} \quad H\psi_1 = H\phi_1$$

Pra mjedisi përçues reflekton në madhësi të plota, fushën elektrike dhe magnetike, përkatësisht me shenja - dhe +. Ai pra bëhet burim për valën e reflektuar. Kjo veçori ka

vlera të jashtëzakonshme në zbatimet e radiofrekuencave, sidomos në ato që përdor radari. Përsa i përket valës thuhet plane të celularit, ajo për po ato arsye nuk depërton sipërfaqe të një mjedisi të tillë përçues me  $\gamma \rightarrow \infty$ .

- Në mjedisin përçues edhe gjatësia e valës  $\lambda$ , është rrjedhojë e përshtatshmërisë elektromagnetike. [3] Ajo përcaktohet nga treguesi  $-kz$  në shprehjen, për  $z=\lambda$  d.m.th nga barazimi:

$$-kz = \sqrt{\frac{\omega\mu\gamma}{2}} \lambda = 2\pi \text{ nga ku:}$$

$$\lambda = 2\pi \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\gamma}} = 2\sqrt{\pi} \frac{1}{\sqrt{f\mu\gamma}}$$

Është me interes të llogarisim raportin e amplitudës së valës në distancën  $z=\lambda$  krahasuar me vlerën e saj në hyrje të mjedisit përçues, do të kishim:

$$e^{-k\lambda} = e^{-2\pi} = 0.00185$$

Pra në këtë distancë praktikisht vala është e shuar; shpesh herë ajo konsiderohet e tillë edhe për thellësi depërtimi më të vogla, p.sh. për  $z = \frac{\lambda}{2}$ . Pra siç shihet thellësia e depërtimit të valës në mjedisin përçues, përcaktohet nga vetë mjedisi, nga parametrat e tij  $\mu$ ,  $\gamma$  domosdo dhe frekuenca  $f$ , d.m.th frekuenca këndore  $\omega$ . Duhet patur parasysh që për shpejtësinë e përhapjes së valës  $v$  mund të shkruajmë:  $v = \lambda f$ . Siç shihet, ajo përcaktohet nga gjatësia e valës  $\lambda$ , pra nga vetë mjedisi. Në këtë rast, duke patur parasysh shkallën e ulët të depërtimit të valës në mjedisin përçues, nuk flitet për shpejtësinë e përhapjes së valës në këtë mjedis.

### 2.2.2. Përhapja e valëve elektromagnetike në një mjedis me sjellje të dyfishtë

Në paragrafët e mëparshëm kemi shqyrtuar valën elektromagnetike plane kur mjedisi trajtohej thjesht si dielektrik ose thjesht si përçues. Është me rëndësi të shqyrtojmë edhe rastin kur mjedisi ka një sjellje të dyfishtë, përçues dhe dielektrik, pra kur ai karakterizohet njëherazi nga përcjellshmëria  $\gamma$  dhe konstantja dielektrike  $\epsilon$ . [2, 5]

Në këto rrethana le të kemi parasysh ekuacionet e rëndësishme të Maxwellit:

$$\text{rot}H = \delta + \frac{\partial D}{\partial t} = \gamma E + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t} \quad (2-14)$$

$$\text{rot}E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t} \quad (2-15)$$

Duke patur parasysh se në hyrje të këtij mjedisi kemi një valë elektromagnetike monokromatike, plane, me polarizim linear, në një dielektrik, p.sh. ajër, dhe përhapja bëhet sipas  $z$ , që  $\mathbf{E} = E_x$  dhe  $\mathbf{H} = H_y$ , ekuacioni i mësipërm në formën komplekse, në mjedisin e konsideruar, merr formën e thjeshtuar:

$$-\frac{\partial H_y}{\partial z} = \gamma E_x + j\omega\epsilon E_x \quad (2-16)$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -j\omega\mu H_y \quad (2-17)$$

Pra në rastin në shqyrtim, në mjedisin në konsiderim kemi njëherazi të dy llojet e rrymave. Pa hyrë në analizën e hollësishme të shpërndarjes së valës në këtë mjedis, është me rëndësi të vemë në dukje për lexuesin tonë, disa konkluzione të gatshme cilësore referuar diapazonit të frekuencave, njëherazi në heshtje të vemë përsëri në dukje përshtatshmërinë elektromagnetike edhe për mjedisin në konsiderim. Thelbi i diskutimit, realisht reduktohet në krahasimin midis tyre të komponenteve të rrymave në shprehjen e mësipërme. Pra dallohen rastet:

-Kur rryma e zhvendosjes është shumë më e madhe se ajo e përcjellshmërisë, d.m.th:  $\omega\epsilon \gg \gamma$ . Në këtë rast mjedisi është thjesht dielektrik dhe analiza e plotë e përhapjes së valës është bërë më parë.

-Kur rryma e zhvendosjes është e krahasueshme me atë të përcjellshmërisë, d.m.th:  $\omega\epsilon \approx \gamma$ .

-Kur rryma e zhvendosjes është shumë më e vogël se ajo e përcjellshmërisë, d.m.th:  $\omega\epsilon \ll \gamma$ . Në këtë rast mjedisi është thjesht përçues, dhe analiza e hollësishme përsëri është bërë më parë.

Kushtet e mësipërme të klasifikimit janë më shumë orientuese, prandaj, në literaturë [3], pranohet klasifikimi i mëposhtëm:

-Mjedisi sillet si dielektrik kur:  $\frac{\gamma}{\omega\epsilon} < \frac{1}{100}$

-Mjedisi sillet si gati përcjellës kur:  $\frac{1}{100} < \frac{\gamma}{\omega\epsilon} < 100$

-Mjedisi sillet si përcjellës kur:  $\frac{\gamma}{\omega\epsilon} > 100$

Në klasifikimet e mësipërme, frekuenca këndore  $\omega$ , pra frekuenca lineare  $f$ , është parametri kryesor që përcakton sjelljen e një mjedisi me një  $\gamma$  dhe një  $\epsilon$  të caktuar në se është përcjellës apo dielektrik.

Vëmë në dukje se faktori i mësipërm  $\frac{\gamma}{\omega\epsilon}$  është pa dimensione.

Në figurën 2.3 është bërë një paraqitje e plotë e sjelljes së një mjedisi [2].

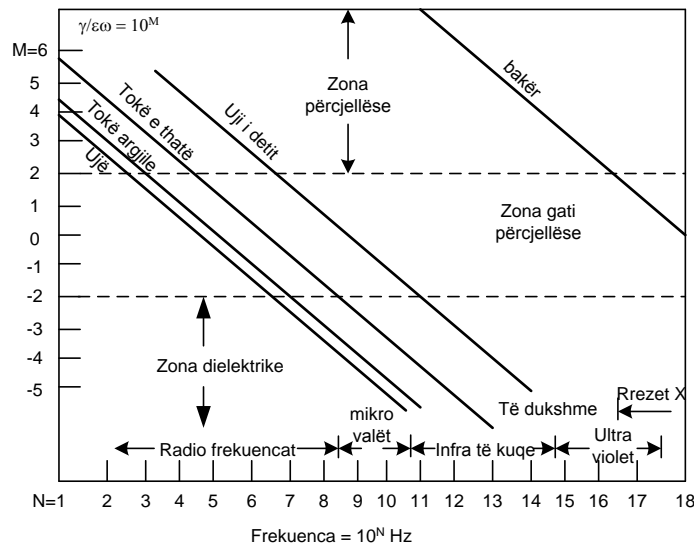


Figura 2.3: Sjellja e mjediseve të ndryshme në varësi të frekuencës

### 2.3. Probleme të përgjithshme të rrezatimit

Është me rëndësi të vëmë në dukje, se parimisht, çdo qark i rrymës së ndryshueshme, rrezaton valë elektromagnetike. Kjo konsideratë e përgjithshme rezulton prej vetë zgjidhjes së ekuacioneve të fushës elektromagnetike, të cilat mund të përftoheshin për konturet elektrike në forma të ndryshme.

Po qe se rryma  $i$  në një kontur [11], rritet pambarimisht ngadalë nga zero në një vlerë të fundme, dhe pastaj zvogëlohet përsëri, pambarimisht ngadalë në zero, atëherë fluksi magnetik  $\psi$  i autoinduksionit, thuhet i korrespondon rrymës  $i$  sikur ajo të ishte e vazhduar. Në një rast të tillë, energjia e harxhuar nga burimi që vepron në qark është:

$$A = \int i \frac{d\psi}{dt} dt = \int id\psi ,$$

e cila transformohet në energji të fushës magnetike. Kur rryma zvogëlohet pambarimisht ngadalë, atëherë kjo energji kthehet mbrapsht në burim. Dhe kur rryma ndryshon me një shpejtësi të fundme, atëherë kemi të bëjmë me energji që rrezatohet

në formën e valës elektromagnetike. Për rrjedhim për rryma konstante dhe ngarkesa konstante, nuk kemi rrezatim. Pra parimisht çdo kontur i rrymës së ndryshueshme rrezaton energji. Mirëpo praktikisht për frekuencën industriale  $f=50$  Hz që përdoret në pajisjet industriale, rrezatimi është zero.

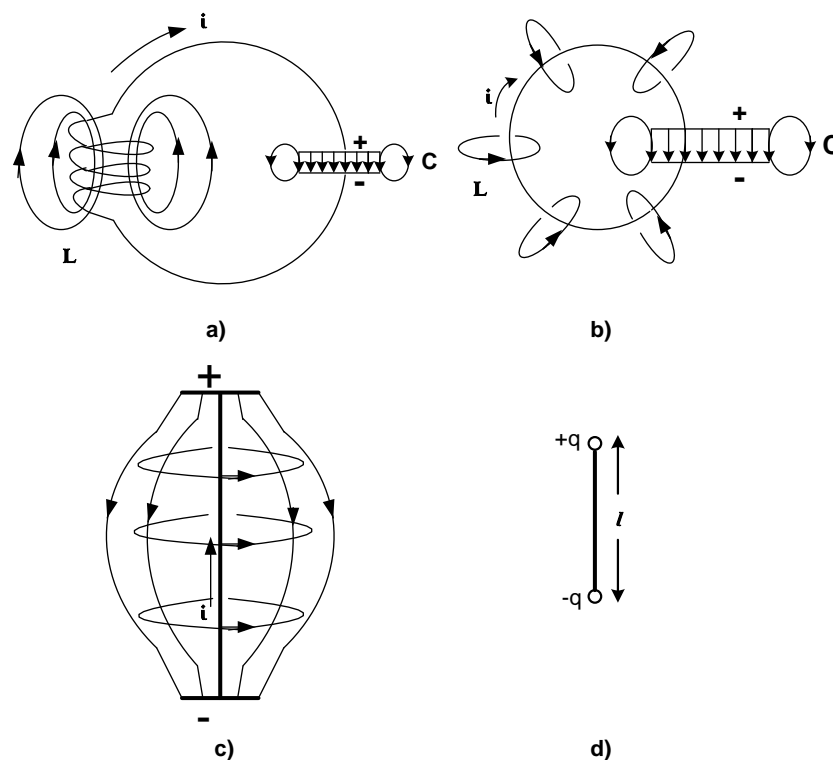


Figura 2.4: Sjellja e qarkut lëkundës

Është me shumë rëndësi të vemë në dukje se aftësia e një qarku për të rrezatuar, varet shumë nga konfiguracioni i qarkut. Për të rritur këtë aftësi rrezatuese të qarkut, duhet që fushat magnetike dhe elektrike, që lidhen me rrymën alternative, të jenë të përqëndruara në të njëjtën zonë të hapësirës, për qark qarkut të marrë në shqyrtim. Në figurën 2.4 është marrë në shqyrtim qarku lëkundës LC: a) me parametra të përqëndruar, b) me induktivitet  $L$  të shpërndarë dhe kapacitet  $C$  të përqëndruar c) me induktivitet  $L$  dhe kapacitet  $C$  të shpërndarë dhe d) me fushën elektrike dhe magnetike, në të njëjtën zonë të hapësirës.

Qarku lëkundës në fjalë ka aftësitë rrezatuese më të mira të mundshme; ai praktikisht është në rolin e një antene rrezatuese. Rryma e përcjellshmërisë  $i$  në përcjellës, mbyllet me rrymën e zhvendosjes në kondensator; dhe kështu në hapësirën e qarkut lëkundës, kemi fushën elektromagnetike të ndërthurur në një të vetme.

Kujtojmë se në një stacion rrezatues të radiofrekuencave, shtrirja ajrore horizontale e përcjellësave, formon kapacitetin e sistemit në lidhje me tokën, ndërsa përcjellësit vertikale në të cilët kalon rryma e përcjellshmërisë, janë burimet e fushës magnetike, e cila ndërthuret me fushën elektrike në të njëjtën hapsirë.

Vëmë në dukje se, në një farë mënyre, figura 2.4 (c) realisht është një dipol i hercit.

#### 2.4. Aspekte energjetike të valës elektromagnetike

Kur analizohet fusha apo vala elektromagnetike, gjithnjë aspektet energjetike zënë një vend të rëndësishëm në shqyrtimin e problemit. Me përhapjen e valës elektromagnetike kemi përhapjen e energjisë elektromagnetike. Siç dihet nga teoria e fushës elektromagnetike, një koncept energjetik themelor në analizën energjetike të fushës apo valës elektromagnetike, është dhe ai i vektorit të Pointingut. Në këto raste flitet për DAS (Debi d'absorbition specifique) ose SAR (Specific Absorbition Rate) që përfaqësojnë absorbimin e fuqisë në njësinë e peshës, ose në njësinë e sipërfaqes, pra densitetin e fuqisë; ato realisht janë kritere dozimetrike të rëndësishme [2].

Vektori i Pointingut është një koncept themelor në analizën energjetike të valës elektromagnetike, në bashkëveprimin me organizmin dhe për shqyrtimin e kritereve dozimetrike të këtij bashkëveprimi. Në teorinë e fushës elektromagnetike vërtetohet se energjia elektromagnetike specifike (në njësinë e vëllimit) çon në marrëdhëniet:

$$W_e' + W_m' = \frac{\epsilon E^2}{2} + \frac{\mu H^2}{2} = \sqrt{\epsilon \cdot \mu} \cdot EH = \frac{1}{v} \cdot EH \quad (2-18)$$

Në një vëllim elementar  $dv = dl \cdot ds$  përfshihet energjia

$$\frac{1}{v} \cdot EH \cdot dl \cdot ds$$

ku  $v$  është shpejtësia fazore e valës

Po qe se drejtimi i përhapjes është normal me  $ds$ , pra  $dl=Vdt$ , atëherë raporti

$$|S| = \frac{\frac{EH}{v} dl \cdot ds}{ds \cdot dt} = EH$$

jep modulën e vektorit të Pointingut.

Fizikisht ai paraqet dendësinë e energjisë elektromagnetike në njësinë e sipërfaqes pingule me të dhe në njësinë e kohës. Gjeometrikisht drejtimi dhe kahu përcaktohen sipas rregullit të prodhimit vektorial. Le të konsiderojmë një vëllim  $V$  të mbyllur nga një sipërfaqe  $s$ , në një hapsirë ku kemi një fushë elektromagnetike  $E, H$ .

Kujtojmë se energjitë e njësisë së vëllimit të fushave elektrike dhe magnetike, kanë trajtën:

$$W'_e = \frac{\epsilon \cdot \bar{E}^2}{2} = \frac{\bar{E} \cdot \bar{D}}{2}$$

$$W'_m = \frac{\mu \cdot \bar{H}^2}{2} = \frac{\bar{H} \cdot \bar{B}}{2}$$

Mjedisi është homogjen, izotrop dhe linear.

## 2.5. Përfundime

Kur analizohet fusha apo vala elektromagnetike, gjithnjë aspektet energjetike zënë një vend të rëndësishëm në shqyrtimin e problemit. Me përhapjen e valës elektromagnetike kemi përhapjen e energjisë elektromagnetike. Siç dihet nga teoria e fushës elektromagnetike, një koncept energjetik themelor në analizën energjetike të fushës apo valës elektromagnetike, është dhe ai i vektorit të Pointingut. Në këto raste flitet për DAS (Debi d'absorbition spécifique) ose SAR (Specific Absorbition Rate) që përfaqësojnë absorbimin e fuqisë në njësinë e peshës, ose në njësinë e sipërfaqes, pra densitetin e fuqisë; ato realisht janë kritere dozimetrike të rëndësishme [12].

## KAPITULLI 3

### Antenat, parametrat e tyre

Në këtë kapitull do të shpjegohen parimet bazë të antenave, parametrat e tyre, si dhe rrezatimi i antenave, që është vendosur në qëndër të kërkimit tonë, duke paraprirë me një model përgjithësues dhe më tej do të qëndrojmë mbi tipet e antenave, për t'u ndalur në kapitujt në vijim në antenat inteligjente, të zgjedhura nga ana jonë në këtë studim.

#### 3.1. Parimet bazë mbi funksionimin e antenave

Në këtë paragraf kemi bërë një përshkrim mbi parimet bazë të funksionimit të antenave, bazuar në një model rrezatimi dhe qarkun ekuivalent. Antena është një sistem përcjellës metalik, i aftë të rrezatojë dhe të kapë (marrë) energjinë elektromagnetike. Antenat ndërfaqin linjat e transmetimit me atmosferën dhe anasjelltas. Antena çifton energjinë e marrë nga një transmetues në atmosferë, si dhe energjinë e marrë nga atmosfera në qarkun e një marrësi. Në sistemet e radiokomunikimit (sistemet pa tel), në terminalin e transmetuesit, antena konverton energjinë elektrike të linjës transmetuese në valë elektromagnetike që emetohet në hapësirë. Në terminalin e marrësit, antena konverton valët elektromagnetike të marra nga hapësira në energji elektrike në qarkun e marrësit.

##### 3.1.1. Funksionimi i një antene

Përmasat e një antene janë në përpjestim të kundërt me frekuencën. Në këtë këndvështrim një antenë me përmasa të vogla rrezaton valë elektromagnetike me frekuencë të lartë, ndërsa valët me frekuencë të ulët kërkojnë antena me përmasa të mëdha. Çdo antenë ka karakteristikat e saj të drektivitetit dhe të rrezatimit. Ne do të ndalemi në modelin e zhvilluar, sipas Marconit dhe Hercit. [5] Karakteristikat e drektivitetit (drejtueshmërisë) përdoren për të përqëndruar rrezatimin në një drejtim të dëshiruar, ose për të kapur energjinë që vjen nga një drejtim i përcaktuar.

Në figurën 3.1 janë treguar modelet kryesore të antenave për sinjalet radio, bazuar në rrezatimin e valëve, si valë të qëndrueshme tensioni (figura 3.1.a), modeli i rrezatimit me anë të dipolit (figura 3.2.b), modeli i treguar në figurën 3.1.c jep antenën me  $\frac{1}{4}$  e gjatësisë valore, e quajtur antena Marconni; modeli i treguar në figurën 3.1.d jep antenën me  $\frac{1}{2}$  e gjatësisë valore, e quajtur antena Hertz.



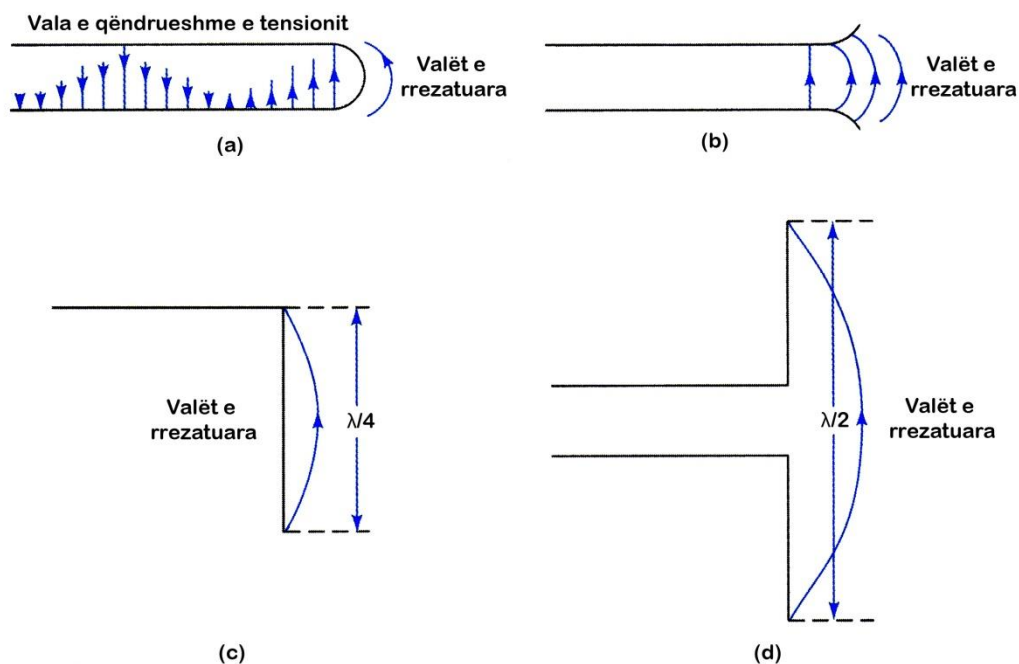


Figura 3.1: Forma e rrezatimit në një linjë transmetimi: (a) rrezatimi i linjës së transmetimit; (b) zgjerimi i përcjellësave; (c) antena Marconi; (d) abtena Hertz.

### 3.1.2. Qarku ekuivalent i një antene

Në sisetmet e radiokomunikimeve, transmetuesit lidhen me marrësit me anë të linjave të transmetimit, antenave dhe hapësirës. Valët elektromagnetike çiftohen nga antena transmetuese tek antena marrëse me anë të hapësirës. Mënyra e çiftimit është e ngjashme me një transformator, por me një raport çiftimi shumë më të vogël. Nën këtë këndvështrim një sistem çiftues i antenës mund të paraqitet me një qark katër polar, si në figurën 3.2(a). Në figurën 3.2(b) jepet qarku ekuivalent për antenën transmetuese, në figurën 3.2(c) jepet qarku ekuivalent për antenën marrëse [4].

Një antenë bazë është pajisje pasive me reciprocitet, në kuptimin se nuk amplifikon sinjalin, si dhe parametrat e transmetimit dhe marrjes janë reciprokisht identike. Antena të tilla mund të jenë transmetuese dhe/ose marrëse. Ka dhe një tip tjetër antenash, i quajtur antena aktive, të cilat janë në fakt kombinim i antenave pasive dhe amplifikatorëve me zhurmë të ulët.

Antenat aktive nuk janë reciproke, pra ato janë vetëm antena transmetuese, ose vetëm antena marrëse.

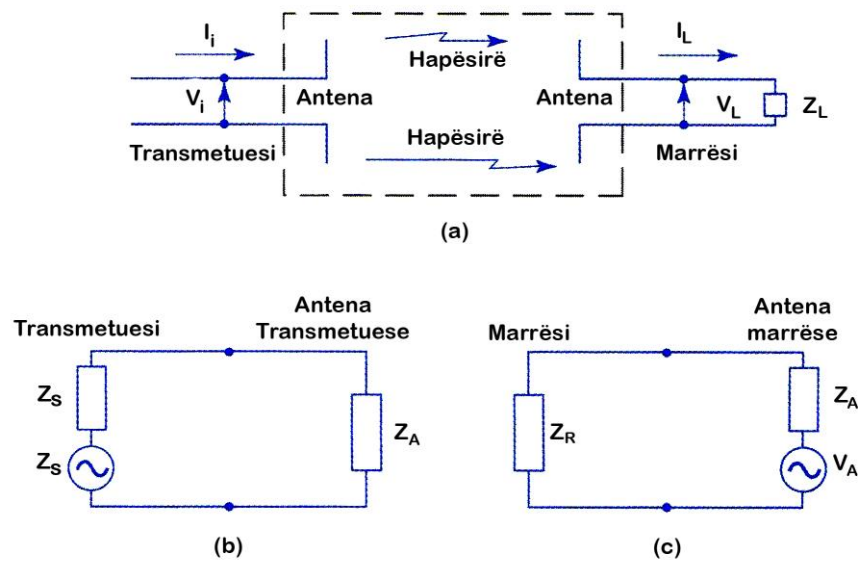


Figura 3.2: (a) Antena si nyje katërpolare; (b) qarku ekuivalent për antenë

### 3.2. Vështrim i përgjithshëm mbi antenat

Në këtë paragraf kemi bërë një përshkrim mbi sistemin koordinativ të antenave bazuar mbi rrezatimin e antenave si dhe paraqitjen e tyre në koordinatat sferike.

#### 3.2.1. Sistemi koordinativ i antenës

Karakteristika kryesore e një antene është karakteristika e drektivitetit të valës elektromagnetike. Këto karakteristika shprehen më qartë në koordinata sferike, siç tregohet në figurën 3.3. Duke e imagjinuar vendosjen e antenës në qendër të sferës, marrim distancën në secilën pikë të sipërfaqes së sferës duke përdorur rrezën  $d$  dhe këndet  $\theta$  dhe  $\Phi$ . Plani x-y referohet si plani ekuatorial dhe çdo plan, pingul me të përcaktohet si plan meridional.

Diagrama polare përcakton diagramën e rrezatimit, që lidhen me densitetin e fuqisë në kënde të ndryshme pozicionimi kundrejt antenës. Në rastin kur matja e rrezatimit shprehet me varësinë ndaj fushës elektrike, apo densitetit të fuqisë së antenës, rrezatimi thuhet se është absolut, që do të thotë kemi distanca e ndryshueshme, fuqia fikse. Ndërsa në rastin kur fusha elektrike, ose densiteti i fuqisë i referohen një pike reference, atëherë rrezatimi i matur quhet relativ, që do të thotë kemi fuqia e ndryshueshme, distanca fikse. [4] Figura 3.4.a tregon një rrezatim absolut, për një antenë të çfarëdoshme. Grafiku me vijë të plotë paraqet pikat me densitet të fuqisë së

njëjtë ( $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$ ). Vihet re se maksimumi i fuqisë përftohet në këndin  $90^\circ$  nga referenca, ndërsa në këndin  $-90^\circ$  nga referenca, nuk do të kemi rrezatim.

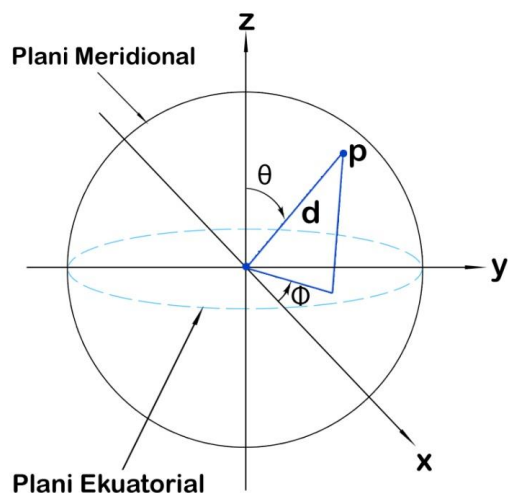


Figura 3.3: Koordinatat sferike për paraqitjen e diagramës së rrezatimit

Në figurën 3.4(a), rrezja parësore që ndodhet në drejtimin  $90^\circ$  nga referenca quhet lobi kryesor. Gjithashtu kemi dhe një rreze sekondare, që quhet lobi minor. Lobi kryesor përbën frontin ballor të antenës.

Figura 3.4(b) tregon një rrezatim relativ, për një antenë të çfarëdoshme. Grafiku me vijë të plotë paraqet pikat me distancë nga antenna të njëjtë ( $10 \text{ km}$ ). Vihet re se maksimumi i fuqisë përftohet në këndin  $0^\circ$  nga referenca, ndërsa në këndin  $-180^\circ$  nga referenca, do të kemi rrezatimin më të ulët. Grafiku i paraqitur në figurat 3.4(c) dhe 3.4(d) paraqet rrezatimin relativ, të shprehur në dB.

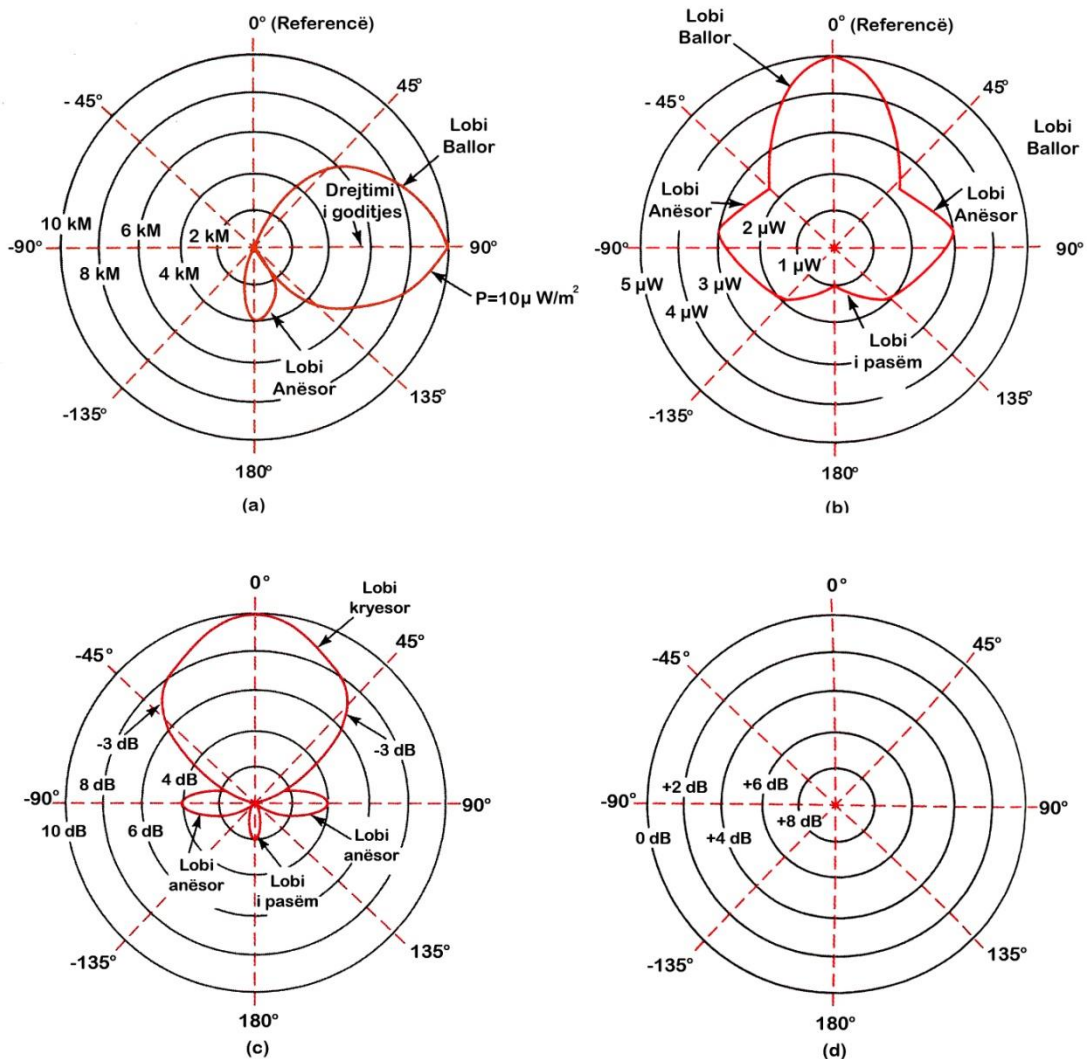


Figura 3.4: Diagramat e rrezatimit: (a) diagrama e rrezatimit absolute (me fuqi fikse); (b) diagrama e rrezatimit relative (me distancë fikse); (c) diagrama e rrezatimit relative në decibel (me distancë fikse); (d) diagrama e rrezatimit relative (omnidirectional) në decibel (me distancë fikse);

### 3.2.2. Fuqia e rrezatuar e antenës, fusha afër dhe fusha larg

Fusha elektromagnetike e krijuar nga antena nuk është e njëjtë në afërsi të antenës dhe në distancë të madhe nga antena. Fusha në afërsi gjatë gjysmës së parë të ciklit krijohet nga rrezatimi i antenës, në gjysmën e dytë të ciklit, një pjesë e fuqisë ruhet në afërsi dhe kthehet tek antena. Kjo bën që fusha afër të njihet me emrin fushë e induksionit. Në të kundërt, fuqia që arrin larg antenës, vazhdon të rrezatohet dhe nuk kthehet mbrapsht tek antena. Për këtë arsye fusha quhet e rrezatuar. Në mënyrë

skematike figura 3.5 tregon sjelljen e fushës afër dhe larg, për modelimin e antenës si dipoli i hercit [2].

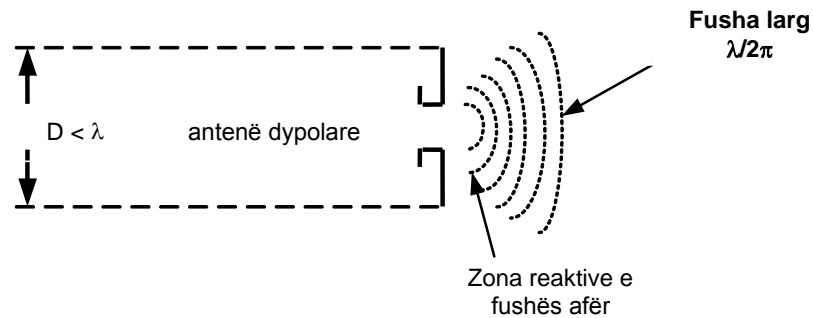


Figura 3.5: Paraqitja skematike e valës së një dipoli afër dhe larg tij.

### 3.3. Parametrat e antenave

Në këtë paragraf do të ndalemi shkurtimisht në parametrat më të qenësishëm të një sistemi me antenë. Këto parametra bëjnë dallimin edhe të tipeve të ndryshme të antenave që do të trajtohen në paragrafin në vijim.

#### 3.3.1. Rendimenti i antenës

Fuqia që ushqen një antenë nuk rrezatohet plotësisht. Një pjesë e fuqisë shndërrohet në nxehtësi dhe humbet. Për të vlersëuar këtë pjesë të fuqisë që humbet, futet një parametër që shpreh rezistencën e rrezatimit, e cila shprehet si raport i fuqisë së rrezatuar ndaj katrorit të rrymës që ushqen antenën. [4] Parametri më i përdorur, nuk lidhet me fuqinë e humbur, por me raportin që zë fuqia e rrezatuar ndaj fuqisë totale, ku bën pjesë fuqia e rrezatuar dhe fuqia e humbur. Ky parametër njihet si rendimenti i antenës dhe shprehet si:

$$\eta = \frac{P_r}{P_i} \times 100 \quad (3-1)$$

Rendimenti i antenës shpreh raportin edhe në funksion të rezistencave. Fuqia totale është shuma e fuqisë në rezistencën efektive dhe rezistencën e rrezatimit. Kështu që rendimenti mund të shprehet si raport i rezistencës së rrezatimit, ndaj shumës së rezistencës efektive dhe rezistencës së rrezatimit.

### 3.3.2. Amplifikimi i antenës

Do të dallojmë dy terma që lidhen me amplifikimin dhe që janë të dallueshëm midis tyre: amplifikimi i direktivitetit dhe amplifikimi i fuqisë. Amplifikimi i direktivitetit jepet si raport i densitetit të fuqisë së rrezatuar në një pikë, në një drejtim të caktuar nga një antenë e dhënë, kundrejt densitetit të fuqisë të rrezatuar në të njëjtën pikë nga antena referuese, duke supozuar që të dy antenat rrezatojnë të njëjtën fuqi.

$$D = \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_{ref}} \quad (3-2)$$

Amplifikimi i fuqisë për antenën shprehet në mënyrë të ngjashme si amplifikimi i direktivitetit, por duke iu referuar rendimentit, si dhe duke pranuar rendimentin 100 % për antenën referuese.

$$A_p = D\eta \quad (3-3)$$

Amplifikimi i fuqisë për një antenë shprehet edhe në dB:

$$A_{pdB} = 10 \log(D\eta) \quad (3-4)$$

Në realitet fuqia e rrezatuar nuk e kalon asnjëherë fuqinë e hyrjes. Për këtë arsye antena nuk amplifikon fuqinë, ajo vetëm e drejton fuqinë e rrezatuar në një drejtim të caktuar.

### 3.3.3. Densiteti i fuqisë që kapet nga antena

Antenat janë pajisje reciproke, që paraqesin të njëjtën rezistencë rrezatimi, rendiment, amplifikim të fuqisë dhe direktivitet, si në procesin e marrjes së valëve elektromagnetike, ashtu edhe në procesin e transmetimit. [4] Parametri i densitetit të fuqisë në një pikë në distancë  $R$  nga antena do të jepet si më poshtë:

$$\mathcal{P} = \frac{P_i A_t}{4\pi R^2} \quad (3-5)$$

Një parametër shumë i rëndësishëm në densitetin e fuqisë është sasia e densitetit të fuqisë që kapet në një pikë, pra në termin e fuqisë së marrë nga antena marrëse, ky parametër quhet densiteti i fuqisë së kapur, dhe shprehet si më poshtë:

$$C = \frac{(P_i)(A_t)(A_r)}{4\pi R^2} \quad (3-6)$$

Antena mund të karakterizohet edhe nga fuqia e kapur, e shprehur në wat, ose në dB. Në një rast të tillë përdoret densiteti i fuqisë, si dhe sipërfaqja e antenës.

### 3.3.4. Parametra të tjera të antenës

Brezi i antenës përcaktohet si diapazoni i frekuencave ku antena punon në mënyrë të kënaqshme. Brezi jepet si diferenca midis frekuencave të gjysëmfuqisë, pra diferenca midis frekuencës më të lartë dhe më të ulët.[3] Në përgjithësi jepet edhe në përqindje.

Impedanca e hyrjes e antenës është një tjetër parametër i rëndësishëm. Rrezatimi në antenë krijohet si rrjedhojë e rrjedhjes së rrymës së RF. Rryma rrjedh në antenë me anë të një linje transmetimi, pika ku antena lidhet me linjën e transmetimit quhet terminali i hyrjes i antenës, ose pika e ushqimit. Pika e ushqimit paraqet një rezistencë ngarkese ndaj linjës së ushqimit që quhet impedancë e hyrjes e antenës. [4] Impedanca e hyrjes e antenës paraqet raportin e tensionit të hyrjes në antenë ndaj rrymës në hyrje. Shprehja e këtij parametri është si më poshtë:

$$Z_i = \frac{E_i}{I_i} \quad (3-7)$$

Impedanca e hyrjes e antenës në përgjithësi është komplekse.

### 3.4. Tipet e antenave

Tipi më i thjeshtë i antenës është dipoli elementar, i njohur si dipoli i herzit. [3] Që në fillim, në kapitullin e dytë është trajtuar me detaje natyra e valëve elektromagnetike. Dipoli linear gjysëm-vale është sistemi më i thjeshtë i përdorur si antenë. Në figurën 3.6 (a) jepet forma e rrezatimit për një dipol gjysmë-vale, i orientuar në mënyrë vertikale. Vihet re se të dy lobet kryesore të rrezatimit janë në kënd  $90^\circ$  me antenën. Në figurën 3.6 (b) jepet pamja e seksionit tërthor, ndërsa në figurën 3.6. (c) jepet pamja horizontale e diagramës së rrezatimit, për dipolin e vendosur vertikalisht.

Efekti i reflektimit tokësor është paraqitur në figurën 3.7, për dipolin gjysmë-vale. [4] Sistemi i antenës supozohet i vendosur në një lartësi  $h$  nga toka. Vala e reflektuar është e invertuar me  $180^\circ$  dhe lëviz në distancë  $2h\sin\theta$  më të madhe se vala direkte, për të arritur të njëjtën pikë P në hapësirë.

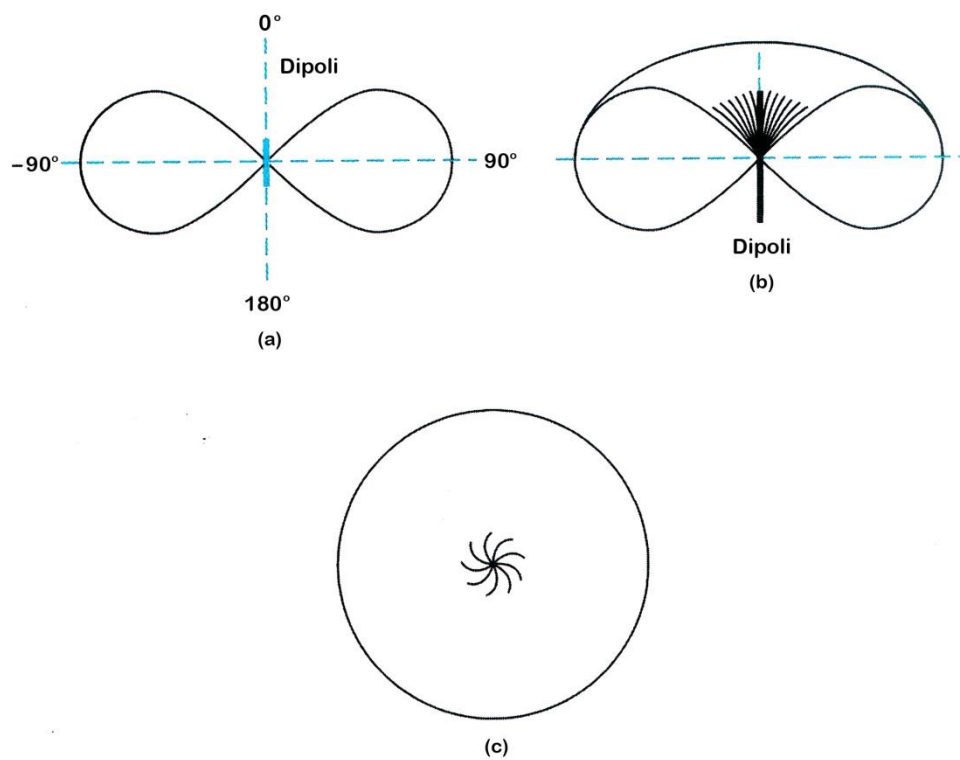


Figura 3.6: Diagramat e rrezatimit të dipolit gjysmë-vale (a) pamja vertikale; (b) pamja e seksionit tërësor; (c) pamja horizontale.

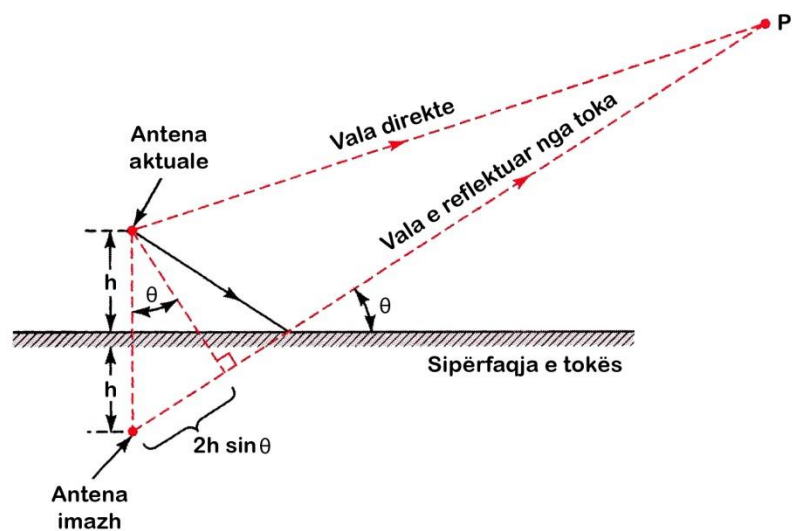


Figura 3.7: Efekti i reflektimit tokë në dipolin gjysmë-vale



### 3.4.1. Antena vektoriale (Arrays)

Në këtë paragraf do shqyrtojmë një nga tipet më të përhapura të antenave, që njihet si antena vektoriale. Një antenë vektoriale krijohet kur kombinohen dy ose më shumë elemente për të krijuar një antenë të vetme. [4] Elementet janë dipole gjysmë-vale ose çerek-vale, të cilët krijojnë fusha rrezatuese që bashkëveprojnë midis tyre. Diagrama e rrezatimit e përfutur është shuma vektoriale e fushave individuale. Qëllimi kryesor i antenave vektoriale është që të rritet direktiviteti i sistemit të antenave dhe të përqëndrojë fuqinë e rrezatuar në sipërfaqe gjeografike sa më të vogël. Në figurën 3.8 tregohet një tip i këtyre antenave, me elemente të drejtuar.

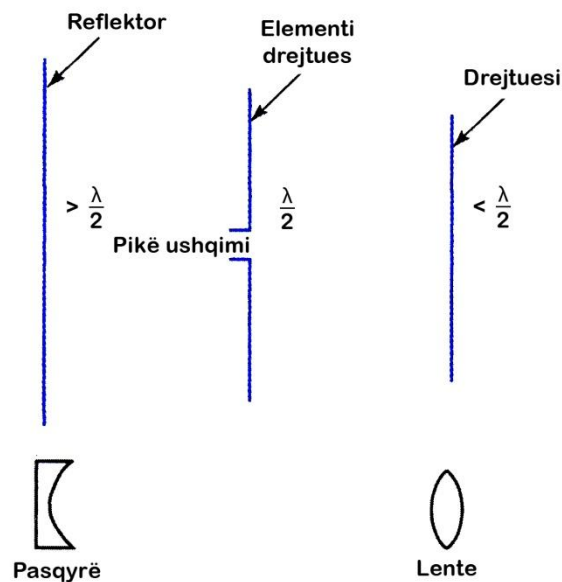


Figura 3.8: Antena vektoriale

Një tip tjetër i antenave vektoriale është sistemi i antenave me dipole rezonues, me përmasa të njëjta, që vendosen në paralel dhe rrisin diagramën e rrezatimit në planin pingul me elementet (vektorët), ndërkohë që ulin shumë rrezatimin në plan. Këto sisteme antenash njihen me emrin antena vektoriale me zgjerim (broadside array). Elementet ushqehen nga i njëjti burim ushqimi. Në figurën 3.9 jepet një tip i tillë me katër elemente. Direktiviteti i këtyre antenave rritet duke rritur gjatësinë e vektorit, duke shtuar më shumë elemente. [5] Një tip tjetër “end-fire” jepet në figurën 3.10 me tre elemente. Direktiviteti i këtyre antenave rritet duke rritur gjatësinë e vektorit, duke shtuar më shumë elemente.

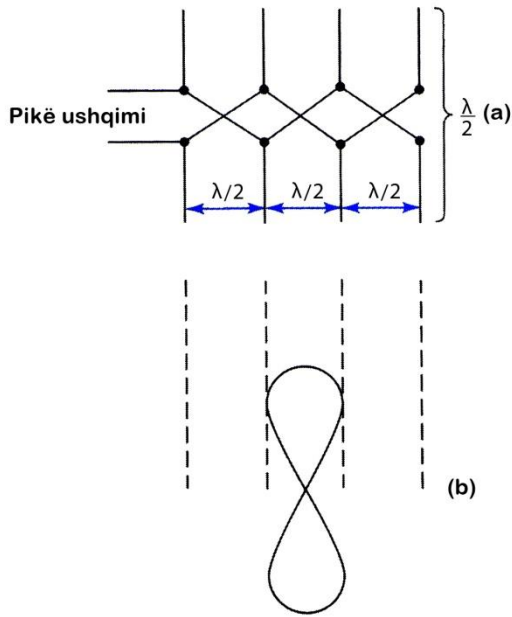


Figura 3.9: Antena “broadside”

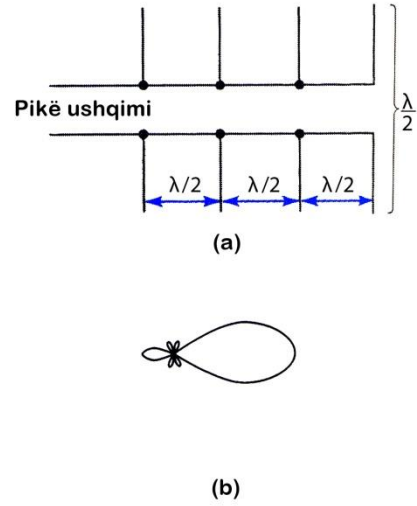


Figura 3.10: Antena “end fire”

Ka dhe një tip tjetër, që krijohet me elemente të vendosur në formë rombi. Kjo e bën të njohur sistemin me emrin antena vektoriale rombike. Këto janë antena jorezonuese, dhe punojnë në brez të gjerë të frekuencave, nga 3 MHz deri në 30 MHz. Forma e tyre tregohet në figurën 3.11.

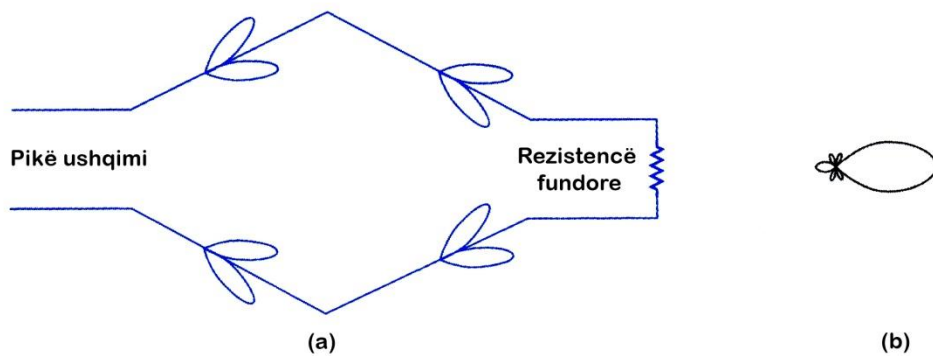


Figura 3.11: Antena rombike (a) vektori në formë rombi; (b) diagrama e rrezatimit

Antenat rombike janë të përshtatshme për transmetimet HF. [4]

Që në fillim është e nevojshme të sqarojmë se vala elektromagnetike me frekuence bazë 900 MHz, ka në korespondencë valën me gjatësi:

### 3.4.2. Tipet e tjera të antenave

Në këtë paragraf do të përmendim shkurtimisht tipet e ndryshme të antenave, që përdoren për qëlime të ndryshme. Në aplikimet e televizionit VHF gjen përdorim antena e tipit Yagi-Uda; kjo antenë është e tipit vektor linear, me tre elemente. Një tjetër tip i antenave që përdoret gjerësisht në komunikimet televizive është antena me periodicitet logartimik, antena ka përdorim në transmetimet HF dhe VHF.

Në sistemet e radiokomunikimeve janë përdorur gjerësisht antenat që njihen si antenat UHF dhe antenat mikrovalore. Këto antena sigurojnë një direktivitet shumë të lartë. Format kryesore të këtyre antenave janë antenat parabolike, si dhe antenat me formë konike.

### 3.4.3. Vibratori i Hercit në një antenë mikrocelulare

Marrim në shqyrtim antenën mikrocelulare. Që në fillim është e nevojshme të sqarojmë se vala elektromagnetike me frekuence bazë 900 MHz, ka në korespondencë valën me gjatësi:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^8} = \frac{1}{3} m = 0.333 m$$

Pra gjatësia e valës për antenën e marrë në shqyrtim është 33.3 cm.

Vibratori i hercit, në antenën e marrë në konsiderim, mund të konsiderohet si një linjë e gjatë, pa humbje, në regjimin pa ngarkesë. Për rrjedhim në të mund të zbatohen të gjitha konkluzionet dhe analizat e bëra për linjat e gjata [2]. Regjimi i punës së një linje të gjatë, pra i vibratorit, me gjatësi  $l = \lambda/2$ , është më optimali i mundshëm. Kjo është dhe aryeja që të tillë vibratorë hasen shpesh si antena rezultative. Në një rast të tillë, ekuacionet e kesaj linje, [22] për  $x = l$ , pra në fillimin e saj, duke patur parasysh se  $\gamma = \alpha + j\beta$  dhe duke pranuar që shuarja  $\alpha \approx 0$ , duke kujtuar se koeficienti i fazës  $\beta = 2\pi/\lambda$ , do të ishin:

$$U_1 = U_2 \cosh \gamma l = U_2 \cos \beta l = U_2 \cos \frac{2\pi l}{\lambda} = -U_2 \quad (3-8)$$

$$I_1 = I_2 \sinh \gamma l = I_2 j \sin \beta l = I_2 j \sin \frac{2\pi l}{\lambda} = 0 \quad (3-9)$$

Në distanca të largëta, sipërfaqja sferike, identifikohet me një sipërfaqe plane, një sipërfaqe tangenciale, pra sipërfaqe e rrafshhtë, d.m.th me një valë plane për të cilën

kemi folur edhe më parë. Kujtojmë këtu se në zonat larg, dhe kjo është relative, dmth kur  $r \gg \lambda$ , pra kur  $r \gg 0,333$  m, e cila konkretizohet jo fort larg prej antenës, ligji i ndryshimit të intensiteteve të fushës elektrike dhe magnetike, është invers proporcional me rrezën. Në figurën 3.12, skematikisht është paraqitur një antenë mikrocelulare GSM 900, që mbulon tre qeliza, me fusha mbulimi  $3 \times 120$  gradë, me disa dipolë me gjatësi  $l = \lambda/2$ .

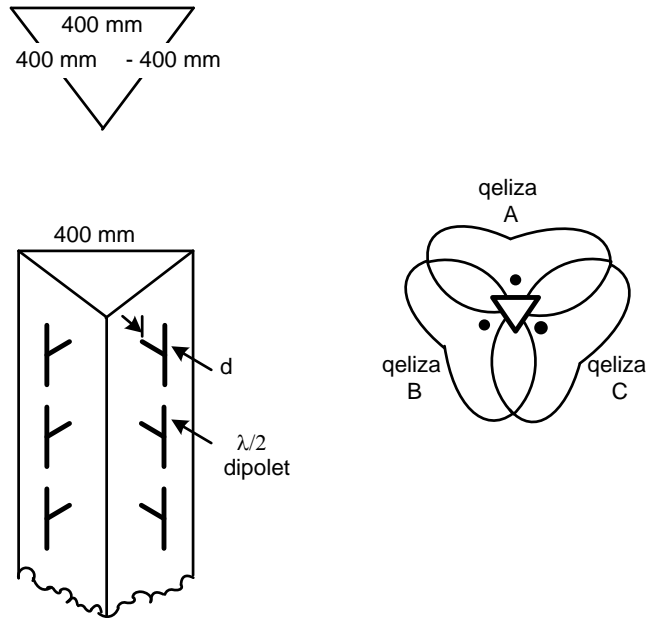


Figura 3.12: Paraqitja skematike e antenës mikrocelulare.

Dhe komponentet e tjera janë:  $E_\varphi = 0$ ;  $H_r = 0$ ;  $H_\alpha = 0$  (3-10)

Ndërsa për zonat larg dipolit, në sistemin e koordinatave sferike, do të kishim:

$$H_r = 0; H_\varphi = 0; H_\alpha = -\omega^2 \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \frac{P_0}{4\pi r} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega \left( t - \frac{r}{v} \right) \quad (3-11)$$

$$E_r = 0; E_\varphi = -\omega^2 \mu_0 \frac{P_0}{4\pi r} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \omega \left( t - \frac{r}{v} \right); E_\alpha = 0 \quad (3-12)$$

Fusha magnetike e dipolit ndryshon vetëm sipas koordinatës  $\alpha$ , pra sipas planit ekuatorial dhe paralele me të. Prej këtij në planin simetral me dipolin, kemi përqëndrimin maksimal, pra orientimin e fushës magnetike të dipolit. Kjo është në përputhje të plotë me konsideratën e njohur fizike. Rryma elektrike, përçuese në dipol, krijon përqark tij, sipas rregullit të turlit, fusha magnetike rrethore në planet normale me dipolin. Në drejtimin e boshtit të dipolit, në zgjatimin e tij edhe fusha elektrike edhe ajo magnetike janë zero.[2] Në shprehjet e mësipërme, për  $\varphi=0$ ,  $E_\varphi=0$  dhe  $H_\alpha=0$ . Nga vështrimi fizik i mësipërm, rezulton se:

$$E = E(r, \varphi) \quad \text{dhe} \quad H = H(\alpha)$$

pra, intensitetet, përkatësisht të fushës elektrike dhe asaj magnetike, ndryshojnë në planin polar  $(r, \varphi)$  dhe në planin azimutal  $(\alpha)$ .  $E(r, \varphi)$  jep diagramën e drejtuar të dipolit.

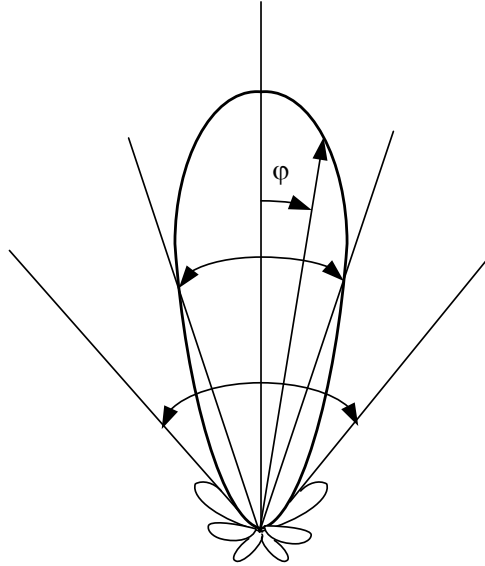


Figura 3.13: Diagrama e drejtimit e një dipoli elementar.

Në figurën 3.13, është paraqitur diagrama përkatëse e drejtimit e një dipoli elementar të paraqitur në fig 3.12. Ashtu siç u tha më parë, intensiteti i fushës magnetike, arrin vlerat maksimale në planin pingul me boshtin e dipolit; dhe sipas boshtit të dipolit kemi vlerat minimale të fushës magnetike, praktikisht vlerat zero. [5] Për rrjedhim në këtë drejtim dipoli nuk rrezaton.

### 3.5 Përfundime të kapitullit

Në këtë kapitull trajtuam disa çështje kryesore në lidhje me antenat vektoriale në sistemet e radiokomunikimeve. Fillimisht janë shpjeguar parametrat më të rëndësishme të antenave, si rendimenti, amplifikimi i fuqisë, fusha në afërsi dhe fusha në distancë.

Janë klasifikuar tipet më të përdorshme të antenave vektoriale. Tashmë janë identifikuar tre tipe kryesore:

- Antenat vektoriale *broadside* që kombinojnë disa elemente dipole gjysmë vale. Diagrama e rrezatimit e tyre mund të rritet si në planin vertikal, ashtu edhe në atë horizontal.
- Antenat vektoriale *end-fire* që kombinojnë disa elemente dipole gjysmë vale, me fushë në të njëjtin plan me vektorët. Diagrama e rrezatimit e tyre mund të rritet në planin vertikal.
- Antenat vektoriale *rombike* që kombinojnë disa elemente dipole gjysmë vale, me vendosje në formën e rombit. Valët në këtë tip antene përhapen vetëm në drejtimin e drejtë.

Ka dhe tipe të tjera, që lidhen me qëllimin e përdorimit, por fokusi ynë shtrihet në antenat mikrocelulare që përdoren në sistemet e telefonisë celulare. Këto antena mbështeten në teorinë e dipolit të hercit. Antenat mikrocelulare janë të drejtuara, ato shfrytëzojnë ligjet e refletimit të valës elektromagnetike kryesisht nëpërmjet sipërfaqeve metalike, me anën e të cilave rregullohet orientimi i përhapjes së valës.

## **Kapitulli 4**

### **Antenat inteligjente dhe Arkitekturat e tyre**

Në këtë kapitull kemi trajtuar parimet bazë të funksionimit të antenave inteligjente, tipet e këtyre antenave, sektorizimi i rrjetave celulare dhe arkitekturat e sistemeve me antena inteligjente. Në studimin tonë vlerësimi i rrezatimit jojonizues, që analizohet në kapitullin e 5-të dhe të 6-të është bërë pikërisht për antenat inteligjente. Arsyeja e studimit për sistemet me antena inteligjente është e lidhur me mbizotërimin e tyre në sistemet celulare në ditët e sotme. Antenat quhen inteligjente, pasi karakteristikat e tyre përshtaten, në varësi të situatës, me regjimet e punës së sinjalit. Përshtatja e teknikës së sistemeve me antena inteligjente lejon që të përftohen veti shumë të mira të sistemeve të komunikimeve pa tel, si rritja e kapacitetit të informacionit, zgjerimi i brezit, si dhe përmirësimi i cilësisë duke rritur ndjeshëm raportin sinjal/zhurmë.

