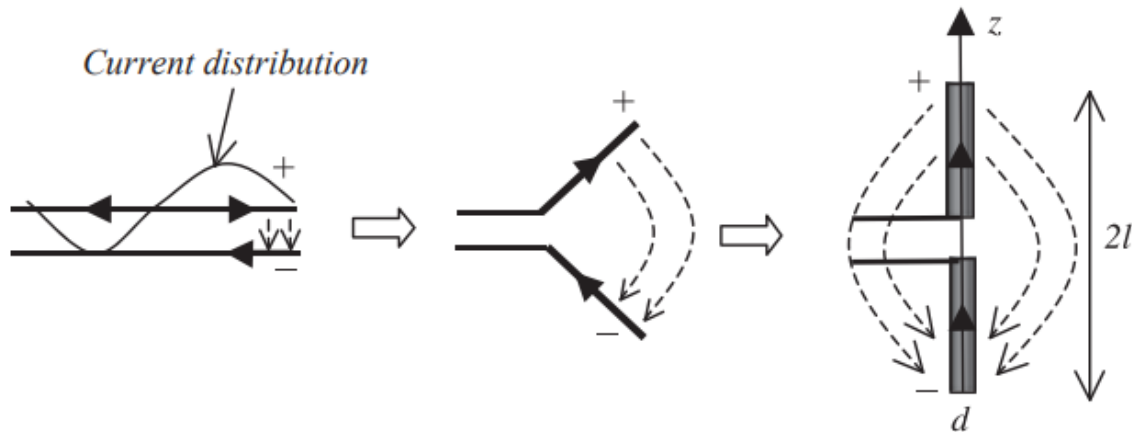


Antene dipol, monopol,
bucă și array de antene
liniare



Antene de tip dipol



Caz 1 distribuție de curent aproape uniformă, în care sarcinile se deplasează de-a lungul conductorului fără a produce radiație semnificativă

Caz 2 Pe măsură ce geometria conductorului sau condițiile de alimentare se modifică, apare o variație a distribuției curentului, evidențiată prin schimbarea direcției și intensității acestuia. Această variație implică accelerarea sarcinilor electrice, fenomen esențial pentru generarea radiației electromagnetice

- Antenele dipol sunt cele mai simpliste și cele mai folosite tipuri de antene.
- Un dipol poate fi considerat ca o structură evoluată dintr-o linie de transmisie deschisă ; o structură tipică a unui dipol este construită din 2 fire conductoare care sunt de aceeași dimensiune

Caz 3 curentul devine concentrat într-o structură mai scurtă (de tip dipol), iar liniile câmpului electric și magnetic se desprind de conductor și se propagă în spațiu sub formă de unde electromagnetice.

Antene de tip dipol

- Un element de curent infinitezimal este numit dipol hertzian (lungime $L < \lambda/50$)
- Se presupune că definim un element de curent infinitezimal de lungime dl prin care se propagă un curent alternativ I_0 . Curentul instantaneu are valoarea:

$$i(t) = I_0 e^{j\omega t} i_z$$

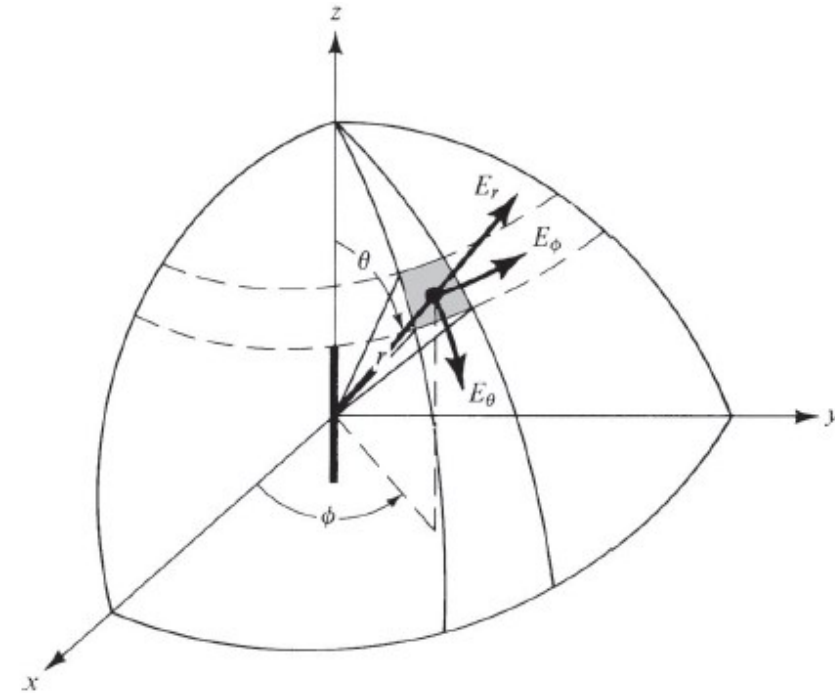
Potențial magnetic vector:

$$A = A_z \hat{Z} = \frac{\mu}{4\pi} I_0 dl \frac{e^{-jkr}}{r} e^{j\omega t} \hat{Z} \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$A_r = A_z \cos \theta = \frac{\mu I_0 l}{4\pi r} \cos \theta e^{-jkr}$$

$$A_\theta = -A_z \sin \theta = \frac{\mu I_0 l}{4\pi r} \sin \theta e^{-jkr}$$

$$A_\phi = 0$$



Dipolul și componentele lui de câmp în coordonate polare

Câmpul electric E și câmpul magnetic H

$$H_r = H_\theta = 0$$

$$H_\phi = j \frac{k I_0 l \sin\theta}{4\pi r} \left[1 + \frac{1}{jkr} \right] e^{-jkr}$$

$$E_r = \eta \frac{I_0 l \cos\theta}{2\pi r^2} \left[1 + \frac{1}{jkr} \right] e^{-jkr}$$

$$E_\theta = j\eta \frac{k I_0 l \sin\theta}{4\pi r} \left[1 + \frac{1}{jkr} - \frac{1}{(kr)^2} \right] e^{-jkr}$$

$$E_\phi = 0$$

Câmp apropiat și îndepărtat

Modelul de radiație al unei antene este un grafic al câmpului/puterii radiate în funcție de unghiul la o distanță fixă, care ar trebui să fie suficient de mare pentru a fi considerat câmp îndepărtat.

Din păcate, este dificil și, de asemenea, de lungă durată măsurarea modelului 3D al unei antene în practică. Majoritatea antenelor au anumite caracteristici simetrice, astfel, în realitate, cele mai importante modele sunt modelele de radiație în cele două principale planuri: planul E ($\phi = 0$) și planul H ($\theta = \pi/2$).

• Câmp apropiat

$$r \ll \frac{\lambda}{2\pi}$$

$$r \ll \frac{\lambda}{6}$$

Regiune de câmp apropiat reactiv

$$\frac{\lambda}{6} < r < \frac{2d^2}{\lambda}$$

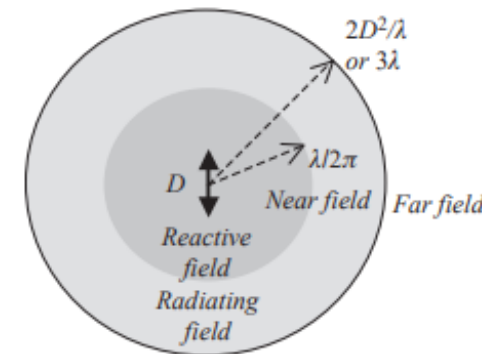
Regiune de câmp apropiat radiant

• Câmp îndepărtat

$$r \gg \frac{\lambda}{2\pi}$$

$$r > \frac{2d^2}{\lambda}$$

Unde d este dimensiunea maximă a antenei



Radiația antenei

- Regiunea de câmp îndepărtat $kr \gg 1$

$$E_{\theta} = j\eta \frac{kI_0 l \sin\theta}{4\pi r}$$

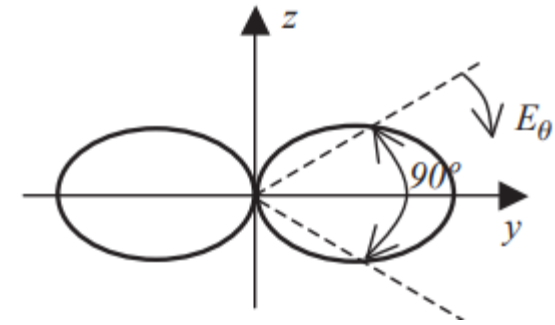
$$H_{\phi} = j \frac{kI_0 l \sin\theta}{4\pi r}$$

$$\frac{E_{\theta}}{H_{\phi}} = \eta = 120\pi$$

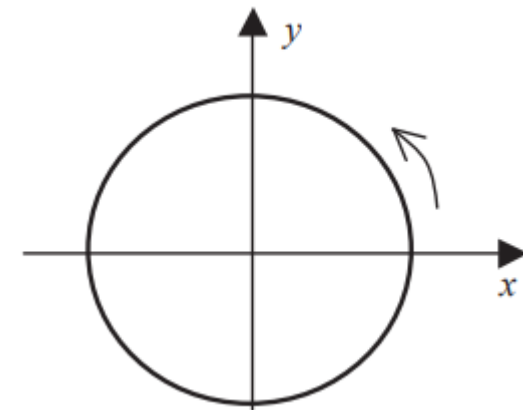
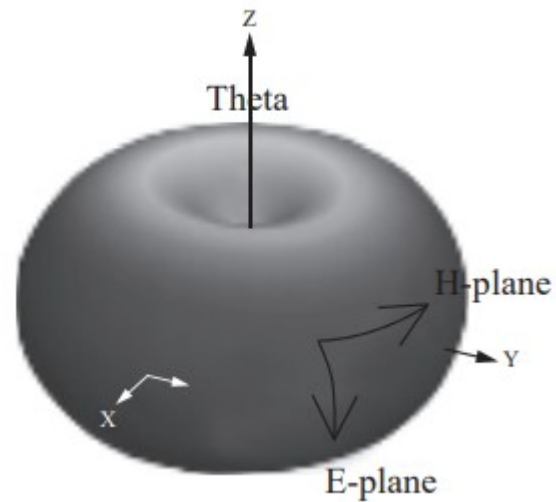
$$R_r = 80\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$$

- Directivitatea

$$D_0 = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} = \frac{3}{2} = 1.5$$



Plan E



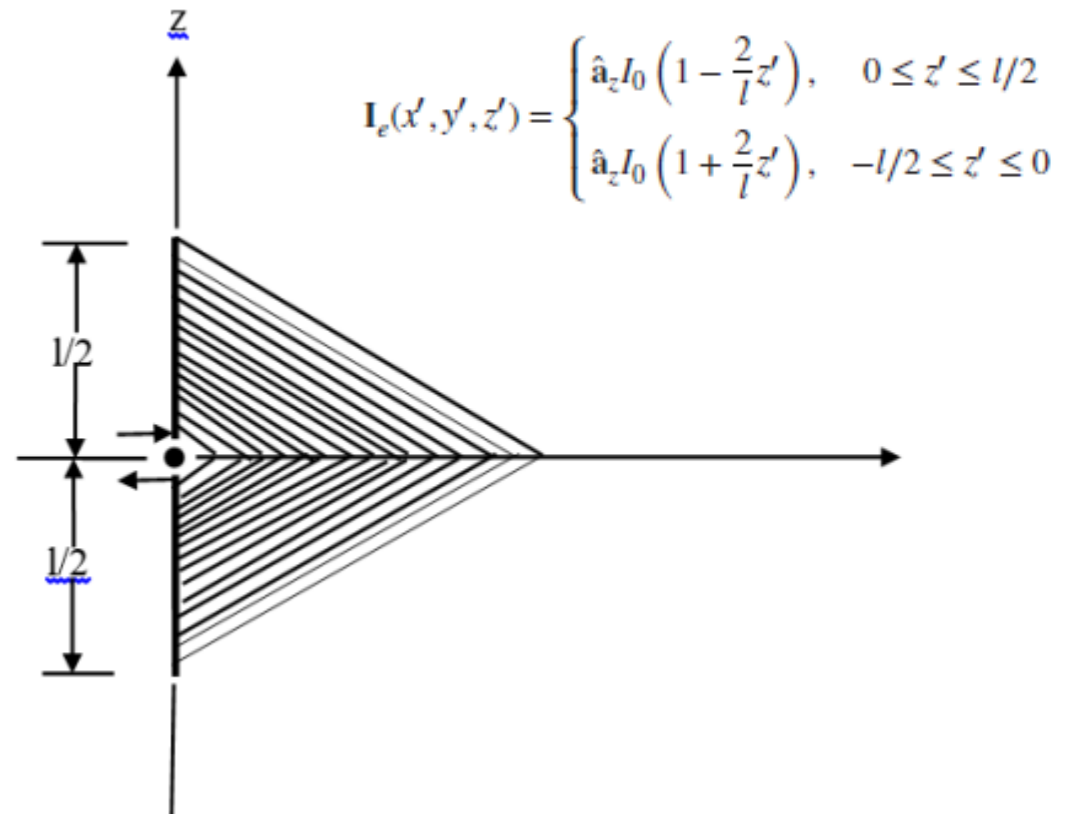
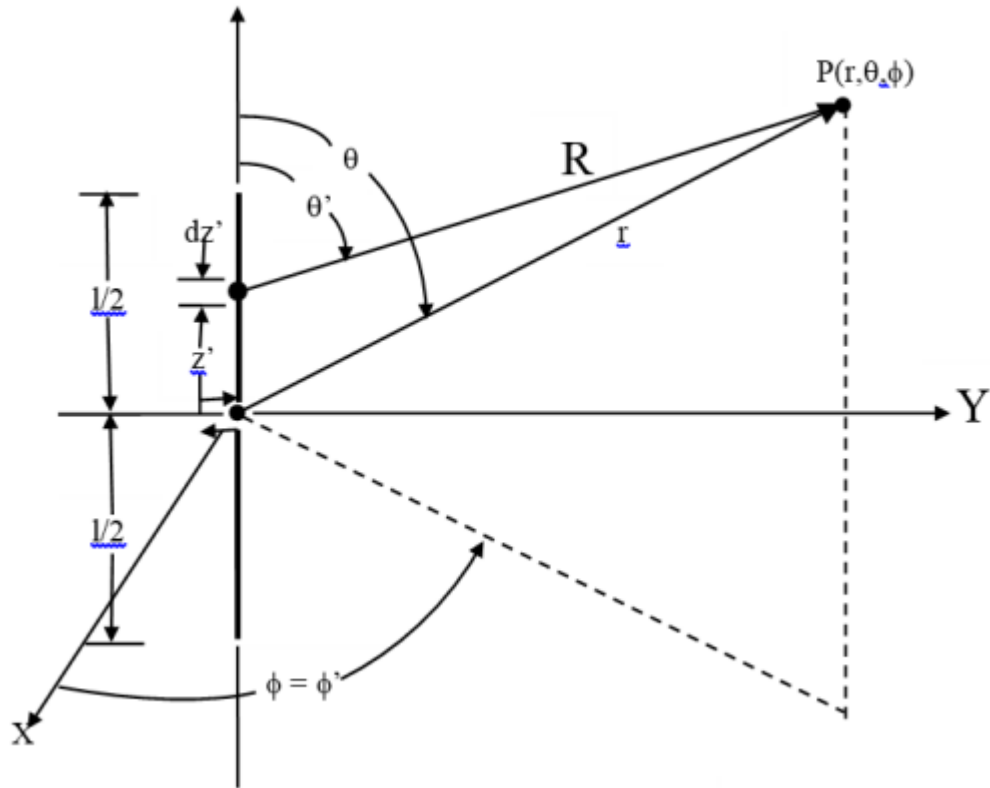
Plan H

$$E_r = E_{\phi} = H_r = H_{\theta} = 0$$

Antena dipol mică

- Lungimea unui dipol mic este $\frac{\lambda}{50} < l < \frac{\lambda}{10}$

Distributia de curent



Rezistența de radiație

Rezistența de radiație R_r reprezintă componenta rezistivă a impedanței antenei asociată puterii radiate în spațiu.

