

### Široko-pojasna fleksibilnost u DL6WU dizajnu: promena prečnika elemenata

U okviru ograničenog opsega, neko bi mogao da menja prečnik elemenata i da očekuje iste performanse na opsegu. Promena prečnika elementa zahteva da se koriste elementi koji imaju istu reaktancu. RSGB knjiga daje jednačine za proračunavanje nove dužine elementa prema novom prečniku (strana 7-28), i one se moraju uključiti u softver dostupan za dizajniranje jagica u seriji.

Element ekvivalentne reaktance različitog prečnika je ekvivalentan na frekvenciji na kojoj se vrši proračun, ali novi frekventni propusni opseg se ne procenjuje jednostavno. Dakle, uzeo sam 12-elementnu antenu iz ove grupe jagica da bih video razlike u sveukupnim performansama u skaniranom frekventnom opsegu. Dobro su došle dimenzije koje daje RSGB preračunavanjem za prečnik 1/8 inča, 4 mm i 3/16 inča, sa prečnicima elemenata od 0.125 do 0.1575 do 0.1875 inča (3.175 do 4.0 do 4.7625 mm). Ukupno se pokriva opseg prečnika od 1.5:1, što je dosta skromno ali dovoljno široko da se detektuje bilo šta značajno u podacima. Naredna tabela daje dimenzije za elemente 1/8" i 3/16" inča od 4 mm, za 12-elementnu jagicu koju sam koristio u predhodnim delovima ovih napomena.

#### 12-elementna DL6WU jagi antena za 432 MHz (prečnik elemenata 1/8" ≈ 3 mm)

Element	Dužina elemenata		Kumulativno rastojanje		Napomena
	mm	lambda	mm	lambda	
Reflektor	340.9	0.491	-	-	
Radijator	333.2	0.480	138.8	0.200	
1	306.0	0.441	190.8	0.275	
2	302.3	0.436	315.8	0.455	
3	298.9	0.431	465.0	0.670	
4	295.6	0.426	638.4	0.920	
5	292.7	0.422	832.8	1.200	
6	290.2	0.418	1040.9	1.500	
7	288.0	0.415	1259.5	1.815	
8	286.1	0.412	1488.6	2.145	
9	284.4	0.410	1728.0	2.490	
10	282.9	0.408	1977.8	2.850	12-Element

#### 12-Element DL6WU Yagi for 432 MHz (using 3/16" diameter elements)

Element	Dužina elemenata		Kumulativno rastojanje		Napomena
	mm	lambda	mm	lambda	
Reflektor	340.4	0.491	-	-	
Radijator	329.4	0.475	138.8	0.200	
1	299.4	0.431	190.8	0.275	
2	296.7	0.428	315.8	0.455	
3	292.9	0.422	465.0	0.670	
4	289.4	0.417	638.4	0.920	
5	286.3	0.413	832.8	1.200	
6	283.6	0.409	1040.9	1.500	
7	281.3	0.405	1259.5	1.815	
8	279.2	0.402	1488.6	2.145	
9	277.4	0.400	1728.0	2.490	
10	275.7	0.397	1977.8	2.850	12-Element

Napomena: Dimenzije su uzete iz poglavlja 10 *VHF/UHF DX Book*, Ian White, G3SEK, osim za dužinu radijatora i prvog direktora, koji su redimenzionisani za maksimalni radni opseg.

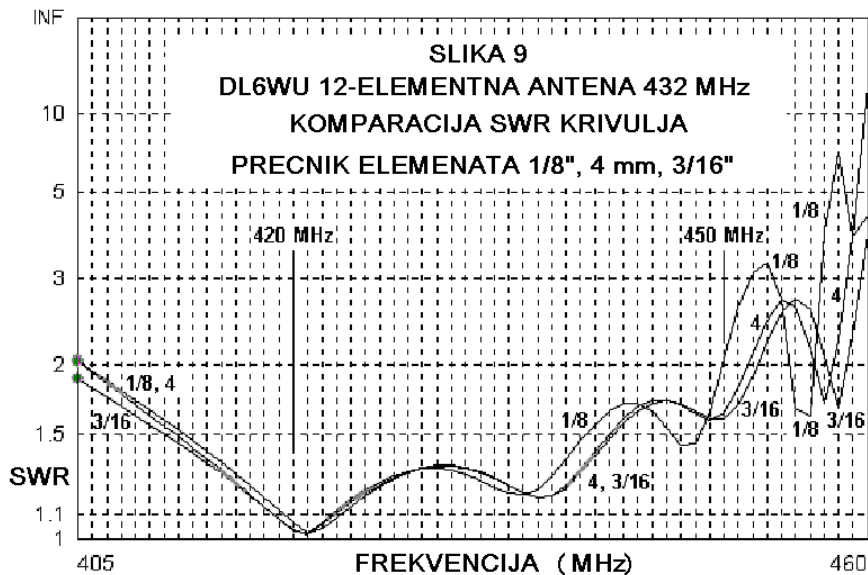
Redimenzionisanje je učinjeno da se dobiju performanse koje blisko koincidiraju sa sva 3 modela na 432 MHz.

