

# SBFA za frekvenčno področje 2.3GHz

Matjaž Vidmar - S53MV

## 1. Kaj je to SBFA?

V tem sestavku nameravam opisati uspešno konstrukcijo Short-BackFire Antene ali na kratko SBFA. SBFA je bila dolgo časa radioamaterjem toliko kot neznana. Žele pred par leti so se opisi takšnih anten za 23cm in 13cm področja pojavili v amaterskih časopisih, že izdelane antene pa smo lahko kupili na dobro založenih radioamaterskih sejmih v Nemčiji. Žal ni vse zlato, kar se sveti, in večina teh SBF anten je napačno načrtovanih, kar se pozna kot izguba več dB dobitka itd.

SBF anteno je sicer izumil H. W. Ehrenspeck in prve rezultate objavil že leta 1965. Ehrenspeck in tudi drugi raziskovalci so kmalu SBF anteno še bistveno izboljšali in našli tiste oblike in dimenzije sestavnih delov, ki dajo najboljše lastnosti antene. Za praktično izdelavo SBF antene sem se naslanjal predvsem na knjigo "MICROWAVE CAVITY ANTENNAS", avtorjev A. Kumar-ja in H. D. Hristov-a, ki vsebuje zbornik več kot sto različnih člankov na temo SBF anten.

Izgled SBF antene je prikazan na

Sliki 1. SBF anteno sestavljata dva okrogla reflektorja in vzbujevalni dipoli. Veliki reflektor ima običajno kovinski obod, mali reflektor pa je enostavna krožna kovinska plošča. Polarizacija SBF antene zavisi izključno od vzbujevalnih dipolov. Z enim samim dipolom dobimo linearno polarizacijo, z dvema dipoloma pa se da doseči tudi krožno polarizacijo.

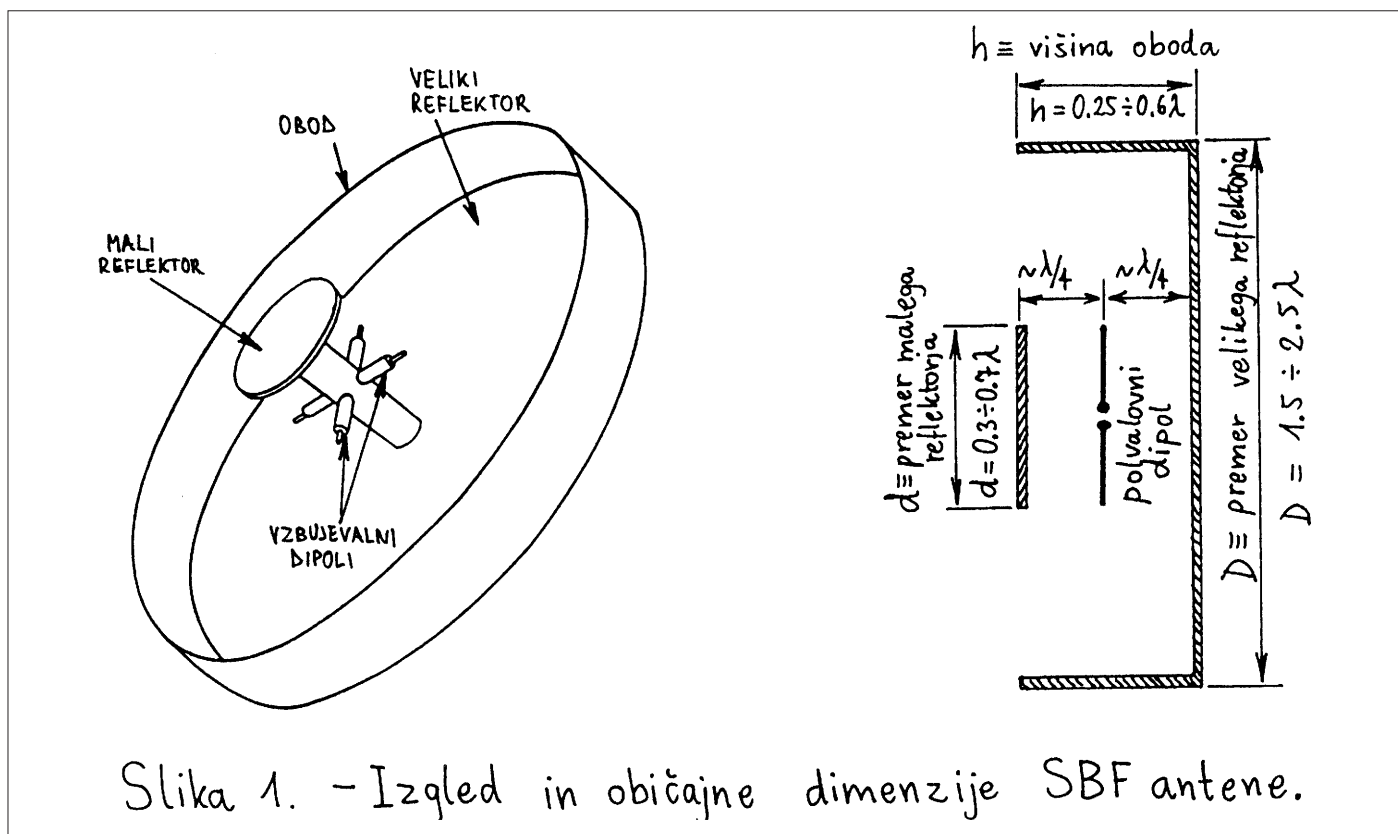
Dimenzije reflektorjev seveda ne morejo biti poljubne. Premer velikega reflektorja je običajno v velikostnem razredu dveh valovnih dolžin in pri teh dimenzijah znaša dobitek SBF antene okoli 15dBi, kar ustreza 20-elementni Yagi anteni. SBF antena je zato nepraktično velika za radioamatersko frekvenčno področje 435 MHz (premer 1.4m) in nižje frekvence.