Regiunea de câmp îndepărtat $\mathbf{kr} \gg 1$

$$E_\theta = j\eta \frac{kI_0 l e^{-jkr} \sin\theta}{8\pi r}$$

$$H_\phi = j \frac{kI_0 l e^{-jkr} \sin\theta}{8\pi r}$$

$$E_r = E_\phi = H_r = H_\theta = 0$$

$$R_r = \frac{2P_{rad}}{|I_0|^2} = 20\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$$

Pentru rezistența radiației $l = \frac{\lambda}{10}$, $R_r = 2\Omega$

(putere pierdută) $l = \frac{\lambda}{4}$, $R_r = 12,3\Omega$

În aplicațiile practice, dipolii mici sunt utilizați în special atunci când constrângerile de spațiu sunt importante, de exemplu în dispozitive portabile sau sisteme compacte. Pentru a îmbunătăți performanțele, se recurge frecvent la tehnici de „încărcare” (loading), cum ar fi introducerea de inductanțe, care permit creșterea lungimii electrice fără a mări dimensiunea fizică.

Dipol de jumătate de lungime de undă

- Câmpul electric și magnetic pentru acest tip de dipol

$$E_{\theta} \cong j\eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right]$$

$$H_{\phi} = j \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right]$$

- Rezistența de radiație

$$R_r = \frac{2P_{rad}}{|I_0|^2} = 73$$

Proiectarea antenei

$$l + d = 0,48\lambda$$

Unde d este diametrul conductorului și $d < \lambda/10$

- Directivitatea

$$D_0 = 4\pi \frac{U_{max}}{P_{rad}} = 1,643$$

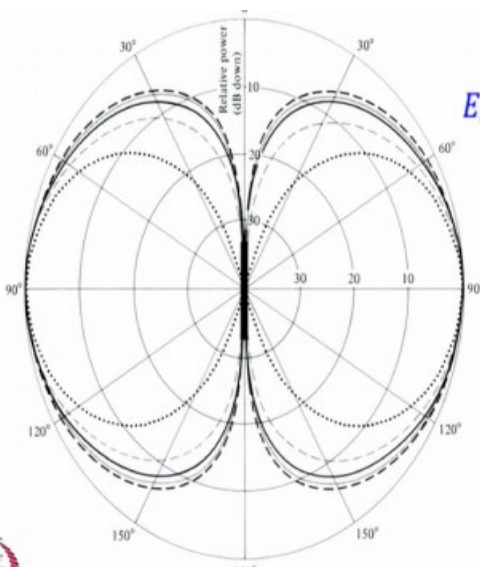
$$D = 2,1 \text{ dB}$$

Impedanța de intrare pentru un astfel de dipol este $73 + j42,5\Omega$

Pentru a face ca partea imaginară să aibă valoarea 0, lungimea antenei se reduce până când impedanța de intrare devine reală

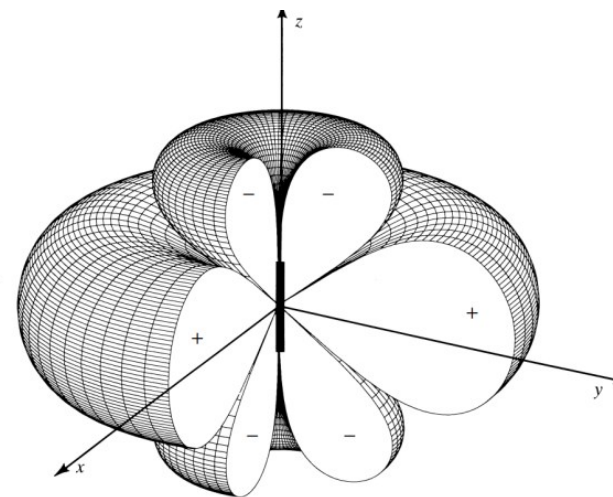
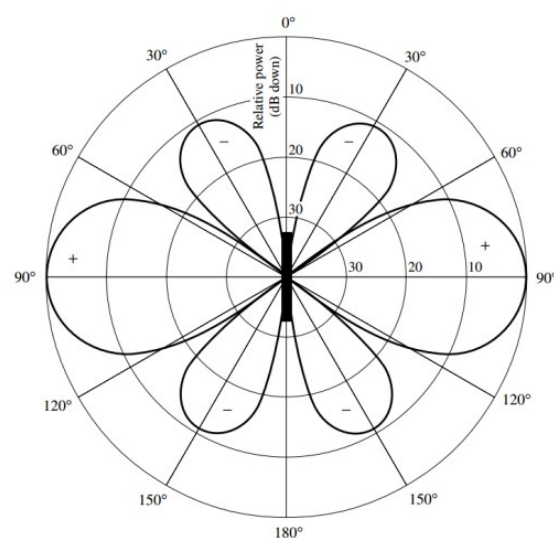
Impedanța de intrare este $\leq 68\Omega$

Radația pentru diferite lungimi ale dipolului



$$E_{\theta} \approx j\eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{kl}{2} \cos\theta\right) - \cos\left(\frac{kl}{2}\right)}{\sin\theta} \right]$$

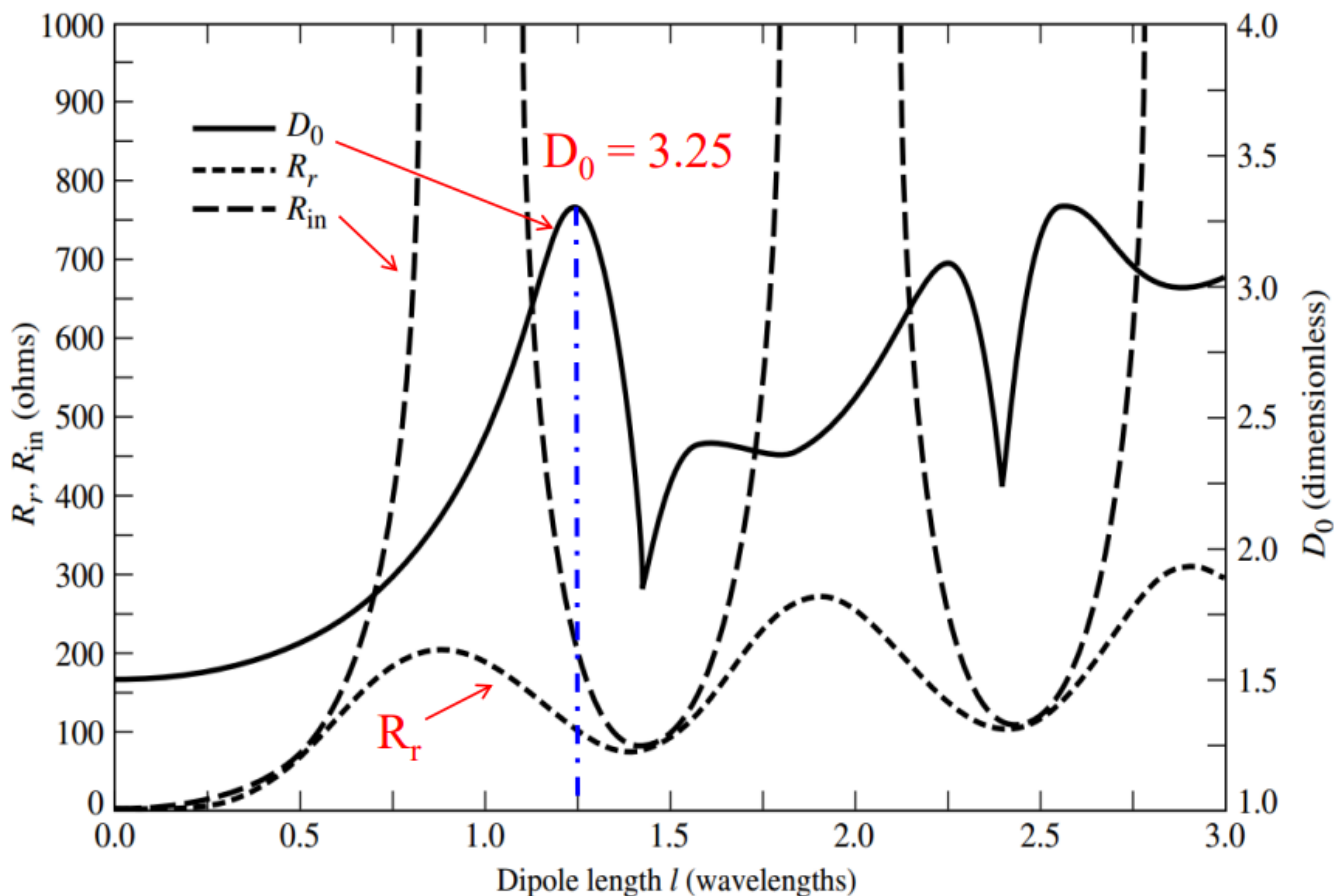
- $l = \lambda/50$ 3-dB beamwidth = 90°
- $l = \lambda/4$ 3-dB beamwidth = 87°
- $l = \lambda/2$ 3-dB beamwidth = 78°
- $l = 3\lambda/4$ 3-dB beamwidth = 64°
- $l = \lambda$ 3-dB beamwidth = 47.8°



Radiația pentru $l = 1.25 \lambda$

Directivitatea este maximă pentru un dipol subțire de lungime $l = 1.25 \lambda$

Rezistența și directivitatea antenei dipol



R_r – rezistența de radiație

R_{in} – rezistența de intrare

D_0 – directivitatea

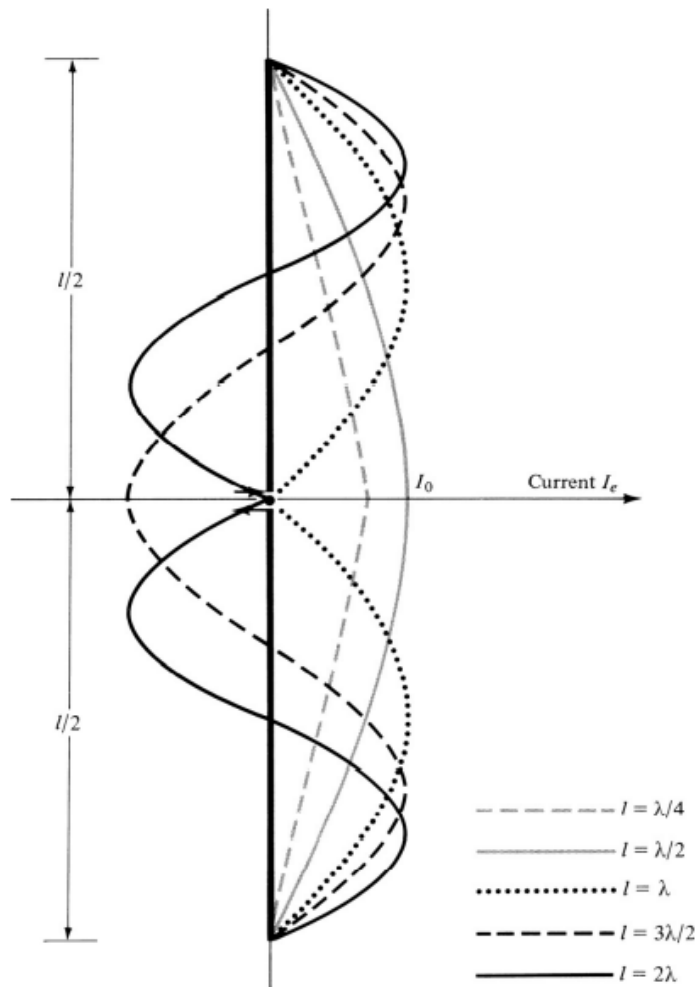
Dipolul este în **rezonanță** atunci când R_{in} este pur rezistiv (reactanța ≈ 0).

Rezistența de radiație R_r crește până la un maxim în jur de $\lambda/2$ ($\sim 70-75 \Omega$), oscilând apoi cu lungimea dipolului. Ea indică cât de eficient radiază antena energia.