Podaci su u narednoj tabeli.

#### Modelirani podaci za 3 uzorka 12-elementne DL6WU jagice za 432 MHz

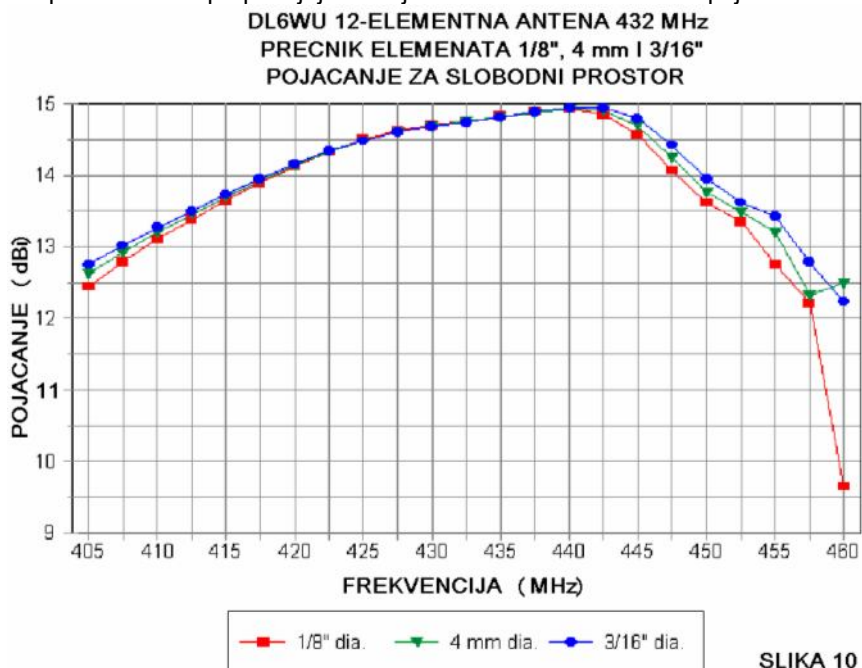
Prečnik elemenata (inča/mm)	0.125	0.1575	0.1875
		3.175	4.000
Pojačanje: dBi	14.75	14.73	14.73
Odnos napred-nazad na 180°(dB)	15.51	15.52	15.53
Odnos napred-bok (dB)	17.71	17.71	17.71
Z napojne tačke (R+/-jX Ohms)	57.8-j11.0	60.2-j11.4	60.2-j11.1
SWR za 50 oma	1.283	1.319	1.315

Moguća je daljnja optimizacija dimenzija da bi se dobile bolje performanse na 432 MHz.



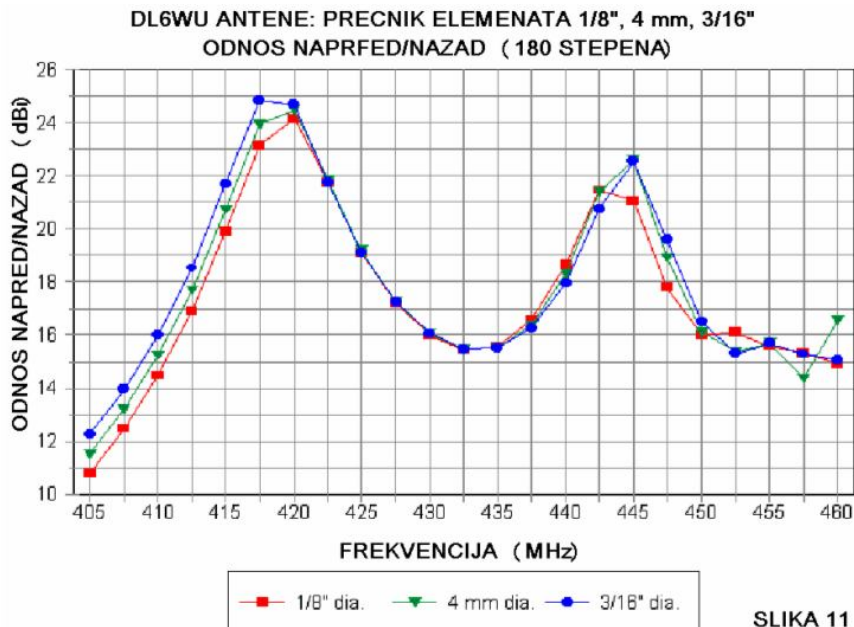
**Slika 9** prikazuje krivulju za 50-ovski SWR za sva tri dizajna. Na najnižem kraju frekventnog opsega, mada se prvi minimum SWR-a javlja koincidennto, verzija sa najvećim prečnikom elemenata ima nešto niži SWR na 405 MHz. Razlika nije operacionalno značajna, ali je spominjem kao očekivanu.

