

## JEDNOSTAVNE VHF/UHF YAGI ANTENE



Slika 1

U prošleme broju prikazali smo gradnju jednostavne vertikalne VHF/UHF antene koja nam može poslužiti za bliske tropo veze. Međutim, želimo li uspostaviti vezu na većim udaljenostima biti će nam potrebne antene sa većim pojačanjem.

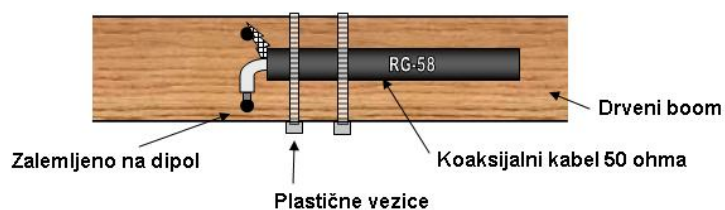
Antene koje se koriste za takve prigode su naširoko poznate i prihvaćene yagi usmjerene antene. Yagi antene osim pojačanja signala kako na prijemu tako i na predaji imaju karakteristiku usmjerenog zračenja. Na tržištu možemo naći yagi antene različitih proizvođača sličnih karakteristika kojima su cijene primjerene pojačanju i mehaničkoj izvedbi pojedinačne antene. Drugi, jeftiniji način kojim možemo doći do kvalitetnih yagi antena je samogradnja istih.

Na internetu se danas mogu pronaći razni nacrti yagi antena, kako jednostavne tako i složenije gradnje koje zahtjevaju uporabu određenih alata koji nisu pristupačni svim hobistima. Slične gradnje bile su u nekoliko navrata dostupne i u raznim radioamaterskim časopisima kako stranim tako i našim. Jednu od najjednostavnijih a zasigurno i najjeftinijih gradnji opisao je WA5VJB (Kent Britain) u američkom CQ VHF magazinu u serijalu o "*Stvarno jeftinim yagicama*". Čitajući određene članke i reagiranja HAM auditorija došao sam do zaključka da su "jeftine yagice" jako popularne na Američkom kontinentu. Sa druge strane, u Europi iste te yagice nisu toliko razvikane i popularne. Sumnju u kvalitetu i ponovljivost gradnje odagnala mi je činjenica da je Kent poznati radioamater sa visokom reputacijom u

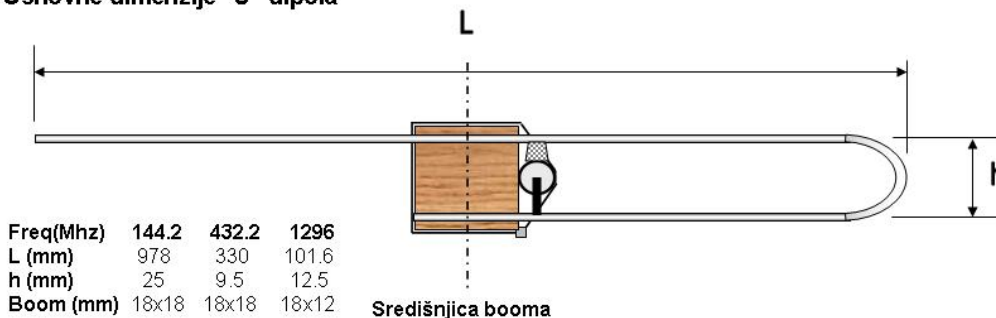
HAM krugovima koji se bave amaterskim konstrukcijama na "gigahercnim područjima". Također treba napomenuti da takvu reputaciju u ostaku svijeta njegove antene imaju poglavito zbog korištenja Imperijalnih mjera koje su dosta nepraktične pogotovo za UHF i SHF područja rada. U privatnoj dopisci elektronskom poštom Kent se osobno interesirao za popularne dijemetre elemenata koje koristimo u Europi te je obećao da će u budućnosti prilagoditi svoje gradnje tim mjerama.