#### **4.1. Parimet bazë të funksionimit të antenës inteligjente**

Antenat inteligjente klasifikohen në dy tipe kryesore. Tipi me rreze me komutim dhe tipi me përshtatje. Antena inteligjente me rreze me komutim punon sipas parimit të drejtimit të rrezes me komutim sipas sinjalit të dëshiruar. Antena inteligjente me rreze me përshtatje përbëhet nga një varg elementësh me sinjal të marrë të peshuar dhe kombinuar për të rritur raportin sinjal zhurmë për sinjalin e dëshiruar. Në këtë sistem antene inteligjente me përshtatje modeli i rrezatimit ndryshon, duke u orientuar sipas përdoruesit të dëshiruar. Sistemi i antenave inteligjente me përshtatje janë më të përdorshmet në sistemet e komunikimeve celulare.

##### **4.1.1. Funksionimi i antenës inteligjente**

Një sistem antene inteligjente marrëse është një pajisje ku parametrat e sinjalit të marrë përdoren direkt për përpunimin e sinjaleve të marrë nga elementët e antenave. Për kontrollin e sinjaleve në dalje mund të përdoren disa informacione të derivuara nga përpunimi i sinjalit në marrje, por në sistemet radio mobile, frekuenca marrëse dhe transmetuese janë në të shumtën e rasteve të ndryshme dhe nuk është e mundur të derivohen parametrat e sinjalit të transmetuar nga përpunimi i sinjalit marrës. Si pasojë kërkohet një teknikë tjetër për përcjelljen e informacionit nga marrësi në transmetues, në mënyrë që të përdoret forma më e përshtatshme e rrezes.

Një bllokskemë e një sistemi radiokomunikimi, me cilësimet e shuarjes në rrugët e kalimit të valës jepet në figurën 4.1. Një antenë në një sistem radiokomunikimi është

antenë transmetuese, që lidh linjën transmetuese me hapësirën për transmetim drejt përdoruesit, ose antenë marrëse, që lidh përdoruesin me linjën marrëse, me qëllim marrjen e informacionit të dëshiruar në atë destinacion. Në sistemet e antenave tradicionale vihen re vonesa në përhapje, interferenca të valëve elektromagnetike, që sjellin shuarje në rrugët e shumëfishta.

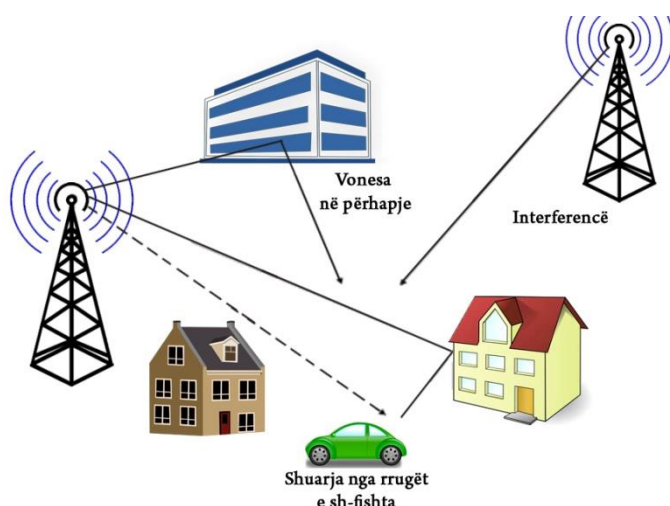


Figura 4.1: Blllokskemë e një sistemi radiokomunikimi me efektet e shuarjeve

Efekti i shuarjes nga rrugë të shumëfishta shkaktohet nga ardhja në stacionin bazë e sinjaleve të një stacioni të lëvizshëm duke ndjekur rrugë të ndryshme, si pasojë e reflektimit nga ndërtesat, objektet apo dhe relievi i terrenit. [13]

Një antenë e zakonshme konsiston në një ose më shumë elementë antenash të lidhura direkt me linja transmetimi RF me karakteristika fikse. Elementët janë të përshtatshëm për transmetim dhe marrje. Kemi dy metoda për përzgjedhjen e sinjalit. Metoda e parë kombinon sinjalet e marrë nga disa antena, dhe mbledh energjitë e marra nga secila antenë. Metoda e dytë rregullon sinjalet me anë të një algoritmi, duke fiksuar rrezet kryesore, në drejtimin e dëshiruar.

Aftësia e antenave inteligjente për të transmetuar dhe pranuar sinjalin në mënyrë të përshtatshme, është mundësia që kanë për përpunimin numerik të sinjalit. Një element antene nuk është shumë inteligjent në vetëvete; është kombinimi i elementëve të antenës dhe programi i përdorur për përpunimin e sinjalit që e bën antenën inteligjente. Sistemet e antenave inteligjente janë klasifikuar në bazë të strategjisë së transmetimit, në tre tipe, lidhur me nivelin e inteligjencës: antena me rreze të komutuar; antena me varg elementesh të shfazuar në mënyrë dinamike; antena me varg elementesh me përshtatje.

Një stacion radio bazë tipik përdor tre antena të orientuara në mënyrë të njëjtë  $120^{\circ}$  në azimut dhe kanë gjerësinë e rrezes individuale rreth  $65^{\circ}$ . Skema alternative janë



propozuar në të cilat çdo sektor  $120^0$  shërbehet nga një varg antenash të shumëfishta me formues pasiv të rrezes, të aftë për të formuar rreze të ngushtë, të shpërndarë brënda sektorit. Antenat me rreze me komutim fiks përftojnë kapacitet total më të lartë brënda qelizës, pasi nuk janë të ndjeshme ndaj interferencave që vijnë nga shumë drejtime dhe gjithashtu sjellin amplifikim më të lartë, kryesisht afër qendrës së rrezes. Egzistojnë disa metoda për kombinimin e daljeve nga antenat.

Metoda me vargje me rreze me komutim fiks. Këto sisteme antenash kërkojnë minimumin e qarqeve harduerike, me qëllim krijimin dhe menaxhimin e rrezeve të shumëfishta. Në këtë sistem zgjidhet e njëjta rreze për uplink dhe downlink. [14]

Metoda me vargje me detektim të drejtimit. Këto vargje lidhen me një procesor i cili përcakton bartësin efektiv të sinjaleve ardhëse dhe formon një rreze në drejtimin e përcaktuar, duke rritur kështu raportin sinjal-zhurmë dhe sinjal-interferencë. Informacioni për drejtimin e ardhjes së sinjalit uplink përdoret për të rregulluar sinjalin korrespondues downlink. [14] Në këtë sistem zgjidhen rreze të shumëfishta për t'iu shërbyer përdoruesve të shumtë të shpërndarë.

Metoda me vargje me përmirësim të kombinimit. Përpunimi për këto vargje mbledh fuqinë e sinjalit, i cili mund të përmbajë një numër komponentësh të shpërndarë në kënde të ndryshme arrdhjeje dhe me diferencë faze dhe amplitude, në një mënyrë të tillë që të optimizojë raportin raportin sinjal-zhurmë dhe sinjal-interferencë. Kjo teknikë sjell karakteristika shumë të mira për uplink, por sinjali downlink do të shënojë drejtimin me sinjalin ardhës më të fortë derisa të ketë një përgjigje nga pajisja e lëvizshme. Ky sistem kërkon një qark harduerik më kompleks.

Metoda e aksesit të shumëfishtë me ndarje në hapësirë (SDMA). Në këtë skemë përpunimi krijon një numër rrezesh të ndarë në hapësirë brënda një sektori, shih paragrafin 4.2. Teknika SDMA kërkon një varg formues rrezesh më inteligjente dhe dinamike me hyrje/dalje konkurruese të shumëfishta.

#### **4.1.2. Tipet e antenave inteligjente**

Antenat inteligjente janë përshtatur për t'u përdorur në sistemet e telefonisë celulare. Ato sjellin cilësi më të lartë dhe përparësi ekonomike krahasuar me sistemet që janë në përdorim. Në sistemet e telefonisë celulare, është përdorur sistemi i antenave me kombinimin e transmetuesve dhe marrësve në të njëjtën antenë. Ky sistem mund të përdoret kur janë instaluar më shumë se dy transmetues, por kërkon që kombinuesit të lejojnë një grup transmetuesish dhe marrësish të ushqejnë secilën antenë. Kanale të

shumëfishta transmetuesee dhe marrës ndajnë aksesin tek e njëjta antenë, duke sjellë një përparësi të dukshme pasi redukton koston dhe komponentet e qarqeve të sistemit të antenës. Për të rritur cilësinë e uplinkut, një amplifikator i fuqisë së ulët lidhet direkt me antenën.

Antenat me polarizim të dyfishtë janë aktualisht në dispozicion për kombinim bandash përfshirë:

- 900 + 1800 MHz, shpesh me hyrje të kombinuara
- 900 + 1800 + 2100 MHz, të gjitha me hyrje të ndara
- (900 + 1800) + 2100 MHz, me hyrje të ndara për GSM dhe UMTS

Një antenë me polarizim të dyfishtë që suporton tre banda është një pajisje shumë komplekse.

Antenat në sistemet me frekuenca të shumëfishta janë sisteme antenash me përdorim të gjerë. Në projektimin e tyre kërkohet që qarqet e transmetuesve të shumëfishtë në një antenë të përbashkët të sigurojnë linearitet të lartë të të gjithë komponentëve. Në këto sisteme duhet që të përdoren filtra për të realizuar kombinimin e kanaleve dhe antenave, për të shmangur gjenerimin e dukurive pasive të intermodulimit (PIM). Këto janë sinjale të shtrembëruara, të cilat mund të shkaktojnë interferenca në spektrat e përdoruesve të tjerë. Kërkesat për nivele sa më të ulëta PIM ka rritur kërkesat për projektimin e antenave të stacioneve bazë, me nivelet e PIM, që të jenë më të ulët se -140 dB.

Një tip tjetër është antena me krah elektrik të kontrollueshëm në distancë. Stacionet bazë të sistemeve celulare, në ditët e sotme, janë të pajisura me krah elektrik të kontrollueshëm në distancë.

Sistemi me antena të shpërndara (DAS) është një tjetër tip i përdorur në sistemet celulare. Në këtë sistem një stacion bazë i vetëm ushqen disa antena të ndara, të cilat vendosen në lartësi të ulta në mjedisin e ndërtimit. Kjo është një teknikë që e përdor me efikasitet spektrin dhe burimet lokale.

Antenat me diversitet. Zëvendësimi i dy antenave me diversitet hapsinor ekzistues me dy antena me polarizim të dyfishtë ofron mundësinë për rritjen akoma më tepër të performancës së sistemit marrës duke përdorur konfigurimin me 4-degë. Ky është një zëvendësim i thjeshtë dhe e lë të pandryshuar profilin vizual të antenës bazë. Kjo është një teknikë që rrit cilësinë e downlink-ut, sidomos kur shpejtësia e transmetimit të të dhënave është e lartë. Një tjetër teknikë është ajo e shuarjes së interferencës së antenës

së dyfishtë, e cila rrit cilësinë e downlink-ut. Në këtë teknikë terminali i lëvizshëm detektohet nga dy antena dhe duke përpunuar dy sinjalet RF shuhet interferenca.

Tipi tjetër gjerësisht i përdorur është antena me sektorizim. Stacionet bazë të sistemeve celulare, janë pajisur me antena me gjashtë sektorë me gjerësi rreze prej  $45^\circ$  në drejtimin e azimutit. Në këtë rast secila antenë shoqërohet me një set pajisjesh radio të ndryshme, kështu transferimi i një përdoruesi të lëvizshëm nga një rreze e njëjës antenë tek një tjetër kryhet duke bërë kalim (*handover*) nga një qelizë në tjetrën, në dallim me antenat me komutim. Në sistemet celulare përdoren qeliza shumë të vogla të njohura si mikroqeliza dhe pikoqeliza për të ofruar mbulim në zonat e tilla ku mbulimi nuk është i pranishëm nga makroqeliza lokale e stacionit bazë. Këto qeliza të vogla shpesh përdorin antena me përforcim të ulët të montuara në lartësi të vogla ose brenda ndërtesave dhe struktura të tjera për të kufizuar sipërfaqen e mbulimit.

#### 4.1.3. Koncepti celular në sistemet e radiokomunikimit

Shpjegimi i konceptit të sistemit celular, me anë të një grupi qelizash (kluster) me 7 qeliza jepet në figurën 4.2. Paraqitja e klusterit, me qeliza heksagonale, është modeli më shumë i përdorur. Sa më e vogël përmasa e qelizës, aq më i lartë efikasiteti i përdorimit të kanalit transmetues. Kufizimi në përmasat e qelizës është i lidhur me nivelin e lejuar të interferencës. Ky nivel përcaktohet nga raporti midis sinjaleve të dëshiruara dhe sinjaleve të interferuara, që një sistem radiokomunikimi mund të tolerojë. Këto varen nga teknika e modulimit dhe kodimit që përdor stacioni bazë. Ky raport quhet raporti i bartëses ndaj fuqisë së interferuar. [1].

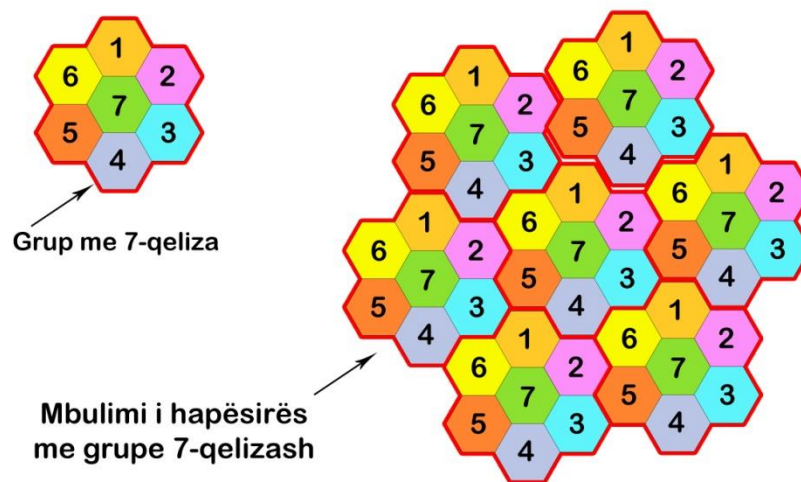


Figura 4.2: Koncepti i ndarjes me qeliza

Në zhvillim të konceptit të sistemit celular, është arritur të bëhen nëndarje, brenda klusterit, duke krijuar sektorë dhe nënsektorë, gjithmonë bazuar në konceptin e klusterit me 7 qeliza, të quajtura makroqelizë, miniqelizë dhe mikroqelizë. Ky koncept i ndarjes në nënsektorë jepet në figurën 4.3.

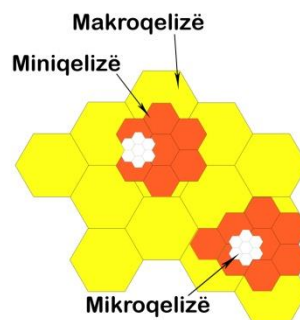


Figura 4.3: Ndarja e qelizës në përmasa më të vogla

Ndarja në qeliza me përmasa të reduktuara siguron rritjen e kapacitetit të sistemit. Kjo ndarje bëhet në rastet e rritjes së densitetit të trafikut. Në çdo rast zvogëlimi i përmasës së qelizës shoqërohet me reduktimin e fuqisë së transmetuar.

#### 4.1.4. Antenat inteligjente në sistemet e radiokomunikimit

Antenat inteligjente mund të përdoren në sistemet e telefonisë celulare, pasi ato sigurojnë një përdorim shumë më efikas të kapacitetit të kanaleve transmetuese. Faktorët që ndikojnë në zgjedhjen e një antene inteligjente në stacionet radio lidhen me temat e kostos, hapësirën gjeografike të zonës së mbulimit, si dhe zgjidhja e mbështetur nga autoritetet lokale. [1]

Në një mjedis ideal do të kishte një marrëdhënie të qartë ndërmjet fortësisë së sinjalit në ndonjë pikë dhe distancës ndërmjet pikës dhe stacionit bazë. Në praktikë kjo marrëdhënie është vërtetë kaotike. Këto mekanizma identifikohen shpesh si përgjegjës për marrëdhënien kaotike humbja e rrugës, varur nga distance; pengesat nga ndërtesa dhe thyerjet e terrenit; shuarja nga rrugët e shumëfishta.

Humbja e varur nga distanca shpesh quhet humbja në përhapje dhe kontrollon duke zgjedhur një hapësirë të përshtatshme ndërmjet stacioneve bazë, nga zgjedhja e një vlere emetimi të fuqisë së sinjalit RF të mjaftueshme, vlerë ndjeshmërie të marrësit dhe përforsimit të antenës për të ofruar mbulimin e kërkuar në terrenin përreth stacionit bazë. Nëse konsiderojmë vetëm humbjen që shkaktohet nga përhapja në vijën e shikimit, atëherë mund të reduktohet humbja në transmetim dhe të rriten dimensionet e sipërfaqes së mbulimit të stacionit bazë duke rritur lartësinë e vendosjes së antenës.

Lënia në hije është fenomeni që ndodh kur disa pjesë të sipërfaqes së mbulimit lihen pa mbulim si pasojë e pengesave (ndërtesa apo struktura fikse) në terren. Mund të reduktohet duke bërë një zgjedhje të kujdesshme të vendodhjes së stacionit bazë.

Në mjediset rurale sinjalet e drejtpërdrejtë dhe sinjalet e reflektuar vijnë në stacionin bazë me një kënd përhapjeje rreth  $5^\circ$ , vlerë shumë e vogël në krahasim me atë në mjediset urbane, rreth  $20^\circ$  deri  $30^\circ$ , ku stacioni i lëvizshëm ndodhet afër stacionit bazë. Antenat inteligjente mund të mos jenë në gjendje të marrin të gjithë komponentët e sinjaleve me shpërndarje këndore dhe në disa kushte japin një fuqi sinjali totale më të vogël se një antenë me sektor të thjeshtë. [1]

Sinjalet duke përshkruar rrugë të ndryshme ndërmjet stacionit bazë dhe stacionit të lëvizshëm, jo vetëm që vijnë nga drejtime të ndryshme por do të arrijnë në destinacion me kohë përhapjeje të ndryshme. Diferenca e kohës ndërmjet komponentes së sinjalit të parë dhe komponentes me më pak peshë quhet vonesa në përhapje.

Sinjalet e ardhur nga një përdorues në lëvizje janë të karakterizuar nga një frekuencë që zhvendoset si pasojë e efektit Dopler. Në një mjedis “multipath” sinjalet e transmetuar nga rrugë të ndryshme nga një stacion i lëvizshëm do të përballen me zhvendosje të ndryshme të frekuencës si pasojë e efektit Dopler. [14] Diferenca ndërmjet frekuencave të komponentëve domethënëse të sinjalit njihet si shpërhapja Dopler. Nëse një përdorues lëviz në drejtimin e stacionit bazë (i afrohet stacionit bazë) atëherë frekuenca e sinjalit me të cilin transmetohet do të pësojë një zhvendosje pozitive dhe anasjelltas. Përpunimi i sinjaleve me zhvendosje sipas efektit Dopler të ndryshëm konsumon një kohë të konsiderueshme: antenat inteligjente të cilat veprojnë si filtra të ngushtë në domain-in e frekuencave mund të mos jenë të aftë për të përballonjë përhapjen Dopler për një përdorues që lëviz me shpejtësi.

Në përgjithësi një sinjal do të merret bashkë me sinjale nga përdorues të tjerë që ndajnë të njëjtën frekuencë. Në sistemet CDMA përdoruesit e tjerë do të kontribuojnë në një rritje të nivelit të zhurmës, por në sistemet e tjerë një sinjal interferues i vetëm do të dëmbojë më shumë aftësinë e marrësit për të demoduluar saktë sinjalin e dëshiruar. [4]

Niveli i fuqisë i transmetuar nga çdo pajisje e lëvizshme kontrollohet në mënyrë dinamike nga stacioni bazë për të siguruar që sinjalet nga stacione të lëvizshme të ndryshme vijnë me pothuajse të njejtën fuqi. Sinjali me nivelin minimal të fuqisë do të jetë sinjali i ardhur nga një stacion i lëvizshëm i ndodhur në konturet e qelizës, dhe ky nivel sinjali mund të dekodohet kundrejt zhurmës termike në marrësin e stacionit bazë. Në situata kur stacioni bazë është i zënë, një sinjal me nivel më të lartë fuqie do të nevojitet, pasi pragu do të rritet si pasojë e ndikimeve të zhurmave të jashtme dhe interferencave.

Në praktikë, nivelet e sinjalit marrës më të lartë mund të vijnë nga pajisje të lëvizshme të ndodhura shumë pranë stacionit bazë por të lidhur me qeliza të një stacioni fqinj. Kjo pajisje mund të jetë duke transmetuar me maksimumin e fuqisë në një kanal fqinj me atë të përdorur afër stacionit bazë. Kjo është një situatë e zakonshme dhe diapazoni dinamik rezultues duhet të manovrohet nga i gjithë zinxhiri i elementëve në marrje të antenës pa ndonjë pasojë në prishjen e ndjeshmërisë apo në rritjen e nivelit të zhurmave në marrës. Një situatë që duhet të merret në konsideratë ngrihet kur një stacion bazë të dy ose më shumë rrjetave janë afër njëri tjetrit. Në këtë situatë sinjali i fortë interferues është në frekuencën e transmetimit të stacionin bazë, por sinjali ardhës më i fuqishëm nuk duhet të gjenerojë produkte intermodulimi as nga sistemi i antenës dhe as nga transmetuesit.

## **4.2. Teknikat e aksesit**

Le të marrim në konsideratë një qelizë të vetme, brenda së cilës kemi një numër të konsiderueshëm të terminaleve të lëvizshëm. Të gjithë telefonat synojnë të realizojnë komunikimin duke kërkuar që të kenë akses (të pranohen) në stacionin bazë të qelizës. Lind pyetja se si mundet një stacion i vetëm bazë të shërbejë këtë numër të lartë të telefonave celularë. Natyrshëm duhet të ketë një mënyrë për t'i ndarë ato dhe për të punuar me to në mënyrë simultane. Për këtë arsye nevojitet aksesit i shumëfishtë, ose i thënë ndryshe pranimit dhe përpunimit i shumë thirrjeve në një stacion të vetëm bazë.

### **4.2.1. Teknikat bazë të aksesit**

Kemi tre teknika bazë për aksesin e shumëfishtë. Gjenerata e parë ka përdorur teknikën e aksesit të shumëfishtë me ndarje në frekuencë, e quajtur FDMA (*Frequency Division Multiple Access*). [4] Në këtë teknikë kanalet brenda një qelize ndahen nga frekuenca. Në një qelizë çdo telefon celular ka të vendosura dy frekuenca për transmetimin e drejtë dhe të kundërt, ose të quajtur ndryshe *full duplex*. Brezi i

frekuencave i lënë në dispozicion për qelizën, përcakton numrin e telefonave që mund të punojnë në të njëjtën kohë brenda qelizës.

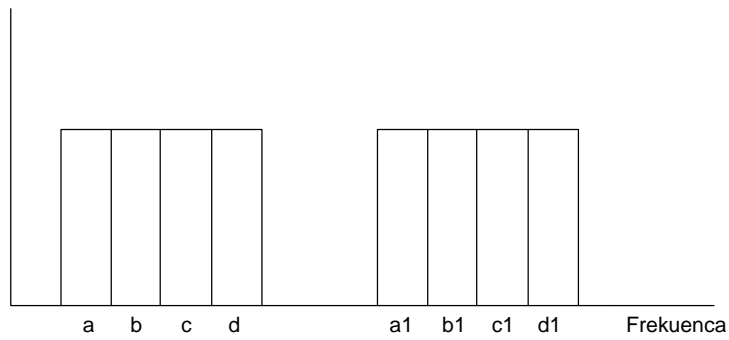
Gjenerata e dytë ka përdorur teknikën e aksesit të shumëfishtë me ndarje në kohë TDMA. Ky sistem ka ndjekur standardet amerikane të njohura si *North American TDMA*, ose NA-TDMA. Sistemet TDMA [4] kombonojnë teknikën e multipleksimit me ndarje në kohë dhe me ndarje në frekuencë. Çdo frekuencë e përdorur është e ndarë në intervale kohore, të quajtura *time slot*, ndërsa kanalet vendosen në *time slot* të ndryshme brenda një frekuence. Ky sistem rrit numrin e kanaleve brenda një qelize krahasuar me FDMA, duke e bërë më efikas spektrin e frekuencave.

Një tjetër sistem i gjeneratës së dytë, standarti evropian GSM ka përdorur teknikën e aksesit të shumëfishtë me ndarje të koduar CDMA. Në këtë teknikë të gjithë терминаlet celulare përdorin spektrin e plotë të frekuencave por janë të ndarë nga një kod individual për secilin terminal të lëvizshëm. Ky kod bëhet pjesë e teknikës së modulimit para se sinjali të transmetohet dhe arrin deri në stacionin bazë, i cili nxjerr me anë të teknikës së demodulimit kodin e terminalit përkatës celular.

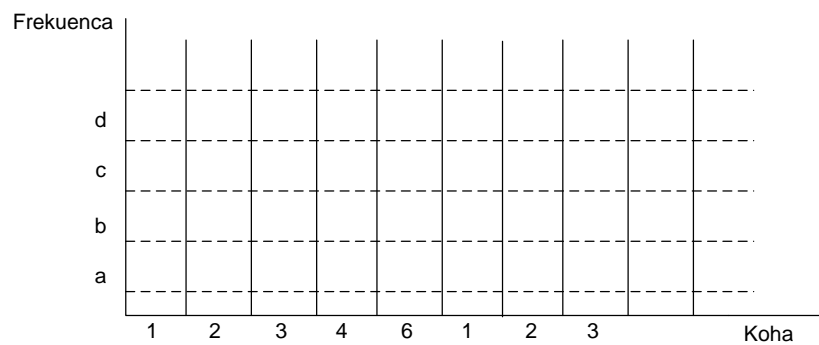
Figura 4.4 paraqet tre teknikat e mësipërme të aksesit të shumëfishtë. Në figurën 4.4(a) jepet metoda FDMA, ku kanalet përcaktohen nga frekuenca e tyre. Çdo kanal ka dy frekuenca një për transmetimin e drejtë (nga stacioni bazë drejt telefonit celular) dhe një për transmetimin e kundërt (nga telefoni celular drejt stacionit bazë), për shembull,  $a_1$  dhe  $a$ , përkatësisht.

Figura 4.4(b) tregon metodën TDMA, ku secila frekuencë ndahet në intervale kohore, kjo prodhon më shumë kanale për çdo frekuencë.

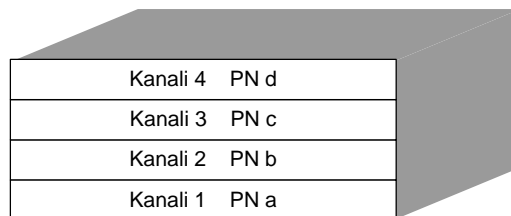
Në figurën 4.4(c) tregohet se si në teknikën CDMA [4] përcaktohen kode personale PN që ndajnë kanalet nga njëri-tjetri. Më poshtë do të japim shpjegimin për disa nga teknikat e aksesit të shumëfishtë të përdorura në gjeneratat e avancuara të komunikimeve celulare.



a) FDMA



b) TDMA



c) CDMA

Figura 4.4: Metodatat e aksesit të shumëfishtë: FDMA, TDMA, CDMA

#### 4.2.2. Teknikat e avancuara të aksesit

Në një sistem komunikimi celular të gjeneratës së tretë është më shumë e përdorur teknika CDMA, ku gjerësia e brezit e sistemit është 5 MHz ose më shumë. Gjithashtu gjerësia e brezit 5 MHz është e përcaktuar edhe për sistemet 3G WCDMA. Kjo gjerësi brezi përcaktohet nga arsyet e mëposhtme:

- Është e mjaftueshme për të siguruar një shpejtësi të dhënash në 144 *kbps* dhe 384 *kbps*, për më tepër mund të arrihet deri në 2 *Mbps*.



- Kjo gjerësi brezi mund të zërthejë më shumë mënyra se sa një gjerësi brezi më e ngushtë si rrjedhim kemi përmirësim të cilësisë.

Ndërfaqja radio 3G WCDMA mund të ndahet në dy nëngrupe: rrjeta sinkrone dhe rrjeta asinkrone. Në një rrjetë sinkrone të gjithë stacionet bazë janë të sinkronizuar në kohë në lidhje me njëri-tjetrin. Kjo jep një ndërfaqe radio më efikase, por kërkon sisteme *hardware* shumë më të shtrenjtë në stacionet bazë. Një tjetër karakteristikë e sistemit WCDMA është se ai përfshin një kontroll të shpejtë në të dy lidhjet e drejtë dhe e kundërt. [4]

Kërkime serioze janë bërë rreth përmirësimit të sistemit TDMA. Për shumë kohë kërkimet për sistemin 3G ishin përqëndruar në sistemin TDMA, ndërsa sistemi CDMA ishte lënë si një alternativë e dytë. UWC-136 është një sistem i pajtueshëm me standardin IS-136. Ai përdor tre tipe të ndryshme transportuesish: 30kHz, 200kHz dhe 1,6 MHz. Transportuesi 200 kHz përdor të njëjtat parametra si GSM EDGE dhe siguron të dhëna deri në 384 *kbps*. Ky transportues është i përcaktuar për tu përdorur për jashtë ose për trafik automjetesh. Transportuesi 1,6 MHz është vetëm për përdorime të brendshme dhe siguron të dhëna deri në 2 *Mbps*. Ky sistem është quajtur IMT-SC, në gjuhën e përditshme njihet edhe si IMT-2000.

**CDMA/TDMA** hibride është projektuar në sistemin evropian. Ajo pajtohet me ndërfaqen radio ETSI-UMTS. Çdo kuadër TDMA është ndarë në tetë intervale kohe, dhe në secilin interval kohe të ndryshëm kanalet multipleksohen duke përdorur CDMA. Kjo strukturë kuadri është e papajtueshme me GSM, kështu që kjo pjesë e ETSI nuk është përdorur gjatë. Megjithatë mënyra TRAN-TDD është aktualisht një sistem hibrid CDMA/TDMA. Një kuadër radio është ndarë në 15 intervale kohe dhe çdo kanal në intervale të ndryshme ka multipleksim CDMA.

**OFDM** është bazuar në një model të rregullimit të shumë transmetuesve e cila nënkupton ndarjen e të dhënave në nënkanale të zakonshme, ku secili prej tyre ka njësi të dhënash më pak sesa kanali burim i të dhënave. Më pas këto nënnivele ose nënkanale do të modulohen duke përdorur kodet që janë ortogonale në lidhje me njëri-tjetrin. Për shkak të ortogonalitetit të tyre në spektrin e frekuencës nuk do të kemi interferencë kështu që do të kemi një sistem me spektër efikas. DAB (*Digital Audio Broadcasting*), që përcakton transmetimin dixhital audio dhe DVB (*Digital Video Broadcasting*) që përcakton transmetimin dixhital video janë bazuar në teknikën OFDM. OFDM mund të jetë bazuar në çfarëdo teknike TDMA ose CDMA. Përparësitë e OFDM janë:

- Përdorimi në mënyrë efikase i gjerësisë së brezit.
- Mbrojtje ndaj interferencave në gjerësitë e vogla të brezit.

- Rezistencë ndaj interferencave në rastin e shumë mënyrave të transmetimit.

**3GPP** është një sistem që zhvillon karakteristikat për një sistem 3G bazuar në ndërfaqen radio UTRA dhe në rritjen e mëtejshme të sistemit GSM. 3GPP është gjithashtu përgjegjëse për funksionet e rrjetit GSM në të ardhmen. Sistemi UTRA përcaktoi dy mënyra: FDD (*Frequency Division Duplex*) dhe TDD (*Time Division Duplex*). Në mënyrën FDD kanalet në transmetimin e drejtë dhe të kundërt përdorin brezin e frekuencave individuale. Këta transmetues kanë një gjerësi brezi 5MHz. Secili transmetues është i ndarë në 10 kuadër radio 10 ms dhe secili kuadër ndahet në 15 intervale kohe.

Metoda TDD ndryshon nga ajo FDD në faktin që në TDD të dy kanalet transmetues përdorin të njëjtën frekuencë transmetimi. Gjerësia e brezit të transmetimit në këtë metodë është 1.6 MHz. UTRAN përfshin tre koncepte të kanalit që janë: koncepti i kanalit fizik që ekziston në ndërfaqen ajrore dhe përcaktohet nga një frekuencë dhe një kod, koncepti i kanalit transportues i cili përdoret në ndërfaqen midis shtresës 1 dhe 2, si edhe koncepti i kanaleve logjike që ekzistojnë në shtresën 2 dhe përcaktojnë llojin e të dhënave të dërguara. Spektri i shpërndarë për IMT-2000 është asimetrik, si rrjedhojë zgjidhja më e efikase është transmetimi në sistemin TDD. Vlerat e vendosura për shpërndarjen e spektrit në UTRAN TDD janë 1.900-1.920 MHz dhe 2.010-2.025 MHz. E drejta e parë e akorduar që u lejua në sistemin 3G ishte 5MHz për operatorët, kështu që çdo operator TDD mund të ketë vetëm një transmetues TDD. Teknika TDD kontrollohet më lehtë. Në teknikën me ndarje në frekuencë FDD, uplinku dhe downlinku për kanalet GSM dhe shumicën e kanaleve UMTS punojnë në të njëjtën kohë në frekuenca të ndryshme. Frekuencat e përdorura për UMTS ndërmjet up- dhe downlink ndahen me 190 MHz. Në teknikën me ndarje në kohë TDD përdoret një bartëse e vetme frekuence, në të cilin të dhënat transmetohen në kohë të ndryshme në të dyja drejtimet.

#### **4.2.3. Teknika SDMA**

Duke patur parasysh që në komunikimin satelitor, çdo përdorues ka pozicionin e vet unik në hapësirë, ky fakt mund të shfrytëzohet për të bërë ndarjen e kanaleve në hapësirë. Kjo teknikë, e cila do të shoqërohet me rritjen e raportit SIR (raporti Sinjal /Interferencë) quhet SDMA - (*Space Division Multiplexing Access*), është pra, një teknikë aksesit e shumëfishtë me ndarje hapësinore. Teknika SDMA aplikohet në antenat inteligjente, të cilat janë të pajisura me nivele të ndryshme inteligjence, si dhe me përpunues numerik sinjali. [15]

SDMA ka aftësinë që të dallojë sinjalet në stacionin bazë, bazuar në origjinën e tij në hapësirë. Zakonisht, SDMA përdoret e kombinuar me FDMA, TDMA ose CDMA. SDMA është midis përdorimeve më të sofistikuara të teknologjisë së antenës inteligjente. Aftësia e përpunimit të saj hapësinor të avancuar i jep mundësi stacionit bazë, të gjejë vendndodhjen e shumë përdoruesve, duke krijuar rreze për secilin përdorues, si tregohet në figurën 4.5.

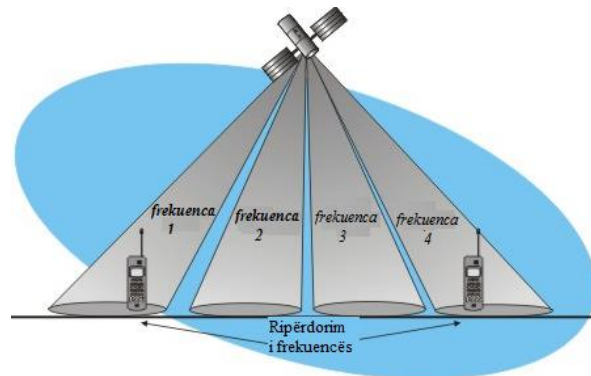


Figura 4.5: Koncepti i teknikës SDMA

Skema SDMA [15] bazohet mbi konceptin që një sinjal, duke ardhur nga një burim i largët arrin kohë të ndryshme në elementet e antenës, për shkak të shpërndarjes në hapësirë. Kjo vonesë kohe, përdoret për të dalluar një ose më shumë përdorues në një sipërfaqe nga ato në një sipërfaqe tjetër. Skema lejon një përhapje efektive, për të zënë vend në një qelizë pa shqetësuar një përhapje të njëherëshme në një qelizë tjetër. Për shembull, GSM/GPRS tradicionale lejon një përdorues në një kohë të përhap ose të marrë në një band frekuence në stacionin bazë, ku GSM/GPRS me SDMA lejon përhapje të shumëfishta, të njëherëshme në atë të njëjtën band-ë frekuence, duke shumëfishur kapacitetin e sistemit. Kapaciteti i sistemit CDMA është i kufizuar nga SIR-i i tij, kështu që, me përdorimin e SDMA, SIR do të përmirësohet;

Filtrimi në rrafshin hapësinor mund të ndajë në mënyrë spektrale dhe të përkohshme sinjalet e mbivendosur nga njësitë e shumëfishuara mobile dhe ai i jep mundësi përdoruesve të shumëfishtë brenda të njëjtës qelizë radioje të përshtaten mbi të njëjtën frekuencë dhe interval kohe. Kjo do të thotë që mund të caktohet më shumë se një përdorues në të njëtin kanal fizik komunikimi në të njëjtën qelizë njëherësh, vetëm me ndarje në kënd. Kjo realizohet duke pasur N rrezeformues paralelisht në stacionin bazë, duke operuar në mënyrë të pavarur. Secili rrezeformues ka algoritmin e vet adaptiv, të formimit të rrezes për të kontrolluar setin e vet të peshave. Gjithashtu, ai ka edhe algoritmin e vet të drejtimit-të-mbërritjes (DoA) për të përcaktuar vonesën e kohës së sinjalit të çdo përdoruesi. Çdo rreze formues krijon një maksimum drejt përdoruesit të tij të dëshiruar, ndërsa çon në zero ose shuan përdoruesit e tjerë.

Kjo teknologji përmirëson në mënyrë të ndjeshme aftësinë e shuarjes së interferencës, ndërsa rrit ripërdorimin e frekuencës, duke sjellë rritjen e kapacitetit, si dhe uljen e kostos së infrastrukturës. Nëpërmjet SDMA, përdorues të ndryshëm mund të ndajnë frekuencë të njëjtë brenda një qelize. Sinjale të shumëfishuar, duke mbërritur në stacionin bazë mund të ndahen me anë të marrësit të stacionit bazë, për sa kohë ndarja e tyre këndore është më e madhe se gjerësia e rrezes së përhapur/të marrë. Rrezet që kanë të njëjtin përdorim të mbrojtjes nga drita përdorin të njëjtën bandë frekuence. Kjo teknikë quhet ripërdorimi i kanalit nëpërmjet ndarjes këndore. Përdorimi i teknikës SDMA përdoret nga rrjeta, ku kërkohen shpejtësi të larta të transmetimit të të dhënave dhe sistemeve të komunikimit celular me besueshmëri të lartë. Një sistem SDMA është një matës efektiv për t'u përballur me zbehjen, që kur ai dallon sinjalet e radios në hapësirë ose rrafshin këndor duke përdorur direktivitetin e antenës ose formimit të rrezes sipas drejtimit të mbërritjes (DoA) të sinjaleve.

Përparësitë e teknikës SDMA janë:

- Numri i qelizave për të mbuluar një hapësirë të caktuar zvogëlohet.
- Interferenca nga sistemet e tjera apo nga përdorues të qelizave të tjera zcoqëlohet;
- Zbeh efektin e shumëfishtë;
- Stacioni bazë SDMA transmeton me fuqi më të ulët se stacioni baze tradicional. Ky fakt ka të mirën e uljes së ndotjes nga rrezatimi.
- Drejtimi i çdo kanali hapësinor është i njohur dhe mund të përdoret për të caktuar pozicionin e sinjalit burim;
- SDMA përshtatet me pothuajse të gjitha teknikat, metodat e modulimit të sinjalit.

SDMA mund të implementohet antena të tipeve dhe formave gjeometrike të ndryshme.

### **4.3. Arkitekturat e antenave inteligjente**

#### **4.3.1. Elementet e një sistemi me antenë inteligjente**

##### **4.3.1.1. Transmetuesi i antenës inteligjente**

Pjesa e transmetuesit të antenës inteligjente tregohet në figurën 3.3. Sinjali ndahet në  $M$  rrugë, të cilat vlerësohen sipas peshave komplekse  $w_1, w_2, \dots, w_M$  në njësinë e formimit të beam-it. Peshat, të cilat vendosin modelin e rrezatimit të antenës, llogariten

përpara njësisë së përpunimit të sinjalit. *Njësia radio* konsiston në konvertuesin D/A dhe në konvertuesit në drejtimin *downlink*. Në praktikë, disa komponente si p.sh. antenna dhe DSP-të sigurisht do të jenë të njëjtë si në rastin e marrjes. Ndryshimi themelor ndërmjet uplinkut dhe downlinkut është se nuk ka njohuri në përgjigjen ndaj kanaleve në hapësirë në downlink.

Në një sistem me ndarje në kohë, TDD (*Time Division Duplexing*), stacioni i lëvizshëm dhe stacioni bazë përdorin të njëjtën frekuencë bartëse, të ndarë vetëm në kohë. Në këtë rast, peshat e llogaritura në uplink do të jenë optimale për në downlink, nëse kanali nuk ndryshon gjatë periodës së transmetimit. Megjithatë, kjo nuk duhet të përfshihet si rast i përgjithshëm, të paktën jo në sistemet ku përdoruesit pritet të lëvizin me shpejtësi të lartë. [16]

Nëse përdoret ndarja në frekuencë FDD (*Frequency Division Duplexing*), uplink dhe downlink janë të ndarë në frekuencë. Në këtë rast peshat optimale nuk do të jenë të njëjta, sepse përgjigja e kanalit do të varet nga frekuenca. Kështu formimi i beam-it optimal në downlink është i vështirë dhe teknika më e mirë e sugjeruar është me anë të vlerësimit gjeometrik të drejtimit të ardhjes (direction of arrival, DoA). Drejtimi nga i cili vjen sinjali në uplink është drejtimi në të cilin sinjali do të transmetohet për të arritur përdoruesin e dëshiruar. Strategjia e përdorur nga stacioni bazë është të vlerësohet drejtimi i ardhjes nga i cili merret sinjali për pjesën më të madhe të përdoruesve. Ky drejtim përdoret në downlink për të zgjedhur peshat. Në këtë mënyrë, modeli i rrezatimit është në formën e lobeve të drejtuar drejt përdoruesit të dëshiruar. Kjo është e ngjashme me sistemet me përshtatje të vargut në fazë (phased array). Përveç kësaj, është e mundur që peshat të pozicionohen “zero” drejt përdoruesve të tjerë. Kjo sjell minimizimin e interferencës. Si pasojë e perceptimit në rrugë të ndryshme të sinjalit, është sugjeruar që të zgjidhet drejtimi bazuar në mesataren e kanaleve të uplink-ut për një periudhë kohe. Kjo do të ndikojë pak në performancën e teknikës, pasi informacioni për kanalet radio nuk merret në kohë reale. Siç theksuam, interferenca e parë në stacionet bazë vjen nga stacionet e lëvizshëm dhe interferenca në stacionet e lëvizshëm vjen nga stacionet bazë. Kështu interferenca e përdoruesve të lëvizshëm ndaj përdoruesve të tjerë të lëvizshëm nuk është marrë në konsideratë, pavarësisht se kjo përbën një faktor që duhet vlerësuar.

Një varg elementësh të antenës ka sensorë të ndarë në hapësirë, dalja e të cilëve futet në një rrjet peshues ose në një qark të formimit të beam-it, siç tregohet në figurën 4.6. Vargu i elementëve mund të implementohet si një varg transmetues ose marrës. [16]

Kur analizohen elementët e antenës bëhen shumë supozime, si për shembull:

- Të gjithë sinjalet e mundshëm në marrësin e antenës kompozohen nga një numër i fundëm valësh planare. Këto valë planare rezultojnë nga komponentët e ardhur direkt ose në rrugë të ndryshme.
- Transmetuesi dhe objektet që shkaktojnë rrugë të shumëfishta ndodhen në pjesën fundore të vargut të elementëve të antenës.
- Sensorët vendosen afër, në mënyrë që amplitudat e sinjaleve të marrë në dy elementë të antenës të mos ndryshojnë shumë.
- Çdo sensor supozohet të ketë model rrezatimi të njëjtë dhe orientim të njëjtë.

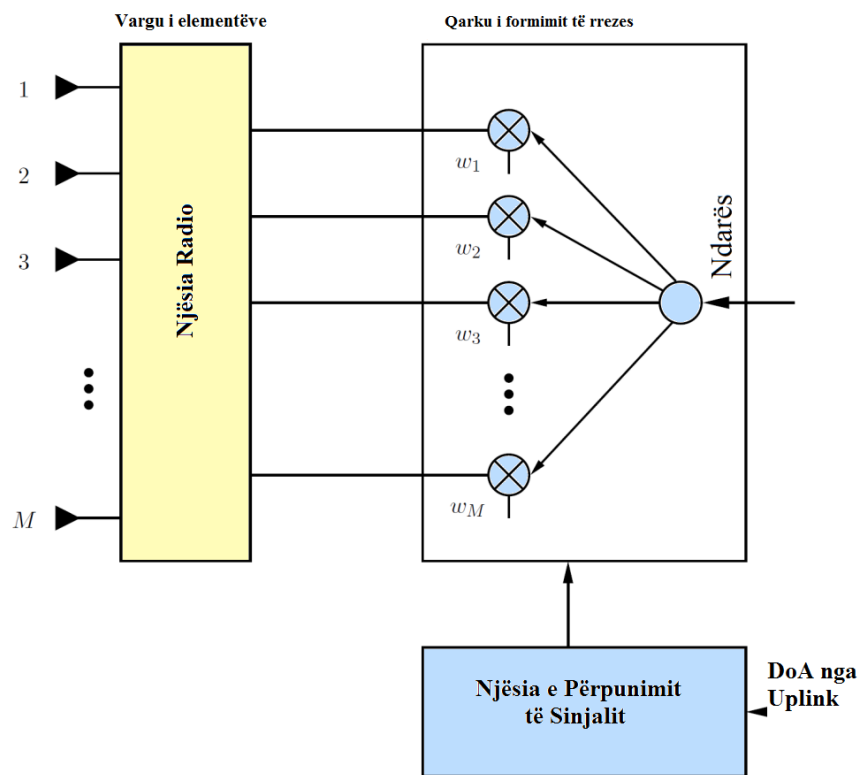


Figura 4.6: Bllokskema e transmetuesit për antenë inteligjente

Një varg me elementë të antenës bashkë me koordinatat e tyre jepet në figurën 4.7.

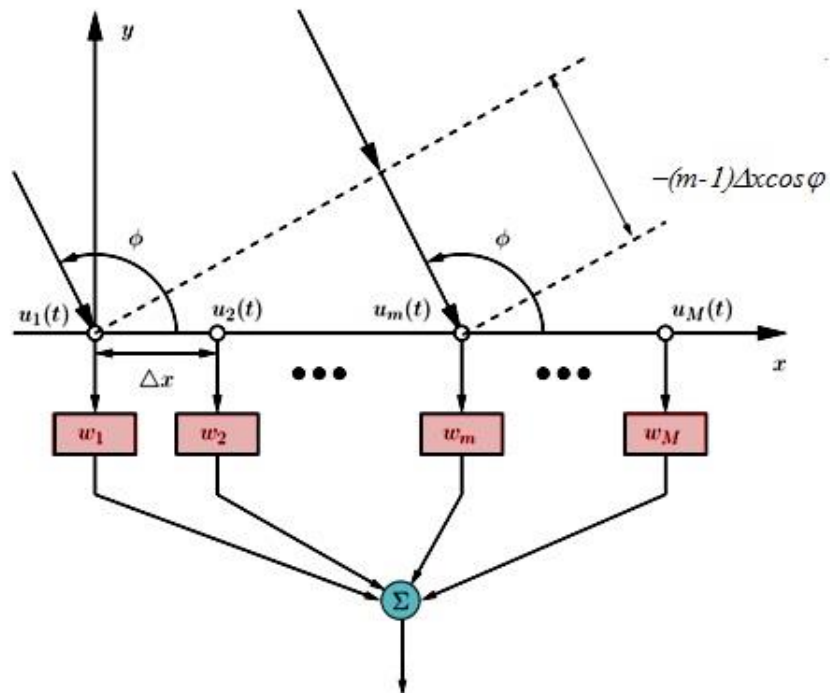


Figura 4.7: Ilustrimi i një plani valor të mundshëm nga një kënd  $\Phi$  në një varg linear uniform me hapësirë ndërmjet elementëve prej  $\Delta x$

Strukturat gjeometrike më të preferuara për realizimin e antenave janë strukturat lineare dhe ato rrethore. Strukturat lineare janë më të thjeshta për t'u implementuar se ato rrethore, por kanë disavantazhin e jo-simetrisë së modelit të rrezatimit rreth aksit. Pavarësisht kësaj, vargjet lineare me sensorë të ndarë në mënyrë uniforme janë më të përdorurit në praktikë.

#### 4.3.1.2. Marrësi i antenës inteligjente

Në figurën 4.8 paraqiten katër lloje të ndryshme strukturash gjeometrike të vargjeve të elementëve. Dy strukturat e para përdoren për formimin e rrezes vetëm në drejtimin horizontal (azimuthit). [16] Kjo normalisht është e mjaftueshme për mjediset e jashtme, të paktën për qelizat me mbulim të madh. Shembulli i parë (a) tregon formimin e rrezes në këndin e azimuthit brenda një sektori këndor. Kjo është struktura më e përdorur për shkak të thjeshtësisë që paraqet. Shembulli i dytë (b) tregon një pamje të shikuar nga lart, të një vargu rrethor, me hapësirë këndore ndërmjet elementëve prej  $\Delta\phi = \frac{2\pi}{M}$ .

Kjo strukturë mund të formojë rrezen në drejtimin e azimuthit. Dy strukturat e fundit përdoren për të formuar rreze dy dimensionale, në drejtimin e azimuthit dhe të elevacionit. Kjo mund të jetë e dëshiruar për mjediset urbane dhe mjediset e brendshme

me dendësi të lartë. Pamja ballore e antenës lineare dy dimensionale me hapësirë ndërmjet elementëve me  $\Delta x$  në drejtim horizontal dhe  $\Delta y$  në drejtimin vertikal, është paraqitur në figurë. Formimi i rrezes në të gjithë hapësirën e mbulimit dhe në të gjitha drejtimet këndore, kërkon struktura kubike ose sferike me ndarje të elementëve  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  dhe  $\Delta z$ . *Njësia radio* konsiston në linjat e komunikimit dhe konvertuesit nga analog në dixhital (kompleks). Kjo njësi duhet të ketë M linja komunikimi, një për secilin varg elementësh. *Njësia e përpunimit të sinjalit*, bazuar në sinjalin e marrë, do të llogarisë peshat  $w_1, w_2, \dots, w_M$  me të cilat shumëzohet sinjali i marrë nga secili element i vargut. Këto peshat vendosin modelin e rrezatimit të antenës në drejtimin uplink. Peshat mund të optimizohen nga dy kriteret kryesore: maksimizimi i sinjalit të marrë nga përdoruesi ose maksimizimi i SIR, duke shuar sinjalin që vjen nga burime interferuese (sjellje adaptive). Teorikisht, nga M elementët e antenave, M-1 burime elementësh shumëzohen me “zero”. Metoda e llogaritjes së peshave do të ndryshojë në varësi të tipit të kriterit të përdorur për optimizim. [16]

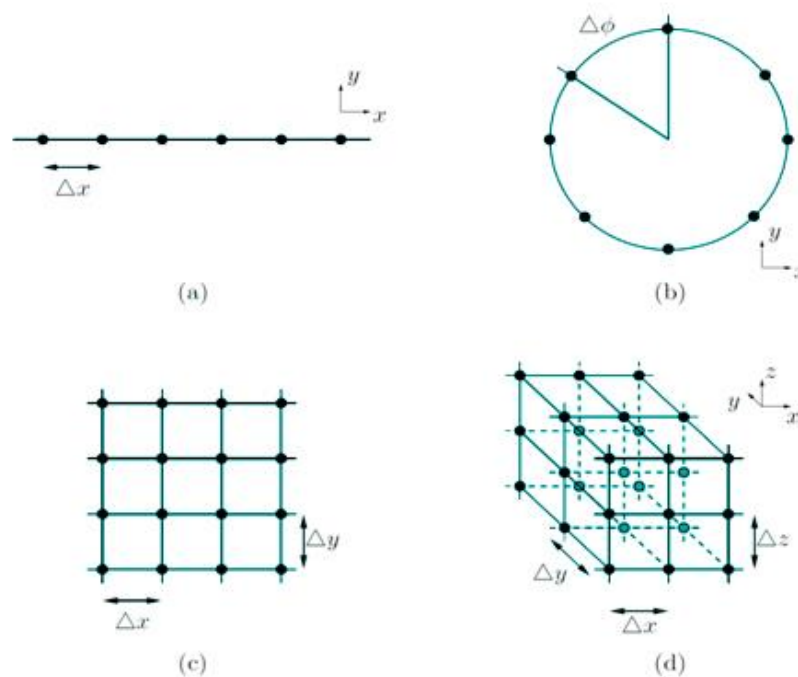


Figura 4.8: Gjeometri të ndryshme për antenat inteligjente, (a) formë lineare, (b) formë cilindrike, (c) rrjetë dy-dimensionale, (d) rrjetë tre-dimensionale

Nëse përdoret rrezja me komutim, marrësi do të testojë të gjitha peshat e vektorëve të parapërcaktuar, që i korrespondojnë set-it të beam-it dhe zgjedh atë që jep sinjalin e marrjes me nivele më të mira. Nëse përdoret teknika me *vargje elementësh të fazuar* (PA), i cili konsiston në drejtimin e beam-it kryesor nga sinjali me komponenten me



fuqi më të lartë, vlerësohet drejtimi i ardhjes (direction of arrival), dhe pastaj llogariten peshat.

Nëse formimi i rrezes bëhet në mënyrë dixhitale (pas konvertimit A/D), njësia e formimit të rrezes dhe njësia përpunuese mund të integrohen në një njësi të vetme (Përpunuesin numerik të sinjalit). Gjithashtu, është e mundur që të formohet rrezja në *hardware*-in e radiofrekuencës (RF) ose frekuencën e ndërmjetme (IF).

Në figurën 4.9 tregohet skematikisht pjesa marrëse e antenës inteligjente. [16] Vargu i elementëve të antenës konsiston në  $M$  elementë. Kështu,  $M$  sinjalet kombinohen në një sinjal të vetëm.

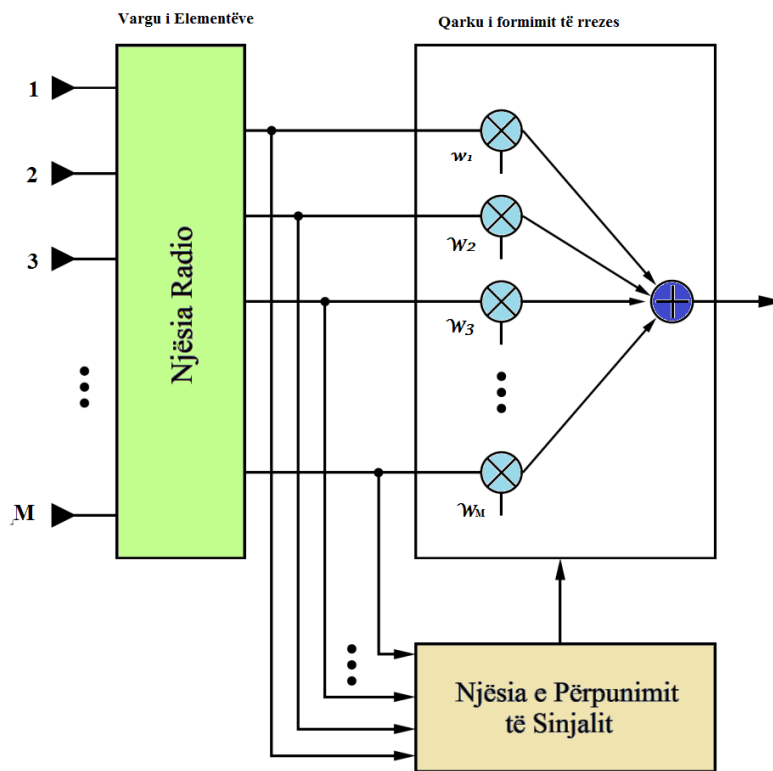


Figura 4.9: Bllokskema e marrësit për antenë inteligjente

Ky sinjal shërben si e dhëna hyrëse për pjesën tjetër të marrësit (dekodimi i kanalit, etj). Pjesa marrëse e antenës inteligjente, siç shihet nga figura, përbëhet nga katër njësi. Përveç vetë pjesës së antenës, ajo përmban *njësinë radio*, *njësinë e formuesit të beam-it* dhe *njësinë së përpunimit të sinjalit*.

