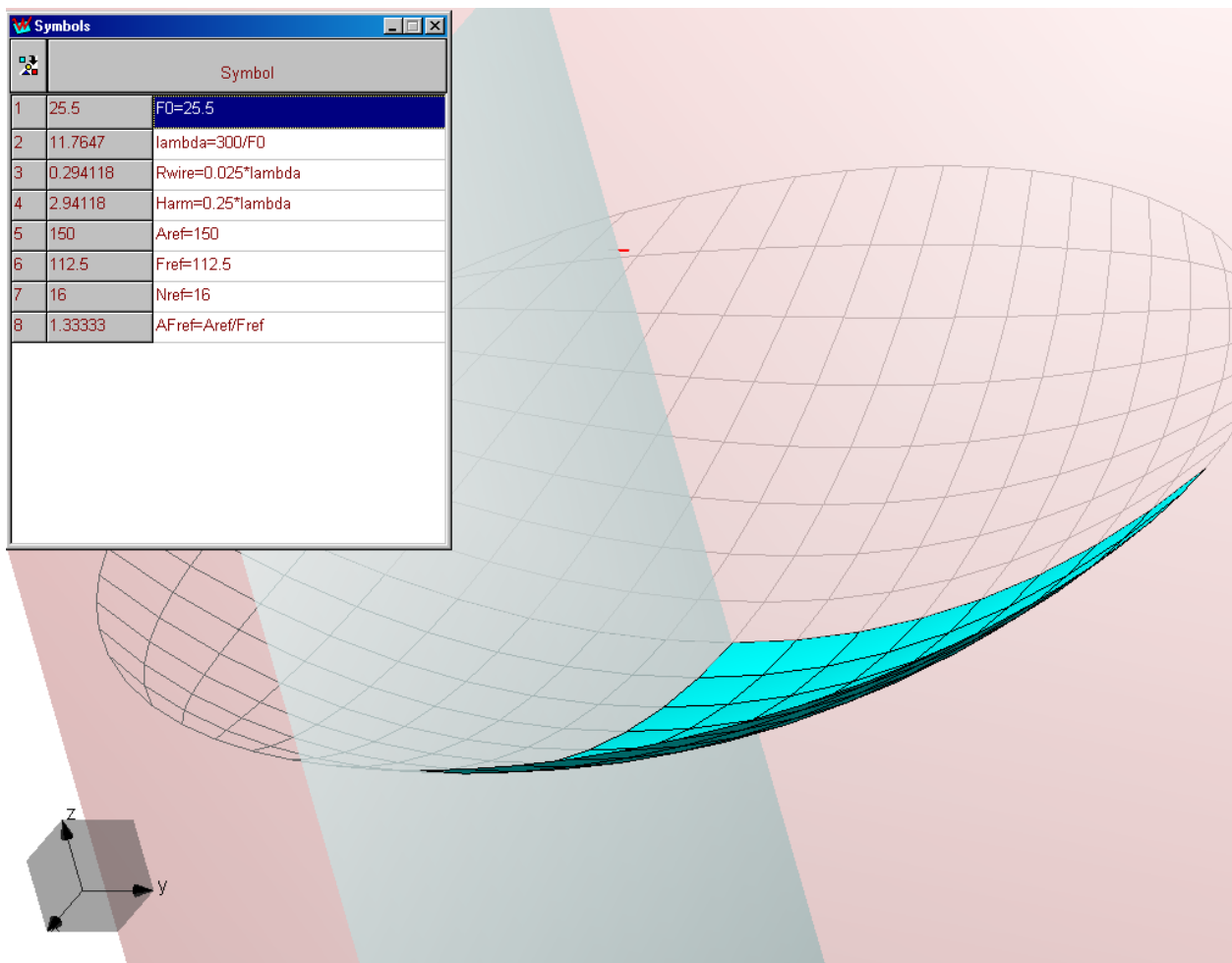


Čas 7: Reflektorske antene.

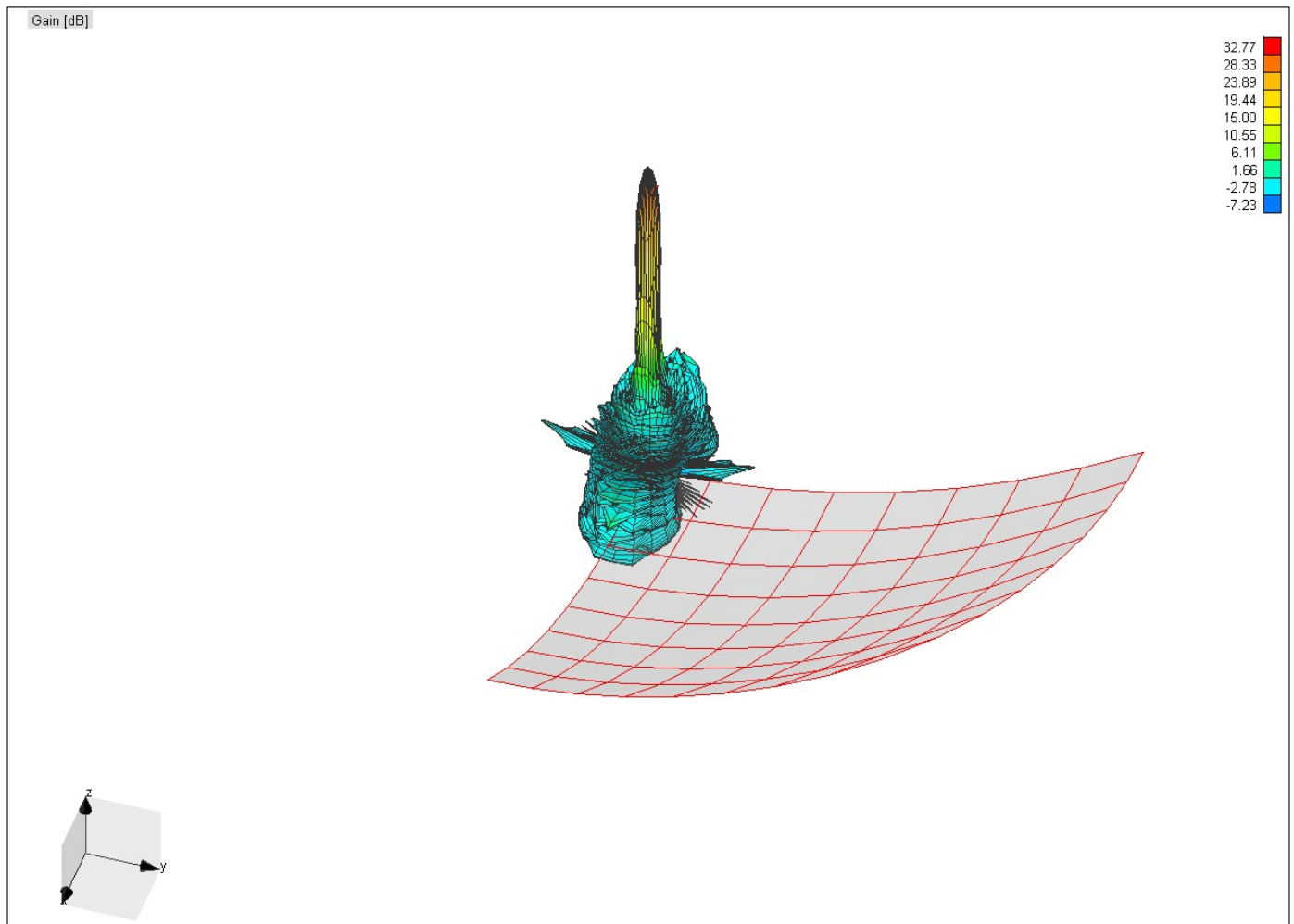
P01. Projektovati reflektorsku paraboloidnu antenu za radnu učestanost $f_0 = 25,5\text{GHz}$. Poluprečnik otvora paraboloidnog reflektora je $A_{\text{ref}} = 150\text{mm}$ a žižna daljina paraboloida je $F_{\text{ref}} = 112,5\text{mm}$. Prilikom modelovanja paraboloidnog reflektora, zarad ubrzanja simulacije, trebalo bi modelovati samo jednu četvrtinu strukture, a kasnije koristiti ravni simetrije/antisimetrije. Broj segmenata po četvrtini obima paraboloidnog reflektora je $N_{\text{ref}} = 16$. Antena kojom se obasjava paraboloidni reflektor (primarni radijator) je polutalasni dipol čiji je centar postavljen u žiži paraboloida. Dužina kraka polutalasnog dipola je $H_{\text{arm}} = 0,25\lambda_0$. Poluprečnik žice od koje je napravljen polutalasni dipol je $R_{\text{wire}} = 0,025\lambda_0$, gde λ_0 predstavlja talasnu dužinu u vakuumu na radnoj učestanosti.