Na gornjem kraju opsega, verzija sa 1/8" pokazuje najveće odstupanje od originalna 4 mm. Izvos odstupanja je delom rezultat doterivanja radijatora i prvog direktora. Razlika između verzije 4 mm i 3/16" postaje primetna iza gornjeg limita. Ukratko, u regionu 420 – 450 MHz, ne postoji ništa značajno za samu krivulju SWR. Dakle, nije neophodno da se prepravljaju krivulje rezistancije i reaktance napojnih tačaka.



**SLIKA 10**

**Slika 10** predstavlja krivulje pojačanja za sve tri jagice. Između 420 i 440 MHz, krivulje se ne razlikuju, što je rezultat pažljivog doterivanja karakteristika na 432 MHz. Donji kraj skaniranog spektra ponavlja dobro ponašanje vrednosti pojačanja prema dimenzijama elemenata. Slična separacija se javlja i na gornjem kraju spektra, ali sa malo eratičnosti pošto krivulje prodju izvan skaniranog opsega. Ovakve neuobičajene varijacije nisu i neočekivane, pošto ćelija radijatora počinje da gubi kontrolu nad radom antene.



**SLIKA 11**

Krivulja 180 stepena za sve tri antene je na **slici 11**. Ako ekstrapoliramo pikove u odnosu napred-nazad iz uzorkovanih frekvencija, možemo videti da, što je veći prečnik elementa – to je niža (za vrlo mali iznos) frekvencija prvog pika. Suprotno, uz istu ekstrapolacionu proceduru (ili frekventnim prebrisavanjem preko užeg područja), nalazimo da, što je veći prečnik elementa viša je frekvencija pika (opet za mali iznos). Iznad 450 MHz, opet, srećemo eratično ponašanje krivulja, ali u relativno malom opsegu.

U principu, tada, ništa u krivuljama performansi ne indicira bilo kakve neželjene efekte upotrebom elemenata prečnika u opsegu 1.5:1 za ovu DL6WU seriju jagica. Upotrebio sam 12-elementnu verziju antene, pošto se pokazala kao najosetljivija na promene. Te promene još uvek nisu bile značajnih razmera.

Medjutim, pogledajmo proceduru za dobijanje rezultata. Za ćeliju napojne tačke (reflektor, radijator i prvi direktor), predhodno izračunati rezultati dali su doterivanje da bi se dobila antena koja koincidira po performansama na 432 MHz. Za bilo koju datu dužinu buma, preporučio bih da se ispita dužina elemenata napojne tačke ćelije u NEC-4 da bi se došlo do finalnih vrednosti koje obezbeđuju radnu krivulju željenu za što veći deo spektra (sličan savet važi i ako se koristi savijeni dipol za radijator).

Upotreba softvera koji optimizuje ćelije napojne tačke za postizanje koincidentnih radnih svojstava, naravno, jednostavno postavlja 12-elementnu antenu u region niskog odnosa napred-nazad, malo ispod vrenosti pojačanja koja se maksimalno može psotići. Dok neki koriste softver i, predpostavljajući da ne moraju da pokriju ceo opseg 420-450 MHz, mogli bi također i da promene radnu tačku antene.

### Širokopoljaska fleksibilnost DL6WU dizajna: Promena radne tačke antene

Da bih dobio uzorke pomicanja radne tačke antene, obavio sam dvo-stepenu operaciju:

1. Prvo, skalirao sam antenu sa frekvencije željenih radnih uslova na 432 MHz. U skaliranje je bilo uključeno vraćanje prečnika elemenata na njihovu originalnu vrednost i ponovno ispitivanje radne krivulje u blizini 432 MHz da bih se obezbedio da se željene karakteristike nisu značajno pomerile po frekvenciji. Pošto je pomicanje bilo dosta ispod 5% promene frekvencije, daljnja doterivanja su se pokazala nepotrebnim.
2. Drugo, podesio sam dužinu radijatora da se dobije najniži 50-omski SWR na 432 MHz. Željena radna tačka se ne javlja uvek na tački najnižeg SWR-a. Zato je postizanje najnižeg mogućeg SWR-a poželjno. Proces može da uključi doterivanje bilo kojeg ili svih elemenata u ćeliji napojne tačke. Medjutim, za ovo razmatranje, ograničio sam se samo na promenu dimenzija radijatora.