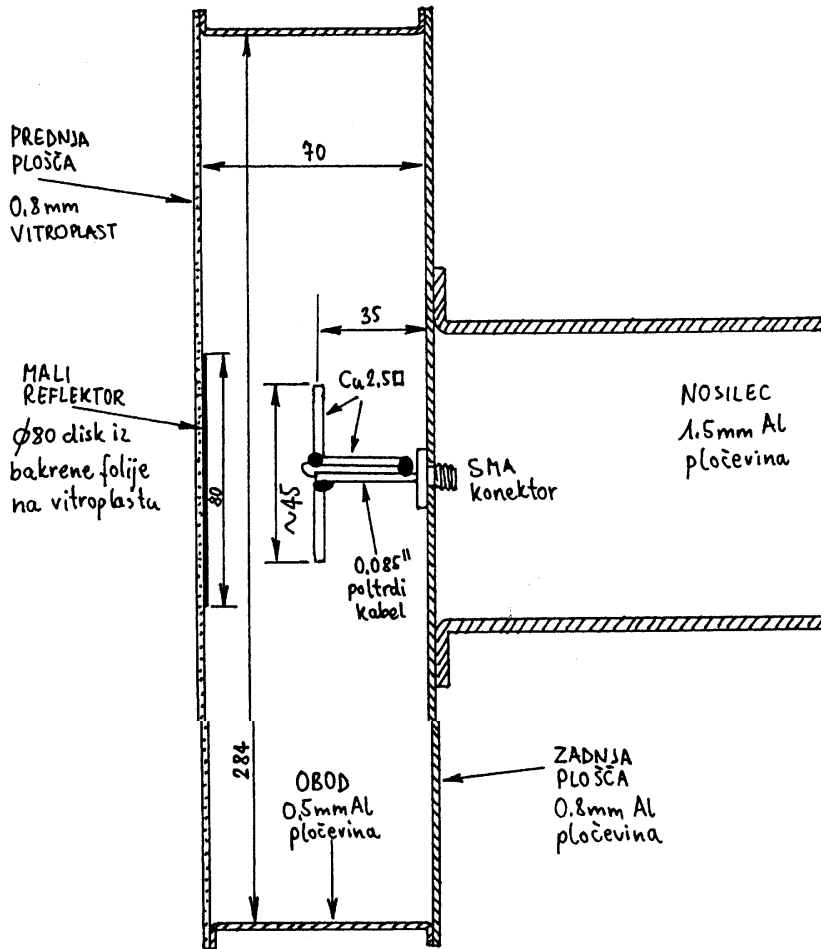
SBFA je verjetno smiselna izbira za področji 1.3GHz in 2.3GHz, kjer je takšno anteno vsekakor lažje izdelati od enakovredne Yagi antene. Na še višjih frekvencah je dobitek 15dBi preskromen, področje 5.7GHz je zato verjetno gornja meja za SBFA. Na še višjih frekvencah je prav gotovo edina praktična antena primerno

vzbujano parabolično zrcalo.

