MODIFIKACIJA ANTENE DJ9BV za 144 MHz

Némethy Ištván YU7EW

(decembar, 2002)

Prva verzija porodice Antena optimizirane od strane OM Rainer-a DJ9BV objavljena je u časopisu DUBUS 1/1990. Zahvaljujući OM Feri-u HA3GP i Pišti HG3HG, došao sam u posed 4 antene dužine booma 2.2 talasne dužine. Tom prilikom sam čuo i njihovo dotadašnje iskustvo rada sa tim antenama. U to vreme je kod nas vladala živa zainteresovanost za ove antene pa ni u kom slučaju ne mogu mimoići da ne spomenem tadašnje mišljenje OM Mome YU1EV koji je tvrdio da svako ko misli da može napraviti bolje antene od tih antena, nije ni svestan šta priča. Ova tvrdnja u velikoj meri stoji i danas, i ni u kom slučaju nije mi namera opovrgavanje te tvrdnje.

Pažljivim proučavanjem članka u DUBUS-u 1/1990 upoznajemo se sa osnovnim postavkama dizajniranja antene od strane DJ9BV. Osnovna namera je dizajniranje porodica antena tako da se duža antena definiše tako, da se na postojeću antenu ne menja ništa već se dodaju dodatni elementi (direktori) a kod pojedinih dužina „ispravka“ se postiže tako da se donekle menja tip reflektora. U kasnijim radovima OM Rainer DJ9BV je napustio ovaj princip. U samom članku nije naglašeno ali je analizom nepobitno potvrdjeno da se radi u to vreme uobičajenom postupku optimizacije antene za horizontalnu polarizaciju. No danas se već veoma dobro zna da se optimizacija mora drugačije izvesti ako se radi o vertikalnoj ili cirkularnoj polarizaciji.

Najveće pojačanje se postiže na sredini upotrebljenog opsega, analize ukazuju na to da se radi o srednjoj frekvenciji od oko 144.500 MHz ili možda samo nešto manje, opravdanost ovakvog izbora je danas u svakom slučaju diskutabilna pa možda i pogrešna.

Napajanje cele antene je izvedeno sa 50 Ohmskim kablom stim da se koristi savijeni dipol i baloon transformator. Po mišljenju mnogih a i OM Dragoslav-a YU1AW, ovo je zapravo najbolji način napajanja antene. Tek od nedavno se pojavljuju i druga mišljenja i rešenja predvodjeni sa DK7ZB u evropi i K1FO u americi koji su analizom došli do toga da se znatno bolji parametri postižu na nižim impendansama, što je u stvari tačno, ali je u suprotnosti sa osetljivošću same antene na okolne predmete. Antena sa većom impendansom je daleko manje osetljiva na okolinu (druge antene, noseće sajle, električni i drugi vodovi, oluci i sl.) i promenama u njemu nego antene sa manjom impendansom.

„Širokopojasnost antene“ i veoma malo uticaja na pogrešne mere pri izradi odnosno oštećenju pojedinih elemenata sve do odloma karakterišu i pretstavljaju najveću vrednost dizajna po DJ9BV i DL6WU. U ovom pogledu je stvarno postignut pun pogodak što je sama praksa i potvrdila. U širokim granicama tolerancije antena je reproduktibilna.

Postignuta je maksimalna dobit pri datoj dužini booma u poredjenju sa teorijski mogućim maksimumom (Istraživanja Ehrenberg & Pöck-a). Velika čistoća dijagrama zračenja u prostoru sa izrazitim potisnućem bočnih snopova i odnosa napred/nazad. Ovo je svakako rešeno u datim uslovima izuzetno dobro s obzirom da se radi o anteni „za ceo opseg“.

Nakon 12 godina se medjutim puno što šta promenilo, pre svega „običaji rada na opsegu od 144 MHz“. U tome se i krije uzrok neophodnosti modifikacije ove antene. Pre svega opseg je podeljen tako da se sa horizontalnom polarizacijom radi u ospegu 144.0 do 144.4 MHz. Dakle, imati antenu za ceo 2m opseg optimiziranu za horizontalnu polarizaciju je postalo suvišno. Dalja „analiza potrebe i primene antene“ pokazuje sledeće: na opsegu 144.000 - 144.150 se rade DX veze CW, MS i EME. 144.200 je centralna pozivna frekvencija za SSB MS veze, 144.300 je centralna pozivna frekvencija za SSB Tropo i Es dok je 144.370 centralna pozivna frekvencija za WSJT. To znači da je opseg od 144.0 do 144.4 prilično ravnomerno interesantan za veliki broj ljudi koji su zainteresovani za ovakav način (ozbilljnog) rada. Naravno ni u kom slučaju ne znači da se ova izvanredna antena ne može optimizirati i za druge namene o čemu će kasnije biti reči.

Podosta od toga se i pojavljuje u kasnijim radovima DJ9BV, ali se sve više daje naglasak za EME rad. U tim radovima se definiše optimalan broj elementa u odnosu na dužinu booma i širine opsega rada. U tim kasnijim optimizacijama se konačno odustaje od ideje uniformnosti porodica antena što je zapravo u suprotnosti sa maksimiziranjem performansi. Uvodi se novi kriterijum G/t (pojačanje/temperaturu sopstvenog šuma antene), definiše se optimalan broj elementa u odnosu na dužinu booma.

U ovoj prvoj generaciji antena od DJ9BV naglašeno je da se kod formiranja grupe antena javljaju optimalna rastojanja čije su mere iznete ali da je odstupanje u granicama 80 - 105% dozvoljeno. Brižljiva analiza, medjutim otkriva sledeće: na 80% medjusobnog odstojanja pojedinih jedinki, pored znatno veće mehaničke čvrstoće javlja se čistiji dijagram zračenja sa više potisnutim bočnim zračenjem a pojačanje neznatno opada. Kod sužavanja propusnog opsega antene ovaj efekat postaje izražajniji. Naravno i ova osobina se višestruko može posmatrati a u zavisnosti od toga šta nam je potrebno ona je dobra ili loša. Kod EME veza izuzetno mali gubitak pojačanja može imati za posledicu da u odredjenim uslovima sa odredjenom stanicom veza bude neuspešna a sa eleviranom antenom dijagram zračenja gubi od svoje važnosti. Nasuprot tome izuzetno čist dijagram zračenja ima posledicu da lakše i sa puno uživanja radimo u takmičenjima i u Es otvaranjima takoreći bez značajnije smetnje od onih koji nam nisu u smeru zračenja.

Veoma je bitno odrediti pravilno kriterijume i alate za analizu. Danas skoro svakom ko se time bavi na raspolaganju su programi i računari za analizu i optimizaciju antena na takoreći profesionalnom nivou. O tome OM Gyula HA8ET je objavio prilično dugačak članak u časopisu „Rádiotechnika“ od 9/1997 do 10/1999 u nastavcima. Dat je uporedan pregled različitih programa a čitaocu se prepušta odluka šta treba i u kom slučaju da koristi. Ovakvu odluku je veoma teško doneti bez dobrog poznavanja čitave problematike rada i upotrebe antene u odredjenim uslovima i za odredjene namere. No u medjuvremenu oni koji su autoritativni u ovoj oblasti ukazuju na odgovore na ta pitanja. To su W5UN, VE7BQH, K2GAL, SM5BSZ, SM2CEW i mnogi drugi.

Grupa DUBUS je prihvatila sledeće: najbliže se poklapaju merenja i dobijeni rezultati iz programa Yagi Analysis 3.54 od S.G.Software i po ovome je uradjena od strane OM Lionela-a VE7BQH uporedna tabela antena za opseg 144 MHz a kao kriterijum je uzet G/T (odnos dobiti prema sopstvenoj temperaturi šuma antene), koji ovaj program pruža a veoma malo odstupa od izmerenih vrednosti.