## 4.3.2. Projektimi i antenës inteligjente

### 4.3.2.1. Vargjet e elementëve të antenave

Në mënyrë që të arrihet rrezja e kontrollueshme ose një model mbulimi variabël, duhet që të përdoret një sistem antene i kompozuar nga disa elementë identikë. Në ndonjë varg, kontrolli total i modelit të rrezatimit mund të arrihet nga një zgjedhje e përshtatshme e ngacimit në amplitudë dhe fazë të elementëve individualë dhe shpërndarja hapësinore e tyre. Ka dhe kontrole të tjerë, të cilat mund të përdoren për të formuar modelin e plotë të antenës dhe modelin relativ të elementëve individualë, si për shembull konfigurimi gjeometrik i vargut (linear, unazor etj.). Përzgjedhja e dizajnit është e kufizuar nga disa kritere, një pjesë e të cilëve janë të imponuara nga performanca e kërkuar ose kërkesa të tjera të operatorit të rrjetit, si edhe ofruesit e shërbimeve. [13]

Projektimi i kërkuar ka si qëllim të arrijë objektivat në vazhdim:

- Kompleksitet të ulët dhe robust
- Kosto të ulët
- Përmasa kompakte dhe peshë e vogël
- Kërkesa minimale për aftësi mirëmbajtjeje
- Profil të vogël
- Rezistencë nga era dhe variacionet e temperaturës

### 4.3.2.2. Vargjet Lineare

Fillimisht, gjeometria e thjeshtë e një vargu elementësh linearë u konsiderua vendosja e elementëve përgjatë një linje, që konsiston në  $N$  elementë identikë të ndarë në mënyrë uniforme me distancë  $d$  ndërmjet dy elementësh të njëpasnjëshëm. Gjeometria mund të prezantohet si në figurën 4.10. [13]

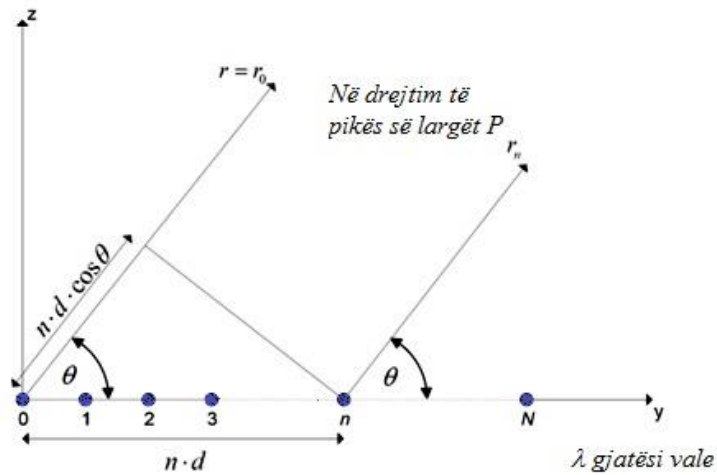


Figura 4.10: Gjeometria e një vargu linear me elementë identikë

Fusha në një pikë P, nga vargu, do të jetë shuma e kontributeve nga çdo element i vargut:

$$E = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \frac{e^{-jkr_n}}{4\pi r_n} \quad (4.1)$$

ku  $a_n$  prezanton ngacmimin kompleks (amplitudë dhe fazë) të elementit të n-të dhe  $r_n$  paraqet distancën e elementit të n-të nga pika P,  $k = 2\pi/\lambda$  është numri valor. Nëse pika P është në periferi të fushës, atëherë supozimi që  $r_0 = r_n = r_n = \dots = r_n = r$  mund të bëhet për variacionet e amplitudës. Megjithatë ky supozim nuk ka vend për variacionet e fazës, kështu që kemi:

$$E = \frac{e^{-jkr_n}}{4\pi r_n} \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jk\psi_n} \quad (4.2)$$

ku:

$$r_n = r - \psi_n$$

$$\psi_n = n \cdot d \cdot \cos \theta$$

Elementi i parë në vargun e elementëve, është zgjedhur si pikë reference për variacionet e fazës, si pasojë e gjeometrisë së vargut të treguar në figurën 4.10. Është e evidente që e gjithë fusha e një vargu linear me elemente identikë të ndarë në distancë

të barabarta është e njëjtë me produktin e fushës së një elementi të vetëm, në një pikë të zgjedhur reference dhe një faktor të dhënë nga: [13]

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jn\gamma}, \quad \text{ku } \gamma = k \cdot d \cdot \cos \theta \quad (4.3)$$

Ky është faktori i vargut për një varg linear me ngacmim kompleks të elementëve. Produkti i treguar këtu derivohet nga principi i shumëfishimit të modelit për vargjet me elementë identikë. Rëndësi paraqet fakti që ky princip aplikohet edhe tek vargjet me elementë të ngjashëm jo-izotropik, të cilët përdoren në praktikë. Kjo çon në thjeshtimin e llogaritjes së modelit të rrezatimit të vargut.

$$E(\text{totale}) = [\text{modeli i elementit}] \times [\text{faktori i vargut}] \quad (4.4)$$

Modeli i elementit është një funksion i elementëve individualë, nga i cili konstruktohet vargu. Ai varet nga forma gjeometrike e tij dhe mund të zgjidhet brenda një bande të arsyeshme. Faktori i vargut është një funksion gjeometrik i rradhës së elementëve në varg dhe ngacmimit të tyre. Produkti i modelit të elementit dhe faktorit të vargut është një funksion kompleks, magnitudës së të cilit i referohemi shpesh si modeli i vargut. Pasi zgjidhet struktura mekanike dhe gjeometrike e vargut, ajo qëndron fikse. Karakteristikat e modelit të rrezatimit të vargut kontrollohen nga ngacmimet e elementëve.

Për vargjet uniforme, arrihen deduksione të rëndësishme të karakteristikave të tij, nëse konsiderohet që të gjithë elementët e tij ngacmohen me *amplitudë njësi* dhe *fazë*  $\alpha$ . Një varg me elementë identikë me magnitudë identike dhe fazë përparuese i referohet vargjeve uniforme. Faktori i vargut për vargjet uniforme bëhet:

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{jn\gamma}, \quad \text{ku } \gamma = k \cdot d \cdot \cos \theta + \alpha \quad (4.5)$$

Duke bërë disa veprime matematikore, faktori i vargut të një vargu uniform, mund të shprehet në një formë alternative dhe kompakte, duke i bërë karakteristikat e tij më të dallueshme:

$$AF = \frac{\sin(N\gamma/2)}{N \sin(\gamma/2)} \quad (4.6)$$

Ekuacioni i mësipërm prezanton faktorin e vargut uniform në një formë të normalizuar. Ky është një funksion periodik, shpesh i quajtur funksion “kuazi-sinc”. Ai kalon nga një maksimum  $\pm 1$  çdo herë që emëruesi dhe numëruesi janë njëkohësisht të barabartë me zero. Kështu mund të themi:

$$\gamma = k \cdot d \cdot \cos \theta + \alpha = 2\pi p$$

ku  $p$  – është një numër i plotë.

Sipas ekuacionit të mësipërm, dy maksimume radhazi janë të ndarë nga një interval  $\Delta\tau$ , (ku  $\tau = \cos\theta$ ), i tillë që:

$$\frac{d}{\lambda} \Delta\tau = 1, \text{ dhe } \Delta\tau = \frac{\lambda}{d}$$

Kjo tregon një karakteristikë të rëndësishme të vargjeve të ndara uniforme, ku disa lobe jo të dëshirueshëm, lokalizohen në një distancë që është proporcionale me inverstin e hapësirës ndërmjet elementëve. Këto lobe janë përgjithësisht të padëshirueshëm, sepse ato janë burime të dualitetit të drejtpërdrejtë. [13]

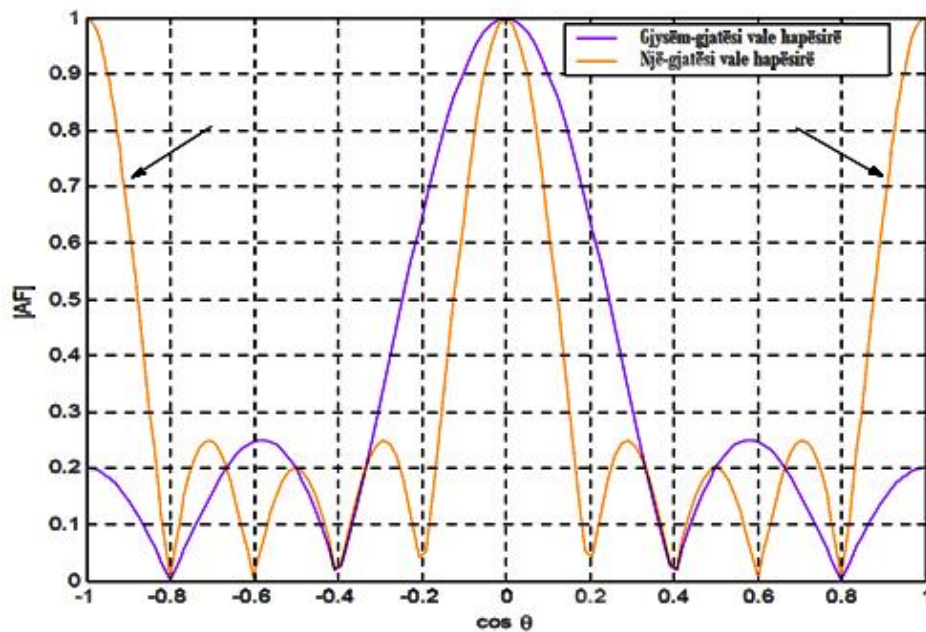


Figura 4.11: Paraqitja e lobeve të padëshirueshëm në zonën e shikimit

Për të shmangur ato ose për t'i ndarë ato, duhet të përdoret një element ndërmjetës, p.sh. për  $\frac{\lambda}{2}$ ,  $\Delta\tau = 2$ , me rezultatin që lobet e ngritur të vendosen jashtë domainit (-1, +1) ose në zonën e dukshme (hapësirën reale). Shfaqja e lobeve në zonën reale është ilustruar në figurën 4.11. Skanimi i fazës në një drejtim. Vargjet lineare lejojnë skanimin në një drejtim. Një maksimum i faktorit të vargut merret për drejtimin  $\theta_0$ , i tillë që:  $\gamma = k \cdot d \cdot \cos\theta + \alpha = 0$

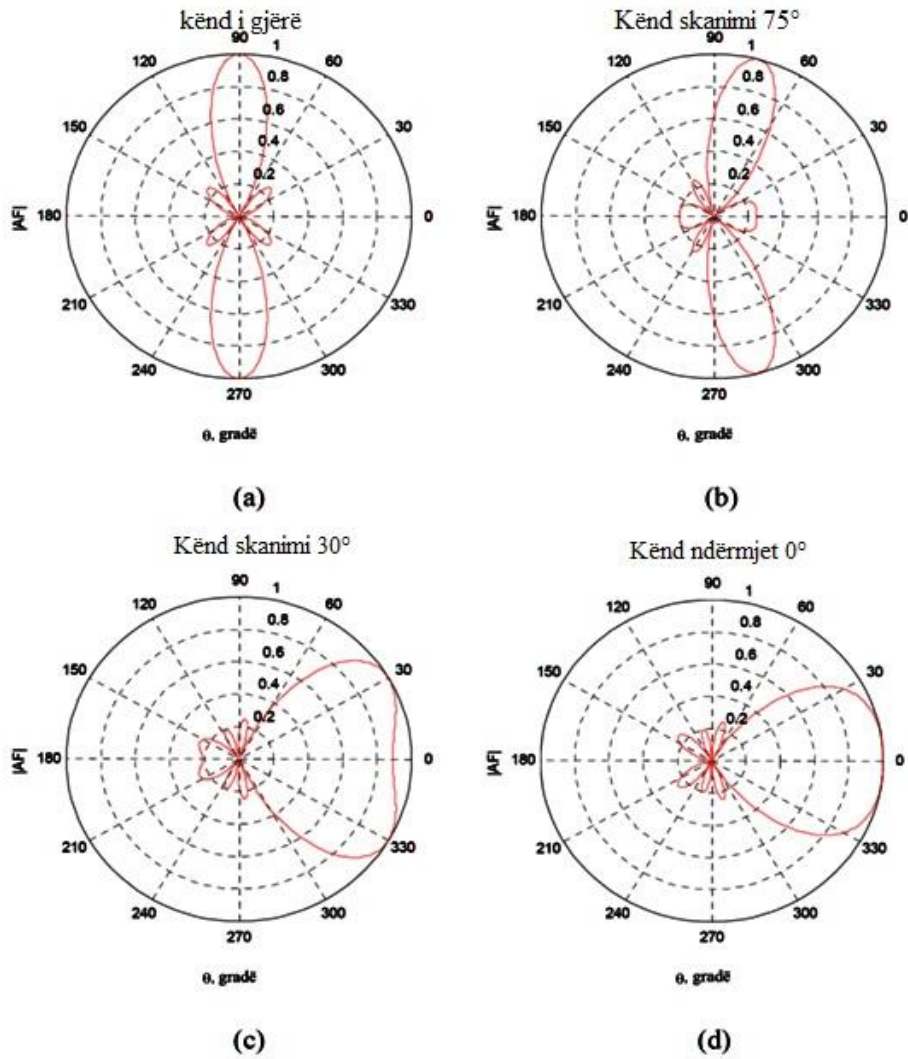


Figura 4.12: Modeli i mbulimit për një pesë element emetues/absorbues me hapësira të njejta ( $d = \lambda/4$ ) ndërmjet tyre, (a)  $\theta_0 = 90^\circ$ , (b) kënd skanimi  $\theta_0 = 75^\circ$ , (c)  $\theta_0 = 30^\circ$  dhe (d)  $\theta_0 = 0^\circ$

Kështu një drejtim i fiksuar  $\theta_0$  merret me një gradient faze  $\alpha = -k \cdot d \cdot \cos \theta_0$ .

Kjo arrihet duke zgjedhur peshat  $a_n$  si më poshtë:

$$a_n = |a_n| e^{-jnk d \theta_0}$$

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} |a_n| e^{jnk d (\cos \theta - \cos \theta_0)} \quad (4.7)$$

Shprehjet e mësipërme lënë të kuptohet përdorimi i zhvendosësve të fazës për të vendosur peshat komplekse  $a_n$ . Në një varg skanues, faza e çdo elementi ndryshon me kohën, kështu që drejtimi i shenjuar i beam-it kryesor ndryshon me kohën. Figura 4.12 tregon modelin e një vargu linear me zhvendosje të ndryshme në fazë. Kështu drejtimi mbetet pothuajse konstant për kënde të gjerë skanimi, por rritet afër origjinës. Në mënyrë që të shmangen lobet e ngritura, kushti për beam-in e skanuar është:

$$\frac{d}{\lambda} \leq \frac{1}{1 + |\cos \theta_0|} \quad (4.8)$$

Për një varg me elementë të lokalizuar në një plan, modeli është simetrik rreth atij plani dhe faktori i vargut formon një pasqyrim të beam-it në gjysmëplanin e poshtëm. Shumica e vargjeve kërkohet të kenë vetëm një beam kryesor. Kjo arrihet duke përdorur elementë me pamje nga toka, duke bërë që modeli i tyre të jetë afërsisht zero për zonën pas vargut.

### 4.3.3. Antenat me vargje elementësh në formë cilindrike

Antenat me formë cilindrike ofrojnë një mënyrë më eficiente të kontrollit dinamik të modelit, duke sjellë një mbulim shumëdrejtimësh. Gjithashtu, ato janë të dizenuara në mënyrë kompakte rreth një mast-i antene dhe kanë profil vizual më të vogël. Kjo do të thotë më pak i prekur nga lëvizja e erës. Kjo formë dizenjimi është më praktike se implementimi i antenave gjysmë-inteligjente. Modeli i përgjithshëm i rrezatimit të një vargu të përshtatshëm gjenerohet nga superpozimi hapësiror i të gjithë modeleve të rrezatimit të elementëve individualë. Megjithatë, vargjet planare janë të aftë të sjellin beam-e me direktivitet të lartë dhe nuk janë të preferuara në stacione bazë me antena gjysmë inteligjente.

Pesha e moduleve të antenave ofrojnë fleksibilitet të mjaftueshëm për të sjellë një performancë të lartë për një model me rrezatim në  $360^\circ$ . Kështu që antenat e stacioneve bazë me formë cilindrike mund të ofrojnë performancë më të mirë se një sistem me antena inteligjente në formë lineare. [16] Studimi i antenave cilindrike rezulton në kosto të ulët, peshë të vogël dhe dizenjo kompakte me performancë të lartë rrezatimi dhe karakteristika të mira impedance. Megjithatë, përdorimi i një antene me formë cilindrike paraqet vështirësi nëse peshat e ngacmimit të elementëve janë të ndryshme nga ato në antenat lineare. (Figura 4.13) Algoritmat janë modeluar për të testuar

kufizimet në sjelljen e modelit të rrezatimit të vargut dhe për të testuar realizimin e modelit të rrezatimit të dëshiruar. [16]

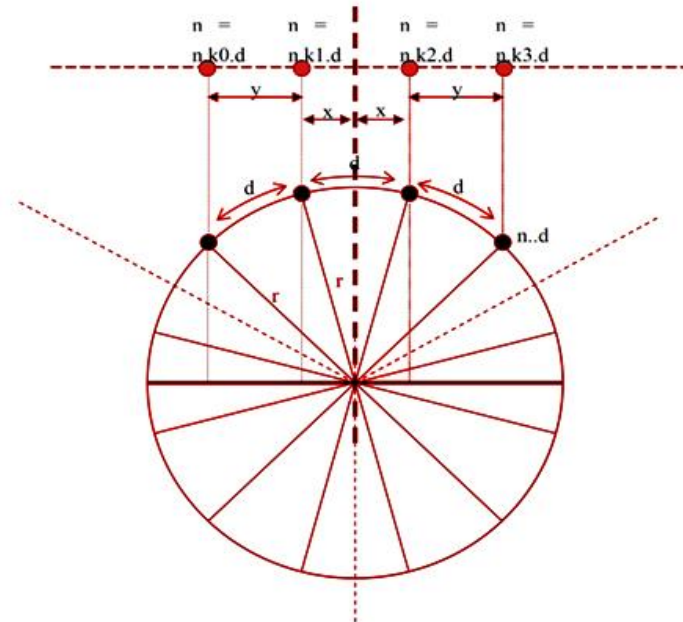


Figura 4.13: Projekcioni i elementëve të përshtatur në formë cilindrike në plan

#### 4.3.4. Projektimi i antenave me formë cilindrike

Dizenjimi i antenave është bazuar në vargje cilindrike që konsistojnë në dymbëdhjetë elementë rrezatues, ngacmimet individuale të të cilëve, kontrollohen në mënyrë që të arrihet modeli i rrezatimit të dëshiruar. Këto elementë vendosen rreth sipërfaqes mekanike cilindrike. Antena përmban katër elementë për një sektor të stacionit bazë dhe tre sektorë gjithësej për të ofruar mbulim  $360^\circ$  sipas azimuthit si në figurën 4.14 (a). Në skicën prototip, një amplifikator i vetëm fuqie është vendosur për çdo sektor, i ndjekur dhe nga kontrollues me fuqi të plotë të amplitudës dhe të fazës. Megjithatë, në praktikë, në mënyrë që të arrihet kapacitet mbulimi më i mirë, duhet të përdoren grup vargjesh cilindrike. Këto sjellin amplifikim të mjaftueshëm dhe përshtatje më të lehtë të beam-it, duke ndryshuar fazën vertikale të rrezatimit të elementit (figura 4.14(b)). [16]

Implementimi i antenave cilindrike bazohet në konsideratat e mëposhtme:

Rrezja e cilindrit = 245 mm, Frekuenca e dëshiruar = 2GHz.



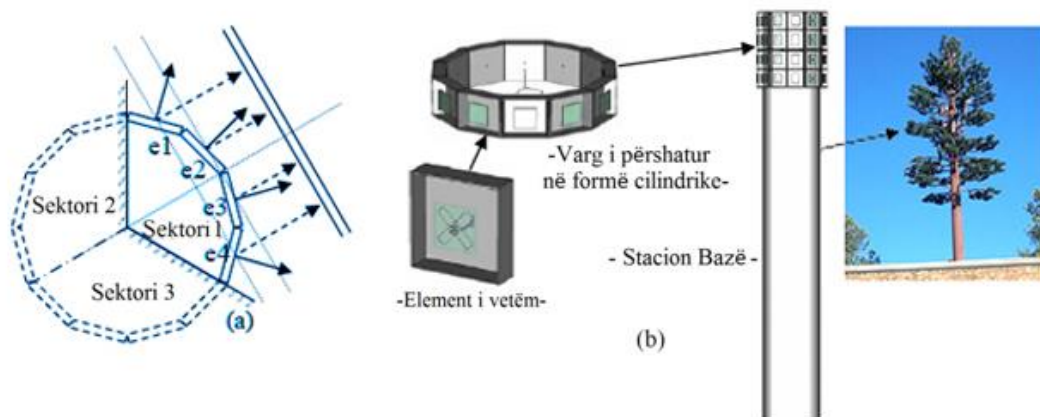


Figura 4.14: (a) Një varg me 12 elementë në formë cilindrike, (b) Struktura e propozuar e stacionit bazë me varg të elementëve në formë cilindrike

#### 4.3.5. Projektimi i stacionit bazë prototip

Projektimi i antenës së stacionit bazë mund të ndahet në hapat e mëposhtëm:

- Modelimi dhe analizimi i modelit të rrezatimit i elementëve të antenës
- Sintetizimi dhe analizimi i modelit të vargut për të marrë ngacmimet e elementëve
- Projektimi i rrjetit ushqyes për të marrë ngacmimet e dëshiruara
- Fabrikimi dhe testimi i prototipit

Një prototip me një sektor që konsiston në katër dipole të elementëve të antenave është fabrikuar dhe testuar për të demonstruar funksionimin e vargut (figura 4.15(a)). Elementët janë të ndarë ndërmjet tyre me gjysmën e gjatësisë së valës dhe me kënd  $30^\circ$  nga secili. [17] Me një vendosje të tillë, diametri i përgjithshëm i stacionit bazë mund të merret brenda një totali prej 0,5m (figura 4.15(b)). Rrjeti i ushqimit të sektorit është dizenuar me një ndarës fuqie në katër rrugë. Secili nga sinjalet e daljes është lidhur me një zhvendosës faze, të pavarur, i rregulluar për të plotësuar kërkesat e nevojshme për mbulim.

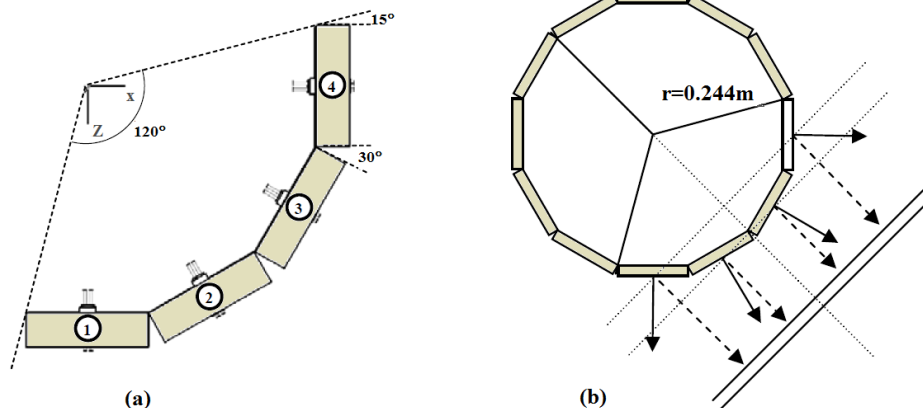


Figura 4.15: Një antenë me sektorë  $120^\circ$  ku secili konsiston në katër elementë

Me këtë vendosje, kontrolli i amplitudës rregullohet duke futur disa shuarës përgjatë çdo linje transmetimi. Peshat e ngacmimit për çdo element llogariten nga sintetizimi i modelit të përgjithshëm të rrezatimit të vargut, i cili kërkohet të prodhohet nga elementët e pozicionuar përreth cilindrit. [18]

Kontributi i çdo elementi në rrezatimin total konsiderohet në mënyrë individuale, pasi elementët e antenës nuk shënjojnë në të njëjtin drejtim në azimuth. Kjo do të thotë që një faktor i përbashkët elementi konsiderohet për të gjithë elementët rreth strukturës cilindrike. Një teknikë sintetizimi e përshtatshme kërkohet për llogaritjen e fushës së rrezatimit nga ngacmimet e elementëve. Në analizën tonë, skenari është thjeshtuar në një varg linear ekuivalent me elementë të ndarë në mënyrë jouniforme, ku secili shënjon në një drejtim që varion me kohën. Kjo arrihet duke projektuar kontributin e çdo elementi në një plan perpendicular me drejtimin e shënjimit të beam-it. Figura 4.16 tregon komponentët e përdorur për të ndërtuar sistemin prototip që konsiston në katër elemente, një për secilën kolonë të sistemit të plotë.

Zhvendosësit e fazës të përdorur këtu, janë bazuar në zhvendosjen mekanike të një krahu të lëvizshëm, për të ndryshuar gjatësitë e rrezes së mbulimit. Kontrolli i amplitudës është implementuar duke përdorur katër shuarës. Testimi është kryer duke dhënë në hyrje formën e dëshiruar të rrezatimit në software-in e zhvilluar. Programi performon sinteza numerike dhe ngacmimi i elementit më të mirë peshohet dhe shprehet në termat e amplitudës dhe fazës. Procesi i ndryshimit të amplitudës mund të bëhet i thjeshtë, nëse përdoret një kontrollues faze vertikal i elementëve të antenës në drejtim të azimuthit. Kjo do të pasqyrohet në ndryshimin e amplitudës të sinjalit në ndonjë pikë të mbulimit. Shumë faktorë influencojnë skicimin dhe arkitekturën e antenës me varg elementësh në formë cilindrike. Në mënyrë që të minimizohet

kompleksiteti, është e rëndësishme të minimizohet numri i kontrolleve të nevojshëm, për të kënaqur kërkesat për mbulim.

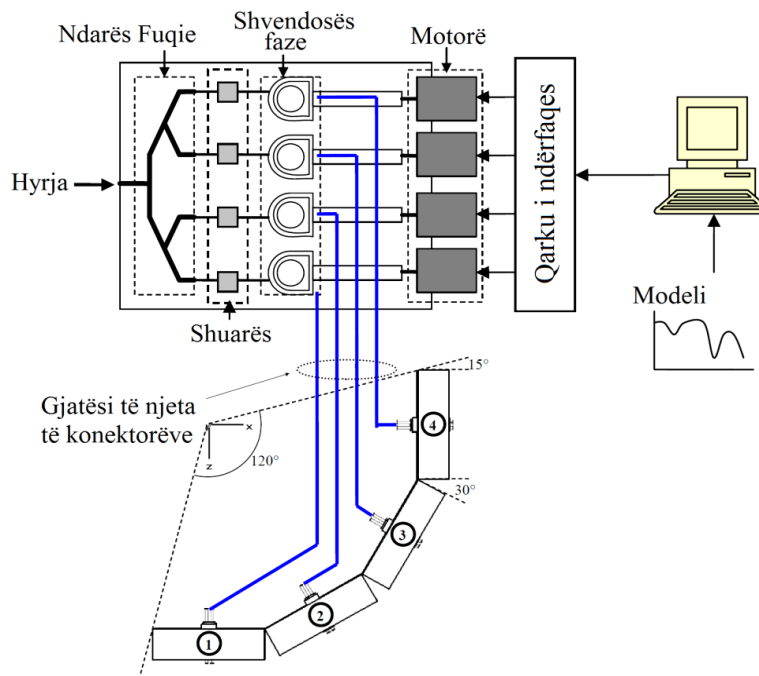


Figura 4.16: Një diagramë që ilustron projektimin kryesor të sistemit prototip

#### 4.4. Algoritmet e vlerësimit të parametrave të antenave inteligjente

Antenat inteligjente janë të pajisura me algoritme të përpunimit të sinjalit, të cilat përdoren për të identifikuar këndin e arritjes së sinjalit (AOA). Ky kënd përdoret për të bërë llogaritjen e formimit të beam-it të dëshiruar. Pra, këndi i arritjes, ka të bëjë me procesin e përcaktimit të drejtimit të sinjalit që vjen nga pajisja mobile drejt stacionit bazë. Në këtë proces, përcakohet diferenca në kohe, “fazë”, e arritjes (TDOA), në çdo element të vargut të antenës. Nga kjo mund të llogaritet vonesa në kënd (ose drejtim) e pajisjes mobile. Gjithashtu, vlerësimi i saktë i drejtimit të mbërritjes të të gjitha sinjaleve të transmetuara në antenat adaptive kontribuon në maksimizimin e performancës së tij në lidhje me rigjenerimin e sinjalit të interesit dhe shtypjen e çdo sinjali interferues prezent.

Algoritmat e vlerësimit të DOA, (ose AOA), të paraqitura në këtë paragraf, klasifikohen në dy grupe: në algoritme të tipit tradicionalose kuadratik, si dhe algoritmet e nën-hapësirës. [16]

Tipi Barlett dhe Capon i përkasin logaritmeve të tipit me përgjigje pa shtrembërime me variancë minimale, tipi kuadratik. Të dy këto tipe kanë varësi nga masa e hapjes së vargut, e cila çon në një rezolucion dhe saktësi të ulët.

Metodat e vlerësimit të DOA të “nëhapësirës” janë bazuar në dekompozimin, shpërbërjen Eigen. Këto metoda janë MUSIC dhe ESPRIT. Këto metoda ofrojnë një rezolucion të lartë, janë më të saktë dhe nuk janë të kufizuara nga numri i përdoruesve, numri i elementëve të antenës, raporti sinjal – zhurmë (SNR) dhe MSE.

#### 4.4.1. Vlerësimi me metodat tradicionale

##### 4.4.1.1. Metoda Bartlett

Nëse grupi është ngarkuar në mënyrë uniforme, ne mund të përcaktojmë këndin e mbërritjes me metodën Bartlett si:

$$P_B(\theta) = \bar{a}^H(\theta) \bar{R}_{xx} \bar{a}(\theta) \quad (4.10)$$

Vlerësimi Bartlett është një version hapësinor për një periodogramë mesatare dhe është një vlerësim i AOA-së (këndi i mbërritjes) për formimin e rrezes. Nën kushtet ku  $\bar{s}$  prezanton sinjalet monokromatike të pakorreluara dhe nuk ka një zhurmë sistemi, ekuacioni 4.10 është i barasvlershëm me shprehjen në vijim:

$$P_B(\theta) = \left| \sum_{i=1}^D \sum_{m=1}^M e^{j(m-1)kd(\sin\theta - \sin\theta_i)} \right|^2 \quad (4.11)$$

Periodograma është pra e barasvlershme me transformuesin hapësinor fundor Fourier për të gjitha sinjalet mbërritëse. Ky është gjithashtu i barasvlershëm në shtimin e të gjithë faktorëve të grupit të rrezes së drejtuar për çdo kënd të mbërritjes dhe gjetjes së vlerës absolute në katror.

Duke rikujtuar gjerësinë e rrezes me gjysëm fuqi për një grup linear antene, ne mund të vlerësojmë gjerësinë e rrezes së këtij grupi me  $M=6$  elementë përafërsisht  $\approx 8.5^\circ$ . Kështu që të dyja burimet, të cilat janë me  $20^\circ$  të ndara, janë të zgjidhshme me metodën Bartlett. Të dyja burimet, të cilat janë me  $10^\circ$  të ndara janë të pazgjidhshme. Këtu shtrihet një nga kufizimet e afërimit Bartlett në vlerësimin AOA-së: *aftësia për të zgjedhur kënde është e limituar nga gjerësia e rrezes së grupit me gjysëm fuqi.*

Një rritje në rezolucion kërkon një grup më të madh. Për gjatësi të mëdha, grupi me ndarje  $d = \lambda/2$ , rezolucioni i AOA-së është përafërsisht  $1/M$ . Pra,  $1/M$  është limiti i rezolucionit të AOA-së së një periodograme. Theksojmë që, kur dy emetuesit janë të ndarë nga një kënd më i gjerë se rezolucioni i grupit, ata mund të zgjidhen, por paraqesin një devijim. Ky devijim shkakton devijimin e kulmeve nga AOA-ja e vërtetë. *Kjo devijance ulet në mënyrë asimptotike, ndërkohë që gjatësia e grupit rritet.*

#### 4.4.1.2. Metoda Capon

Metoda Capon njihet si përgjigja pa shtrembërime me variancë minimale (MVDR). Është gjithashtu alternative një mundësi e vlerësimit për maksimumin e fuqisë mbërritëse nga një drejtim, ndërkohë që të gjitha burimet e tjera konsiderohen si interferencë. Pra, qëllimi është të maksimizohet raporti sinjal/interferencë (SIR), ndërkohë që kalon sinjalin e interesit pa shtrëmbërime në fazë dhe amplitudë. Forma  $\bar{R}_{ss}$  e korrelacionit të burimit supozohet të jetë diagonale. Kjo SIR e maksimizuuar paraqitet me një set të ngarkesave të grupit ( $\bar{w} = [w_1 w_2 \dots w_M]^T$ ) siç tregohen në figurën 4.17, ku ngarkesat e grupit jepen me:

$$\bar{w} = \frac{\bar{R}_{xx}^{-1} \bar{a}(\theta)}{\bar{a}^H(\theta) \bar{R}_{xx}^{-1} \bar{a}(\theta)} \quad (4.12)$$

ku  $\bar{R}_{xx}$  është formë korrelacioni të grupit të pangarkuar

Duke zëvendësuar ngarkesat e ekuacionit (4.12) në grupin e figurën 4.17, ne pastaj mund të gjejmë që pseudo-spektri jepet me:

$$P_C(\theta) = \frac{1}{\bar{a}^H(\theta) \bar{R}_{xx}^{-1} \bar{a}(\theta)} \quad (4.13)$$

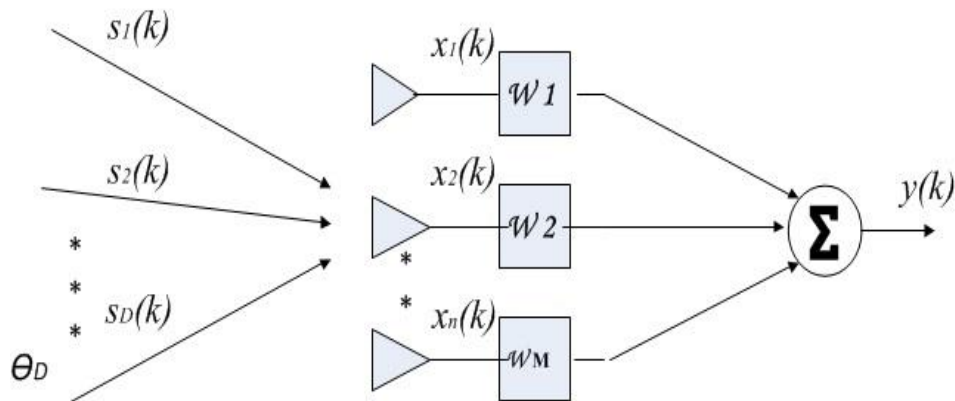


Figura 4.17: Grupi me M-elementë bashkë me sinjalet e ardhur

#### 4.4.1.3. Metoda e parashikimit linear

Qëllimi i metodës së parashikimit linear është të minimizojë gabimin e parashikimit midis daljes së sensorit  $m$  dhe daljes aktuale. Qëllimi është të gjejmë ngarkesat që minimizojnë gabimin e parashikimit mesatar në katror. Në një mënyrë të ngjashme si ekuacioni (4.12) zgjidhja për ngarkesat e grupit jepet si:

$$\bar{w}_m = \frac{\bar{R}_{xx}^{-1} \bar{u}_m}{\bar{u}_m^T \bar{R}_{xx}^{-1} \bar{u}_m} \quad (4.14)$$

ku  $\bar{u}_m$  është vektori bazë kartezian, i cili është shtylla  $m$  e formës së identitetit  $M \times M$ . Me zëvendësimin e këtyre ngarkesave të grupit në llogaritjen e pseudo-spektrit, mund të tregohet se:

$$P_{LP_m}(\theta) = \frac{\bar{u}_m^T \bar{R}_{xx}^{-1} \bar{u}_m}{|\bar{u}_m^T \bar{R}_{xx}^{-1} \bar{a}(\theta)|^2} \quad (4.15)$$

Është një alternativë e veçantë, për të cilën dalja e elementit  $m$  për parashikimin është e rastësishme. Megjithatë, alternativa e bërë mund të dëmtojë seriozisht rezolucionin final. Nëse është zgjedhur elementi qendror i grupit, kombinimi linear i elementëve sensorë të mbetur mund të sigurojë një vlerësim më të mirë, sepse elementët e tjerë të grupit janë ndarë rreth qendrës së fazës së grupit. Kjo do të bëjë që gjatësitë teke të grupit të mund të sigurojnë rezultate më të mira, madje edhe se grupet, sepse elementi i qendrës është saktësisht në qendrën e fazës së grupit. Kjo teknikë e parashikimit linear referohet disa herë si një metodë autoregresive. Është argumentuar që kulmet spektrale, duke përdorur parashikimin linear janë proporcionale me katrorin e fuqisë së sinjalit.

#### 4.4.2. Vlerësimi me metodën MUSIC

MUSIC është një akronim, i cili përfaqëson klasifikimin e sinjalit të shumëfishuar (multiple signal classification). Kjo metodë në fillim u parashtrua nga Schmidt dhe është një metodë e përdorur gjerësisht, me eigenstrukturë me rezolucion të lartë. MUSIC premton të sigurojë vlerësime të paanshme të numrit të sinjaleve, të këndeve të mbërritjes dhe fuqive të formë-valës. MUSIC bënë supozimin që zhurma në çdo kanal është e pakorreluar duke bërë matricën diagonale të korrelacionit të zhurmës. Sinjale të rastësishëm mund të jenë diçka e korreluar, duke krijuar një matricë jodiagonale të korrelacionit të sinjalit.

Për të vendosur numrin e sinjaleve hyrëse duhet të njihet në avancë numri i këtyre sinjaleve ose duhet të gjenden eigenvlerat. Nëse numri i sinjaleve është  $D$ , numri i eigenvlerave dhe eigenvektorëve të sinjalit është  $D$ , dhe numri i eigenvlerave dhe eigenvektorëve të zhurmës është  $M-D$  ( $M$  është numri i elementëve të grupit). Sepse MUSIC shfrytëzon nënhapësirën e eigenvektorit të zhurmës, dhe i referohemi si një metodë nënhapsinore.

Fillimisht llogaritet forma e korrelacionit të grupit, duke supozuar zhurmën e pakorreluar të barabarta me mospërputhjet.

$$\bar{R}_{xx} = \bar{A}\bar{R}_{ss}\bar{A}^H + \sigma_n^2 \bar{I} \quad (4.21)$$

Më pas, gjenden eigenvlerat dhe eigenvektorët për  $\bar{R}_{xx}$ . Në vazhdim, duhet të krijohen D eigenvektorët e korreluar me sinjalet dhe eigenvektorët M-D të korreluar me zhurmën. Ne zgjedhim eigenvektorët e korreluar me eigenvlerat më të vogla. Për sinjale të pakorreluar, eigenvlerat më të vogla janë të barabarta me mospërputhjet e zhurmës. Ne mund të ndërtojmë nënhapësirën M x (M-D) dimensionale të zgjeruar nga eigenvektorët e zhurmës, të tillë që:

$$\bar{E}_N = [\bar{e}_1 \bar{e}_2 \cdots \bar{e}_{M-D}] \quad (4.22)$$

Nënhapësira e eigenvektorëve të zhurmës është ortogonale me vektorët e drejtuar të grupit në këndet e mbërritjes  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_D$ . Për shkak të kushtit të ortogonalitetit mund të tregojmë që distanca Euklidiane  $d^2 = \bar{a}(\theta)^H \bar{E}_N \bar{E}_N^H \bar{a}(\theta) = 0$ , për çdo kënd mbërritje  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_D$ . Duke vendosur këtë shprehje të distancës në emërues krijohen kulme të mprehta në këndet e mbërritjes. Spekteri i rremë (jo i duhuri) i MUSIC tani jepet me:

$$P_{MU}(\theta) = \frac{1}{|\bar{a}(\theta)^H \bar{E}_N \bar{E}_N^H \bar{a}(\theta)|} \quad (4.23)$$

#### 4.4.2.1. Vlerësimi me metodën rrënjë – MUSIC

Algoritmi MUSIC zakonisht mund të aplikohet në çdo grup arbitrar, pavarësisht pozicionit të elementëve të grupit. Root-MUSIC (metoda rrënjë e MUSIC) sugjeron që algoritmi MUSIC të reduktohet, për të gjetur burimet e një polinomi si të kundërt, thjesht për të hartuar spektrin e rremë ose për të kërkuar kulmet në spektrin e rremë. Barabell thjeshtësoi algoritmin MUSIC për rastin kur antena është një ULA. Duke rikujtuar që spektri i rremë MUSIC jepet me:

$$P_{MU}(\theta) = \frac{1}{|\bar{a}(\theta)^H \bar{E}_N \bar{E}_N^H \bar{a}(\theta)|} \quad (4.24)$$

Mund të thjeshtohet shprehja e emëruesit, duke përcaktuar formën  $\bar{C} = \bar{E}_N \bar{E}_N^H$ . Kjo gjë sjell në shprehjen e root-MUSIC:

$$P_{RMU}(\theta) = \frac{1}{|\bar{a}(\theta)^H \bar{C} \bar{a}(\theta)|} \quad (4.25)$$

Nëse ne kemi një ULA, elementi  $m$ -te i vektorit të drejtuar të grupit është dhënë me:

$$a_m(\theta) = e^{jkd(m-1)\sin\theta} \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (4.26)$$

Argumenti i emëruesit në ekuacionin 4.26 mund të shkruhet si:

$$\begin{aligned} \bar{a}(\theta)^H \bar{C} \bar{a}(\theta) &= \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M e^{-jkd(m-1)\sin\theta} C_{mn} e^{jkd(n-1)\sin\theta} \\ &= \sum_{\ell=-M+1}^{M-1} c_\ell e^{jkd\ell \sin\theta} \end{aligned} \quad (4.27)$$

ku  $c_\ell$  është shuma e elementëve diagonalë të  $\bar{C}$  përgjatë diagonales  $\ell$ , e tillë që:

$$c_\ell = \sum_{\ell=-M+1} C_{mn} \quad (4.28)$$

Siç shihet, matrica  $\bar{C}$  ka shuma jashtë diagonales, të tilla si  $c_0 > |c_\ell|$  për  $\ell \neq 0$ . Kështu që shuma e elementëve jashtë diagonales është gjithmonë më pak se shuma e elementëve të diagonales kryesore. Veç kësaj,  $c_\ell = c_{-\ell}^*$ . Për një matricë  $6 \times 6$  ne kemi 11 diagonale, duke u klasifikuar nga numrat e diagonaleve  $\ell = -5, -4, \dots, 0, \dots, 4, 5$ . Diagonalja poshtë në të majtë është prezantuar me  $\ell = -5$ , ndërsa diagonalja lart në të djathtë është prezantuar me  $\ell = 5$ . Koeficientët  $c_\ell$  u llogariten me:

$$c_{-5} = C_{61}, c_{-4} = C_{51} + C_{62}, c_{-3} = C_{41} + C_{52} + C_{63} \text{ dhe kështu me radhë.}$$

Burimet e  $D(z)$ , që shtrihen më afër rrethit të njësisë korrespondojnë me polet e spektrit të rremë MUSIC. Kështu që, kjo teknike u quajt root-MUSIC. Polinomi i ekuacionit (4.29) është i rregullit  $2(M-1)$  dhe kështu ka burime të  $z_1, z_2, \dots, z_{2(M-1)}$ . Çdo burim mund të jetë kompleks dhe duke përdorur shënimin polar mund të shkruhet si:

$$z_i = |z_i| e^{j \arg(z_i)} \quad i = 1, 2, \dots, 2(M-1) \quad (4.30)$$

ku  $\arg(z_i)$  është këndi fazor i  $z_i$ .

Zerot egzakte në  $D(z)$  egzistojnë kur madhësia e burimit  $|z_i| = 1$ . Dikush mund të llogarisë AOA-në duke krahasuar  $e^{j \arg(z_i)}$  me  $e^{jkd \sin\theta}$ , për të marrë:

$$\theta_i = -\sin^{-1} \left( \frac{1}{kd} \arg(z_i) \right) \quad (4.31)$$

Koeficientët polinomial të root-MUSIC janë dhënë me shumat përgjatë diagonaleve  $2M-1$ . Kështu:

$$\begin{aligned} c &= .216 + .065i, -.203 - .039i, -1.01 - .099i, 2.0, \\ &\quad -1.01 + .099i, -.203 + .039i, .216 - .065i \end{aligned}$$



Ne mund të përdorim komandën e rrënjes në MATLAB për të gjetur rrënjët dhe pastaj për të zgjidhur për madhësinë dhe këndet e rrënjëve  $2(M-1) = 6$ . Ne mund të hartojmë vendodhjen e të 6 rrënjëve, duke treguar cilat rrënjë janë më të afërta me rrethin njësi të treguar si në figurën 4.18. Është e qartë që vetëm katër në anën e djathtë të boshtit y janë më të afërta me rrethin njësi dhe janë afër me këndet e pritura të mbërritjes. Ne mund të zgjedhim 4 rrënjët më të afërta në rrethin njësi dhe t'i rimodelojmë ato përgjatë spektrit të rremë MUSIC në figurën 4.19. Rrënjët e gjetura me root-MUSIC më parë, nuk reflektojnë ekzakhtësisht vendndodhjen aktuale të këndeve të mbërritjes të  $\theta_1 = -4^\circ$  dhe  $\theta_2 = 8^\circ$ , por ato tregojnë dy kënde të mbërritjes. Vetë rrënjët tregojnë ekzistencën e një këndi të mbërritjes në afërsi të  $8^\circ$ , të cilat nuk janë të dallueshme nga hartimi i spektrit të rremë MUSIC. Gabimi në përcaktimin e vendodhjeve të sakta të rrënjëve i dedikohet faktit që sinjalet hyrëse janë pjesërisht të korreluara, që na ofruan formën e korrelacionit nga mesatarizimi i kohës dhe që raporti S/N është relativisht i ulët. Duhet patur kujdes në përdorimin e root-MUSIC, duke patur parasysh supozimet dhe kushtet nën të cilat janë bërë llogaritjet. Është interesante të vihet re që polinomi  $D(z)$  është një polinom vet-reciprok i tillë që,  $D(z) = D^*(z)$ . Rrënjët e polinomit  $D(z)$  janë palë reciproke, që do të thotë:

$$z_1 = \frac{1}{z_2^*}, z_3 = \frac{1}{z_4^*}, \dots, z_{2M-3} = \frac{1}{z_{2M-2}^*}.$$

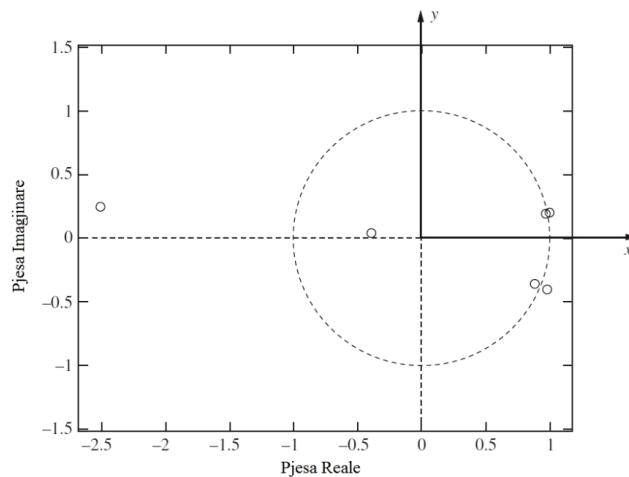


Figura 4.18: Të gjashta rrënjët në koordinatat karteziane

Për shkak të simetrisë vet-reciproke të  $D(z)$ , dikush mund të faktorizojë  $D(z)$  duke përdorur metodën Fejer të tillë që:

$$D(z) = p(z)p^*(1/z^*) \quad (4.32)$$

Nën këto kushte, është e mjaftueshme për të zgjidhur rrënjët e polinomit  $p(z)$  të shkallës  $M-1$ . Rrënjët e  $p(z)$  janë mbi ose në rrethin njësi, ndërsa rrënjët e  $p^*(1/z^*)$  mbi/ose jashtë rrethit njësi.

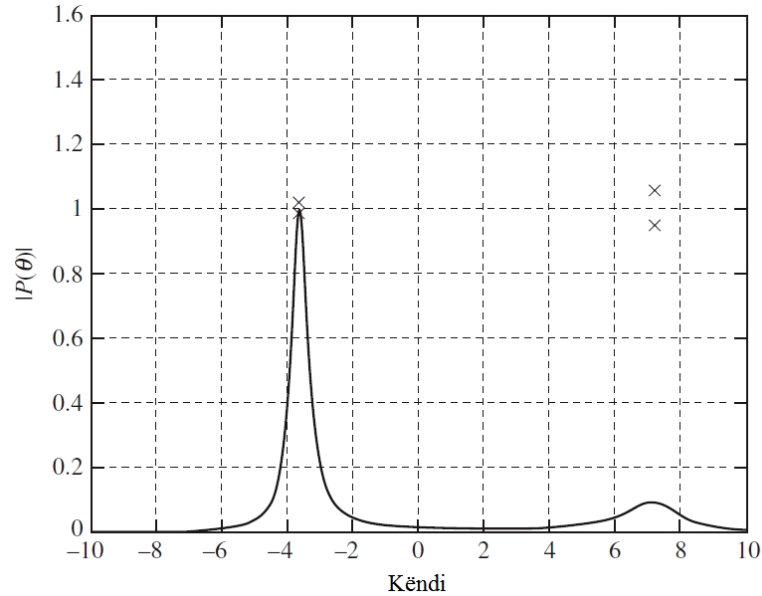


Figura 4.19: Pseudo spektri i MUSIC dhe rrënjët e gjetura me root-MUSIC për  $\theta_1=-4^\circ$  dhe  $\theta_2=8^\circ$

Një metodë është propozuar nga Ren dhe Willis për të reduktuar rregullin e polinomit  $D(z)$ , duke reduktuar kështu ngarkesën llogaritëse të gjetjes së burimeve. Metoda e rrënjës së polinomit mund të aplikohet gjithashtu te algoritmi Capon, ku ne zëvendësuam  $\bar{C} = \hat{R}_{rr}^{-1}$  për  $\bar{C} = \bar{E}_N \bar{E}_N^H$ . Megjithatë, saktësia e algoritmit të vlerësimit Capon është shumë më e vogël se metoda MUSIC, gjetja e burimit gjithashtu vuan një humbje në saktësi. Të njëjtat parime të aplikuara te root-MUSIC mund të aplikohen gjithashtu te metoda e Standartit Minimal për të krijuar një zgjidhje root-Min-Norm:

$$P_{RMN}(\theta) = \frac{1}{|\bar{a}(\theta)^H \bar{C} \bar{u}_1|^2} \quad (4.33)$$

ku:  $\bar{u}_1$  = vektori bazik Kartezian (shtylla e parë e formës së identitetit  $M \times M$ ) =  $[100\dots 0]^T$

$\bar{C} = \bar{E}_N \bar{E}_N^H$  = një formë Hermitian  $M \times M$

$\bar{E}_N$  = nënhapësira e  $M$ -D eigenvektorëve të zhurmës

$\bar{a}(\theta)$  = vektori i drejtuar i grupit.

Produkti i vektorit bazë kartezian dhe matrica hermitiane rezultojnë në krijimin e një vektori të shtyllës, së përbërë nga rreshti i parë i matricës  $\bar{C}$ . Vektori i shtyllës i bazuar mbi shtyllën e parë të  $\bar{C}$  bëhet  $\bar{c}_1 = [C_{11} C_{12} \dots C_{1M}]^T$ , ku nënshkrimi 1 tregon shtyllën e parë. Ne mund ta zëvendësojmë këtë në ekuacionin (4.33).

$$P_{RMN}(\theta) = \frac{1}{|\bar{a}(\theta)^H \bar{c}_1|} = \frac{1}{\bar{a}(\theta)^H \bar{c}_1 \bar{c}_1^H \bar{a}(\theta)} \quad (4.34)$$

Në një model të ngjashëm me ekuacionin 4.29, ne mund të krijojmë një polinom nga emëruesi i ekuacionit 4.34, i dhënë me:

$$D(z) = \sum_{\ell=-M+1}^{M-1} c_\ell z^\ell \quad (4.35)$$

Koeficientët  $c_\ell$  janë përsëri shumat e  $2M-1$  të matricës diagonale të  $\bar{c}_1 \bar{c}_1^H$ .

Spekteri i rremë i Standartit Minimal ka më shumë mprehtësi në rezolucion se MUSIC, por nuk ka tregues të AOA-së në  $-2^\circ$ . Megjithatë algoritmi root-min-norm jep një shenjë të drejtë të dy këndeve të mbërritjes.

#### 4.4.3. Vlerësimi me metodën ESPRIT

ESPRIT përfaqëson vlerësimin e parametrave të sinjalit nëpërmjet teknikave rrotulluese të invariancës (estimation of signal parameters via rotational invariance techniques) dhe u propozua për herë të parë nga Roy dhe Kailath në 1989. [37] Qëllimi i teknikës ESPRIT është të shfrytëzojë invariancën e alternuar në nënhapësirën e sinjalit, e cila është e krijuar nga 2 grupe me një strukturë invariance të përshtatur. ESPRIT merr në mënyrë të pandashme sinjalet brez ngushtë, të cilave u dihet marrëdhënia fazore midis grupeve të shumëfishuara. Si në MUSIC, ESPRIT supozon që janë  $D < M$ , burime brez ngushtë të përqëndruar në frekuencën e qendrës  $f_0$ . Këto burime sinjalesh u supozuan për të qenë të një hapësire të mjaftueshme, e tillë që fusha rënëse e përhapjes është përafërsisht planare. Madje burimet mund të jenë të rastësishem ose të përcaktuara dhe zurma supozohet të jetë e rastësishme me mesatare zero. ESPRIT supozon grupe identike të shumëfishuara të quajtura dublikate. Këto mund të jenë grupe të ndara ose mund të jenë përmbajtjet e nëngrupe të një grupi më të madh.

Secila prej formave të plota të korrelacionit të dhëna në [x] ka një bashkësi të eigenvektorëve korrespondues me sinjalet prezent D. Duke krijuar nënhapësirën e sinjalit për të dy nëngrupet rezulton në të dy format  $\bar{E}_1$  dhe  $\bar{E}_2$ . Gjithashtu, duke krijuar

nëhapësirën e sinjalit për të gjithë grupin, rezulton në një nënhapësirë sinjali të dhënë me  $\bar{E}_x$ . Për shkak të strukturës invariante të grupit,  $\bar{E}_x$  mund të ndahet në nënhapësirat  $\bar{E}_1$  dhe  $\bar{E}_2$ . Të dyja  $\bar{E}_1$  dhe  $\bar{E}_2$  janë matrica  $M \times D$  shtyllat e të cilave përbehen nga eigenvektorët  $D$  korrespondues me eigenvlerat më të mëdha të  $\bar{R}_{11}$  dhe  $\bar{R}_{22}$ . Nëse ne jemi të kufizuar në një numër të caktuar të përmasave dhe gjithashtu ne supozojmë që nënhapësirat  $\bar{E}_1$  dhe  $\bar{E}_2$  janë njëlloj të zhurmshme, ne mund të vlerësojmë operatorin e alternimit  $\bar{\Psi}$  duke përdorur kriterin e katrorëve më të vegjël (TLS). Kjo procedurë konturohet si në vijim:

- Vlerësohen matrica  $\bar{R}_{11}$ ,  $\bar{R}_{22}$  e korrelacionit të grupit nga shembujt e të dhënave.
- Duke njohur matricat e korrelacionit të grupit të të dy nënhapësirave, mund të vlerësohet numri total i burimeve nga numri i eigenvlerave të mëdha ose në  $\bar{R}_{11}$  ose  $\bar{R}_{22}$ .
- Llogariten nënhapësirat e sinjalit për  $\bar{E}_1$  dhe  $\bar{E}_2$  bazuar mbi eigenvektorët e sinjalit të  $\bar{R}_{11}$  dhe  $\bar{R}_{22}$ . Për ULA, mund të ndërtohen të alternuara nënhapësirat e sinjalit nga e gjithë nënhapësira e grupit të sinjalit  $\bar{E}_x$ .  $\bar{E}_x$  është një matricë  $M \times D$  e përbërë nga eigenvektorët e sinjalit.  $\bar{E}_1$  mund të ndërtohet duke zgjedhur rreshtat e parë  $M/2+1$  ( $(M+1)/2$  për grupet tek) të  $\bar{E}_x$ .  $\bar{E}_2$  mund të ndërtohet duke zgjedhur rreshtat e fundit  $M/2+1$  ( $(M+1)/2+1$  për grupet tek) të  $\bar{E}_x$ .
- Pas kësaj formohet një matricë  $2D \times 2D$  duke përdorur nënhapësirat e sinjalit të tilla që:

$$\bar{C} = \begin{bmatrix} \bar{E}_1^H \\ \bar{E}_2^H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{E}_1 & \bar{E}_2 \end{bmatrix} = \bar{E}_C \bar{\Lambda} \bar{E}_C^H \quad (4.46)$$

- Ku matrica  $\bar{E}_C$  është nga ndarja e eigenvlerave (EVD) të  $\bar{C}$ , të tilla që  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_{2D}$  dhe  $\bar{\Lambda} = \text{diag}\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{2D}\}$
- Copëzimi i  $\bar{E}_C$  në katër nënmatrica  $D \times D$  të tilla që:

$$\bar{E}_C = \begin{bmatrix} \bar{E}_{11} & \bar{E}_{12} \\ \bar{E}_{21} & \bar{E}_{22} \end{bmatrix} \quad (4.47)$$

- Vlerësohet operatori i alternimit  $\bar{\Psi}$  me

$$\bar{\Psi} = -\bar{E}_{12} \bar{E}_{22}^{-1} \quad (4.48)$$

- Llogariten eigenvlerat e  $\bar{\Psi}$ ,  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_D$

- Tani vlerësohen këndet e mbërritjes, të tilla që  $\lambda_i = |\lambda_i| e^{j \arg(\lambda_i)}$

$$\theta_i = \sin^{-1} \left( \frac{\arg(\lambda_i)}{kd} \right) \quad i = 1, 2, \dots, D \quad (4.49)$$

Nëse dëshirohet, kështu mund të vlerësohet forma e vektorëve të drejtuar nga nënhapësira e sinjalit  $\bar{E}_s$  dhe eigenvektorët e  $\bar{\Psi}$  të dhënë me  $\bar{E}_\psi$  të tillë që  $\hat{A} = \bar{E}_s \bar{E}_\psi$ .

#### 4.5. Përfundime të kapitullit

Në këtë kapitull trajtuam sistemet e antenave inteligjente, sisteme ku antenat janë të ndikuara nga përpunimi numerik me shpejtësi të lartë i sinjalit. Mbi këtë objektiv bazë trajtuam sjelljen e antenave në mbështetje të algoritmeve përpunues. Arritëm në përfundimin se tipi i antenës me përshtatje është më i përdorur.

Përdorimi i antenave inteligjente mund të rrisë efektivitetin e komunikimeve radio duke sjellë një zhvillim në shpejtësinë e të dhënave, rritje të mbulimit dhe ripërdorim të frekuencave në mënyrë më efikase.

Teknologjia e antenave inteligjente u zhvillua si nevojë e rritjes së cilësisë në termat:

- Kapaciteti i një stacioni bazë rritet;
- Ripërdorimi i brezit të kufizuar të frekuencave bëhet më efikas;
- Zvogëlimi i interferencave të kanaleve të përbashkët;
- Zvogëlimi i fuqisë në transmetim;
- Zhvillim i cilësisë së linkut, duke zbutur efektin e shuarjes nga rrugët e shumëfishta me anë të teknikës së diversitetit.

Pavarësisht përfitimeve që ofrojnë antenat inteligjente, përdorimi i tyre nga operatorët e rrjetit ka disa vështirësi, që lidhen me:

- Kompleksitetin e antenave inteligjente dhe integrimi i tyre në sistemet celulare;
- Koston relativisht të lartë;
- Kërkesën për gjurmim në kohë reale të përdoruesave nga antenat inteligjente, në mënyrë që antena të drejtojë modelin e saj të rrezatimit drejt përdoruesave.

Në këtë kapitull, ne arritëm në përfundimin se antenat inteligjente janë modeli më i përdorur i antenave, që përfshin edhe komunikimet e sistemeve celulare, duke siguruar një shpejtësi shumë të lartë në transmetimin e të dhënave mbi sistemet egzistuese celulare.

## KAPITULLI 5

### Vlerësimi i rrezatimit dhe Algoritmi i Përpunimit të të dhënave

#### 5.1. Hyrje

Telefonia celulare përbën tashmë një pjesë të rëndësishme të komunikimit në shoqërinë moderne. Në shumë vende, mëse gjysma e popullsisë është përdoruese e telefonave celulare dhe tregu i tyre po njeht një zhvillim gjithmonë e më të vrullshëm. Në fund të vitit 2010, janë vlerësuar rreth 4.6 Miliard abonentë botërore. [33] Duke patur parasysh këtë numër të madh përdoruesish, është shumë e rëndësishme të studiohet, kuptohet dhe monitorohet çdo ndikimi i mundshëm mbi publikun. Telefonat celulare janë transmetues radiofrekuencash të një fuqie të ulët, që punojnë në frekuenca të përfshira ndërmjet 450 dhe 2700 MHz me një fuqi maksimale të rangut 0.1 deri në 2 wat.

Vlera e densitetit maksimal të fuqisë së rrezatuar nga një stacion bazë i antenave celulare, si dhe efekti i tij në trupin e njeriut, është një problem që ka shqetësuar shoqërinë, specialistët dhe institutet kërkimore prej vitesh. Organizata ndërkombëtare si ICNIRP [19] dhe IEEE [20] kanë publikuar nivele limit për ekspozimin publik dhe profesional dhe shumë shtete janë bazuar tek këto kufij për të vendosur nëse nivelet e rrezatimit janë të pranueshme ose jo, për një distancë të dhënë nga antena.