Od svih prikazanih gradnji izdvojio sam nekoliko izvedbi za područja rada koja bi bila zanimljiva potencijalnim graditeljima. Skoro sve gradnje prikazane u tekstu koji slijedi u praksi su provjerene i testirane u radu kroz duži vremenski period. Ono po čemu su ove yagice stvarno posebne je cijena kojom se ne mogu usporediti ostale gradnje. Korišten je lako pribavljiv materijal kako za boom tako i za elemente antene. Antene se napajaju direktno sa koaksijalnim kabelom bez ikakvih prilagodnih dionica i baluna. Impedancija napajanja antene je 50 ohma u čiju svrhu koristimo već dobro poznate koaksialne kablove (RG-58, 213, 214, 223...). Ono što u bitnome razlikuje konstrukciju ove yagi antene od svih ostalih gradnji je upravo napajanje i konstrukcija zračećeg, nazovimo to dipol elementa. Zračeći element je isti za sve verzije "jeftine yagice", naravno uz promijenjene fizičke dimenzije ovisno o frekvenciji rada. On se temelji na osnovama zatvorenog dipola sa razlikom da se u ovome slučaju koristi samo jedna polovica tvoreći pri tome zračeći element "J" oblika. Tako oblikovani zračeći element napaja se u sredini dužeg dijela i na kraju kraćeg dijela "J" dipola kao što možemo

#### Spajanje koaksijalnog kabela na dipol



#### Osnovne dimenzije "J" dipola



Slika 2

vidjeti i na slici 2. Oplet koaksijalnog kabela spaja se na sredinu dipola dok se sredina (živi kraj) spaja sa krajem kraće dionice dipola. Tim načinom dobili smo nesimetrično napajan zračeci element čija se impedancija u slobodnom okruženju kreće oko 150 ohma. Transformacija impedancije na za nas prihvatljivih 50 ohma vrši se upravo blizinom direktora i reflektora sa činjenicom da se na određenim udaljenostima impedancija tako napajanog dipola smanjuje na traženih 50 ohma. Dakle, bit same transformacije impedancije leži u konstrukciji same antene. Da bi "pojednostavio" i zorno pojasnio princip rada takvog "J" dipola autor na njega gleda kao na dipol sa *Gama matchem* sa kondenzatorom vrlo velikog kapaciteta koji se nalazi negdje daleko na kraju donjeg dijela dipola. Zvuči zbunjujuće ali se u praksi ovakav pristup izradi dipola pokazao točan.

Dipol i svi ostali elementi se jednostavno bez ikakvih izolatora i posebnih mehaničkih riješenja montiraju na boom, točnije rečeno kroz sam boom antene. Kompletan materijal korišten za izradu antene je nadasve jeftin i lako pribavljiv te je jednak za sve verzije. Većinu materijala vjerovatno ćemo pronaći u svakoj HAM radionici. Od alata potrebnog za izradu ovih antena izdvojiti ću pilu za drvo/željezo, ručna bušilica 3mm, kombinirana električarska kliješta, metar te naravno lemilica. No krenimo redom:

### **Boom antene**

Za izradu "jeftinih yagica" koristićemo boom od izolacijskog materijala kroz koji će biti provučeni svi elementi. Kao jednostavno riješenje nudi se drvo kao izolator. Pri odabiru drva moramo paziti da je drvo suho i bez čvorova što će nam omogućiti lakšu obradu i bušenje. Drveni boom se nakon završetka gradnje mora dobro zaštititi premazima za drvo kako bi nam takva antena odolijevala atmosferskim utjecajima, najviše kiši. Dva premaza *drvocita* i kasnije dva premaza laka ili boje za drvo odlična su i postojana zaštita. Preporučujem uporabu drvenih letvica nad okruglim boomom upravo radi lakšeg bušenja i pozicioniranja te montaže elemenata. Zasigurno mnogi od vas već razmišljaju kako drvo zamijeniti sa plastičnim materijalima koji su danas dostupni te tako riješiti problem zaštite bojom. U konkretnom slučaju plastične PTNC cijevi koje se koriste za električne instalacije nisu se pokazale kao dobro dugoročno riješenje. Četvero-elementna yagica za 144 Mhz bila je sagrađena upravo PTNC cijevima te elementi montirani odgovarajućim plastičnim odstožnicima od istog materijala. Nakon što je antena provela 3 ljetna mjeseca na stupu, nakon skidanja, antena se jednostavno raspala. Plastika je uslijed djelovanja kiše i sunca postala krhka, kao staklo, te je antena postala neupotrebljiva. Kao možda kvalitetnije riješenje nudi se uporaba plastičnih (zelenih) vodoinstalacionih cijevi koje će za kraće antene odgovarati svrsi, dok se kod dužih