VE7BQH G/T chart
G/T SIMULATIONS OF A 4 BAY ARRAY OF YAGI ANTENNAS ON 2 METERS 144.1 MHz
Issue 40, January 3, 2001

TYPE OF ANTENNA	L (WL)	GAIN (dBd)	E (M)	H (M)	Ga (dBd)	Tlos (K)	Ta (K)	G/T .
W1JR 8 MOD	1.80	11.17	3.09	2.76	17.15	3.04	266.57	-4.96
DJ9BV 1.8	1.81	11.38	3.16	2.80	17.31	3.16	267.12	-4.81
BQH8A	1.87	11.63	3.27	2.96	17.64	6.77	262.35	-4.40
M2 9	2.12	12.08	3.34	3.04	18.08	8.77	254.38	-3.83
DJ9BV 2.1	*2.14*	*11.92*	*3.33*	*3.04*	*17.92*	*4.66*	*260.72*	*-4.10*
*OZ5HF 9	2.16	11.75	2.70	2.50	17.21	2.95	264.46	-4.87
OZ5HF 9	2.16	11.75	3.25	2.96	17.71	2.99	262.13	-4.33
F9FT 11	2.17	11.71	3.27	2.97	17.70	5.21	262.64	-4.35
*CC 13B2	2.17	11.83	2.90	2.79	17.67	4.40	256.63	-4.28
CC 13B2	2.17	11.83	3.33	3.04	17.83	4.46	263.15	-4.23
*CC 215WB	2.19	11.86	3.05	3.05	17.80	4.34	286.14	-4.62
CC 215WB	2.19	11.86	3.48	3.19	17.87	4.40	287.83	-4.58
Eagle 10	2.38	12.28	3.44	3.15	18.29	6.07	249.46	-3.54
DK7ZB 9	2.39	12.11	3.34	3.05	18.03	3.95	250.19	-3.81
*Flexa 224	2.49	11.90	3.50	3.30	18.01	8.29	264.66	-4.07
Flexa 224	2.48	11.90	3.30	3.31	17.87	8.32	257.77	-4.10
K5GW 10	2.49	12.57	3.45	3.16	18.53	5.72	241.20	-3.15
#K5GW 10	2.49	12.57	3.30	3.30	18.58	5.76	242.35	-3.12
K1FO 12	2.53	12.49	3.46	3.18	18.44	3.51	245.43	-3.31

I0JXX 12	2.68	12.69	3.59	3.32	18.68	4.45	247.49	-3.11
BQH12J	2.80	12.82	3.66	3.40	18.85	3.09	252.88	-3.03
#BQH12J	2.80	12.82	3.53	3.53	18.88	3.06	252.93	-3.06
*M2 12	2.84	12.79	3.05	3.05	18.59	5.19	237.40	-3.02
M2 12	2.84	12.79	3.48	3.21	18.71	5.15	237.98	-2.91
DK7ZB 10	2.87	13.15	3.78	3.52	19.15	5.99	251.35	-2.71
WB9UWA 12	2.90	12.82	3.45	3.17	18.73	6.93	227.71	-2.70
BQH 13	2.92	13.09	3.69	3.44	19.07	3.92	241.77	-2.62
#BQH 13	2.92	13.09	3.57	3.57	19.11	3.95	243.09	-2.60
*M2 20 XPOL	2.97	13.19	3.65	3.65	19.20	6.74	252.79	-2.68
#M2 20 XPOL	2.97	13.19	3.65	3.65	19.20	6.74	252.79	-2.68
M2 20 XPOL	2.97	13.19	3.77	3.52	19.16	6.77	251.00	-2.69
*BVO-3WL	3.00	13.50	3.90	3.70	19.48	5.35	264.59	-2.60
BVO-3WL	3.00	13.50	4.01	3.77	19.49	5.38	266.39	-2.62
#BVO-3WL	3.00	13.50	3.89	3.89	19.52	5.45	265.97	-2.58
*CD15LQD	3.11	12.87	4.00	3.80	18.96	4.57	261.85	-3.08
CD15LQD	3.11	12.87	3.68	3.42	18.86	4.49	259.53	-3.14
CD15LQD MOD	3.11	13.24	3.83	3.58	19.24	3.73	253.86	-2.66
MBI FT17	3.12	13.34	3.84	3.59	19.31	6.02	246.36	-2.46
*CC3219	3.14	12.66	4.27	3.66	18.64	4.62	349.69	-4.65
CC3219	3.14	12.66	4.05	3.80	18.65	4.65	354.61	-4.70
CC3219 MOD	3.14	13.32	3.91	3.67	19.32	3.74	258.52	-2.66
*F9FT 17	3.15	12.87	3.68	3.50	18.92	5.74	243.96	-2.81
F9FT 17	3.15	12.87	3.57	3.30	18.84	5.74	240.69	-2.83
DJ9BV 3.2	3.22	13.36	3.85	3.58	19.34	3.99	246.42	-2.42
K1FO 14	3.25	13.36	3.78	3.54	19.30	4.26	243.48	-2.42
MBI 3.4	3.41	13.69	3.88	3.63	19.63	7.68	235.12	-1.94
*SM5BSZ 11	3.51	13.86	3.50	3.50	19.71	3.16	232.02	-1.80
SM5BSZ 11	3.51	13.86	3.96	3.72	19.79	3.13	238.58	-1.84
*SM5BSZ 11A	3.52	13.97	4.00	4.00	19.96	3.13	244.17	-1.77
SM5BSZ 11A	3.52	13.97	4.05	3.81	19.91	3.07	244.00	-1.82
17LQD EKM	3.59	13.37	3.83	3.59	19.35	4.57	252.49	-2.53
17LQDE BQH	3.59	13.79	4.04	3.81	19.77	3.95	248.40	-2.04
DJ9BV 3.6	3.61	13.73	4.00	3.77	19.64	4.25	258.21	-2.33
K1FO 15	3.65	13.78	3.94	3.70	19.70	3.33	238.55	-1.93
DK7ZB 12	3.83	14.30	4.34	4.12	20.26	5.66	251.50	-1.60
DJ9BV OPT	3.99	14.22	4.29	4.08	20.18	4.99	248.48	-1.63
#DJ9BV OPT	3.99	14.22	4.19	4.19	20.21	5.03	247.16	-1.57
#SV 2SA13	4.01	14.46	4.20	4.20	20.44	4.67	246.84	-1.34
SV 2SA13	4.01	14.46	4.37	4.16	20.43	4.67	247.35	-1.36
DJ9BV 4.0	4.02	14.07	4.15	3.92	19.98	5.67	255.50	-1.95
HG215DX	4.02	14.20	4.25	4.03	20.14	6.44	258.47	-1.84
CC3219 MOD	4.05	14.20	4.34	4.13	20.17	4.28	256.17	-1.77
*CC4218XL	4.15	14.14	4.08	3.85	20.03	7.25	265.93	-2.07
CC4218XL	4.15	14.14	4.45	4.23	20.11	7.17	266.22	-2.00
CC4218 MOD	4.18	14.29	4.24	4.02	20.24	5.25	244.97	-1.51
K1FO 17	4.41	14.44	4.22	4.00	20.35	4.34	234.51	-1.21
DJ9BV 4.4	4.42	14.36	4.28	4.06	20.25	6.19	256.51	-1.70
SHARK 20	4.46	14.39	4.32	4.10	20.26	2.90	264.04	-1.81
I0JXX 16	4.47	14.39	4.17	3.94	20.32	6.09	223.60	-1.03
*CC17B2	4.51	14.53	3.66	3.51	20.22	4.83	233.29	-1.31
CC17B2	4.51	14.53	4.28	4.06	20.47	4.99	234.82	-1.08
DK7ZB 14	4.71	15.07	4.87	4.67	21.07	9.12	249.36	-0.77
K1FO 18	4.77	14.72	4.35	4.14	20.63	4.54	234.66	-0.93
*M2 28 XPOL	4.80	15.22	4.50	4.50	21.14	17.04	258.67	-0.84
#M2 28 XPOL	4.80	15.22	4.76	4.76	21.22	17.15	257.77	-0.76
M2 28 XPOL	4.80	15.22	4.86	4.66	21.19	17.11	257.51	-0.77
HG217DX	4.82	14.81	4.63	4.43	20.78	8.14	256.05	-1.16
DJ9BV 4.8	4.83	14.65	4.40	4.18	20.57	5.85	255.84	-1.37
*M2 5WL	4.83	14.80	4.15	3.84	20.56	8.49	254.92	-1.36
M2 5WL	4.83	14.80	4.56	4.35	20.74	8.70	251.18	-1.11
*SM5BSZ 14A	4.89	15.14	4.00	4.00	20.93	4.33	232.02	-0.58
SM5BSZ 14A	4.89	15.14	4.54	4.33	21.03	4.43	238.02	-0.59
*SM5BSZ 14	4.95	15.29	5.20	5.20	21.37	3.13	246.72	-0.41
SM5BSZ 14	4.95	15.29	4.72	4.51	21.19	3.02	233.77	-0.68
SM2CEW 19	4.98	14.91	4.47	4.26	20.84	9.38	233.77	-0.70
#SM2CEW 19	4.98	14.91	4.37	4.37	20.87	9.00	232.88	-0.66