Ndërkohë, studime të shumta epidemiologjike janë realizuar dy dekadat e fundit, për të vlerësuar efektet negative që ekspozimi ndaj këtyre fushave mund të shkaktojë në trupin e njeriut. Studimi i këtyre pasojave është realizuar duke i klasifikuar pasojat në bazë të një periudhe ekspozimi afat-shkurtër dhe afat-gjatë.

#### **Efektet afatshkurtër**

Rritja e temperaturës së indeve është mekanizmi kryesor i bashkëveprimit midis energjisë së radiofrekuencave dhe trupit të njeriut. Në frekuencat e përdorura nga telefonat celulare, pjesa më e madhe e energjisë përthithet nga lëkura dhe indet sipërfaqësore, duke mos shkaktuar një rritje të konsiderueshme të temperaturës së trurit ose organeve të tjera të trupit.

Këto studime janë përqëndruar gjithashtu në efektin e fushave të radiofrekuencave tek aktiviteti elektrik i trurit, tek gjumi, ritmi i zemrës dhe tensioni i gjakut. Duke u bazuar tek rezultatet e deritanshme, studiuesit shprehen

se nuk vërehen prova të qarta të efekteve negative mbi shëndetin e njeriut, të shkaktuara nga ekspozimit ndaj këtyre fushave.

### **Efekte afatgjata**

Studime të realizuara nga IARC në bashkëpunim me WHO, kanë si objektiv gjetjen e lidhjes midis shfaqjes së tumoreve në tru dhe përdorimit të telefonave celulare në një periudhë afatgjatë. Megjithatë, duke patur parasysh faktin që një pjesë e këtyre sëmundjeve kërkojnë periudha studimore relativisht të gjata, kërkimet e realizuara deri në ditët e sotme nuk kanë arritur të gjejnë ende prova konkrete. Të gjitha këto punime shkencore janë përqëndruar në monitorimin e vlerësimin e rrezatimit jo-jonizues të shkaktuar nga prania e stacioneve bazë të antenave celulare, si dhe në njohjen dhe diagnostikimin e pasojave mbi shëndetin e njeriut.

## **5.2. Dozimetria**

Vlerësimi i ekspozimit të fushës elektromagnetike të radio-frekuencës, mund të klasifikohet në dy kategori:

1. Vlerësimi i fushës rënëse, që nënkupton kuantifikimin e fushës rënëse elektromagnetike ose karakteristikat e saj në vendin ku ndodh ekspozimi
2. Dozimetria, e cila përfaqëson kuantifikimin e fushës elektromagnetike të induktuar në indet dhe trupin e njeriut.

Dozimetria është shkencë që ka si objektiv përcaktimin e sasisë së nivelit të shpërndarjes tre dimensionale të fushës elektromagnetike në brendësi të indeve e organeve në trupat biologjik.

Ajo kryesisht i referohet vlerësimit të fushës së induktuar në nivel makroskopik, pra induktimin tek qelizat. Por, në deget e saj përfshihet edhe mikrodosimetria, e cila përqëndrohet në vlerësimin e këtyre fushave në nivel molekular (membrana, proteina etj).

Përhapja e fushës, sidomos e RF, shfaqet në funksion të disa parametrave që përfshijnë : frekuencën, impedancën e fushës, polarizimin, fuqinë e fushës rënëse, këndin e rënies, karakteristikat biokimike dhe dielektrike të indit të ekspozuar.

### **5.2.1. Parametrat kuantitative të dozimetrisë**

Parametrat që vlerëson dozimetria janë :

- **Densiteti i Rrymës - J [A/m<sup>2</sup>]** (për frekuencat deri në 10MHz). Densiteti i rrymës paraqet rrymës që kalon në seksionin tërthor të trupit të ekspozuar. Për trupat johomogjen, densiteti i rrymës mund vlerësohet për një seksion 1cm<sup>2</sup>.
- **Raporti i Absorbimit Specifik - SAR [W/kg]** , që paraqet energjia e fushës elektromagnetike që absorbohet nga indet e trupit në njësinë e kohës dhe të



masës. Vlerat e SAR duhet të mesatarizohen kundrejt një intervali matje prej 6 minutash.

Nga studimet e bëra, është vërejtur që SAR është e lidhur direkt me intensitetin e fushës  $E$ , si dhe me densitetin e rrymës  $J$ . Por, në raste të veçanta, ajo mund të shprehet edhe në varesi direkt të fushen magnetike  $H$ . SAR gjithashtu, është në përpjestim të drejtë me fuqinë në dalje të pajisjes RF. Meqënëse fuqia e fushës nuk absorbohet në mënyrë të njëjtë nga pjesët e trupi, SAR mund të përcaktohet edhe si raport i rritjes së fuqisë së absorbuar  $dP$  ndaj masës absorbuese  $dm$  në një volum  $dV$ , në një densitet të dhënë  $\rho$ :

$$SAR = \frac{dP}{dm} \quad (5.1)$$

ku  $dm = \rho dV$ , ( $\rho$  - kg/m<sup>3</sup>).

Nga ligji i Ohmit:  $J = \sigma E$  (5.2)

Ku  $E$  është intensiteti i fushës në inde, dhe  $\sigma$  - përçueshmëria specifike [S/m]. Ekuacioni (5.1) merr trajtën:

$$SAR = \sigma E^2 \rho \quad (5.3)$$

### 5.2.2. Kufizimet bazë

Direktivat ICNIRP [19] specifikojnë kufizimet bazë mbi SAR, të cilat janë analoge me kufizimet bazë konstatonjë që “mbrojtja kundrejt efekteve të kundërta të shëndetit kërkon që këto kufizime bazë të mos tejkalohen”. Kufizimet bazë mbi SAR që aplikohen në frekuencat brenda diapazonit 10 MHz deri 10 GHz për ekspozimin profesional dhe publik jepen në Tabelën 5.1. Të gjitha kufizimet duhet të mesatarizohen në kohë gjatë një periudhe prej 6 minutash. Kufizimet në SAR, e lokalizuar, lejojnë mesatare në masën mbi 10 g të indit të afërt.

Për ekspozimet në radiovalët me frekuenca ndërmjet 10 dhe 300 GHz, direktivat ICNIRP përcaktojnë kufizime bazë mbi densitetin e fuqisë. Kufizimet bazë janë 50 W/m<sup>2</sup> për ekspozimin profesional dhe 10 W/m<sup>2</sup> për ekspozimin e publikut të përgjithshëm. Kjo vlen gjithashtu kundrejt mesatarizimit të densitetit të fuqisë në zona specifike të sipërfaqes së trupit, në këtë diapazon frekuencash. Kështu që direktivat ICNIRP plotësohen nëse kënaqen dy kushtet e mëposhtme.

- (a) Densiteti i fuqisë i mesatarizuar mbi 20 cm<sup>2</sup> është më pak sesa kufizimi bazë.
- (b) Densiteti i fuqisë i mesatarizuar mbi 1 cm<sup>2</sup> është 20 herë më pak sesa kufizimi bazë.

**Tabela 5.1.** Kufizimet bazë ICNIRP mbi ekspozimin e fushave elektrike dhe magnetike në diapazonin e frekuencave 10 MHz deri 10 GHz për ekspozimin profesional dhe të publikut të përgjithshëm

				<b>Kufiri INCIRP</b>		
<b>Ekspozimi ( 6 min)</b>				SAR e mesatarizuar mbi trup	SAR lokal E mesatarizuar mbi 10g ind	
Vlera	kufi	për		0.4 W/kg	10W/kg	20 W/kg
Vlera	kufi	për		0.08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg

Ndërkohë, shtete të ndryshme kane nivele të ndryshme referimi.

Parametër tjetër, shumë i rëndësishëm lidhur me vlerësimin e fushës elektromagnetike, si dhe rrezikun ndaj ekspozimit, është densiteti i fuqisë (S, i shprehur në  $W/m^2$ ). Formula e “fushës në largësi” lejon vlerësimin e fushës shumë larg duke përdorur një relacion të vlefshëm në kushtet e fushës së largët dhe në një situatë të hapësirës së lirë, e cila shmang konsiderimin e reflektimeve prej tokës, ndërtesave dhe kushteve të relievit. Eksiston një lidhje ndërmjet intensiteti të fushës magnetike H, intensitetit të fushës elektrike E, si dhe impedansës në hapësirë të lirë – Z. Gjithmonë referuar valës planare :

$$S = \frac{E^2}{\eta} = \frac{E^2}{337} = 337 * H^2 \quad (5.4)$$

### 5.3. Vlerësimi i fushës rënëse në zonën e fushës “në distancë” nga transmetuesi

Vlerësimi i fushës elektromagnetike është i lidhur me distancën nga antena transmetuese. Kjo sepse siç njihet natyra e fushës elektromagnetike ndryshon kur largohemi nga burimi rrezatues. Për të vlerësuar ndikimin e rrezatimit në trupin e njeriut përdoren metodologji të ndryshme. Vlerësimet mund të bëhen teorikisht, ose eksperimentale. Fushat elektromagnetike mund të nënndahen në dy komponentë: fusha elektrike E [V/m] dhe fusha magnetike H [A/m]. Pra duhen përcaktuar vlerat e E dhe H. Por kjo në rastin e përgjithshëm mund të jetë një proces i ndërlikuar, pasi sa me afër

burimit aq më e ndërlikuar natyra e fushës. Ndërkohë, nëse bëjmë vleresim për ekspozimin ndaj vales rënëse plane, problemi thjeshtohet.

### 5.3.1. Zonat e fushës

Zona e fushës klasifikohen në:

1. Zona e “fushës në afërsi” (near field), e cila është shumë afër burimit.
  - a. “fusha në afërsi” - reaktive,
  - b. “fusha në afërsi” - rrezatuese.
2. Zona e “fushës në distancë” (far field), ose zona në largësi.

Zona reaktive e fushës në afërsi është përcaktuar si pjesa e zonës së fushës në afërsi, e cila rrethon menjëherë antenën, ku mbizotëron fusha reaktive.

Zona rrezatuese e fushës në afërsi (Fresnel) është përcaktuar si zona e fushës së antenës midis zonës reaktive të fushës në afërsi dhe zonës së fushës në largësi, ku fusha rrezatuese mbizotëron dhe ku shpërndarja e fushës këndore është e varur nga distanca nga antena.

Nëqoftëse antena ka një dimension maksimal, i cili nuk është më i madh se gjatësia e valës, kjo zonë mund të mos ekzistojë. Në këtë zonë modeli i fushës në përgjithsi është një funksion i distancës radiale dhe komponentet radiale të fushës mund të jenë të ndikueshme.

Duke specifikuar që  $D$  – përmasa më e madhe e antenës, atëherë për:

- $D < \lambda$  kemi fushë reaktive
- $D > \lambda$  kemi fushë rrezatuese

Për të përcaktuar rrezën e “fushës në afërsi” :

- Nëse  $D > \lambda$  kemi  $R = 2D^2/\lambda$ , Nëse  $D < \lambda$  kemi  $R = \lambda/2\pi$

Intensiteti i fushës elektrike -  $E$  [V/m] dhe intensiteti i fushës magnetike -  $H$  [A/m] janë matematikisht të pavarura në zonën e fushës në largësi (në largësi). Kjo do të thotë që ne mjafton të masim vetëm një komponente. Zakonisht kjo komponente është intensiteti i fushës elektrike  $E$ . Kështu, në hapësirën e lirë nëse fusha  $-H$  është matur në këtë zonë, ajo mund të përdoret për të llogaritur madhësinë e fushës  $E$  dhe densitetin e fuqisë  $S$  [W/m<sup>2</sup>]:

$$E = H \times Z_0, \text{ ose } H = \frac{E}{377} \quad (5.5)$$

$$S = E \times H = E^2 \frac{E^2}{377} = 377 \times H^2$$

Duke njohur impedancën e hapësirës së lirë :  $Z_0 = 377 \Omega$ .

Në ndryshim nga kjo, fusha - H dhe fusha - E duhet të maten të ndara në zonën reaktive të fushës së afërt.

Zakonisht matet vetëm forca e fushës elektrike, meqenëse matjet janë kryer në fushën e largët. Niveli i fushës magnetike pastaj mund të llogaritet duke përdorur impedancën e brendshme të hapësirës së lirë ( $Z_0 = 377 \Omega$ ). Nëse të dyja vlerat si të fushës elektrike edhe të asaj magnetike janë më të ulëta sesa vlera referencë më e saktë, densiteti i fluksit të fuqisë duhet gjithashtu të jetë më i ulët.

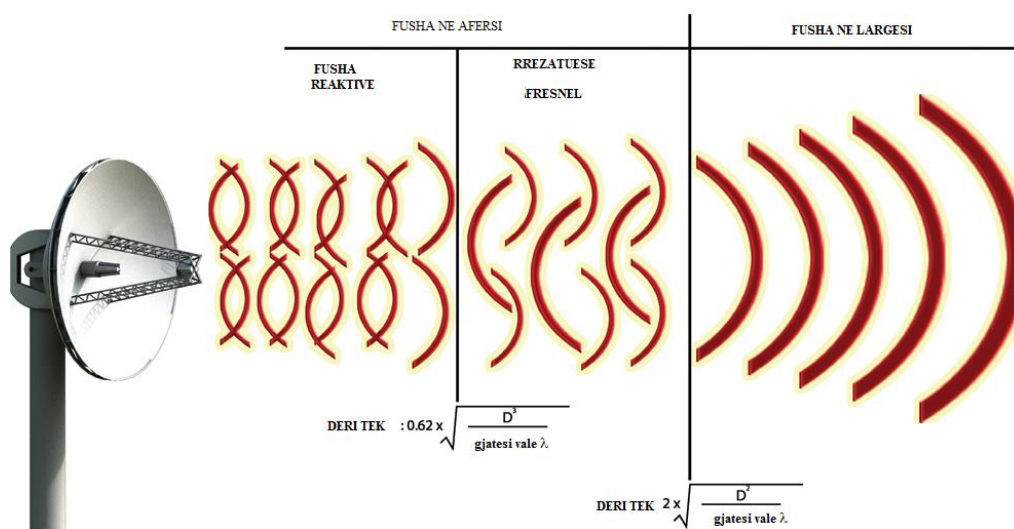


Figura 5.1: Zonat e fushave dhe modelet e amplitudës për secilën

Zona e fushës në largësi (Fraunhofer) është përcaktuar si zona e fushës të një antene në të cilën shpërndarja këndore e fushës është kryesisht e pavarur nga distanca nga antena. Në këtë zonë, komponentet e fushës janë kryesisht pingule dhe shpërndarja këndore është e pavarur nga distanca radiale ku po kryhen matjet.

Tabela 5.2 Zona në distanca në ndryshme nga stacionet radio

	Zona reaktive e fushës së afërt	Zona rrezatuese e fushës së afërt	Zona e fushës në distancë
<b>Distanca nga antena</b>	0 në $\lambda$	$\lambda$ në $\lambda + 2D^2/\lambda$	$\lambda + 2D^2/\lambda$ në $\infty$
<b><math>E \perp H</math></b>	$J_0$	Pothuajse $P_0$	$P_0$
<b><math>Z = E / H</math></b>	$\neq Z_0$	$\approx Z_0$	$= Z_0$
<b>Matet :</b>	E & H	E ose H	E ose H

### 5.3.2. Metodatat e vlerësimit të ekspozimit të fushës në largësi

Metodat e vlerësimit të ekspozimit në fushën në largësi (far field, aty ku fusha është shndërruar nga cilindrik në sferik) zakonisht bëhet për antena transmetuese fikse siç janë antenat televizive, radarët, ose stacionet bazë të celularit. Vlerësimi ndaj ekspozimit bëhet në ambient të hapur, nga persona të kualifikuar. Në fushën në distancë, mjafton të matet vetëm një madhësi e fushës, zakonisht intensiteti i fushës elektrike  $E$  (V/m). Në mund të gjykojmë më tej lidhur me fushën magnetike duke njohur lidhjen ndërmjet tyre.

Megjithatë, nëse ne duam të përcaktojmë vlerën maksimale ndaj ekspozimit, kërkohet procedura më të ndërlikuar. Matjet aktuale në brez të gjerë, shpesh janë të pamjaftueshme, meqenëse stacioni bazë që do të vlerësohet, jo gjithmonë operon me fuqinë maksimale. Fuqia transmetuese e një stacioni varet nga trafiku. Në raste të tilla, informacioni mbi ekspozimin maksimal duke iu referuar matjeve bëhet me ekstrapolim, duke marrë në konsideratë rastin më të keq, si dhe duke marrë në konsideratë prezencën e disa burimeve EMF, edhe në frekuenca të ndryshme.

Në këtë rast zvogëlohet pasiguria në matjet aktuale. Sigurisht që ekziston një pasiguri lidhur me matjet e kryera. Shkaqet e zakonshme të gabimeve në matje janë paraqitur në figurën e mëposhtme:

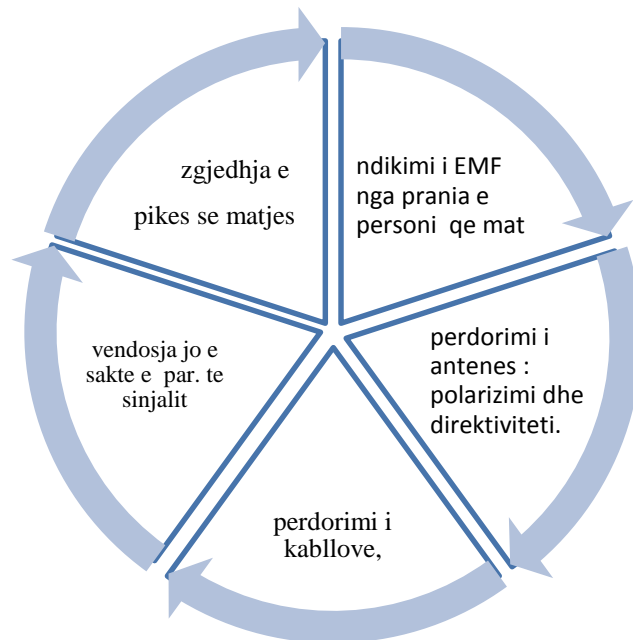


Figura 5. 2: Shkaqet e gabimeve në matje

Për vlerësimin e EMF në fushën në distancë propozohen metoda të ndryshme.

### **Metoda me lëvizje**

Matësi lëviz nëpër zonën që do të matet gjatë kohës së kryerjes së matjes, për të marrë kampione të të gjithë volumit, duke lëvizur antenën nga drejtimi i preferuar dhe drejtimi i polarizimit. Pra, antena lëviz rreth zonës, ashtu si rruga e valës. Në këtë rast marrësi i matjes (SRM) vendoset në mënyrën maksimumin gjatë kohës së vlerësimit. Kjo do të thotë që do të përcaktohet vlera maksimale e fushës, e cila do të krahasohet më tej me vlerat referencë. Kohëzgjatja totale e matjeve në një kohë prej pak minutash (6 min) është e mjaftueshme për të kapur fuqinë maksimale të fushës në volumin e dhënë (dhomën e një shtëpie ose në një zyrë).

Ndër avantazhet e kësaj metode mund të përmendim : vlerësim i menjëhershëm i vlerës maksimale të emetimit për zonën e marrë në shqyrtim; nuk kërkon kohë shtesë përgatitore për matje. Shpesh preferohen antena të vogla të drejtuara në vend të antenave dipol. Kjo bëhet për të zvogëluar influencën e personit që mat, si dhe të kabllove RF. Kjo metodë, në fakt nuk përputhet plotësisht me udhëzimet e ICNIRP. E metë kësaj metode është ndjeshmëria e pozicionit të matjes nga antena.

### **Metoda me matricë**

Një metodë tjetër matjeje është bazuar në ekzaminimin e disa pikave të mirë – përcaktuara në zonën e interesit. Në këtë rast, antena montohet në një mbajtëse për të lejuar pozicionimin e saktë të sensorëve në pikat e matricës. Në pikat e konsideruara (matricës) kemi polarizim dhe drejtim të ndryshëm të antenës.

Volumi i matjes kampionohet në pikat e një matrice gjatë një matjeje duke përdorur metodën matricore. Nëqoftëse supozohet që emetimi ndikon në trupin e njeriut në mënyrë të barabartë, atëherë volumi matës mund të përcaktohet si një cilindër rreth 2 m të lartë dhe 1m, i cili supozohet të përfaqsojë trupin. Matjet do të kryhen për lartësi të ndryshme. Zakonisht merren lartësitë 1.1m, 1.5m dhe 1.7m nga toka. Fuqia e fushës rezultante përcaktohet në se prej këtyre lartësive. Këto distanca janë zgjedhur në mënyrë të tillë që të pasqyrojnë më mirë lidhjen ndërmjet rrezatimit dhe pjesëve të trupit.

Në rastin e përdorimit të një antene një aksiale, vetëm një komponente e fuqisë së fushës mund të dedektohet në një kohë. Për këtë arsye, antena duhet të pozicionohet në tre drejtimet ortogonale në çdo pikë matëse dhe rezultati (spektri, tabela) merret për secilën nga këto tre drejtime.

Kjo metodë ka përparësi kundrejt metodës në lëvizje. Ndër avantazhet e metodës me matricë mund të përmendim: riprodhueshmëri e mirë e matjes; mund të gjendet maksimumi lokal më pak pika matje; lejon mesatarizimin hapësinor të emetimeve. Kjo

metodë, ka disa të meta. Mund të përmendim: kohë më e madhe, meqënëse bëjme matje të përsëritura në pika të ndryshme, nuk lejon asnjë lëvizje gjatë matjes; gjatë kohës së matjes sinjali duhet të jetë konstant.

Mund të përdoret edhe kombinimi i dy metodave të mësipërme. Në fillim bëhet shqyrtimi i zonës për të matur maksimumin e vlerës në atë zonë, më tej një matës me selektues frekuence dhe izotropik përcakton koordinatat e maksimumit.

### **Matjet në brez të gjerë**

Janë të aplikueshme veçanërisht kur duam të bëjmë monitorim vlerash të fushes elektromagnetike, pra sa sa është kontributi i secilit shërbim celular GSM-900 MHz, GSM-1800 MHz dhe 3G. Bëhet matja e fushës, si dhe rezultatja e vlerave për një brez të gjerë frekuencash. Nuk jepet asnjë informacion lidhur me karakteristikat e spektrit të fushës. Megjithatë, pavarësisht se theksuam që kjo mënyrë matje përdoret për monitorim, duhet që vlerat e matura të fushës, të jenë në përputhje me rekomandimet e dhëna. Kjo mënyrë matje përdoret shpesh, pasi nuk kushton dhe është e thjeshtë.

### **Matjet dhe zgjedhje kodi**

Matjet me zgjedhje kodi janë të nevojshme veçanërisht kur një transmetues i caktuar ka zbatuar teknikën e transmetimit CDMA, teknikë multipleksimi me ndarje në kod. Kjo vlen për shembull për UMTS. Të gjitha stacionet bazë UMTS transmetojnë zakonisht në një bandë të vetme frekuence. Duke përdorur marrësin me zgjedhje frekuence, nuk është e mundur të bëhet dallimi ndërmjet ekspozimeve të stacioneve bazë të ndryshme, sepse siç u theksua, përdoret vetëm një bandë e vetme frekuence, dhe kanalet janë multipleksuar sipas një kodi të caktuar. Marrësi me zgjedhje kodi, bën dekodimin e sinjalit të marrë nga stacioni bazë. Kjo do të thotë, që marrësi është i aftë të dallojë cili është sinjali i interesit, duke u nisur nga fuqia e tij, si dhe cilat sinjalet janë zhurma. Kjo realizohet vetëm nëse përdoret kodi “scrambling” për dekodimin e sinjalit, i cili fuqizon sinjalet me fuqi mbi mesataren. Pra shmang sinjalet që konsiderohen të pasigurtë. Një zgjedhje e mirë në këtë rast është instrumenti matës Narda SRM -3000.

Nëqoftëse matjet do të realizohen me metodën e zgjedhjes së kodit ka përparësi kundrejt metodës me brez të gjerë (broadband) si dhe me zgjedhje frekuence, pasi mbivlerësimi i fushës është më i vogël.

## **5.4. Vlerësimi i densitetit të pikut të fuqisë së rrezatuar nga antena celulare**

Fusha elektromagnetike e rrezatuar nga antenat e BTS të telefonise celulare, në ditët e sotme, i përket një çështje me interes thelbësor. Paraqet shumë interes, vlerësimi dhe llogaritja e distancës së sigurisë në përputhje me direktivat standarte dhe regulluese ndaj ekspozimit ndaj fushës për popullsinë. Në zonën e rrezatimit të fushës në largësi (Fraunhofer), llogaritjet janë me të thjeshta, meqënëse ekziston modeli rrezatues i

antenës, zakonisht e para-karakterizuar me mjetet matëse. Në zonën e rrezatimit të fushës në afërsi (Fresnel), analiza është më e komplikuar për shkak të varësisë së modelit nga distanca. Duke qenë se frekuenca mbartëse e sinjalit radio rritet së bashku me kompleksitetin dhe dimensionet e antenës, kufiri më i ulët i zonës Fraunhofer bëhet gjithnjë e më i madh dhe ka më shumë mundësi që vlerësimi do të kryhet brenda kufijve të zonës Fresnel.

Per të njohur nivelet e fushës përreth një stacioni bazë transmetues, ose në një ambient të veçantë, nevojitet përdorimi i aparateve matës, si dhe realizimi i fushatës së matjeve, Për këtë qëllim, edhe literaturat e ndryshme ofrojnë disa zgjidhje teorike (analitike ose numerike). Këto janë më pak të kushtueshme se fushata e matjeve, si dhe me të shpejta e praktike.

Në vijim përshkruhen dy metoda (analitike dhe teorike), me anën e të cilave është përcaktuar niveli i ekspozimit nga antenave celulare në vendin tonë. Në vendin tonë, siç njihet, kemi praninë e katër operatorëve celulare 2G dhe 3G. Ato veprojnë në bandat 900, 1800 dhe 2100 MHz. Antenat transmetuese janë inteligjente, dhe sigurojnë shërbimin multiband.

#### **5.4.1. Metoda analitike për vlerësimin e densitetit të pikut të fuqisë**

Në "zonën e fushës në distancë" niveli i rrezatimit varet vetëm nga distanca nga antenës dhe jo nga lëvizja përgjatë drejtimit vertikal, në kufijtë e përmasës vertikale të antenës.

Pra, është e rëndësishme të dihet paraprakisht se në cilën zonë do të kryhen matjet, në afërsi apo në largësi nga antena, në mënyrë që të bëjmë një interpretim të drejtë teorik të vlerave të matura.

Ne duhet të kemi gjithmonë parasysh distancën nga antena e BTS, në të cilën do të realizojmë matjet. Siç e kemi theksuar në paragrafët e mësipërm, me rritjen e distancës nga antena, fusha elektromagnetike ndryshon karakter. Ajo kalon nga natyra cilindrike, në "zonën e fushës në afërsi", në fushë me karakter sferik, në "zonën e fushës në distancë". Është shumë e rëndësishme të përcaktohet kufiri midis këtyre zonave, pasi mund të bëhen interpretime të ndryshme.

- Në zonën e fushës në distancë, niveli i rrezatimit do të jetë varësi vetem e distancës nga antena. Pra, vetëm distanca në planin X, dhe jo distanca në drejtimin vertikal, pra lartësia.
- Në zonën e fushës në afërsi, zgjidhja ndërlikohet pasi, kemi varësi të nivelit të rrezatimit jo vetëm nga distanca nga antena, por edhe nga lëvizja në drejtimin vertikal, në përmasat e madhësisë së antenës.



Për zonat e fushës në distancë intensiteti i fushës elektrike E dhe magnetike H janë përpjendikulare, me njëra tjetrën, dhe mjafton të matet njëra prej tyre, zakonisht E dhe ne mund të llogarisim sipas formulës (5.5) .

Nëse i referohemi si zakonisht, zonës së fushës në distancë , ne mund të përdorim formulën (5.6) .

Për llogaritjen e densitetit të fuqisë të rrezatuar nga antenat celulare në një distancë R: [4]

$$S = \frac{P_{in}G}{4\pi R^2} \quad (5.6)$$

ku: **S** - është densiteti i fuqisë në  $\text{wat/m}^2$ , **P<sub>in</sub>** - fuqia në hyrje të antenës, **G** - amplifikimi i antenës, **R** - distanca nga antenna.

Për zonat në distancë, praktikisht, mund të matet E ose H dhe mund të llogarritet densiteti i fuqisë së rrezatuar duke përdorur formulën (5.6) , ( $S = E \times H$ ).

Duhet të theksojmë që kjo formulë vlen vetem për fushën ne distancë. Po të përdoret për fushën në afërsi do të japë mbivlerësim të fushës.

Në zonën e fushës në afërsi, matjet dhe llogaritjet me mënyrën e fushës në distancë, pra sipas formulës 5.5 do të na çonin në rrezultate të gabura.

Gjithashtu, nëse do t'i referohemi gjatësisë së valës së fushës  $\lambda$ , si dhe dimensioneve të antenës, dhe konkretisht lartësisë D, si përmasë më e madhe, atëherë kemi parasysh, faktin që fushë në distancë kemi për vlera më të mëdha se:  $\frac{\lambda + 2D^2}{\lambda}$  .

Pra përcaktimi i kufirit ndarës midis zonës së fushës në afërsi dhe në distancë mund të bëhet nëse njohim gjatësinë e valës  $\lambda$  dhe lartësinë e antenës D. Meqënëse, në territorin tonë nuk operohet vetëm në një frekuencë, por në disa frekuenca, antenat janë me bandë të shumëfishtë (900, 1800 dhe 2100 MHz), atëherë do të kemi vlera të ndryshme të  $\rho_0$ , për secilën frekuencë,  $\rho_0$  - paraqet disancën nga antenna, në të cilën fusha elektromagnetike ndryshon karakter. Ajo kalon nga natyrë cilindrike, në natyrë sferike. Vlera më e madhe e distancës, nga vlerat e  $\rho_{0\_900}$ ,  $\rho_{0\_1800}$ ,  $\rho_{0\_2100}$ , konsiderohet si distancë kufi për të treja këto frekuenca.

#### 5.4.2. Vlerësimi i densitetit maksimal të fuqisë në prani të shumë burimeve

Antenat inteligjente të operatorëve tanë janë sektoriale, dhe siç u theksua i përkasin njëkohësisht në frekuencat 900 MHz, 1,800 MHz dhe 2,100 MHz. Atëherë llogarisim vlerën e densitetit për çdo frekuencë (i), pra  $S_i$  pa marrë parasysh influencën e frekuencave të tjera. Meqënëse kemi antenna që janë multi band, pra veprojnë në (n) banda, në rastin tonë 3, duhen patur parasysh ndikimi specifik i secilës

prej tyre. Kështu, supozohet që antena rrezaton vetëm në 900 MHz, pastaj vetëm në 1800 MHz, dhe 2100 MHz. Vlera kufi e ekspozimit publik për frekuencën 900 MHz sipas ICNIRP, është  $4.5 \text{ w/m}^2$ . Vlera e rrezatimit në një distancë nga antena do të jetë  $S_{900}$ .

Vlerën e normuar për këtë frekuencë, e shënojmë me:

$$S_{900N} = \frac{S_{900}}{4.5} \quad (5.7)$$

Ateherë, vlerat e normuara për frekuencat 1800 dhe 2100 MHz do jenë përkatësisht:

$$S_{1800N} = \frac{S_{1800}}{9} \quad (5.8) \quad S_{2100N} = \frac{S_{2100}}{10} \quad (5.9)$$

Përmendim këtu, që vlera kufi e densitetit për frekuencën 1800 MHz është  $9 \text{ w/m}^2$ , ndërsa për frekuencën 2100 MHz gjithmone referuar INCIRP është  $10 \text{ w/m}^2$ .

Përputhja me direktivat ICNIRP [19] për rrezatimin nga një burim i vetëm, demonstron nëse:

$$\text{koeficienti i ekspozimit} = \frac{S^{mes}}{S^{ref}} \leq 1 \quad (5.10)$$

Ku  $S^{ref}$  vlera limit e dhene nga rekomandimet.

Në rastin e ekspozimit të njëkohshëm të shumë sinjale radio të ndryshëm, secili me një frekuencë të ndryshme, siç është edhe shembulli konkret i antenave inteligjente në sistemin 2G dhe 3G, kemi tre frekuencat e sipërpërmendura. Do të merret parasysh kontributi i secilës frekuencë, dhe koeficienti total i ekspozimit do të jetë i barabartë me shumën e koeficientëve për secilin sinjal, siç shprehet nga:

$$\text{koeficienti total i ekspozimit} = \sum_{i=1}^N \frac{S_i^{meas}}{S_i^{inv}} \quad (5.11)$$

ku N është numri total i sinjaleve. Përsëri, duhet që koeficienti total i ekspozimit  $\leq 1$ .

Zbatuar për rastin tonë, formulë (5.11) konkretisht do të përshtatet si në vijim:

$$S_{ek} = S_{900N} + S_{1800N} + S_{2100N} \leq 1 \quad (5.12)$$

ku  $S_{ek}$  - është vlera e normuar e rrezatimit total, të njëkohshëm të frekuencave 900 MHz, 1800 MHz, dhe 2100 MHz. Siç shihet, kjo vlerë duhet të jetë më e vogël se njësia.

Nga formulat (5.8), (5.9) dhe (5.12) rezulton që, përcaktimi i vlerës  $S_{ek}$ , është i lidhur me llogaritjen e densitetit të rrezatimit për secilën frekuencë.

Llogaritje e vlerës pik të densitetit  $S_{900}$ ,  $S_{1800}$ , dhe  $S_{2100}$ , mund të bëhet si për një antenë të zakonshme, jo inteligjente.

### 5.4.3. Metoda teorike për vlerësimin e vlerës pik të densitetit të fuqisë

Për vlerësimin densitetit maksimal të fuqisë do t'i referohemi figurës 5.3. Është treguar që për një matricë kolineare të elementëve të antenës, vlera mesatare e densitetit të fuqisë ka një rënie cilindrike në rajonin rrezatues në afërsi të fushës ( $d > \lambda$ ) së antenës dhe një rënie sferike në largësi të fushës së saj.

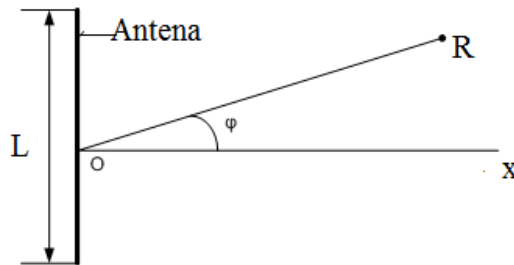


Figura 5.3: Antena kolineare dhe plani horizontal ku bëhet vlerësimi i fushës

Vlera maksimale (pik) e fuqisë së rrezatuar nga antena (sektoriale ose omnidireksionale) do të jetë në planin XOR (O është qendra e antenës). Ky plan (XOR), është pingul, duke marrë në konsideratë edhe “down tilt”, kështu që nëse “down tilt” është zero, plani XOR është horizontal dhe në qoftë se “down tilt” është  $\theta$ , atëherë plani XOR ka një kënd  $\theta$  me planin horizontal. Pra, drejtimi OX është gjithmonë boshti i lobit kryesor dhe vlerat maksimale në këtë plan XOR, janë në drejtimin OX.

Llogaritja e vlerës maksimale të densitetit në një distancë R nga antena (që ka një Azimuth  $\varphi$  me drejtimin OX), do të llogaritet sipas formulës [23, 24, 25] :

$$S^{Peak}(R, \varphi) = \frac{W_{rad} 2^{-\left(\frac{\varphi}{\varphi_{3dB}}\right)^2}}{\varphi_{3dB} RL \sqrt{1 + 2\left(\frac{R}{L}\right)^2}} \quad (5.13)$$

ku S ( $W/m^2$ ) është densiteti i pikut i energjisë në distancë R,  $\varphi_{3dB}$  është gjerësia e rrezatimit në 3 dB (këndi në lobin kryesor të planit E, ku fuqia e sinjalit është  $\frac{1}{2}$  ose 3dB më e vogël krahasuar me fuqinë e pikut).  $W_{rad} = \eta P_{in}$ , ku  $\eta$  është rendimenti i antenës dhe  $P_{in}$  është fuqia në hyrje të antenës.

Me rritjen e distancës nga antena, do të kemi edhe rënie të vlerave të rrezatimit. Gjithashtu, po me rritjen e kësaj distance, kalojmë nga zona e fushës në afërsi, ku fusha

ka karakter cilindrik, në zonën e fushës në afërsi. Distanca nga qendra e antenës, ku ndodh ky shndërrim, do të përcaktohet me anë të formulës së mëposhtme:

$$\rho_0 = \frac{\Phi_{3dB}}{6} \cdot D_A \cdot L \quad (5.14)$$

ku:

$\Phi_{3dB}$  është gjerësia e gjysëm-fuqisë horizontale (ose -3dB) të rrezatimit, dhe  $D_A$  është direktiviteti i antenës,  $L$  është lartësia e antenës.

Ne mund të përcaktojmë në këtë mënyrë edhe  $\rho_{900}$ ,  $\rho_{1800}$ ,  $\rho_{2100}$ .

Gjithashtu, mund të përcaktojmë edhe distancën e pëlqyeshmërisë, ku densiteti i fuqisë është i njëjtë me vlerat kufi, të rekomanduara nga ICNIRP, me anë të formulës (5.15).

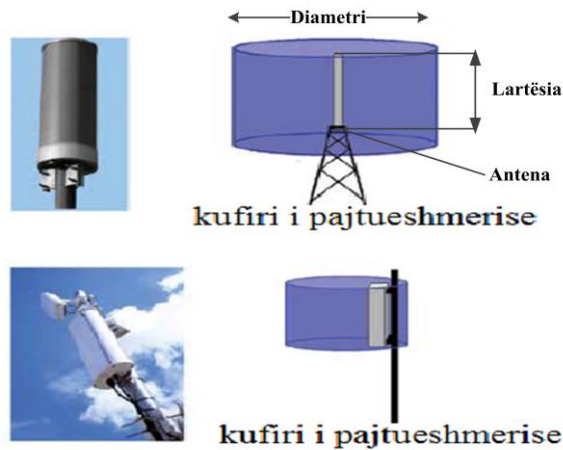


Figura 5.4: Kufiri i pajtueshmërisë

$$R^{Peak} = R(S^{Peak}) \approx \rho_0 \frac{2q}{\sqrt[4]{1+(4q)^2}} \quad (5.15)$$

ku  $q$  [35] do të llogaritet sipas formulës (5.16):

$$q = \frac{3 \cdot W_{rad} \cdot 2 \left( \frac{\Phi}{\Phi_{3dB}} \right)^2}{\Phi_{3dB}^2 \cdot L^2 \cdot D_A \cdot S} \quad (5.16)$$

Duke konsideruar këndin e azimuthit  $\varphi = 0$ , ne mund të vlerësojmë vlerën pik të densitetit të fuqisë në drejtimin OX. Kjo vlerë i përket vlerës  $S^{Peak}(R, \varphi)$ , dhe distancën që i përket kësaj vlere pik.

$$\rho^{peak} = \rho(S^{peak}) \approx \rho_0 \cdot \frac{2 \cdot q}{\sqrt[4]{1+(4q)^2}} \quad (5.17)$$

Në rastin konkret të marrë në shqyrtim, për antenat sektoriale, për frekuencat 900, 1800, dhe 2100 MHz, këndi i asimuthit është konsideruar  $\varphi = 0$ , dhe janë llogaritur vlerat pik përkatëse.

#### 5.4.4. Rezultatet e matjeve të densitetit të fuqisë në afërsi të BTS-ve

Për rreth 80 stacione bazë celulare të shpërndara në qytete të ndryshme të Shqipërisë. të shqyrtuara, antenat operojnë njëkohësisht në 900 MHz, 1800 MHz dhe 2100 MHz, 3G, ose në kombinimin e këtyre frekuencave, psh. 900 MHz dhe 1800 MHz, 900 MHz dhe 2100 MHz, ose 1800 MHz dhe 2100 MHz. Duke përdorur metodën teorike të përmendur më lart, është bërë llogaritja e densitetit të fuqisë në varësi të distancës nga antena. [21]

Vlerësimi i densitetit të pikut të fuqisë së rrezatuar, në varësi të distancës shoqërohet edhe me llogaritjen e distancës, ku densiteti i pikut i fuqisë është i barabartë me limitet e rrezatimit të përcaktuara nga ICNIRP për ekspozimin e publikut, përkatësisht për 900 MHz,  $4.5 \text{ w/m}^2$ , për 1800 MHz,  $9 \text{ w/m}^2$  dhe për 2100 MHz,  $10 \text{ w/m}^2$ . [26, 27] Llogaritet gjithashtu për çdo sektor dhe për çdo frekuencë, distanca  $\rho_0$ , në të cilën karakteri cilindrik i fushës elektromagnetike shndërohet në karakter sferik. Duke përdorur formulat (5. 6) dhe (5.13) llogaritet respektivisht për secilin stacion ku operojnë antena inteligjente në 2 G dhe 3G në të njëjtën kohë, densiteti i fuqisë në dy mënyra të ndryshme dhe ndërtohen respektivisht *Grafiku një* (metodë analitike, formula 5.6), *Grafiku dy* (metoda teorike, formula 5.13).

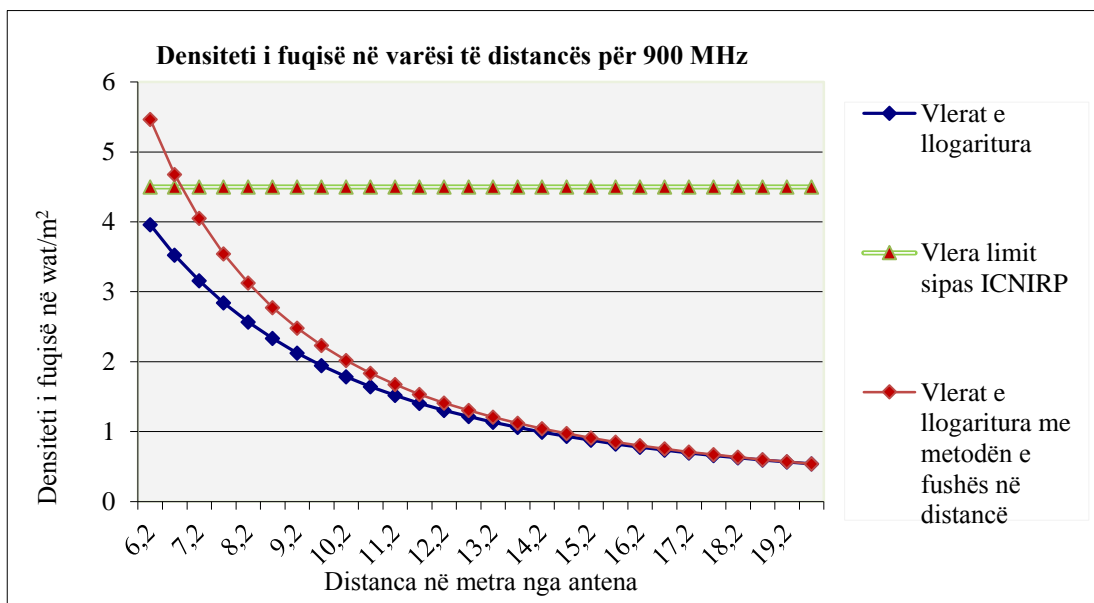


Figura 5.5: Densiteti i fuqisë në varësi të distancës për 900 MHz; krahasimi midis metodës së zgjedhur teorike dhe metodës së llogaritjes së fushës në distancë

Vlerat e distancës ku *grafiku një* dhe *grafiku dy* do të fillojnë të përafrohen apo të përrputhen, janë vlerat e  $\rho_{0_{1800}}$  apo zonës midis fushës në afërsi dhe fushës në distancë. [30, 31, 32]

- Zona e fushës në distancë, fillon në 12.2 metra =  $\rho_0$ , e llogaritur bazuar në metodën e zgjedhur teorike, sipas formulës (5-13).
- Zona e fushës në distancë, fillon në 12.93 metra e llogaritur bazuar në formulën:  $\lambda + 2L^2 / \lambda$ .

Për rastin e frekuencës 1800 MHz, si në figurën 5.6.

- Zona e fushës në distancë, fillon në 26.46 metra =  $\rho_0$ , e llogaritur bazuar në metodën e zgjedhur teorike, sipas formulës (5-13).
- Zona e fushës në distancë, fillon në 23.78 metra e llogaritur bazuar në formulën:  $\lambda + 2L^2 / \lambda$

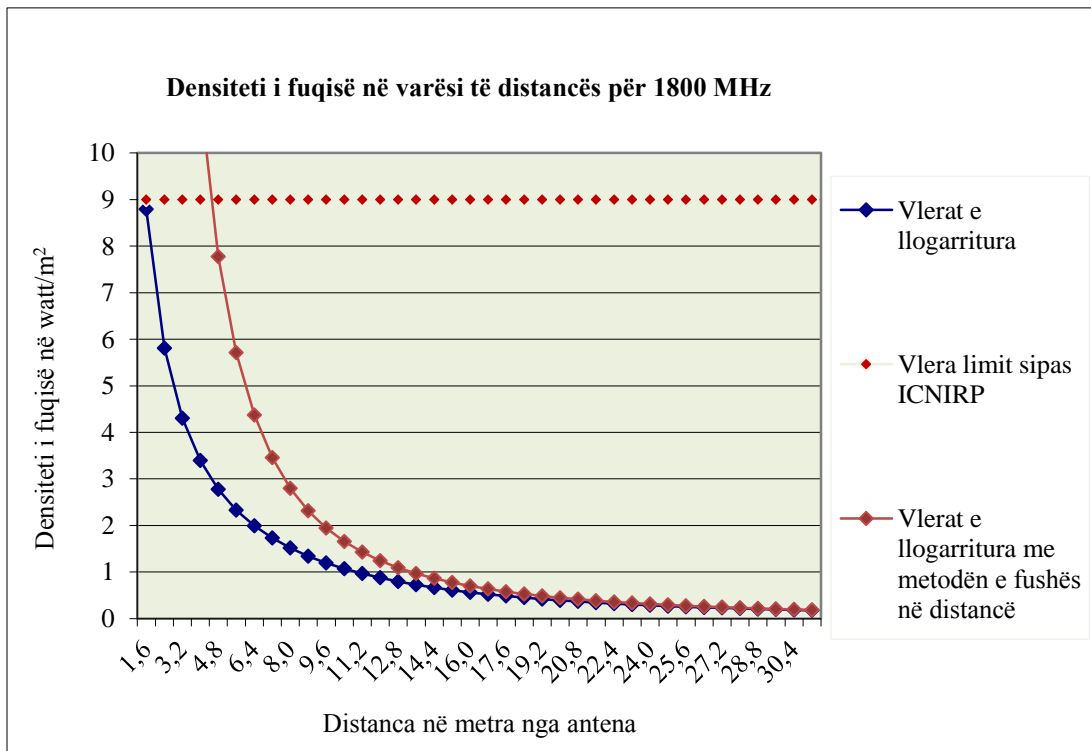


Figura 5.6: Densiteti i fuqisë në varësi të distancës për 1800 MHz

Grafiku një dhe grafiku dy për S\_2100, 2100 MHz.

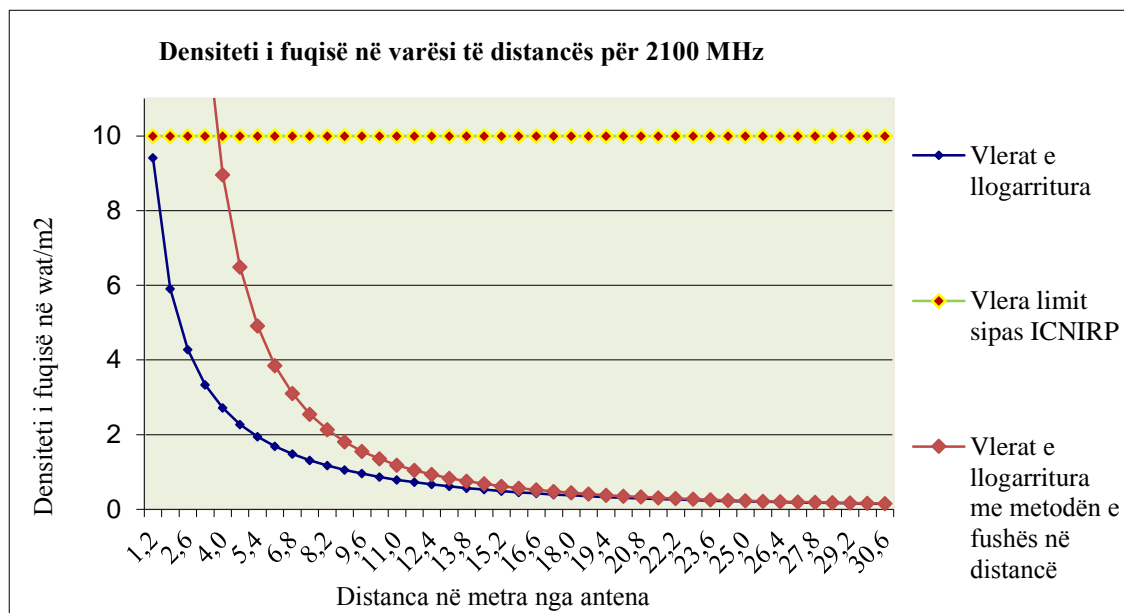


Figura 5.7: Densiteti i fuqisë në varësi të distancës për 2100 MHz; krahasimi midis metodës së zgjedhur teorike dhe metodës së llogaritjes së fushës në distancë

Grafiku një dhe grafiku dy për S\_2100. Vlerat e distancës ku grafiku një dhe grafiku dy do të fillojnë të përafrohen apo të përputhen, janë vlerat e  $\rho_{0\_2100}$  apo zonës midis fushës në afërsi dhe fushës në distancë.

Për rastin e frekuencës 2100 MHz, si në figurën 5.7

- Zona e fushës në distancë, fillon në  $26.46 \text{ m} = \rho_0$ , e llogaritur duke u bazuar në metodën e zgjedhur teorike, sipas formulës (5.13).
- Zona e fushës në distancë, fillon në  $27.74 \text{ m}$  e llogaritur sipas formulës:  $\lambda + 2L^2 / \lambda$ .

Gjithashtu, duke u nisur nga kondita mbi koeficientin total të ekspozimit, ne mund të llogarisim edhe vlerat e densitetit të normuar për secilen frekuence, 900, 1800 dhe 2100 MHz.

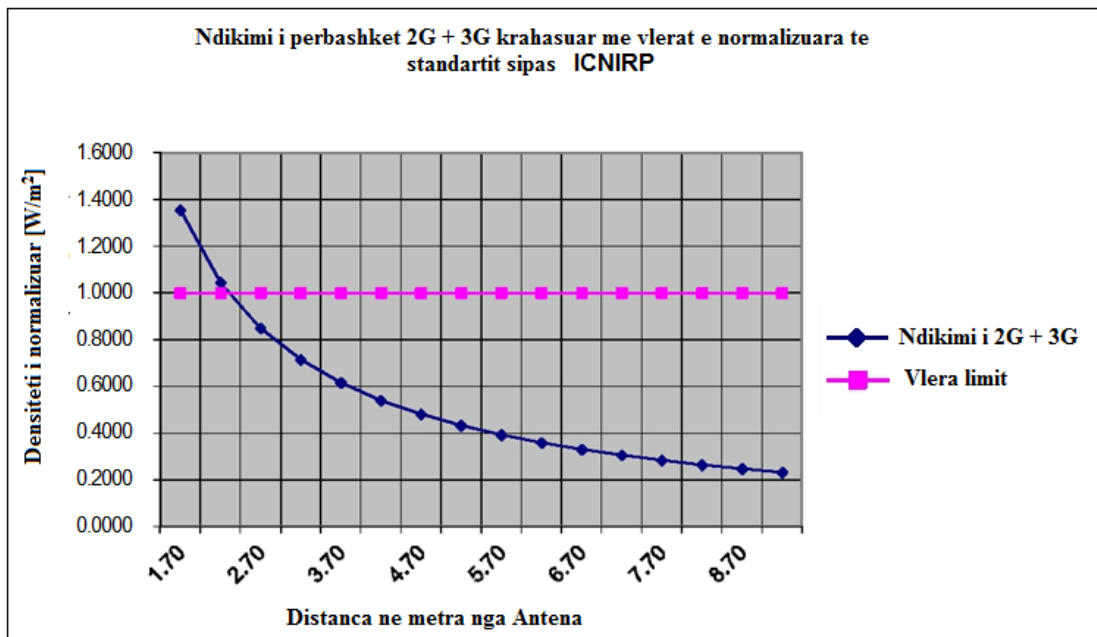


Figura 5.8: Ndikimi i përbashkët 2G dhe 3G krahasuar me vlerat ICNIRP

Në figurën 5.8. është paraqitur grafikisht varësia e vlerës së normuar të densitetit  $S_{ek}$  në rastin e influencës së njëkohëshme të tre frekuencave të përdorura në një qelizë, në varësi të distancës. Kështu, në distancën ku plotësohet kondita sipas ek. (5.12), atëherë niveli i rrezatimit në këtë distancë është më i vogël, ose i njëjtë me vlerën kufi të specifikuar nga ICNIRP. Në këtë rast, distanca e pëlqyeshmërisë është afërsisht 4.5m. Ndërsa për secilën nga frekuencat në mënyrë të veçantë, kuptohet që këto distanca do të jenë më të vogla.

Kështu për frekuencën 900 MHz, distanca e pajtueshmërisë është afërsisht 1.7 m, për frekuencën 1800 MHz është afërsisht 1.7 m, ndërsa për frekuencën 2100 MHz, shkon në 0.6 m. Për 80 sitet e shqyrtuara, mund të konkludohet që distanca e pajtueshmërisë maksimale nga antena është 8.7 m. Për distanca më të mëdha se distanca e sigurisë, densiteti i fuqisë së rrezatimit është më i ulët se vlerat kufi të rekomanduara nga ICNIRP.

### 5.5. Përpunimi i të dhënave me anë të Algoritmit të propozuar në MATLAB

Antenat celulare që funksionojnë në disa frekuenca 900, 1800 dhe 2100 MHz kanë sjellë mundësinë e rritjes së kapacitetit të ofruar dhe njëkohësisht edhe të shërbimeve shtesë që lidhen më së shumti me 3G. Këto ndryshime dhe përmirësime shoqërohen, në mënyrë të pashmagshme, me nevojën për të njohur ndryshimin e nivelit të rrezatimit të këtyre antenave. Metodatat analitike të llogaritjeve për zonat near dhe far field japin mundësinë e llogaritjes së rrezatimit për një frekuencë të vetme apo për



ndikimin e të gjithë frekuencave. Po ashtu metodat e standartizuara të matjeve japin mundësinë e matjes me selektivitet në frekuencë si dhe matjes së rrezatimit total të antenës/antenave. Kryesisht punohet në të dy fushat edhe me llogaritje edhe me matje dhe rezultatet krahasohen me qëllim eliminimin e mundshëm të gabimeve për të dy rastet.

### **5.5.1. Procedura e matjes**

Kur përdoren metodat e llogaritjeve teorike ne mund të përdorim mënyra të ndryshme përpunimi të të dhënave apo algoritme të ndryshëm të cilët pranojnë si hyrje të dhënat për fuqinë e ushqimit të antenave, frekuencat e punës, amplifikimin, gjerësinë e rrezatimit, dowltilit, azimuthin, distancën nga antena tek pika e matjes etj dhe bazuar tek metoda teorike e zgjedhur, gjendet niveli i rrezatimit duke përdorur kryesisht llogaritjen për densitetin e fuqisë. Vlerat e llogaritura në varësi të distancës japin mundësinë e ndërtimit të varësive të densitetit të rrezatimit në varësi nga distanca dhe krahasimin e këtyre vlerave me vlerat referencë apo vlerat limit, të vendosura nga ICNIRP apo organizmat e tjerë përgjegjës. Në përgjithësi llogaritjet teorike kanë relativisht pak inpute kështu që edhe algoritmet do të komplikohen jo vetëm për shkak të metodave të përdorura, por jo për shkak të të dhënave që përdoren si inpute për algoritmet.

Kur përdoren vlerat e matura, situata është e ndryshme. [28; 29] Ka një numër realatvish të lartë të dhënash që merren nga matjet, qoftë edhe për një site të vetëm. Sigurisht që sasia totale e të dhënave që duhen përpunuar dhe interpretuar do të varet edhe nga numri i siteve në shqyrtim. Ne do të ndalemi tek problemi i përpunimit të të dhënave për një site të vetëm që funksionon në 900, 1800 dhe 2100MHz.

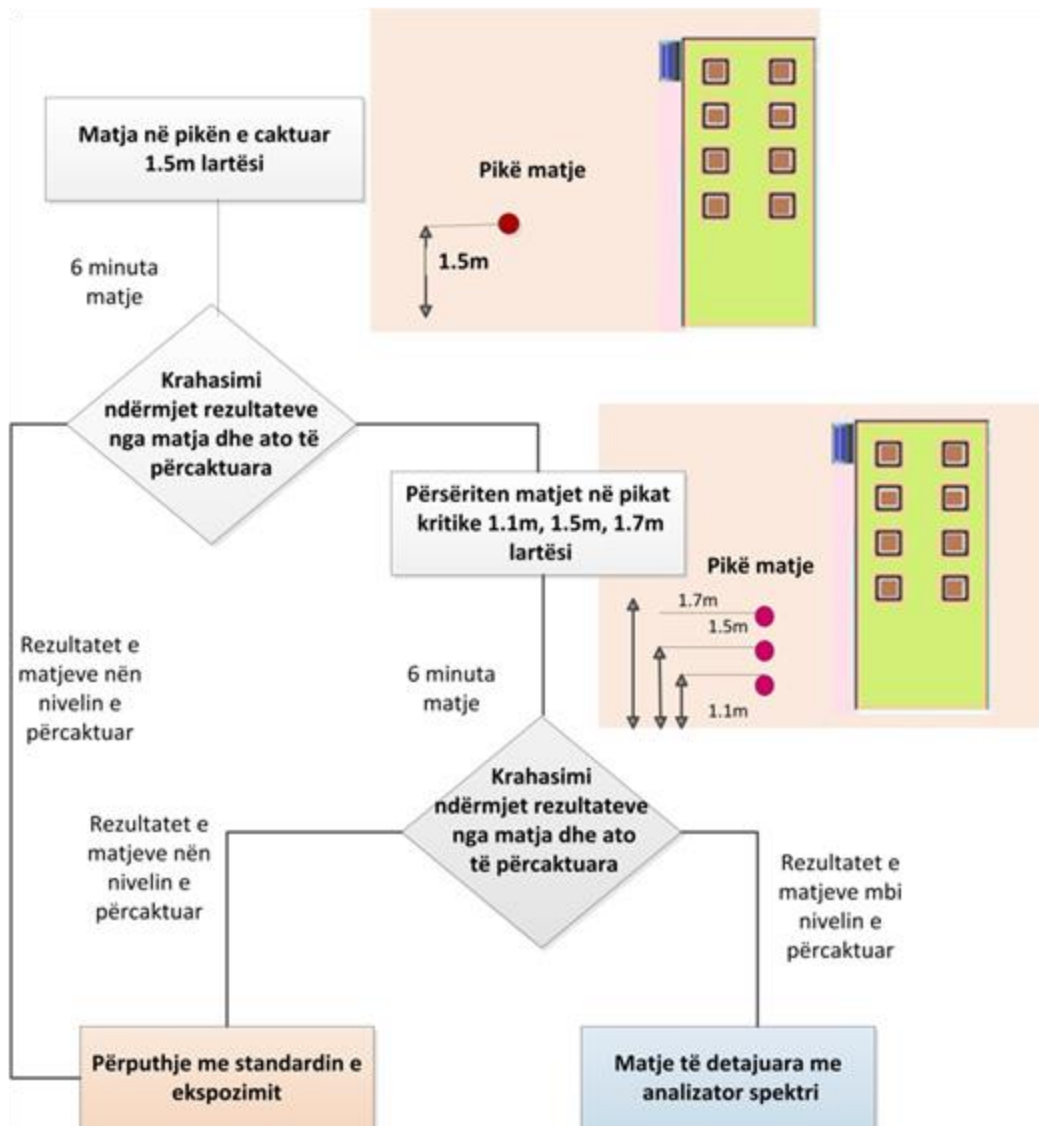


Figura 5.9: Blløkskema e procedurës së matjes

Të dhënat që grumbullohen janë si rezultat i matjeve në afërsi të një antene dhe aparati është konfiguruar të marrë të dhëna për frekuencat e punës, vetëm për kompaninë celulare të marra në shqyrtim, pra pa ndikimin e frekuencave të tjera të përdorura nga kompanitë e tjera. Pra, matjet që kryhen me selektivitet në frekuencë nënkuptojnë që janë matje që kryhen për 900, 1800 dhe 2100 njëkohësisht, pra gjatë të njetit interval kohor, të bazuar tek standarti është 6 minuta. Përveç kësaj bëhet në të njetin interval edhe një matje për vlerën totale të rrezatimit si rezultat i të gjithë kontribuesve në brezin e zgjedhur të frekuencave, të vendosur paraprakisht.