boomova može primjetiti savijanje na višoj temperaturi i suncu. Također bih naveo da proizvođač u karakteristikama navodi kako cijevi nisu otporne na UV zračenje bez obzira što se kod mene koriste već duže vremensko razdoblje bez značajnijih tehničkih nedostataka. Vjerovatno će se u amaterskoj "furdi" naći još praktičnih rješenja koja se mogu koristiti uz jedini uvjet a to je dobro izolaciono svojstvo i dimenzije koje odgovaraju određenim frekventnom području. Pri tome mislim na presjek booma koji mora biti u granicama i to za područja rada od 145 i 435 MHz maksimalni kvadratni presjek 18x18 mm ili okrugli maksimalno 20 mm, te za 1296 MHz maksimalni pravokutni presjek od 18x12 mm. Prikazati ću gradnju yagice i za 23cm područje u kojoj će biti obuhvaćene i mjere za ATV verziju kojom možemo uz jednostavnu prepravku analognog satelitskog prijemnika pratiti naše prve ATV prijenose. Ne preporučuje se upotreba boomova sa većim presjekom od navedenog jer će se time narušiti rezonantna frekvencija same antene što se može automatski odraziti na loše konačne karakteristike antene.

### **Dipol, reflektor i direktori**

Za sve elemente yagice koristio sam aluminijske, bakrene i mesingane šipke promjera 3 mm. U jednome slučaju, kao skuplja varijanta ali tada jedino dostupna, korištene su inox elektrode za zavarivanje promjera također 3 mm i to za yagicu za područje rada od 900 MHz koju možemo vidjeti na slici 1. Aluminijske šipke 3 mm mogu biti zamijenjene sa aluminijskim žicama dobivenim raspletanjem starih energetske kablova. Njihov dijametar je 3,2 mm što neće promijeniti karakteristike samih antena, naprotiv, u originalnoj verziji koriste se izmjere od 1/8 inča što upravo odgovara jeftinoj energetske žici. Mesingane 3 mm elektrode za zavarivanje skuplje su rješenje te se one preporučuju samo za izradu dipola kod 435 i 1296 MHz verzije yagice. Naravno i u ovome slučaju je moguće zamijeniti skupe mesingane elektrode sa običnom bakrenom žicom istog dijametra. Bakrena lakom izolirana žica je odlično rješenje protiv zaštite oksidacije bakra. Ne preporučuje se korištenje bakrenih vodiča izoliranih PVC izolacijom. Pri izradi se mora posvetiti velika pažnja izmjerama koje se moraju pogotovo poštivati kod 435 i 1296 MHz verzije yagice. Svi dipoli su istoga već prije navedeno "J" oblika te se razlikuju samo u dimenzijama ovisno o frekventnom području na kojemu se koriste.

Dipol yagice za 144 MHz biti će nepraktično izraditi od mesingane žice zbog svojih dimenzija, bakrena žica se pokazala kao mekana i sklona deformiranju. Aluminijska žica se pokazala kao odlično rješenje, lagana i kruta. Kao što je već prije navedeno, a što se vidi i na slici 2. koaksijalni kabel se direktno spaja (lemi) na dipol što kod aluminija može predstavljati

problem. Problemu se doskočilo na taj način da se nakon oblikovanja žice u J oblik na nju navuku dvije stezaljke od mesingane legure koje dobijemo kada rastavimo dobro poznate "luster" stezaljke. Dakle potrebne su nam dvije i to unutrašnjeg promjera koji odgovara debljini žice od kojeg je savijen dipol. Tako pripremljen dipol se provuče kroz boom antene te se stezaljke stegnu vijcima što bliže samome boomu. Na tako pripremljen dipol jednostavno se zalemi 50 omski koaksijalni kabel direktno za mesingane stezaljke koje nam nisu potrebne kod 435 i 1296 MHz verzije antene kod kojih se koaksijalni kabel direktno lemi na mesingani ili bakreni dipol.