Diferența dintre R_{in} și R_r vine din componenta reactivă (inductivă/capacitivă)

Directivitatea D_0 crește odată cu lungimea dipolului. Dipolii mai lungi devin mai direcționali, dar: apar **lobi secundari** (radiație în mai multe direcții)

Distribuția de curent



- Pentru $l = \lambda/2$: curenții este maxim în centru și zero la capete distribuție sinusoidală simplă.
- Pentru lungimi mai mari apar mai multe maxime și minime, distribuția devenind mai complexă

Proiectarea unei antene dipol de jumătate de lungime de undă

Să se proiecteze și modeleze o antenă de tip dipol de jumătate de lungime de undă care are frecvența de operare $f=1$ GHz

$$c = f \cdot \lambda$$

Lungimea de undă pentru frecvența de operare dorită:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1 \cdot 10^9 \text{ Hz}} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ m}$$

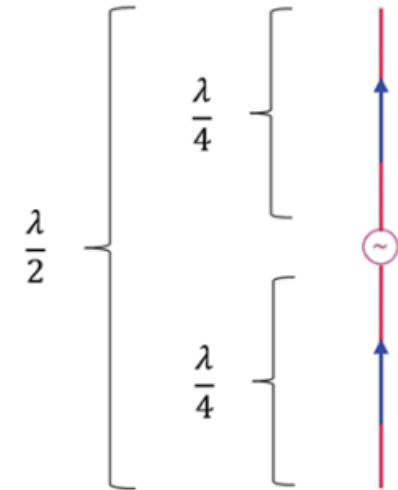
$$\lambda = 300 \text{ mm}$$

Lungimea antenei dipol este:








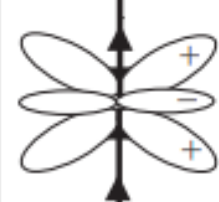
$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

Lungimea brațului antenei dipol este:

$$L_{\text{brat}} = \frac{L}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

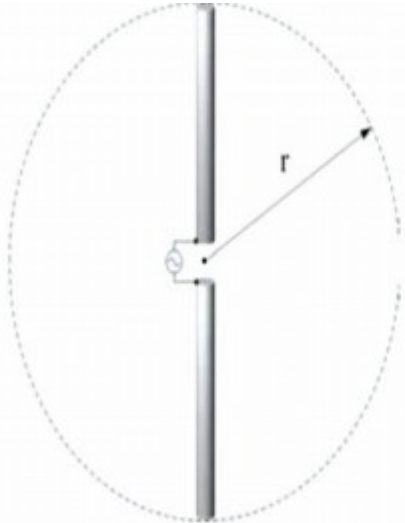


Caracteristicile antenelor dipol

Dipole length $2l$	$\lambda/10$	$\lambda/2$	λ	1.5λ
Current distribution				
Radiation pattern				
Directivity	1.5 or 1.76 dBi	1.64 or 2.15 dBi	2.4 or 3.8 dBi	About 2.3
HPBW	90°	78°	47°	NA
Input impedance	R : very small ($\sim 2 \Omega$) jX : capacitive	R : $\sim 73 \Omega$ jX : $\sim 0 \Omega$	R : very large jX : $\sim 0 \Omega$ for thin dipole	R : $\sim 100 \Omega$ jX : $\sim 0 \Omega$ for thin dipole
Note	jX sensitive to the radius	$R+jX$ not sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius

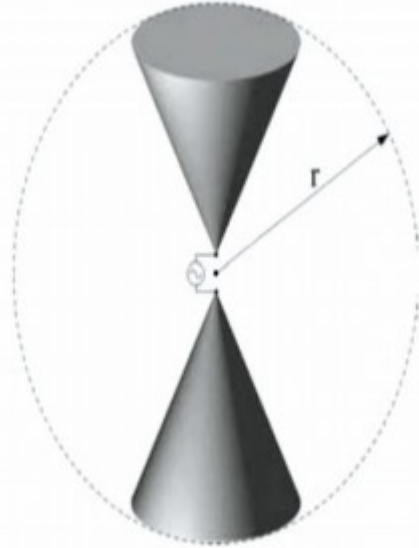
Antene dipol de bandă largă

- Lățimea de bandă a unei antene dipol este direct proporțională cu diametrul ei. Cu toate acestea există unele limitări când vorbim de diametrul acestora și anume $\lambda/10$



Antenă dipol cilindrică

Aici se poate folosi și o țevă goală pe dinăuntru

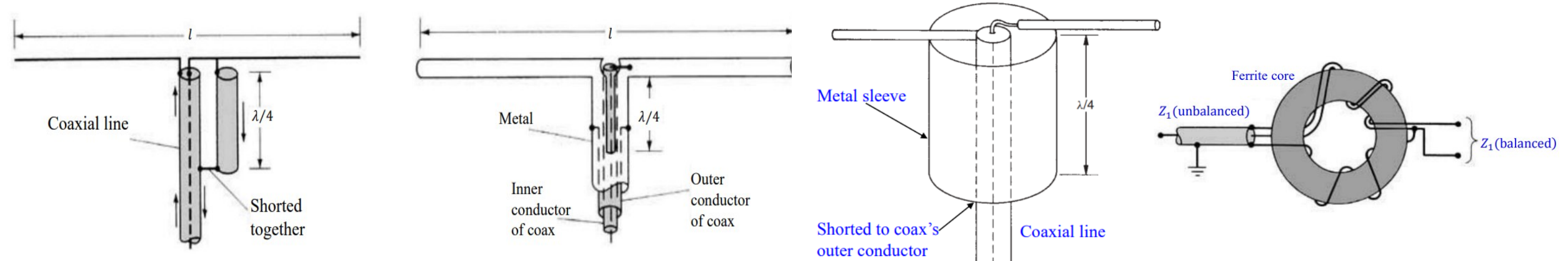


Antenă dipol biconică

Se pot folosi rețele de sârmă pentru a o face mai ușoară poate avea o bandă de frecvență foarte largă și este necesară balansarea celor 2 capete

Caracteristică	Dipol cilindric	Biconic
Lățime de bandă	Medie → poate fi crescută prin diametru sau modificări	Foarte largă (UWB)
Impedanță	Variază cu frecvența	Aproape constantă pe o bandă extinsă
Dimensiune	Mai compact	Mai mare pentru frecvențe joase
Pattern	Omnidirecțional	Omnidirecțional (similar dipolului)
Aplicații	Comunicații uzuale, portabile, radare	Testare EMC, UWB, măsurători, analiză spectrală
Complexitate	Simplu	Mai complex geometric și mecanic

Proiectarea antenelor dipol



Dispozitive care pot fi folosite pentru a balansa sisteme prin anulara curentului din exterior cunoscute cu numele de baluns

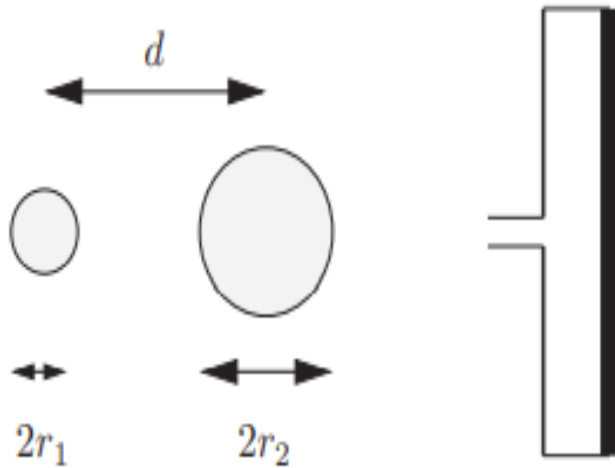
Balun Bazooka sau mânecă; lățime de undă îngustă

Balun cu miez de ferită; lățime de undă largă

Această proiectare este greoaie uneori, punerea în practică necesită timp și costurile sunt ridicate; de aceea uneori sunt preferate uneori antenele de tip monopol.

Antena dipol pliată

Impedanța antenei dipol pliată de N ori este de N^2 ori mai mare ca și cea a unui dipol singular de aceeași lungime ca o latură a ei

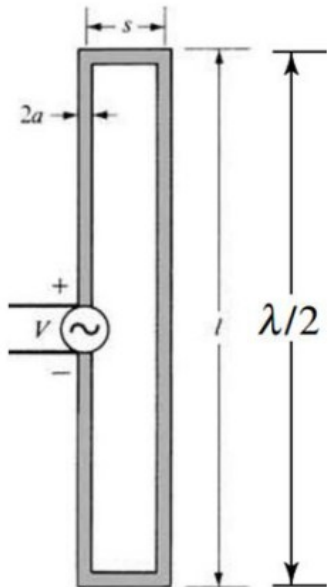


$$Z_{in} = \frac{V}{I_1} \cong N^2 Z_{11} = N^2 Z_r$$

Impedanța de intrare a unei antene dipol pliată cu 2 plieri este :

$$Z_{in} = 2^2 Z_r = 4Z_r$$

Aceste tipuri de antene sunt folosite în construcția antenelor Yagi Uda pentru recepția TV



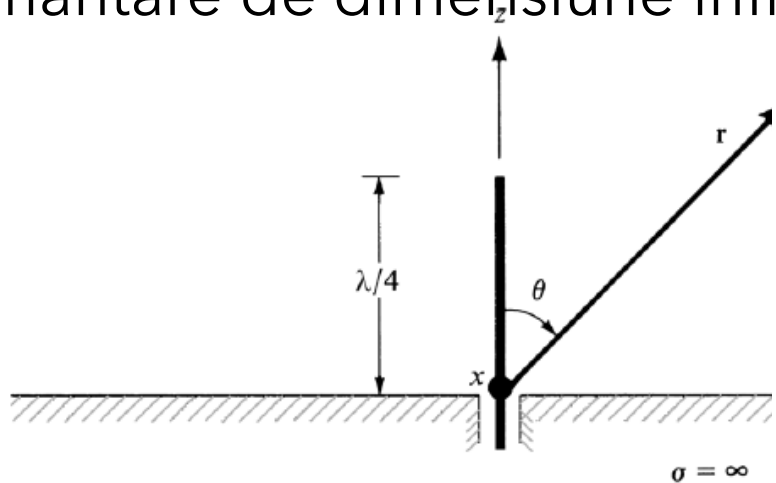
Z_{in} = impedanța de intrare a dipolului pliat

Z_r = impedanța unui braț (ramură) al dipolului original,

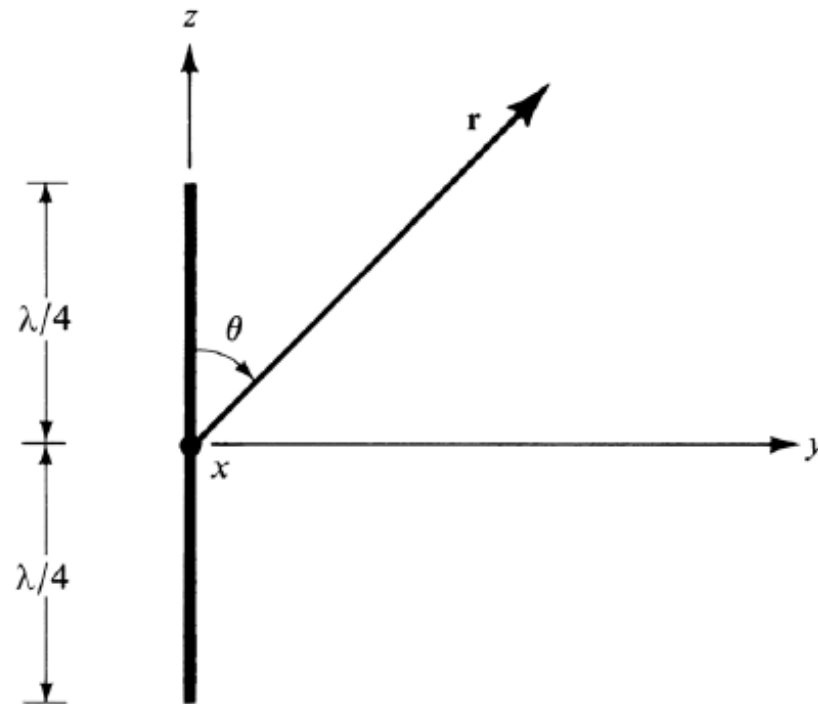
Antene monopol

Antenă monopol de sferă de lungime de undă pe un plan de pământare infinit

De reținut este că această dimensiune de $\lambda/4$ este validă doar dacă există un plan de pământare de dimensiune infinită



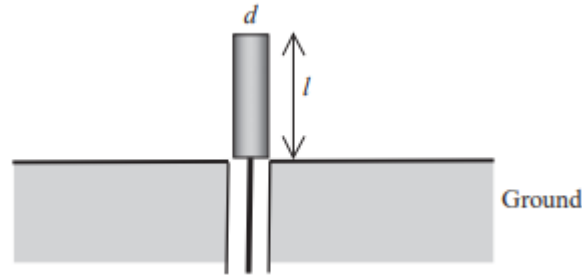
(a) $\lambda/4$ monopole on infinite electric conduc



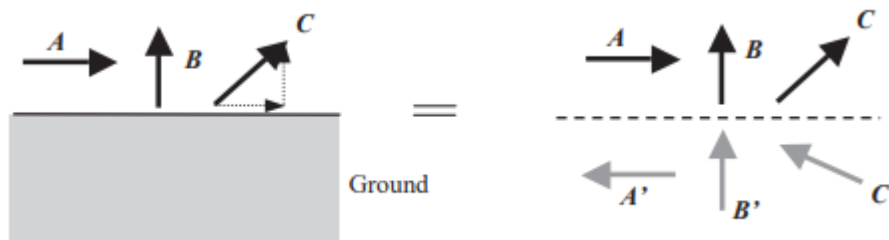
(b) Equivalent of $\lambda/4$ monopole on infinite electric conductor

Antene monopol și teoria imaginilor

- Antena monopol este jumătate din antena dipol. Sunt multe asemănări între ele, dar există și unele diferențe. Cel mai bun mod de a investiga antena monopol este de a utiliza teoria imaginii.



- Teoria imaginilor afirmă că dacă există un curent $A/B/C$ deasupra unui plan de pământare infinit perfect conductor, solul va acționa ca o oglindă pentru a-și genera imaginea, $A'/B'/C'$. A și B sunt cei doi curenți de bază; orice alt caz, cum ar fi C , poate fi privit ca o combinație a acestor doi curenți. Câmpul în orice punct deasupra planului de sol este echivalent cu câmpul generat de curentul $A/B/C$ și imaginea acestuia $A'/B'/C'$ fără prezența planului de pământare.
- Curentul imagine este de aceeași amplitudine cu sursa originală și direcția acestuia este determinată de condițiile de frontieră, cum ar fi cea care afirmă că valoarea câmpului electric tangențial trebuie să fie zero la frontieră. Folosind teoria imaginii, putem elimina planul de pământare și trata problema ca și cum ar fi în spațiul liber, dar ar avea o pereche de surse de curent.