Prikazati 3D dijagram zračenja i odrediti usmerenost antene. Kako se ovaj rezultat slaže sa teorijskim rezultatom? Prokomentarisati od čega potiče ova razlika. Prikazati 2D dijagram zračenja.



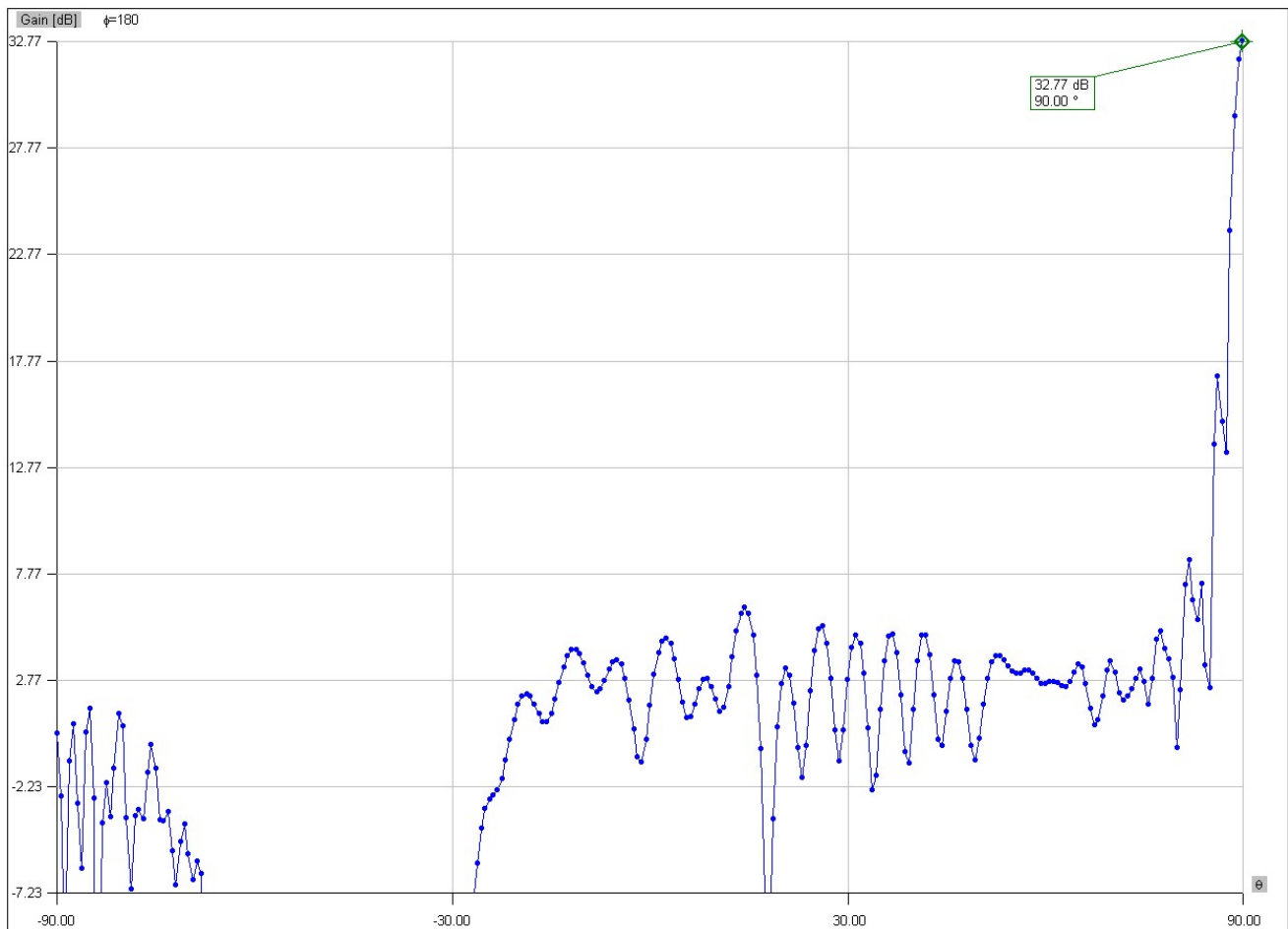
Slika 1(a).

3D dijagram zračenja antene prikazan je na slici 1(b). Usmerenost antene je 32,77 dBi.



Slika 1(b).

Na slici 1(c) prikazan je 2D dijagram zračenja (definisani presekom $\phi = 180^\circ$).



Slika 1(c).

Kao što smo već videli, usmerenost antena je oko 32,7 dBi. Usmerenost antena u obliku zračućih otvora određena je formulom $D = \frac{4\pi}{\lambda_0^2} S_{\text{eff}}$, gde λ_0 predstavlja talasnu dužinu u vakuumu a S_{eff} efektivnu površinu

zračućeg otvora. Pod pretpostavkom da je zračći otvor uniformno obasjan formula postaje $D = \frac{4\pi}{\lambda_0^2} A_{\text{ref}}^2 \pi$,

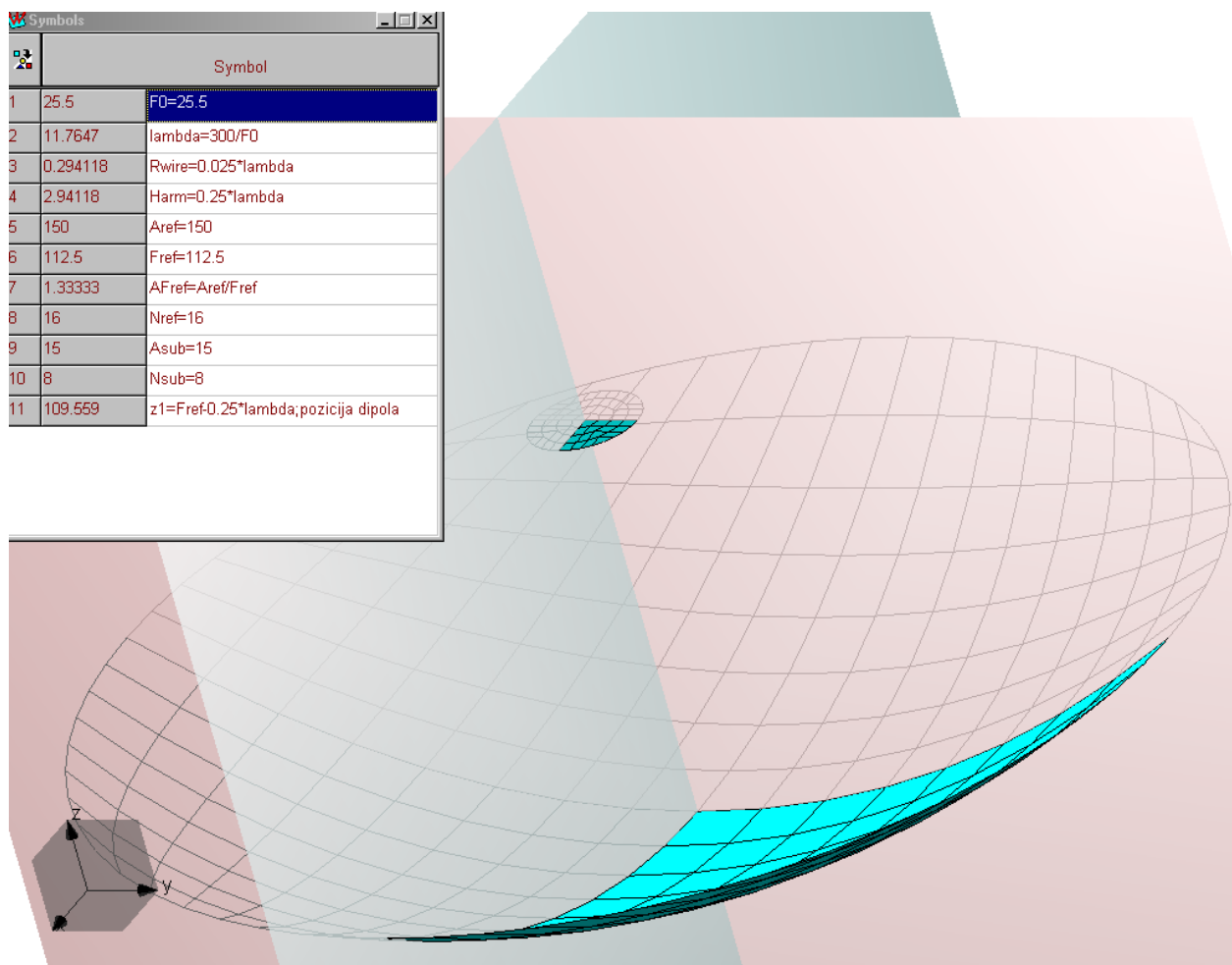
gde A_{ref} predstavlja poluprečnik zračćeg otvora. Uvrštavanjem brojnih vrednosti, teorijska brojna vrednost za usmerenost je oko 38 dBi.