Da bi se ova procedura primenila, mora se najpre locirati željena radna tačka. U svrhu prikazivanja posledica ovog pomicanja, izabrao sam radnu tačku iznad 432 MHz i drugu ispod željene frekvencije. Gornja radna tačka je bila frekvencija maksimalnog pojačanja. Za 12-elementnu antenu, ova frekvencija je ispod 442 MHz, što rezultuje u skaliranju nadole za 10 MHz. Frekventno skaliranje nadole rezultuje u nešto dužoj anteni i sa nešto dužim elementima. Naredna tabela pokazuje rezultate i skaliranja i doterivanja radijatora.

**12-elementna DL6WU jagi antena za 432 MHz (skalirana za maksimalno pojačanje)**

Element	Dužina elemenata		Kumulativno rastojanje		Napomena
	mm	lambda	mm	lambda	
<b>Reflektor</b>	348.5	0.502	-	-	
<b>Radijator</b>	330.4	0.476	142.0	0.205	
1	308.6	0.445	195.2	0.281	
2	306.1	0.441	323.1	0.466	
3	302.4	0.436	475.8	0.686	
4	299.0	0.431	653.2	0.941	
5	295.9	0.426	852.1	1.228	
6	293.0	0.422	1065.0	1.535	
7	290.8	0.419	1288.7	1.857	

8	288.7	0.416	1523.1	2.195	
9	286.9	0.413	1768.0	2.548	
10	285.2	0.411	2023.6	2.916	12-Element

Napomena: Prečnik elemenata je 4 mm(0.1575"). Materijal: aluminijum.

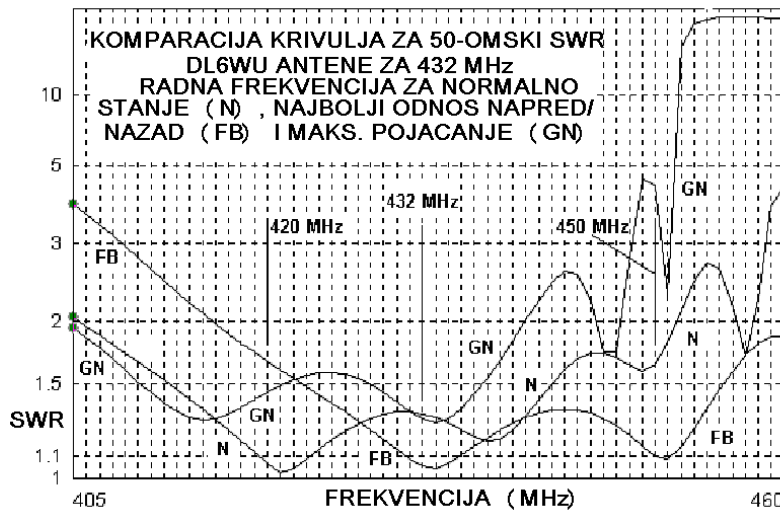
Za skaliranje nagore, izabrao sam frekvenciju za najbolji odnos napred-nazad, gde je krivulja najšira. Ta frekvencija je za 12-elementnu antenu oko 418 MHz, za nekih 24 MHz nagore u odnosu na 432 MHz. Rezultantna antena je kraća od originala kao što prikazuje naredna tabela. Dimenzije uključuju povratak na prečnik elemenata od 4 mm i doterivanje dužine radijatora.

12-elementna DL6WU jagi antena za 432 MHz (skalirana za najbolji odnos napred-nazad)