Câmpurile electrice și magnetice îndepărtate

E și H pentru o antenă monopol de $\lambda/4$ pe un plan de pământare infinit sunt la fel ca a unei antene dipol pe partea de sus

$$E_{\theta} = j\eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right]$$

$$H_{\phi} = j \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[\frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right]$$

Impedanța de intrare

$$Z_{in}(monopol) = \frac{Z_{in}(dipol)}{2} = \frac{73 + j42,5}{2} = 36,5 + j21,25$$

Directivitatea

$$D(monopol) = 2 * D(dipol) = 2 * 1,643 = 3,286 = 5dB$$

Înălțimea h pentru impedanța de intrare reală (pentru plan de pământare infinit)

$$h+r=0,24\lambda, \text{ unde } r \text{ este raza firului și } r \leq \lambda/20$$

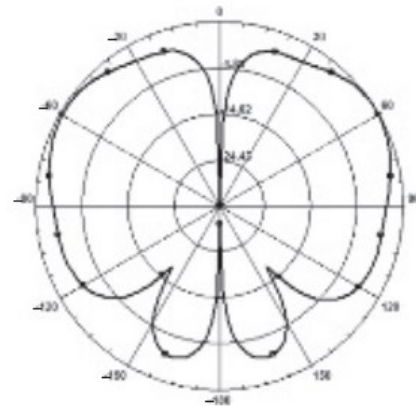
Câmpurile electrice și magnetice îndepărtate

Monopole length l	$\lambda/20$	$\lambda/4$	$\lambda/2$	$3/4$
Current distribution				
Radiation pattern				
Directivity	3.0 or 4.76 dBi	3.28 or 5.15 dBi	4.8 or 6.8 dBi	About 4.6
HPBW	45°	39°	23.5°	NA
Input impedance	R : very small ($\sim 1\Omega$) jX : capacitive	R : $\sim 37\Omega$ jX : $\sim 0\Omega$	R : very large jX : $\sim 0\Omega$ for thin dipole	R : $\sim 50\Omega$ jX : $\sim 0\Omega$ for thin dipole
Note	jX sensitive to the radius	$R+jX$ not sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius

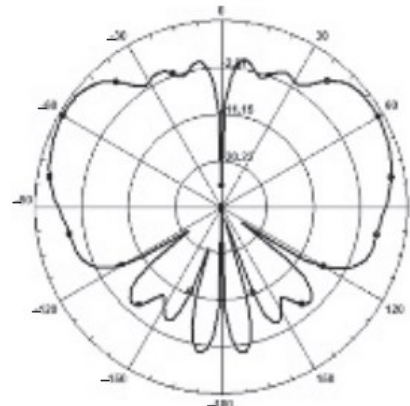
Dipole length $2l$	$\lambda/10$	$\lambda/2$	λ	1.5λ
Current distribution				
Radiation pattern				
Directivity	1.5 or 1.76 dBi	1.64 or 2.15 dBi	2.4 or 3.8 dBi	About 2.3
HPBW	90°	78°	47°	NA
Input impedance	R : very small ($\sim 2\Omega$) jX : capacitive	R : $\sim 73\Omega$ jX : $\sim 0\Omega$	R : very large jX : $\sim 0\Omega$ for thin dipole	R : $\sim 100\Omega$ jX : $\sim 0\Omega$ for thin dipole
Note	jX sensitive to the radius	$R+jX$ not sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius	$R+jX$ sensitive to the radius

Efectele planului de pământare

- Analiza de mai sus și caracteristicile antenelor monopol se bazează pe ipoteza că există un plan de masă conductor perfect infinit. Dar, în realitate, în mod normal nu avem un plan de masă infinit sau planul de masă nu este un conductor perfect (cum ar fi pământul).
- Toți parametrii antenei monopol (modelul de radiație, câștigul și impedanța de intrare sunt doar câteva exemple) pot fi afectați de planul de pământare
- Dacă planul de masă conductor este de dimensiuni limitate, puterea radiată se va scurge în partea inferioară ceea ce înseamnă că modelul de radiație este schimbat; pot exista lobi laterali și posteriori
- Marginea planului de sol va difracta undele, ceea ce are ca rezultat mulți lobi

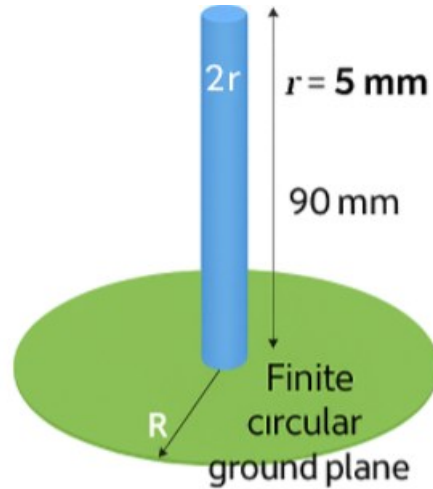


$Gain_{total} (dB)$, Ground $R = \lambda$

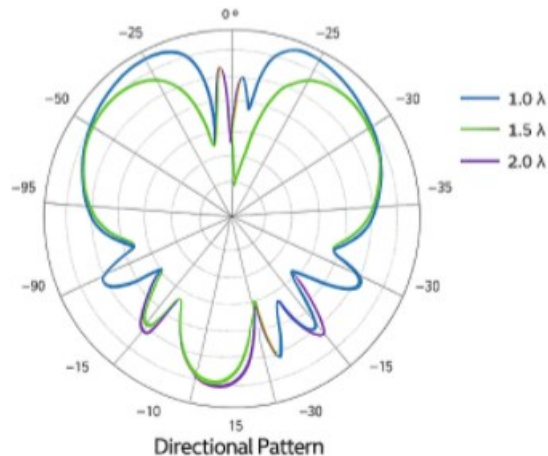
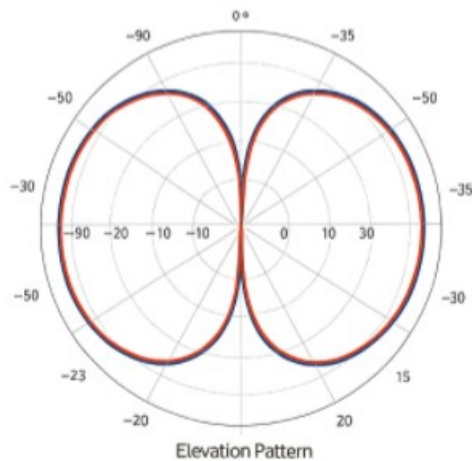


$E_{total} (dB)$, Ground $R = 2 \times \lambda$

Antene monopol cu plan de pământare finit



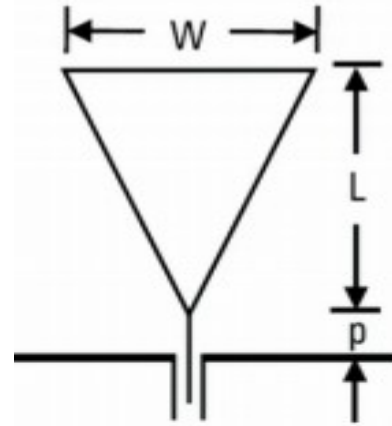
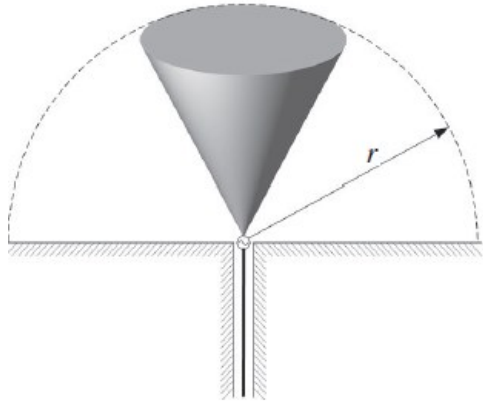
- Când raza planului de pământare R crește, frecvența de rezonanță descrește
- Aplicații sunt telefoanele mobile, walkie-talkie, radiouri CB
- Când raza planului de pământare R crește, valoarea maximă a câștigului se va regăsi la frecvențe de rezonanță tot mai scăzute
- Dacă ne referim la un plan de pământare mic ($\leq \lambda$) radiația este similară cu cea a unui dipol; acesta se schimbă dacă ne referim la un plan de pământare mai mare ($> \lambda$)



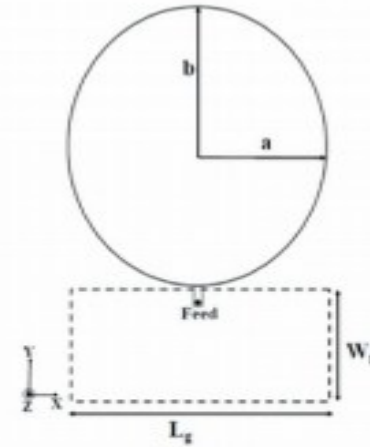
Câștigul unei antene monopol pe un plan de pământare mai mare ($> \lambda$) este mai mare ca a unei antene dipol

Unele antene monopol au la bază un magnet deoarece dacă planul lor de pământare este mic dar totuși se vor plasa pe o suprafață metalică mare să poată să fie considerată această suprafață mare ca fiind plan de pământare de dimensiuni mari

Configurații de antene monopol cu bandă largă



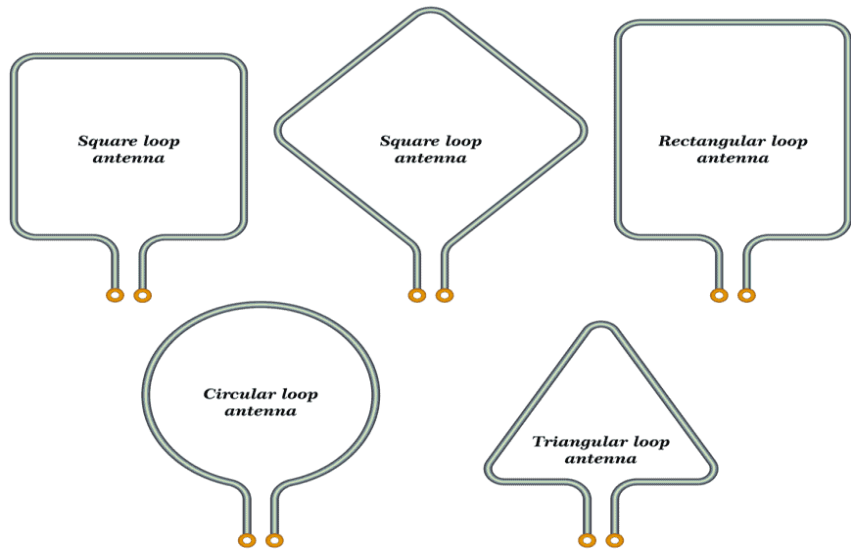
Triangular
Monopole
Antenna



Printed Elliptical
Monopole
Antenna



Antene buclă (loop)



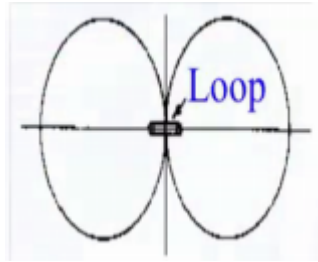
- Antenele loop pot să ia diferite forme
- Ele pot fi considerate ca având un anumit număr de înfășurări
- Pot fi rotite în aer, în jurul unui dielectric sau a unei ferite

O antenă de tip loop mică este echivalentă cu un dipol mic liniar magnetic parcurs de un curent constant de amplitudine I

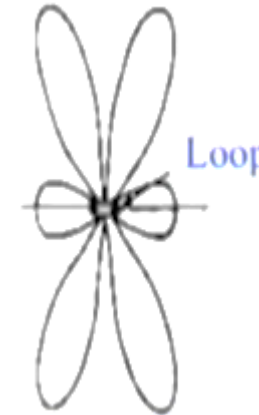
Radiația specifică antenelor buclă

- Patternul de radiație a unei antene buclă circulare variază în funcție de diametrul acesteia pentru o distribuție uniformă de curent pe buclă

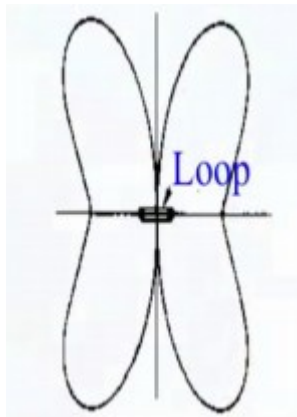
Diametru = $\lambda/10$
Circumferința = $0,314 \lambda$



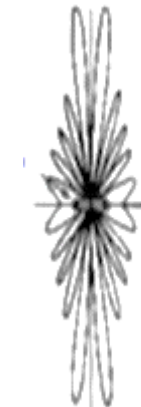
Diametru = $3\lambda/2$
Circumferința = $4,71 \lambda$



Diametru = λ
Circumferința = $3,14 \lambda$



Diametru = 5λ
Circumferința = $15,7 \lambda$



$$C = \pi D$$

Rezistența de radiație a unei antene buclă

- Pentru o antenă mică de tip buclă cu o singură înfășurare

$$R_r = 20\pi^2 \left(\frac{C}{\lambda}\right)^4$$

Unde $C=2\pi a$ este circumferința antenei buclă

Pentru N înfășurări:

$$R_r = 20\pi^2 N^2 \left(\frac{C}{\lambda}\right)^4$$

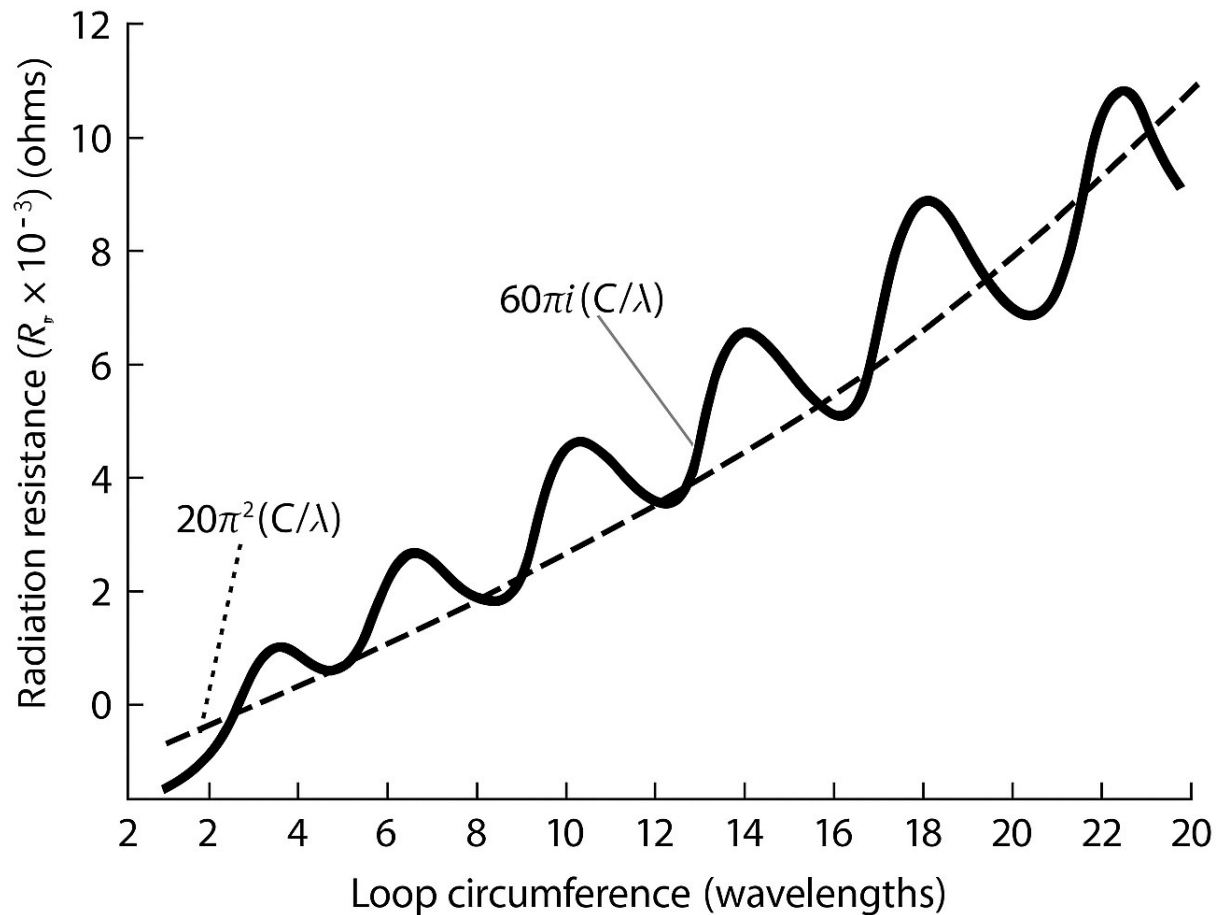
Pentru o buclă mare ($C \geq 3,14\lambda$):

$$R_r = 60\pi^2 \frac{C}{\lambda}$$

Exemplu: dacă $\frac{C}{\lambda}=0.1 \Rightarrow R_r = 20\pi^2 \left(\frac{C}{\lambda}\right)^4 = 20\pi^2(0.1)^4 = 0.02 \Omega$