Razlika teorijske usmerenosti antena i usmerenosti antena dobijene numeričkom simulacijom od oko 5 dB, može se podeliti na dva dela. Prvi deo potiče od činjenice da primarni radijator kojim obasjavamo paraboloidni reflektor ima omnidirekciono zračenje. To znači da se barem polovina energije zračenja primarnog radijatora (strogo govoreći i više od polovine) izrači van reflektora. Polovina rasute energije odgovara smanjenju usmerenosti od oko 3 dB. Drugi deo potiče od činjenice da primarni radijator zbog svog omnidirekcionog zračenja ne obasjava reflektor uniformno, pa je efektivna površina zračćeg otvora (S_{eff}) manja od površine otvora paraboloida ($A_{\text{ref}}^2 \pi$).

Iz gore navedenih razloga, vidi se da je pravilan izbor primarnog radijatora vrlo važan prilikom projektovanja reflektorskih antena.

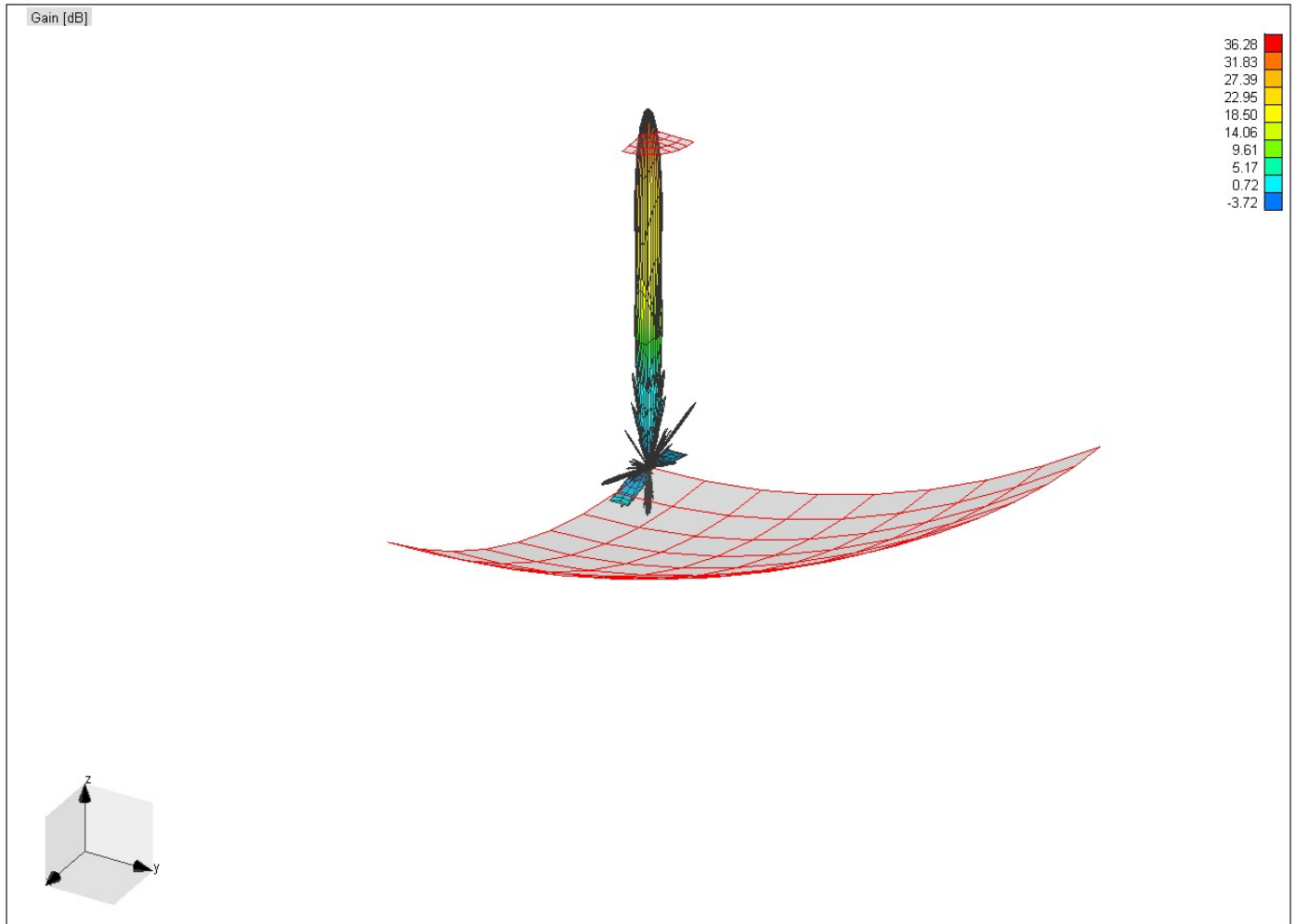
P02. Projektovati reflektorsku paraboloidnu antenu za radnu učestanost $f_0 = 25,5\text{GHz}$. Poluprečnik otvora paraboloidnog reflektora je $A_{\text{ref}} = 150\text{mm}$ a žižna daljina paraboloida je $F_{\text{ref}} = 112,5\text{mm}$. Prilikom modelovanja paraboloidnog reflektora, zarad ubrzanja simulacije, trebalo bi modelovati samo jednu četvrtinu strukture, a kasnije koristiti ravni simetrije/antisimetrije. Broj segmenata po četvrtini obima paraboloidnog reflektora je $N_{\text{ref}} = 16$. Antena kojom se obasjava paraboloidni reflektor (primarni radijator) je polutalasni dipol. Dužina kraka polutalasnog dipola je $H_{\text{arm}} = 0,25\lambda_0$. Poluprečnik žice od koje je napravljen polutalasni dipol je $R_{\text{wire}} = 0,025\lambda_0$, gde λ_0 predstavlja talasnu dužinu u vakuumu. Polutalasni dipol je postavljen $0,25\lambda_0$ ispred subreflektora. Subreflektor je modelovan kao krug poluprečnika $A_{\text{sub}} = 15\text{mm}$ sa $N_{\text{sub}} = 8$ segmenata po četvrtini obima. Centar subreflektora postavljen je u žiži paraboloida.

Prikazati 3D dijagram zračenja i odrediti usmerenost antene. Kako se ovaj rezultat slaže sa teorijskim rezultatom? Prokomentarisati od čega potiče ova razlika. Zašto je rastojanje između polutalasnog dipola i subreflektora $0,25\lambda_0$? Prikazati 2D dijagram zračenja.