Pra të dhënat e matjes do të përbëhen nga:

- të dhënat e matjes së intensitetit të fushës elektromagnetike për 900MHz, për 6 minuta
  - ky grup përfshin të dhënat:
    - për brezin 880 - 890MHz uplink
    - për brezin 890.2 - 898MHz uplink
    - për brezin 925 - 935MHz downlink
    - për brezin 935.2 - 943MHz downlink
- të dhënat e matjes së intensitetit të fushës elektromagnetike për 1800MHz, për 6 minuta
  - ky grup përfshin të dhënat:
    - për brezin 1720 – 1728.8 MHz uplink
    - për brezin 1815 - 1823MHz downlink
- të dhënat e matjes së intensitetit të fushës elektromagnetike për UMTS, 2100MHz, për 6 minuta
  - ky grup përfshin të dhënat:
    - për brezin 1935.4 – 1950 MHz uplink
    - për brezin 2125.4 – 2140 MHz downlink
- të dhënat e matjes së intensitetit të fushës elektromagnetike për të gjitha frekuencat, si rezultat jo vetëm i antenës lokale, për 6 minuta.
  - Ky grup përfshin të dhënat:
    - Për rrezatimin total nga të gjitha burimet e mundshme në intervalin 880 – 2140 MHz.

### **5.5.2. Algoritmi i propozuar**

Matja e nivelit të rrezatimit, në 80 sitet ku janë kryer matjet në territorin shqiptar, është bërë duke matur, vlerësuar, intensitetin e fushës elektrike **E** për 900, 1800 dhe 2100 MHz si dhe matjen po të intensitetit E për gjithë brezin 880 – 2140 MHz. Vlera e rrezatimit e emetuar nga këto antena (antena që operojnë njëkohësisht në të tre bandat e frekuencave) duhet që të jetë brenda standarteve të vendosur kryesisht nga ICNIRP-International Comission for Non-Ionizing Radiation Protection dhe WHO, World Health Organization. Instrumenti i përdorur për këto matje operon në frekuencat nga 100 KHz në 3 GHz. Matjet e intensitetit të fushës elektromagnetike bëhet me anë të sondës për matjen e fushës-E. Sonda e përdorur është izotropike me tre akse gjë që thjeshton procedurën e matjes, sepse vlera e intensitetit të fushës shprehet me tre matje pa ndryshuar pozicionin e sensorit/sondës. Pajisja përbëhet nga tre elementë detektues të pavarur dhe të vendosur në mënyrë ortogonale me njëri tjetrin. Matjet janë kryer me

selektim në frekuencë, për frekuencat 900, 1800 dhe 2100 dhe po ashtu matje bradband në brezin 880 – 2140 MHz. [33]

Tabela 5.3 Selektimi në frekuencë

Time	15:34:35
Fmin [Hz]	880000000
Fmax [Hz]	2140000000
Unit	V/m
Result Type	ACT
Average Time [s]	360
Total Value [V/m]	8.8027

Metoda e përdorur për matje, është metoda e analizimit në kohë duke regjistruar vlerat aktuale të matura, një metodë, e cila është dizenuar për të monitoruar burimet e fushës që emetojnë fuqi që varion me kohën. Kjo metodë lejon matjen e vazhdueshme të fushës në një frekuencë të dhënë.

Tabela 5.4. Ilustrimi i një grupi të matjeve të kryera në afërsi të një antene

Value [V/m]	Service Name	Lower Frequency [Hz]	Upper Frequency [Hz]
0.4195	E-GSM 900 UL	880000000	890000000
0.3763	GSM 900 UL	890200000	898000000
2.0969	E-GSM 900 DL	925000000	935000000
4.0125	GSM 900 DL	935200000	943000000
0.4423	GSM 1800 UL	1720000000	1728800000
3.7868	GSM 1800 DL	1815000000	1823000000
0.6603	UMTS UL	1935400000	1950000000
3.3661	UMTS DL	2125400000	2140000000

Gjerësia e brezit mund të vendoset ndërmjet 6.4 KHz dhe 6MHz për t'u përshtatur me burimin e fushës duke përdorur parametrin e rezolucionit të brezit (RBW). Filtrat kanë kufij shumë të pjerrët (saktësi e lartë) dhe një shuarje të bandës së padëshiruar me rreth 80 dB. Të dhënat që merren në një çast të kohës janë sipas figurës 6.4. Sasia totale e të dhënave që duhen përpunuar përbehet nga rreth 360 grupe të dhënash si më sipër, pra matjet janë mesatarisht për çdo sekondë (për 6 minuta rreth 360 kampione). Është një sasi relativisht e madhe për një site e cila duhet përpunuar.

### Algoritmi i propozuar:

1. Merren të dhënat nga aparati mates në formatin .csv ose .xls.
2. Filtrohen të dhënat, pra lexohen për *çastin fillesar të kohës* të dhënat për:
  - E-GSM 900DL
  - GSM 900DL
  - GSM 1800DL
  - UMTS DL
  - Total Value

Merren të dhënat vetëm për downlink (DL), sepse kërkohet të llogaritet rrezatimi në mjedis nga antena.

3. Nga rreth 360 grupet e të dhënave të filtruara sipas pikës 2, lexohen të dhënat për E\_e\_900 (Intensitetin e fushës elektrike për Edge GSM (925 – 935 MHz)):

$t = 0$ : *hapi në sek*:360;

“pra vlera fillestare = *çastin fillesar të kohës* = 0; step = 10 sekonda; vlera maksimale = 360 sek, pra 6 minuta”

E\_e\_900= E-GSM 900DL (t)

*“E-GSM 900DL, në çastin fillesar të kohës + 10 sek”*

*“E\_e\_900 është një vektor me vlerat e E-GSM 900 DL me vlerat e zhvendosura me 10 sekonda brenda intervalit prej 360 sek, pra E\_e\_900 është maksimumi një vektor me 36 vlera të kampionve të matjes nga një total prej 360 kampionesh të matjes së plotë”*

Plot(E\_e\_900, t)

*“ndërtohet grafiku me vlerat e vektorit E\_e\_900”*

4. Nga rreth 360 grupet e të dhënave të filtruara sipas pikës 2, lexohen të dhënat për E\_900 (Intensitetin e fushës elektrike për GSM (935.2 – 943 MHz)):

$t = 0$ : *hapi në sek*:360;

“pra vlera fillestare = *çastin fillesar të kohës* = 0; step = 10 sekonda; vlera maksimale = 360 sek, pra 6 minuta”

E\_900= GSM 900DL (t)

*“GSM 900DL, në çastin fillesar të kohës + 10 sek”*

*“E\_900 është një vektor me vlerat e GSM 900 DL me vlerat e zhvendosura me 10 sekonda brenda intervalit prej 360 sek, pra E\_900 është maksimumi një vektor me 36 vlera te kampionve te matjes nga nje total prej 360 kampionesh te matjes së plotë”*

Plot(E\_900, t)

*“ndërtohet grafiku me vlerat e vektorit E\_e\_900”*

**5.** Nga rreth 360 grupet e të dhënave të filtruara sipas pikës 2, lexohen të dhënat për E\_1800 (Intensitetin e fushës elektrike për 1800MHz (1815 – 1823 MHz)):

t = 0:hapi në sek:360;

“pra vlera fillestare = çastin fillesar të kohës = 0; step = 10 sekonda; vlera maksimale = 360 sek, pra 6 minuta”

E\_1800= GSM 1800DL (t)

*“GSM 1800DL, në çastin fillesar të kohës + 10 sek”*

*“E\_1800 është një vektor me vlerat e GSM 1800 DL me vlerat e zhvendosura me 10 sekonda brenda intervalit prej 360 sek, pra E\_1800 është maksimumi një vektor me 36 vlera të kampionve të matjes nga një total prej 360 kampionesh të matjes së plotë”*

Plot(E\_1800, t)

*“ndërtohet grafiku me vlerat e vektorit E\_1800”*

**6.** Nga rreth 360 grupet e të dhënave të filtruara sipas pikës 2, lexohen të dhënat për E\_2100 (Intensitetin e fushës elektrike për 2100MHz (2125.4 – 2140 MHz)):

t = 0:hapi në sek:360;

“pra vlera fillestare = çastin fillesar të kohës = 0; step = 10 sekonda; vlera maksimale = 360 sek, pra 6 minuta”

E\_2100= UMTS DL (t)

*“UMTS DL, në çastin fillesar të kohës + 10 sek”*

*“E\_2100 është një vektor me vlerat e UMTS DL me vlerat e zhvendosura me 10 sekonda brenda intervalit prej 360 sek, pra E\_2100 është maksimumi një vektor me 36 vlera të kampionve të matjes nga një total prej 360 kampionesh të matjes së plotë”*

Plot(E\_2100, t)

*“ndërtohet grafiku me vlerat e vektorit E\_2100”*

**7.** Nga rreth 360 grupet e të dhënave të filtruara sipas pikës 2, lexohen të dhënat për E\_TOT (Intensitetin e fushës elektrike për totalin e rrezatimit (880 – 2140 MHz)):

t = 0:hapi në sek:360;

“pra vlera fillestare = çastin fillesar të kohës = 0; step = 10 sekonda; vlera maksimale = 360 sek, pra 6 minuta”

E\_TOT= Total Value (t)

*“Total Value, në çastin fillesar të kohës + 10 sek”*

*“E\_TOT është një vektor me vlerat e Total Value me vlerat e zhvendosura me 10 sekonda brenda intervalit prej 360 sek, pra E\_TOT është maksimumi një vektor me 36 vlera të kampionve të matjes nga një total prej 360 kampionesh të matjes së plotë”*

Plot(E\_TOT, t)

*“ndërtohet grafiku me vlerat e vektorit E\_TOT”*

Hapi i marrjes së kampioneve mund të ndryshojë me 10 sekonde ose me një hap më të vogël. Nëqoftëse hapi merret për shembull 1 sek ka një ndryshim të dukshëm në raportin për frekuencën përkatëse. Zvogëlimi i hapit të marrjes së kampioneve shoqërohet me një kohë llogaritje më të madhe. Nëqoftëse hapi i llogaritjes është 10 sek (36 vlera për çdo vektor të dhënash) koha e llogaritjes është 5 – 6 minuta për një site dhe nëqoftëse hapi i llogaritjes zbret në 1 sekonde (360 vlera për çdo vektor të dhënash) koha e llogaritjes shkon në rreth 30 min për një site. Krahasimi i rezultateve të algoritmit mund të bëhet duke parë figurat 5.10 – 5.14.

Me qëllim të marrjes së maksimumit të kampioneve, pra të intervalit prej 1 sek, propozohet funksioni *xlsreadMod*, i cili është versioni i modifikuar i funksionit standart *xlsread*, të cilin e mundëson vet programi MATLAB për leximin e skedarit .xls. Funksioni *xlsread* është tepër i ngadaltë, kur nevojitet akses i shpeshtë në skedarë .xls me të dhëna të shumta dhe komplekse. Ai operon duke hapur programin Excel nga një server virtual COM në MATLAB sa herë që programi kryesor duhet të marrë të dhëna nga skedari .xls. Funksioni *xlsreadMod* eliminon nevojën për hapjen e programit Excel nga serveri COM sa herë që një e dhënë duhet të lexohet në skedarin .xls. Funksioni *xlsreadMod* përdoret kur të dhënat në file-n .xls do të aksesohen shumë herë. Kjo arrihet duke nxjerrë jashtë loop-it të funksionit standart hapjen + leximin + mbylljen e skedarit .xls. Gjithashtu, pjesët e kodit për hapjen + leximin + mbylljen e skedarit vendosen manualisht në pjesët e kodit ku do të përdoret funksioni *xlsreadMod*.

Në këtë mënyrë, skedari .xls hapet vetëm një herë nga programi kryesor, lexohet (shumë herë) nëpërmjet funksionit *xlsreadMod*, pastaj mbyllet sërish nga programi kryesor në përfundim të punës. Në ndryshim nga *xlsread* standart i cili e hapte + lexonte + mbyllte skedarin .xls për çdo aksesim që u bëhej të dhënave. Në këtë mënyrë, me këtë funksion të modifikuar, koha e llogaritjes për hapin prej 1 sekonde (360 vlera për vektorin e të dhënave) është rreth 30 – 40 sekonda. Në vazhdim tregohet sesi funksioni *xlsreadMod* përdoret brenda programit kryesor në MATLAB.

```
% hapet programi Excel nga serveri COM
% hapet skedari .xls i dëshiruar
Excel = actxserver ('Excel.Application');
Excel.Workbooks.Open(vendndodhja+ emri_i_plotë_i_skedarit_.xls);
Excel.Workbooks.Item(emri_i_plotë_i_skedarit).RunAutoMacros(1);
File= emri_i_plotë_i_skedarit;
for a = 1 : 360                % merren 360 vlerat e kampioneve të matjes
E_e_900(a) = xlsreadMod(File,sprintf('A%d:A%d',l,l));
```

```

E_900(a) = xlsreadMod(File,sprintf('A%d:A%d',k,k));
E_1800(a) = xlsreadMod(File,sprintf('A%d:A%d',m,m));
E_2100(a) = xlsreadMod(File,sprintf('A%d:A%d',n,n));
E_TOT(a) = xlsreadMod(File,sprintf('A%d:A%d',p,p));
end
Excel.ActiveWorkbook.Save;           %mbyllet workbook
Excel.Quit                             %mbyllet Excel
Excel.delete
clear Excel

```

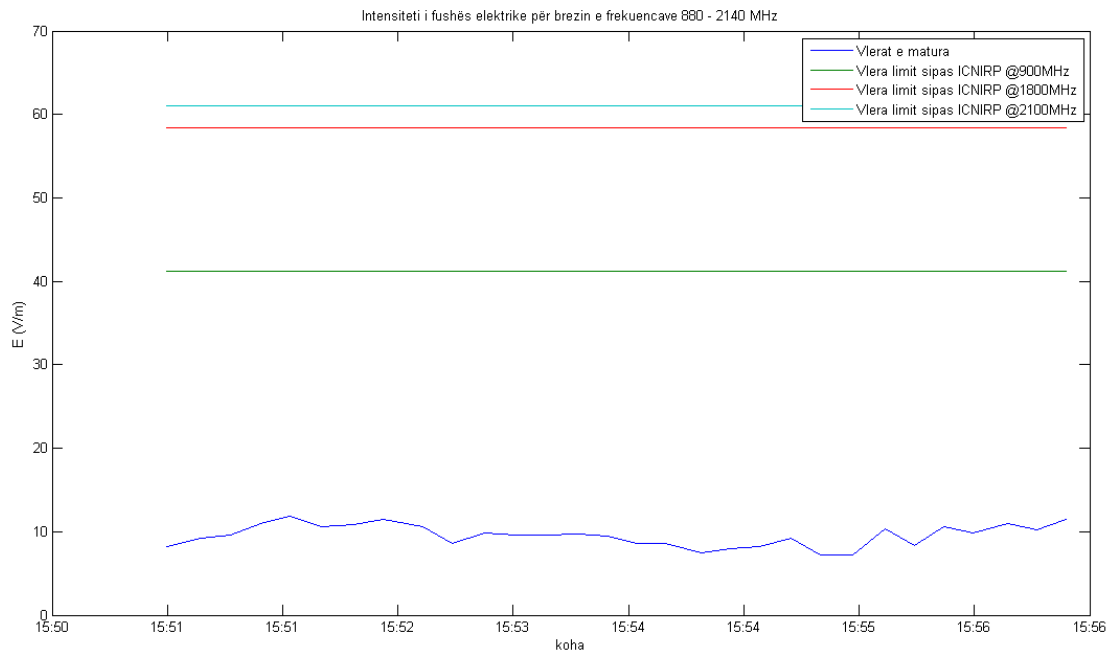


Figura 5.10: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz, hapi 10 sek, 36 kampione matjeje



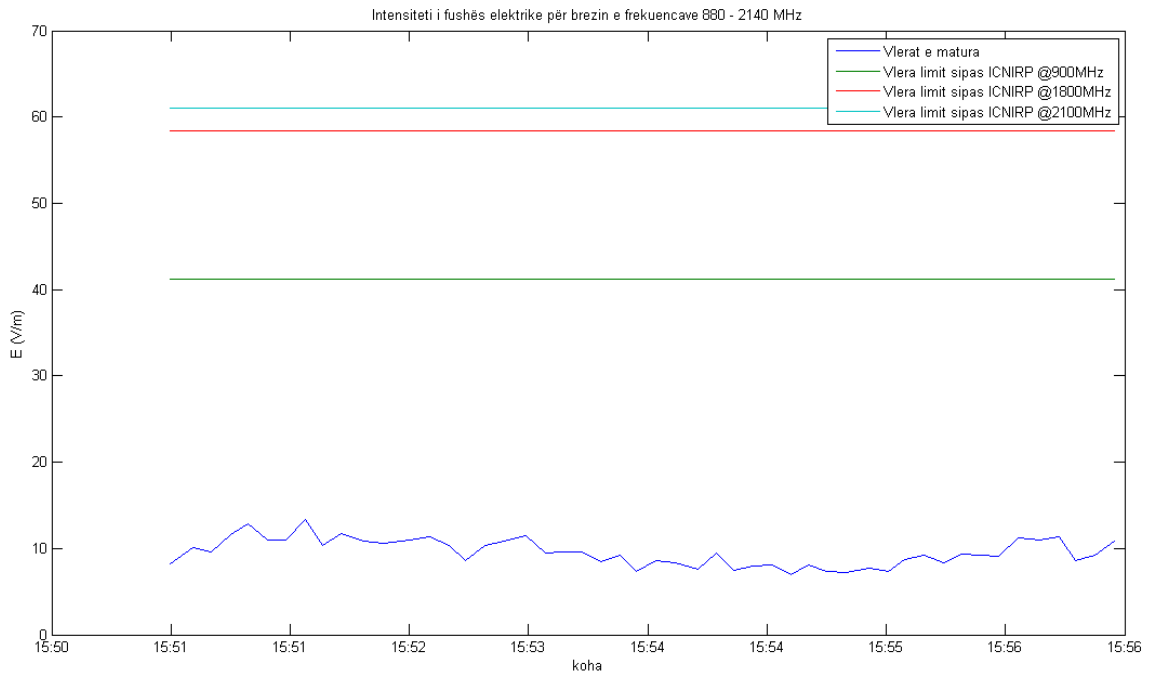


Figura 5.11: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz, hapi 5 sek, 72 kampione matjeje

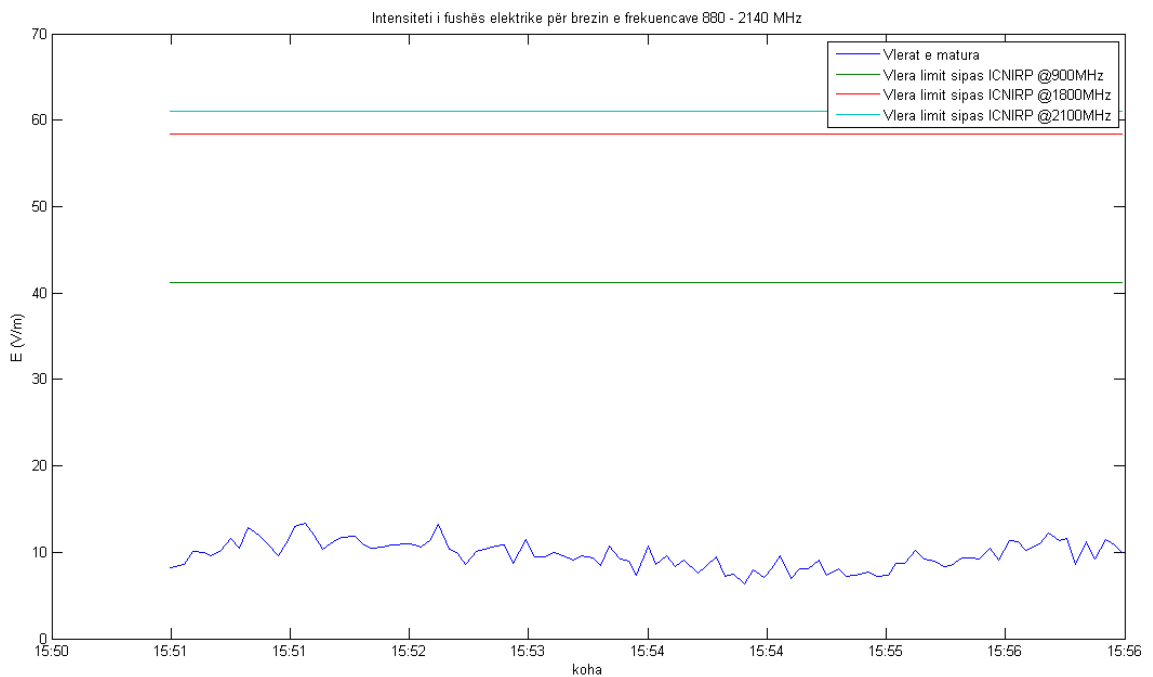


Figura 5.12: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz, hapi 3 sek, 120 kampione matjeje

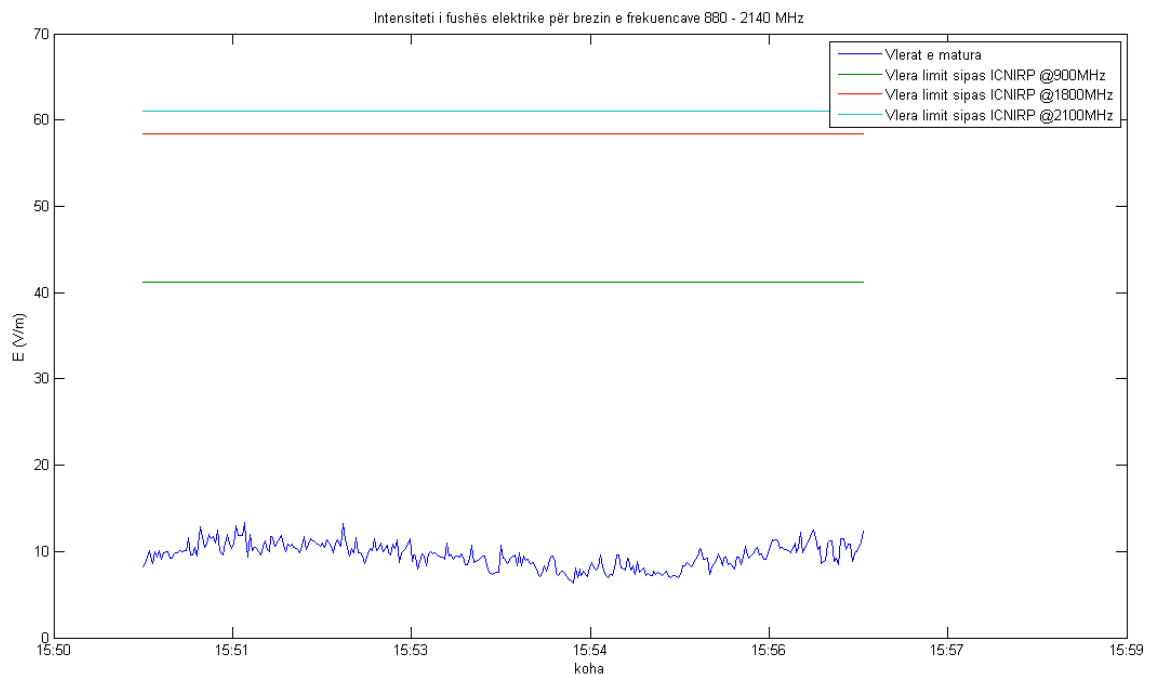


Figura 5.13: Matja e intensitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz, hapi 1 sek, 360 kampione matjeje

### 5.5.3. Interpretimi i rezultateve

Pasi përfundon procesi i matjes, të dhënat e regjistruara në instrument kalohen në kompjuter në një file excel në mënyrë që të interpretohen më lehtë. Matjet janë kryer pranë disa stacioneve bazë dhe në vazhdim do të shohim interpretimin e vlerave për secilin nga këto stacione. Rezultatet do të ndahen sipas bandave të transmetimit të antenës inteligjente dmth: 900 MHz, 1800 MHz dhe 2100 MHz. Operatori i rrjetit për të cilin janë bërë këto matje operon në dy banda frekuencash në 900 MHz: 925 – 935 MHz dhe 935.2 – 943 MHz. Secili nga kanalet ka një gjerësi brezi 200 KHz. Këto vlera të rrezatimit do të jenë vetëm për downlink-un pasi vlera e rrezatimit në uplink e gjeneruar nga pajisjet e lëvizshme është më e vogël në krahasim me rrezatimin e antenave radio. Arsye të tjera pse jemi më shumë të interesuar për rrezatimin e antenës dhe jo të pajisjes celulare jepen më poshtë:

- Fakti se rrezatimi nga antena është i pranishëm në zonën e mbulimit gjatë gjithë kohës ndërsa rrezatimi nga pajisja është vetëm në momentet e përdorimit të tij, kur ka një lidhje aktive ose kur vetë pajisja bën update të vendndodhjes (Location Update).
- Ndarja e brezit në uplink dhe downlink nuk është simetrike (si pasojë e shumëllojshmërisë së shërbimeve) që do të thotë se më shumë të dhëna do të vijnë në downlink se do të transmetohen në uplink.

- Frekuenca që përdoret për uplink është më e ulët se ajo e përdorur për doënlk dhe duke qenë se energjia është në përpjestim të drejtë me frekuencën ( $E=h \times f$ ), dhe rrjedhimisht fuqia e rrezatimit nga downlink në atë pikë do të jetë më e lartë.
- Rrezatimi nga antenat vjen jo vetëm nga stacioni bazë i një operatori por nga çdo stacion bazë që rrezaton në atë drejtim, dhe rrezatimi total është shuma e gjithë këtyre rrezatimeve, ndërsa kur përdoret pajisja mobile rrezatimi vjen nga komunikimi me një operator të vetëm.

Brënda algoritmit tonë në MATLAB kemi përfshirë edhe metodën e vlerësimit teorik të nivelit të fushës elektromagnetike. Përfshirja e metodës teorike të vlerësimit të rrezatimit nuk vlen vetëm si një krahasim midis vlerës së matur praktikisht dhe vlerës teorike të rrezatimit maksimal të emetuar nga ajo antenë. Duke bërë një krahasim të vlerës së matur me vlerën e llogaritur teorikisht, do ta kemi më të lehtë identifikimin e nivelit të rrezatimit të fushës elektromagnetike pa qenë nevoja e matjes në terren të intesitetit të fushës-E. Krahasimi i vlerës së matur me vlerën e llogaritur teorikisht do të shërbejë edhe si një mënyrë për vlerësimin e metodës teorike të llogaritjes së rrezatimit. Pra nëse metoda është mbivlerësuese, korrekte apo nënvlerësuese në zona të caktuara të fushës.

Për llogaritjen teorike të intesitetit të fushës-E janë përdorur të dhënat e antenës, p.sh:

- Fuqia në hyrje të antenës = 15.8 watt (42 dBm)
- Amplifikimi @900 MHz = 16 dBi
- Amplifikimi @1800 MHz = 18 dBi
- Efiçenca = 0.9
- $\Theta_{3dB} = 65^\circ$
- Gjatësia e antenës = 2.6 m

Këto të dhëna mund të ndryshojnë në varësi të tipit të antenës dhe konfigurimit që kompania celulare ka kryer për atë antenë. Megjithatë qëllimi ynë është llogaritja teorike për rrezatimin maksimal të emetuar nga kjo antenë, dmth merret për bazë rasti kur antena punon në regjimin maksimal të saj.

E dhënë tjetër tepër e rëndësishme është edhe largësia nga pika e matjes tek qendra e antenës, mbi bazën e të cilës do të shikohet nëse po punojmë në fushën në afërsi apo në fushën në largësi. Për të llogaritur distancën nga pika e matjes tek antena, algoritmi ynë merr si të dhëna: lartësinë e kullës së antenës dhe largësinë nga poli i antenës. Përsa i përket kufirit ndarës (distancës nga antena) midis fushës në afërsi dhe fushës në

largësi, pra  $\rho_0$  – distanca ku karakteri cilindrik i fushës ndryshon në sferik, mund të themi se:

- Për 900 MHz:
  - zona e fushës në largësi fillon në 12.2 metra,  $\rho_0$  llogaritet sipas metodës teorike (ekuacioni 6.12)
  - zona e fushës në largësi fillon në 12.93 metra, llogaritur sipas formulës  $\lambda+2L^2/\lambda$
- Për 1800 MHz:
  - zona e fushës në largësi fillon në 26.46 metra,  $\rho_0$  llogaritet sipas metodës teorike (ekuacioni 6.12)
  - zona e fushës në largësi fillon në 23.78 metra, llogaritur sipas formulës  $\lambda+2L^2/\lambda$
- Për 2100 MHz:
  - zona e fushës në largësi fillon në 26.46 metra,  $\rho_0$  llogaritet sipas metodës teorike (ekuacioni 6.12)
  - zona e fushës në largësi fillon në 27.74 metra, llogaritur sipas formulës  $\lambda+2L^2/\lambda$

E dhënë tjetër tepër e rëndësishme që merret nga terreni dhe që përdoret në formulën teorike është këndi  $\theta$ , këndi që formon pika e matjes me aksin e antenës / lobit kryesor të rrezatimit. Kryesisht matjet janë kryer në pikën ku antena / lobi kryesor i rrezatimit ka qenë përballë (rrezatimi maksimal), megjithatë ka pasur raste ku pika e matjes ka qenë e shmangur me një kënd  $\theta$  nga aksi qendor i antenës.

Paraqitja grafike e mëposhtme (figura 5.14 deri 5.18) tregon ndryshimin e vlerës së rrezatimit të emetuar nga antena inteligjente në varësi të kohës së matjes. Kjo antenë ndodhet në *Koplik*. Largësia midis pikës së matjes dhe antenës është  $\rho=43.86$  m, pra ndodhemi në rajonin e fushës së largët për të tre frekuencat. Gjithashtu, pika e matjes është e shmangur nga qendra e antenës (lobit kryesor të rrezatimit) me një kënd  $\theta=35^\circ$ . Tipi i antenës Kathrein 741344 (shiko aneksin C për më shumë). Nga grafiku duket qartë që vlerat e matura për këtë bandë ndodhen brenda standarteve të përcaktuara nga ICNIRP.

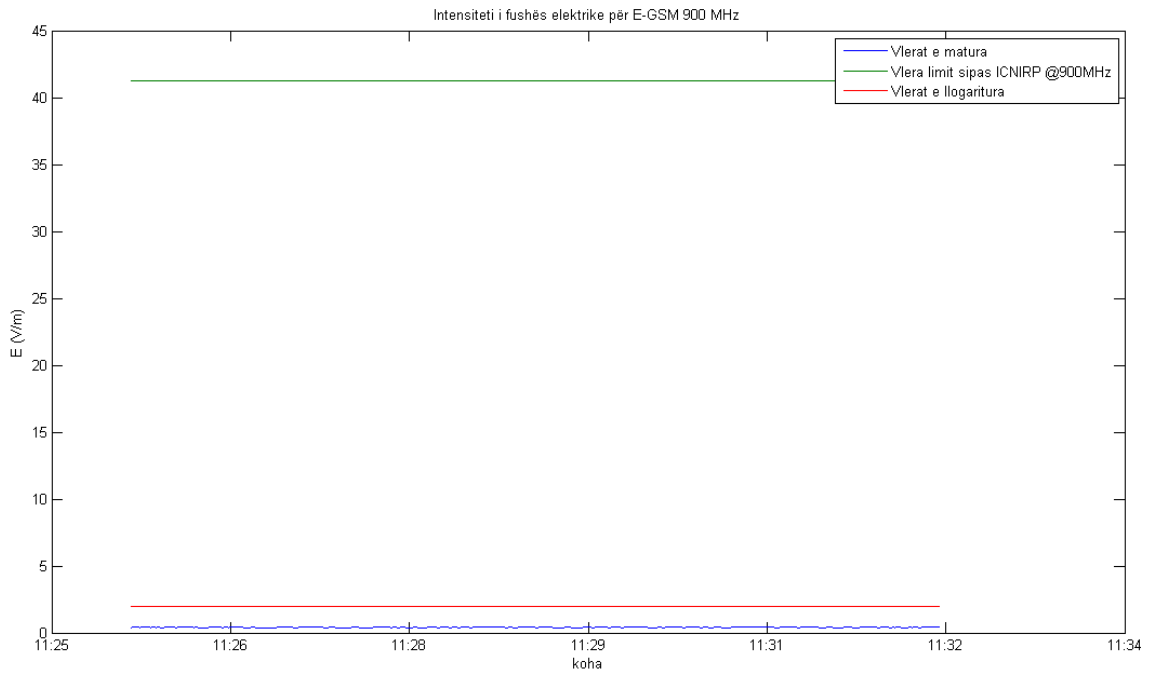


Figura 5.14: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 925 – 935 MHz (E-GSM900), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=43.86$  m,  $\theta=35^\circ$

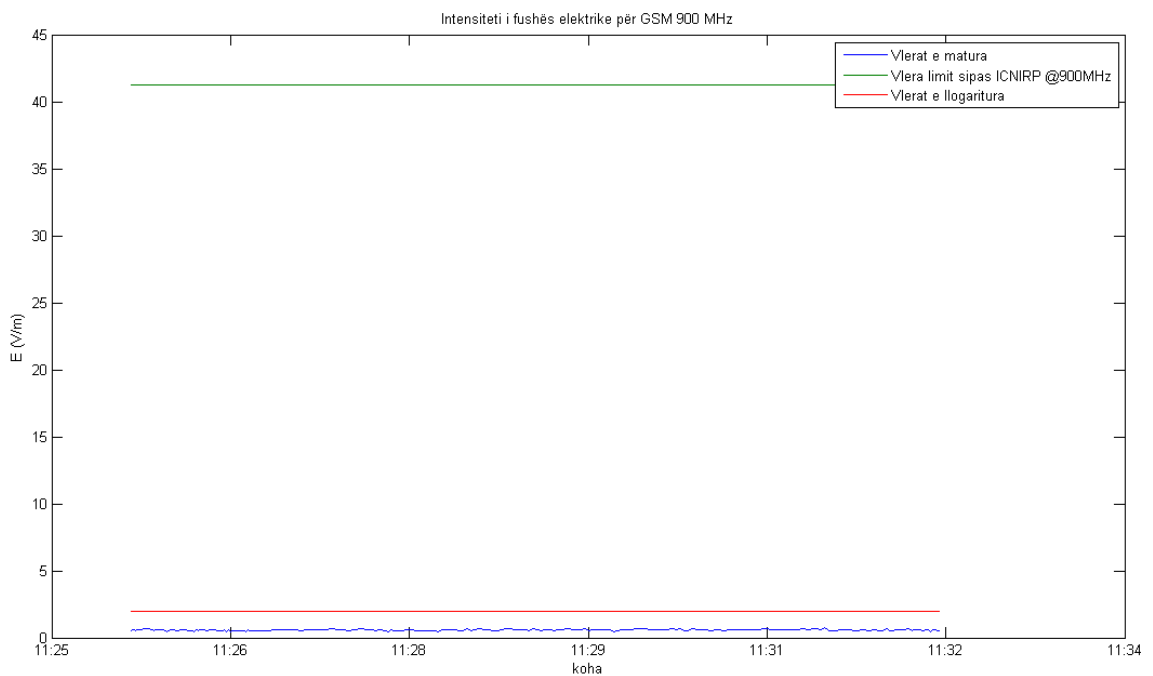


Figura 5.15: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 935.2 – 943 MHz (GSM900), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=43.86$  m,  $\theta=35^\circ$

Në grafikët e mëposhtëm (figura 5.16/5.17) tregohen vlerat e rrezatimit për rrezatimin jo-jonizues që shkaktohet pranë antenës inteligjente të stacionit bazë për dy bandat e tjera, 1800 MHz dhe 2100 MHz.

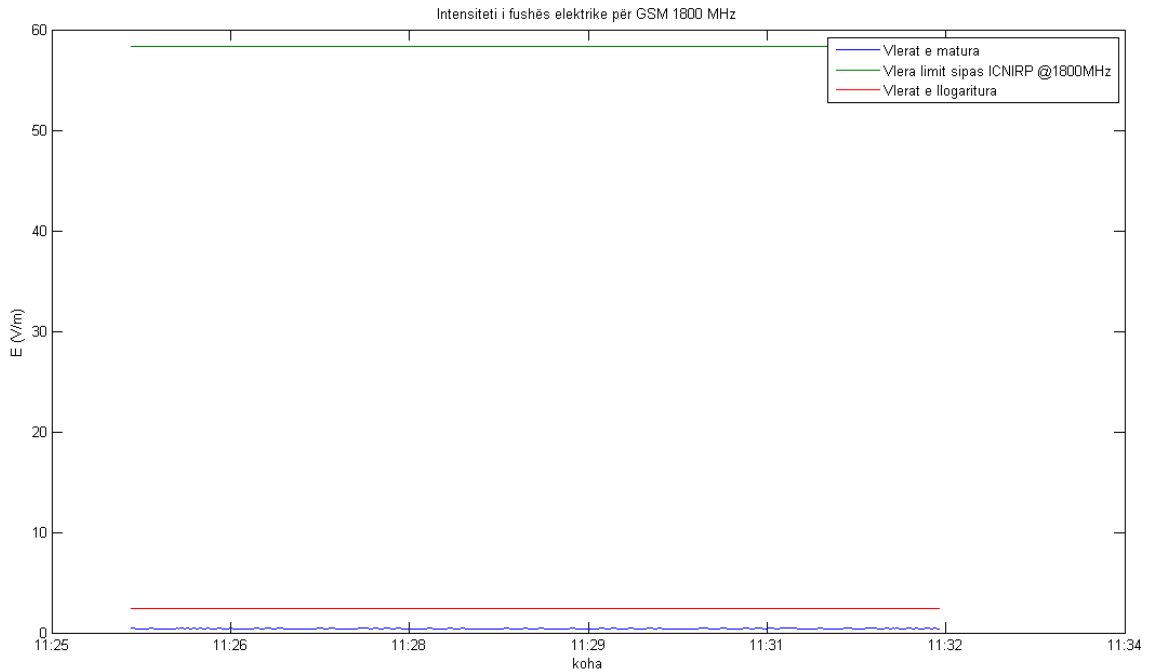


Figura 5.16: Matja e intensitetit të fushës-E për bandën 1815 – 1823 MHz (GSM1800), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=43.86$  m,  $\theta=35^\circ$

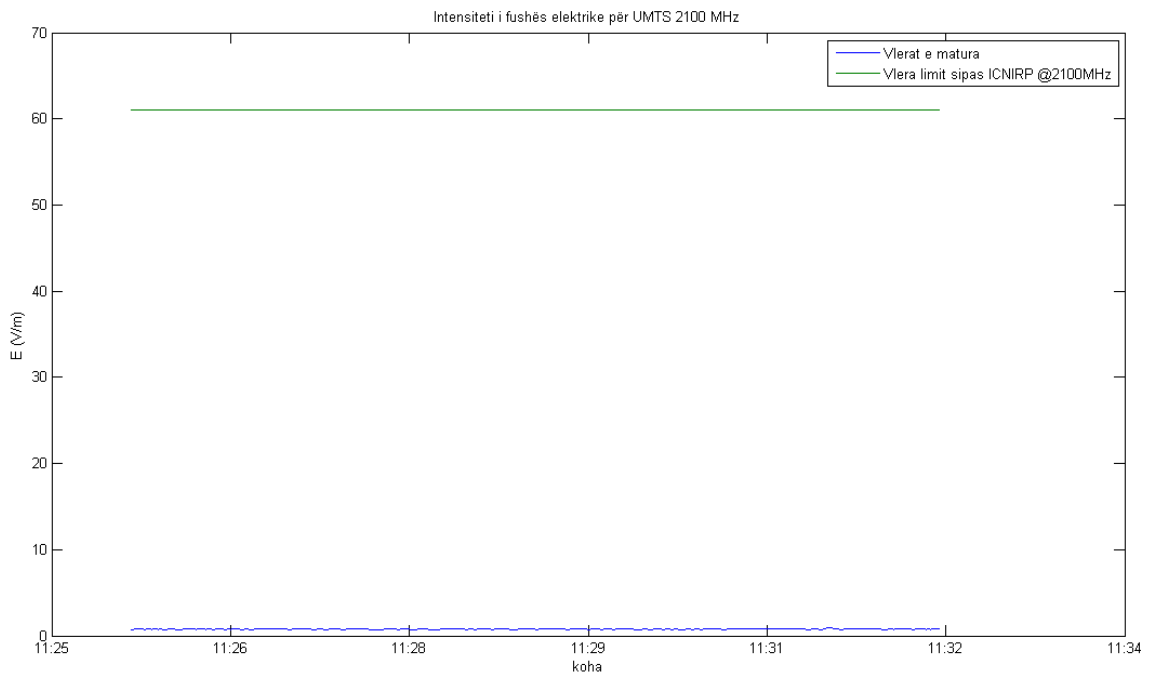


Figura 5.17: Matja e intensitetit të fushës-E për bandën 2125.4 – 2140 MHz (UMTS), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=43.86$  m,  $\theta=35^\circ$

Rrezatimi i matur i përket vetëm bandave në të cilat operojnë antenat e rrjetit në shqyrtim, por që të vlerësohet siguria e shëndetit të publikut duhet të matet rrezatimi total jo-jonizues që shkaktohet nga të gjithë operatorët e rrjetit në atë pikë. Kjo gjë është e mundur me instrumentin SRM-3000 dhe një vlerësim më i plotë mund të bëhet. Vlera totale e rrezatimit të matur në të njejtën pikë të marrë në shqyrtim dhe jepet në grafikun e mëposhtëm (figura 5.18). Vihet re se kjo vlerë është pak a shumë e përafërt me 3-4 fishin e vlerës totale të rrezatimit të shkaktuar nga një operator i vetëm. Kjo ndodh sepse numri i operatorëve në vendin tonë është katër, dhe në mënyrë të përafërt secili kontribon në rrezatimin total jo-jonizues në atë pikë.

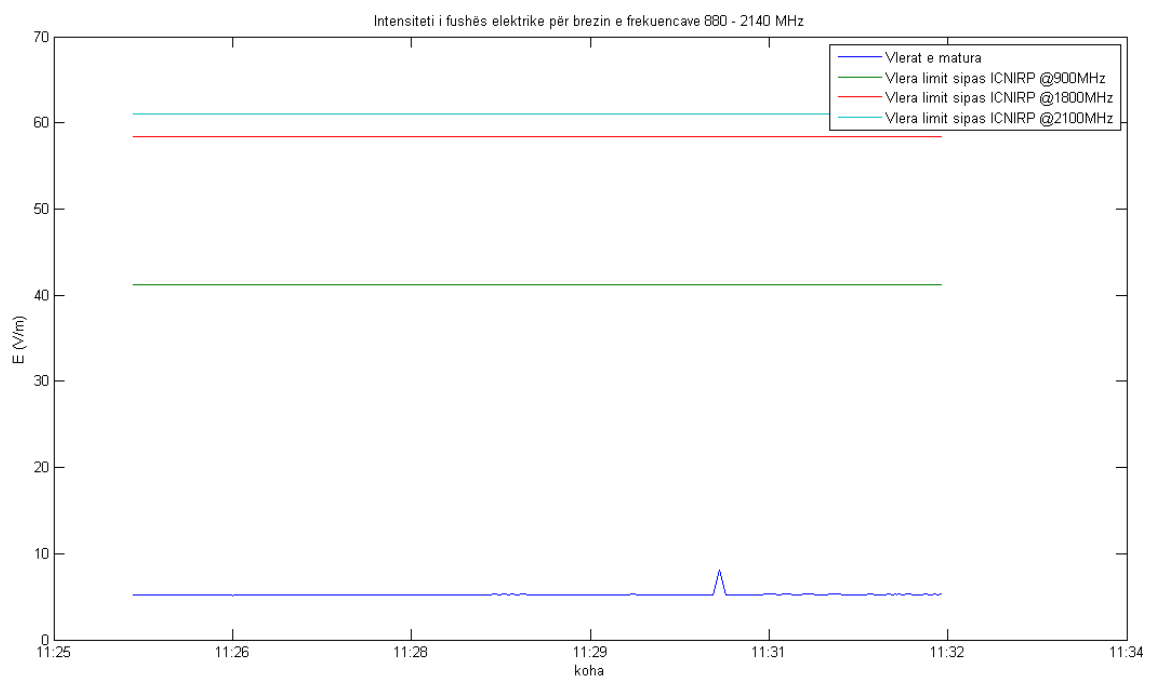


Figura 5.18: Matja e intensitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz, hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=43.86$  m,  $\theta=35^\circ$

Site i parë (Kopliku) është rural dhe normalisht dendësia e përdoruesve është më e vogël se në një site urban. E përkthyer ndryshe në rrezatim më të vogël seç mund të kishte një antenë e cila iu shërben një numri më të lartë përdoruesish.

Në vazhdim do të interpretohen rezultatet e matura pranë një stacioni urban, i vendosur në rrugën Bardhyl (Tiranë), ku pritet që rrezatimi të jetë më i lartë se në stacionin që shqyrtuam më sipër. Largësia midis pikës së matjes dhe antenës është  $\rho=11$  m, pra ndodhemi në rajonin e fushës së afërt për të tre frekuencat. Gjithashtu, pika e

matjes është e shmangur nga qendra e antenës (lobit kryesor të rrezatimit) me një kënd  $\theta=30^\circ$ . Tipi i antenës DBXLH-6565B-VTM (shiko aneksin C për më shumë). Duke qenë se rrezatimi i antenave inteligjente varet nga trafiku aktual atëherë pritet që rrezatimi duhet të jetë më i lartë. Të njëjtën gjë mund të themi dhe për rrezatimin total të tij. Edhe në këtë rast është evidente përmbushja e standarteve të vendosur nga ICNIRP. Më poshtë janë paraqitur grafikët (figura. 5.19 deri 5.23) me vlerat e matura dhe vlerat e standartit përkatës për secilën nga bandat ku operohet si dhe për rrezatimin total jo-jonizues.

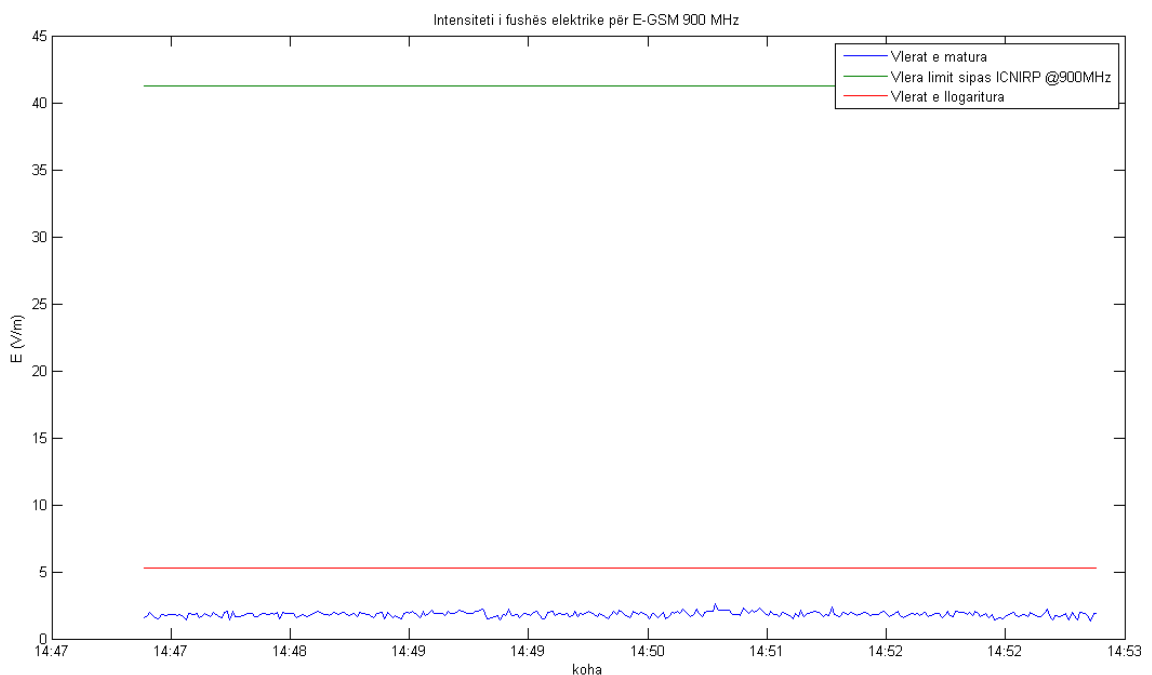


Figura 5.19: Matja e intensitetit të fushës-E për bandën 925 – 935 MHz (E-GSM900), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=11$  m,  $\theta=30^\circ$

Në të gjithë bandat ku janë bërë matjet vërehen vlera më të larta afër stacioneve urbane. Kjo përforcon atë që u tha më sipër që rrezatimi për antenat inteligjente varet dhe nga trafiku dhe dendësia e përdoruesve aktual. Vlerësimi i mësipërm është thjesht ilustrues, por kjo nuk do të thotë me patjetër që rrezatimi duhet të jetë më i lartë për shtet që kanë më shumë trafik sepse në vendet ku trafiku është i ulët zakonisht lind nevoja e mbulimit më të lartë. Kështu nëse pretendohet një mbulim më i gjerë, duhet që antenna inteligjente të emetojë rrezatim më të lartë që të mund ti shërbejë dhe përdoruesit më të largët (në konturet e mbulimit).



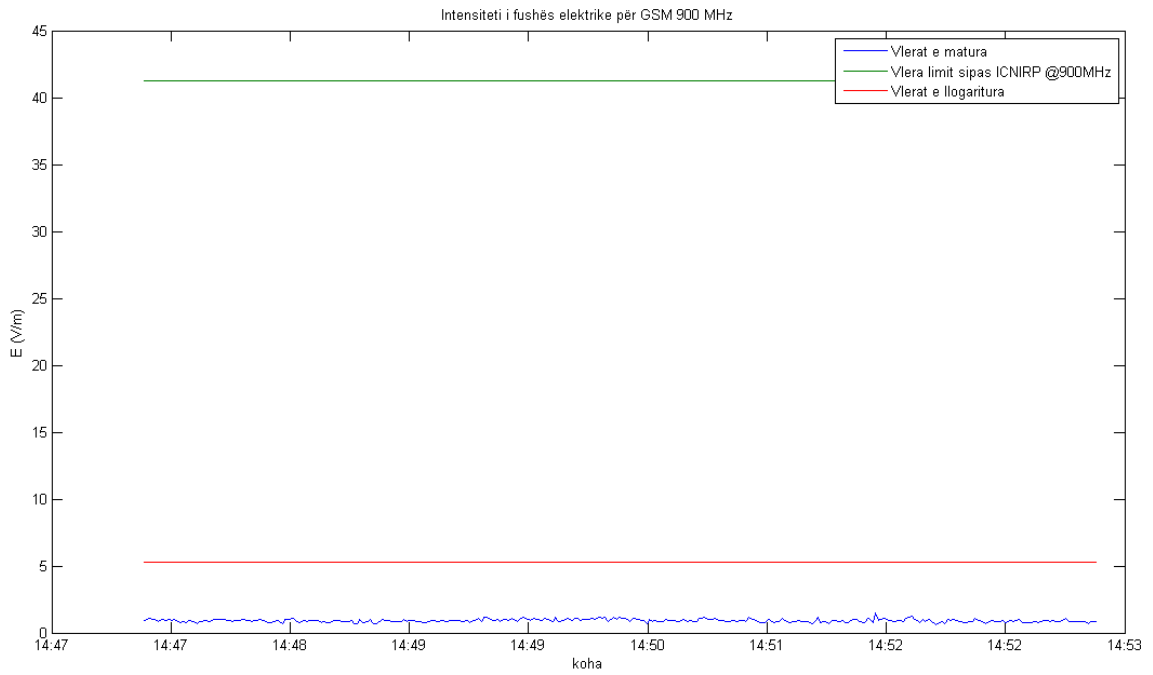


Figura 5.20: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 935.2 – 943 MHz (GSM900), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=11$  m,  $\theta=30^\circ$

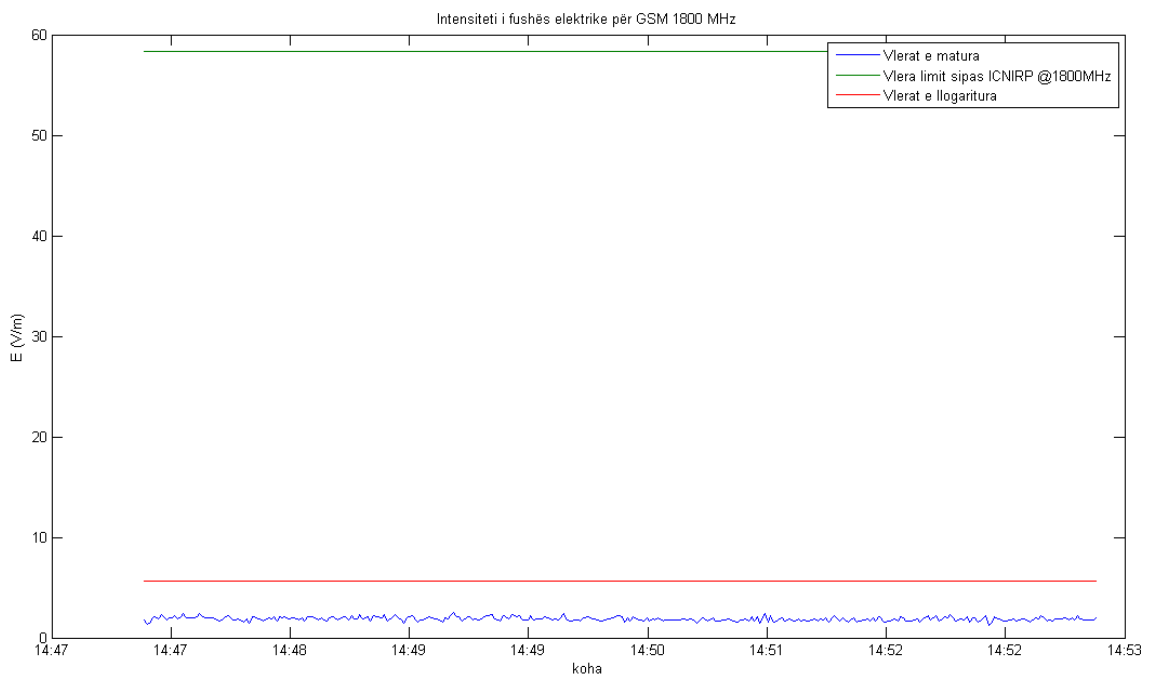


Figura 5.21: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 1815 – 1823 MHz (GSM1800), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=11$  m,  $\theta=30^\circ$

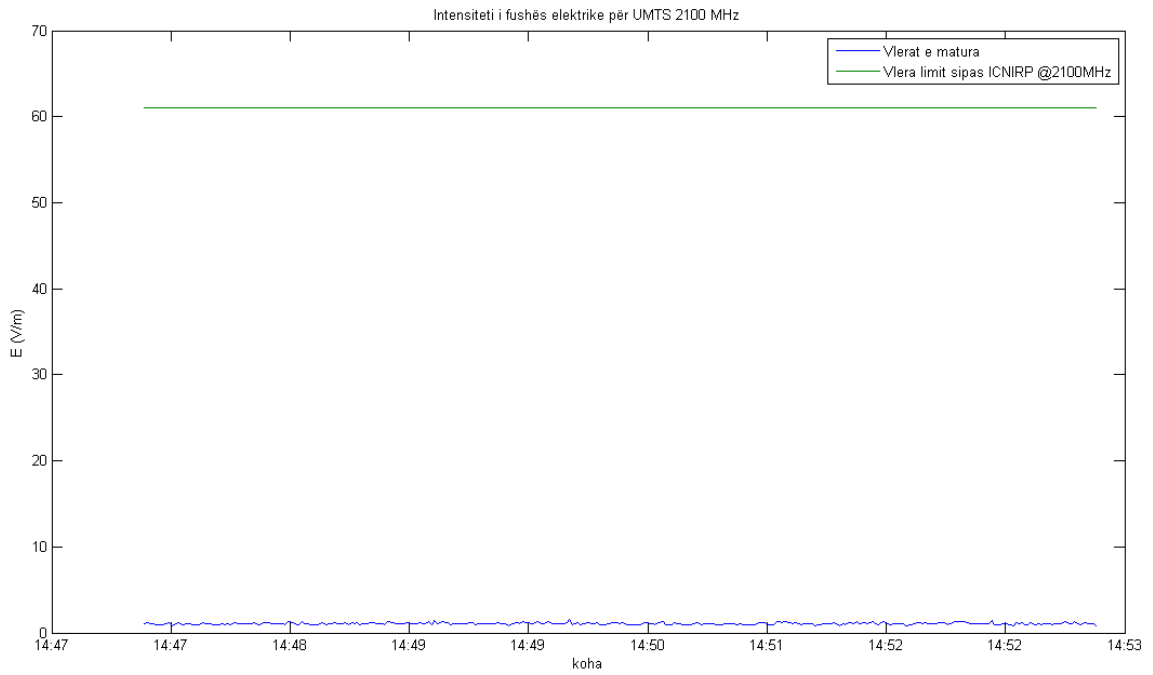


Figura 5.22: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 2125.4 – 2140 MHz (UMTS), hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=11$  m,  $\theta=30^\circ$

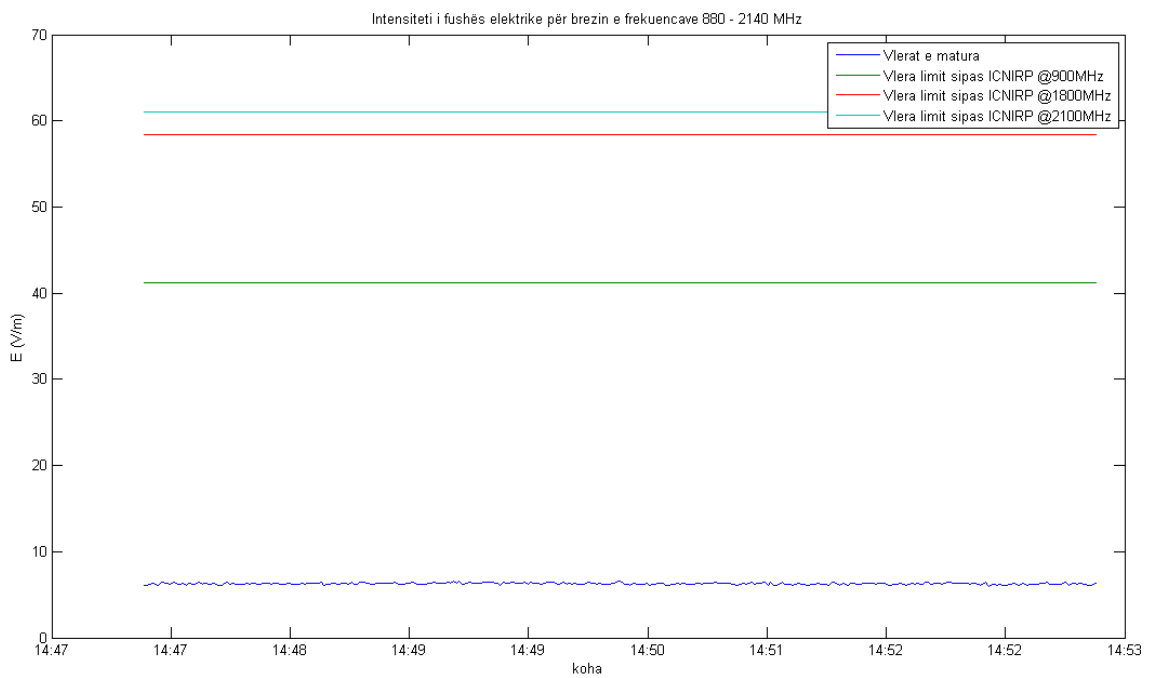


Figura 5.23: Matja e intesitetit të fushës-E për bandën 880 – 2140 MHz, hapi 1 sek, 360 kampione matjeje,  $\rho=11$  m,  $\theta=30^\circ$

## 5.6. Përfundime lidhur me Algoritmin e propozuar në MATLAB

1. Objekti i këtij kapitulli ishte zhvillimi i një algoritmi për përpunimin e të dhënave të matjeve dhe vizualizimin e tyre në formë grafike, me qëllim lehtësimin e interpretimit të vlerave të matura dhe personalizimin e përpunimit të të dhënave sipas mënyrave të ndryshme që mund të kërkohen. Algoritmi u ndërtua për vlerat e matura në 900, 1800 dhe 2100 MHz, si dhe për vlerat totale të matura me brez të gjerë. Algoritmi u zbatua për matjet e kryera për një kompani konkrete celulare në territorin e Shqipërisë, matje që janë kryer në 80 stacione të shpërndara pothuajse në të gjithë territorin. Modifikimi i funksionit *xlsread*, bëri që të dhënat të përpunoheshin shumë herë më shpejtë, (rreth 30 herë) dhe me një saktësi të madhe.
2. Mënyra të tjera për të vlerësuar ekspozimi RF janë metodat e përbëra si nga llogaritje analitike, ashtu edhe nga llogaritje numerike. Këto mjete janë shumë të dobishme për të bërë saktësime në mënyrë të tërthortë të matjeve RF. Meqënëse programet e llogaritjes lejojnë që të shqyrtohen zona të gjëra rreth transmetuesve RF atëherë ato janë të përshtatshme për të marrë informacion të besueshëm rreth kushteve të ekspozimit rreth këtyre transmetuesve. Në algoritmin e zhvilluar në këtë punim u inkorporua edhe një metodë teorike e llogaritjes së intensitetit të fushës. Krahasimi i vlerës së matur me vlerën e llogaritur teorikisht shërben edhe si një mënyrë për vlerësimin e metodës teorike të llogaritjes së rrezatimit.
3. Kur jemi në fushën në afërsi, metoda teorike e llogaritjes së intensitetit të fushës-E e mbivlerëson rezultatin real. Kjo vihet re nga diferenca e madhe midis vlerave të matura dhe vlerës së llogaritur teorikisht. Ndikimi i këndit  $\theta$  është i madh në fushën në afërsi, pra për simulime të të njëjtit site, por me kënd  $\theta$  të ndryshëm ( $0^\circ$  dhe  $xx^\circ$ ) shihet se vlerat e llogaritura teorikisht ndryshojnë shumë nga njëra-tjetra dhe gjithashtu nga vlerat e matura.
4. Kur jemi në fushën në largësi, metoda e llogaritjes së intensitetit të fushës-E jep një vlerë të përafërt me vlerën reale të matur. Kjo vihet re nga diferenca tepër e vogël që ka vlera e matur me vlerën e llogaritur teorikisht. Pra, mund të themi se metoda teorike e vlerësimit të fushës jep një vlerë pothuajse të saktë. Them i “pothuajse”, sepse vlera e llogaritur teorikisht merr parasysh rastin kur antena punon në regjim maksimal, pra kemi një mbivlerësim të vlerës reale të matur, megjithatë jemi brenda kufijve ku mund të themi se jemi brenda tolerancës së nivelit të rrezatimit. Ndikimi i këndit  $\theta$  është i vogël në fushën në largësi, pra për simulime të të njëjtit site, por me kënd  $\theta$  të ndryshëm ( $0^\circ$  dhe  $xx^\circ$ ) shihet se

vlerat e llogaritura teorikisht ndryshojnë shumë pak nga njëra-tjetra dhe gjithashtu nga vlerat e matura.