*BVO-5WL	5.02	15.05	4.58	4.40	20.99	5.21	243.42	-0.73
#BVO-5WL	5.02	15.05	4.59	4.59	21.04	5.24	242.36	-0.66
BVO-5WL	5.02	15.05	4.69	4.49	21.01	5.23	242.70	-0.70
K5GW 17	5.06	14.99	4.64	4.44	20.96	6.16	244.55	-0.78
K1FO 19	5.18	15.01	4.47	4.27	20.92	4.04	232.19	-0.59
#RU1AA 15	5.27	15.55	4.85	4.85	21.55	6.02	235.76	-0.03
RU1AA 15	5.27	15.55	4.85	4.65	21.50	5.99	236.28	-0.09
*M2 18XXX	5.32	15.07	4.27	3.96	20.85	7.90	243.30	-0.87
M2 18XXX	5.32	15.07	4.55	4.35	21.01	7.95	240.56	-0.66
M2 32 XPOL	5.62	15.70	5.23	5.04	21.69	15.02	250.74	-0.16
#M2 32 XPOL	5.62	15.70	5.13	5.13	21.71	15.04	251.20	-0.15
*M2 19XXX	5.73	15.41	4.27	4.04	21.15	8.75	238.80	-0.49
M2 19XXX	5.73	15.41	4.70	4.51	21.36	8.75	235.52	-0.22
#M2 32 XPOL	5.73	15.88	5.07	5.07	21.87	16.03	248.46	+0.06
M2 32 XPOL	5.73	15.88	4.98	5.16	21.84	16.03	248.11	+0.04
BVO-6WL	6.00	15.69	4.75	4.93	21.63	5.12	231.63	+0.13
#BVO-6WL	6.00	15.69	4.84	4.84	21.66	5.13	231.84	+0.15
AF9Y 22	6.15	15.75	5.04	4.86	21.72	10.04	230.73	+0.23
MBI 6.6	6.6	16.14	5.46	5.29	22.14	13.09	238.73	+0.51
#MBI 6.6	6.6	16.14	5.38	5.38	22.17	13.07	239.28	+0.53
BQH 25	7.29	16.31	5.22	5.04	22.25	9.83	224.18	+0.89
#BQH 25	7.29	16.31	5.13	5.13	22.28	9.86	224.61	+0.91
K2GAL 21	7.65	16.80	5.75	5.59	22.75	19.58	245.81	+0.99
M2 8WL	7.71	16.55	5.28	5.10	22.40	9.52	231.46	+0.90

Legend:
L = Length in Wavelengths
Gain = Gain in dBd of a single antenna
E = E plane (Horizontal) stacking in Meters.
H = H plane (Vertical) stacking in Meters.
Ga = Gain in dBd of a 4 bay array
Tlos = The internal resistance of the antenna in degrees Kelvin.
Ta = The total temperature of the antenna or array in degrees Kelvin. This includes all the side lobes, rear lobes and internal resistance of the antenna or array.
G/T = Figure of merit used to determine the Receive capability of the Antenna or array.

Notes:

1. The Program used to calculate E/H Stacking,G,Ga and G/T was YAGI ANALYSIS 3.54 by Goran Stenberg,SM2IEV.
2. Temperatures used: Tsky=200 degrees;Tearth=1000 degrees
3. All dipoles have been adjusted to give a J of under +/- .5
4. No stacking harness losses or H frame effects are included in the gain figures.
5. All stacking dimensions EXCEPT those marked with a "*" and "#" are calculated from the DL6WU stacking formula.
6. Antennas marked with a "*" have stacking dimensions recommended by the manufacturer or designer.
7. Antennas marked with a "#" have stacking dimensions for XPOL antennas by VE7BQH.
8. Manufacturer/Designer Legend:

AF9Y	= AF9Y	HG	= HYGAIN
BVO	= Eagle/DJ9BV	Flexa	= FlexaYagi
BQH	= VE7BQH	I0JXX	= I0JXX
CC	= Cushcraft	K1FO	= K1FO
CC MOD	= VE7BQH	K2GAL	= K2GAL
CD	= CUE DEE	K5GW	= Texas Towers/K5GW
CD MOD	= VE7BQH	M2	= M^2
DJ9BV	= DJ9BV	MBI	= F/G8MBI
DJ9BV OPT	= DJ9BV	OZ5HF	= Vargarda
DK7ZB	= DK7ZB	SHARK	= SHARK (Italian)
EKM MOD	= SM2EKM	SM2CEW	= SM2CEW/VE7BQH
F9FT	= F9FT	W1JR	= VE7BQH (Mininec error)

Tabela 1.

Nažalost ovaj program služi samo za analizu završene antene. Dakle, preostaje nam to da svaki program za optimizaciju kalibrišemo prema ovom programu. To je u svakom slučaju prečica sa sumnjivom argumentacijom ali u praksi pokazuje izuzetne rezultate.

Za optimizaciju postoji više programa medju kojima su najpoznatiji Yagi Optimizer i Antenna Optimizer od K6STI i program MMana05e od JE3HHT (OM Makoto Mori).

Svi ti programi se baziraju na NEC kalkulatoru, no opet, daju različite rezultate optimizacije što na prvi pogled deluje obeshrbrujuće. Naravno oni koji bi hteli odmah imati sve kao gotov recept i oni koji veoma malo znaju o antenama najpre bi trebalo podrobno da prouče rad OM Dragoslava YU1AW Yagi antene bez misterije, koja počinje rečima: „Ni u jednom domenu telekomunikacija, verovatno, za običan, laički svet nema toliko misterije koliko u antenama. Misterija se sama po sebi nameće: ni jednostavnije za oko, ni veće muke da se razume princip njenog rada“. Ovo je u svakom slučaju dobra polazna osnova.

Svako kreiranje antene podrazumeva odredjene uslove i ciljeve kreiranja koji su nažalost oprečni. Ni jedan računar ne poseduje inteligenciju već služi samo za ubrzavanje izvodjenja računskih operacija sa velikom tačnošću u prihvatljivom vremenu. Optimizacija zahteva zadavanje odredjenih parametara i kompromis izmedju tih najčešće suprotnih zahteva unutar odredjenog frekventnog opsega. Pojedini programi podrazumevaju odredjene „opštepodrazumljive“ parametre dok drugi i t e parametre stavljaju dizajneru na raspolaganje. Tu su zapravo, skriveni skoro svi nesporazumi koji se na prvi pogled manifestuju kao netačnosti ili greške. Nigde do sada nije objašnjeno sve o dizajnu antena, gotovog recepta nema. Nema ga, jer je to zapravo i nemoguće dati za sve uslove ako se zna unapred da su ti uslovi različiti i oprečni i od slučaja do slučaja odredjenim parametrima se pridaje različiti značaj.

Kreiranje dobre antene više liči na stvaranje kompozicije iz oblasti umetnosti nego kruti tehnički proračun. Upravo ta osobina je i izvor svih nesprazuma programera i korisnika antena.

No, vratimo se nazad osnovnoj nameri ovog članka modifikacije antene DJ9BV (prva generacija optimizacije). Svojevremeno sam pisao o tome na paket radio mreži (YU1A i YU7T BBS) kao prva, druga, treća i konačna odiseja. U ovim eksperimentima sam i isprobavao sve što mi je palo na pamet. Postavio sam sledeće uslove (naravno, u svakom slučaju sam mogao postaviti i sasvim druge uslove): Probe se vrše na jednoj anteni DJ9BV sa nepromenjenim boomom dužine 4.4 met., medjusobna odstojanja elemenata ostaju nepromenjena kao i broj elemenata. U svakom slučaju elementi su prolazili kroz boom a boom se uvek postavljao u simetrali, (najčešće, a ne uvek) savijenog dipola.

Faktor skraćenja elementa zbog senčenja booma se uvek odredjivao prema preporukama pokojnog OM Günthera DL6WU i pokazao se kao tačan. Ovde je značajno napomenuti sledeće: Kod nas usled primene loše shvaćene terminologije i neznanja pojavili su se „izolovani“ ili „neizolovani“ elementi. Sama električna izolacija elemenata od booma se izvodi radi sprečavanja medjusobnog delovanja različitih legura, ukoliko je potrebno. Za rad same antene je bitno da li boom senči elemente ili ne. Ovo senčenje nastaje usled prolaska elemenata kroz boom bez obzira na to da li je električno izolovan ili ne. Uticaj booma na dužinu elemenata je veoma dobro obradjeno u programu Yagi Analysis 3.54 što u svakom slučaju treba dobro poručiti.