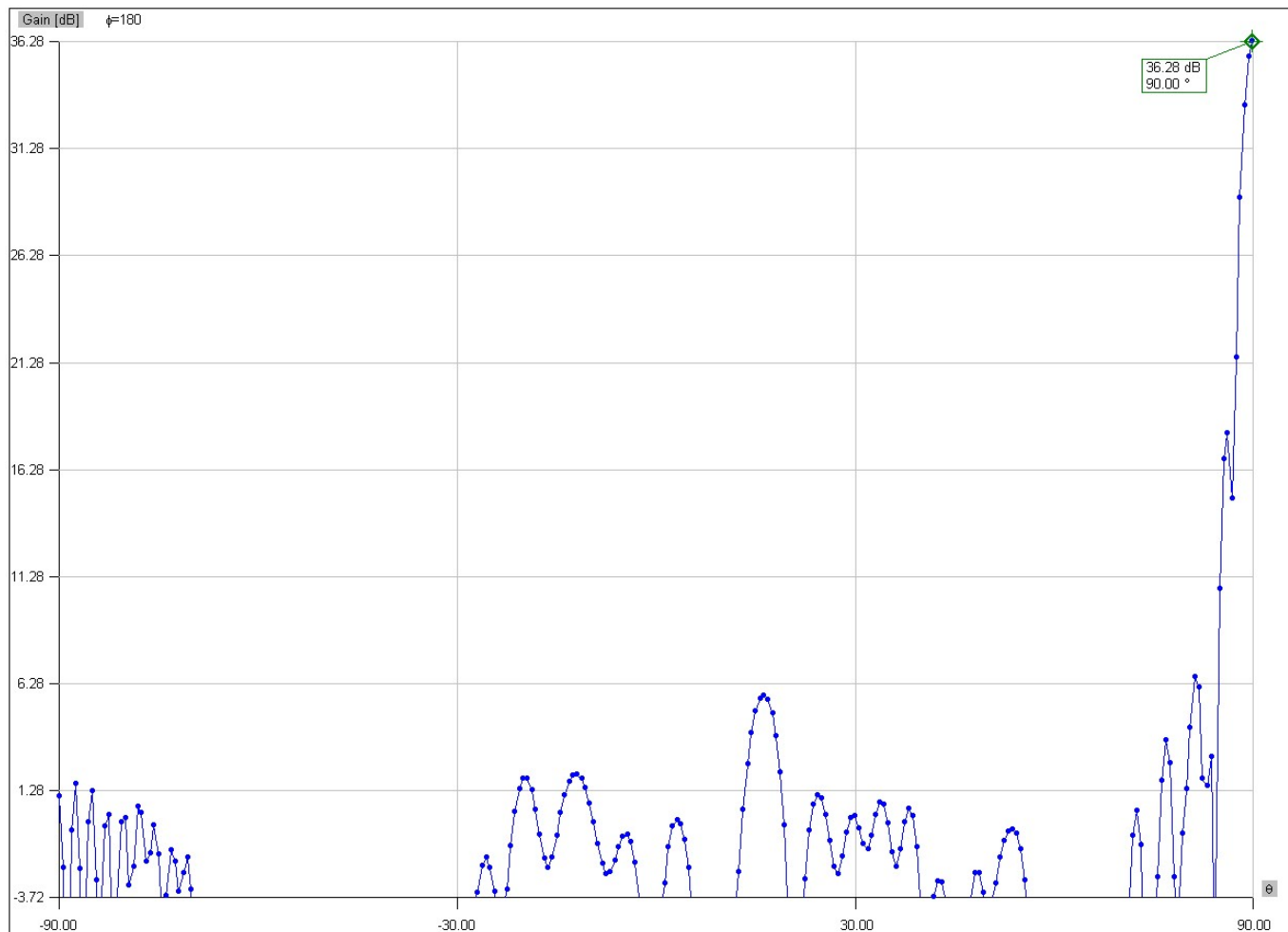
Slika 2(a).

3D dijagram zračenja antene prikazan je na slici 2(b). Usmerenost antene je 36,28 dBi .



Slika 2(b).

Na slici 2(c) prikazan je 2D dijagram zračenja (definisani presekom $\phi = 180^\circ$).

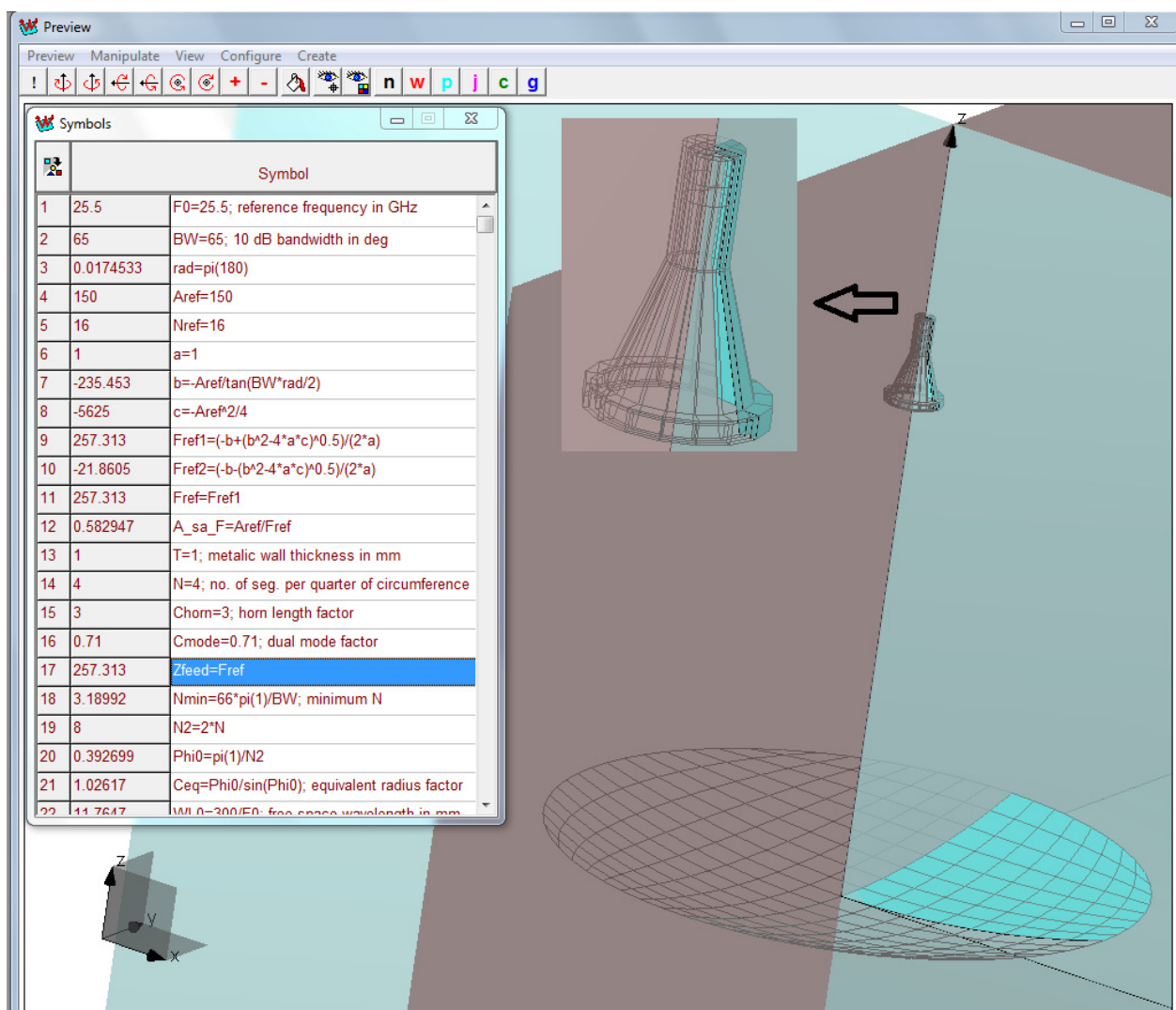


Slika 2(c).