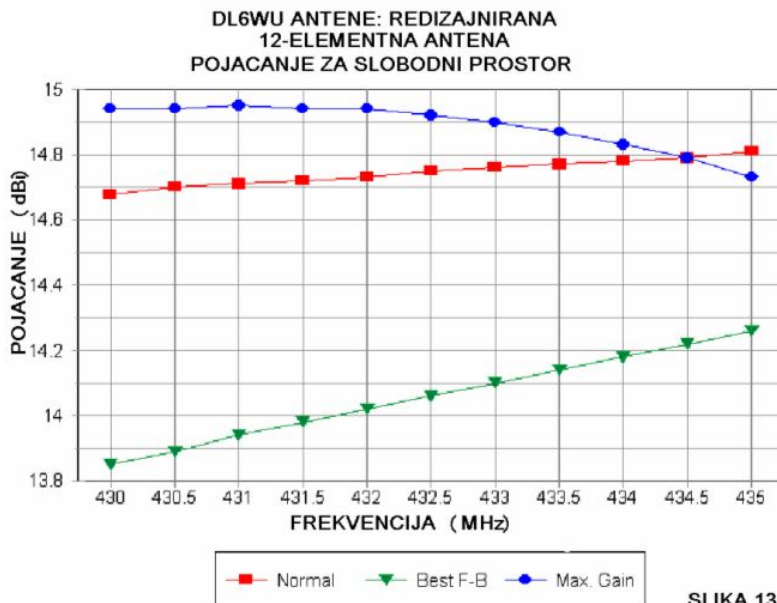
Element	Dužina elemenata		Kumulativno rastojanje		
	mm	Lambda	mm	lambda	
Reflektor	340.4	0.475	-	-	
Radijator	329.4	0.464	134.3	0.194	
1	299.4	0.421	184.6	0.266	
2	296.7	0.417	305.6	0.440	
3	292.9	0.412	449.9	0.648	
4	289.4	0.407	617.7	0.890	
5	286.3	0.403	805.8	1.161	
6	283.6	0.399	1007.2	1.451	
7	281.3	0.396	1218.7	1.756	
8	279.2	0.393	1440.4	2.076	
9	277.4	0.391	1672.0	2.409	
10	275.7	0.389	1913.7	2.758	12-Element

Napomena: Prečnik elemenata je 4 mm (0.1575"). Materijal: aluminijum.

Pitanje koje bi se sada moglo postaviti je: Šta smo postigli sa ovim??

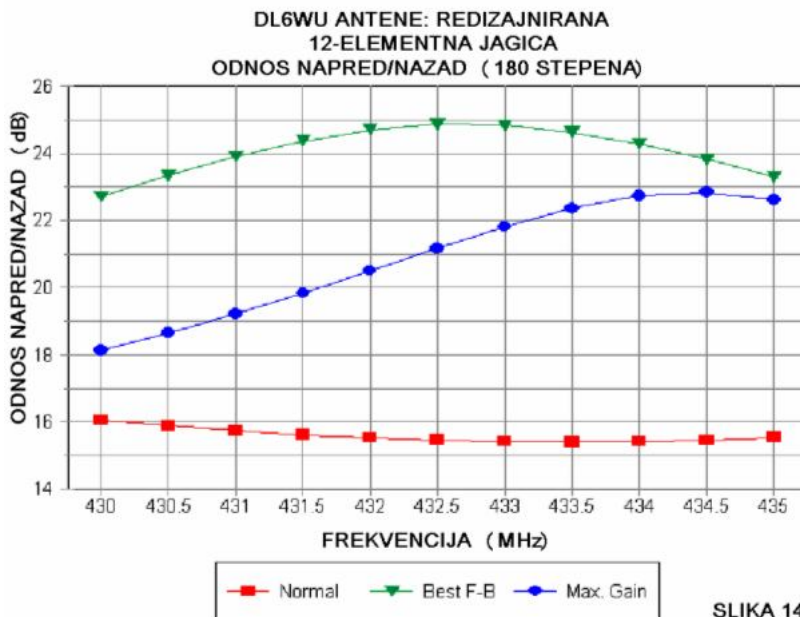


**Slika 12** prikazuje posledične SWR krivulje, korišćenjem polaznog raspona od 405 do 450 MHz kao granica. Na grafikonu je prikazana krivulja SWR za originalnu 12-elementnu antenu kao referentna krivulja. Krivulja visokog pojačanja rezultuje u sužavanju sveukupnog opsega SWR-a. Vrednosti na nižem opsegu nisu mnogo ispod vrednosti za originalni dizajn, ali gornji kraj banda prikazuje značajno sužavanje. Delovi krivulje na gornjem kraju koji su od ranije izvan opsega skeniranja, sada dolaze u vidokrug. Nakon velikog uspona i pada koji označava 460-megahercni deo originalnog aranžmana, krivulja se penje u potpuno neupotrebljivi opseg. Skaliranje nagore za doterivanje odnosa napred-nazad je mnogo benignije u svom uticaju na 50-omski SWR. Mada krivulje pokazuju SWR iznad 3:1 na 405 MHz, on je ispod 2:1 na 420 MHz. Ustvari, protezanje minimuma SWR-a u granicama krivulje je šire od originalne krivulje za 2 MHz (18 na prema 16 MHz), indicirajući da bi sveukupna krivulja mogla da bude šira. Krajnja širina će, međutim, zavistiti do izvesnog stepena, od SWR-a koji bi smo bili voljni da prihvatimo na 432 MHz, pošto doteramo radijator za najniži mogući SWR na toj frekvenciji.