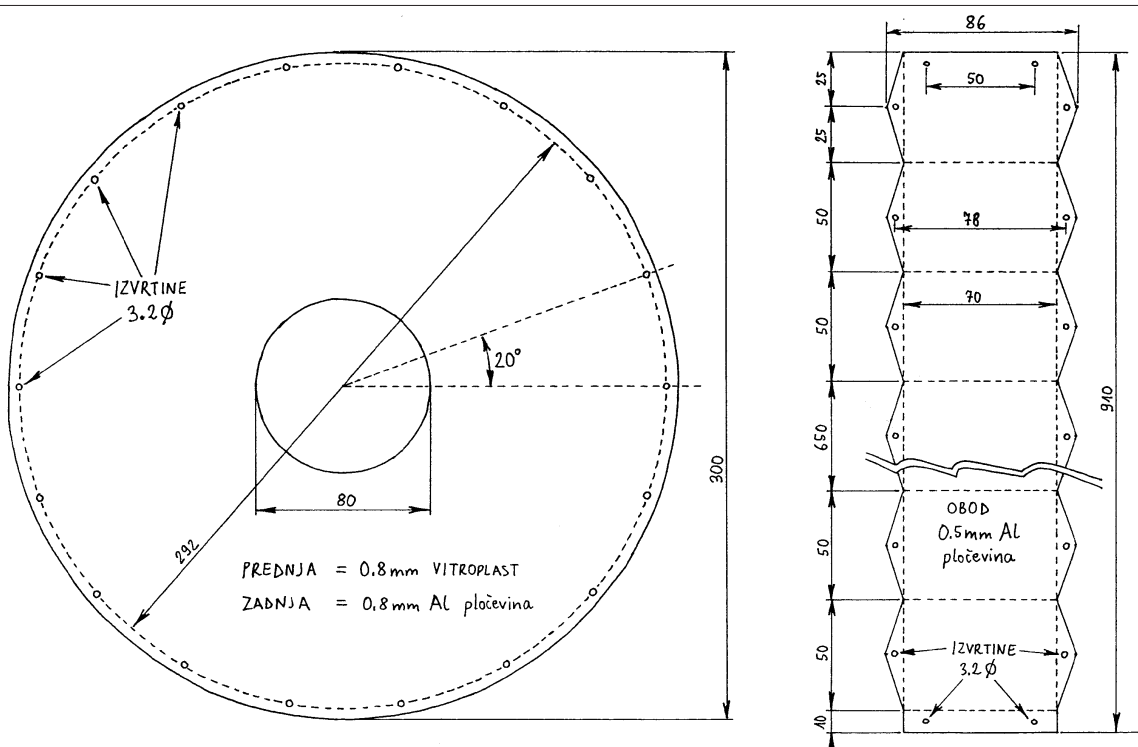
SBFA ima nekatere prednosti pred drugimi vrstami anten. Pri enakem dobitku ima SBFA dosti manj sestavnih delov od enakovredne Yagi antene. Izkoristek osvetlitve odprtine SBFA je zelo visok in lahko doseže 100%. To pomeni, da ima SBFA premera 30cm pri frekvenci 2.3GHz enak dobitek kot parabolično zrcalo premera 45cm, saj pri tako majhnih (v številu valovnih dolžin) paraboličnih zrcalnih izkoristek osvetlitve redko preseže 50%. Končno je SBFA dosti lažje vgraditi v vodotesno škatlo, da občutljive sestavne dele, predvsem vzbujevalne dipole in napajalno vezje, zaščitimo pred dežjem, snegom in ledom.

Slaba lastnost SBFA je ta, da smo pri tej vrsti antene vezani na povsem določene dimenzije in dobitek. Manjše ali večje SBF antene nima smisla izdelati, ker ne bi delovala. Dobitek SBF antene doseže maksimum približno 16dBi pri premeru velikega reflektorja  $D=2.2$  do  $2.3$  valovne dolžine, premeru malega reflektorja  $d=0.55$  do  $0.65$  valovne dolžine in višini oboda  $h=0.5$  do  $0.6$  valovne dolžine. Mali in veliki ref-





Slika 2. - Praktična izvedba SBF antene za 2.3GHz področje.



Slika 3. - Sestavni deli SBF antene za 2.3GHz področje.

lektor sestavljata odprt rezonator, ki pravilno deluje le v omejenem frekvenčnem pasu širine približno 10% srednje frekvence.