Vidimo da se dodavanjem najjednostavnijeg subreflektora usmerenost antene povećala sa 32,7 dBi na 36,28 dBi, što je razlika od oko 3dB. Subreflektor sprečava rasipanje energije zračenja primarnog radijatora.

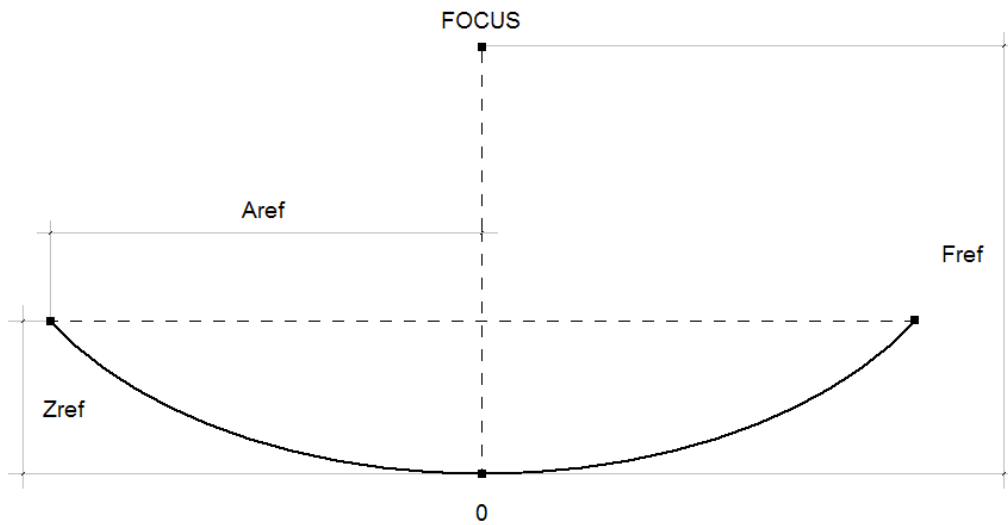
P03. Projektovati reflektorsku paraboloidnu antenu za radnu učestanost $f_0 = 25,5\text{GHz}$. Poluprečnik otvora paraboloidnog reflektora je $A_{\text{ref}} = 150\text{mm}$. Prilikom modelovanja paraboloidnog reflektora, zarad ubrzanja simulacije, trebalo bi modelovati samo jednu četvrtinu strukture, a kasnije koristiti ravni simetrije/antisimetrije. Broj segmenata po četvrtini obima paraboloidnog reflektora je $N_{\text{ref}} = 16$. Antena kojom se obasjava reflektor (primarni radijator) je *single mode* horn antenna data u projektu *Single_mode_horn_antenna_fider_reverse.zip* sa 10dB-skom širinom glavnog snopa $BW = 65^\circ$. Proračunati žižnu daljinu reflektora, tako da na ivicama reflektora zračenje primarnog radijatora opadne za 10dB u odnosu na maksimum. Translacija primarnog radijatora, duž z ose, izvodi se promenom brojne vrednosti simbola Z_{feed} .

Prikazati 3D dijagram zračenja i odrediti usmerenost antene. Kako se ovaj rezultat slaže sa teorijskim rezultatom? Prokomentarisati od čega potiče ova razlika. Prikazati 2D dijagram zračenja.



Slika 3(a).

Osni presek paraboloida (parabola) prikazan je na slici 3(b).



Slika 3(b).

Parabola je u potpunosti geometrijski određena sledećim parametrima:

F_{ref} – žižna daljina parabole,

A_{ref} – poluprečnik otvora parabole.

Dodatna (pomoćna) promenljiva Z_{ref} (visina ivice parabole) se može odrediti pomoću jednačine parabole:

$$Z_{\text{ref}} = \frac{A_{\text{ref}}^2}{4F_{\text{ref}}}.$$

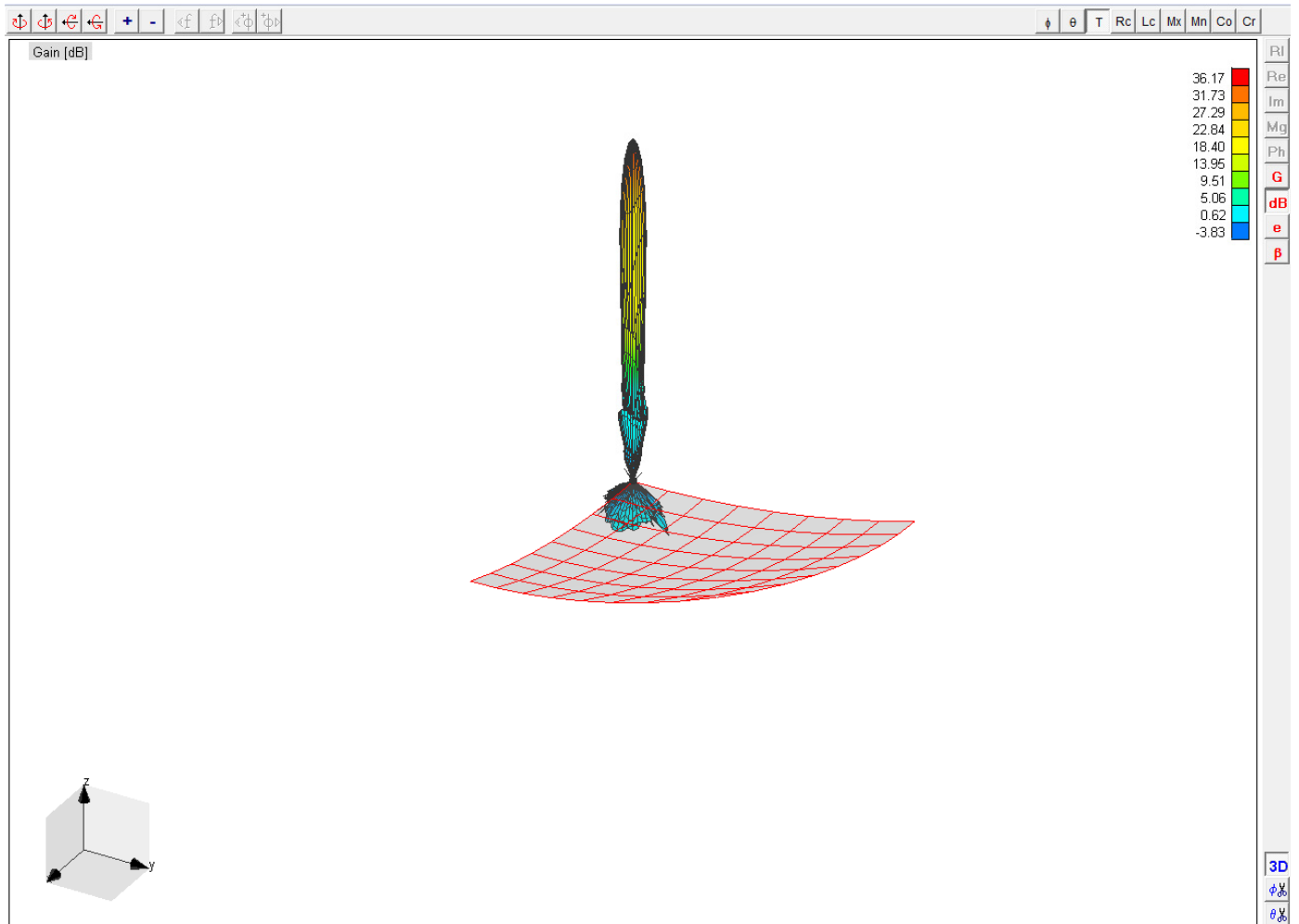
Prilikom projektovanja ovog tipa antene polazimo od potrebnog dobitka antene, koji se direktno preslikava u A_{ref} . Sa slike 3(b) jasno se vidi da važi jednakost $\frac{A_{\text{ref}}}{F_{\text{ref}} - Z_{\text{ref}}} = \tan\left(\frac{BW}{2}\right)$. U našem primeru BW je već zadato ($BW = 65^\circ$). Nakon zamene Z_{ref} iz jednačine parabole u prethodnu jednačinu, dolazimo do kvadratne jednačine po nepoznatoj žižnoj daljini parabole F_{ref} .