Svi elementi se montiraju tako da se provuku kroz boom te se sredina elemenata poklapa sa središnjicom booma. Na isti se način montira i dipol sa jednom razlikom a to je da ako pažljivo pogledate sliku 2. donji dio J dipola duži od polovice gornjeg dijela za polovicu debljine booma. Tih par milimetara dužine dipola ne narušava električke karakteristike antene ali nam sa druge strane uvelike povećava mehaničku stabilnost dipola i olakšava njegovu montažu kroz boom. Koaksijalni kabel se nakon lemljenja pričvrsti za boom sa par plastičnih vezica kako bi dodatno poboljšali kvalitetu spoja.

Sada kad smo razjasnili sve moguće nedoumice oko materija potrebnog za izradu te načina izrade i montaže možemo krenuti sa izmjerama i gradnjom naše prve "jeftine yagice". Logički, krećemo sa najjednostavnijom yagicom za područje rada od 144 MHz.

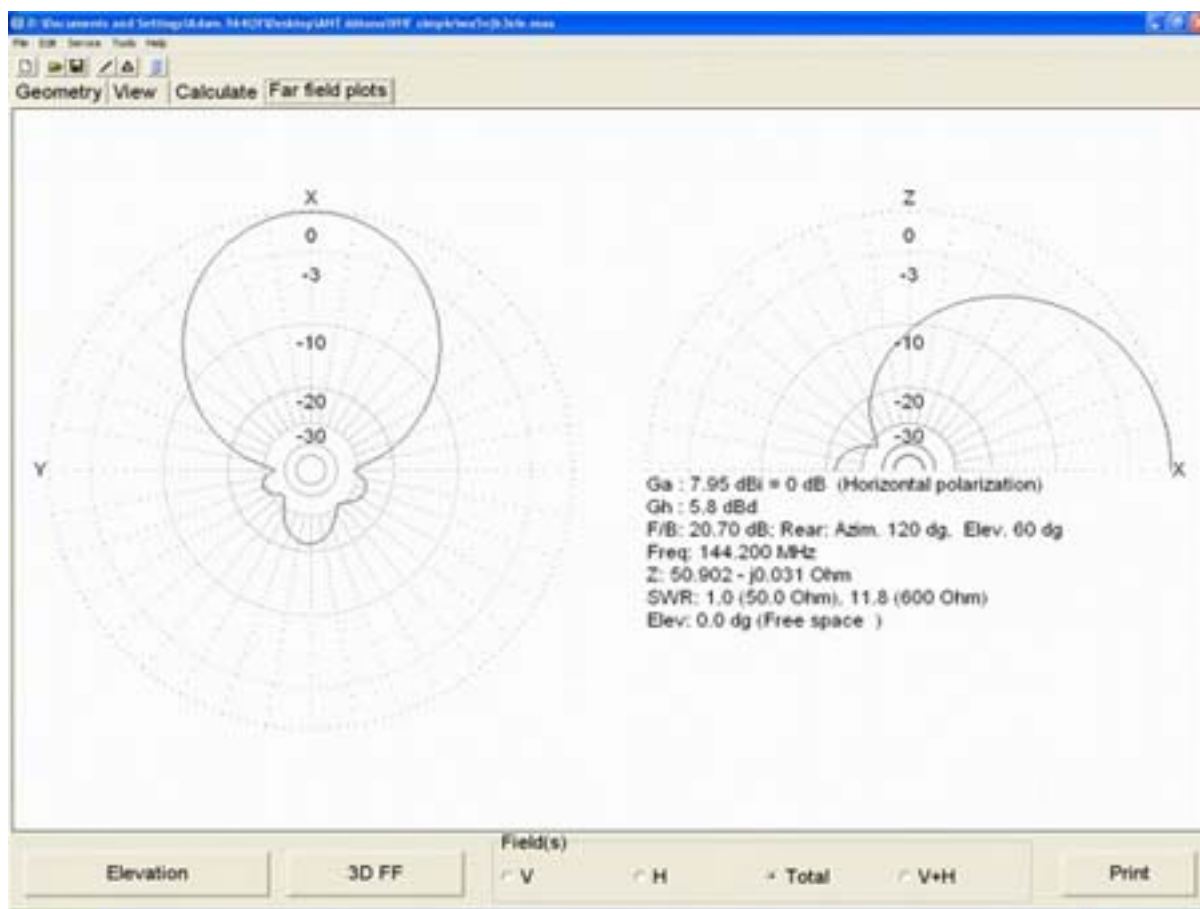
## **2 metarska jednostavna yagi antena**