Usled senčenja booma elemente treba produžiti ukoliko se antena proračunava (optimizira) a nije uzet u obzir uticaj booma. Medjutim ukoliko su sve mere date i optimizirane tako, da je uticaj booma uzet u obzir (naš slučaj!) tada se kod analize oduzima mera usled uticaja booma. Ukoliko se radi o „teleskopskom boomu“, tj, boom je sastavljen od različitih prečnika uticaj booma je na različite elemente različit. Sam uticaj booma se može izvršiti i računski po empirijskoj formuli OM Günthera DL6WU

$$C = 12.5975*b - 114.5*b*b$$

gde je:

C ... promena usled uticaja booma (u talasnim dužinama!)
b ... prečnik elemenata (u talasnim dužinama!)

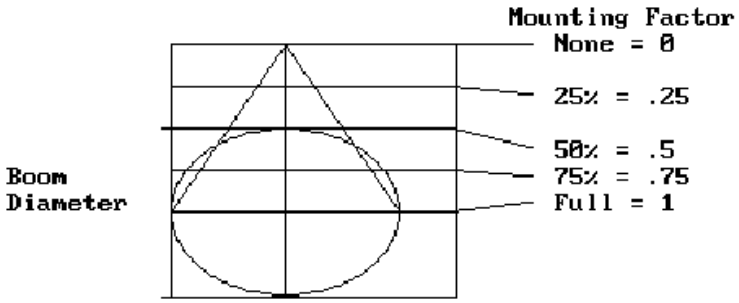
U našem konkretnom slučaju je: f = 144.200 MHz (talasna dužina = 2.080444 m)

Uticaj senčenja booma na elemente (f = 144.2 MHz)

boom (mm)		uticaj booma (mm)
18	...	1.8807604
20	...	2.2104460
25	...	3.3715300
30	...	4.7354170
35	...	5.2833970
40	...	7.9952530

Tabela 2.

U slučaju da su elementi montirani u blizini booma na odredjenom odstojanju, senčenje booma i dalje postoji, sve do odstojanja koja je ista kao i debljina booma. Tada se dobijena vrednost uticaja usled senčenja booma množi sa faktorom montaže. Prema programu Yagi Analysis 3.54 to izgleda ovako:



Slika 1

U slučaju da je boom kvadratnog preseka, umesto od sredine booma potpuni uticaj se javlja od ivice booma gde je element montiran, sve do razmaka jednakom debljini booma.

Imajući u vidu sve prethodno izloženo, prvo je neophodno snimiti rad same antene DJ9BV u originalnoj izvedbi na frekventnom opsegu gde nam je najviše potrebna, to je u našem slučaju opseg od 144.000 do 144.400 MHz. Izvedena merenja se ne razlikuju u značajnoj meri od programa Yagi Analysis 3.54. Najpre definišimo mere antene i centralnu frekvenciju.

```
                                                        DJ9BV211.ANT 144.2  MHz
+----------------------------  Elementdata - ------------------------------+
¦                                                                          ¦
¦       El.Name:   El.Pos        El.Length:   El.Radius:   +----------+    ¦
¦      Re1         0            1027.79      2             ¦  < OK >  ¦ F5 ¦
¦     +----------+------------+------------+------------•  +----------+    ¦
¦     ¦ Re1      ¦ 0          ¦  1027.79   ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦ Driver   ¦ 360        ¦  980       ¦  4         _  ¦< Cancel >¦ F4 ¦
¦     ¦ Dir1     ¦ 525        ¦  947.79    ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦ Dir2     ¦ 900        ¦  937.79    ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦ Dir3     ¦ 1350       ¦  927.79    ¦  2         _  ¦< Insert >¦ F3 ¦
¦     ¦ Dir4     ¦ 1875       ¦  917.79    ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦ Dir5     ¦ 2460       ¦  912.79    ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦ Dir6     ¦ 3090       ¦  907.79    ¦  2         _  ¦< Delete >¦ F2 ¦
¦     ¦ Dir7     ¦ 3750       ¦  902.79    ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦ Dir8     ¦ 4440       ¦  897.79    ¦  2         _  +----------+    ¦
¦     ¦          ¦            ¦            ¦            _  ¦ < Help > ¦ F1 ¦
¦     +----------+------------+------------+------------•  +----------+    ¦
¦    Reflectortype=Singel     Driver=Singel    Dimension=mm                 ¦
¦--------------------------------------------------------------------------¦
¦    BoomCorr =-2.21mm                                                     ¦
+--------------------------------------------------------------------------+
```

Tabela 3.

U konkretnom slučaju boom faktor utiče na sve elemente sem na drajver koji je savijeni dipol postavljen tako, da se boom nalazi u sredini pa uticaj senčenja na dipol ne postoji. Boom je kvadratnog Alu profila 20x20 mm i od originalnih mera za analizu, kod ostalih elemenata moramo oduzeti dužinu uticaja booma jer elementi prolaze kroz boom.

U predvidjenom opsegu rada se dobijaju sledeći rezultati:

```
+---------------------------------- Results -----------------------------------+
¦ Name: DJ9BV211                                              Time: 15:11:18    ¦
¦                                        -3 dB Points (deg.)                   ¦
¦ Frequency (MHz)  Gain (dBd)   F/B (dB)  E-plane / H-plane  Impedance (Ohm)    ¦
¦-----------------------------------------------------------------------------¦
¦    144            11.92       22.9      36.32    40         44.26 +j 1.56   ¦
¦    144.1          11.94       22.18     36.22    39.86      45.57 +j 1.96   ¦
¦    144.2          11.94       21.5      36.12    39.72      46.97 +j 2.23   ¦
¦    144.3          11.95       20.87     36       39.58      48.45 +j 2.35   ¦
¦    144.4          11.95       20.27     35.9     39.44      50.01 +j 2.28   ¦
¦                                                                             ¦
¦                                                                             ¦
¦                                                                             ¦
¦                                                                             ¦
¦                                Free space                                   ¦
¦-----------------------------------------------------------------------------¦
¦                                                     Boom comp.:-2.21  mm    ¦
+-----------------------------------------------------------------------------+
          YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

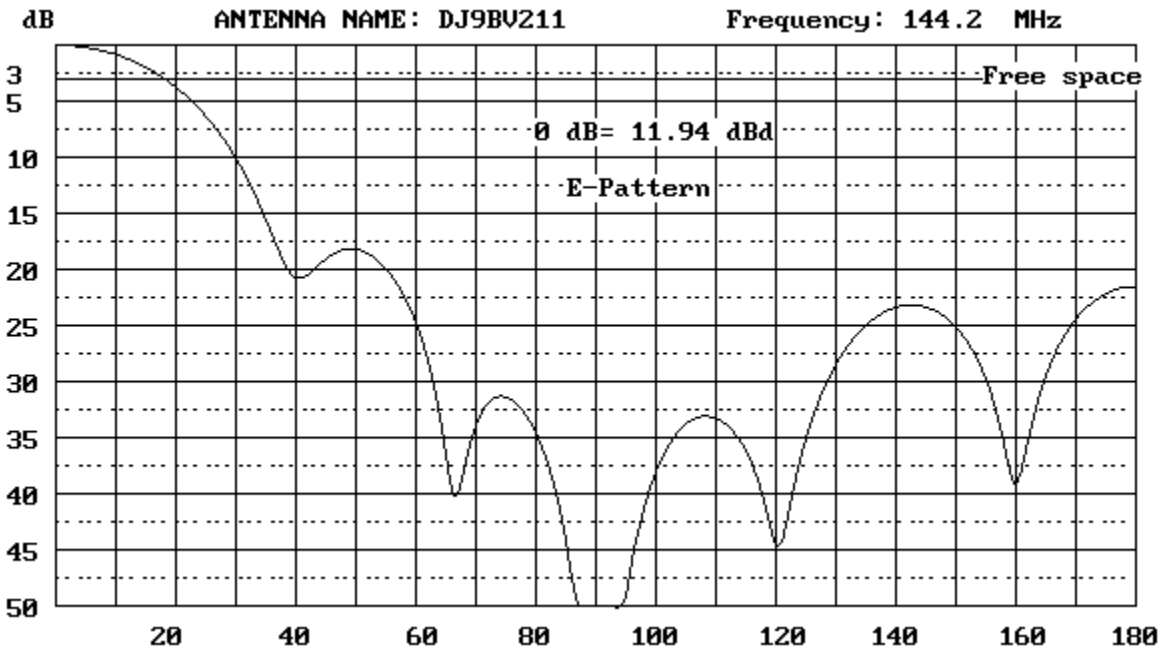
Tabela 4

Nova rezonantna centralna frekvencija je 144.200 MHz, gde je G/T:

```
                                DJ9BV211.ANT 144.2  MHz
+-------------------------------------------------+
| 1 - DJ9BV211 Yagi  Noise Temperature ( G/T )    |
|  Gain:  11.94 dBd      Frequency:  144.2  MHz   |
|-------------------------------------------------|
|   Forward Temperature    :   170.76K            |
|                                                 |
|   Sidelobe Temperature   :   33.29K             |
|                                                 |
|   Backward Temperature   :   2.97K              |
|                                                 |
|   Loss Temperature       :   4.56K              |
|-------------------------------------------------|
|   Total noise Temperature:   211.59K            |
|                                                 |
|   G/T ( dB )             :  -9.17               |
|-------------------------------------------------|
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

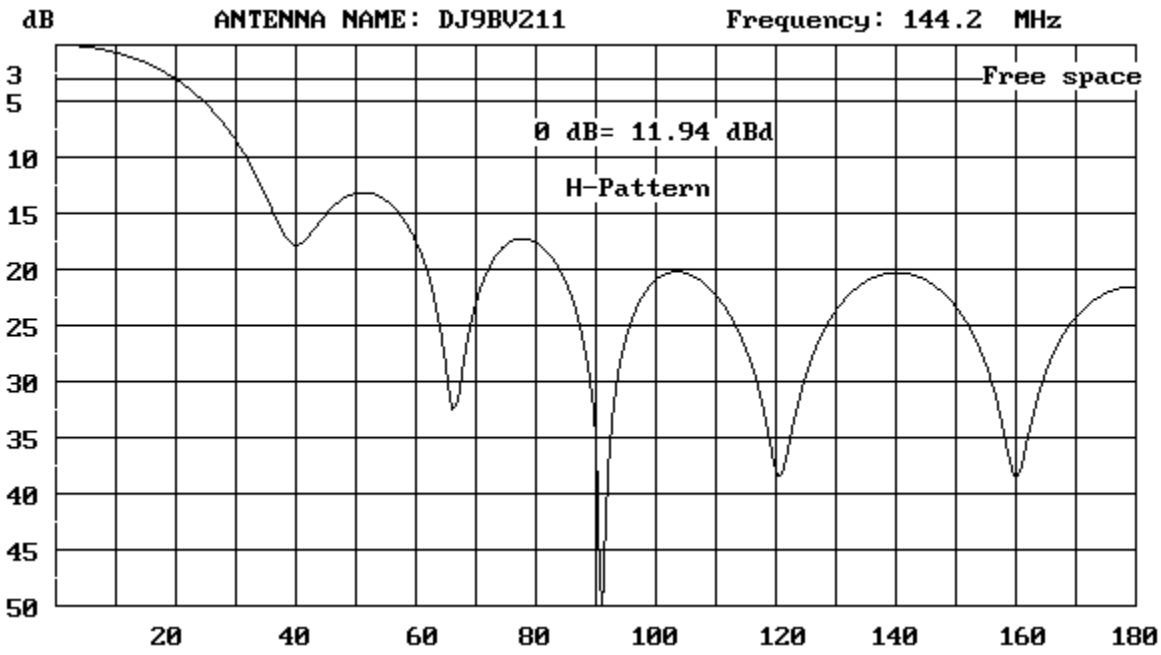
Tabela 5

Analiza dijagrama zračenja u horizontalnoj ravni:



Slika 2.

Analiza dijagrama zračenja u vertikalnoj ravni:



Slika 3.

Ovi dijagrami zračenja originalne antene su značajni radi uporedjivanja dijagama zračenja posle optimizacije.

Optimizacija je izvršena u nekoliko koraka.

1. Dipol je u početku ostao nepromenjen a menjali su se elementi
2. Ostaju orginalni elementi, ali se izmene vrše na dipolu i to prvenstveno kao zatvoreni dipol sa baloon transformatorom a isprobana je i ideja OM Grahama F/G8MBI sa otvorenim dipolom i rezonantnim vodom za napajanje.
3. Menjaju se dužine svih elemenata i dipola

U svim tim varijantama došlo je do promene prečnika elemenata i to od originalnog 4 mm, povećavalo se na 6 i 10 mm. Dipol je u originalu izradjen od prečenika 8 mm, kasnije je promenjana na 10 i na 12 mm. Ispitane su mnoge varijante na bazi optimizacije dok se na kraju nije iskristalisao put koji je za sada od mnogih puteva najprihvatljiviji. Naravno, sasvim je moguće da neko pronadje još bolje rešenje ali se u svakom slučaju mora dokumentovati i odvagati to šta se postiglo, u čemu je poboljšanje u odnosu na polazne osnove, da li se to zbilja isplatilo. Bilo šta se dobije bolje to se nečim za sigurno plaća.

Bitno je još napomenuti samu metodu optimizacije. Iz mnoštva programa koji su nam na raspolaganju odabrali smo program od K6STI OM Brian Beezley i to: Antenna optimizer 6.3 iz 1994 i Antenna optimizer 6.5 iz 1995 (najbolje rešenje bi bilo AO PRO istog autora).

Mogućnost ovih programa je sasvim zadovoljavajuća. Najpre do najmanjih sitnica je neophodno proučiti priloženu dokumentaciju. Osnovno je da sastavimo ispravan file. Za to je sposoban skoro svaki editor. Na osnovu toga program izračunava karakteristike antena. U svakom slučaju, bolje je koristiti profesionalnu verziju ali i osnovna verzija odgovara za neke skromnije prohteve. Za pomenutu antenu edit file izgleda ovako:

```
DJ9BV211_Original-1 2.1wl Open dipol
Free Space Symmetric
144.200 MHz
10 6061-T6 wires, millimeters
bf = 2.21
p1 = 4
p2 = 8
```

```
ref = 1030
r = (ref-bf) / 2
dip = 980
zr = dip / 2
di1 = 950
d1 = (di1-bf) / 2
di2 = 940
d2 = (di2-bf) / 2
di3 = 930
d3 = (di3-bf) / 2
di4 = 920
d4 = (di4-bf) / 2
di5 = 915
d5 = (di5-bf) / 2
di6 = 910
d6 = (di6-bf) / 2
di7 = 905
d7 = (di7-bf) / 2
di8 = 900
d8 = (di8-bf) / 2
1  -2220.0000   -r   0.0000  -2220.0000    r   0.0000   p1
1  -1860.0000   -zr  0.0000  -1860.0000   zr   0.0000   p2
1  -1695.0000   -d1  0.0000  -1695.0000   d1   0.0000   p1
1  -1320.0000   -d2  0.0000  -1320.0000   d2   0.0000   p1
1   -870.0000   -d3  0.0000   -870.0000   d3   0.0000   p1
1   -345.0000   -d4  0.0000   -345.0000   d4   0.0000   p1
1    240.0000   -d5  0.0000    240.0000   d5   0.0000   p1
1    870.0000   -d6  0.0000    870.0000   d6   0.0000   p1
1   1530.0000   -d7  0.0000   1530.0000   d7   0.0000   p1
1   2220.0000   -d8  0.0000   2220.0000   d8   0.0000   p1
1 source
wire 2, center
```

Tabela 6.

Nakon definisanja Edit file preostaje nam „kalibracija“ AO programa prema Yagi Analysis 3.54

```
                DJ9BV211_Original-1 2.1wl Open dipol
                              Free Space
                              144.200 MHz
+-------------------------------------------------------+
¦                          Options                      ¦
¦                                                       ¦
¦ Field          Total H V RC LC Major Minor Ellipticity ¦
¦ Segmentation Density            18 segments / halfwave ¦
¦ Auto Segment-Length Tapering    Off On                ¦
¦ Frequency-Offset Correction     Off On                ¦
¦ Bent-Wire Correction            Off On                ¦
¦ X-Axis Pattern Symmetry         No Yes                ¦
¦ 2-D Pattern Resolution          1° 2° 4°              ¦
¦ El Angle for Az Pattern           0.0°                ¦
¦ Az Angle for El Pattern           0.0°                ¦
¦ SWR Reference Impedance          50.0 Ohm             ¦
¦ Save Options & Settings       • No Yes                ¦
+-------------------------------------------------------+
```

Tabela 7.