Pentru $N=50$ $R_r = 20\pi^2 N^2 \left(\frac{C}{\lambda}\right)^4 = 20\pi^2 50^2 (0.1)^4 = 50 \Omega$

Rezistența de radiație vs circumferința antenei



- Mai ok pentru antene de dimensiuni reduse
- De obicei antenele loop sunt de dimensiuni reduse, foarte rar sunt de dimensiuni mari

Rezistența de radiație a unei antene buclă pe un miez de ferită

- Receptor radio AM



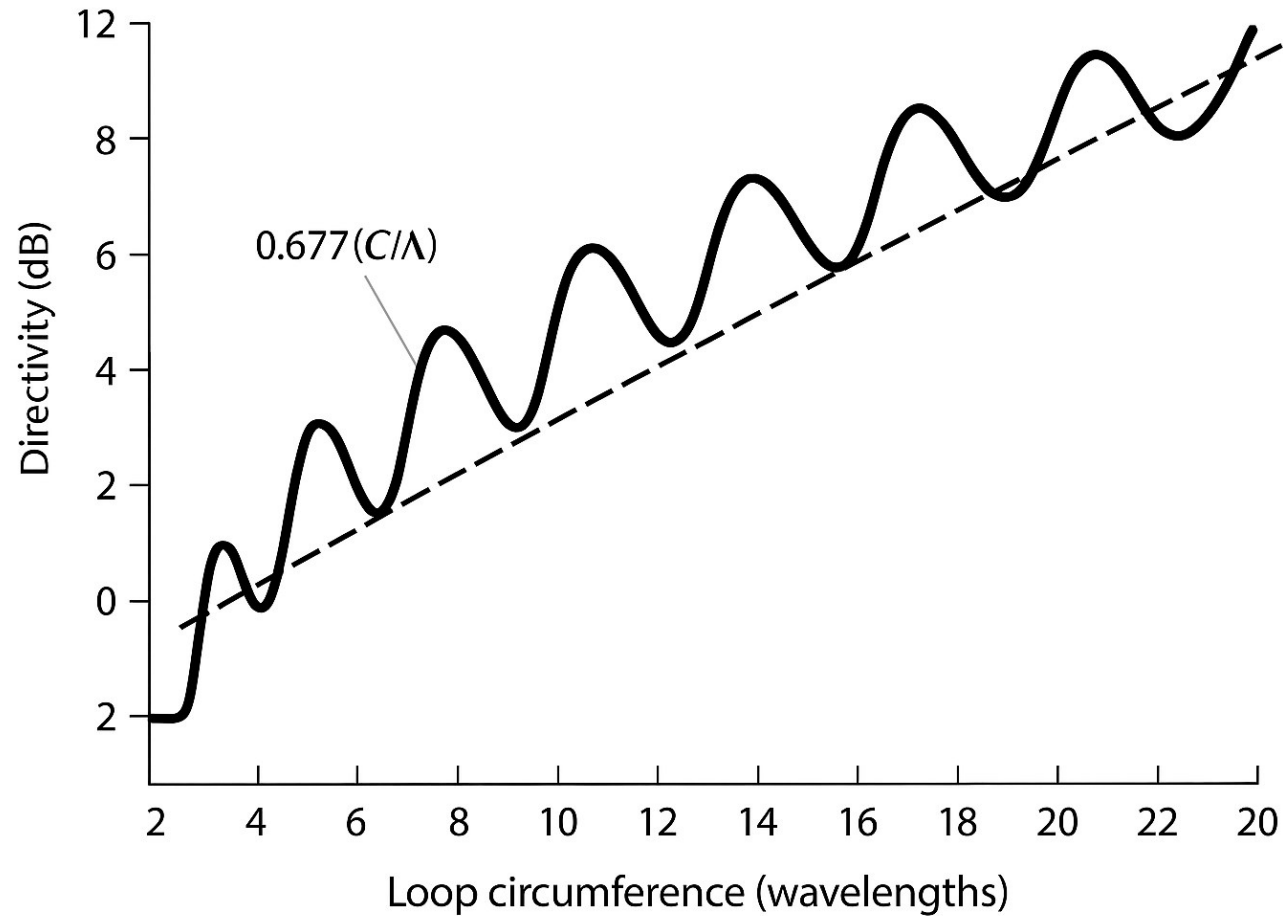
$$R_f = \mu_{cer}^2 R_r = \left(\frac{\mu_{ce}}{\mu_r}\right)^2 R_r = 20\pi^2 N^2 \left(\frac{C}{\lambda}\right)^4 \left(\frac{\mu_{ce}}{\mu_r}\right)^2$$

R_f = rezistența de radiație a loop-ului în prezența unui material cu permeabilitate diferită de aer.

Exemplu: O antenă circulară cu N înfășurări are un diametru de 2 cm și diametrul firului de 0,2 mm. Aceasta este înfășurată pe un miez de ferită a cărui permeabilitate efectivă este 10. Câte înfășurări sunt necesare pentru a obține $R_{in} = 50 \text{ ohmi}$ și 3 MHz

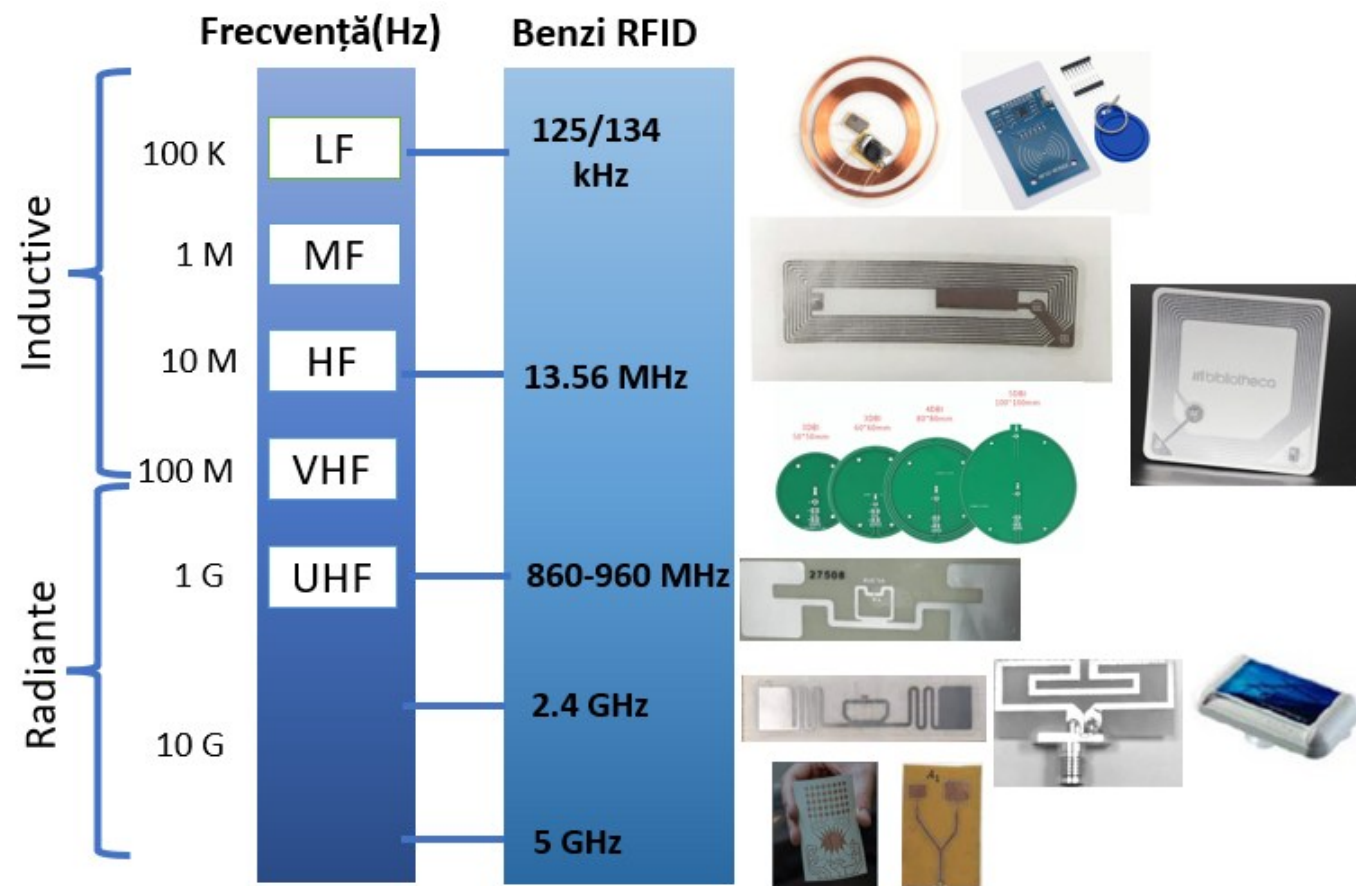
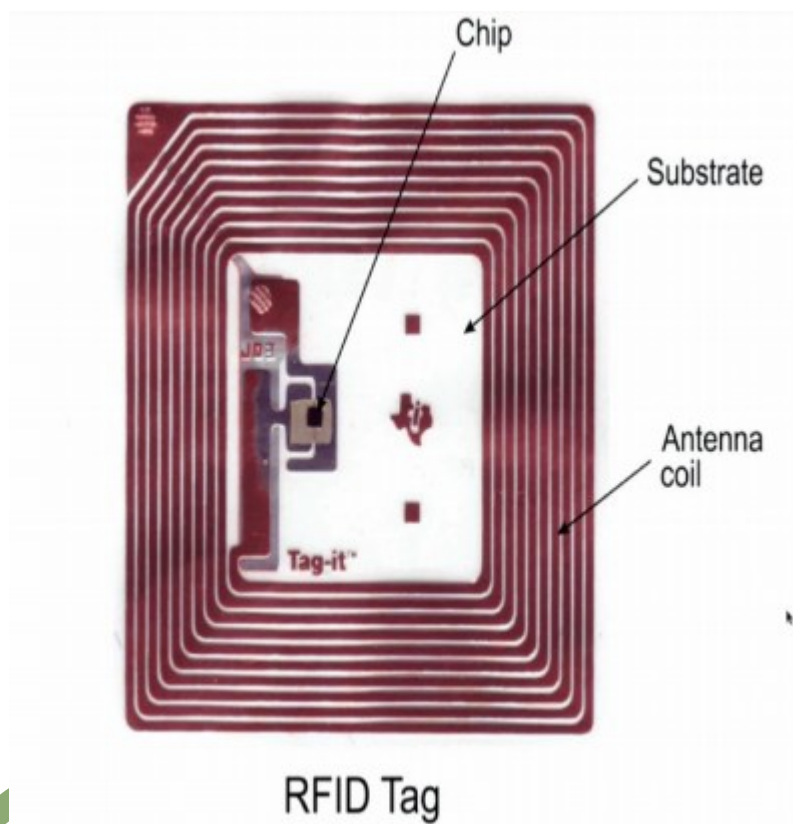
$$N^2 = \frac{R_{in}}{\mu_{cer}^2 20\pi^2 \left(\frac{C}{\lambda}\right)^4} = \frac{50}{10^2 20\pi^2 \left(\frac{2\pi}{10000}\right)^4} = 127485$$

Directivitatea unei antene buclă circulară



Aplicații ale antenelor buclă multi înfășurare

- RFID tag (13,56 MHz)



Aplicații ale antenelor buclă multi înfășurare (Radio AM)

- Funcționează între 530 și 1620 kHz
- Dacă considerăm frecvența de 1MHz din acest interval, lungimea de undă corespunzătoare este 300 m (nu putem avea o antenă așa de lungă ca receptor)
- Transmițătorul de obicei este o antenă monopol de $\lambda/4$, adică aprox 75 m
- Am avea nevoie și de un receptor mic
- În acest caz folosim o antenă buclă care este înfășurată pe un miez de ferită care are la capete un condensator variabil, care ajută la modificarea postului de radio pe care îl urmărim deoarece prin modificarea valorii condensatorului modificăm frecvența de rezonanță care depinde de $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- Deci în acest caz antena buclă e folosită cu 2 roluri:
 - Se comportă ca o antenă
 - Se comportă ca o bobină care este pusă în paralel cu un condensator care modifică postul de radio când își modifică valoarea

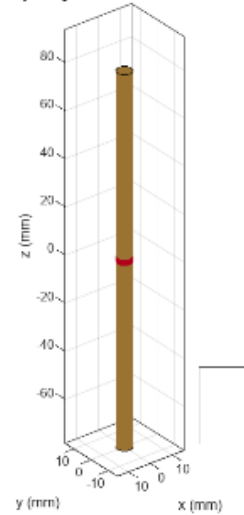
Antene dipol modelată în MATLAB

MATLAB

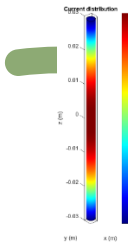
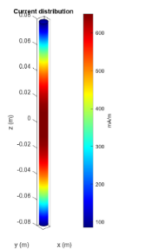
- Antenna designer module
- Antenna array designer module