5. Për sitet e vendosura në qendrat urbane të qyteteve të vogla (Mamurras, Laç, Lezhë, Lushnje, Koplík, etj.) vihet re se niveli i rrezatimit të fushës-E është më i vogël sesa në sitet e vendosura në qendrat e mëdha urbane në Tiranë apo Durrës. Gjithashtu vihet re se intensiteti i fushës-E në qendrat e vogla (Mamurras, Laç, Lezhë, Lushnje, Koplík, etj) nuk ka ndonjë devijancë të madhe nga vlera mesatare. Ky fakt lidhet me trafikun e ulët që gjenerohet në këto qendra. Si rrjedhojë edhe niveli i rrezatimit të fushës do të jetë i vogël.
6. Përsa i përket të gjithë vlerave të matura, mund të themi se në asnjë rast nuk u konstatua tejkalim i vlerave të llogaritura teorikisht nga vlerat e matura praktikisht. Gjithashtu nuk u vërejt në asnjë rast tejkalimi i niveleve kufi të vendosur nga ICNIRP.

## Kapitulli 6

### Modelimi i një Kubi në Oracle për përpunimin dhe analizën e rezultateve të matjeve

Algoritmi i ndërtuar në MatLAB, i paraqitur në kapitullin e 5-të, shërben për përpunimin e të dhënave të matjeve dhe vizualizimin e tyre në formë grafike, me qëllim lehtësimin e interpretimit të vlerave të matura, si dhe personalizimin e tyre sipas mënyrave të ndryshme që mund të kërkohen. Në këtë kapitull kemi paraqitur modelin e propozuar lidhur me përpunimin e të dhënave, në Oracle. Qëllimi ynë është të bëhet modelimi i një KUBI, i cili do të përdoret nga baza e të dhënave Oracle dhe aplikimet e Oracle për “Business Intelligence”, për të realizuar vlerësime të ndryshme statistikore, gjenerim raportesh dhe KPI<sup>1</sup> për situata të ndryshme, si dhe vizualizim interaktiv të tyre.

#### 6.1. Baza e të dhënave në Oracle

Një bazë të dhënash Oracle [34] është zemra e një zgjidhjeje që bazohet në *data warehouse* dhe *business intelligence*. Historia e gjatë e bazave të të dhënave relacionale të Oracle daton që në 1970, kur fokusi fillestar ishte tek procesimi online i transaksioneve. Me krijimin e data warehouse dhe kur business intelligence në mbështetje të vendimarrjeve u bë popullore, Oracle filloi të shtojë veçori të reja për të mbështetur sa më mirë këtë tendencë, nga të cilat, më të rëndësishmet filluan me Oracle 7 në 1991.

Një *data warehouse* është një sistem që merr dhe konsolidon të dhënat në mënyrë periodike, nga sisteme të tjera në modele dimensionale ose të normalizuara. Zakonisht mbajnë të dhëna për vite të ndryshme dhe janë të modeluar që të lehtësojnë kërkimin e informacionit për business intelligence (BI) [35] apo të dhënat e tjera analitike. Sot baza e të dhënave Oracle përmbajnë një gamë shumë të gjerë veçorish, të konceptuara për të mbështetur mjedise nga më të ndryshmet e BI. Kështu për shembull, Oracle ka shtuar shumë veçori me ndikim të madh në performancë siç janë paralelizmi i zgjeruar, indekset statike Bitmap, teknikat e avancuara të lidhjeve “YII” (*star*), pamjet (*view*) e

---

<sup>1</sup> Key performance Indicator

materializuara, funksionet e avancuara analitike, kubat shumë dimensionale (OLAP) dhe data mining [36].

Me rritjen e madhësisë dhe kompleksitetit të databazave, Oracle ka zhvilluar menaxhime më të avancuara dhe ka rritur aftësitë vetë menaxhuese, përfshirë këtu veçoritë specifike të Enterprise Manager për data warehouse [37], shkallën automatike të paralelizmit, administrimin e memories gjatë kohës së administrimit të query-ve, menaxhuesin e burimeve të *databazës*, kompresimin e tabelave, monitorimin automatik diagnostikues të databazës (ADDM), menaxhuesin e ruatjes automatike (ASM). Pa dyshim, meqë një data warehouse i mbledh të dhënat nga burime të ndryshme, Oracle ka shtuar dhe optimizuar aftësitë lëvizëse të të dhënave brenda databazës, përfshirë SQL\*Loader, ekstratimin (extraction), transformimin (transformation) dhe ngarkimin (loading) (ETL), transportimin e tablespace-ve dhe Streams për query dhe replikime të avancuara.

Këto veçori janë të gjitha të domosdoshme, megjithëse një data warehouse fillimisht mund të jetë e vogël dhe e thjeshtë, të ofrosh të dhënat e duhura ka një rëndësi shumë të madhe në vendimmarrjet e ndryshme, te cilat do të mbështeten në këto të dhëna, dhe për këtë qëllim shpesh herë kërkohen të dhëna historike, të shtrira në kohë dhe të regjistruara në një nivel shumë të detajuar.

Analizat mund të kërkojnë dhe një akses në kohë reale të të dhënave. Meqë një analist të dhënash përparon vazhdimisht në përvetësimin dhe kuptueshmërinë e të dhënave, një raport i thjeshtë nuk është kurrë i mjaftueshëm, kështu që për të rritur shkallën e vendimmarrjeve të tij janë gjithmonë të nevojshme ad hoc query-të dhe analizat e sofistikuar. Në kuadër të përparimit të vazhdueshëm, shumica e data warehouse-ve nuk konsiderohen kurrë të përfunduara, ato janë gjithnjë në zhvillim e sipër për t'iu përgjigjur sa më mire ndryshimeve që ndodhin në fushat për të cilat ato janë ndërtuar.

### **6.1.1. Integruesi i të dhënave Oracle - ODI**

Për të realizuar procesin e ETL fillimisht Oracle ka përdorur *Oracle Warehouse Builder* (OWB), më vonë është kaluar në aplikimin *Oracle Data Integrator* (ODI). Ndryshe nga OWB që përdor teknikën ETL për leximin, transformimin dhe ngarkimin e të dhënave, ODI përdor teknikën ELT ku ngarkimi dhe transformimi bëhen njëkohësisht. [38]

Integruesi i të dhënave Oracle – ODI përbëhet nga komponentët e mëposhtëm:

- Vendruajtjet (*repositories*), që përbëhen nga një vendruajtje kryesore (*master repository*) dhe nga një ose disa vendruajtje pune (*work repositories*). Në këto

vendruajtje ruhen të dhënat “*metadata*” e procesit të integritimit. Këto vendruajtje mund të instalohen në çdo motor database që suporton ANSI ISO 89.

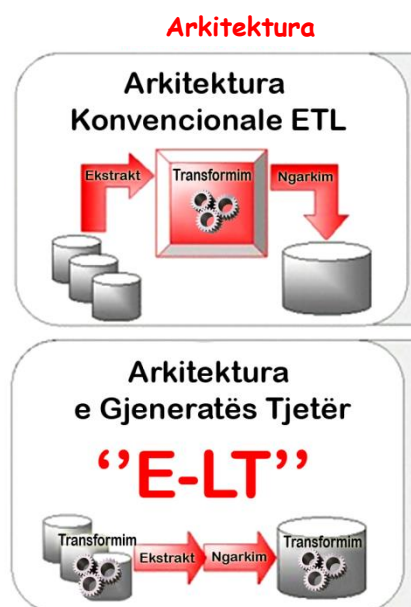


Figura 6.1: Arkitektura E-LT (ekstrakt – ngarkim – transformim)

- Ndërfaqet grafike, si topologjia, projektimi, siguria, përdoruesi, si dhe agjentët e ekzekutimit janë ndërtuar në Java duke mundësuar aksesin tek vendruajtjet në mënyrën *client/server*.
- Navigatori - Metadata, një aplikim [Servlet/JSP](#) që mundëson aksesin tek vendruajtjet nëpërmjet ndërfaqes *Web*.

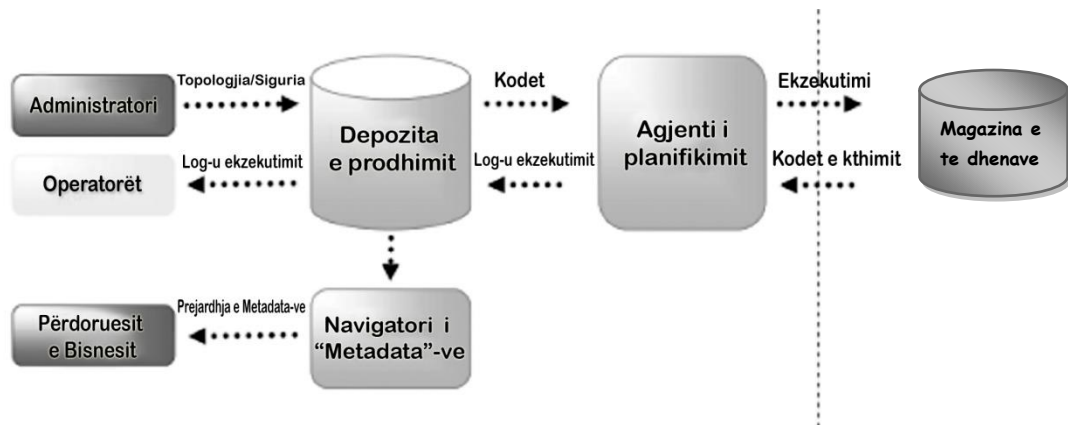


Figura 6.2: Integruesi i të dhënave Oracle

### 6.1.2. Edituesi i Oracle Business Intelligence Enterprise - OBIEE

OBIEE është një sistem i plotë dhe i unifikuar nga pikëpamja arkitekturore për business intelligence, që përdoret për raportim, analiza, ad hoc query, dashboard, scorecards, etj. OBIEE përbëhet nga disa shërbime si: “Answers”, “Delivers”, “Dashboards” dhe “Aplikimet”, të cilat së bashku ndihmojnë në organizimin dhe paraqitjen e të dhënave në funksion të një vendim marrje sa më të shpejtë.

Një nga komponentët më të rëndësishëm të Oracle BI është Oracle BI Presentation Services, i cili konsiston në:

- **Oracle Business Intelligence Answers** – Ofrojnë përgjigjë për pyetjet e ndryshme që shtrohen nga konsumatori. E lejojnë përdoruesin, që ka të drejtat e nevojshme, për të ndërtuar ose modifikuar raporte, që konsumatori të eksplorojë dhe të bashkëveprojë me informacionin duke përdorur tabela, grafike, pivote, etj. Këto raporte mund të formatohen, ruhen, organizohen dhe ndahen me të tjerët. Një raport mund të konfigurohet që të rifreskojë të dhënat e tij në kohë reale. Në Answers, çdo raport ekzekuton një query të vetëm, dhe çdo query përdor një ose më shumë pamje, të cilat kombinohen në një pamje të kombinuar (paraqitje tabelare, grafike, etj). Answer-at përmbajnë komponentë shumë të rëndësishëm siç janë Tabelat, Crosstabs (pivotet), Grafikët, Gauges (tip grafikësh), View and Column Selectors (zgjedhësit e pamjeve apo te



kolonave), etj. Të gjitha këto lejojnë publikimin e të dhënave në Dashbord-e ndërvepruese me përdoruesin.

- **Oracle Business Intelligence Dashboards** - Është një mjet prezantimi i integruar me BI Answers, i cili i lejon përdoruesit të ekzekutojë raporte Ad-hoc (*answers*) bazuar në modelin e biznesit (kubin) të ndërtuar paraprakisht në *Admin tools*. Answer-at e krijuar në BI ruhen në katalogun e OBIEE dhe integrohen në faqet e saj (dashboards), duke u grupuar dhe organizuar në përputhje me përmbajtjen e tyre. Këto faqe janë interaktive dhe i japin mundësi përdoruesit që nëpërmjet filtrave të bëjë filtrimin e të dhënave.

Në rastin kur ai nuk është i interesuar që të shikojë të gjithë të dhënat, në *dashboard* shtohen filtrat (*prompts*), të cilat lejojnë përdoruesin të filtrojë të dhënat që dëshiron të shikojë. Gjithashtu filtrat mund të përcaktojnë dhe raportet që mund të afishohen në *dashboard*. Një veçori shumë e përdorshme në answer-a dhe dashboard-e është drilli, i cili i lejon përdoruesit që nga një nivel i lartë raportimi të zbrese në nivele gjithnjë e më të detajuara.

- **Oracle Business Intelligence Delivers** – Shpërndarjet janë një element i BI, i përdorur për të krijuar njoftime bazuar në rezultatet e raporteve të ndryshme. Rezultate të caktuara mund të konstatohen brenda raportit dhe njerëz të ndryshëm mund të marrin njoftime të menjëhershme nëpërmjet **web**-it ose kanaleve të komunikimit të celulareve. Ato mund të gjenerohen si pasojë e një planifikimi të mëparshëm ose në varesi të kushteve të ndryshme që mund të plotësojnë të dhënat.

## **Siguria në Oracle BI**

OBIEE ofron një nivel shumë të lartë sigurie, falë aksesit në elementë të ndryshëm të BI. Mekanizmi i sigurisë shtrihet si në objektet e Katalogut të Prezantimit ashtu dhe në nivelin e të dhënave. Përdorues të ndryshëm mund të kenë të drejta të ndryshme në faqe të caktuara të dashboard-eve, në answer-a të ndryshëm, në rekorde apo fusha të caktuara në tabelat e databazës.

## **Oracle Publisher**

**Publisher** është një komponent i rëndësishëm i OBIEE, i cili mundëson raportimin dhe publikimin e të dhënave në një format të mirëpërcaktuar. Ndërtimi i modelit të raporteve mund të bëhet në programe familjare si Microsoft Word dhe Adobe Acrobat.

Këto raporte mund të planifikohen që të shpërndahen nëpërmjet kanaleve të ndryshme si email, sms, ftp, etj. sipas roleve të krijuara paraprakisht (i njëjti raport mund të shpërndahet automatikisht në datën dhe orën e caktuar, në përdorues të ndryshëm me të dhënat që i takojnë secilit).

## 6.2. Modelimi i bazës së të dhënave

Në fillim u bë konceptimi për strukturën e bazës së të dhënave në trajtën e një data warehouse-i të tipit “STAR”. Në qendër të tij qëndron tabela e faktit që përmban të dhënat e matjeve dhe në skaje tabelat e Dimensioneve (dimensionet Stacion, Antenë dhe Kohë).

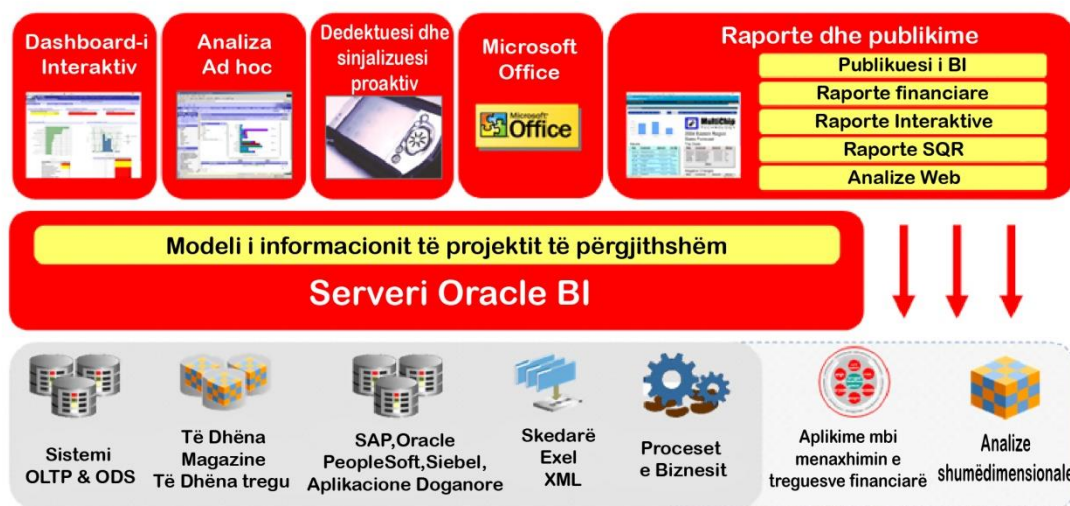


Figura 6.3: Paraqitja skematike e një Oracle BI

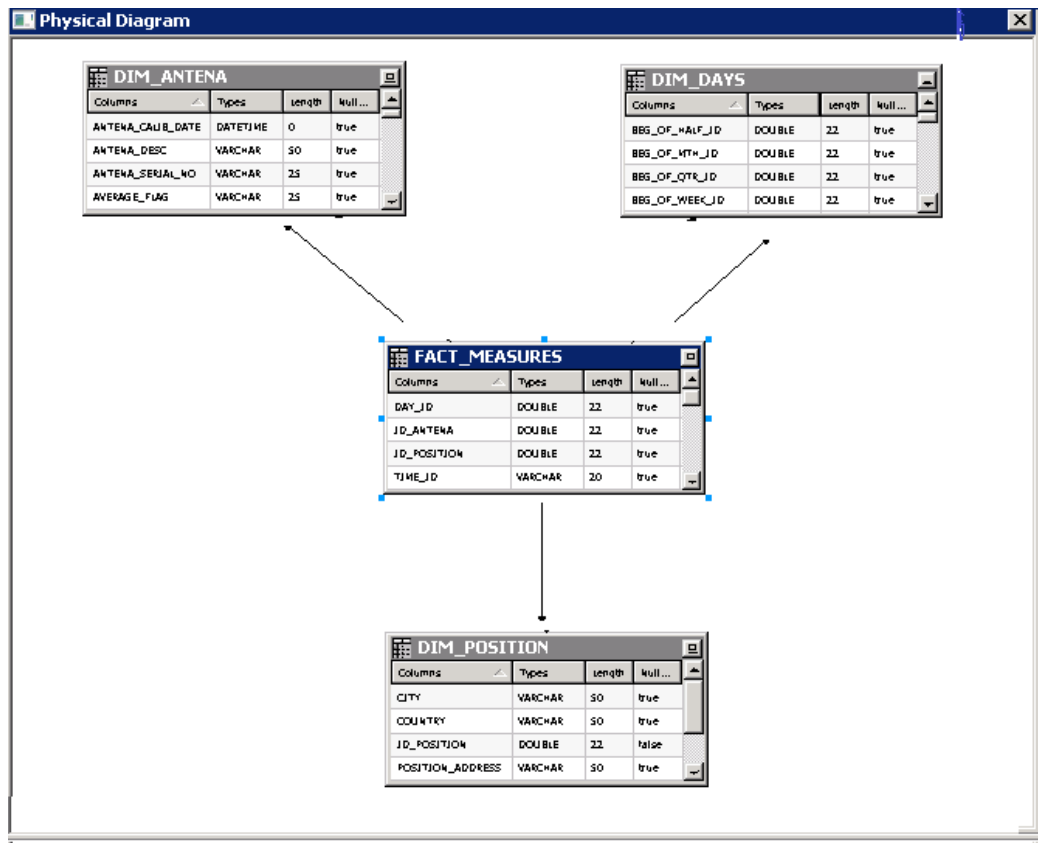


Figura 6.4: Struktura yll – (star) e bazës së të dhënave

### 6.3. Ngarkimi i të dhënave me anë të ODI

Me anë të ODI, është bërë ngarkimi automatik i të dhënave nga skedarët e Excel-it (.csv), në tabelat e krijuara në Oracle. Për këtë qëllim:

1. Është krijuar në ODI një variabël vEMFFilename i tipit Alphanumeric-Latest Value

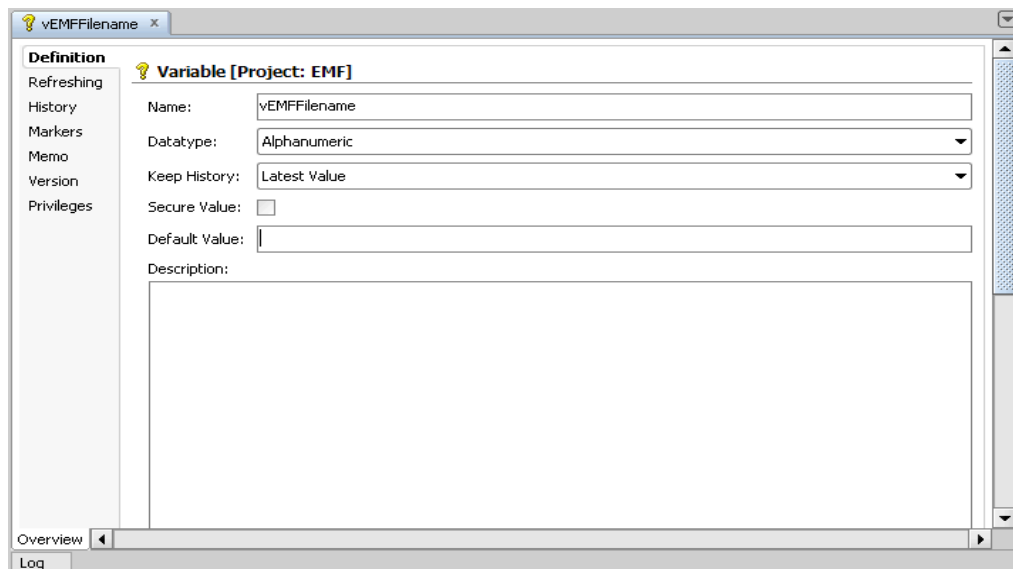


Figura 6.5: Krijimi i variablit Alphanumeric

2. Në seksionin **Datastore Model** ndërtohet modeli **EMF\_DATA** bazuar mbi strukturën e skedarëve **.csv** që do të ngarkohen. Në fushën **Resource name** vendoset emri i variablit **#vEMFFilename** në mënyrë që të përgjithësohet ky **data model** dhe të përdoret për ngarkimin e të **50 skedarëve .csv**.

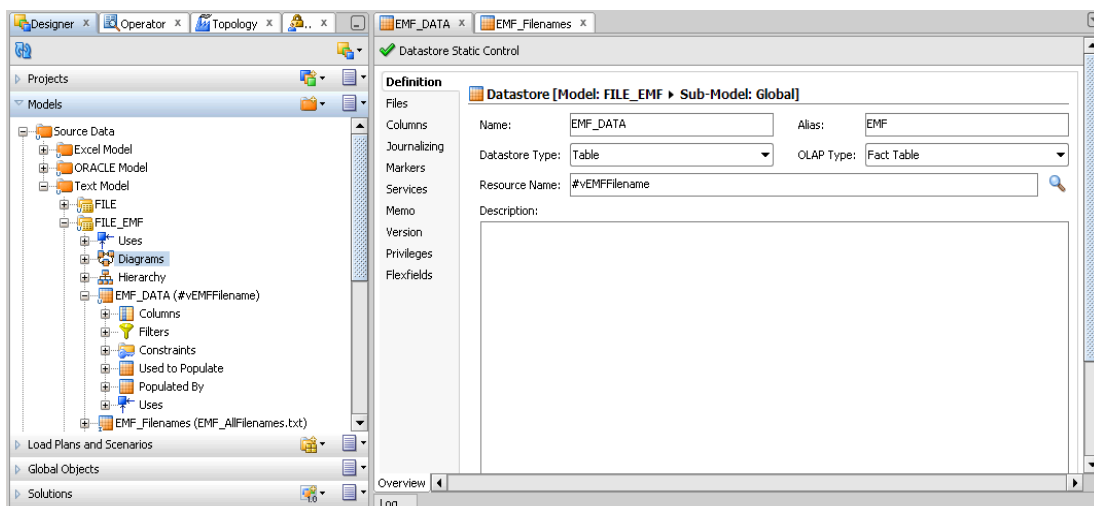


Figura 6. 6: Pamje nga seksioni Datastore model

3. Krijohet një tjetër **Datastore EMF\_Filenames**, i cili shënon në skedarin **EMF\_AllFilenames.txt** që përmban emrat e të gjithë skedarëve **.csv** që do të ngarkohen. Kjo Datastore përmban vetëm një kolonë të tipit karakter: **col\_Filename** në të cilën do të ruhet emri i skedarit.
4. Krijohet një procedurë **prc\_GetEmfFileNames**, e cila përmban një komandë të vetme **OS** në burim:

```
cmd /c dir D:\BI_FILES\EMF\*.csv /b /a-d >
D:\BI_FILES\EMF\EMF_AllFileNames.txt
```

Ekzekutimi i kësaj komande do të krijojë skedarin **EMF\_AllFileNames.txt** që përmban të gjithë emrat e skedarëve **.csv** të folderit **D:\BI\_FILES\EMF**.

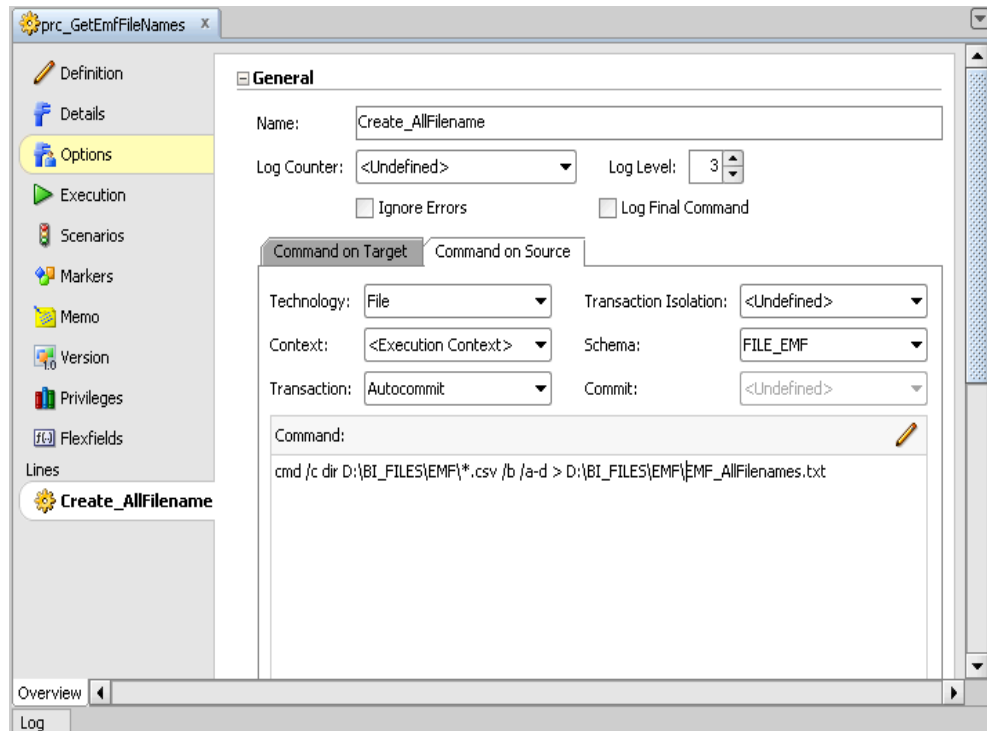


Figura 6.7: Krijimi i skedarit **EMF\_AllFileNames.txt**

5. Në procedurën `prc_GetEmfFileNames`, krijohet një komandë e re `getEMFFileNames` në burim:

```
Select col_Filename from EMF_FileNames.
```

Kësaj komande i shtohet pjesa e komenteve që shfaqen në dritaren **Data** të data modelit `EMF_FileNames` (në zonën SQL).

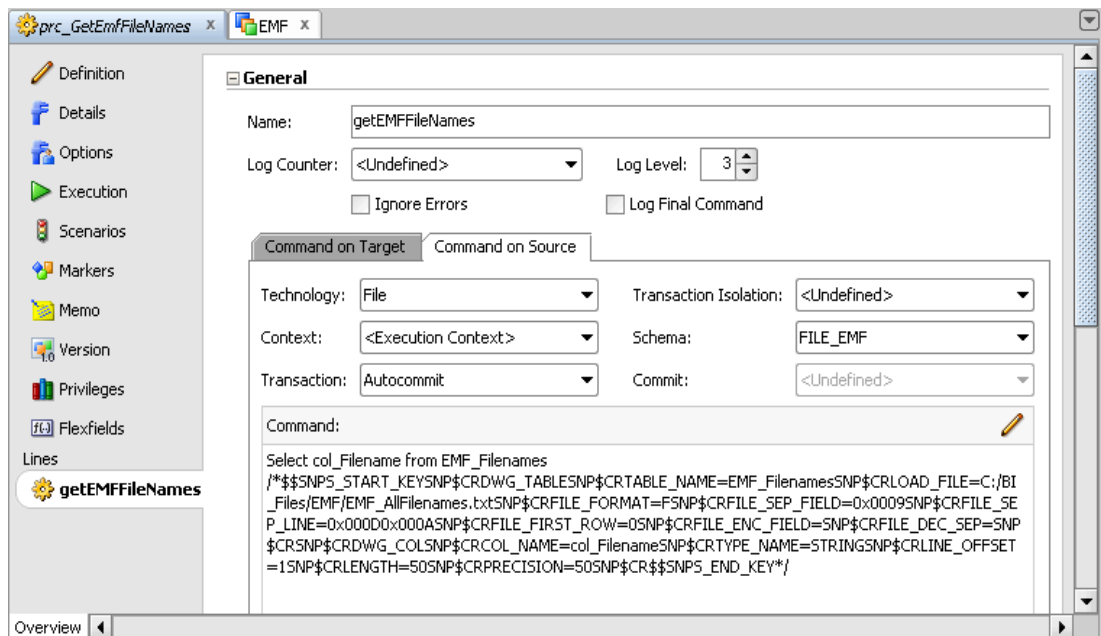


Figura 6.8: Skema që tregon procedurën *GetEmfFileNames*

- Krijohet ndërfaqja *Pop.LoadEmfData*, e cila ngarkon të dhënat nga skedari i rradhës *.csv* në tabelën e faktit në database. Si objekt burim i kësaj ndërfaqeje shërben Datastore që shënon në variablin *#vEMFFilename*, ndërsa si objekt destinacion shërben modeli që përfaqëson tabelën e faktit në databazë.

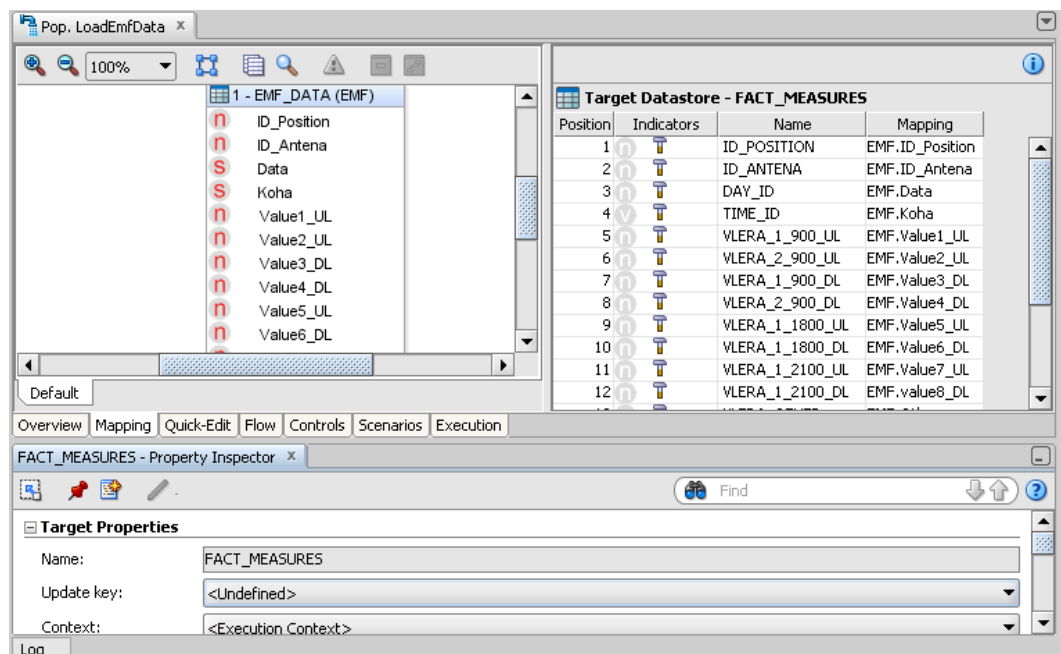


Figura 6.9: Ndërfaqja *Pop.LoadEmfData*

7. Krijohet paketa (package) `pck_LoadEmfData`, në të cilën vendoset si fillim variabli i ODI `vEMFFilename` i cili përcaktohet i llojit “SET”. Si objekt i dytë vendoset ndërfaqja e krijuar.

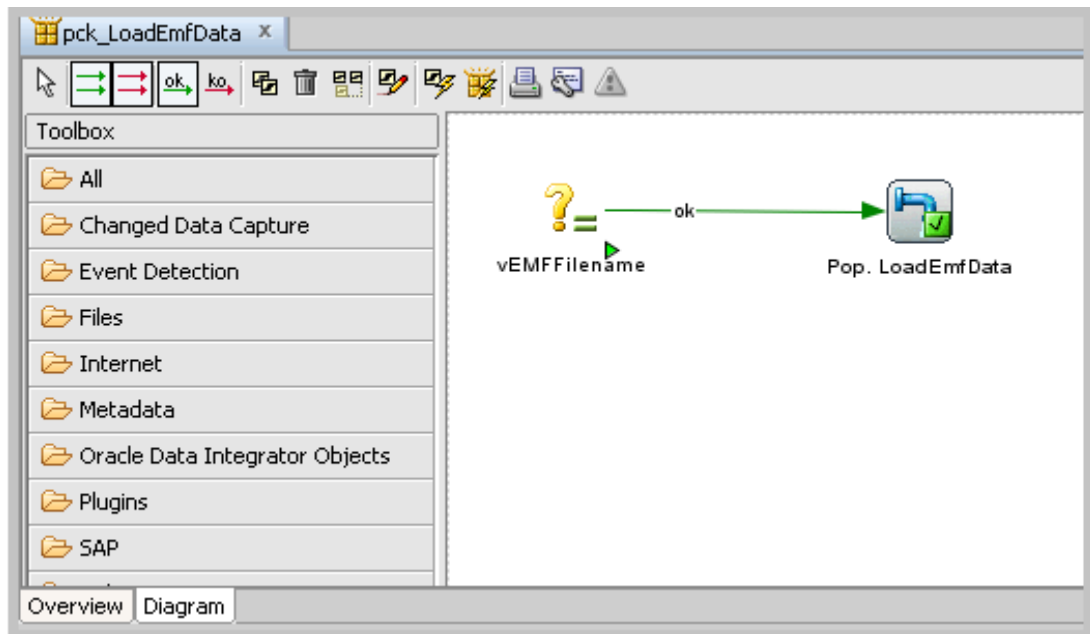


Figura 6.10: Krijimi i paketës `pck_LoadEmfData`

8. Gjenerohet skenari i paketës së sapo krijuar.
9. Rikthehemi në procedurën `prc_GetEmfFileNames` dhe në seksionin Target të komandës `getEMFFileNames` caktohet Technology: “ODI Tools” dhe komanda që ka si qëllim të ekezkutojë skenarin e gjeneruar më sipër:

```
OdiStartScen "-SCEN_NAME= PCK_LOADEMFDATA " "-SCEN_VERSION=001" "-
SYNC_MODE=1" "-WDC_PROJECT. vEMFFilename =#col_FileName"
```

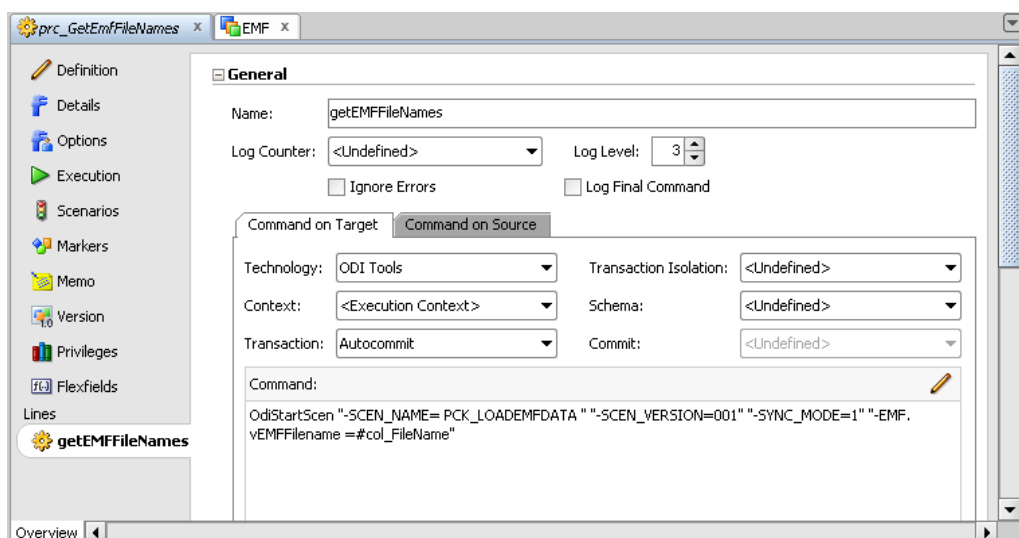


Figura 6.11: Rikthim në procedurën `GetEmfFileNames`

10. Ekzekutimi i procedurës së mësipërme do të mundësojë ekzekutimin e dy komandave të saj: Create\_AllFilename dhe getEMFFilenames, të cilat bëjnë të mundur ngarkimin në bazën e të dhënave të gjithë informacionit të ruajtur në skedarët csv.

Or...	Command	Context	Logical...	Transac...	Commit	Ignore E...	Log Final...	Log Level	Log Cou...
0	Create_AllFilename		FILE_...			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	
10	getEMFFilenames					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	

Figura 6.12: Ngarkimi në bazën e të dhënave i informacionit

Për ndërtimin e ndërfaqes janë të domosdoshme “Knowledge Modulet” e mëposhtëme: LKM File to SQL, CKM Oracle dhe IKM Oracle Incremental Update.

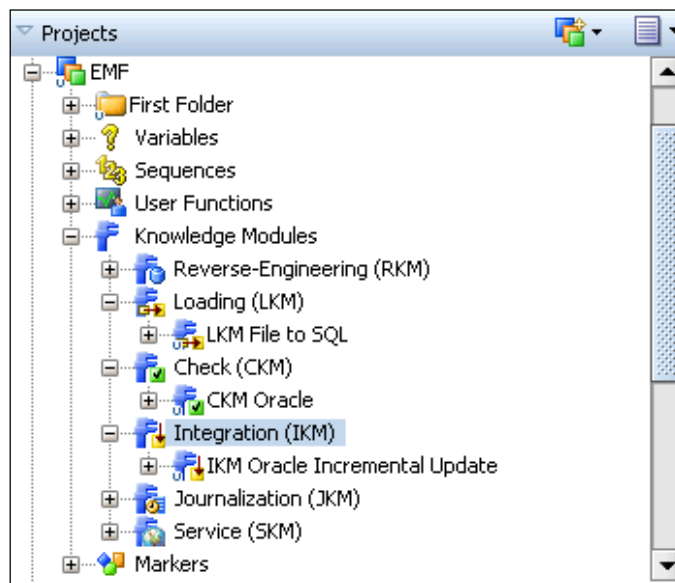


Figura 6.13: Modulet e njohjes (KM)

Në vijim po japim një pjesë të shkurtër nga kodet e përdorura në *Knowledge Module IKM Oracle Incremental Update* të ODI që bëjnë të mundur ngarkimin e të dhënave në tabelën destinacion.

*Create temp table*

```
create table <%=odiRef.getTable("L", "INT_NAME", "W")%>
```

```
(
```

```
<%=odiRef.getColList("", "[COL_NAME]\t\t[DEST_WRI_DT] NULL", ",\n\t", "", "")%>,
```

```
IND_UPDATE          CHAR(1)
```



```

)
<%=odiRef.getUserExit("FLOW_TABLE_OPTIONS")%>

Insert flow into temp table

/* DETECTION_STRATEGY = <%=odiRef.getOption("DETECTION_STRATEGY")%> */

<% if (odiRef.getOption("DETECTION_STRATEGY").length()==0) { %>

Invalid value for Strategy option

<% }; %>

<% if ("MINUS".equals(odiRef.getOption("DETECTION_STRATEGY"))) { %>

insert /*+ append */ into <%=odiRef.getTable("L","INT_NAME","A")%>

(

<%=odiRef.getColList("", "[COL_NAME]", ",\n\t", "", "(((INS or UPD) and !TRG) and
REW)")%>,

IND_UPDATE

```

Theksojmë, që e gjithë procedura e mësipërme mund të skedulohet (planifikohet) në mënyrë që të ekzekutohet në intervale të caktuara kohore, duke bërë të mundur që të ngarkojë në databazë të dhënat e matjeve të reja.

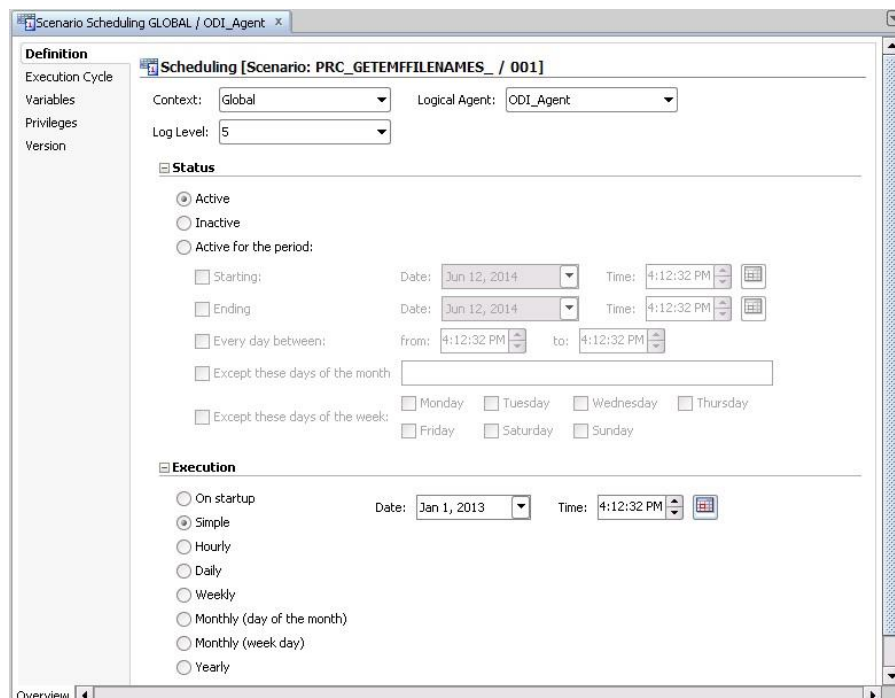


Figura 6.14: Opsionet e planifikimit të procedurës

#### 6.4. Mjetet e administrimit të OBIEE

Për ndërtimin e kubit, i cili do të përdoret për raportim, kalohet në *Administrator Tools*. Fillimisht në shtresën fizike (*Physical Layer*) ndërtohen lidhjet me bazën e të dhënave (me skemat, në të cilat ndodhen tabelat që do të përdoren për raportim).

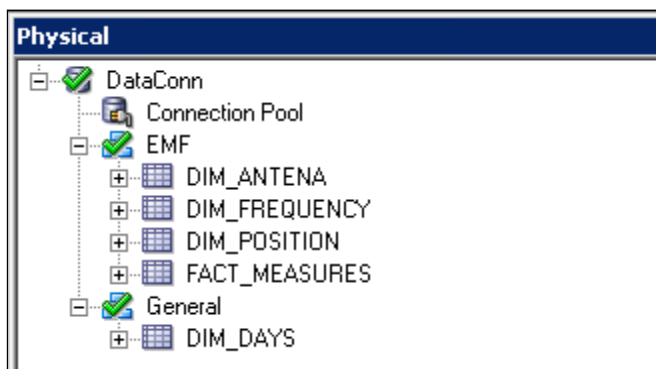


Figura 6.15: Shtresa Fizike (Kubi)

Më pas aty përcaktohen çelësat e tabelave, si dhe relacionet mes tyre.

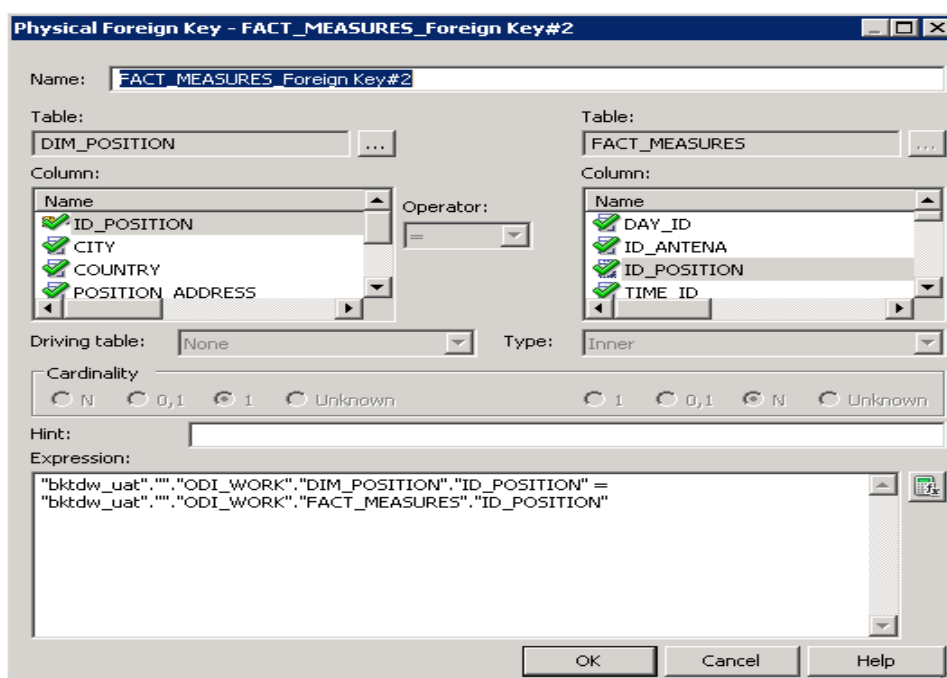


Figura 6.16: Çelësat e tabelave, si dhe relacionet

Tabelat e zgjedhura në shtresën fizike kalohen në BM (*Business Model*), lidhen midis tyre bazuar në lidhjen e ndërtuar në shtresën fizike.

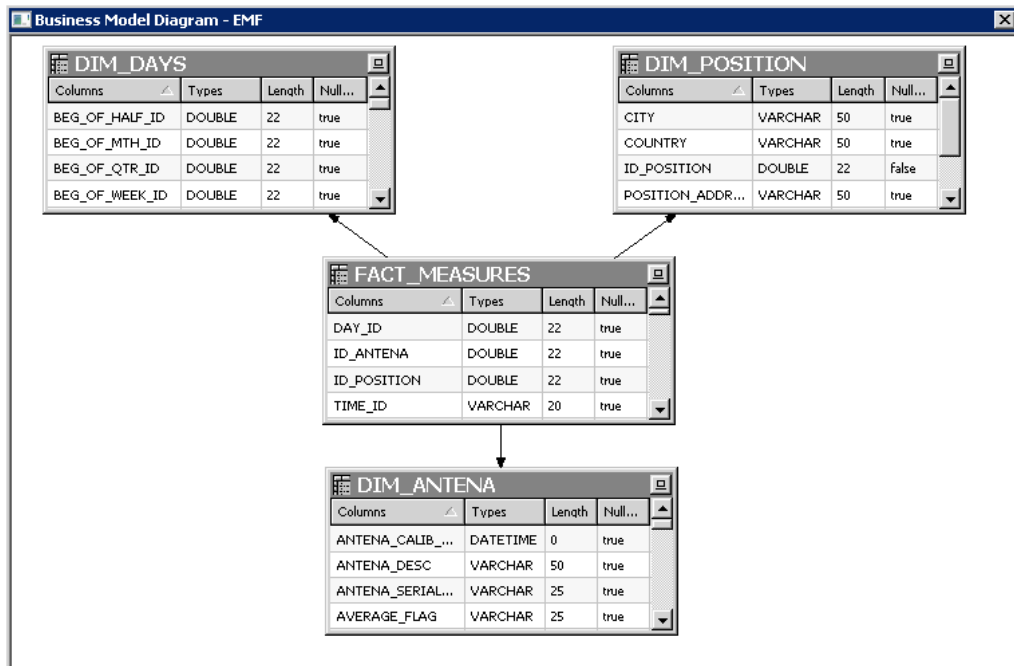


Figura 6.17: Lidhja e tabelave ndërmjet tyre

Kjo lidhje përcakton tabelën e faktit dhe tabelat e dimensioneve, mbi të cilat më pas ndërtohen Hierarkitë e dimensioneve që kanë një rol kyç në procesin e agregimit dhe Drill-it në raporte (kalimit nga një nivel më i lartë agregimi në një nivel më të detajuar, derisa të kalohet në grain-in e tabelës së faktit: psh. nga zona – qytet – stacion).

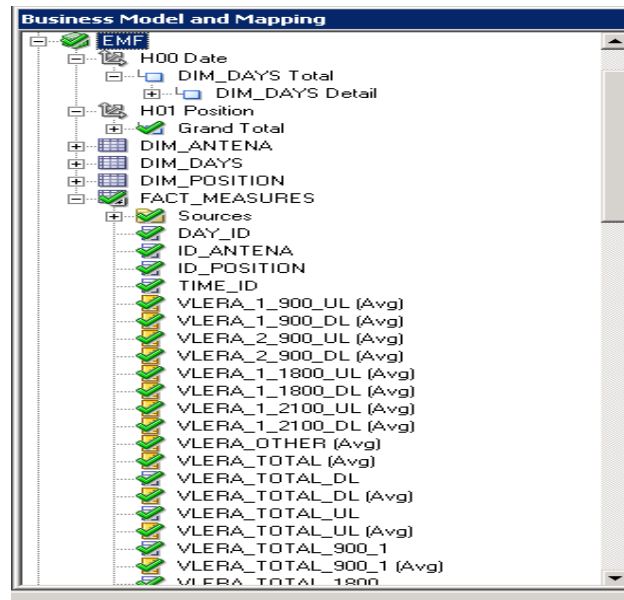


Figura 6.18: Hierarkitë e dimensioneve

Gjithashtu në këtë shtresë janë ndërtuar dhe fushat e kalkuluara, të cilat janë përdorur në ndërtimin e raporteve dhe të grafikëve. Gjatë ndërtimit të këtyre fushave janë përdorur funksione të ndryshme agregimi si AVG, MAX, MIN, etj. Këto

funksiione janë ndërtuar bazuar në nivele të ndryshme të hierarkisë së dimensioneveve si: zona, qytet, vit, muaj, etj.

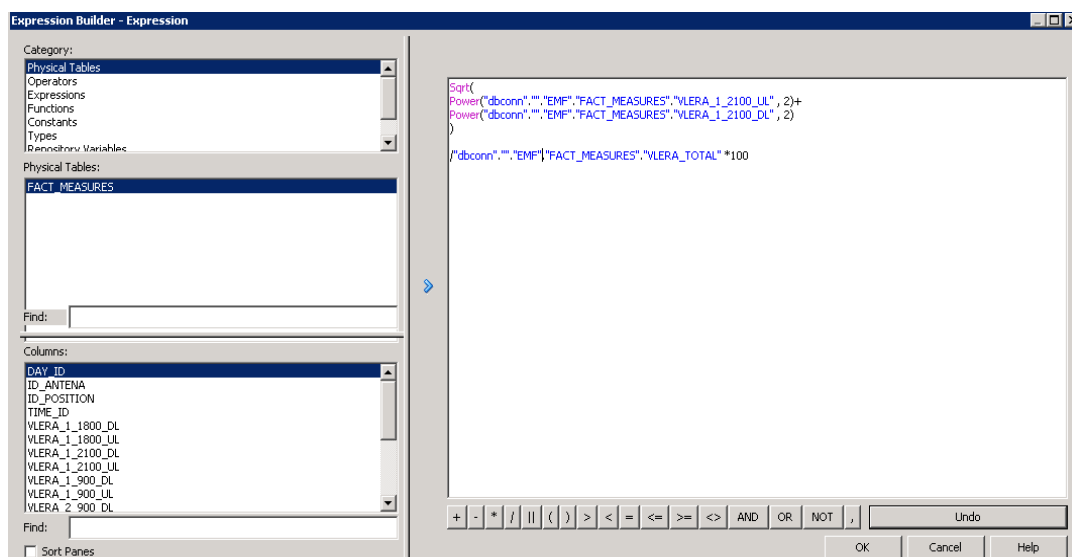


Figura 6.19: Funksione të ndryshme të përdorura

Së fundi kalohen në shtresën e prezantimit (*Presentation Layer*), të gjitha fushat e ndërtuara në *Business Layer* që do të përdoren për raportin.

### Prezantimi OBIEE

Faza raportuese, ku janë ndërtuar raportet (Answers), grafikët dhe Dashboard-et është bërë në Oracle BI Presentation Tools. Këtu fillimisht janë ndërtuar answer-at, në të cilat është bërë paraqitja tabelare dhe grafike e të dhënave. Ato janë dhënë të detajuara ose në trajtën e KPI (Key Performance Indicator). [38] Janë përdorur Dashboard Prompt-et për të mundësuar filtrimin interaktiv të të dhënave, view Selector, për të paraqitur pamje nga këndvështrime të ndryshme, sipas zgjedhjes së përdoruesit. Veçoria e Drill-it, është përdorur për të kaluar nga një nivel më i lartë në një paraqitje më të detajuar.