Kalibracija se izvodi na sledeći način: aktivira se „Options“ pa se „Segmentation Density“ podesi na toliko segmenta da odstupanje izmedju Yagi Analysis 3.54 i AO6.30 (AO6.50 ili AO6.54) bude najmanje. U ovom konkretnom slučaju to je od 16 do 18 segmenta/polutalas.

Rezultat je sledeći:

```
Matrix Fill          0:03
Matrix Factor        0:00
Impedance           47.0 + j 1.9 Ohm
SWR                  1.08
Wire Losses          0.08 dB
Efficiency          98.1%
Forward Gain        11.88 dBd
F/B                 22.49 dB
Maximum Sidelobe    18.28 dB down at 50° Azimuth
Azimuth Beamwidth      36°
Maximum Sidelobe    13.20 dB down at 52° Elevation
Elevation Beamwidth   40°
```

Tabela 8.

Ukoliko ovo uporedjujemo sa prethodno prikazanom tabelom 4. konstatujemo da su odstupanja sasvim prihvatljiva (bar na prvi pogled!). Nakon ovoga podešavamo ostale uslove optimizacije.

Sada dolazi do najvišeg izražaja kreativnost svakog dizajnera. Najbitnije je da sam dizajner u potpunosti zna šta hoće jer su mogućnosti programa daleko iznad onoga što nam najčešće treba. Brzi računari bez ikakve greške nam pružaju rezultate naših zamisli a i promašaje, za veoma kratko vreme. Ni u kom slučaju ne smemo da krivimo program za nešto nerazumno, koren toga je zapravo u nama jer smo postavili pogrešne parametre ili pogrešne ciljeve optimizacije.

```
+----------------------+
¦      Tradeoffs       ¦
¦                      ¦
¦ Gain             34% ¦
¦ F/B              34% ¦
¦ Zr                0% ¦
¦ Zi                0% ¦
¦ SWR              33% ¦
¦                      ¦
¦ Gain OK >   15.0 dBd ¦
¦ F/B  OK >   30.0 dB  ¦
¦ Zr   OK >   50.0 _   ¦
¦¦Zi¦  OK <    0.1 _   ¦
¦ SWR  OK <    1.01    ¦
¦                      ¦
¦ F/B Az      38° 180° ¦
¦ F/B El      42°   0° ¦
¦ F/B Res           2° ¦
¦ F/B Lobes   Avg Peak ¦
¦ Gain        Omni Fwd ¦
+----------------------+
```

Tabela 9.

Na ovom mestu u „Tradeoffs“-u se odredjuju, od strane dizajnera, osnovne zamisli kreiranja nove antene. Uputstvo samog programa dosta dobro obradjuje ovu temu, na ovom mestu nema potrebe detaljno ulaziti u to. Bitno je da su ti detalji stalno pred nama.

Mislim da je najbolje ako preskočim sve svoje „tvorevine“ i pokušaje stvaranja nečeg „epohalnog“. Ove „Odiseje“ kroz optimizaciju su unapred obećavale veoma malo jer se radilo o nečemu čega sam itekako bio svestan: Ova antena je nastala od DL6WU i DJ9BV pa zapravo stvarno poboljšanje već u startu izgleda kao nepotrebno. No opet, promenio sam osnovne parametre koji su se u praksi za više od 10 godina promenile o čemu je bilo reči. Boom je uradjen sasvim solidno pa nije bilo uputno dirati u to jer bi se dobilo malo. To je radjeno samo na računaru, ali je bilo očito da bi eksperimentisanje na samom boomu prouzrokovalo značajna mehanička oslabljenja

starog booma, pa posle toga bi bilo neophodno nabaviti nove boomove. Svu pažnju sam posvetio tome da se promene vrše na dužinama elemenata i njihovom prečniku. Rezultat svega toga je dalo jednu novu antenu koju sam nazvao „H2“gde su razmaci rasporeda elemenata isti kao kod DJ9BV.

Prečnici pasivnih elemenata su ostali 4mm, kao u originalu ali se prečnik dipola povećalo sa 8 na 12 mm. I dalje se koristi savijeni dipol sa „baloon transformacijom“. Elementi se pričvršćuju na isti način kao u originalu.

Poštujući mišljenje nekih „uvaženih“ stručnjaka iz te oblasti preko ogromnih muka uspeo sam naći originalno preporučene Nylon izolatore (Heyco Ltd, Udens Trade Estate, WIMBORNE, Dorset BH21 7NL, 0120286100). Original 61PR80 000 je u medjuvremenu promenio oznaku na Part. No. 057 5586

Zbog poznatih dogadjaja u YU ovo nimalo nije bilo jednostavno ali se pokazalo sasvim nepotrebnim. Iako su mnogi tvrdili da zamena istih mnogo utiče na rad antene i zapravo stvara se jedna druga antena i sl. Zamenio sam ih sa običnim plastičnim tiplama čiji se harpunasti kraj odseće i baci, a u ostatku, čiji je promer 6 mm spolja nalazi se rupa od 4mm a i proširenje za ograničavanje, istina ne zaobljenog ali sasvim prihvatljivog oblika. Slično izolatoru za vijke kod tranzistora tipa 2N3055. Lepkom se sve to pričvrsti tako da odlično vezuje elemente za boom. Merljivi pomak nije konstatovan.

Originalne Dural elemente od 4 mm je bilo nemoguće pronaći, ali se za izuzetno male pare (10 Euro za 4x10 elem) se u HA mogu naći Alu cevi spoljašnjeg promera 4 mm i rupe u njima od 2mm. Ovo bi bilo zapravo preslabo ali se u te cevi uvlači metalna žica za autogeno zavarivanje oko 0.5 met dužine (MNI.TNX. OM Steva YU7RF) što obezbedjuje izvanredne mehaničke osobine a nije se moglo iskazati nikakav uticaj na same parametre antena. Jedna antena je napravljena tako da su u Alu cevi direktora i reflektora uvlačene „špice“ od bicikla čiji je promer 2 mm. Na taj način zahvaljujući mehaničkim osobinama čelićne žice stiču se izvanredne osobine, odlom ili „pucanje“ elemenata je nemoguće. Mali promer elemenata sprečava „parkiranje“ golubova i sl. ali ne sprečava „sudar“sa nekim pticama koje nisam uspeo identifikovati ali se javljalo u više navrata (slepi miševi?).

Veliki problem stvara i izbor kutije zatvorenog dipola. U svakom slučaju sam probao i varijantu bez kutije. tako da se krajevi zatvorenog dipola montiraju na pleksi ploču. Pravi izbor ove kutije (ili izrada same antene bez kutije) je od izuzetnog značaja. Probane su razne kutije od TV antena od kojih bi možda jedino kutija od nekadašnje TV1011 firme „Elrad“ mogao dobiti prelaznu ocenu. Na kraju sam se odlučio (u novoj verziji antene sa dipolom prečnika 12 mm) na elektroizolacionu kutiju tipa 505 za vlažne prostorije sa 3 uvodnika. S obzirom da se baloon trafo izradjuje od RG-142 ili RG-400 neophodno je izvršiti odgovarajuće bušenje ove kutije o čemu će kasnije biti reči. Sasvim je moguće izabrati takve kutije sa 4 uvodnika u tom slučaju kroz jedan otvor se uvodi napojni kabel a kroz drugi baloon trafo koji se naknadno mora zaptivati a kroz preostala dva otvora sam dipol promera 12 mm. Moguće je sam baloon trafo „upakovati u samu kutiju ali to rešenje mi se nije dopalo i nisam probao tako nešto mada je to kod nekih u HA uobičajeno rešenje.

I u jednom i u drugom slučaju sredina dipola je električno povezana sa boomom i uzemljena. Sam zatvoreni dipol se uvek nalazilo u simetrali booma, ovo nije od naročite važnosti jer se dipol može montirati i tako da „leži“ na boomu, ali u tom slučaju i kod dipola se mora uzeti u obzir faktor senčenja booma (u konkretnom slučaju boom je od Alu 20 x 20 mm i iznosi 2.21 mm, pa se za toliko dipol produži). Za materijal dipola je korišćen Alu cev a i posrebrena bakarna cev (zahvaljujući OM Teodoru YU7AR) što na 2 met. opsegu još nije od tolikog značaja da prouzrokuje „vidljiv“ uticaj.