Kako je već ranije navedeno, za ovu verziju koristio sam aluminijsku žicu za sve elemente uključujući i sam dipol antene. Sve potrebne dimenzije u milimetrima možete vidjeti u tablici 1. Udaljenost elemenata se računa od reflektora koji je u ovome slučaju početni element. Dimenzije se odnose na yagicu koja će najbolje raditi na frekvenciji od 144.2 MHz, dakle proračunata je za CW/SSB dio područja. Antena se uz nešto veći SWR može koristiti i za rad na FM dijelu područja, a želite li poglavito koristiti antenu samo na tom području jednostavno sve elemente antene skratite za 6 mm. Izgled i dimenzije dipola možete vidjeti na slici 2. Dužina dipola za ovu verziju je 978 mm, a njegova visina 25 mm.

Dijagram zračenja 3-elementne verzije (Slika 3.) je čist i bez nepotrebnih bočnih latica. Pažljivim pogledom može se uočiti nesimetrična i pomalo izobličena pozadinska latica uzrokovana nesimetričnom izvedbom dipola. Takav nedostatak u praksi nije pokazao nikakva negativna djelovanja. Pojačanje antena je ovisno o broju korištenih elemenata te o dužini antene te se ono kreće od 5,8 dB za 3 elementnu, 6,8 dB za 4 elementnu te 8,8 dB za 6 elementnu verziju antene.

Tablica 1.

Br.oj elemenata		Ref	Dipol	Dir 1	Dir 2	Dir 3	Dir 4
3	Dužina	1048	978	946			
	Udaljenost	0	216	508			
4	Dužina	1048	978	959	845		
	Udaljenost	0	216	489	1029		
6	Dužina	1035	978	959	933	933	838
	Udaljenost	0	191	419	864	1321	1778



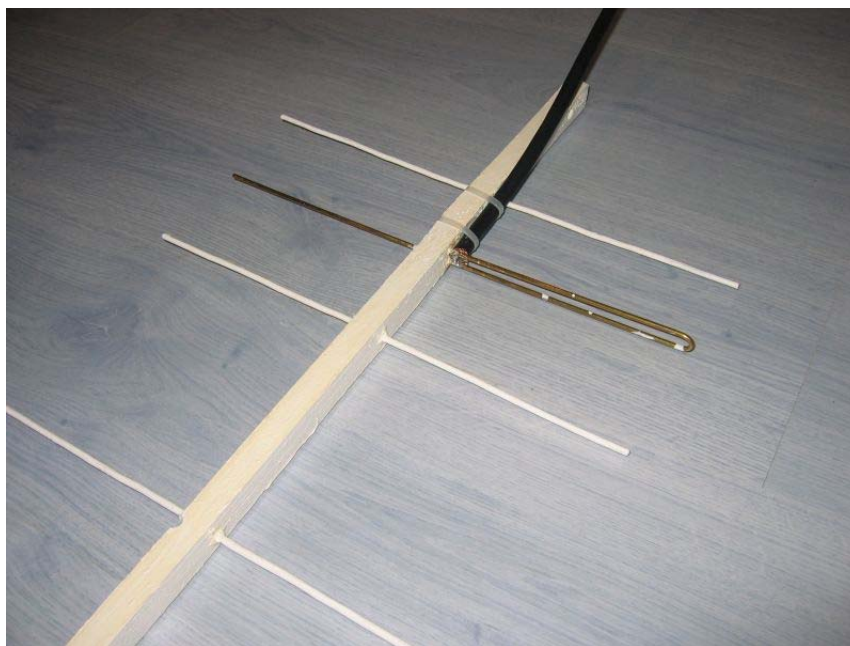
Slika 3

### 70 centimetarska jednostavna yagi antena

Kako se ubrajamo u države čije se korištenje 70 cm područja rada proteže na cijelih 10 MHz ( od 430 MHz do 440 MHz) bilo bi zanimljivo jednostavnom yagicom pokriti i to područje rada. Kako je ipak 10 MHz preširoko područje i predstavlja lagani problem u izvedbi antene koja će se jednako ponašati svugdje, pažnju sam usredotočio na frekvenciju od 432,2 MHz. Dakle, još jednom dimenzije antene su prilagođene CW/SSB dijelu područja rada,