Ker je vzbujevalni dipol zaprt v prostoru med velikim in malim reflektorjem, je impedanca SBF antene močno frekvenčno odvisna. Z enostavnim dipolom lahko zato pokrijemo frekvenčno področje širine komaj 1% oziroma dobrih 20MHz pri 2.3GHz, kar je desetkrat manj od tistega, kar omogoča SBF rezonator. Podoben pojav lahko sicer opazimo tudi pri dobro načrtovanih Yagi antenah, ki so "navite" za maksimalni dobitnik pri določeni frekvenci. Seveda velja tudi obratno: če je antena dobro prilagojena v širšem frekvenčnem pasu, so zelo verjetno dimenzije SBF lonca oziroma Yagi palčk povsem zgrešene...

Od naših radioamaterjev se je SBF antene prvi lotil Robi S53WW in izdelal ter preizkusil prototip za ozkopasovno delo (SSB in CW) v pasu 2304/2320MHz. Navdušen od Robijevih rezultatov sem sam izdelal prototip SBFA za bodoče paket-radio zveze med vozlišči v pasu okoli 2360MHz in na isti merilni opremi v laboratoriju FER v Ljubljani nameril celo kakšen decibel več dobitka od Robijevega prototipa. Ker smo letos dobili v Sloveniji tudi prvi ATV repetitor, ki uporablja frekvenčni področji 23cm in 13cm, je SBF antena prav gotovo zanimiva širokemu krogu uporabnikov, od zaigranih tekmovalcev v mikrovalovnih kontestih do paketašev in tistih, ki se dajejo z amatersko televizijo.

## 2. Izdelava SBF antene za 13cm

Praktična izvedba mojega prototipa SBF antene za 2.3GHz področje je prikazana na Sliki 2. Pri izvedbi antene sem skušal izkoristiti zunanji veliki reflektor tudi kot škatlo, ki občutljive sestavne dele antene, dipol in napajalno vezje, ščiti pred vremenskimi pojavi. V ta namen sem prednjo odprtino antene zaprl s ploščo vitroplasta, da se vsi pomembni deli antene nahajajo v zaprti škatli.

Prednja plošča iz vitroplasta je debeline komaj 0.8mm, da čim manj moti delovanje antene. Prednja plošča je hkrati uporabljena kot nosilec malega reflektorja. Mali reflektor je v mojem prototipu enostavno disk iz bakrene folije premera 80mm, ki sem jo povsod drugod odstranil s površine vitroplasta. V tem primeru je razdalja

med malim in velikim reflektorjem točno določena in mora biti enaka višini oboda velikega reflektorja. Srečno naključje zagotavlja, da je takrat tudi dobitnik antene maksimalen in dosega okoli 16dBi.

Prednost takšne SBF antene je v tem, da je za zemeljske zveze edina aktivna zunanja površina antene, to je plošča iz vitroplasta, postavljena pokončno. Na pokončni plošči se le stežka nabere sneg ali led, pa tudi dežne kapljice hitro zdrsnejo dol. Opisana konstrukcija SBFA bi razrešila težave marsikaterega packet vozlišča, ki danes uporablja Yagi ali drugačne antene in ob naletavanju prvih snežink utihne.

SBF anteno sem izdelal za linearno (horizontalno) polarizacijo. Za vzbujanje zadošča v tem slučaju en sam polvalovni dipol. Dipol je izdelan iz bakrene žice premera 1.8mm (žica za električne napeljave preseka 2.5 mm<sup>2</sup>). Impedanca v napajalni točki je zelo blizu 50ohm in dipol potrebuje le simetrični vod za priključitev na standardni 50-ohmski koaksialni vod.

Praktično pritrdimo dipol na 35mm dolg kos poltrdega kabla zunanje premera 0.085" s teflonskim dielektrikom, ki je na drugem koncu pritrjen na ustrezen ženski SMA konektor s kvadratno prirobnico. Simetrični vod je enostavno še en košček bakrene žice premera 1.8mm, ki poteka vzporedno s poltrdim kablom. Simetrični vod je pri dipolu spojen s srednjo žilo kabla, pri SMA konektorju pa z oklopom kabla. Razdalja med simetričnim vodnikom in oklopom kabla je nepomembna za delovanje antene in v prototipu znaša okoli 2mm.