Optimizirana antena „H2“

Kao što je ranije opisano najpre moramo striktno odrediti šta želimo. Te zadatke dizajniranja definišemo:

1. Nova antena zadržava boom od DJ9BV bez izmena.
2. Antena je za Horizontalnu polarizaciju
3. Novi frekventni opseg rada je 144.000 do 144.400 MHz (min.)
4. Radijator je savijeni dipol izradjen od Alu cevi promera 12 mm.
5. Radijator se nalazi u simetrali booma
6. Ostali elementi se izradjuju od Alu cevi promera 4 mm.
7. Koristi se 1 reflektor.
8. Bočni snopovi moraju biti potisnuti bar 20 dB u horiz. ravni i bar 15 dB u vert. ravni. Monogo „čistiji dijagram zračenja“

Za optimizaciju je korišćen program AO6.30 od K6STI na ranije opisan način a za proveru i korekcije Yagi Analysis 3.54. Mere se zaokružuju na celobrojni izraz u mm stim, da u sebi već sadrže korekciju usled senčenja booma (kod provere rada antena ova korekcija se odbija). Kod dizajniranja se podjednako vodi računa o dobiti, odnosu napred / nazad i impendansi koja je kod otvorenog dipola 50 Ohma bez reaktanse (dozvoljava se reaktansa +/-0.1 Ohm). Naravno impendansa zatvorenog dipola postaje 200 Ohma. Optimizacija je vršena sa otvorenim dipolom i sa zatvorenim dipolom gde je luk savijanja definisan kao mnogougao i veoma malo je uticao na dobijene vrednosti stim, da od broja ugla mnogougla umnogome zavisi vremenska dužina optimizacije.

Korišćen je računar PC-486 i pentium-2, dobijeni rezultati su naravno isti ali se stari PC-486 morao bar 5 do 8 puta duže da se „zabavlja“. Mnoge odbija i pomisao korišćenja programa pod DOS, ali u principu i ti programi su za ovakve primene sasvim prihvatljivi. Pokušalo se isti posao odraditi i sa programom MANNA05e ali se pojavljuju problemi sa kalibracijom i kompatibilnošću sa prihvaćenim programom Yagi Analysis 3.54. U svakom slučaju svi ovi problemi se adekvatno mogu rešiti ali kod rešavanja optimizacije ovog tipa antene još nisam posedovao nikakva iskustva sa programom iz Japana koji sam dobio od OM Joce YU1BW.

Nakon optimizacije konačne mere su sledeće:

```
                                  h2.ANT       144.2  MHz       12-25-2002
+----------------------------  Elementdata - ------------------------------+
|                                                                           |
|       El.Name:   El.Pos        El.Length:   El.Radius:   +----------+     |
|      Re1         0            1025.79      2             |  < OK >  | F5  |
|     +----------+------------+------------+------------•  +----------+     |
|     | Re1      | 0          | 1025.79    | 2         _  +----------+     |
|     | Driver   | 360        | 984        | 6         _  |< Cancel >| F4  |
|     | Dir1     | 525        | 958.79     | 2         _  +----------+     |
|     | Dir2     | 900        | 946.79     | 2         _  +----------+     |
|     | Dir3     | 1350       | 932.79     | 2         _  |< Insert >| F3  |
|     | Dir4     | 1875       | 916.79     | 2         _  +----------+     |
|     | Dir5     | 2460       | 890.79     | 2         _  +----------+     |
|     | Dir6     | 3090       | 886.79     | 2         _  |< Delete >| F2  |
|     | Dir7     | 3750       | 893.79     | 2         _  +----------+     |
|     | Dir8     | 4440       | 891.79     | 2         _  +----------+     |
|     |          |            |            |           _  | < Help > | F1  |
|     +----------+------------+------------+------------•  +----------+     |
|    Reflectortype=Singel     Driver=Singel    Dimension=mm                 |
|---------------------------------------------------------------------------|
|    BoomCorr =-2.21mm                                                      |
+---------------------------------------------------------------------------+
```

Tabela 10.

Rezultati analize u nešto širem frekventnom opsegu nam govore o tome da se radi o poboljšanju u domenu dijagrama zračenja uz sasvim neznatno opadanje pojačanja. Ukoliko bi se primenio drugi prilaz optimizacije, favorizujući dobit (što je DJ9BV verovatno radio u drugačijem odnosu no mi sada) dobili bi se donekle različiti rezultati. Ne smemo zaboraviti ni to da smo u startu usvojili optimizirani boom za nešto veću frekvenciju, dakle kraći za ovu frekvenciju što svakako veoma malo utiče na pad pojačanja. Uradjena je i verzija da se menja dužina booma (novi boom) i tada se ovaj, inače neznatan pad pojačanja gubi što je sasvim za očekivanje.

Prilike su me najviše naterale da ne menjam boom a i ne samo to, valja imati i to na umu da je tada a i kasnije veliki broj naših ljudi napravio tu antenu, poneki u originalu a poneki sa elementima promera 6 mm sasvim neizolovano od booma kao što sam i ja u startu imao. Za proteklo vreme obično su elementi propali a boom je ostao u dobrom stanju i nakon ovoga može doživeti svoju ponovnu primenu ako ne za drugo nešto tada za jednu izvrsnu antenu za takmičenje što mi je zapravo i osnovna namera konstrukcije.

Evo i rezultata:

h2.ANT 144 MHz 12-25-2002

Results

Name: h2 Time: 18:37:15

Frequency (MHz)	Gain (dBd)	F/B (dB)	-3 dB Points (deg.) E-plane	H-plane	Impedance (Ohm)
144	11.78	26.86	37.92	42.14	45.65 +j 1.05
144.1	11.78	25.82	37.82	42.02	46.63 +j .81
144.2	11.79	24.87	37.72	41.9	47.62 +j .43
144.3	11.8	24.02	37.64	41.78	48.59 -j .13
144.4	11.8	23.23	37.54	41.66	49.52 -j .86
144.5	11.82	22.52	37.46	41.54	50.38 -j 1.78
144.6	11.82	21.86	37.36	41.42	51.13 -j 2.9
144.7	11.82	21.25	37.28	41.32	51.73 -j 4.21
144.8	11.82	20.69	37.2	41.2	52.14 -j 5.68
		Free space			

Boom comp.:-2.21 mm

YAGI - ANALYSIS Ver:3.54

Tabela 11.

Analiza G/T je sledeća:

h2.ANT 144.2 MHz 12-25-2002

1 - h2 Yagi Noise Temperature (G/T)

Gain: 11.79 dBd Frequency: 144.2 MHz

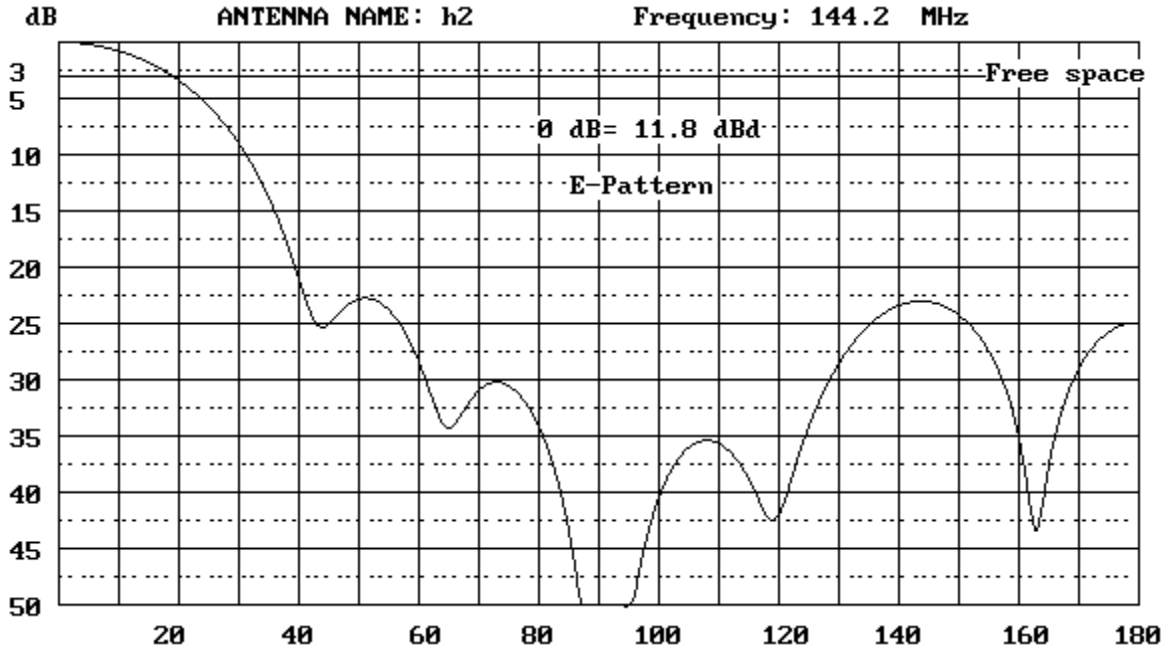
Forward Temperature :	178.03K
Sidelobe Temperature :	24.5K
Backward Temperature :	2.84K
Loss Temperature :	3.93K
Total noise Temperature:	209.31K
G/T (dB) :	-9.27

YAGI - ANALYSIS Ver:3.54

Tabela 12.