međutim antena će se odlično ponašati i na FM simplex području te također i FM repetitorskom području upravo zbog zgodne činjenice da se FM simplex i ulazna repetitorska područja frekventno nalaze samo 1 MHz niže. Za sve one koje zanimaju satelitske ili ATV frekvencije na području od 70 cm predlažem korištenje internet stranica na kojima su predstavljene i jeftine jagice koje pokrivaju frekvenciju rada od 435 MHz. Oprez treba posebno posvetiti tome da su objavljene mjere u Imperijalnim jedinicama, te se u razgovoru sa autorom (WA5VJB) došlo do spoznaje da su na nekoliko web stranica počinjene iste pogreške u kojima se kod 8 elementne verzije yagice u jednom dijelu direktora spominje 11 umjesto 12 inča. Logičkim slijedom skaliranja dimenzija jednostavno ćete zaključiti gdje se nalazi pogreška. Na istim web stranicama mogu se pronaći i ostale mjere koje obuhvaćaju i kraće izvedbe antene. Ja ću se u ovome tekstu zadržati samo na najdužoj 11 elementnoj verziji za 432,2 MHz koja nam daje poćanje od 11,6 dB.

Kao i do sada, za elemente sam koristio aluminijsku žicu, dok se za dipol koristila mesingana elektroda za zavarivanje. Dužina dipola iznosi 330 mm te njegova visina 9,5 mm što je vidljivo i na slici 2. Sve ostale dimenzije vidljive su u tablici 2.



Slika 4

Na slici 4. vidi se detalj spajanja koaksijalnog kabela na dipol. Spoj lemljenjem mora biti što kvalitetniji te izvodi kabela moraju biti što kraći. Kako su na ovome području gubici u kablovima dosta bitni preporučuje se korištenje kvalitetnijih te se kao minimum preporučuje RG-213. Takav se kabel dodatno učvrsti plastićnim vezicama čime se sprijećava mehanićko

odvajanje kabela prilikom rada i transporta antene. Cijela antena je zaštićena bojom za drvo, najbolje svijetlosivom, a spoj dipola i koaksijalnog kabela je presvučen tankim slojem plastičnog ljepljiva. Kako su antene na ovome području dosta kratke, odlučeno je da se prihvat antene na stup smjesti na sam kraj, iza reflektora, čime smo osigurali čist dijagrama zračenja i smanjili utjecaj metalnog stupa na isti. Shodno načinu rada koji preferirate na boomu se pripreme provrta za montažu ovisno o horizontalnoj ili vertikalnoj polarizaciji.

Tablica 2.

	Ref	Dipol	Dir 1	Dir 2	Dir 3	Dir 4	Dir 5	Dir 6	Dir 7	Dir 8	Dir 9
<b>Dužina</b>	343	330	318	305	305	305	305	305	298	298	280
<b>Udaljenost</b>	0	63	140	286	445	610	781	965	1156	1346	1511

### 23 centimetarska jednostavna yagi antena

Sada se nalazimo na području rada gdje je preciznost izrade jako bitan faktor te o njemu izravno ovisi da li i kako će nam antena raditi, stoga ćemo za izradu ove jeftine yagice meter zamjeniti pomičnim mjerilom. Sve dimenzije u milimetrima vidljive u tablici 3. odnose se na 10 elementnu jeftinu yagi antenu za frekvenciju rada od 1296 MHz. Svi elementi osim dipola izrađeni su od aluminijske žice tako da su odrezani na približnu i onda turpijom dovedeni na točnu vrijednost. Sam dipol je izrađen od bakrene žice koja će nam u ovome slučaju uvelike olakšati mehaničku izvedbu i obradu dipola. Njegove dimenzije vidljive su na slici 2. a iznose: dužina 101,6 mm te visina 12,5 mm.