900 MHz

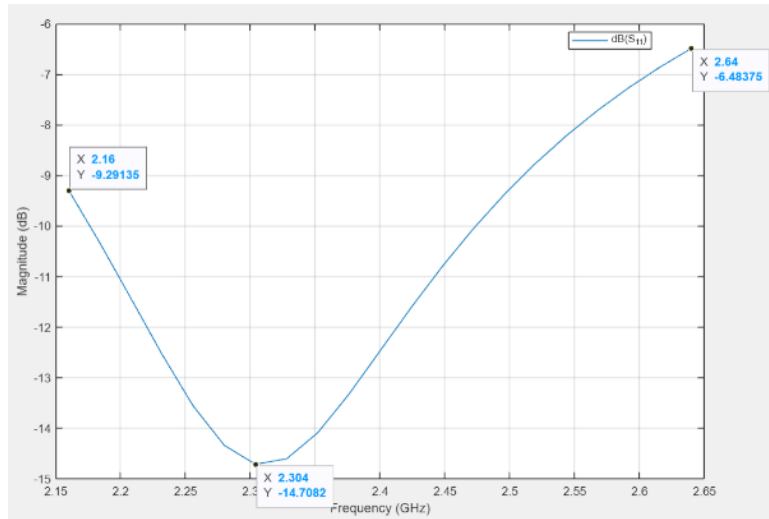
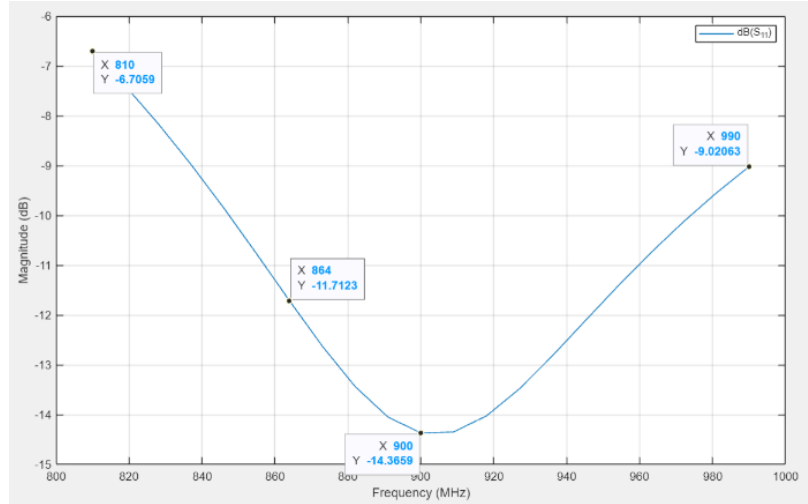
dipoleCylindrical antenna element



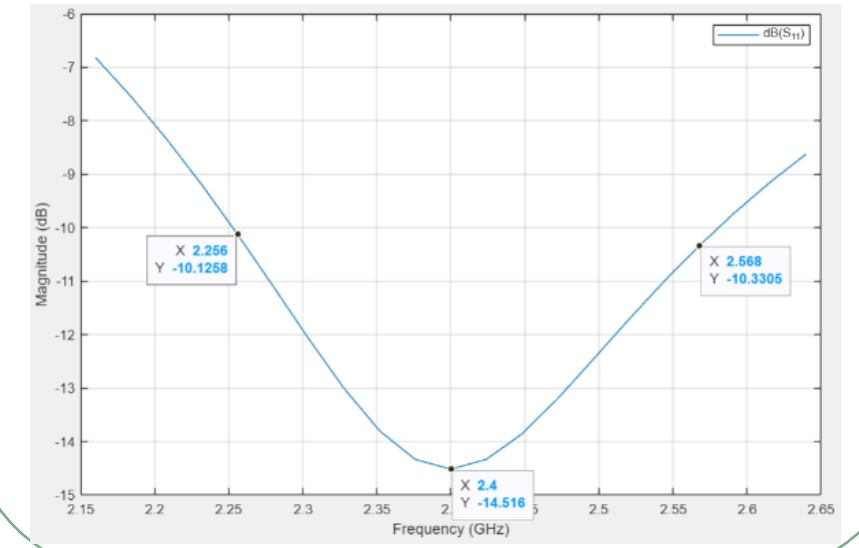
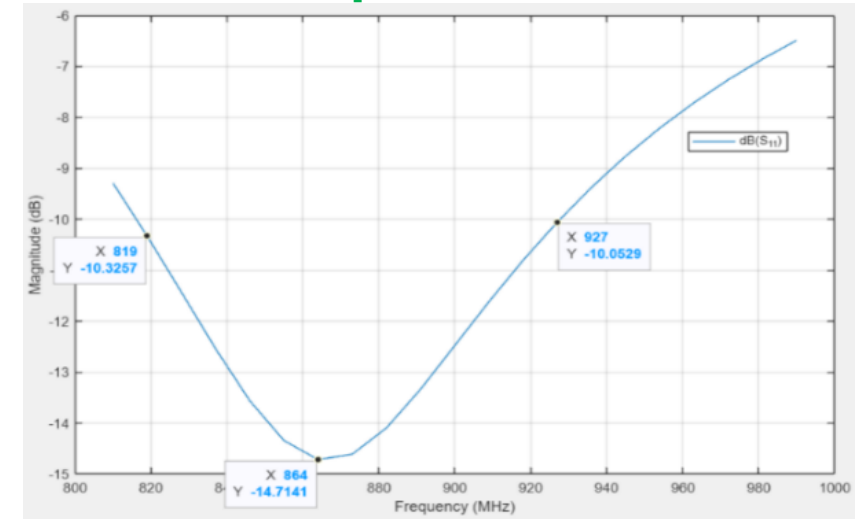
2.4 GHz



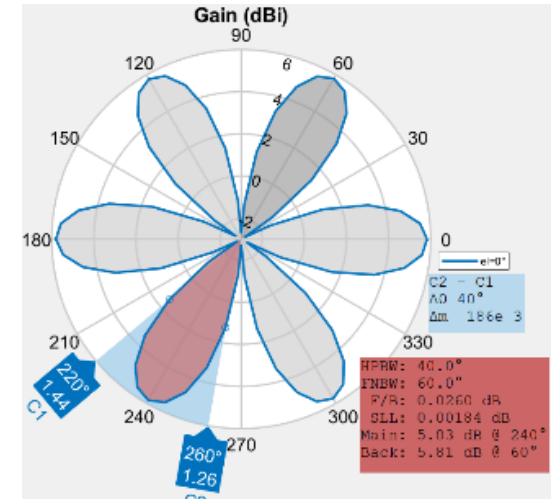
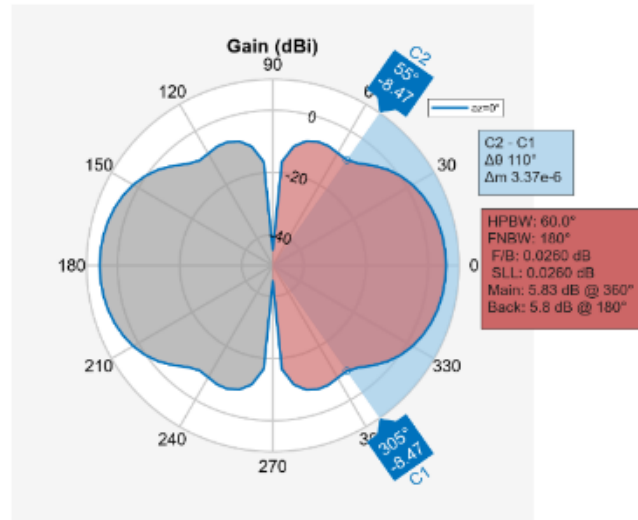
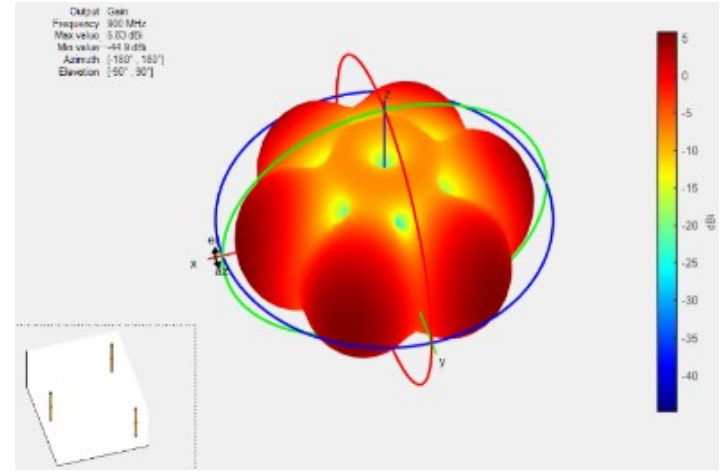
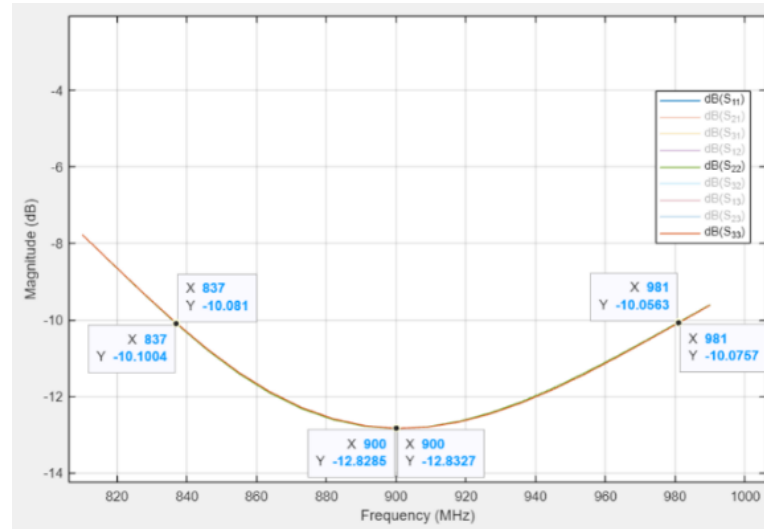
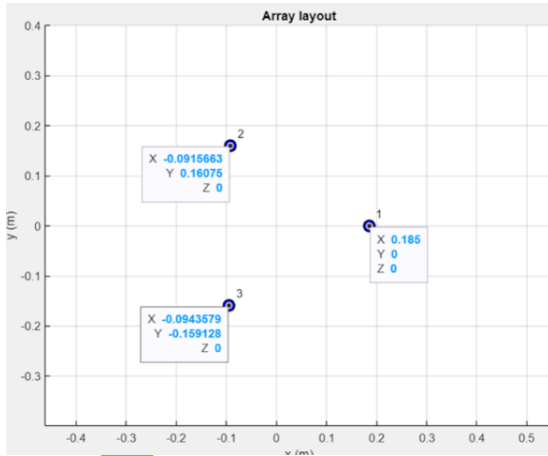
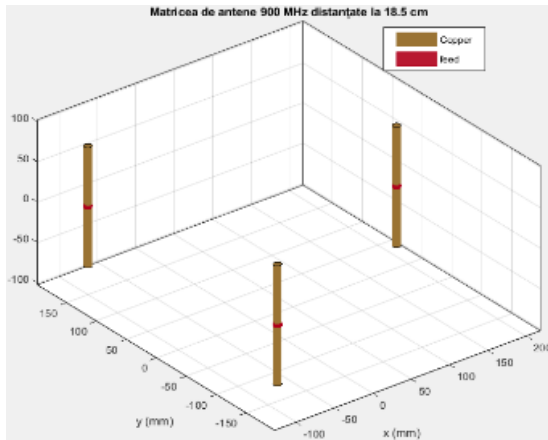
Initial



Optimizat

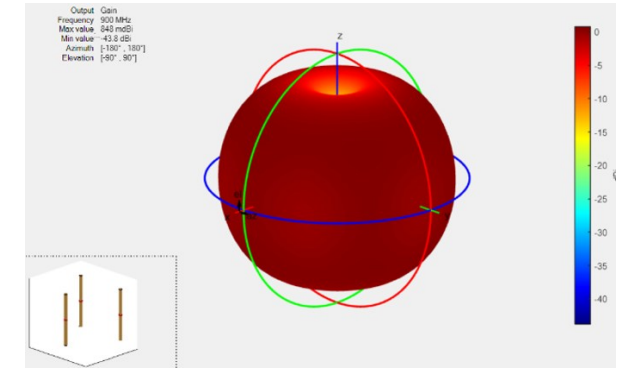
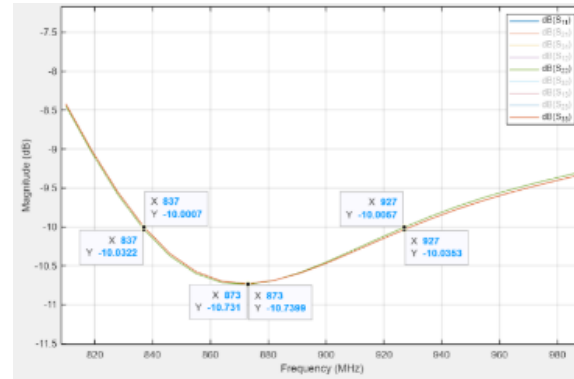
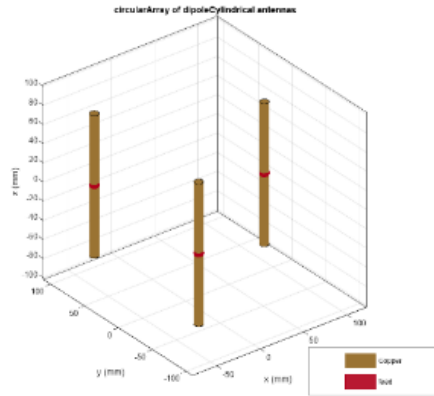


Array de 3 antene

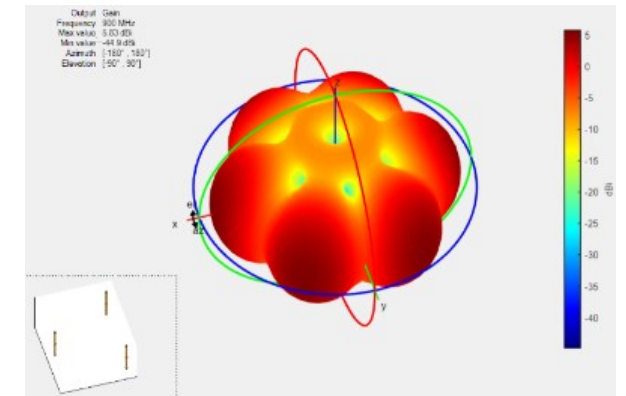
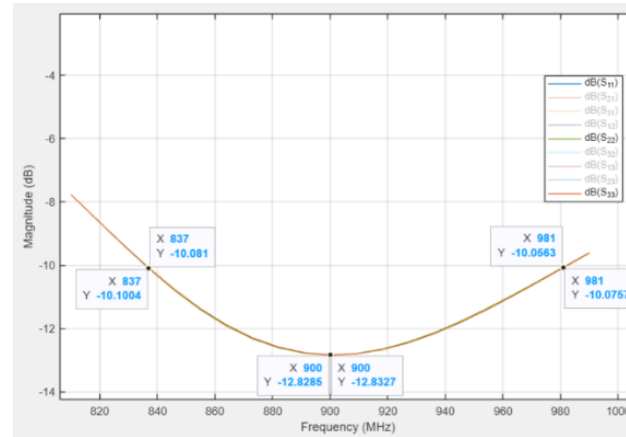
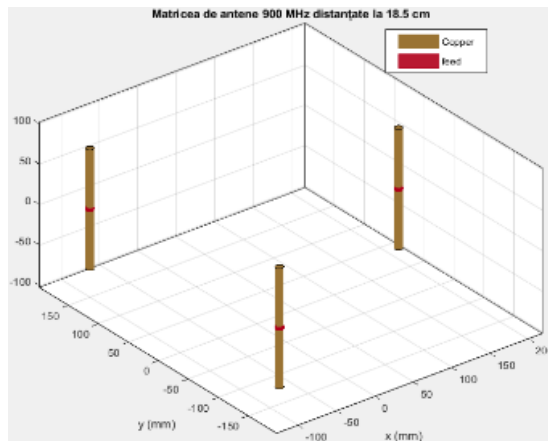