Dolžino dipola je treba precej natančno nastaviti za željeno frekvenco, ker se impedanca SBFA zelo hitro spreminja s frekvenco v delovnem frekvenčnem območju. Navedena dolžina 45mm ustreza frekvenci 2360 MHz in je precej krajša od polovice valovne dolžine 63.5mm pri tej frekvenci. Točno dolžino dipola nastavimo s pomočjo zanesljivega reflektometra (glej članek o mostičnem reflektometru v nadaljevanju). Pri krajšanju krakov dipola seveda ne smemo pozabiti na simetrijo!

Sestavni deli škatle SBF antene so prikazani na Sliki 3. Iz 0.8mm debelega vitroplasta moramo izrezati krog premera 300mm za prednjo stranico škatle in še en enako velik krog iz aluminijeve pločevine 0.8mm (boljše več) za zadnjo stranico. Oba diska imata na robu 18 enakomerno

razporejenih izvrtin premera 3.2mm za pritrditev oboda s pomočjo M3 vijakov.

Prednjo stranico škatle najlažje izdelamo iz enostranskega vitroplasta. Sredi vitroplasta narišemo krog premera 80mm in rob kroga zarezemo z ostro konico. Odvečno bakreno folijo nato previdno olupimo, da ostane le osrednji disk. Stranico nato vgradimo v škatlo tako, da je bakrena folija na notranji strani zaščitena od vremenskih vplivov.

Obod izdelamo iz 86mm širokega in 910mm dolgega kosa aluminijevega traku debeline 0.5mm, kot je to prikazano na Sliki 3. Trikotne "uhlje" za pritrdilne vijake nato zvijemo v primežu. Obod sam je spojen v krožno zanko z dvema M3 vijakoma. Uporabe zakovic ne priporočam, ker bo potrebno anteno večkrat razstaviti pri uglaševanju.

Impedanco oziroma prilagojenost antene seveda merimo le pri popolnoma sestavljeni anteni. Pri razstavljeni anteni brez malega reflektorja in oboda se rezonančna frekvenca dipola zviša. Skupni učinek obeh reflektorjev se kaže kot znižanje rezonančne frekvence dipola, katerega moramo zato dodatno skrajšati pri uglaševanju.

SBF anteno najlažje pritrdimo na nosilec na zadnji strani. Nosilec izdelamo iz vsaj 1.5mm debele aluminijeve pločevine, ki jo primerno oblikujemo v obliko širokega "U" profila. Točne dimenzije nosilca seveda zavisijo od velikosti objemke in drugih mehanskih potankosti, kar bo vsak graditelj prilagodil svojim potrebam.

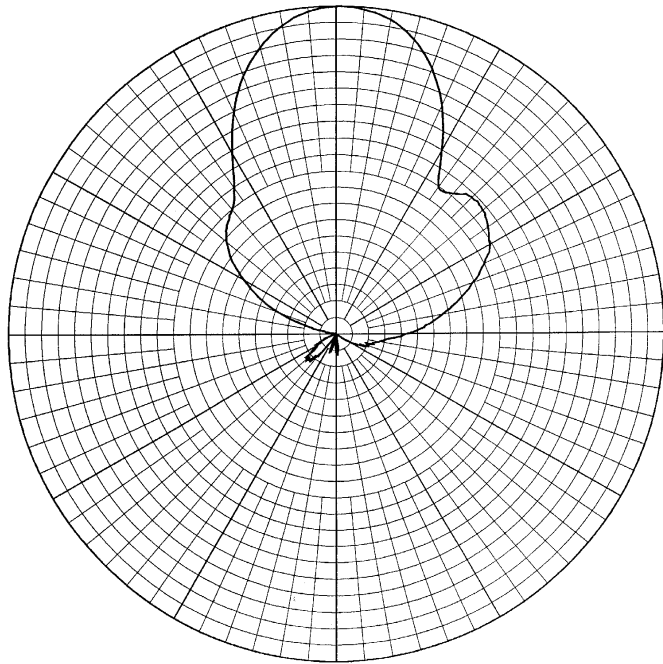
Na dokončani in uglašeni anteni seveda primerno zatesnimo vse spoje, da vlaga ne vdre v notranjost antene. Na spodnji strani antene v vsakem slučaju pustimo odprtino za zračenje!

## 3. Izmerjeni rezultati SBF antene za 13cm

Dokončani prototip SBF antene sem temeljito premeril v laboratoriju za antene in razširjanje valov na Fakulteti za Elektrotehniko in Računalništvo v Ljubljani. Pri vseh meritvah mi je pri delu pomagal g. Stanko Gajšek, ki se mu za pomoč tu iskreno zahvaljujem.