SLIKA 13

Slika 13 prikazuje posledice našeg redizajna na antenskom pojačanju između 430 i 435 MHz. Krivulje su precizne što bi smo mogli očekivati pre nego što smo preduzeli redimenzionisanje. Krivulja performansi za najbolji odnos napred-nazad je značajno niža od ostalih i ona je u usponu. Pojačanje za slobodni prostor je oko 14.02 dBi na 432 MHz, za uporedjenje sa 14.73 dBi koliko je postignuto za originalnu verziju. Maksimalno pojačanje antene je pomaknuto na 431 MHz, radije nego na 432 MHz. Za 12-elementnu antenu, maksimalno pojačanje se javlja pri odnosu napred-nazad na 180°, ispod 20 dB. Žrtvovanjem neznatnih 0.01 dB pojačanja, dobili smo dodatnih 2 dB u odnosu napred-nazad.



SLIKA 14

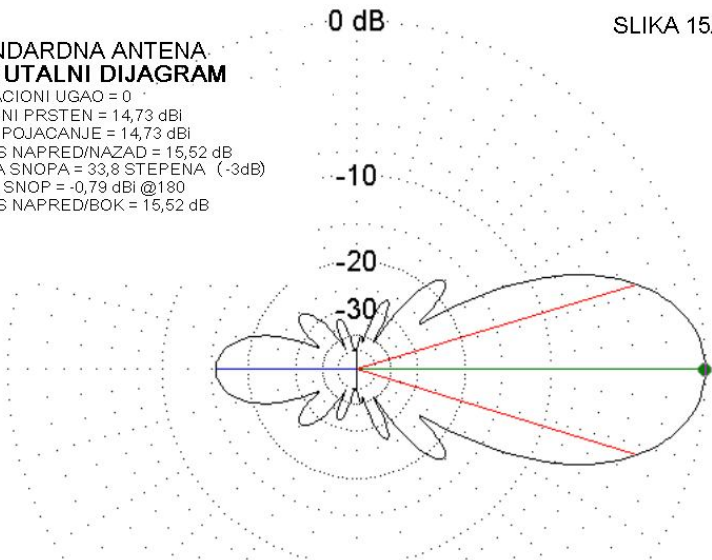
Dijagram odnosa napred-nazad na 180 stepena nat je slici 14. Normalna, neskalinana verzija antene otkriva koliko je blizu bio minimum odnosa napred-nazad. Verzija sa visokim pojačanjem pokazuje rapidnu promenu odnosa napred-nazad u regionu visokog pojačanja za 12-elementnu antenu. Mnogo stabilnija je krivulja za verziju sa najboljim odnosom napred –nazad, uprkos žrtvovanja pojačanja neophodnog za postizanje toga. Dijagram koji smo dobili za ovu antenu takodje može da nas pouči što-šta, a prikazuje se na slici 15.

### STANDARDNA ANTENA AZIMUTALNI DIJAGRAM

ELEVACIONI UGAO = 0°  
SPOLJNI PRSTEN = 14,73 dBi  
MAKS. POJACANJE = 14,73 dBi  
ODNOS NAPRED/NAZAD = 15,52 dB  
SIRINA SNOPA = 33,8 STEPENA (-3dB)  
BOCNI SNOP = -0,79 dBi @180°  
ODNOS NAPRED/BOK = 15,52 dB