Influența distanței dintre antene pentru un array de 3 antene cu aranjare triunghiulară

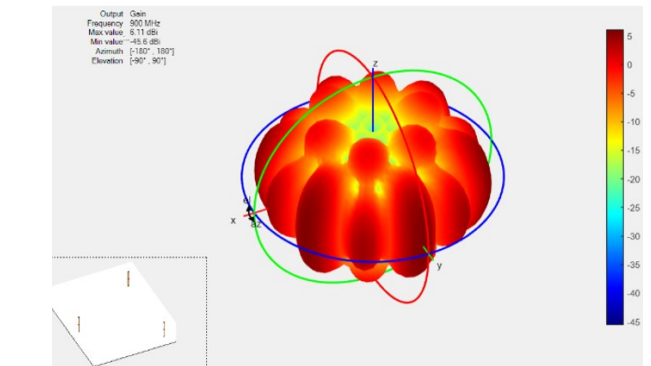
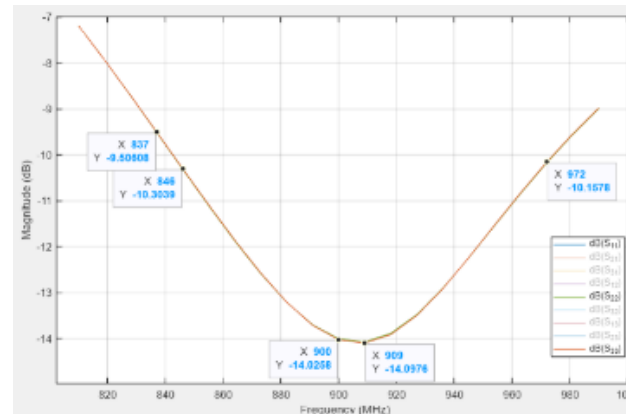
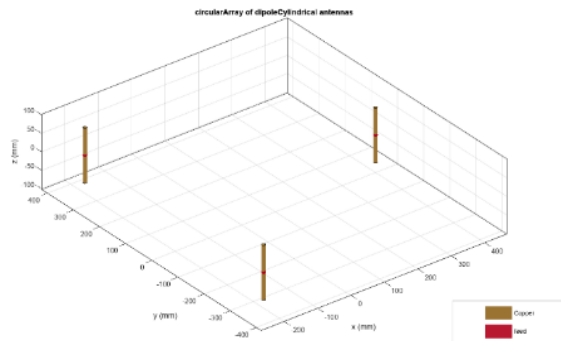
9 cm



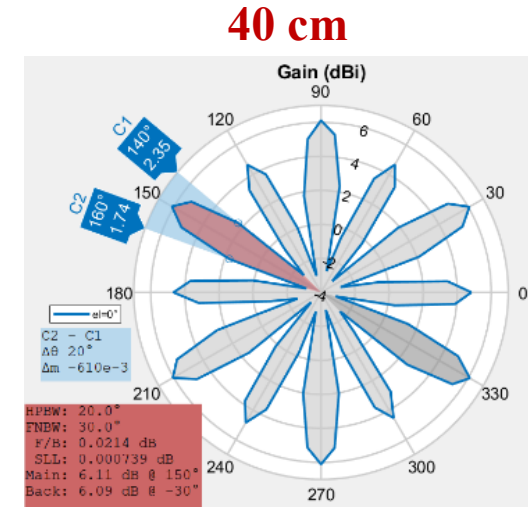
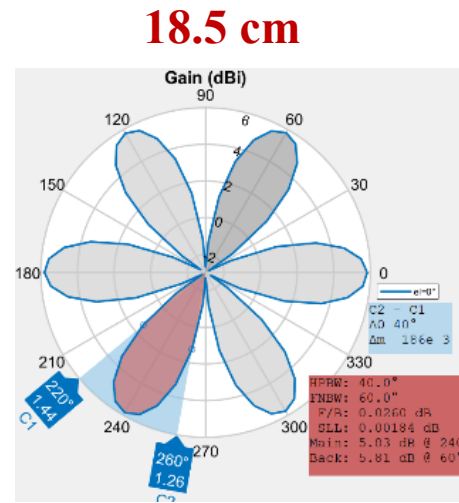
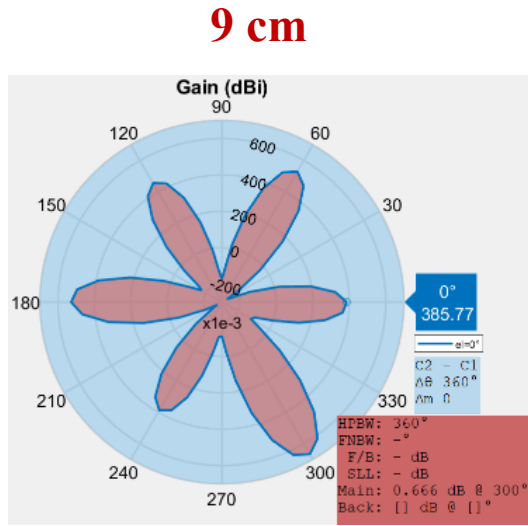
18.5 cm



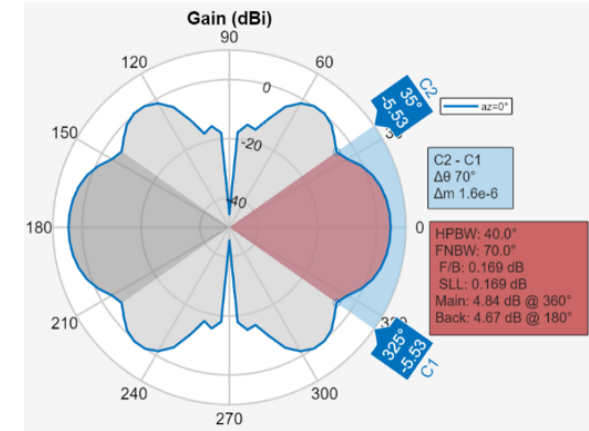
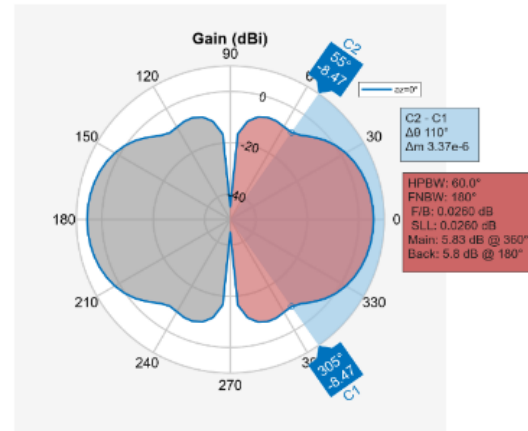
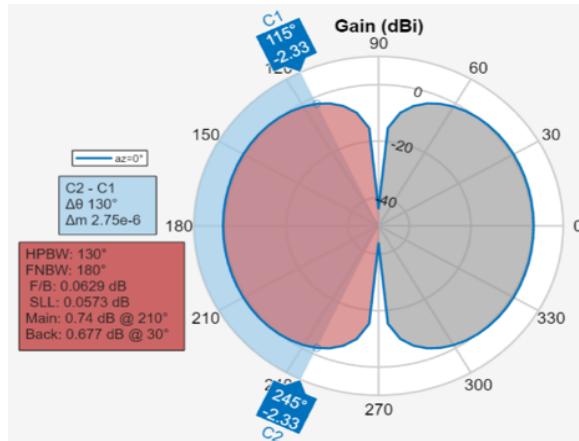
40 cm



Plan azimutal

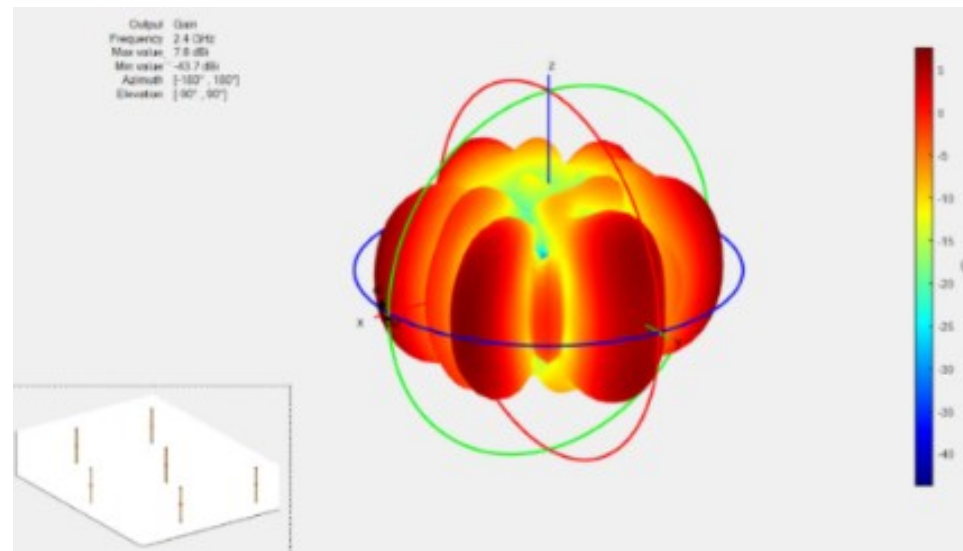
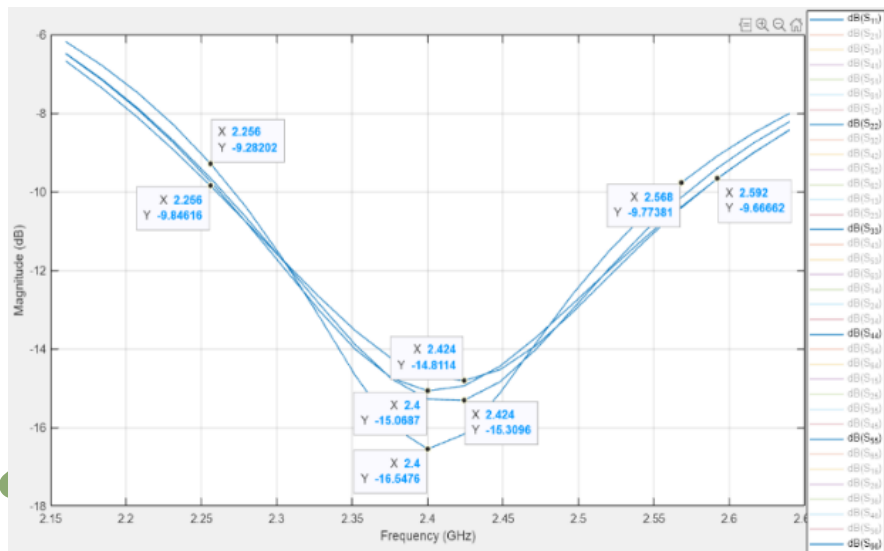
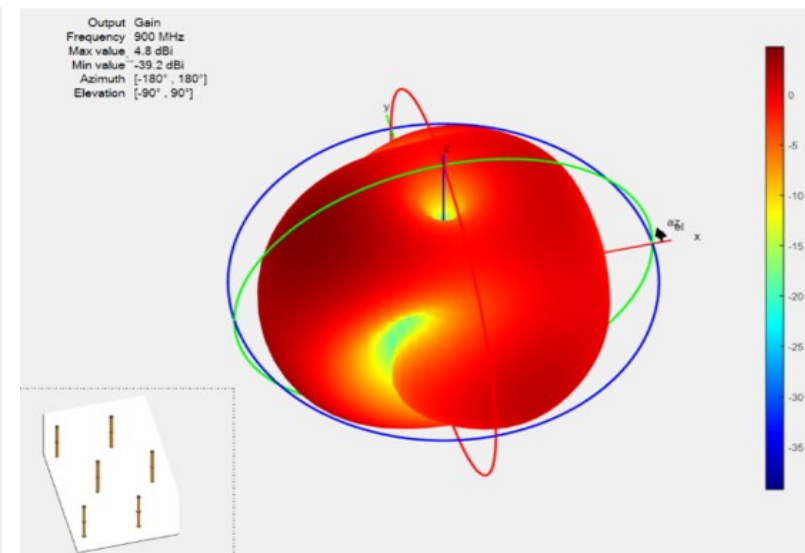
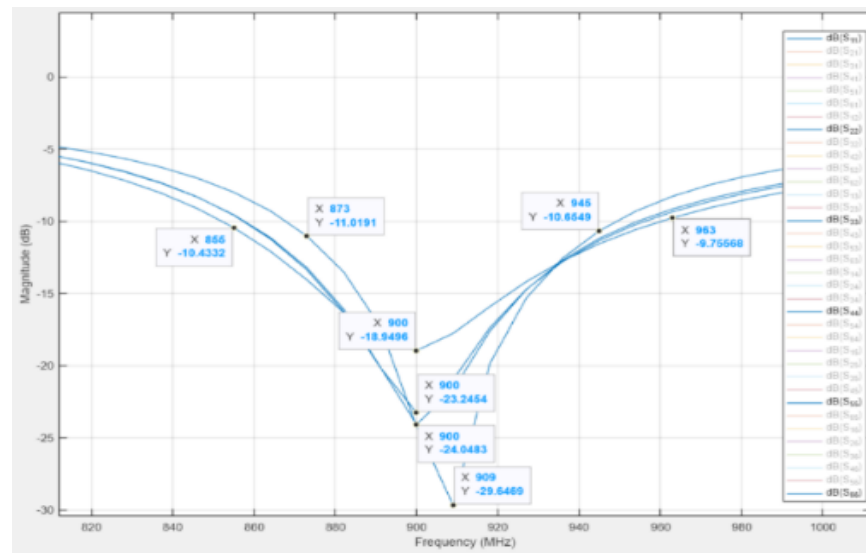
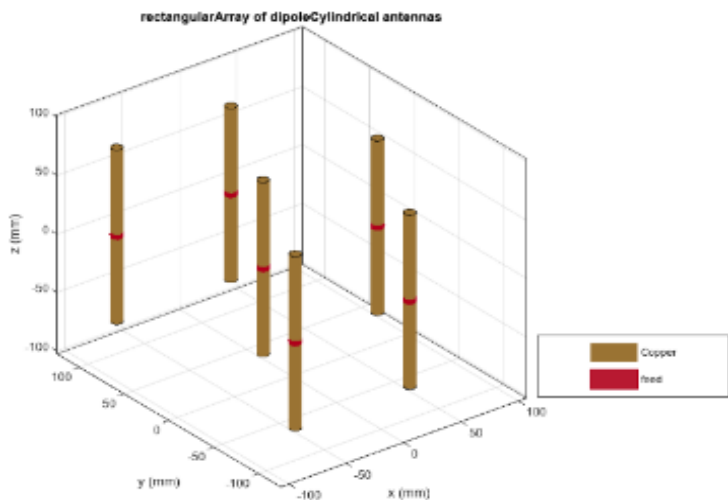