Pri izdelani anteni sem najprej premeril impedanco še s profesionalnim mikrovalovnim analizatorjem vezij.

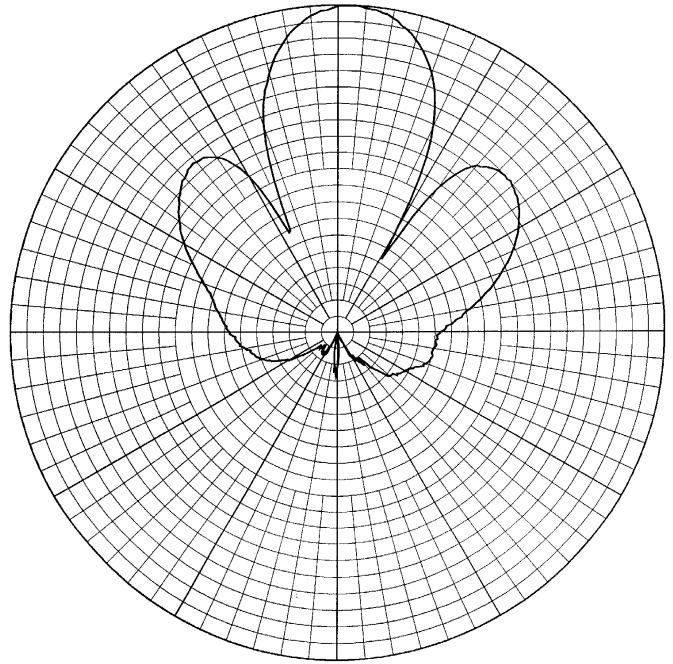
ANTENA: MATJAZEV LONEC  
 RAVNINA E  
 MERIL: M. VIDMAR 24. aprila 1995. OB 16:08



F = 2300 MHz  
 -3 dB SIRINA GLAVNEGA LISTA = 28.6 STOPINJ  
 MEROLO: LOGARITEMSKO  
 RAZPON: 40 dB

Slika 4. - Smerni diagram 2300 MHz / E ravnina.

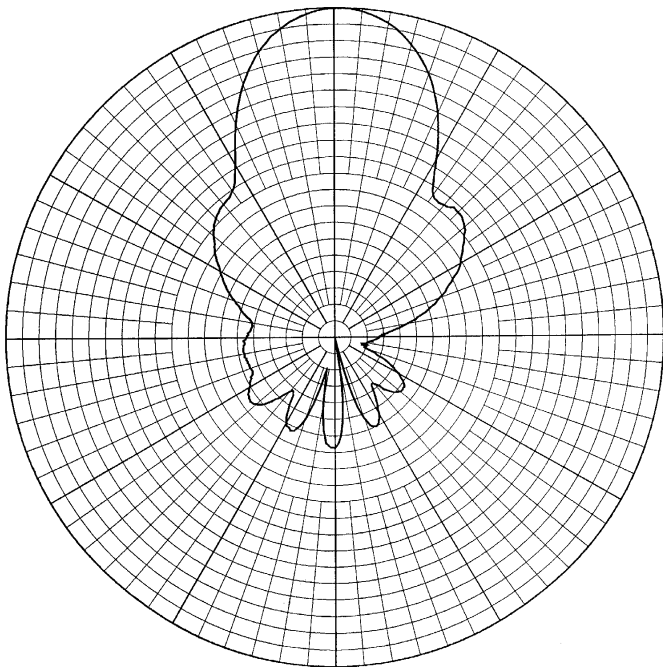
ANTENA: MATJAZEV LONEC  
 RAVNINA H  
 MERIL: M. VIDMAR 24. aprila 1995. OB 16:31



F = 2300 MHz  
 -3 dB SIRINA GLAVNEGA LISTA = 24.42 STOPINJ  
 MEROLO: LOGARITEMSKO  
 RAZPON: 40 dB

Slika 5. - Smerni diagram 2300 MHz / H ravnina.