0 dB

SLIKA 15A

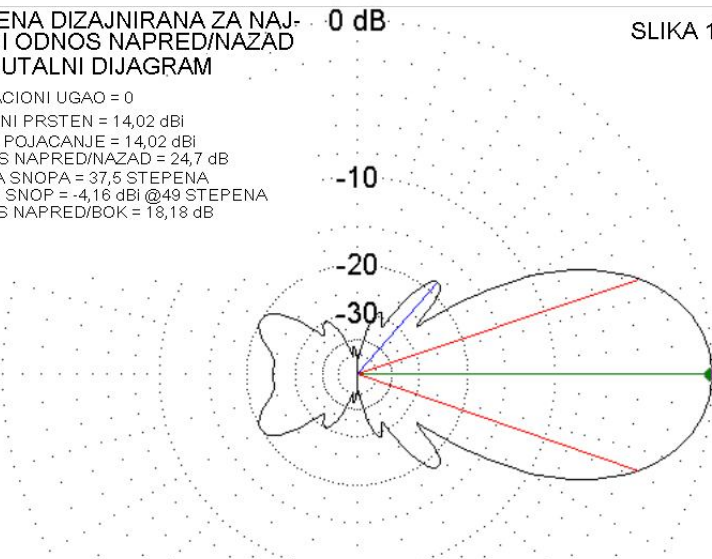


### ANTENA DIZAJNIRANA ZA NAJ- BOLJI ODNOS NAPRED/NAZAD AZIMUTALNI DIJAGRAM

ELEVACIONI UGAO = 0°  
SPOLJNI PRSTEN = 14,02 dBi  
MAKS. POJACANJE = 14,02 dBi  
ODNOS NAPRED/NAZAD = 24,7 dB  
SIRINA SNOPA = 37,5 STEPENA  
BOCNI SNOP = -4,16 dBi @49 STEPENA  
ODNOS NAPRED/BOK = 18,18 dB

0 dB

SLIKA 15B

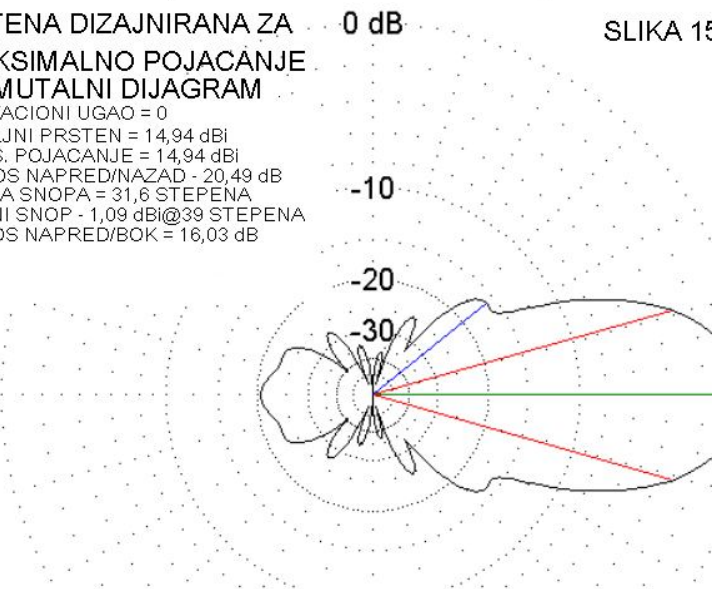


### ANTENA DIZAJNIRANA ZA MAKSIMALNO POJACANJE AZIMUTALNI DIJAGRAM

ELEVACIONI UGAO = 0°  
SPOLJNI PRSTEN = 14,94 dBi  
MAKS. POJACANJE = 14,94 dBi  
ODNOS NAPRED/NAZAD = 20,49 dB  
SIRINA SNOPA = 31,6 STEPENA  
BOCNI SNOP = -1,09 dBi @39 STEPENA  
ODNOS NAPRED/BOK = 16,03 dB

0 dB

SLIKA 15C



Dijagram za originalnu antenu je na vrhu, sa slikom pripadajućih performansi koje su sada sasvim familijarne. Pošto je odnos napred-nazad loš, odnos napred-bok nije ni dat, ali se zadržava na oko 17.71 dB. Usput, horizontalni snop za -3 dB je širok 33.8 stepena.

Verzija sa najboljim performansama odnosa napred-nazad pokazuje nešto niže pojačanje, kao što se očekuje iz grafikona, zajedno sa odnosom napred-nazad za najgori slučaj koji je ispod 20 dB (nasuprot višoj vrednosti za napred-nazad na 180 stepena). Na neki način možemo smatrati performanse antene u ovom aranžmanu pitomijim,