Plan de elevatie

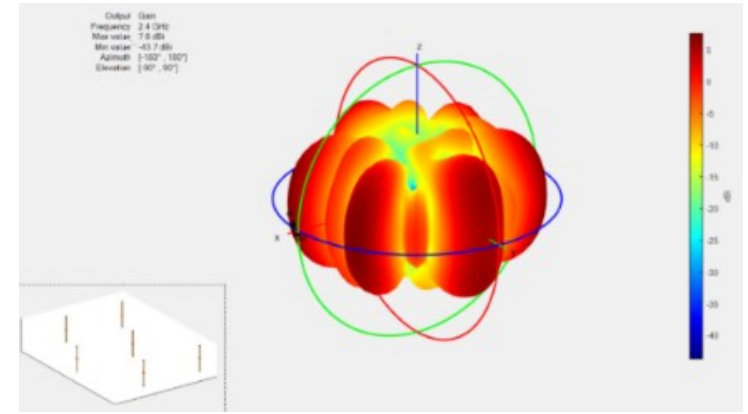
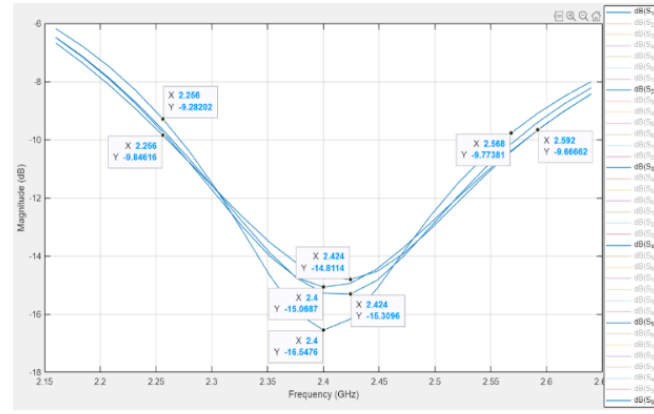
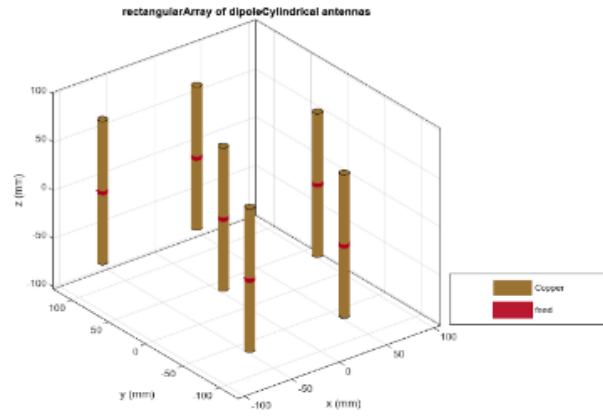


Distance between antennas [cm]	Parameters of interest		
	Bandwidth [MHz]	Percentual bandwidth [%]	Maximum gain [dBi]
18.5	140	15.4	5.83
9	90	10.2	0.848
40	134	14.8	6.11

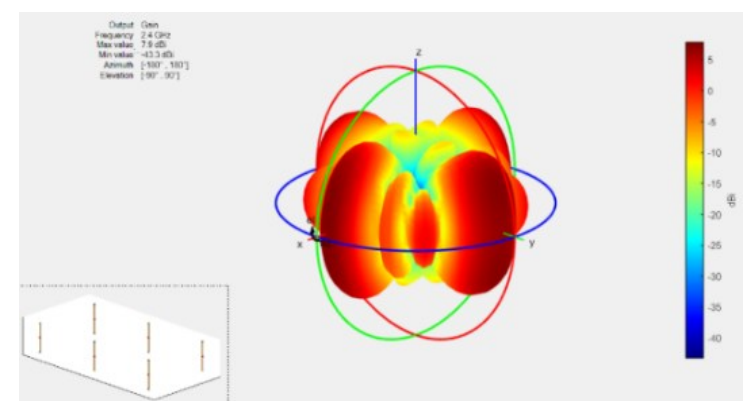
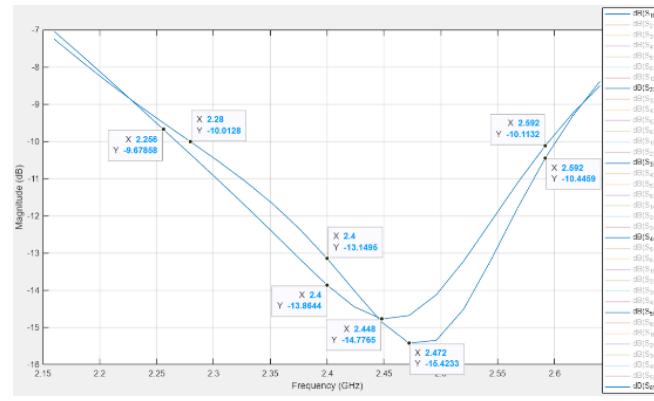
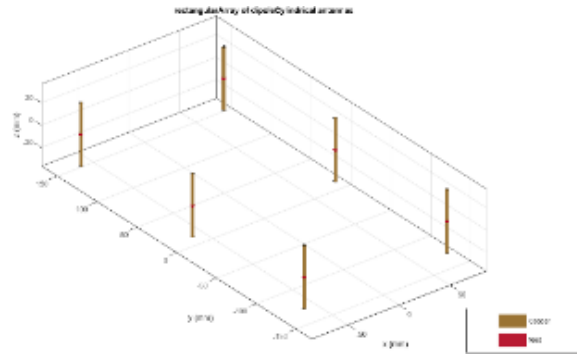
Influența poziționării a 6 antene



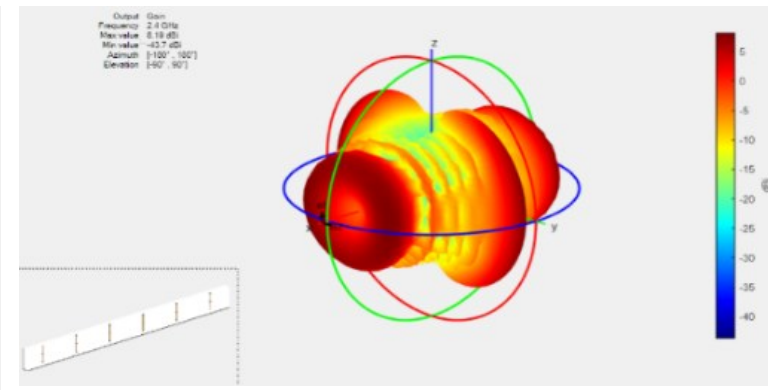
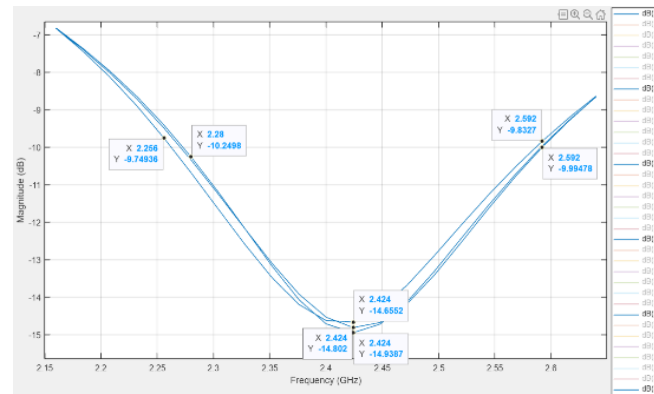
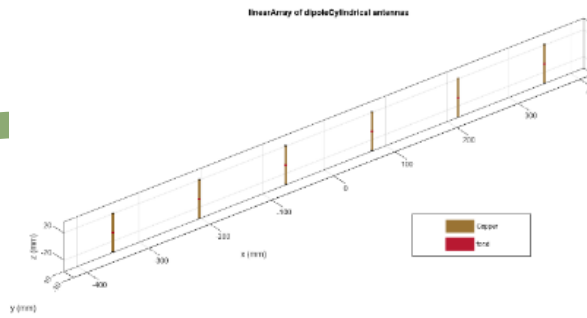
triangular



dreptunghiular



liniar

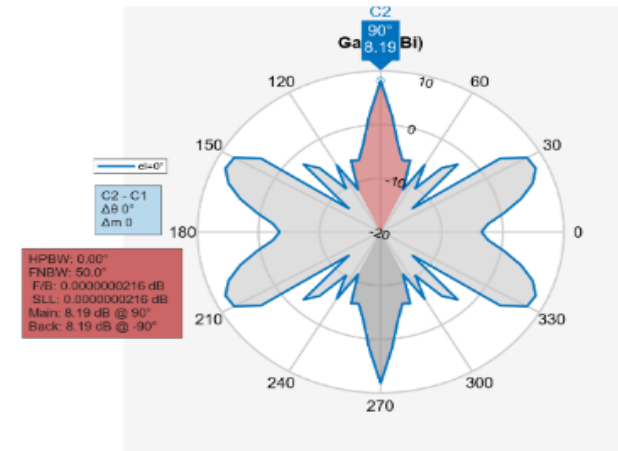
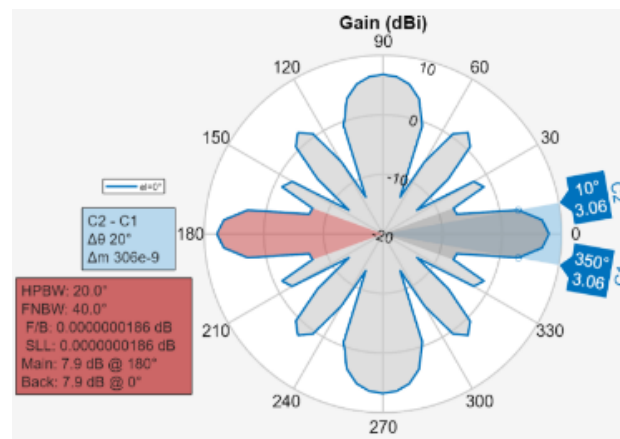
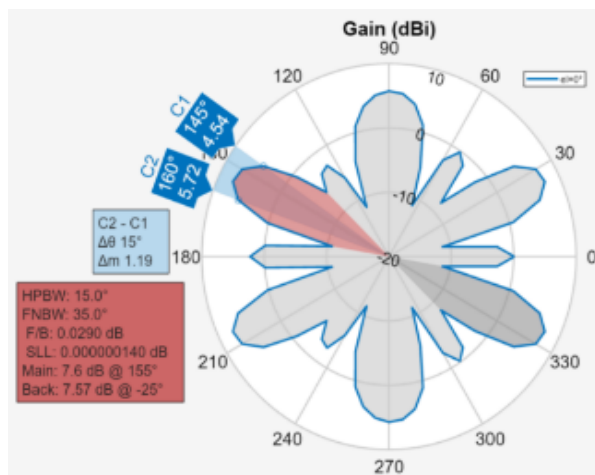


triangular

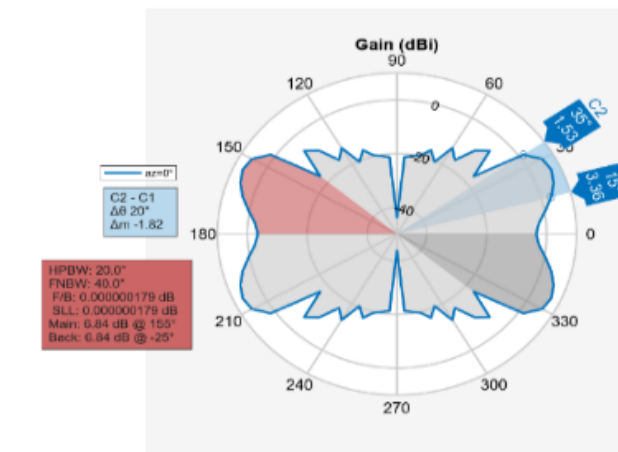
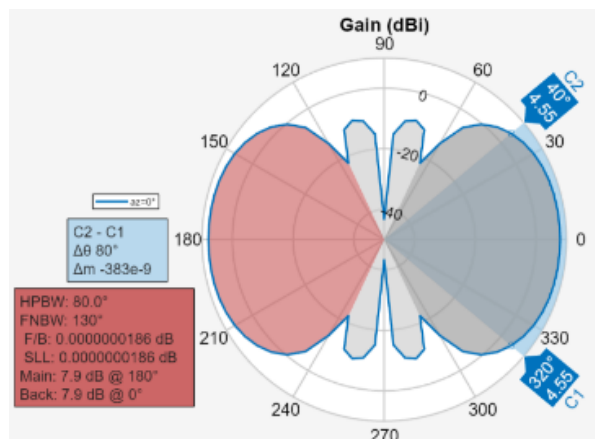
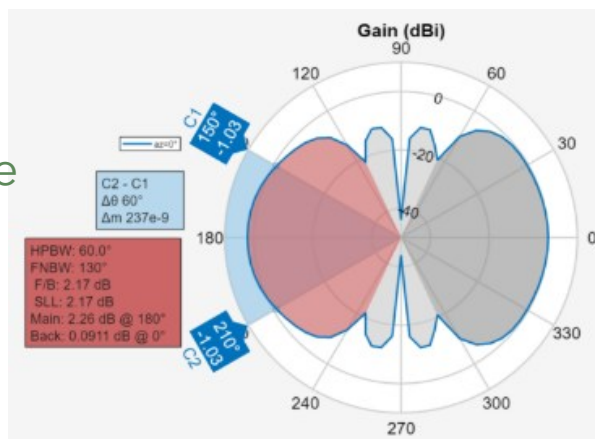
dreptunghiular

liniar

Plan azimutal



Plan de elevatie



Configuration type	Parameters of interest		
	Best bandwidth [MHz]	Percentual bandwidth [%]	Maximum gain [dBi]
triangular	350	14.43	7.8
rectangular	290	12.1	7.9
linear	340	14.05	8.19