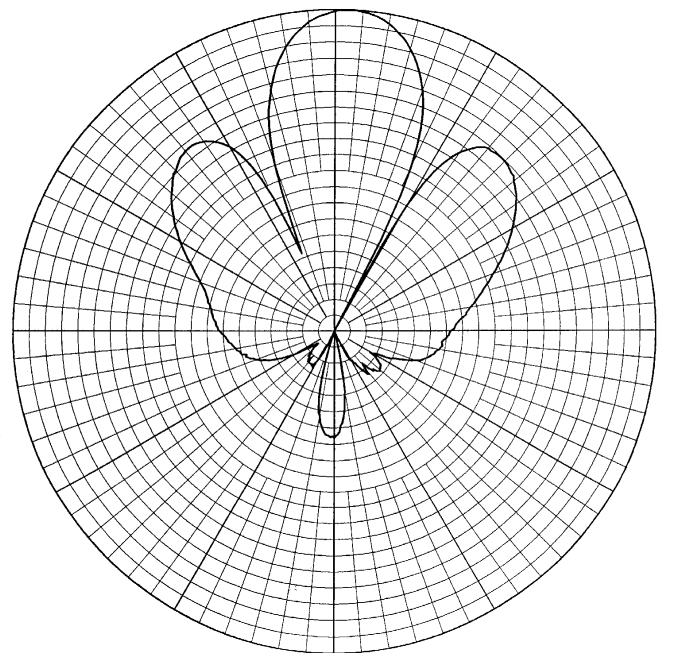
ANTENA: MATJAZEV LONEC  
 RAVNINA E  
 MERIL: M. VIDMAR 24. aprila 1995. OB 16:08



F = 2360 MHz  
 -3 dB SIRINA GLAVNEGA LISTA = 26.94 STOPINJ  
 MEROLO: LOGARITEMSKO  
 RAZPON: 40 dB

Slika 6. - Smerni diagram 2360 MHz / E ravnina.