$$F_{\text{ref}}^2 - \frac{A_{\text{ref}}}{\tan\left(\frac{BW}{2}\right)} F_{\text{ref}} - \frac{A_{\text{ref}}^2}{4} = 0$$

Kvadratna jednačina se može zapisati u standardnom obliku $aF_{\text{ref}}^2 + bF_{\text{ref}} + c = 0$, gde je $a = 1$,

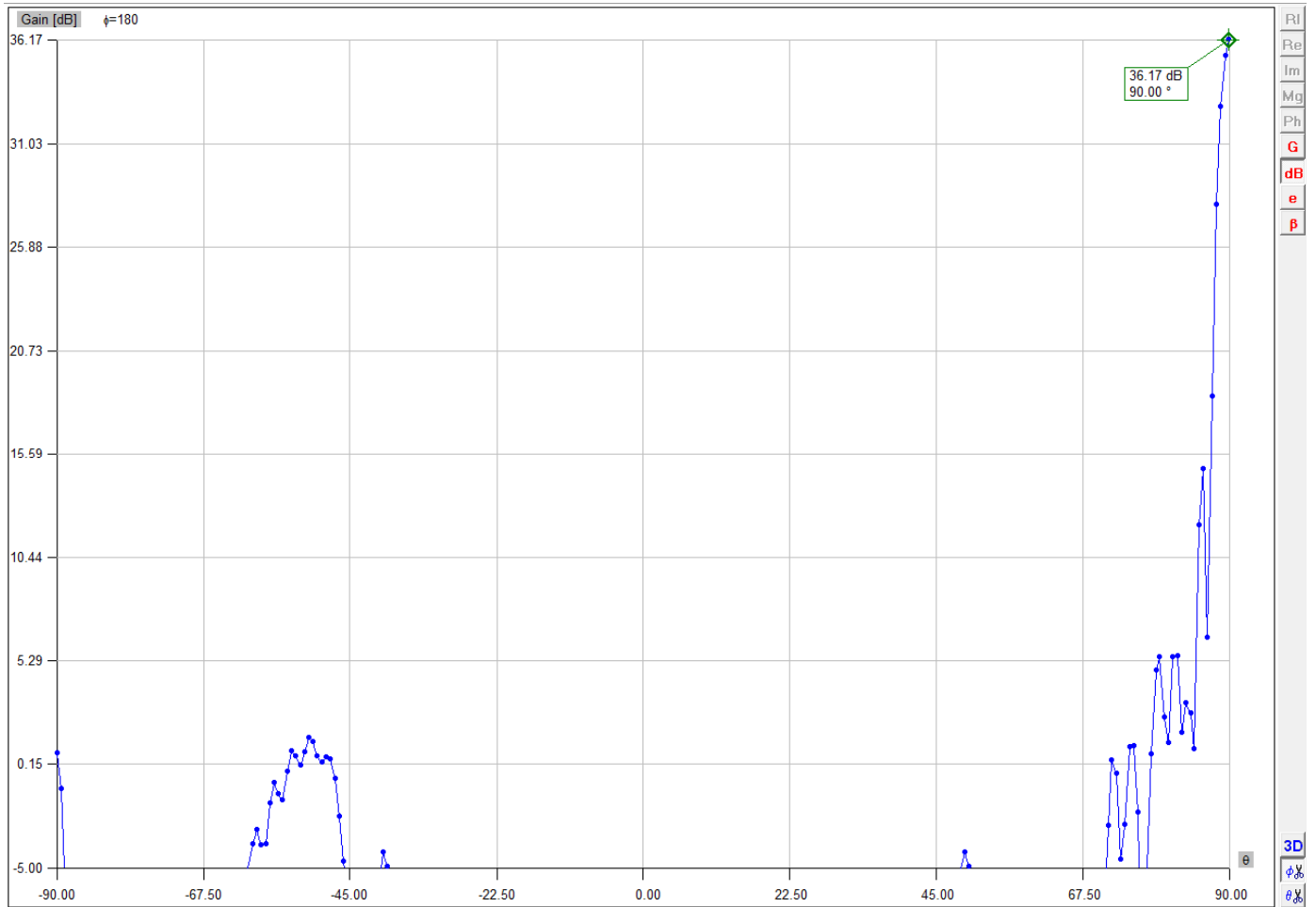
$b = -\frac{A_{\text{ref}}}{\tan\left(\frac{BW}{2}\right)}$ i $c = -\frac{A_{\text{ref}}^2}{4}$. Kvadratna jednačina se rešava standardnim postupkom.

3D dijagram zračenja antene prikazan je na slici 3(c). Usmerenost antene je 36,17 dBi .



Slika 3(c).

Na slici 3(d) prikazan je 2D dijagram zračenja (definisano presekom $\phi = 180^\circ$).



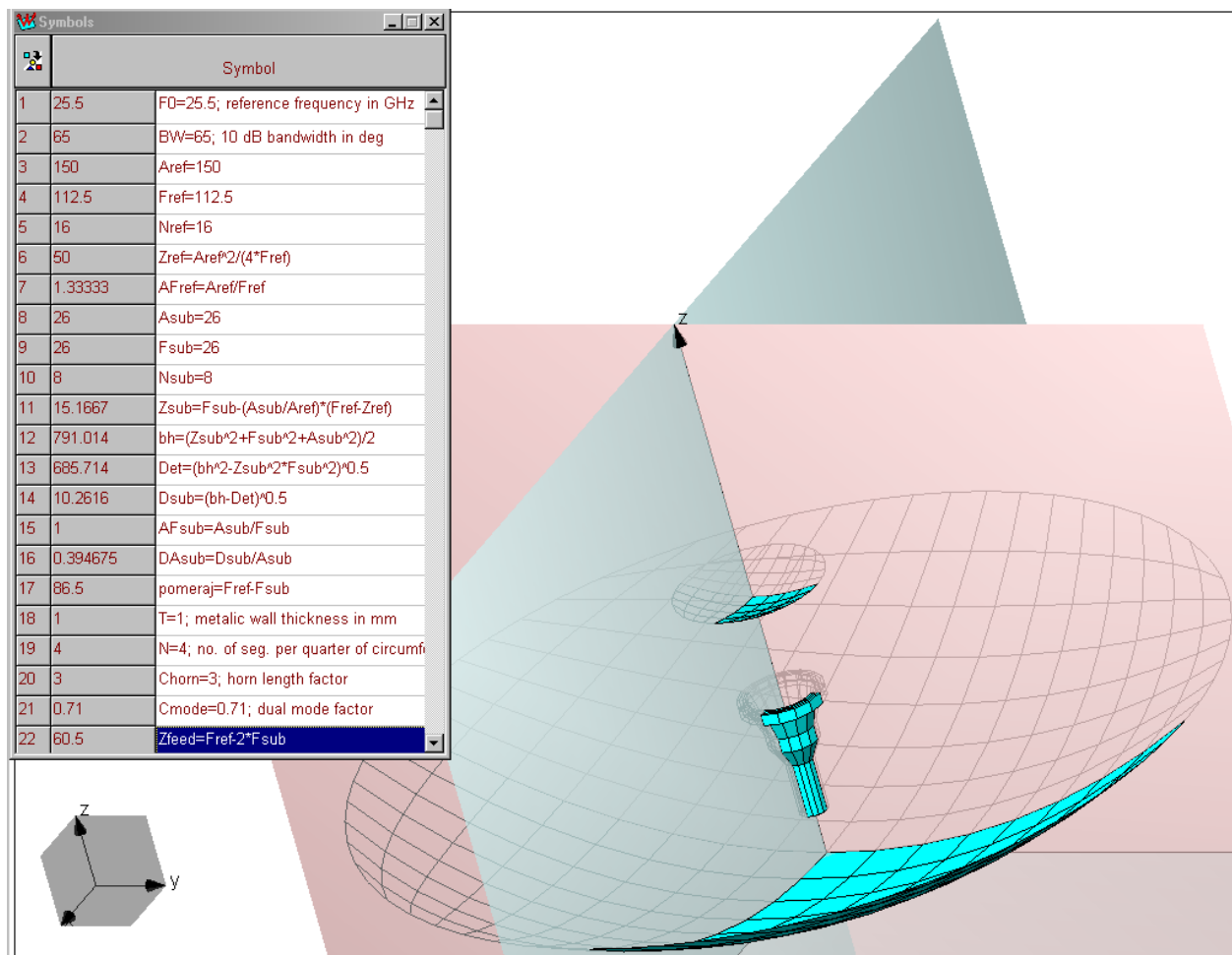
Slika 3(d).