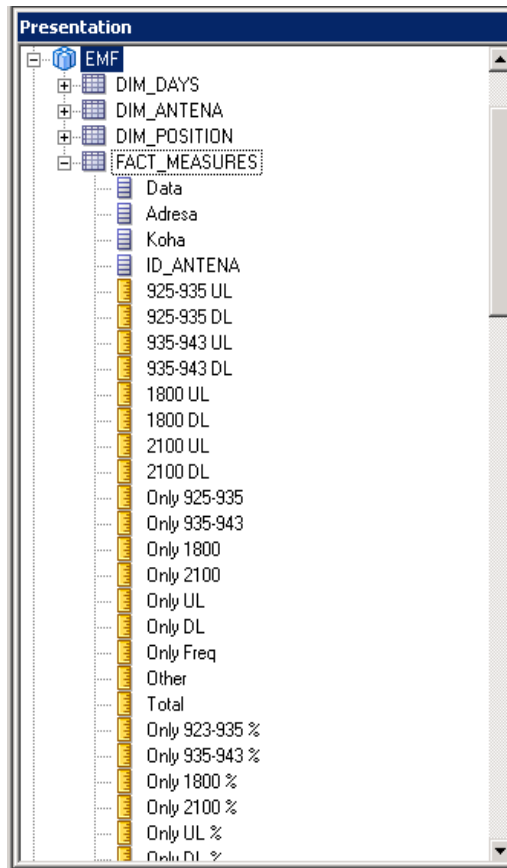


Figura 6.20: Fushat që do të përdoren për raportin

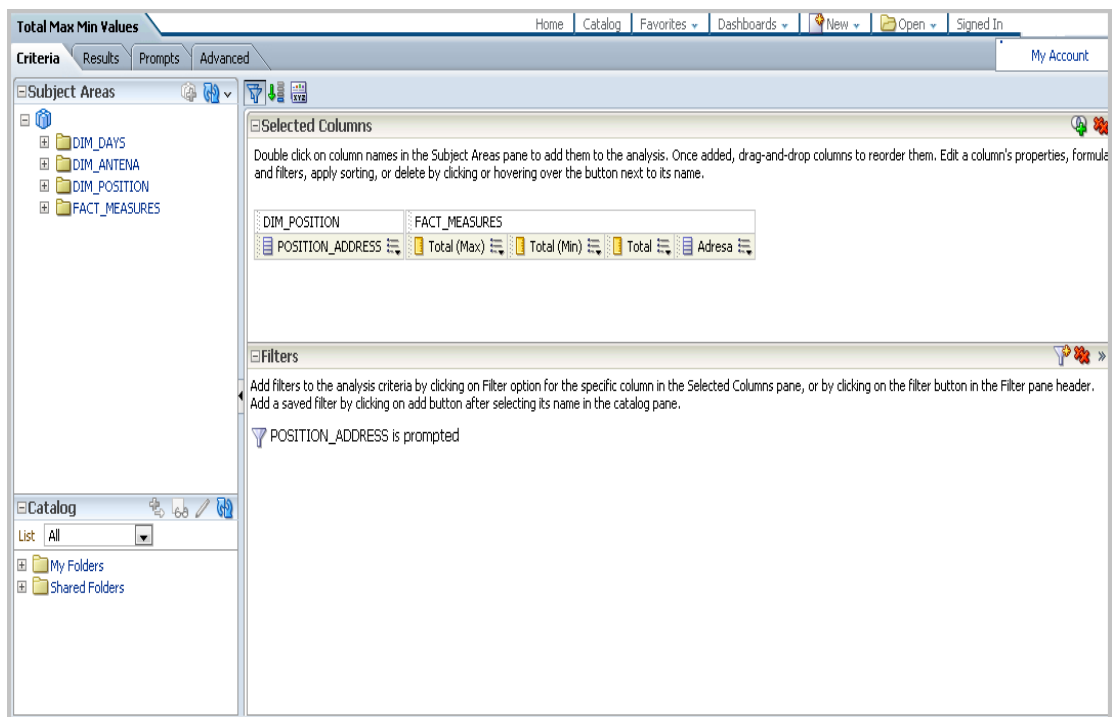


Figura 6. 21: Vendosja e kritereve të ndryshme



2100 MHz. Janë dhënë vlerat për çdo frekuence në trafikun Downlink. Gjithashtu, shohim të paraqitura edhe vlerat kufi të rekomanduara.

Tabela 6.1 Vlerat e intensitetit të fushës elektrike, për çdo stacion

Vlera e matur ne cdo Stacion kundrejt limiteve te lejuar										
Zona	Qyteti	Stacioni	925-935 DL	935-943 DL	1800 DL	2100 DL	VLERA LIMIT 900	VLERA LIMIT 2100	VLERA LIMIT 1800	
RURAL	Durrës	Hekurudha	0,51	1,82	1,11	1,12	41,25	61,00	58,34	
		Kantina	0,45	0,75	0,70	0,94	41,25	61,00	58,34	
		Shkozë	1,62	2,09	0,76	1,68	41,25	61,00	58,34	
		Spitalle	3,05	1,21	0,64	0,79	41,25	61,00	58,34	
		Teuta	1,50	1,17	1,09	0,81	41,25	61,00	58,34	
	Kamëz	Bathore_1	0,55	2,14	1,70	1,26	41,25	61,00	58,34	
		Bathore_2	0,56	1,34	1,70	0,80	41,25	61,00	58,34	
		Kamëz	1,10	1,54	2,57	1,36	41,25	61,00	58,34	
		Kamza Veriut	0,50	1,52	2,41	0,79	41,25	61,00	58,34	
		Universiteti Bujqësor	0,60	0,94	1,09	1,32	41,25	61,00	58,34	
	Kashar	Kashar	0,94	1,96	1,03	1,97	41,25	61,00	58,34	
		Golem	0,42	1,34	0,96	0,79	41,25	61,00	58,34	
	Kavajë	Golem	0,23	1,44	0,90	0,03	41,25	61,00	58,34	
	Tiranë	Casa Italia	0,51	0,77	0,94	0,05	41,25	61,00	58,34	
		Henry	1,02	2,11	1,06	1,91	41,25	61,00	58,34	
		Mercedes	1,75	1,32	1,27	2,13	41,25	61,00	58,34	
	URBAN	Durrës	Muzeumi	0,89	0,79	1,35	0,80	41,25	61,00	58,34
			Porti	0,42	0,97	0,74	2,21	41,25	61,00	58,34
			Stadiumi	0,57	2,07	1,42	1,43	41,25	61,00	58,34
			Treni	0,71	0,88	0,76	1,35	41,25	61,00	58,34
			Vollga	0,57	0,89	2,31	1,25	41,25	61,00	58,34
		Tiranë	21 Dhjetori	2,58	0,91	2,08	0,98	41,25	61,00	58,34
			Allias	1,62	3,60	3,75	3,18	41,25	61,00	58,34
			Blloku	0,99	1,72	1,35	2,72	41,25	61,00	58,34
			Campus	4,44	1,20	1,21	1,70	41,25	61,00	58,34
			De Rada	0,97	2,83	1,74	0,80	41,25	61,00	58,34
			ETC	0,40	1,50	0,88	0,06	41,25	61,00	58,34
Filologjiku			4,89	7,30	3,38	3,16	41,25	61,00	58,34	
Hoxha			0,57	2,17	1,73	0,79	41,25	61,00	58,34	
Tahsim			6,56	2,09	1,38	0,80	41,25	61,00	58,34	
Kinostudio			2,31	1,53	3,24	1,60	41,25	61,00	58,34	
Kompleksi Kika			1,13	1,48	2,72	0,06	41,25	61,00	58,34	
Kristal			1,39	1,22	2,58	0,80	41,25	61,00	58,34	
Laprake			3,59	2,26	1,05	0,79	41,25	61,00	58,34	
Liceu Jordan Misja			0,89	3,40	0,88	1,17	41,25	61,00	58,34	
Medrese			0,58	1,38	2,73	2,11	41,25	61,00	58,34	
Mondial			2,96	1,17	1,87	0,79	41,25	61,00	58,34	
QS Hill			0,85	0,95	0,89	1,50	41,25	61,00	58,34	
Qender Tirane			0,44	0,81	1,79	0,79	41,25	61,00	58,34	
Rr. S Maji			1,82	0,92	1,89	1,08	41,25	61,00	58,34	
Rr. Bardhyl			0,21	0,78	1,71	0,06	41,25	61,00	58,34	
Selite			0,44	3,98	0,80	0,96	41,25	61,00	58,34	
Selvia			0,65	1,15	1,53	1,34	41,25	61,00	58,34	
Shkolla Baletit			0,85	1,12	0,63	0,80	41,25	61,00	58,34	
Spitali			0,47	0,66	0,89	0,80	41,25	61,00	58,34	
Stadiumi Dinamo			0,98	0,72	0,99	1,31	41,25	61,00	58,34	
Tirana e Re			2,76	0,89	2,02	1,97	41,25	61,00	58,34	
UPT			1,70	2,43	2,09	1,62	41,25	61,00	58,34	
Zayed Center	2,14	2,49	1,75	2,32	41,25	61,00	58,34			
Zogu i Pare	0,66	0,98	1,75	1,03	41,25	61,00	58,34			
Zogu i Zi										

Vleresimi total i fushës në një pikë të caktuar, nuk mund quhet i plotë nëse nuk marrim parasysh edhe ndikimi që kanë burimet e tjera (operatorë të tjerë celularë, antena të ndryshme). Rezultatet e llogaritura të intensitetit maksimal të fushës në një pikë, paraqiten në tabelën 6.2.

Tabela 6.2. Vlerat totale të E(V/m) për çdo stacion

Stacioni	t_mes	Total (Min)	Total (Max)
21 Dhjetori	6,54	6,23	6,95
Allias	8,62	7,59	10,09
Bathore_1	6,26	5,80	6,70
Bathore_2	5,85	5,64	6,16
Blloku	6,81	6,20	9,73
Campus	7,49	6,36	9,47
Casa Italia	1,46	1,19	2,15
De Rada	6,57	6,29	7,13
ETC	2,05	1,59	2,92
Filologjiku	12,85	10,27	15,44
Golem	5,62	5,47	5,86
Hekurudha	6,38	6,06	7,67
Henry	3,60	2,99	4,76
Hoxha Tahsim	6,58	6,12	7,27
Kamez	7,07	6,48	7,85
Kamza Veriut	6,03	5,70	6,56
Kantina	5,53	5,41	5,66
Kashar	6,69	6,24	7,22
Kinostudio	9,73	6,92	14,08
Kompleksi Kika	6,02	5,35	6,86
Kristal	4,30	3,59	5,45
Laprake	6,41	6,00	7,07
Liceu Jordan Misja	8,04	7,35	9,13
Medrese	5,38	3,95	6,88
Mercedes	3,40	2,75	4,33
Mondial	6,47	5,97	7,29
Muzeumi	5,95	5,39	6,23
Porti	6,15	5,87	7,21
QS Hill	7,03	6,34	7,65
Qender Tirane	5,81	5,66	6,04
Rr. 5 Maji	6,03	5,71	6,50
Rr. Bardhyl	6,28	5,98	6,58
Selite	2,45	1,92	3,39
Selvia	6,76	6,04	8,01
Shkolla Baletit	9,83	6,37	13,30
Shkoze	1,78	1,49	2,28
Shkozet	8,68	7,14	10,17
Spitali	5,93	5,72	6,19
Spitalle	6,30	5,54	7,11
Stadiumi	6,34	6,03	6,88
Stadiumi Dinamo	5,48	5,34	5,60
Teuta	5,86	5,70	6,06
Tirana e Re	5,68	5,52	5,88
Treni	5,88	5,63	6,14
UPT	6,64	5,94	8,15
Universiteti Bujqesor	5,71	5,54	5,96
Vollga	5,94	5,57	6,52
Zayed Center	6,82	6,42	7,42
Zogu i Pare	8,31	7,63	9,57
Zogu i Zi	2,42	1,84	4,79

Në llogaritje janë përfshirë të gjitha frekuencat, si dhe ndikimi i burimeve të tjera në pikën ku realizohet matja. Nga shqyrtimi i vlerave të tabelës 6.2, mund të themi që, në qytetin e Tiranës kemi disa zona me trafik më të spikatur, prej të cilave mund të përmendim zonën e Filologjikut, ku vlera maksimale e totalit të fushës në atë pikë është 15.44(V/m), si dhe zona e Kinostudios, ku vlera maksimale e totalit është 14.08V/m, zona e Shkollës së Baletit 13,3(V/m), Allias (10.09 V/m).



## Stacioni: Filologjiku:

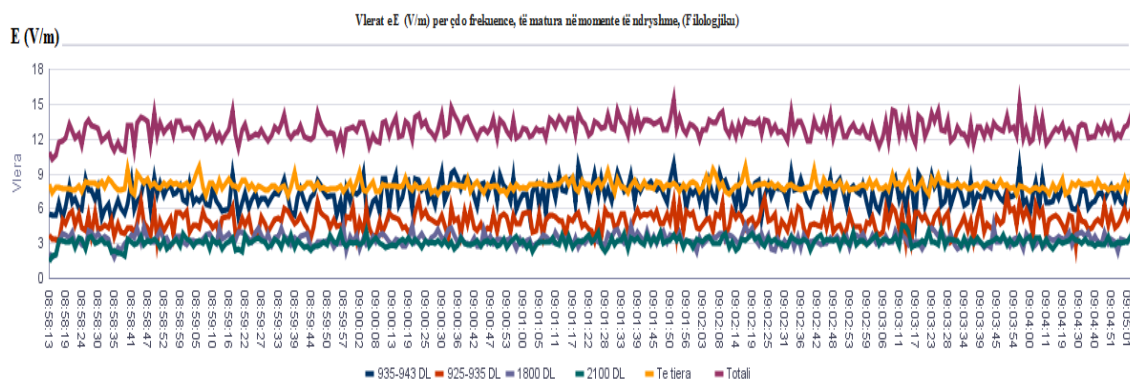


Figura 6. 23: Vlerat e E (V/m) në momente të ndryshme kohe, për secilën nga frekuencat, si dhe vlera totale e E, edhe ndikimi i burimeve të tjera. (Filologjiku)

Nga grafiku shihet që pjesë dominante në trafik për këtë stacion janë frekuencat 925 – 935MHz, si dhe 935 – 945 MHz.

## Stacioni : Kinostudio :

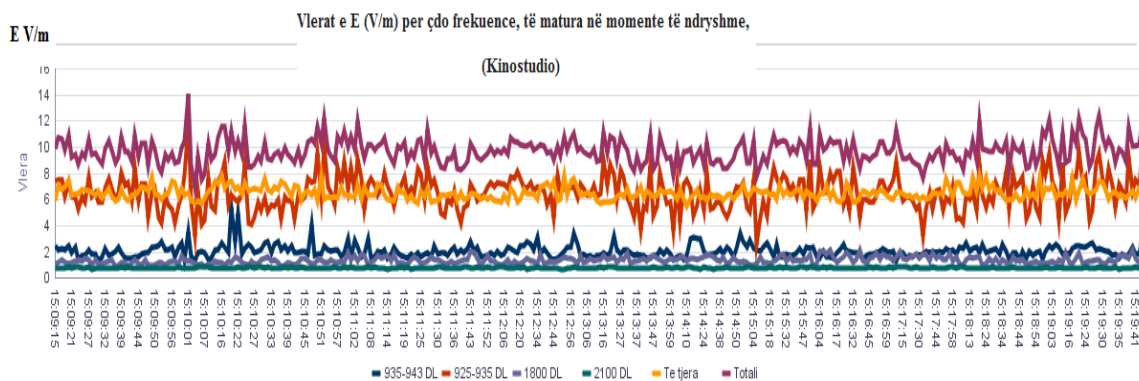


Figura 6. 24: Vlerat e E (V/m) në momente të ndryshme kohe, për secilën nga frekuencat, si dhe vlera totale e E, edhe me ndikimin e burimeve të tjera.

Tabela 6.3 Vlerat e E (v/m) në momente të ndryshme (Kinostudio)

Stacioni	Data	Koha	935- 943 DL	925- 935 DL	1800 DL	2100 DL	Te tjera	Totali
Kinostudio	04/04/12	15:09:15	2,49	7,40	1,13	0,75	5,91	9,93
		15:09:16	2,14	7,52	1,24	0,75	7,15	10,73
		15:09:18	2,28	7,52	1,46	0,82	6,83	10,59
		15:09:19	2,17	6,21	1,22	0,81	7,05	9,79
		15:09:20	2,51	7,36	1,08	0,84	7,33	10,96
		15:09:21	1,92	6,25	1,26	0,77	6,33	9,26
		15:09:22	2,34	6,15	1,32	0,85	6,50	9,43
		15:09:23	1,45	5,27	1,47	0,87	6,46	8,68
		15:09:24	1,77	6,26	1,34	0,81	6,80	9,39
		15:09:25	1,70	5,82	1,48	0,78	6,73	9,25
		15:09:27	2,20	7,79	1,43	0,85	6,71	10,69
		15:09:28	1,84	6,26	1,03	0,71	6,61	9,42
		15:09:29	1,82	6,56	1,39	0,77	6,39	9,52
		15:09:30	1,30	5,83	1,10	0,82	6,72	9,14
		15:09:31	1,63	5,83	1,12	0,73	6,11	8,76
		15:09:32	2,26	6,90	1,21	0,81	6,50	9,89
-----								
		15:19:31	2,09	6,83	1,12	0,83	6,75	9,97
		15:19:32	2,09	8,34	1,40	0,75	6,05	10,67
		15:19:33	1,74	7,08	1,37	0,82	6,56	9,98
		15:19:34	1,85	5,34	1,21	0,83	6,57	8,84
		15:19:35	1,48	7,18	1,78	0,71	6,22	9,86
		15:19:37	1,88	6,80	1,73	0,79	6,32	9,70
		15:19:38	1,68	5,82	1,70	0,83	6,18	8,91
		15:19:39	1,85	9,27	1,52	0,73	6,39	11,57
		15:19:40	2,37	6,70	2,14	0,76	6,70	10,09
		15:19:41	1,90	7,48	1,50	0,87	6,14	10,06
		15:19:42	1,85	7,06	1,20	0,81	6,85	10,16
		15:19:43	3,02	9,24	1,15	0,75	6,39	11,75
<b>Kinostudio Total</b>			<b>2,09</b>	<b>6,56</b>	<b>1,38</b>	<b>0,80</b>	<b>6,51</b>	<b>9,73</b>

Nëpërmjet mjeteve që disponon Oracle Bi, mund të përpunojmë bazën e të dhënave.

Ne mund të shprehim në % vlerat që përket secilit stacion kundrejt totalit, apo vlerën që i përket çdo brezi frekuence.

Tabela 6.4 Përqindja e vlera të E, kundrejt vlerës limit të lejuar

**% e vlerave te E, per çdo frekuence, kundrejt limitit te lejuar**

Stacioni	925-935 % To Limit	935-943 % To Limit	1800 % To Limit	2100 % To Limit
21 Dhjetori	6,27%	2,20%	3,56%	1,61%
Allias	3,92%	8,72%	6,43%	5,21%
Bathore_1	1,33%	5,18%	2,91%	2,06%
Bathore_2	1,36%	3,25%	2,91%	1,32%
Blloku	2,40%	4,18%	2,31%	4,47%
Campus	10,76%	2,91%	2,08%	2,79%
Casa Italia	1,24%	1,86%	1,61%	0,08%
De Rada	2,36%	6,85%	2,99%	1,31%
ETC	0,96%	3,63%	1,51%	0,11%
Filologjiku	11,85%	17,69%	5,79%	5,18%
Golem	1,03%	3,24%	1,64%	1,29%
Hekurudha	1,24%	4,42%	1,91%	1,84%
Henry	2,48%	5,13%	1,82%	3,14%
Hoxha Tahsim	1,39%	5,27%	2,97%	1,29%
Kamez	2,66%	3,74%	4,41%	2,23%
Kamza Veriut	1,21%	3,68%	4,13%	1,29%
Kantina	1,10%	1,82%	1,19%	1,55%
Kashar	2,28%	4,74%	1,77%	3,23%
Kinostudio	15,89%	5,06%	2,37%	1,32%
Kompleksi Kika	5,59%	3,70%	5,55%	2,63%
Kristal	2,73%	3,59%	4,66%	0,10%
Laprake	3,38%	2,96%	4,42%	1,31%
Liceu Jordan Misja	8,71%	5,48%	1,79%	1,29%
Medrese	2,16%	8,23%	1,51%	1,91%
Mercedes	4,23%	3,21%	2,18%	3,49%
Mondial	1,42%	3,35%	4,68%	3,46%
Muzeumi	2,15%	1,92%	2,31%	1,31%
Porti	1,03%	2,34%	1,27%	3,63%
QS Hill	7,19%	2,85%	3,21%	1,29%
Qender Tirane	2,05%	2,31%	1,52%	2,45%
Rr. 5 Maji	1,06%	1,96%	3,08%	1,30%
Rr. Bardhyl	4,42%	2,23%	3,23%	1,77%
Selite	0,50%	1,88%	2,93%	0,09%
Selvia	1,06%	9,64%	1,37%	1,57%
Shkolla Baletit	1,57%	2,80%	2,62%	2,20%
Shkoze	0,56%	3,48%	1,54%	0,05%
Shkozet	3,92%	5,07%	1,31%	2,75%
Spitali	2,06%	2,70%	1,09%	1,31%
Spitalle	7,38%	2,94%	1,10%	1,29%
Stadiumi	1,39%	5,01%	2,44%	2,34%
Stadiumi Dinamo	1,13%	1,61%	1,52%	1,32%
Teuta	3,64%	2,85%	1,87%	1,32%
Tirana e Re	2,38%	1,75%	1,70%	2,14%
Treni	1,72%	2,13%	1,30%	2,21%
UPT	6,69%	2,16%	3,45%	3,24%
Universiteti Bujqesor	1,44%	2,27%	1,88%	2,16%
Vollga	1,38%	2,15%	3,96%	2,05%
Zayed Center	4,11%	5,89%	3,58%	2,66%
Zogu i Pare	5,18%	6,05%	3,00%	3,81%
Zogu i Zi	1,60%	2,37%	3,00%	1,69%

Janë paraqitur të gjitha frekuencat për të cilat u kryen matjet. Përqindjen me të lartë në brezin 925-935 dhe në 935-943 Mhz, e zë stacioni i Filologjikut, me vlerat 11.85% si dhe 17,69%, e ndjekur nga stacioni i Kinostudios me 15.89%, dhe i Kampusit me 10,76% (925-935 MHz).

Mund ta paraqesim edhe në përqindje kundrejt kësaj vlere limit, për të parë, “distancën” ndaj vlerës referencë;

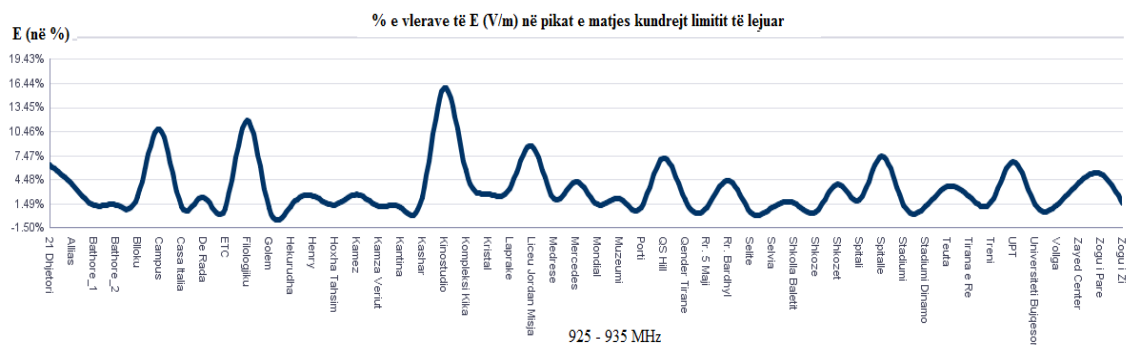


Figura 6.25: Përqindja e vlerave të E (V/m) në pikat e matjes, kundrejt limitit të lejuar Gjithashtu vihet re prania e burimeve të tjera rrezatuese, të cilët nuk i përkasin operatorit për të cilin vlerësohen matjet. Ndikimi i tyre është shumë i ndjeshëm në rritjen e nivelit të rrezatimit në vendin e matjes.

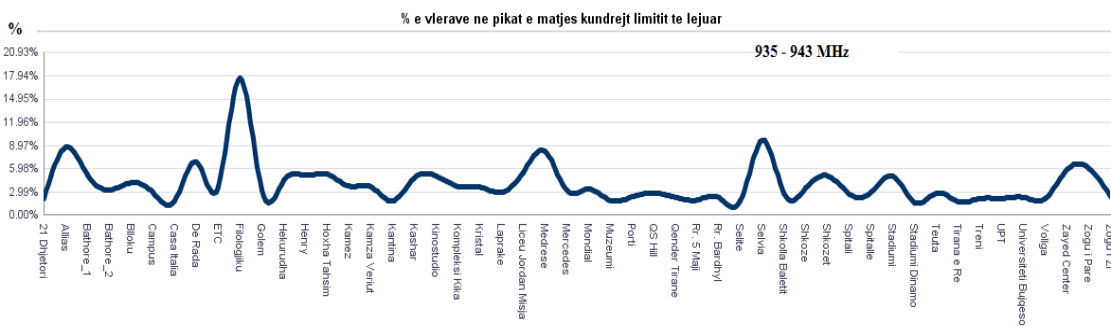


Figura 6.26: Vlerat ne brezin 935 – 945 MHz DL, krahasuar me limitin.

Mund të vazhdojmë të gjykojmë edhe për brezat e frekuencave 1800MHz dhe 2100MHz.

Ne mund të shohim edhe në mënyre grafike se cilat janë vlerat e matura të E (V/m), në çdo Stacion, për çdo Frekuencë, e krahasuar me maksimumin dhe minimumin e vleres totale.

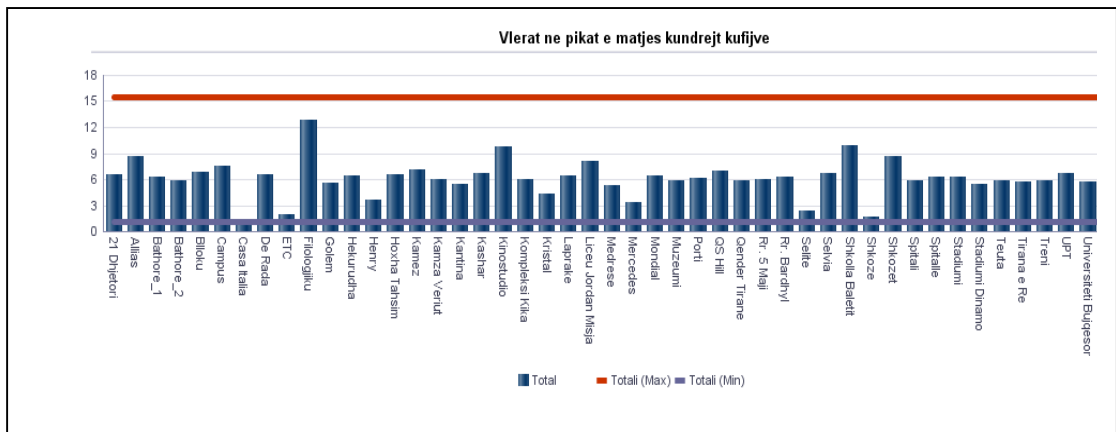


Figura 6.27: Vlerat e matura të E (V/m), ne çdo Stacion, për çdo frekuence krahasuar me MAX dhe MIN e vleres totale.

Tabela 6.5 Vlerat e E (V/m) për çdo brezat 925-935, si dhe 935-943 MHz kundrejt vlerës totale MAX, dhe MIN.

Zona	Qyteti	Stacioni	935-943 DL	Totali (Min)	Totali (Max)	
RURAL	Durrës	Hekurudha	1,82	1,19	15,44	
		Kantina	0,75	1,19	15,44	
		Shkozet	2,09	1,19	15,44	
		Spitalia	1,21	1,19	15,44	
		Teuta	1,17	1,19	15,44	
		Tauta	1,17	1,19	15,44	
	Kamez	Bathore_1	2,14	1,19	15,44	
		Bathore_2	1,34	1,19	15,44	
		Kamez	1,54	1,19	15,44	
		Kamza Veriut	1,52	1,19	15,44	
		Universiteti Bujqesor	0,94	1,19	15,44	
		Kashar	1,96	1,19	15,44	
	Kavaje	Golem	1,34	1,19	15,44	
		Shkoze	1,44	1,19	15,44	
		Shkoze	1,44	1,19	15,44	
	Tirane	Casa Italia	0,77	1,19	15,44	
		Henry	2,11	1,19	15,44	
		Mercedes	1,32	1,19	15,44	
		Mercedes	1,32	1,19	15,44	
	URBAN	Durrës	Muzeumi	0,79	1,19	15,44
			Porti	0,97	1,19	15,44
			Stadiumi	2,07	1,19	15,44
			Treni	0,88	1,19	15,44
			Vollga	0,89	1,19	15,44
Vollga			0,89	1,19	15,44	
Tirane		21 Dhjetori	0,91	1,19	15,44	
		Allias	3,60	1,19	15,44	
		Blloku	1,72	1,19	15,44	
		Campus	1,20	1,19	15,44	
		De Rada	2,83	1,19	15,44	
		ETC	1,50	1,19	15,44	
		Filologjiku	7,30	1,19	15,44	
		Hoxha Tahsim	2,17	1,19	15,44	
		Kinostudio	2,09	1,19	15,44	
		Kompleksi Kika	1,53	1,19	15,44	
		Kristal	1,48	1,19	15,44	
		Laprake	1,22	1,19	15,44	
		Liceu Jordan Misja	2,26	1,19	15,44	
		Medrese	3,40	1,19	15,44	
		Mondial	1,38	1,19	15,44	
		QS Hill	1,17	1,19	15,44	
		Qender Tirane	0,95	1,19	15,44	
		Rr. 5 Maji	0,81	1,19	15,44	
		Rr. Bardhyl	0,92	1,19	15,44	
		Selite	0,78	1,19	15,44	
		Selvia	3,98	1,19	15,44	
		Shkolla Baletit	1,15	1,19	15,44	
		Spitali	1,12	1,19	15,44	
		Stadiumi Dinamo	0,66	1,19	15,44	
Tirana e Re	0,72	1,19	15,44			
UPT	0,89	1,19	15,44			
Zayed Center	2,43	1,19	15,44			
Zogu i Pare	2,49	1,19	15,44			
Zogu i Zi	0,98	1,19	15,44			
URBAN	Durrës	Hekurudha	0,51	1,19	15,44	
		Kantina	0,45	1,19	15,44	
		Shkozet	1,62	1,19	15,44	
		Spitalia	3,05	1,19	15,44	
		Teuta	1,50	1,19	15,44	
		Teuta	1,50	1,19	15,44	
	Kamez	Bathore_1	0,55	1,19	15,44	
		Bathore_2	0,56	1,19	15,44	
		Kamez	1,10	1,19	15,44	
		Kamza Veriut	0,50	1,19	15,44	
		Universiteti Bujqesor	0,60	1,19	15,44	
		Universiteti Bujqesor	0,60	1,19	15,44	
	Kashar	Kashar	0,94	1,19	15,44	
		Kavaje	0,42	1,19	15,44	
		Shkoze	0,23	1,19	15,44	
	Tirane	Casa Italia	0,51	1,19	15,44	
		Henry	1,02	1,19	15,44	
		Mercedes	1,75	1,19	15,44	
		Mercedes	1,75	1,19	15,44	
	URBAN	Durrës	Muzeumi	0,89	1,19	15,44
			Porti	0,42	1,19	15,44
			Stadiumi	0,57	1,19	15,44
			Treni	0,71	1,19	15,44
			Vollga	0,57	1,19	15,44
Vollga			0,57	1,19	15,44	
Tirane		21 Dhjetori	2,58	1,19	15,44	
		Allias	1,62	1,19	15,44	
		Blloku	0,99	1,19	15,44	
		Campus	4,44	1,19	15,44	
		De Rada	0,97	1,19	15,44	
		ETC	0,40	1,19	15,44	
		Filologjiku	4,89	1,19	15,44	
		Hoxha Tahsim	0,57	1,19	15,44	
		Kinostudio	6,56	1,19	15,44	
		Kompleksi Kika	2,31	1,19	15,44	
		Kristal	1,13	1,19	15,44	
		Laprake	1,39	1,19	15,44	
		Liceu Jordan Misja	3,59	1,19	15,44	
		Medrese	0,89	1,19	15,44	
		Mondial	0,58	1,19	15,44	
		QS Hill	2,96	1,19	15,44	
		Qender Tirane	0,85	1,19	15,44	
		Rr. 5 Maji	0,44	1,19	15,44	
		Rr. Bardhyl	1,82	1,19	15,44	
		Selite	0,21	1,19	15,44	
		Selvia	0,44	1,19	15,44	
		Shkolla Baletit	0,65	1,19	15,44	
		Spitali	0,85	1,19	15,44	
		Stadiumi Dinamo	0,47	1,19	15,44	
Tirana e Re	0,98	1,19	15,44			
UPT	2,76	1,19	15,44			
Zayed Center	1,70	1,19	15,44			
Zogu i Pare	2,14	1,19	15,44			
Zogu i Zi	0,66	1,19	15,44			

Vlera totale maksimale në 15.44V/m merr parasysh ndikimin e të gjithë operatorëve të tjerë ose transmetuesve të tjerë që ndikojnë në pikën e matjes.

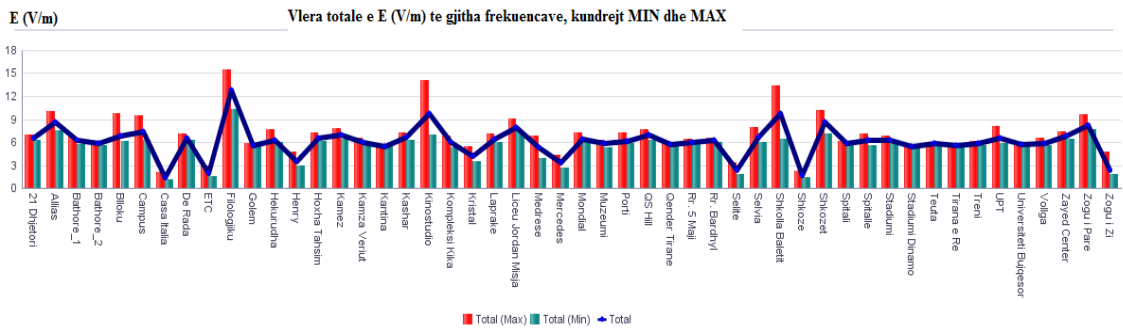


Figura 6.28: Mesatarja e vlerave të E (V/m) të çdo stacioni kundrejt MIN dhe MAX

Një nga arsytet e modelimit të Kubit në Oracle, ka qënë edhe komoditeti që krijohet për të nxjerrë statistika të ndryshme nga të dhënat e matjeve.

Ne, mund të paraqesim rezultatet të detajuara. Grupimet mund të realizohen në Rural dhe Urban, për të parë si është i shpërndarë trafiku i telefonisë celulare në këto zona.

Mund të evidentohet pjesa që ka secila prej tyre, në bandat 900, 1800, apo 2100 MHz.

Mundet të bëjmë krahasim midis zonave, ose sipas frekuencave.

Tabela 6.6 Krahasimi sipas Zonave ose Frekuencave

Zona	Vetem 925-935	Vetem 935-943	Vetem 1800	Vetem 2100	Vetem UL	Vetem DL	Vetem Frek	Te Tjerat	Totali
RURAL	1,01	1,47	1,33	1,19	0,74	2,54	2,68	4,41	5,33
URBAN	1,65	1,80	1,76	1,44	0,79	3,54	3,66	5,19	6,49

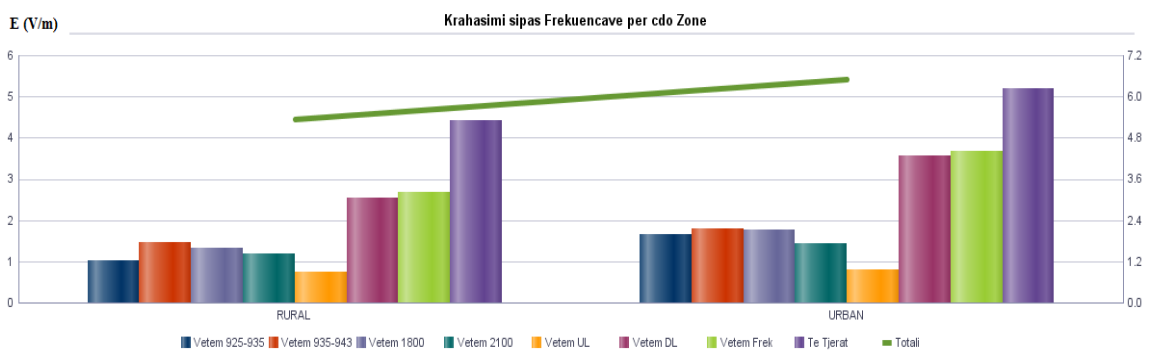


Figura 6. 29: Krahasimi sipas frekuencave për çdo zonë

Tabela 6.7 Krahasimi në përqindje sipas frekuencave

Zona	Vetem 923-935 %	Vetem 935-943 %	Vetem 1800 %	Vetem 2100 %	Vetem UL %	Vetem DL %	Vetem Frek %	Vetem Te Tjerat %
RURAL	20,40%	32,02%	28,50%	22,10%	12,12%	53,91%	56,22	76,18
URBAN	23,76%	28,51%	29,82%	21,73%	11,65%	55,85%	57,69	78,22

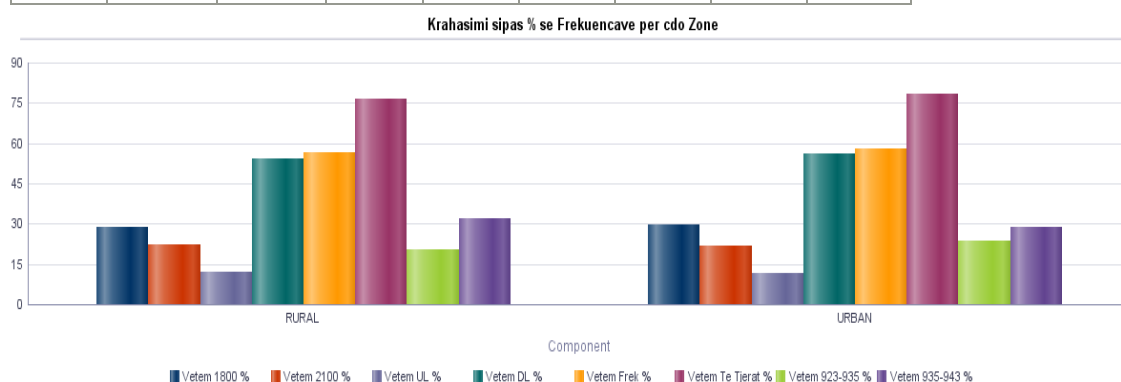


Figura 6.30: Krahasimi sipas përqindjes së frekuencave në çdo zonë

Interes mund të paraqisë grafiku i mëposhtëm . Aty janë bërë krahasime të ndryshme, ndërmjet zonës Rurale dhe Urbane. Krahasime për bandat, për trafikun DL dhe UL, vetem për rrezatimin nga antenat e operatorit tone, për të tjerat, si dhe për totalin.

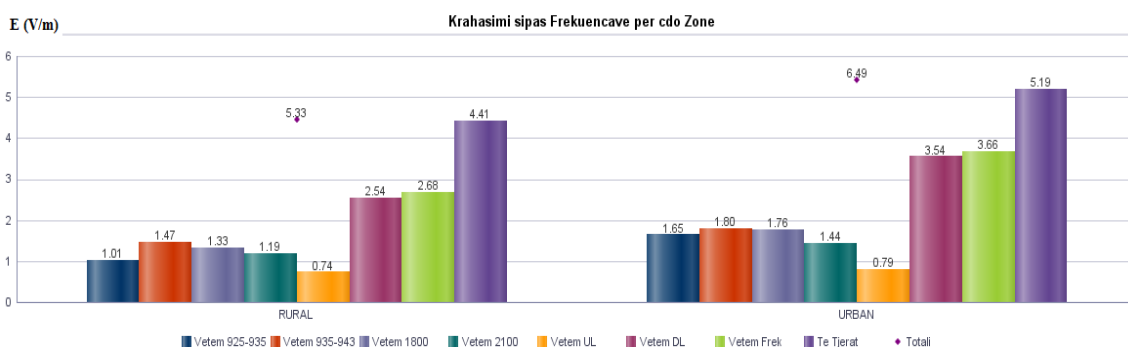


Figura 6.31. Krahasimi sipas frekuencave, për çdo zonë

Gjithashtu, mund të shohim edhe shpërndarjen e vlerave maksimale, sipas brezit të frekuencave. Grafiku 6.32 tregon numrin e stacioneve me vlerat maksimale të arritura

në brezat 925 – 935 MHz, 935 – 945 MHz, 1800MHz dhe 2100 MHz. Siç shihet edhe nga grafiku 6.32, por edhe nga tabela 6.8, në brezat 935- 945 dhe 1800 kemi më shumë stacione me vlerë maksimale të arritur.

Tabela 6.8 Numri i stacioneve me vlerat maksimale

<i>Frekuenca</i>	<i>925-935</i>	<i>935-943</i>	<i>1800</i>	<i>2100</i>
<i>Numri i stacioneve</i>	8	16	17	9

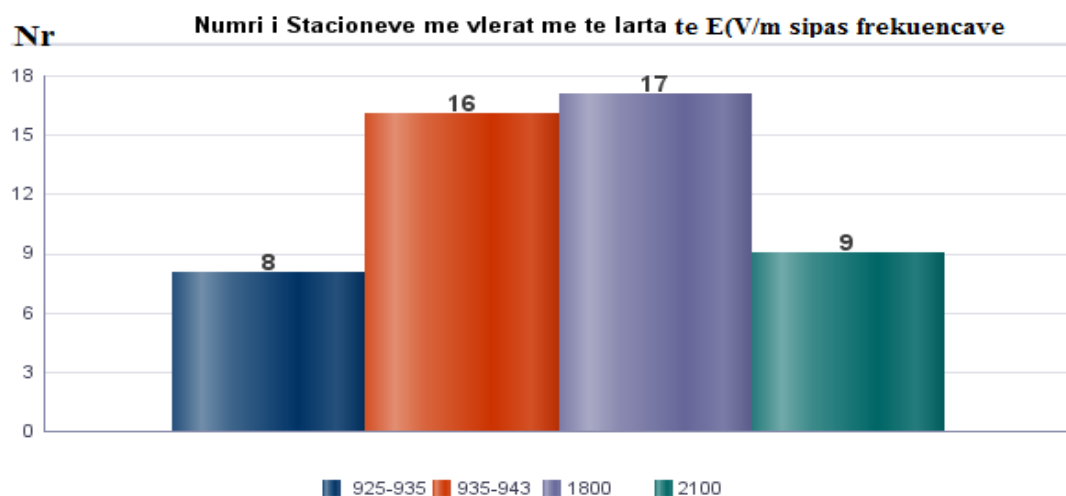


Figura 6.32. Numri i stacioneve me vlerat maksimale të arritura për çdo frekuencë



## 6.6. Përfundime

1. Në këtë kapitull u përshkrua mënyra e modelimit të një Kubi, i cili u përdor nga *database* Oracle dhe Oracle BI. Kjo mënyrë e propozuar, sjell një mundësi të mirë për të realizuar llogaritje dhe vlerësime të ndryshme statistikore, gjenerim raportesh dhe KPI për situata të ndryshme, vizualizim interaktiv të tyre, etj.
2. Nga shqyrtimi i të dhënave dhe i llogaritjeve të bëra, rezultoi që nga tërësia e stacioneve (80), nga të cilat 50, u përpunuan edhe nëpërmjet Oracle BI, rezultoi që nuk kemi zona të “nxehta” përse i përket vlerave të rrezatimit. U paraqitën situata të ndryshme, parë nga këndvështrime të ndryshme.
3. Zona me vlerë më të lartë të intensitetit të fushës rezultoi stacioni i Filologjikut me vlerë 15.44 V/m, i ndjekur nga stacioni i Kinostudios 14.08 V/m. Gjithsesi këto vlera, janë nën vlerat kufi referenca të dhëna nga rekomandimet e ICNIRP.
4. Numri i stacioneve me vlerat më të larta të E (V/m), është më i lartë për frekuencat 923 – 935, si dhe 1800 MHz.
5. Procedura e modelimit të Kub-it, mund të planifikohet në mënyrë që të ekzekutohet në intervale të caktuara kohore, duke bërë të mundur ngarkimin në databazë për të dhënat e matjeve të reja. Pra, *ne mund të bëjmë edhe një gjykim të shtrirë në kohë mbi të dhënat e matjeve, dhe në mënyrë të shpejtë, e komode.*
6. Rezultate të caktuara mund të konstatohen brenda raportit dhe persona të ndryshëm mund të marrin njoftime të menjëhershme nëpërmjet **Web-it** ose kanaleve të komunikimit të celularëve. Ato mund të gjenerohen si pasojë e një planifikimi të mëparshëm, ose në varësi të kushteve të ndryshme që mund të plotësojnë të dhënat.
7. Publisher është një komponent i rëndësishëm i OBIEE, i cili mundëson raportimin dhe publikimin e të dhënave në një format të mirëpërcaktuar. Raportet mund të planifikohen që të shpërndahen nëpërmjet kanaleve të ndryshme si e-mail, sms, ftp, etj., sipas roleve të krijuara paraprakisht (i njëjti raport mund të shpërndahet automatikisht në datën dhe orën e caktuar, në përdorues të ndryshëm me të dhënat që i takojnë secilit).
8. OBIEE ofron një nivel shumë të lartë sigurie, falë aksesit në elementë të ndryshëm të BI. Përdorues të ndryshëm mund të kenë të drejta të ndryshme.

## KAPITULLI 7

### Konkluzione

Modelimi i përpunimit të të dhënave, në mënyrë inteligjente, me anë të përdorimit të një kubi, në databazë Oracle sjell një risi në vlerësimet për rrezatimin jojonizues të stacioneve bazë të telefonisë celulare. Punimi vërtetoi se përdorimi i modelimit në aplikacione Oracle konsiderohet si mundësi krijimi i raporteve me informacione shumë të rëndësishme dhe me përdorim të zgjeruar. Motivimi vjen nga fakti se modelimi bazuar në Oracle BI mund të përdoret për të kryer disa detyra që normalisht do të kërkonin mjaft kohë për t'u kryer. Në punimin tonë kemi trajtuar dhe vlerësuar fillimisht funksionimin dhe projektimin e antenave duke konkluduar se përdorimi i një antene inteligjente në sistemet e telefonisë celulare rrit rendimentin e antenës. Gjithashtu, përshkruam se cilat janë algoritmat e vlerësimit të parametrave të antenave inteligjente.

#### 7.1. Përfundime teorike

Gjatë studimeve dhe hulumtimeve të shumta në planin teorik, u arrit të krijohet një bazë njohjeje e konsiderueshme mbi zhvillimin e arkitekturave të antenave dhe algoritmeve të vlerësimit të tyre.

Në këtë punim arritëm në përfundimin se Antenat inteligjente janë sot një domosdoshmëri për dy arsye kryesore. Së pari, teknologjitë për konvertues analog-numerik me shpejtësi të lartë (ADC) dhe përpunues sinjali numerik (DSP) me shpejtësi të lartë janë zhvilluar me ritme të jashtëzakonshme. Përpunimi i numerik sinjalit me anë të matricave portë të programueshme (FPGA) ka arritur në shpejtësi deri në 256 BMACS. [8] Së dyti, kërkesat globale për komunikime pa tel, po rriten me ritme shumë të shpejta. Antenat inteligjente bëjnë të mundur realizimin praktik të marrjes së sinjaleve për një diapazon të gjerë të aplikimeve.

Në këtë punim u njohëm me fushat e përdorimit të Antenave inteligjente si komunikimet mobile, rrjetat lokale pa tel (WLAN); rrjetat metropolitane pa tel (WMAN); komunikimet satelitore; sistemet radar; rrjetat mobile ad-hoc (MANET); sistemet multiple-in-multiple-out (MIMO).

Arritëm në përfundime të rëndësishme duke zgjeruar këndvështrimin teorik si:

- Antenat celulare funksionojnë në frekuencat 900, 1800 dhe 2100 MHz. Ato kanë sjellë mundësinë e rritjes së kapacitetit të ofruar dhe njëkohësisht edhe të shërbimeve shtesë që lidhen më së shumti me 3G dhe së shpejti 4G.
- Antenat inteligjente të operatorëve tanë janë sektoriale, dhe siç u theksua i përkasin njëkohësisht në frekuencat 900 MHz, 1800 MHz dhe 2100 MHz.

## **7.2. Konsiderata mbi punimin**

Ky kërkim sjell një perspektivë të re në përpunimin e të dhënave që merren nga rrezatimi i antenave për sistemet e komunikimeve celulare. Në mënyrë të veçantë, ky kërkim integron sistemet databazë bazuar në Oracle, me inxhinierinë e antenave, si dhe me interesin e publikut për njohjen e vlerave të rrezatimit jojonizues në sistemin e antenave të përdorura gjerësisht sot në komunikimet mobile. Konkretisht mund të përmendim:

- Zhvillimi i një algoritmi për përpunimin e të dhënave të matjeve dhe vizualizimin e tyre në formë grafike, me qëllim lehtësimin e interpretimit të vlerave të matura dhe personalizimin e përpunimit të të dhënave sipas mënyrave të ndryshme që mund të kërkohen.
- Algoritmi u ndërtua për vlerat e matura në 900, 1800 dhe 2100 MHz, si dhe për vlerat totale të matura me brez të gjerë. Algoritmi u zbatua për matjet e kryera për një kompani konkrete celulare në territorin e Shqipërisë, të dhënat të përpunohen shumë herë më shpejtë, (rreth 30 herë) dhe me një saktësi të madhe.
- Zhvillimi i një modeli të përpunimit të të dhënave bazuar në Oracle-BI, nxjerrja e raporteve lidhur me funksionalitete krahasuese të ndryshme, diskutimi i rezultateve të nxjerra nga implementimi i aplikacionit.
- Krahasimi i gjithë vlerave të matura, me nivelet kufi të rekomanduara nga ICNIRP.

### 7.3. Përfundime

- Algoritmi për përpunimin e të dhënave të matjeve dhe vizualizimin e tyre në formë grafike, i ddërtuar në MatLAB për vlerat e matura në 900, 1800 dhe 2100 MHz, si dhe për vlerat totale të matura me brez të gjerë lehtëson interpretimin e vlerave të matura dhe përshpejton ndjeshëm kohën e përpunimit të të dhënave.
- Në algoritmin e zhvilluar në këtë punim u zhvillua edhe një metodë teorike e llogaritjes së intensitetit të fushës. Krahasimi i vlerës së matur me vlerën e llogaritur teorikisht shërben edhe si një mënyrë për vlerësimin e metodës teorike të llogaritjes së rrezatimit.
- Modelimi i një Kubi, i cili u përdor nga databazë Oracle dhe Oracle BI, i cili sjell një mundësi të mirë për të realizuar analizë, llogaritje dhe vlerësime të ndryshme statistikore, gjenerim raportesh për situata të ndryshme, vizualizim interaktiv të situatave, etj.
- Nga shqyrtimi i të dhënave dhe i llogaritjeve të bëra, rezultoi që nga tërësia e stacioneve (80), nga të cilat 50, u përpunuan edhe nëpërmjet Oracle për BI, rezultoi që nuk kemi vlera më të larta se vlerat limit të lejuara, sipas ICNIRP.
- Për stacionet e vendosura në qendrat e vogla urbane të qyteteve si Lezhë, Lushnje, Mamurras, Laç, Koplik, etj.) vihet re se niveli i rrezatimit, matur si intensitet i fushës elektrike - E (V/m), është më i vogël se në stacionet e vendosura në qendrat e mëdha urbane si në Tiranë dhe Durrës.
- Procedura e modelimit të Kub-it, mund të planifikohet në mënyrë që të ekzekutohet në intervale të caktuara kohore, duke bërë të mundur ngarkimin në databazë për të dhënat e matjeve të reja.
- Rezultate të caktuara mund të konstatohen brenda raportit dhe persona të ndryshëm mund të marrin njoftime të menjëhershme nëpërmjet **Web-it** ose kanaleve të komunikimit të celularëve. Ato mund të gjenerohen si pasojë e një planifikimi të mëparshëm, ose në varësi të kushteve të ndryshme që mund të plotesojnë të dhënat.
- Modeli i ndërtuar, OBIEE ofron një nivel shumë të lartë sigurie, falë aksesit në elementë të ndryshëm të BI. Përdorues të ndryshëm mund të kenë të drejta të ndryshme.

#### **7.4. Punime në të ardhmen**

Vlerësimi i rrezatimit të antenave në disa kompani celulare, në shtirje në kohë dhe në matje në mënyrë periodike për të lejuar krahasimin e rezultateve në formate të mirëpërcaktuara.

Procedura e modelimit të Kub-it, mund të planifikohet në mënyrë që të ekzekutohet në intervale të caktuara kohore, duke bërë të mundur ngarkimin në databazë për të dhënat e matjeve të reja. Pra, *ne mund të bëjmë edhe një gjykim të shtrirë në kohë mbi të dhënat e matjeve, dhe në mënyrë të shpejtë, e komode.*

Realizimi i njoftimeve on-line nëpërmjet *Web-it* ose kanaleve të komunikimit të celulareve, si pasojë e një planifikimi të mëparshëm ose në varesi të kushteve të ndryshme që mund të plotesojnë të dhënat. Raportim dhe publikim i të dhënave në një format të mirëpërcaktuar.

## REFERENCA

- 1) Simon R. Saunders, *Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems*, John Wiley&Sons, 1999.
- 2) Bardhyl Golemi, Rozeta Miho, Vala, *Celulari dhe Shëndeti*, Shtëpia botuese Morava, 2007.
- 3) T. S. Rappaport, *Wireless Communication: principles and practice*, Prentice Hall, 1996.
- 4) Wayne Tomasi, *Electronic Communications Systems*, Prentice Hall, 2004.
- 5) C. A. Balanis, *Advanced Engineering Electromagnetics*, John Wiley, 1989.
- 6) ITU, 681, *International Telecommunication Union, ITU-R Recommendation P.681-3: Propagation data required for the design of earth-space land mobile telecommunication systems*, Geneva, 1997.
- 7) R. A. Monzingo and T. W. Miller, *Introduction to adaptive arrays*, Wiley-Interscience, New York, 1980.
- 8) University of London, *Semi-smart Antenna Technology Report*, BSC Associates Ltd, 2006.
- 9) J. Li, *Electromagnetics Theory for Microwaves and Optoelectronics*, Prentice Hall, 1998.
- 10) J. D. Kraus, D. A. Fleisch, *Electromagnetics with Applications*, John Wiley, 1999.
- 11) W. J. Duffin, *Electricity and Magnetism*, John Wiley, 1980.
- 12) Directive 2004/40/EC of the European Parliament and the Council of Europe on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th separate directive according to Article 16 Paragraph 1 of Directive 89/391/EEC) of 29 April 2004.
- 13) C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design 3<sup>rd</sup> edition*, John Wiley, & Sons, 2005.
- 14) C. A. Balanis, P. I. Ioannides, *Introduction to Smart Antennas*, Morgan & Claypool, 2007.
- 15) F. B. Gross, *Frontiers in Antennas: Next Generation Design & Engineering*, McGraw-Hill, New York, 2011.
- 16) F. B. Gross, *Smart Antennas for Wireless Communications With MATLAB*, McGraw-Hill, New York, 2005.

- 17) Stevanovic, A. Skrivervikand, J. R. Mosig, *Smart Antenna Systems for Mobile Communications*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, France, 2003.
- 18) J. B. Andersen, P.E.Mogensen, G. F. Pedersen, *Exposure Aspects of W-CDMA, Center for Person kommunikation*, Aalborg University, Denmark, 2007.
- 19) ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics* 74 (4), pp. 494 – 522, 1998.
- 20) IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to RF Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz, IEEE Std. C95.1, 1999.
- 21) Kathrein – *Antennas for Mobile Communications*, Version 4, Edition 05/00.
- 22) M. Wenhua, M. Huaxing, G. Peng, *EMF Radiation Calculation and Measurement for Smart Antenna*, Electromagnetic Environment Lab, Beijing, 2010.
- 23) R. Cicchetti, A. Faraone, Estimation of the Peak Power Density in the Vicinity of Cellular and Radio Base Station Antennas, *IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility*, vol. 46, no. 2, pp. 275 – 290, 2004.
- 24) R. Cicchetti, A. Faraone, Q. Balzano, A Uniform Asymptotic Evaluation of the Field Radiated from Collinear Array Antennas, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 1, pp. 89–102, 2003.
- 25) R. Miho, B. Kamo, Estimation and Theoretical Evaluation of the E – M Radiation Field in the Vicinity of GSM900 and GSM1800 Antennas. VNM report for GSM900 and GSM1800, DET, FTI, Tirana, 2008.
- 26) S. Cela, A. Lala, B. Kamo, A. Biberaj, R. Miho Mitrush, “Estimation of Simultaneous Exposure to Electromagnetic Radiation of 2G and 3G Base Stations in Albania” *Journal of Communication and Computer, USA*, Volume 9, Number 10, October 2012, pg. 1142-1146, ISSN: 1548-7709.
- 27) S. Çela, R. Miho, A. Lala, “Matja e fushës elektromagnetike në një zonë urbane rreth stacioneve celulare në qytetin e Tiranës”, *Buletini i Shkencave Teknike, UPT*, Nr. 1, 2011, fq. 43-50.
- 28) Narda Safety Test Solutions, UMTS measurements with the Selective Radiation Meter SRM-3000, <http://www.narda-sts.de/>, Germany, 2008.
- 29) Narda Safety Test Solutions, SRM-3000 Selective Radiation Meter – Operating Manual, <http://www.narda-sts.de/>, Germany, 2007.

- 30) S. Miclaus, P. Bechet, *Estimated and Measured Values of the Radiofrequency Radiation Power Density Around Cellular Base Station*, 7th International Balkan Workshop on Applied Physics, Romania, 2006.
- 31) S. Çela, R. Miho Mitrush, B. Kamo, “Measurement of non ionizing radiation for 2G and 3G base stations in different regions of Albania, and processing of results in Oracle Business Intelligence”, *International Journal of Science, Innovation and New Technology (IJSINT)*, ISSN: 2223-2257, (Accepted, April 2014).
- 32) S. Çela, B. Kamo, A. Lala, “TETRA (terrestrial trunked radio) – technical features and application of professional communication technologies in mobile digital radio networks for Tirana International Airport”, *Conference Proceedings Book, International Conference: “Information Systems and Technologies and their importance in the economic development”*, Tirana, June 10-11, 2011, pg. 477-484.
- 33) S. Çela, B. Kamo, Sh. Cakaj, Q. Muka, R. Miho Mitrush, “An algorithm for processing the measurement results of electromagnetic field near 2G and 3G base stations in Albanian territory”. 21<sup>st</sup> International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM 2013), Technically co-sponsored by the IEEE and IEEE Communication Society, September 18-20, 2013 Split-Primosten, Croatia.
- 34) Oracle® Data Warehousing and Business Intelligence Solutions Published by Wiley Publishing, Inc. 10475 Crosspoint Boulevard Indianapolis, IN 46256 [www.wiley.com](http://www.wiley.com) Copyright © 2007 by Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana Published simultaneously in Canada ISBN-13: 978-0-471-91921-6 ISBN-10: 0-471-91921-7
- 35) *Building and Maintaining a Data Warehouse / Fon Silvers*. ISBN 978-1-4200-6462-9 (alk. paper)
- 36) *The data warehouse toolkit : the complete guide to dimensional modeling / Ralph Kimball, Margy Ross. — 2nd ed.* “Wiley Computer Publishing.” Includes index. ISBN 0-471-20024-7
- 37) *Oracle Database 10g Data Warehousing Lilian Hobbs, Susan Hillson, Shilpa Lawande, Pete Smith* ISBN 1-55558-322-9
- 38) *Getting Started with Oracle Data Integrator 11g*, Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place 35 Livery Street, Birmingham B3 2PB, UK. ISBN 978-1-84968-068-4, [www.packtpub.com](http://www.packtpub.com)



## **Shtojca A**

### **AKRONIME**

**AA** – Adaptive Array

**ADC** – Analog-to-Digital Converter

**ADDM** - Automatic Database Diagnostics Monitor

**AoA** – Angle-of-Arrival

**ASM** - Automatic Storage Manager

**BCCH** – Broadcast Common Control Channel

**BER**– Bit-Error-Rate

**BTS** – Base Transceiver Station

**BI** – Busines Intelligence

**CDMA** – Code-Division Multiple Access

**CIR**– Carrier to Interference Ratio

**DAC**– Digital-to-Analog Converter

**DAIC** – Double Antenna Interference Cancelling

**DAS** – Distributed Antenna System

**D-AMPS** – Digital-Advanced Mobile Phone Service

**DoA**– Direction-of-Arrival

**DQPSK**– Differential Quadrature Phase-Shift Keying

**DSP**– Digital Signal Processor

**EMF** – ElectroMagnetic Field

**EIRP** – Equivalent IsotropicallyRadiated Power

**FDD**– Frequency-Division Duplex

**FDMA** – Frequency-Division Multiple Access

**GMSK** – Gaussian Minimum Shift Keying

**GSM** – Global System for Mobile Communications  
**HSDPA** – High Speed Downlink Packet Access  
**HSUPA**– High-Speed Uplink Packet Access  
**ICNIRP** – International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection  
**IF** – Intermediate Frequency  
**KPI** – Key Performance (treguesit kryesorë)  
**KM** – Knowledge Module  
**LNA** – Low Noise Amplifier  
**LO** – Local Oscillator  
**LOS** – Line-of-Sight  
**MAI** – Multiple Access Interference  
**MIMO** – Multiple Input - Multiple Output  
**MS** – Mobile Station  
**OBIEE** - Oracle Business Intelligence Enterprise Edition  
**ODI** - Oracle Data Integrator  
**OFDM** –Orthogonal Frequency-Division Multiplexing  
**PA** –Phased Array  
**P-CPICH**– Primary Common Pilot Channel  
**PIM** – Product of Intermodulation  
**PLL**– Phase Locked Loop  
**RBW** – Resolution Bandwidth  
**RET** – Remote Electrical Tilt  
**RF** – Radio Frequency  
**RNC** – Radio Network Controller  
**RRH** – Remote Radi Head  
**RSP** – Real time Signal Processor  
**SA** –Smart Antenna  
**SAIC** – Single Antenna Interference Cancelling  
**SB** –Switched Beam  
**SDMA** – Space-Division Multiple Access  
**SINR** – Signal-to-Noise-and-Interference Ratio

**SFIR** – Spatial Filter Interference Reduction

**SNR** – Signal-to-Noise Ratio

**SRM** – Selective Radiation Meter

**TDD** – Time-Division Duplex

**TDMA** – Time-Division Multiple Access

**UE** – User Equipment

**UMTS** – Universal Mobile Telecommunications System

**WLAN** – Wireless LAN

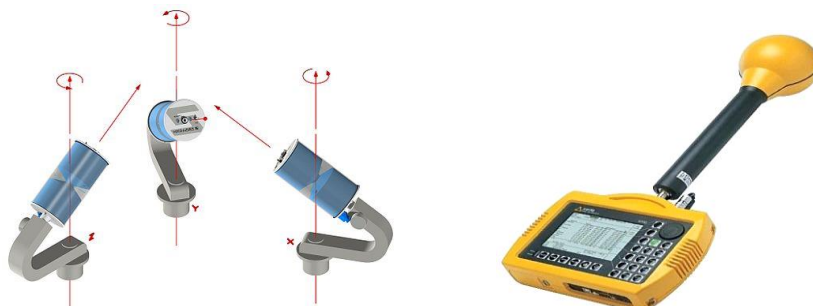
## 7.5. Shtojcë B

### 7.6. Aparati matës SRM-3000

SRM-3000 është një instrument për matjen e fushave në frekuencë të lartë në rendin e 100 KHz deri në 3 GHz. Ai siguron praktikitet për secilin që është i interesuar mbi spektrin e emetimit në hapsirën rreth pajisjeve radio-komunikuese. Me anë të tij bëhet e mundur përcaktimi i vlerave të rrezatimit jo jonizues, por lejonnje analizë më të detajuar të komponentëve të fushës, në lidhje me ekspozimin e përgjithshëm. Kjo bën që ky aparat të gjejë një përdorim të gjerë, dhe është komod në kushte që kërkojnë lëvizshmëri të lartë.