ANTENA: MATJAZEV LONEC  
 RAVNINA H  
 MERIL: M. VIDMAR 24. aprila 1995. OB 16:31

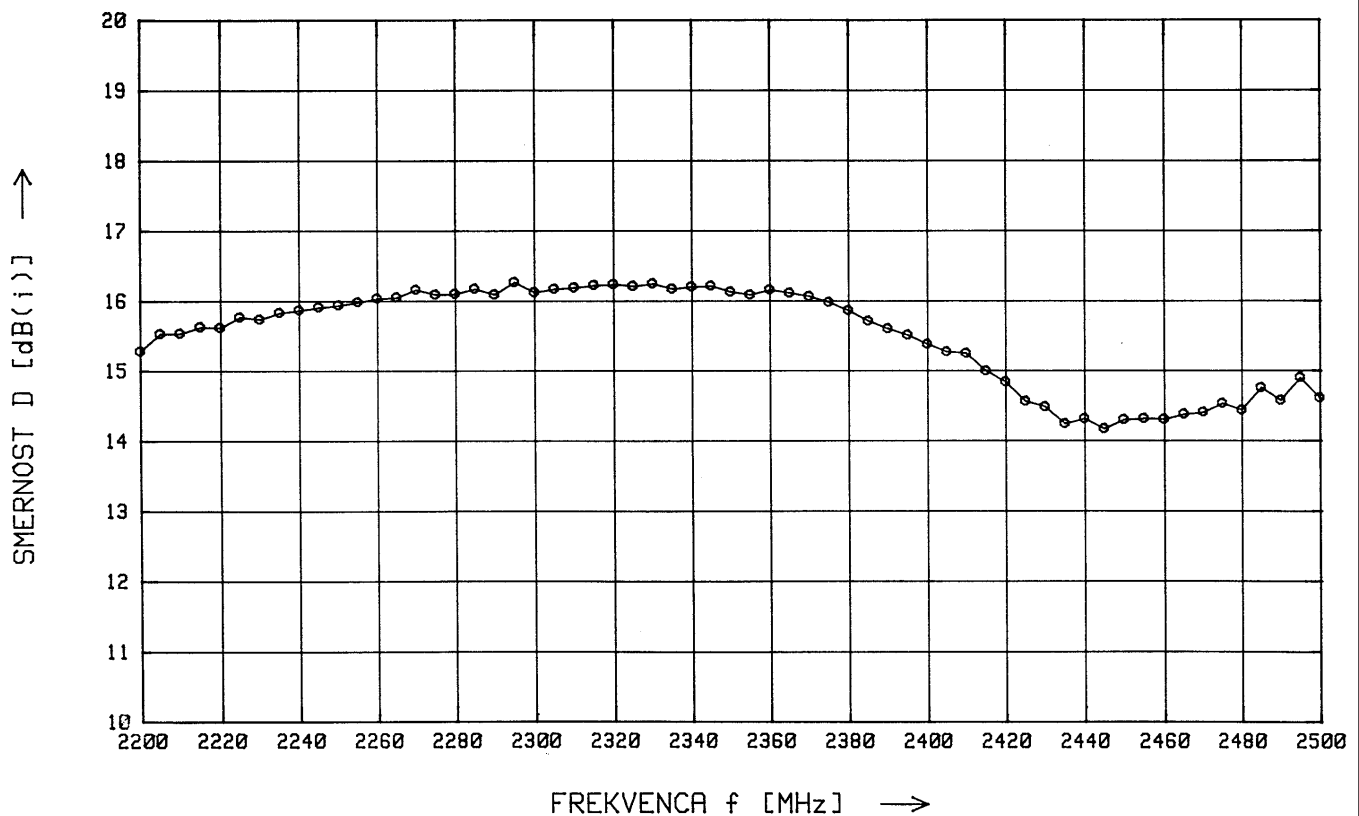


F = 2360 MHz  
 -3 dB SIRINA GLAVNEGA LISTA = 22.35 STOPINJ  
 MEROLO: LOGARITEMSKO  
 RAZPON: 40 dB

Slika 7. - Smerni diagram 2360 MHz / H ravnina.



ANTENA: MATJAZEV LONEC  
 MERIL: M. VIDMAR DNE 24. aprila 1995. OB 16:08



Slika 8. - Smernost SBF antene v frekvenčnem področju 2200 ÷ 2500 MHz.

Rezonančna frekvenca se ni izkazala bistveno drugačna od tiste, ki sem jo nastavljal doma s preprostim mostičnim reflektometrom. Pač pa je analizator vezij pokazal, da je impedanca takšne antena zelo ozkopasovno prilagojena. To je mogoče nepomembno za SSB ali CW delo na 2304MHz, pri ATV pa bo treba anteno uglasti za točno določen kanal.

Nato sem izmeril smerni diagram antene v dveh ravninah (E in H) v frekvenčnem področju od 2200MHz do 2500MHz. V tem sestavku prikazujem le za nas radioamaterje najzanimivejše rezultate pri 2300MHz (Sliki 4. in 5.) ter pri 2360MHz (Sliki 6. in 7.). Iz smernih diagramov vidimo, da se SBFA obnaša podobno kot Yagi antena: z rastočo frekvenco se oža širina glavnega snopa antene in hkrati rastejo stranski snopi, ki odžirajo moč glavnemu snopu. Rahlo nesimetrijo stranskih snopov naj-

verjetneje prinaša neidealno simetrično vezje vzbujevalnega dipola.

Najzanimivejši rezultat je seveda smernost antene, ki jo izračunamo na računalniku z numerično integracijo izmerjenih smernih diagramov. Končni rezultat na Sliki 8. kaže, da smernost prototipa SBFA presega vrednost 16dBi v frekvenčnem pasu od 2260MHz do 2370MHz. Ker je električni izkoristek SBFA praktično enak enici, lahko računamo tudi na dobitok 16dBi, če le poglasimo anteno na željeno frekvenco.

Za satelitsko področje 2.4-2.45GHz je opisani SBFA lonec nekoliko prevelik, saj smernost upade na 14dBi. Razen tega uporabljajo vsi radioamaterski sateliti v tem frekvenčnem področju desno krožno polarizacijo, kar zahteva dva pravilno napajana vzbujevalna dipola. V tem slučaju lahko izkoristimo resonančne lastnosti SBFA in fazni zasuk 90 stopinj

med dipoloma dosežemo enostavno z različnima dolžinama obeh dipolov, ki ju sicer napajamo vzporedno. Uglasovanje takšne krožno-polarizirane SBFA je seveda potrpljenjsko delo.

Za druga frekvenčna področja dobimo izmere SBF antene enostavno tako, da vse številke na Sliki 2. pomnožimo z razmerjem valovnih dolžin. SBFA za 23cm ima torej premer velikega reflektorja približno 50cm, premer malega reflektorja okoli 14cm in višino oboda približno 12cm. Za 23cm seveda že iz mehanskih razlogov uporabimo debelejšo pločevino, prednjo ploščo pa izdelamo iz običajnega 1.6mm debelega vitroplasta. Račun ni povsem točen le za izmere vzbujevalnega dipola, ki ga pač moramo uglasti na željeno frekvenco.