Korištenje koaksijalnog kabela u ovom slučaju je dosta specifično, naime preporučuje se upotreba polutvrđog kabela malih dimenzija koji se jednostavno zalemi na dipol. Na drugome kraju toga komadića kabela (poznati kao *Pigtail*) nalazi se odgovarajući konektor na koji se spaja dovodni koaksijalni kabel koji obavezno mora biti veće kvalitete. Nedostatak polutvrđog kabela je taj da se teže nalazi na tržištu. Dosta praktični za upotrebu, teflonski koaksijalni kablovi jednostavno se leme za dipol, ali im je negativna osobina ta da imaju dosta velike gubitke koji mogu biti itekako bitni na ovim frekvencijama. Koristimo li takve kablove, *Pigtail* mora biti što kraći. Većini će vjerovatno biti najdostupniji RG-213 pri čijem se spajanju posebno mora posvetiti pozornost dužini izvoda koji ne bi trebali biti duži od 2 mm. Kako većina operatora koji rade na 23 centimetarskom području koriste puno veće i kvalitetnije antene, najčešće tipa *Tonna*, njima ova antena neće kao takva biti interesantna i od koristi. Međutim, takva antena predstavlja odlično rješenje i kompromis svima onima koji se



žele upustiti u ATV područje rada na 23 cm. ATV verzija jeftine yagice za 1260 MHz uz jednostavno modificirani satelitski TV prijemnik mogu biti vaši prvi koraci u prijemu ATV signala. Naravno, ista se takva yagica može koristiti i za odašiljanje. Da bi se SWR doveo na prihvatljive vrijednosti ATV yagicu za 1260 MHz ćemo izraditi tako da ćemo sve mjere navedene u tablici 3. uvećati za 2,5 mm. Pojačanje tako izvedene 10 elementne yagice iznositi će 11,3 dB uz odnos naprijed/nazad od najmanje 20 dB. Počanje verzije za 1296 MHz je isto, uz nešto veći odnos naprijed/nazad koji iznosi najmanje 30 dB. Kod ove antene kao imperativ se postavlja montaža na stup pri kraju booma antene (isto kao kod 70 cm verzije) što neće biti teško izvedivo upravo zbog male dužine iste.

Tablica 3.

	Ref	Dipol	Dir 1	Dir 2	Dir 3	Dir 4	Dir 5	Dir 6	Dir 7	Dir 8
<b>Dužina</b>	109,2	101,6	99	96,5	95,2	95,2	92,7	91,4	91,4	88,9
<b>Udaljenost</b>	0	43,2	71,1	101,6	160	221	309,9	396,2	490,2	584,2

### **Idemo dalje ...**

Sada će korisnici Wi-Fi opreme i umrežavanja pomisliti, sada je red na nas i područje rada od 2400 MHz, no tu prestaje serija o jeftinim yagicama te se prelazi na korištenje drukčijih jeftinih rješenja o čemu možda u nekom narednom članku. Naravno mjesta eksperimentiranju jeftinim yagicama na 13 cm području ima, zato samo naprijed!

Šta reći o dobivenim rezultatima, izrađene yagice već su duže vrijeme u radu pokazale dobre osobine. Antena sa slike 1. je verzija antene za područje rada od 900 MHz i koristi se već 3 godine za analognu telefonsku mrežu i spaja se na Talijanski link na otoku Lampedusa sa 200 km udaljene lokacije u Libijskom teritorijalnom moru. Nakon instaliranja profesionalne antene istih dimenzija nije primjećena nikakva razlika u kvaliteti i jakosti signala. 70 cm verzija antene sa slike 4. se uspješno koristi za tropo veze (FM), te se u nekoliko navrata koristila za rad preko satelita sa dobrim uspjehom, te se koristila u prijemu SSETI dok je sistem bio operativan. S 4 elementnom 2 metarskom verzijom u nekoliko navrata su održane veze sa Njemačkim stanicama na udaljenostima od 600 km koristeći pri tome samo 50 W izlazne snage.

Predstavljene antene zasigurno ne mogu konkurirati svojom kvalitetom i pojačanjem profesionalnim antenama, ali je njihova cijena i jednostavnost izrade nedostižna. Jeftine yagice zaostajati će samo 0,5 do 1 dB u pojačanju od sličnih tvorničkih yagica koje je u praksi za svakodnevno korištenje gotovo nemjerljivo. Puno uspjeha u gradnji želim svim čitateljima.