SRM-3000 është një sistem i kompletuar matësi. Bashkë me instrumentin SRM, kompania Narda siguron edhe antena të ndryshme si një zgjidhje për aplikime dhe rende frekuencash të ndryshme. Të gjitha antenat Narda mund të montohen direkt në instrument ose duke përdorur një kabëll të veçantë RF.

Antenat me tre-akse bëjnë të mundur që të dedektojnë automatikisht të tre komponentet hapsinorë të fushës që do të matet. Matjet izotropike janë të thjeshta dhe shumë më të shpejta sesa në antenat me një aks.



*Antenë izotropike tre aksiale dhe aparati mates SRM -3000*

SRM bën vlerësime direkte në site. Përveç kësaj, rezultatet mund të transferohen në PC në mënyrë që të përpilohet edhe raporti i matjes. SRM gjithashtu mund të kontrollohet edhe nga PC.

Seti i matjes varet nga detyra matëse. Seti i plotë përbëhet nga:

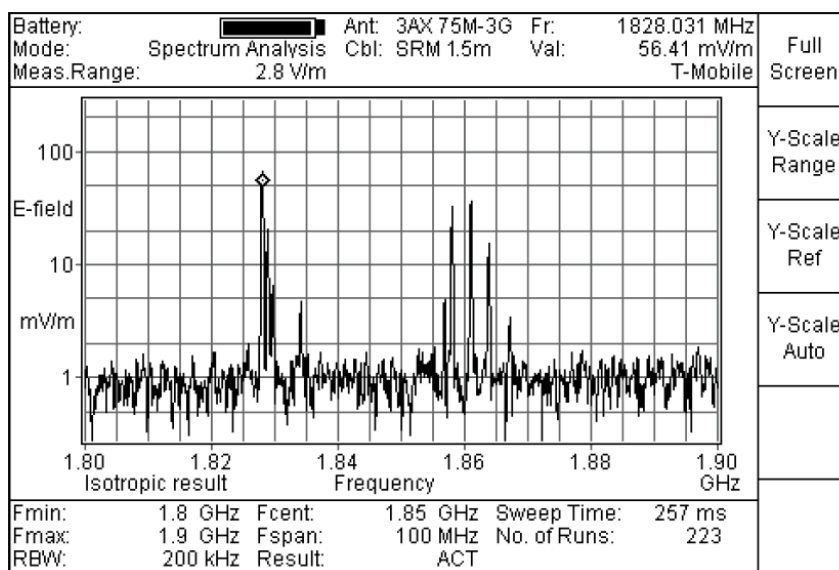
- Analizues spektri Narda SRM-3000 që përdoret në matjet me selektim frekuence.
- Antena të fushes elektrike tre-aksiale/një-aksiale për rende frekuencash deri në 3 GHz
- Kabllo special RF që lidhin antenën me aparatin matës.
- Fiksues i antenës në lartësinë e duhur.

Përveç këtyre pajisjeve, do të duhet edhe një kompjuter portabël i pajisur me programin SRM-TS për të kontrolluar instrumentin SRM, për të ruajtur dhe përpunuar vlerat e matjeve të kryera.

## 1. Mënyrat e funksionimit

### 1.1 Analizim spektri

Në një mjedis me shumë frekuenca mënyra me “Analizim Spektri” jep një pamje të përgjithshme të të gjithë komponentëve frekuencorë dhe fuqisë së fushës së tyre. Nevojitet vetëm vendosja e rendit të frekuencës që do të studiohet, e cila duhet të jetë në përputhje me rendin e frekuencave të antenës së SRM. Spektri shfaqet si një gjurmë e cila mund të vlerësohet shpejt nga analizimi i situatës së fushës nëpërmjet funksioneve *marker* dhe *zoom*. Tabela e vlerave pik tregon të gjitha fuqitë e fushës të cilat tejkalojnë një vlerë specifike sëbashku me frekuencat.



*Mënyra me Analizim Spektri*

### 1.2 Vlerësimi i Sigurimit

Në këtë mënyrë operimi, SRM i shfaq rezultatet e fuqisë së fushës në formën e një table. Këto rregullohen në lidhje me operatorët individuale të telekomunikacionit dhe me ekspozimin e përgjithshëm të treguar. Përcaktimi i operatorëve mund të bëhet nga përdoruesi. Rezultatet mund të tregohen si përqindje e vlerës kufi të specifikuar në normativat e emetimit të sigurtë,

ose mund të zgjidhet për të treguar vlerat absolute në V/m, A/m, ose në W/m<sup>2</sup> dhe mW/cm<sup>2</sup>. Mënyra e “Vlerësimit të Sigurimit” jep një pamje të përgjithshme të kontributeve që bëjnë shërbimet e veçanta në fuqinë e fushës së përgjithshme. Kjo mënyrë është efektive në rastet e konflikteve që kanë kompanitë e shërbimit, të cilat ndajnë mes tyre të njëjtën vendndodhje të antenës.

Mënyra e “Vlerësimit të Sigurimit” bazohet në analizën spektrale të ndjekur nga integrimi mbi një rend të caktuar frekuence. Matja është tërësishtë automatike. SRM mat të gjithë rendin e frekuencave të të gjithë operatorëve të zgjedhur duke vendosur në mënyrë automatike rezolucionin e brezit (RBW) për t’iu përshtatur një brezi sa më të ngushtë të shërbimit në proces. Ai ruan vlerat absolute të fuqisë së fushës të matur selektivisht, i vlereson ato në lidhje me rregullimin e zgjedhur dhe i ruan këto rezultate. Kontributet individuale përcaktohen nga integrimi i rendeve individuale të frekuencës së shërbimit. SRM mbledh së bashku rezultatet për frekuencat midis brezave të shërbimit dhe i përfshin këto në rezultatin e përgjithshëm.

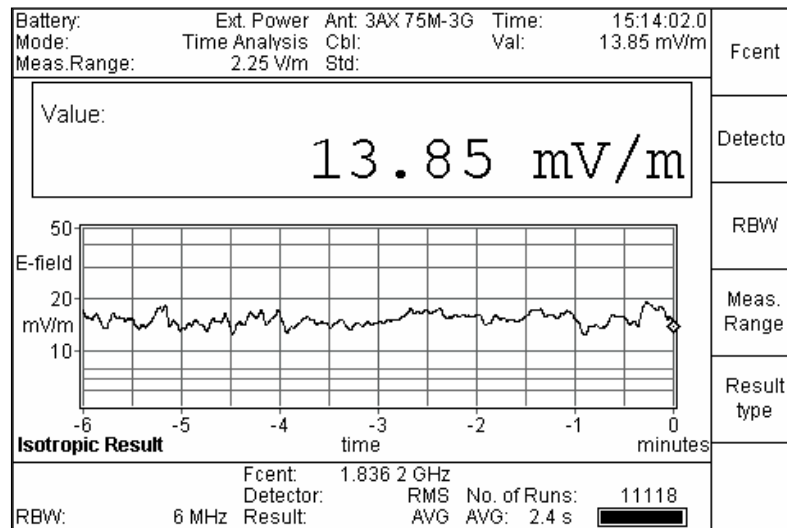
Battery:	██████████	Ant: 3AX 75M-3G	Cellular+GSM
Mode:	Safety Evaluation	Cbl:	
Meas.Range:	2.25 V/m	Std:	
Service	Value	Frequency	
NA. Cellu. UL	11.42 mV/m	746.000 MHz to 764.000 MHz	
NA. Cellu. DL	10.43 mV/m	776.000 MHz to 794.000 MHz	
GSM 850 UL	11.43 mV/m	824.000 MHz to 849.000 MHz	
GSM 850 DL	10.53 mV/m	869.000 MHz to 894.000 MHz	
GSM 1900 UL	100.5 mV/m	1850.000 MHz to 1910.000 MHz	
GSM 1900 DL	26.61 mV/m	1930.000 MHz to 1990.000 MHz	
Others	323.9 mV/m		
			Continue
Total	340.9 mV/m	746.000 MHz to 1990.000 MHz	Clear
<b>Isotropic Result</b> Spatial Avg: Cont.			
Fmin:	746 MHz	Process Time:	1.372 s
Fmax:	1.99 GHz	No. of Runs:	12
RBW:	3 MHz(Auto)	Result:	SAVG No. of SAVG: 11

*Mënyra me Vlerësimin e Sigurimit*

### 1.3 Analizim në Kohë

Në mënyrën me “Analizim në Kohë”, SRM mat vlerat e fuqisë së fushës në frekuencën qendrore të vendosur duke përdorur një rezolucion brezi, i cili mund të zgjidhet midis 6.4 KHz dhe 6 MHz. Algoritmi matës siguron që rezultatet të regjistrohen vazhdimisht, të përpunohen dhe të ruhen në kohën reale. Në këtë mënyrë mund të zgjidhet midis dedektorëve **rms** dhe **pik**. Duke përdorur dedektorin **pik**, mund të shfaqen numerikisht vlera e çastit (ACT) ose vlera maksimale (MAX). Duke përdorur dedektorin **rms**, mund të merret dhe vlera mesatare e matjeve (AVG) ose vlerat maksimale (MAX AVG), të cilat shfaqen në mënyrë numerike. Manualisht mund të vendoset koha mesatare midis 0.96 s dhe 30 min. Zakonisht nga shume standarte kërkohet një kohë mesatare prej 6 minutash. SRM përdor një filter kanali *steep cutoff*

për të monitoruar në mënyrë selektive një shërbim të caktuar gjatë periodës së kohës pa u ndikuar nga shërbimet e tjera.



*Mënyra me Analizim në Kohë*

**Tabela 1** Specifikime të SRM-3000

Rendi i frekuencave	100 kHz deri 3 GHz
Rezolucioni i brezit (RBW)	1 kHz deri 5 MHz, mënyra me Analizim Spektri
Zhurma natyrale	-121 dBm me RBW=1 kHz
Koha e matjes për një spektër	200 ms deri 1 s, varet nga frekunca, matjet njëaksiale
Kapaciteti i memories	512 spektra ose një grup rezultatesh
Koha e operimit	3-4 orë për një ngarkesë
Pesha	1.9 kg përfshirë dhe baterinë

## 2. Antena matëse izotropike, ndërtimi i saj

Antena matëse duhet të mbulojë një rend frekuencash, i cili përdoret nga shërbimet moderne telekomunikuese, nga VHF tek UMTS, domethënë nga 75 Mhz në 3 Ghz. Ajo duhet të jetë izotropike, me fjalë të tjera, duhet të jetë e ndjeshme në mënyrë të barabartë me sinjalet që vijnë nga të gjithë drejtimet, kështu që personit i cili kryen matjen nuk i duhet të merakoset për drejtimin nga i cili vjen rrezatimi. Ajo duhet të jetë mjaftueshëm e ndjeshme për të dalluar selektivisht kanalet radio-mobile individuale nga një përzierje frekuencash edhe brenda një ndërtese dhe mjaftueshëm e forte mekanikisht për të përballuar çdo mjedis. Përvec këtyre, struktura e përgjithshme e antenës dhe e instrumentit matës duhet të jetë immune nga rrezatimi

falls që rezulton i besueshëm dhe mund të merret ende në afërsi të transmetuesve të fuqishëm AM.

### 3. Pasiguria e matjes

Çdo matje është subjekt i pasigurisë. Cilido raport matjeje mund të konsiderohet i kompletuar kur ai përfshinë edhe pasigurinë e matjes ashtu si rezultatet e matjes.

Në këtë paragraf do të bëhet një paraqitje e shkurtër rreth pasigurisë, ku do të jepen disa procedura dhe vlera praktike, të cilat mund të përdoren kur kryhen matje me aparaturën SRM-3000.

#### 3.1. Faktorët që ndikojnë në pasigurinë e matjes dhe standartet

Përgjithësisht janë dy burime të mundshme të pasigurisë ose gabimeve në matje: aparaturat matëse dhe personi që i përdor ato.

Pasiguria e matjes, e cila është e pandashme në aparaturat matëse mund të përcaktohet nga certifikata e kalibrimit dhe specifikimet e dhëna nga prodhuesi. Narda specifikon vlerat e plota për aparatin SRM-3000 në katalogun e instrumentit.

Një vlerë empirike mund të përdoret për të paraqitur pasigurinë në kampionet e matjes, të cilat mund të jenë shkaktuar nga personi i cili kryen matjen.

Përsa i përket standarteve ato janë dy:

1. *Pasiguria standarte e matjes* – devijimi standart në shpërndarjen e sasisë së matur.
2. *Pasiguri e zgjeruar e matjes* – rendi brënda të cilit sasia e matur gabon për një propabilitet të dhënë.
  - Probabiliteti prej 95% është cilësuar si normal.
  - Për shpërndarjen normale të sasisë së matur, pasiguria e zgjeruar e matjes për një interval të besueshëm prej 95 %, është dyfish (ose ekzaktesisht 1.96 herë) i pasigurisë standarte të matjes.

#### 3.2 Llogaritja e pasigurisë standarte dhe aplikimi i saj

Formula për llogaritjen e pasigurisë standarte jepet si:

$$u = \sqrt{\sum_q u_q^2} = \sqrt{\sum_q \left(\frac{U_q}{k_q}\right)^2}$$

ku:



$u$  - pasiguria standarte e matjes së matur, %

$u_q$  - pasiguria standarte e matjes nga faktori influencës  $q$ , %

$U$  - pasiguria e zgjeruar e matjes, %

$U_q$  - kontributi i specifikuar/vlerësuar i pasigurisë nga faktori influencës  $q$ , %

$k_q$  - pjestuesi për reduktimin e faktorit të influencës  $q$  tek pasiguria standarte e matjes

E dhëna e pasigurisë e vendosur në certifikatën e kalibrimit, zakonisht kuptohet si 95% e vlerës së shpërndarjes normale. Pjestuesi për llogaritjen e pasigurisë standarte të matjes në këtë rast është  $kq = 2$ . Me fjalë të tjera, pjestimi i vlerës së specifikuar në certifikatë me 2, jep pasigurinë standarte të matjes.

E dhëna e pasigurisë, e cila jepet në specifikimet e katalogut duhet të konsiderohet si vlera maksimale e shpërndarjes drejtkëndore përveçse në rastin kur është e cilësuar. Pjestuesi këtu për llogaritjen e pasigurisë standarte të matjes është  $kq = \sqrt{3}$ .

Shpërndarja e formës - U merret zakonisht për pasigurinë për shkak të mospërputhjeve. Pjestuesi për llogaritjen e pasigurisë standarte të matjes në këtë rast është  $kq = \sqrt{2}$ .

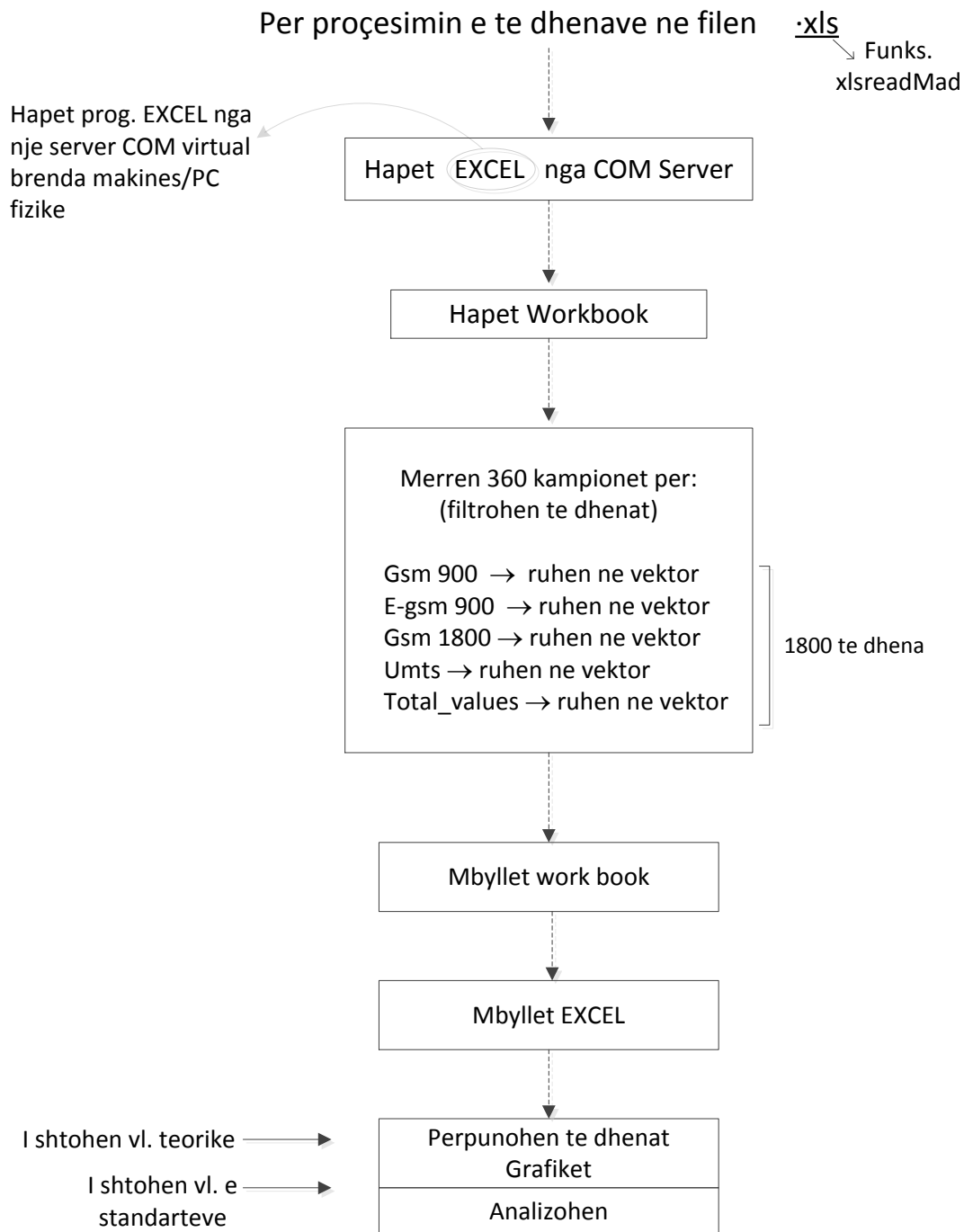
Narda specifikon pasiguritë e zgjeruara të matjes për SRM-3000 në katalogun shoqërues të tij. Këto vlera janë kombinim i antenës matëse dhe kabllit RF së bashku me instrumentin matës.

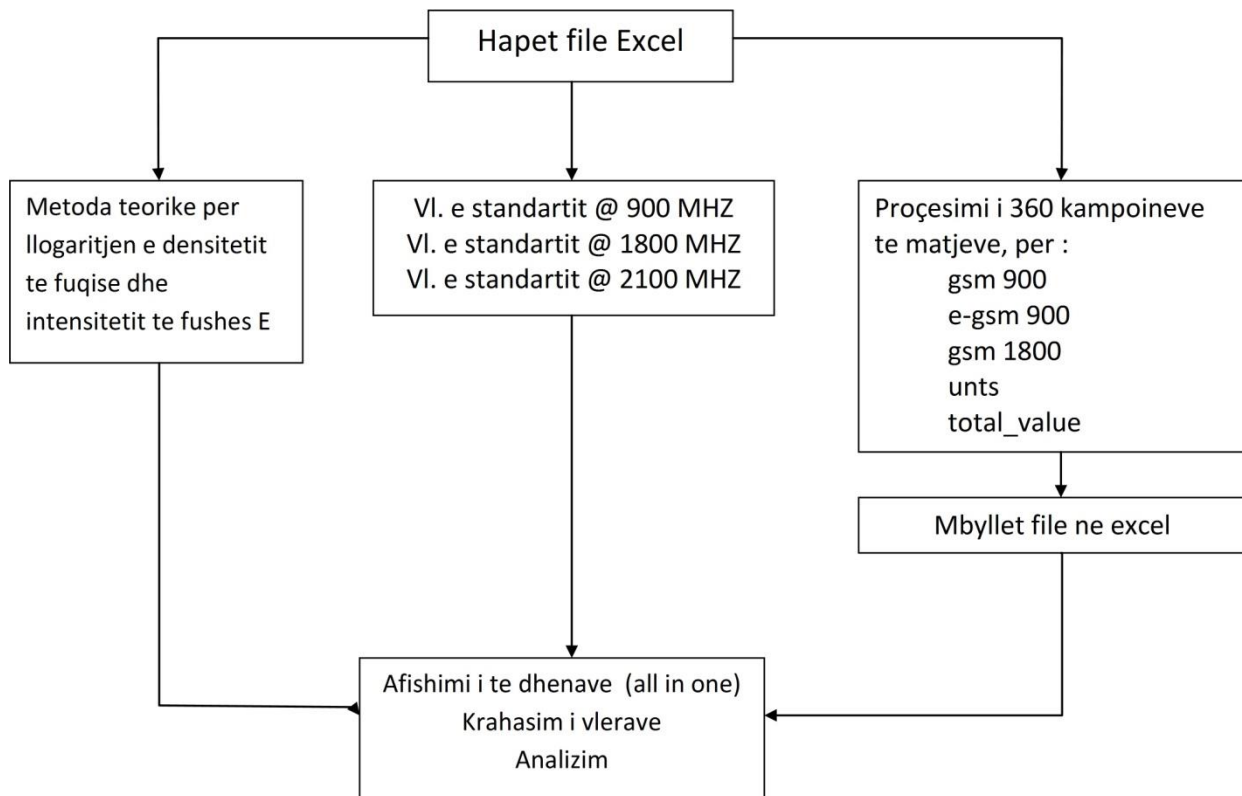
**Tabele** - Pasiguria e zgjeruar e matjes kur përdoret antenë izotropike

<b>Rendi i frekuncës</b>	<b>Matjet me antenë izotropike njëaksiale</b>	<b>Matjet izotropike</b>
75 – 900 MHz	+2.4 / -3.4 dB	+2.4 / -3.3 dB
900 – 1400 MHz	+2.3 / -3.1 dB	+2.4 / -3.3 dB
1400 – 1600 MHz	+2.2 / -3.1 dB	+2.6 / -3.7 dB
1600 – 1800 MHz	+1.8 / -2.2 dB	+2.2 / -3.0 dB
1800 – 2200 MHz	+1.8 / -2.2 dB	+2.4 / -3.3 dB
2200 – 2700 MHz	+1.8 / -2.3 dB	+2.6 / -3.6 dB
2700 – 3000 MHz	+1.9 / -2.4 dB	+3.2 / -5.3 dB

## SHTOJCA C

### Blokkema e thjeshtuar e Algoritmit në Matlab dhe pjesë nga kodi i leximit të Skedarit .xls dhe perpunimit të të dhënave





```

function [data, text, rawData,
customOutput]=xlsreadMod(file, sheet, range, mode, customFun)
%xlsreadMod eshte versioni i modifikuar i funksionit standart "xlsread".
%perdoret kur te dhenat ne file-n .xls do te aksesohen shume here.
%hapja+leximi+mbyllja e file-t .xls eshte nxjerre jashte loop-it te funks standart
%kodi per hapjen+leximin+mbylljen e file-t vendosen manualisht ne pjeset e kodit
...
%...ku do te perdoret funksioni "xlsreadMod".
%Ne kete menyre, file .xls hapet vetem nje here, lexohet (shume here), ...
%...pastaj mbyllet serisht. Ne ndryshim nga "xlsread" standart i cili ...
%...hapte+lexonte+mbyllte file-n .xls per cdo aksesim qe u behej te dhenave.
%      $ modified by-SanieCELA $          $ 17may2013 $
%
% XLSREAD Get data and text from a spreadsheet in an Excel workbook.
% [NUMERIC,TXT,RAW]=XLSREAD(FILE) reads the data specified in the Excel
% file, FILE. The numeric cells in FILE are returned in NUMERIC, the text
% cells in FILE are returned in TXT, while the raw, unprocessed cell
% content is returned in RAW.
%
% [NUMERIC,TXT,RAW]=XLSREAD(FILE,SHEET,RANGE) reads the data specified
% in RANGE from the worksheet SHEET, in the Excel file specified in FILE.
% It is possible to select the range of data interactively (see Examples
% below). Please note that the full functionality of XLSREAD depends on
% the ability to start Excel as a COM server from MATLAB.
%
% [NUMERIC,TXT,RAW]=XLSREAD(FILE,SHEET,RANGE,'basic') reads an XLS file as
% above, using basic input mode. This is the mode used on UNIX platforms
% as well as on Windows when Excel is not available as a COM server.
% In this mode, XLSREAD does not use Excel as a COM server, which limits
% import ability. Without Excel as a COM server, RANGE will be ignored

```

```

% and, consequently, the whole active range of a sheet will be imported.
% Also, in basic mode, SHEET is case-sensitive and must be a string.
%
% [NUMERIC,TXT,RAW]=XLSREAD(FILE,SHEET,RANGE','',CUSTOMFUN)
% [NUMERIC,TXT,RAW,CUSTOMOUTPUT]=XLSREAD(FILE,SHEET,RANGE','',CUSTOMFUN)
% When the Excel COM server is used, allows passing in a handle to a
% custom function. This function will be called just before retrieving
% the actual data from Excel. It must take an Excel Range object (e.g. of
% type 'Interface.Microsoft_Excel_5.0_Object_Library.Range') as input,
% and return one as output. Optionally, this custom function may return
% a second output argument, which will be returned from XLSREAD as the
% fourth output argument, CUSTOMOUTPUT. For details of what is possible
% using the EXCEL COM interface, please refer to Microsoft documentation.
%
% INPUT PARAMETERS:
% FILE: string defining the file to read from. Default directory is pwd.
%       Default extension is 'xls'.
% SHEET: string defining worksheet name in workbook FILE.
%        double scalar defining worksheet index in workbook FILE. See
%        NOTE 1.
% RANGE: string defining the data range in a worksheet. See NOTE 2.
% MODE: string enforcing basic import mode. Valid value = 'basic'. This
%       is the mode always used when COM is not available (e.g. on Unix).
%
% RETURN PARAMETERS:
% NUMERIC = n x m array of type double.
% TXT = r x s cell string array containing text cells in RANGE.
% RAW = v x w cell array containing unprocessed numeric and text data.
% Both NUMERIC and TXT are subsets of RAW.
%
% EXAMPLES:
% 1. Default operation:
%    NUMERIC = xlsread(FILE);
%    [NUMERIC,TXT]=xlsread(FILE);
%    [NUMERIC,TXT,RAW]=xlsread(FILE);
%
% 2. Get data from the default region:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet')
%
% 3. Get data from the used area in a sheet other than the first sheet:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet','sheet2')
%
% 4. Get data from a named sheet:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet','NBData')
%
% 5. Get data from a specified region in a sheet other than the first
%    sheet:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet','sheet2','a2:j5')
%
% 6. Get data from a specified region in a named sheet:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet','NBData','a2:j5')
%
% 7. Get data from a region in a sheet specified by index:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet',2,'a2:j5')
%
% 8. Interactive region selection:
%    NUMERIC = xlsread('c:\matlab\work\myspreadsheet',-1);
%    You have to select the active region and the active sheet in the
%    EXCEL window that will come into focus. Click OK in the Data
%    Selection Dialog when you have finished selecting the active region.
%
% 9. Using the custom function:
%    [NUMERIC,TXT,RAW,CUSTOMOUTPUT] = xlsread('equity.xls', ..., @MyCustomFun)
%    Where the CustomFun is defined as:

```

```

%
% function [DataRange, customOutput] = MyCustomFun(DataRange)
%     DataRange.NumberFormat = 'Date';
%     customOutput = 'Anything I want';
%
% This will convert to dates all cells where that is possible.
%
% NOTE 1: The first worksheet of the workbook is the default sheet. If
% SHEET is -1, Excel comes to the foreground to enable interactive
% selection (optional). In interactive mode, a dialogue will prompt
% you to click the OK button in that dialogue to continue in MATLAB.
% (Only supported when Excel COM server is available.)
% NOTE 2: The regular form is: 'D2:F3' to select rectangular region D2:F3
% in a worksheet. RANGE is not case sensitive and uses Excel A1
% notation (see Excel Help). (Only supported when Excel COM server
% is available.)
% NOTE 3: Excel formats other than the default can also be read.
% (Only supported when Excel COM server is available.)
%
% See also XLSWRITE, CSVREAD, CSVWRITE, DLMREAD, DLMWRITE, TEXTSCAN.

% Copyright 1984-2007 The MathWorks, Inc.
% $Revision: 1.23.4.24 $ $Date: 2007/12/06 13:30:15 $
%=====

Excel = evalin('base','Excel'); % added command
% initialise variables
data = [];
text = {};
rawData = {};

Sheet1 = 1;
if nargin < 2
    sheet = Sheet1;
    range = '';
elseif nargin < 3
    range = '';
end

% handle input values
if nargin < 1 || isempty(file)
    error('MATLAB:xlsread:FileName','Filename must be specified.');
```

```

end

if ~ischar(file)
    error('MATLAB:xlsread:InputClass','Filename must be a string.');
```

```

end

if nargin > 1
    % Verify class of sheet parameter
    if ~ischar(sheet) && ...
        ~(isnumeric(sheet) && length(sheet)==1 && ...
            floor(sheet)==sheet && sheet >= -1)
        error('MATLAB:xlsread:InputClass',...
            'Sheet argument must a string or an integer.');
```

```

    end

    if isequal(sheet,-1)
        range = ''; % user requests interactive range selection.
    elseif ischar(sheet)
        if ~isempty(sheet)
            % Parse sheet and range strings
            if isempty(strfind(sheet,':'))
                else

```

```

        range = sheet; % only range was specified.
        sheet = Sheet1;% Use default sheet.
    end
    else
        sheet = Sheet1; % set sheet to default sheet.
    end
end
end
if nargin > 2
    % verify class of range parameter
    if ~ischar(range)
        error('MATLAB:xlsread:InputClass',...
            'Range argument must a string. See HELP XLSREAD.');
```

```

    end
end
if nargin >= 4
    % verify class of mode parameter
    if ~isempty(mode) && ~(strcmpi(mode,'basic'))
        warning('MATLAB:xlsread:InputClass',...
            'Import mode string is invalid. XLSREAD resets mode to normal.');
```

```

        mode = '';
    end
else
    mode = '';
end

custom = false;
if nargin >= 5
    if strcmpi(mode,'basic') || ~ispc
        warning('MATLAB:xlsread:Incompatible',...
            ['Custom functions cannot be used in basic mode or on non-Windows
platforms.\n'...
            'The custom function argument will be ignored.'])
    elseif ~isa(customFun,'function_handle')
        warning('MATLAB:xlsread:NotHandle', ...
            'The fifth argument to XLSREAD must be a function handle.');
```

```

    else
        custom = true;
    end
end
end

%=====
% block command Excluded-by Modifier* (this block is set out of
% function loop)
% handle requested Excel workbook filename
% try
%     file = validpath(file, '.xls');
% catch exception
%     err = MException('MATLAB:xlsread:FileNotFound', 'XLSREAD unable to open file
%s.\n%s',...
%         file,exception.message);
%     throw(err);
% end
%=====
```

```

% select import mode from either normal or basic mode.
if strcmpi(mode,'basic') || ~ispc
    warning('MATLAB:xlsread:Mode',...
        ['XLSREAD has limited import functionality on non-Windows platforms\n'...
        'or in basic mode. Refer to HELP XLSREAD for more information.']);
    try
        if nargin > 2
            [data,text,rawData] = xlsreadold(file,sheet);
        else
            [data,text] = xlsreadold(file,sheet);
```

```

        end
    catch exception
        if isempty(exception.identifier)
            exception = MException('MATLAB:xlsreadold:FormatError','%s',
exception.message);
        end
        throw(exception);
    end
    return;
% else % block command Excluded-by Modifier* (this block is set out of
% function loop) %*excel server start out of loop, only once
%     % Attempt to start Excel as ActiveX server process.
%     try
%         Excel = actxserver('excel.application');
%     catch exc1
%         % revert to old XLSREAD that uses BIFFREAD
%         warning('MATLAB:xlsread:ActiveX',...
%             ['Could not start Excel server for import. '...
%             'Refer to documentation.']);
%     try
%         if nargin > 2
%             [data,text,rowData] = xlsreadold(file,sheet);
%         else
%             [data,text] = xlsreadold(file,sheet);
%         end
%     catch exc2
%         message=sprintf('%s\n%s', exc1.message, exc2.message);
%         if isempty(exc2.identifier)
%             exception = MException('MATLAB:xlsreadold:FormatError', message);
%         else
%             exception = MException(exc2.identifier, message);
%         end
%         throw(exception);
%     end
%     return;
% end
end
=====
try
    % open workbook
    Excel.DisplayAlerts = 0;

    %Workaround for G313142. For certain files, unless a workbook is
    %opened prior to opening the file, various COM calls return an error:
    %0x800a9c64. The line below works around this flaw. Since we have
    %seen only one example of such a file, we have decided not to incur the
    %time penalty involved here.
    %     aTemp = Excel.workbooks.Add(); aTemp.Close();

    %     try % block command Excluded-by Modifier* (this block is set out of
    % function loop)
    %         ExcelWorkbook = Excel.workbooks.Open(file,0,true);
    %     catch exception %#OK
    %         %do not pollute lasterror state
    %     end

    %     % block command Excluded-by Modifier*
    %     format = ExcelWorkbook.FileFormat;
    %     if strcmpi(format, 'xlCurrentPlatformText') == 1
    %         error('MATLAB:xlsread:FileFormat', 'File %s not in Microsoft Excel
Format.', file);
    %     end
end

```

```

if nargin >= 2
    % User specified at least a worksheet or interactive range selection.
    if ~isequal(sheet,-1)
        % Activate indicated worksheet.
        activate_sheet(Excel,sheet);

        try % importing a data range.
            if ~isempty(range)
                % The range is specified.
                Select(Range(Excel,sprintf('%s',range)));
                DataRange = get(Excel,'Selection');
            else
                % Only the worksheet is specified.
                % Activate upper left cell on sheet.
                Activate(Range(Excel,'A1'));

                % Select range of occupied cells in active sheet.
                DataRange = Excel.ActiveSheet.UsedRange;
            end
        catch % data range error.
            error('MATLAB:xlsread:RangeSelection',...
                'Data range is invalid.');
```

```

        end
    else
        % User requests interactive range selection.
        % Set focus to first sheet in Excel workbook.
        activate_sheet(Excel,Sheet1);

        % Make Excel interface the active window.
        set(Excel,'Visible',true);

        % bring up message box to prompt user.
        uiwait(warndlg({'Select data region in Excel worksheet.';...
            'Click OK to continue in MATLAB'},...
            'Data Selection Dialogue','modal'));
        DataRange = get(Excel,'Selection');
        set(Excel,'Visible',false); % remove Excel interface from desktop
    end
else
    % No sheet or range or interactive range selection.
    % Activate default worksheet.
    activate_sheet(Excel,Sheet1);

    % Select range of occupied cells in active sheet.
    DataRange = Excel.ActiveSheet.UsedRange;
end

%Call the custom function if it was given. Provide customOutput if it
%is possible.
if custom
    if nargin(customFun) < 2
        DataRange = customFun(DataRange);
        customOutput = {};
    else
        [DataRange, customOutput] = customFun(DataRange);
    end
end

end

% get the values in the used regions on the worksheet.
rowData = DataRange.Value;
% parse data into numeric and string arrays
[data,text] = parse_data(rowData);

```



```

catch exception
%   try % block command Excluded-by Modifier* (this block is set out of function
loop)
%       ExcelWorkbook.Close(false); % close workbook without saving any changes
%   catch exc2 %#OK
%       %Do not pollute lasterror state
%   end
    rethrow(exception); % rethrow original error
end

% try % block command Excluded-by Modifier*
%   ExcelWorkbook.Close(false); % close workbook without saving any changes
%   %This call could fail if the file is "locked". This is the same
%   %message you would get if you opened the file in Excel, and then tried
%   %to close the workbook (NOT the application).
%   Excel.Quit;
% catch exception
%   warning(exception.identifier, '%s', exception.message);
%   Excel.Quit;
% end

%-----
function [numericArray,textArray] = parse_data(data)
% PARSE_DATA parse data from raw cell array into a numeric array and a text
% cell array.
% [numericArray,textArray] = parse_data(data)
% Input:
%   data: cell array containing data from spreadsheet
% Return:
%   numericArray: double array containing numbers from spreadsheet
%   textArray: cell string array containing text from spreadsheet
%=====

% ensure data is in cell array
if ischar(data)
    data = cellstr(data);
elseif isnumeric(data) || islogical(data)
    data = num2cell(data);
end

% Check if raw data is empty
if isempty(data)
    % Abort when all data cells are empty.
    textArray = {};
    numericArray = [];
    return
else
    % Trim empty leading and trailing rows
    % find empty cells
    emptycells = cellfun('isempty',data);
    nrows = size(emptycells,1);
    firstrow = 1;
    % find last of leading empty rows
    while (firstrow<=nrows && all(emptycells(firstrow,:)))
        firstrow = firstrow+1;
    end
    % remove leading empty rows
    data = data(firstrow:end,:);

    % find start of trailing empty rows
    nrows = size(emptycells,1);
    lastrow = nrows;
    while (lastrow>0 && all(emptycells(lastrow,:)))
        lastrow = lastrow-1;
    end
end

```

```

end
% remove trailing empty rows
data = data(1:lastrow,:);

% find start of trailing NaN rows
warning('off', 'MATLAB:nonIntegerTruncatedInConversionToChar');
while (lastrow>0 && ~(any(cellfun('islogical', data(lastrow,:)))) && ...
      all(isnan([data{lastrow,:}])))
    lastrow = lastrow-1;
end
warning('on', 'MATLAB:nonIntegerTruncatedInConversionToChar');
% remove trailing NaN rows
data=data(1:lastrow,:);

[n,m] = size(data);
dataArray = cell(size(data));
dataArray(:) = {' '};
end

vIsNaN = false(n,m);

% find non-numeric entries in data cell array
vIsText = cellfun('isclass',data,'char');
vIsNaN =
cellfun('isempty',data)|strcmpi(data,'nan')|cellfun('isclass',data,'char');

% place text cells in text array
if any(vIsText(:))
    dataArray(vIsText) = data(vIsText);
else
    dataArray = {};
end
% Excel returns COM errors when it has a #N/A field.
dataArray = strrep(textArray,'ActiveX VT_ERROR: ','#N/A');

% place NaN in empty numeric cells
if any(vIsNaN(:))
    data(vIsNaN)={NaN};
end

% extract numeric data
data = reshape(data,n,m);
rows = size(data,1);
m = cell(rows,1);
% Concatenate each row first
for n=1:rows
    m{n} = cat(2,data{n,:});
end
% Now concatenate the single column of cells into a matrix
numericArray = cat(1,m{:});

% trim all-NaN leading rows and columns from numeric array
% trim all-empty trailing rows and columns from text arrays
[numericArray,textArray]=trim_arrays(numericArray,textArray);

% ensure numericArray is 0x0 empty.
if isempty(numericArray)
    numericArray = [];
end

%-----
function activate_sheet(Excel,Sheet)
% Activate specified worksheet in workbook.

```

```

% Initialise worksheet object
WorkSheets = Excel.sheets;

% Get name of specified worksheet from workbook
try
    TargetSheet = get(WorkSheets,'item',Sheet);
catch
    error('MATLAB:xlsread:WorksheetNotFound',...
        'Specified worksheet was not found.');
```

end

```

%Activate silently fails if the sheet is hidden
set(TargetSheet, 'Visible','xlSheetVisible');
% activate worksheet
Activate(TargetSheet);

%-----
function [matrixResult,cellResult,rowResult]=xlsreadold(filename, sheet)
% Basic import mode. Range specification not available.
% Interactive range selection not available.
% Read Excel file as binary image file
if nargin > 1
    if isequal(sheet,1) || isequal(sheet,-1)
        sheet = '';
    elseif ~ischar(sheet)
        error('MATLAB:xlsread:WorksheetNotFound',...
            'In basic mode, sheet argument must be a string.');
```

end

```

end
% read XLS file
biffvector = biffread(filename);

% get sheet names
[data, names] = biffparse(biffvector);

% if the names array is empty, this is an old style biff record with
% no sheet name. Just return data and empty text cell array.
if isempty(names)
    matrixResult = data;
    cellResult = cell(names);
    if nargin > 2
        rowResult = num2cell(data);
    end
    return;
end

if nargin == 1 || isempty(sheet)
    % just get the first sheet
    [n, s] = biffparse(biffvector, names{1});
else
    % try to read this sheet
    try
        [n, s] = biffparse(biffvector, sheet);
    catch
        error('MATLAB:xlsread:WorksheetNotFound',...
            'Specified worksheet was not found.');
```

end

```

end

% trim trailing empty text cells and NaN matrix elements
[matrixResult, cellResult] = trim_arrays(n,s);
% replace empty text cells with char([]).
cellResult(cellfun('isempty',cellResult))={' '};
```

```

if nargout > 2
    % create raw data return
    if isempty(s)
        rawResult = num2cell(n);
    else
        rawResult = cell(max(size(n),size(s)));
        rawResult(1:size(n,1),1:size(n,2)) = num2cell(n);
        for i = 1:size(s,1)
            for j = 1:size(s,2)
                if (~isempty(s{i,j}) && (i > size(n,1) || j > size(n,2) ||
isnan(n(i,j))))
                    rawResult(i,j) = s(i,j);
                end
            end
        end
    end
    % trim all-empty-string leading rows from raw array
    while size(rawResult,1)>1 && all(cellfun('isempty',rawResult(1,:)))
        rawResult = rawResult(2:end,:);
    end
    % trim all-empty-string leading columns from raw array
    while size(rawResult,2)>1 && all(cellfun('isempty',rawResult(:,1)))
        rawResult = rawResult(:,2:end);
    end
    % replace empty raw data with NaN, to comply with specification
    rawResult(cellfun('isempty',rawResult))={NaN};
end

```

```

%-----
function [numericArray,textArray] = trim_arrays(numericArray,textArray)
% trim leading rows or cols
% if the string result has dimensions corresponding to a column or row of
% zeros in the matrix result, trim the zeros.
if ~isempty(numericArray) && ~isempty(textArray)
    [mn, nn] = size(numericArray);
    [ms, ns] = size(textArray);

    if ms == mn
        % trim leading column(textArray) from numeric data
        firstcol = 1;
        while (firstcol<=nn && all(isnan(numericArray(:,firstcol))))
            firstcol = firstcol+1;
        end
        numericArray=numericArray(:,firstcol:end);
    end

    if ns == nn
        % trim leading NaN row(s) from numeric data
        firstrow = 1;
        while (firstrow<=mn && all(isnan(numericArray(firstrow,:))))
            firstrow = firstrow+1;
        end
        numericArray=numericArray(firstrow:end,:);

        % trim leading empty rows(s) from text data
        firstrow = 1;
        while (firstrow<=ms && all(cellfun('isempty',textArray(firstrow,:))))
            firstrow = firstrow+1;
        end
        textArray=textArray(firstrow:end,:);
    end

    % trim all-empty-string trailing rows from text array

```

```

    lastrow = size(textArray,1);
while (lastrow>0 && all(cellfun('isempty',textArray(lastrow,:))))
    lastrow = lastrow-1;
end
    textArray=textArray(1:lastrow,:);

% trim all-empty-string trailing columns from text array
    lastcol = size(textArray,2);
while (lastcol>0 && all(cellfun('isempty',textArray(:,lastcol))))
    lastcol = lastcol-1;
end
    textArray=textArray(:,1:lastcol);

% trim all-NaN trailing rows from numeric array
    lastrow = size(numericArray,1);
while (lastrow>0 && all(isnan(numericArray(lastrow,:))))
    lastrow=lastrow-1;
end
    numericArray=numericArray(1:lastrow,:);

% trim all-NaN trailing columns from numeric array
    lastcol = size(numericArray,2);
while (lastcol>0 && all(isnan(numericArray(:,lastcol))))
    lastcol=lastcol-1;
end
    numericArray=numericArray(:,1:lastcol);
end
end

```

## SHTOJCA D

### TIPET E ANTENAVE

#### Karakteristikat e antenave:

1. Përmasat
2. Brezi i punës (900 MHz ose 1800 MHz)
3. Fuqia e transmetimit
4. Amplifikimi kundrejt antenës izotropike (EIRP)
5. Hapja Horizontale & Vertikale
6. Azimuthi (orientimi)
7. Tilti elektrik
8. Polarizimi
9. Fuqia e hyrjes
10. Lartësia nga toka

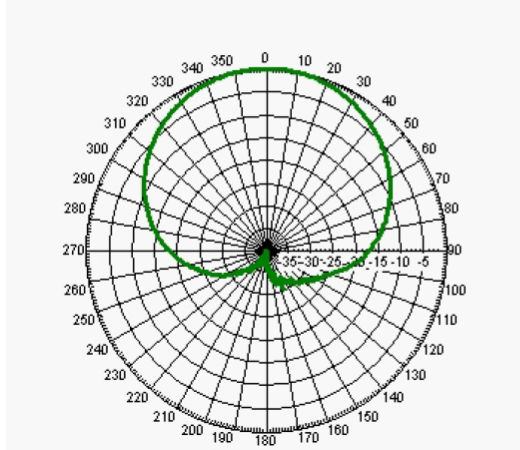
#### **DBXLH-6565B-VTM**

DualPol® Dual Band Antenna

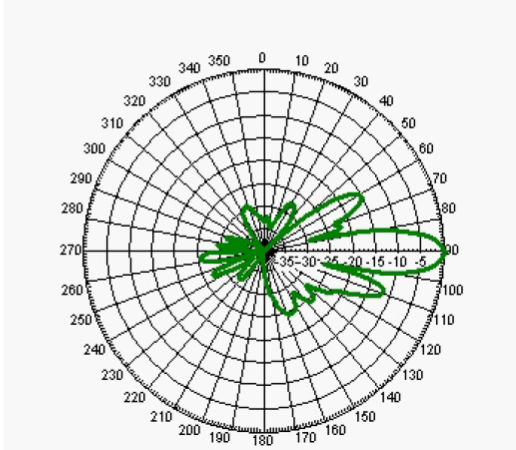
## ELECTRICAL

Frequency (MHz) :	824 - 896	870 - 960	1710 - 1880	1850 - 1990	1920 - 2180
Polarization :	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$	$\pm 45^\circ$
Gain (dBd/dBi) :	13.4/15.5	13.9/16	15.7/17.8	16.1/18.2	16.2/18.3
Azimuth BW (Deg.):	68	65	65	64	63
Elevation BW (Deg.):	10	10	5	4.8	4.6
Beam Tilt (Deg.):	0-10	0-10	0-6	0-6	0-6
USLS* (dB) :	15	15	15	15	15
Front-To-Back Ratio* (dB) :	25	25	25	25	25
Isolation (dB) :	>30	>30	>30	>30	>30
VSWR :	<1.5:1	<1.5:1	<1.5:1	<1.5:1	<1.5:1
PIM3 @ 2 x 20w (dBc) :	-150	-150	-150	-150	-150
Max. Input Power (Watts) :	250	250	250	250	250
Impedance (Ohms) :	50	50	50	50	50
Lightning Protection :	DC Ground	DC Ground	DC Ground	DC Ground	DC Ground

## AZIMUTH PATTERN



## ELEVATION PATTERN

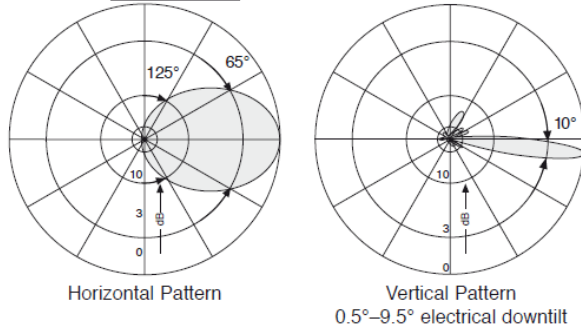


**XXPol Panel 824–960/1710–2180 65°/65° 16/18.5dBi 0°–10°/0°–6°T**

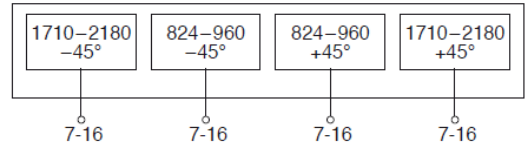
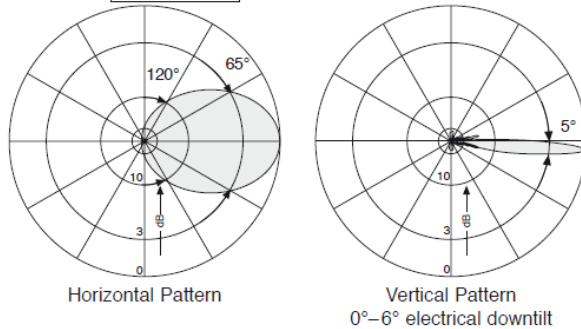
Type No.	<b>742 265</b>				
Frequency range	<b>824–960</b> 824–894 MHz   880–960 MHz		<b>1710–2180</b> 1710–1880 MHz   1850–1990 MHz   1920–2180 MHz		
Polarization	+45°, –45°		+45°, –45°		
Gain	2 x 15.5 dBi		2 x 17.8 dBi		2 x 18.3 dBi
<b>Horizontal Pattern:</b>					
Half-power beam width	68°		65°		63°
Front-to-back ratio (180°±30°)	> 27 dB		> 25 dB		> 25 dB
Cross polar ratio	Typically: 20 dB		Typically: 16 dB		Typically: 18 dB
Maindirection	0°		0°		0°
Sector	±60°		> 10 dB		> 10 dB
<b>Vertical Pattern:</b>					
Half-power beam width	10.5°		10°		5.2°
Electrical tilt continuously adjustable	0.5°–9.5°		0.5°–9.5°		0°–6°
Sidelobe suppression for first sidelobe above main beam	0.5°... 5°... 9.5°T 15 ... 15 ... 15 dB		0.5°... 5°... 9.5°T 15 ... 17 ... 19 dB		0° ... 3° ... 6° T 14 ... 15 ... 15 dB
Impedance	50 Ω		50 Ω		50 Ω
VSWR	< 1.5		< 1.5		< 1.5
Isolation: Intrasystem	> 30 dB		> 30 dB		> 30 dB
Isolation: Intersystem	Typically: > 50 dB (824–960 // 1710–2180 MHz)				
Intermodulation IM3	< –150 dBc (2 x 43 dBm carrier)		< –150 dBc (2 x 43 dBm carrier)		
Max. power per input	500 W		250 W		
Total power	1000 W		500 W		
(at 50 °C ambient temperature)					



**824–960** +45°/–45° Polarization



**1710–2180** +45°/–45° Polarization



<b>Mechanical specifications</b>	
Input	4 x 7-16 female (long neck)
Connector position	Bottom
Adjustment mechanism	2x, Position bottom continuously adjustable
Weight	22 kg
Wind load	Frontal: 340 N (at 150 km/h) Lateral: 280 N (at 150 km/h) Rearside: 640 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	2215 x 302 x 192 mm
Height/width/depth	1916 / 262 / 139 mm

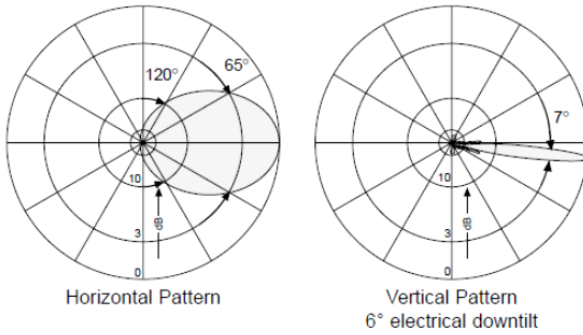


**XPol A-Panel 806–960 65° 18dBi 6°T**

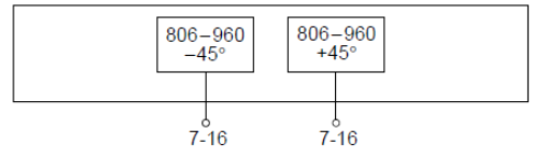
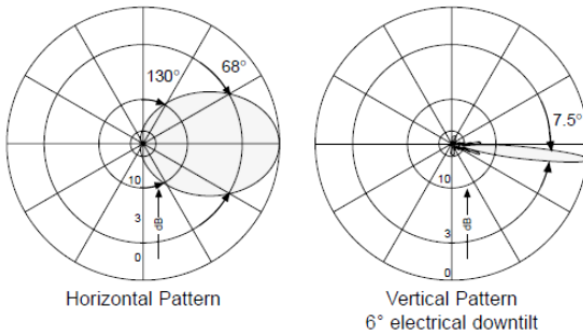
Type No.	<b>739 636</b>	
Frequency range	<b>806–960</b>	
	806 – 880 MHz	880 – 960 MHz
Polarization	+45°, -45°	+45°, -45°
Gain	2 x 17.5 dBi	2 x 18 dBi
Half-power beam width Copolar +45°/-45°	Horizontal: 68° Vertical: 7.5°	Horizontal: 65° Vertical: 7°
Electrical tilt	6°, fixed	
Sidelobe suppression for first sidelobe above horizon	≥ 18 dB	
Front-to-back ratio, copolar	> 30 dB	
Isolation	> 32 dB	
Impedance	50 Ω	
VSWR	< 1.5	< 1.3
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< -150 dBc	
Max. power per input	500 W (at 50 °C ambient temperature)	



880 – 960 MHz: +45°/-45° Polarization



806 – 880 MHz: +45°/-45° Polarization

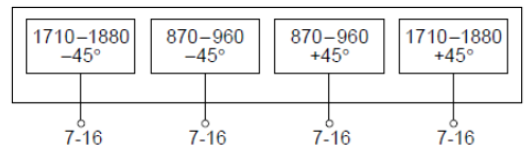
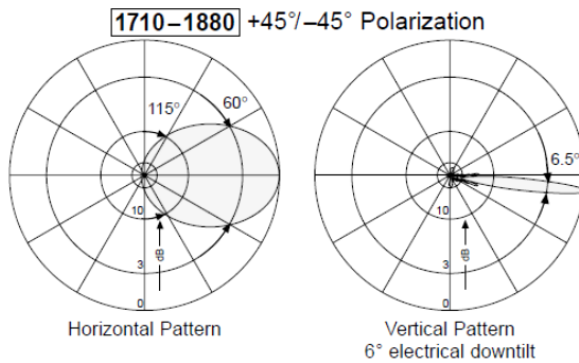
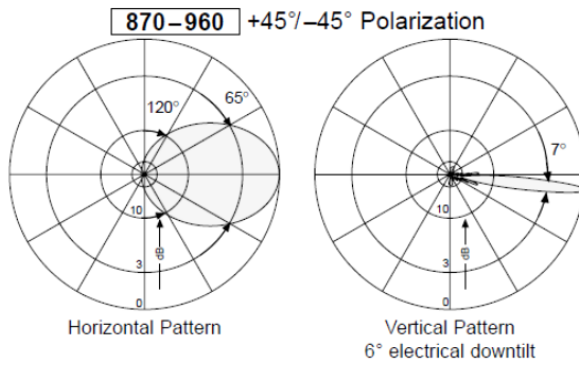


**Mechanical specifications**

Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Weight	19 kg
Wind load	Frontal: 470 N (at 150 km/h) Lateral: 280 N (at 150 km/h) Rearside: 1040 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	2692 x 287 x 165 mm
Height/width/depth	2580 / 262 / 116 mm

**XXPoI A-Panel 870–960/1710–1880 65°/60° 17.5/18dBi 6°T**

Type No.	<b>741 344</b>	
Frequency range	<b>870–960</b> 870 – 960 MHz	<b>1710–1880</b> 1710 – 1880 MHz
Polarization	+45°, –45°	+45°, –45°
Gain	2 x 17.5 dBi	2 x 18 dBi
Half-power beam width Copolar +45°/–45°	Horizontal: 65° Vertical: 7°	Horizontal: 60° Vertical: 6.5°
Electrical tilt	6°, fixed	6°, fixed
Front-to-back ratio, copolar	> 30 dB	> 30 dB
Isolation, between ports	> 30 dB (GSM 900 – GSM 900) > 30 dB (GSM 1800 – GSM 1800) > 30 dB (GSM 900 – GSM 1800)	
Impedance	50 Ω	50 Ω
VSWR	< 1.5	< 1.5
Intermodulation IM3 (2 x 43 dBm carrier)	< –150 dBc	< –150 dBc
Max. power per input	400 W	200 W
	(at 50 °C ambient temperature)	



**Mechanical specifications**

Input	4 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Weight	25 kg
Wind load	Frontal: 470 N (at 150 km/h) Lateral: 280 N (at 150 km/h) Rearside: 1040 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	2692 x 287 x 165 mm
Height/width/depth	2580 / 262 / 116 mm