Uporediti ovo rešenje sa prethodnim primerom (slika 2(c)). Obratiti pažnju na bočne lobove.

P04. Projektovati *Cassegrain Reflector Antenna with Dual Mode Conical Feeder* za radnu učestanost $f_0 = 25,5$ GHz. Poluprečnik otvora paraboloidnog reflektora je $A_{ref} = 150$ mm a žižna daljina paraboloida je $F_{ref} = 112,5$ mm. Prilikom modelovanja paraboloidnog reflektora, zarad ubrzanja simulacije, trebalo bi modelovati samo jednu četvrtinu strukture, a kasnije koristiti ravni simetrije/antisimetrije. Broj segmenata po četvrtini obima paraboloidnog reflektora je $N_{ref} = 16$. Poluprečnik otvora hiperboloidnog subreflektora je $A_{sub} = 26$ mm, a žižna daljina hiperboloida je $F_{sub} = 26$ mm. Broj segmenata po četvrtini obima hiperboloidnog subreflektora je $N_{sub} = 8$.

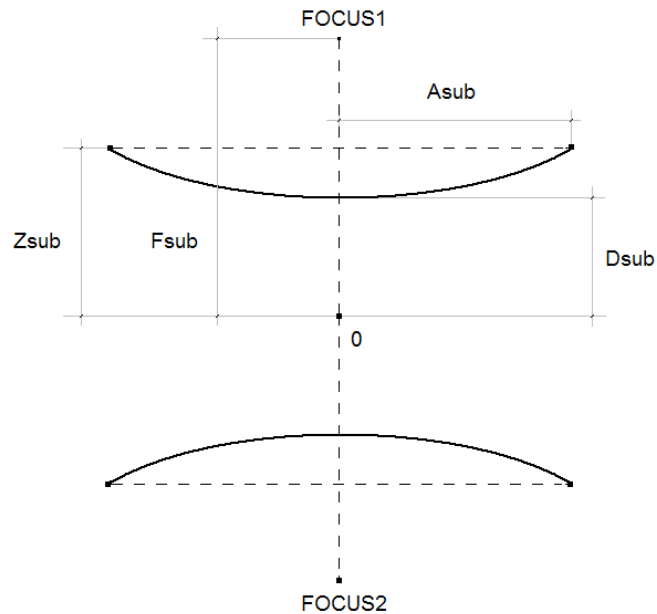
Antena kojom se obasjava subreflektor (primarni radijator) je *dual mode* horn antenna data u projektu *Dual_mode_horn_antenna_fider.zip* sa 10 dB -skom širinom glavnog snopa $BW = 65^\circ$. Proračunati ostale parametre neophodne za geometrijsko modelovanje antene. Translacija primarnog radijatora izvodi se promenom brojne vrednosti simbola Z_{feed} .

Prikazati 3D dijagram zračenja i odrediti usmerenost antene. Kako se ovaj rezultat slaže sa teorijskim rezultatom? Prokomentarisati od čega potiče ova razlika. Prikazati 2D dijagram zračenja.



Slika 4(a).

Osni presek hiperboloida (hiperbola) prikazan je na slici 4(b).



Slika 4(b).

Hiperbola je u potpunosti geometrijski definisana sledećim parametrima:

F_{sub} – žižna daljina hiperbole,

A_{sub} – poluprečnik otvora hiperbole,

D_{sub} – rastojanje od vrha hiperbole do koordinatnog početka (polovina minimalnog rastojanja između hiperbola).

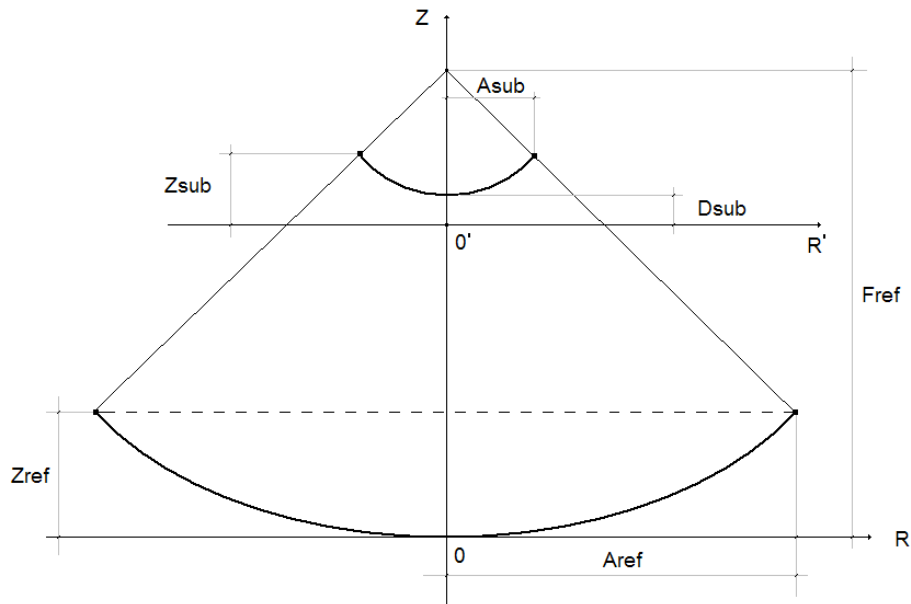
Dodatna (pomoćna) promenljiva Z_{sub} (visina ivice hiperbole; polovina maksimalnog rastojanja između hiperbola) se može odrediti pomoću jednačine hiperbole:

$$Z_{\text{sub}} = D_{\text{sub}} \sqrt{1 + \frac{A_{\text{sub}}^2}{F_{\text{sub}}^2 - D_{\text{sub}}^2}}.$$

Samo gornja hiperbola je potrebna za projektovanje antene. Fazni centar *dual mode* horn antene (primarnog radijatora) trebalo bi postaviti u fokus druge hiperbole.

Hiperboloidni subreflektor i paraboloidni reflektor

Osni presek reflektora i subreflektora prikazan je na slici 4(c).



Slika 4(c).

Međusobni položaj i orijentacija reflektora i subreflektora izabrana je na takav način kako bi se zadovoljilo:

- Fokus 1 hiperbole treba postaviti u fokus parabole,
- Ivica parabole, ivica hiperbole i fokus parabole leže na istoj pravnoj.

Parametri reflektora i subreflektora koje specificira dizajner su: A_{ref} , F_{ref} , A_{sub} , F_{sub} .

Z_{ref} se dobija korišćenjem jednačine parabole $Z_{ref} = \frac{A_{ref}^2}{4F_{ref}}$, dok se Z_{sub} i D_{sub} dobijaju poštovanjem gornja dva zahteva.