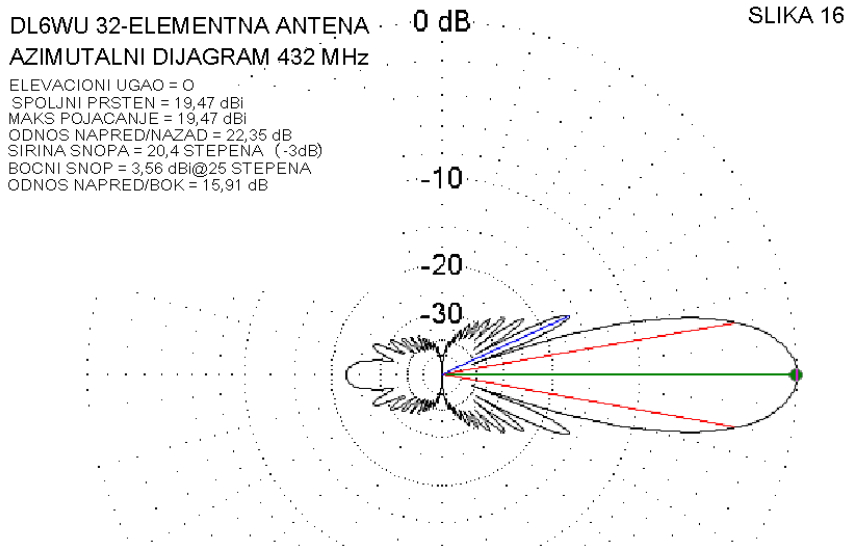
pošto je struktura bočnih snopova jednostavnija ili slabije razvijena od normalne antene. Odnos napred-bok je 18.18 dB, što je sitno poboljšanje. Takođe, horizontalni snop je širok 37.5 stepena. Povećana širina snopa nije samo funkcija smanjenog pojačanja, već i redukovane strukture bočnih snopova.

Verzija sa visokim pojačanjem ilustruje delimično povećane strukture bočnog snopa na širinu snopa za -3 dB. Primarni ili glavni snopovi nisu samo jači nego u ostale dve verzije antene (-16,03 dB), već i širi – dovoljno da se spoje sa glavnim snopom. U nekim dizajnima, bočni snopovi su dovoljno široki da kreiraju “ispupčenja” u glavnom snopu, ponekad dovoljno da dobije oblik projektila. Posledica jakih i širokih bočnih snopova ili “ispupčenja” je generalno u sužavanju širine glavnog snopa; u ovom slučaju na 31.6 stepena. Dodatno pojačanje (0.2 dB) je nedovoljno da se računa za dodatno sužavanje snopa od njegove originalne vrednosti (2.2°).

Greška najjednostavnijih formula u preciznom izračunavanju širine snopa kod mnogo antena ima korena delimično iz činjenice da ne uzimaju u obzir efekte prednjih bočnih snopova na širinu snopa. Što je veće gušenje prednjih bočnih snopova, to je veća širina snopa za pola snage – sve do izvesnih granica, naravno. U istraživačkim dizajnima sa bočnim snopovima u opsegu od -12 dB do -30 dB, ova relacija važi.

### Šta je sa 32-elementnom antenom?

Svrha ovih napomena bila je da istakne procenu širokopojasnih karakteristika familije DL6WU antena na dugim bumovima. Druga svrha je bila da pokaže fleksibilnost da široko-pojasni dizajn nudi kreiranje radnih karakteristika. U iznetim primerima pojačanje nije narušeno. Međutim, ne preporučujemo bilo kakvu izmenu od onih koje su već učinjene na anteni. Umesto toga, cilj nam je bio da ilustrujemo i razumemo kako se široko-pojasne performanse mogu upotrebiti na više načina. Ne postoji antena dizajnirana da pokrije ceo band sa dobrim performansama. Ipak, izvesna radoznalost je glavni razlog da pogledamo i najdužu verziju, 32-elementnu DL6WU antenu. Ona je duga oko 11 talasnih dužina, tj. oko 24,6'. Ostatak priče pokazuje **slika 16**.



Pojačanje za slobodni prostor iznosi 19.47 dBi, što je kombinovano sa odnosom napred-nazad na 180° (najgori slučaj) od 22.35 dB. Duža antena pokazuje pojačani razvoj bočnih snopova. Naravno, ako ova antena ima mana, onda mane leže u odnosu napred-bok koji iznosi samo 15.91 dB.

Uprkos ovim performansama, podsetimo se da, što je antena duža, to je veća razlika između pojačanja na željenoj frekvenciji i maksimalnog pojačanja. Za ovu verziju iz familije DL6WU, maksimalno pojačanje je oko 19.91 dBi, skoro pola dB više, sa poboljšanim odnosom napred-nazad. Neću špekulisati sa idejama da li su ova poboljšanja vredna da se i na ovoj anteni proveriti fleksibilnost koju je deklarirao DL6WU sa svojim long bum dizajnom.

Updated 11-02-2001, 07-27-2004. © L. B. Cebik, W4RNL. Data may be used for personal purposes, but may not be reproduced for publication in print or any other medium without permission of the author.

Članak je preveden uz pismenu saglasnost autora.  
Preveo: Slobodan Bukvić, YU7XL, decembar 2004.