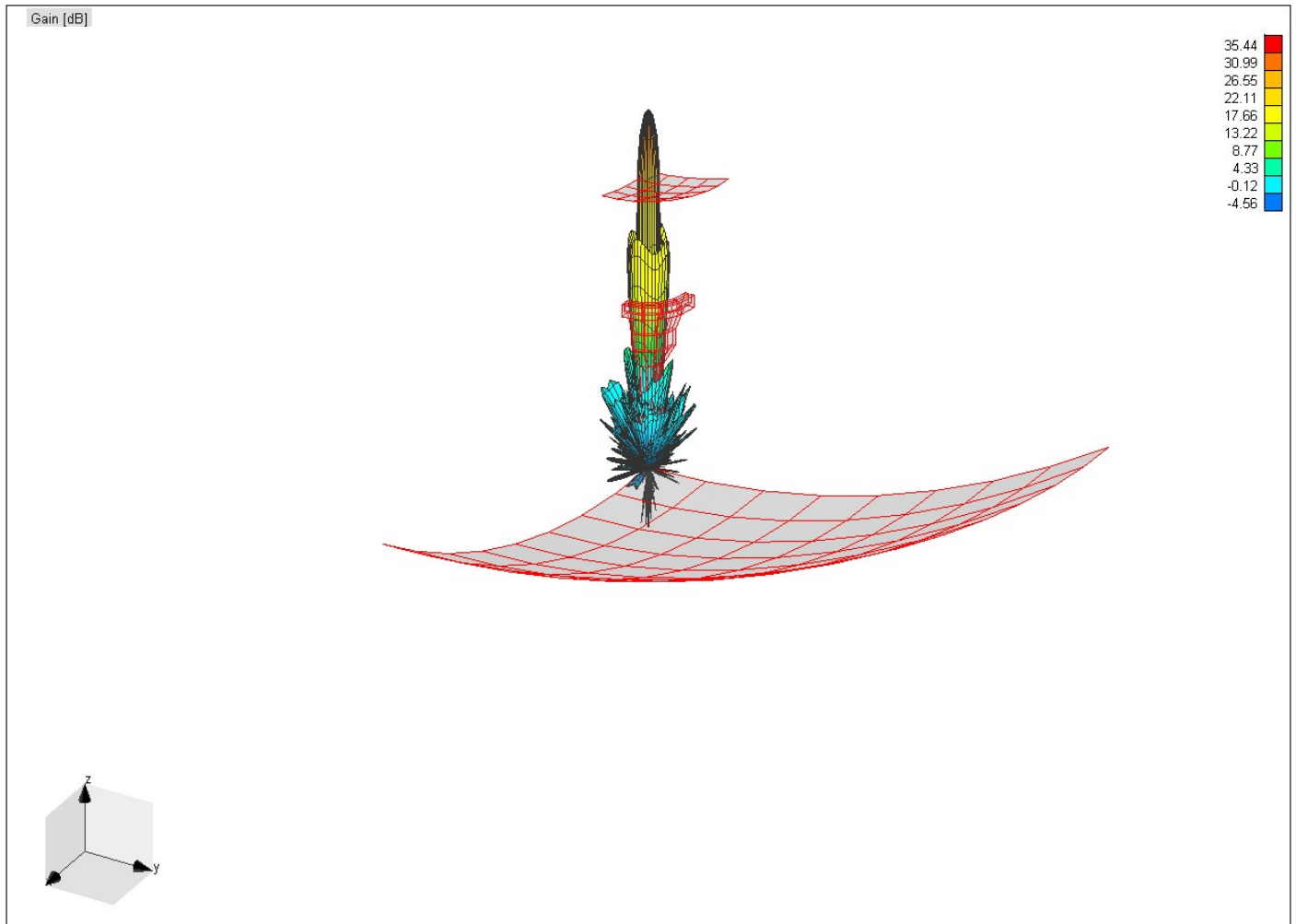
Sa slike 4(c) jasno se vide slični trouglovi:

$$\frac{F_{sub} - Z_{sub}}{F_{ref} - Z_{ref}} = \frac{A_{sub}}{A_{ref}}, \text{ odakle se dobija izraz za } Z_{sub} = F_{sub} - \frac{A_{sub}}{A_{ref}}(F_{ref} - Z_{ref}).$$

Korišćenjem jednačine hiperbole $Z_{sub} = D_{sub} \sqrt{1 + \frac{A_{sub}^2}{F_{sub}^2 - D_{sub}^2}}$ dolazimo do izraza

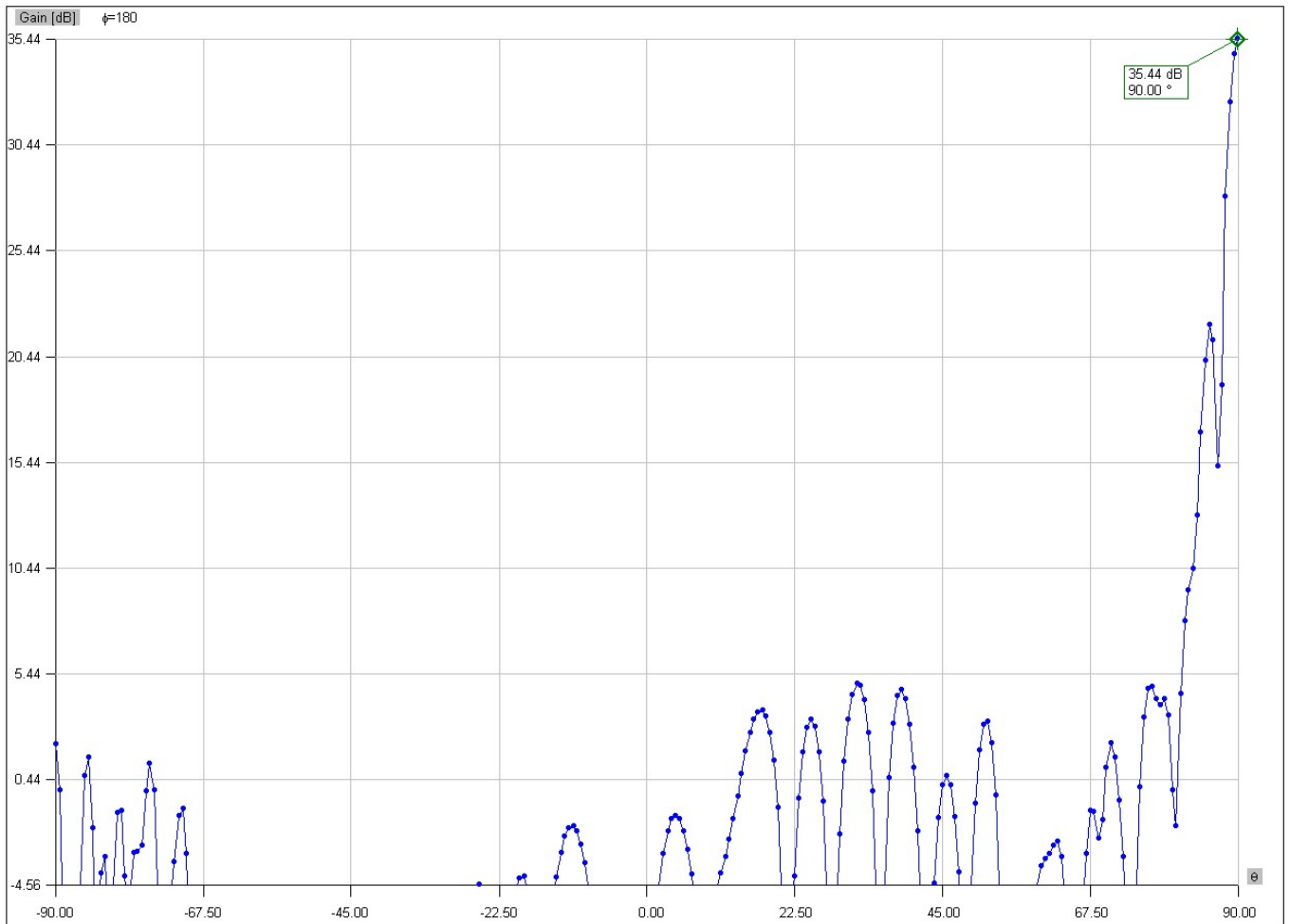
$$D_{sub} = \sqrt{bh - Det}, \text{ gde je } Det = \sqrt{bh^2 - Z_{sub}^2 F_{sub}^2} \text{ i } bh = \frac{Z_{sub}^2 + F_{sub}^2 + A_{sub}^2}{2}.$$

3D dijagram zračenja antene prikazan je na slici 4(d). Usmerenost antene je 35,44 dBi .



Slika 4(d).

Na slici 4(e) prikazan je 2D dijagram zračenja (definisani presekom $\phi = 180^\circ$).



Slika 4(e).

Uporediti ovo rešenje sa prethodna dva primera (slika 2(c) i slika 3(d)). Obratiti pažnju na bočne lobove.