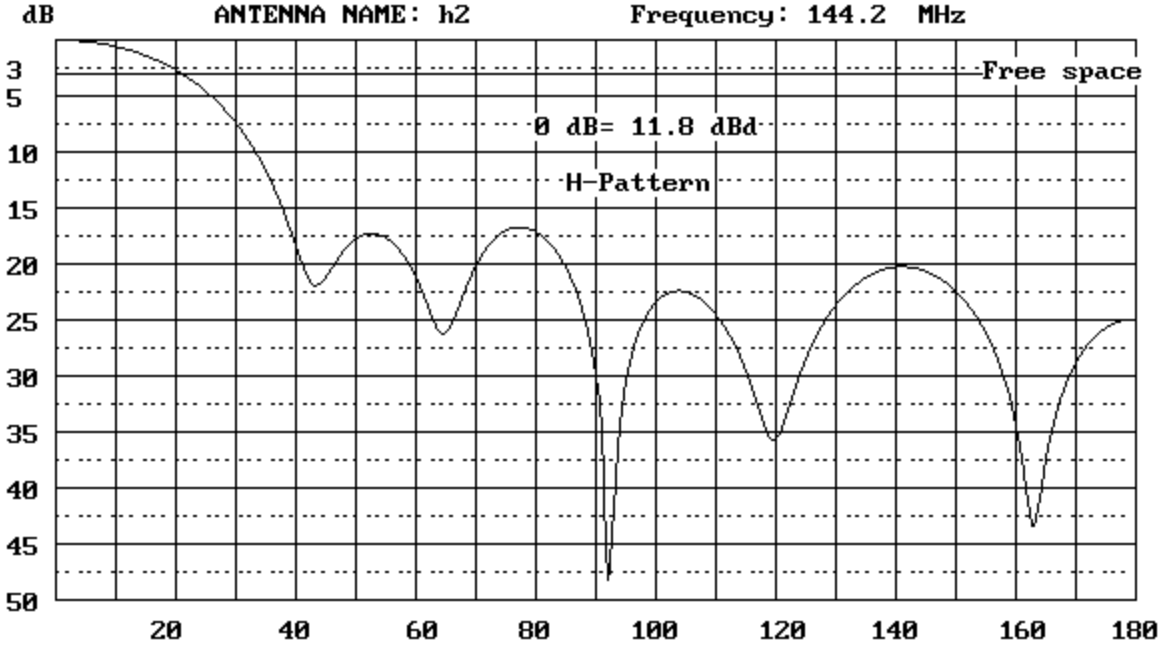
Ovo uporedjujemo sa tabelama 4 i 5. Poneko će se na prvi pogled i razočarati jer se radi o sasvim malo retardiranim parametrima naročito, G/T što je u stvari glavni kriterijum za procenu jedne antene. Svakako, ne pada mi na pamet da negiram tu činjenicu. Cilj i nije bio da se napravi „bolja“ antena po tom parametru, nego napraviti antenu sa boljim - čistijim dijagramom zračenja smanjujući QRM u takmičenjima i u otvaranjima od bližih stanica u okolini koliko je to moguće.

Pa da vidimo i dijagrame zračenja u horizontalnoj ravni:



Slika 4.

Dijagram zračenja vertikalnoj ravni.



Slika 5.

Mislim da je sada pružena jedna veoma jasna slika o tome što se na prvi površni uvid nije videlo. Šta se postiglo? I u horizontalnoj i u vertikalnoj ravni postiglo se više od postavljenog zadatka tj. u horizontalnoj ravni bočni opsezi su potisnuti bar 22.5 dB u odnosu na glavni snop

(planiralo se 20 dB). U vertikalnoj ravni bočni snop je potisnut za 17 dB u odnosu na glavni snop (planiralo se 15 dB).

Sada sve to uporedimo sa originalnom antenom DJ9BV što je zapravo ihodište svega (slika 3 i 4). Konstatujemo da je prvi bočni snop koji se nalazi levo i desno od glavnog snopa za 52° potisnut više od 5 dB u odnosu na bočni snop originalne antene u horizontalnoj ravni. Prvi bočni snop u vertikalnoj ravni koji se nalazi gore i dole za 52° potisnut je za 3 dB u odnosu na bočni snop originalne antene. Odnos napred / nazad je poboljšan za 3.3 dB. Šta ovo znači?

Za neupućene možda skoro ništa, ali u praksi, tamo gde se u blizini pojavljuju smetnje od drugih stanica, znači mnogo više od onoga što se očekivalo. Sa ovom antenom sa boka i od nazad QRM prestaje ukoliko se ne radi o zbilja ekstremnim slučajevima, a i u tom slučaju je znatno smanjen i ne pravi problem. U takmičenjima i u Es otvaranjima značaj ovoga je od izuzetne važnosti. No, „besplatnog ručka nema“ pa da vidimo i to čime plaćamo ovaj pazar da bi se celishodnost svega toga procenilo.

Dakle, sve vrednosti se uporedjuju na 144.200 MHz gde računarska simulacija pokazuje dobit jedne antene od 11.79dB, što je u odnosu na originalnu antenu sa pojačanjem 11.94 dB, pad od 0.15 dB. Ovo se u praksi nije dalo izmeriti na jednostavan način a „na sluh“ nikako. Odnos G/T takodje računarskom simulacijom sa 9.17 se povećalo na 9.27. Što je još uvek u sasvim prihvatljivim granicama. Naravno ova argumentacija u slučaju da se konstruiše sistem antena za EME je sasvim drugačija ali nam i nije cilj konstruisati EME sistem antena. Skoro se svi i bave time a takve antene u odnosu na smetnje u „običnim tropo vezama“ pokazuju se, nasuprot očekivanjima, najčešće veoma lošim. Zašto? Pa EME sistemi su konstruisani tako da se na izuzetno uskom frekventnom opsegu iscedi sve iz antene ali samo u pravcu zračenja a o svemu ostalom se vodi veoma malo računa. Antene koje su pretežno elevirane k nebu same po sebi u takvom slučaju postaju imune na smetnje iz horizontalne ravni. Da bi u tom slučaju neko smetao morao bi se nalaziti „negde tamo gore“ a tamo nema nikoga! Uticaj kosmičkih izvora šuma sem ako je sunce u pitanju u odnosu na bočne snopove je zanemarljiv i veoma teško merljiv. Problemi nastaju kada se takve, inače voma dobre antene za EME žele koristiti za ono što nisu.

Poznata pojava i kod nas i širom sveta da izmedju novčanika i pameti često nema neke linearne veze, dovodi nas do toga da je neophodno objasniti onima koji nešto znaju, nešto su čuli od nekoga o čemu se radi.

U svakom slučaju možemo konstatovati da ova prva optimizacija porodice DJ9BV nije radjena za EME rad (sa kasnijim optimizacijama je sasvim drugi slučaj). Dokazalo se to da se opet dalo nešto poboljšati i ako ne toliko koliko bi neko želeo. No gde su granice želje?

Sve ovo izloženo, je analiza jedne antene a te „male“ antene su u samom startu namenjene za spajanje u sistem antena jer je za ozbiljniji rad u svakom slučaju neophodno imati više.

Sistem antena DJ9BV 4x10 elm.

Najpre je neophodno odrediti originalne karakteristike za sistem antena 4x10 elm u originalu pa na oko 80% toga rastojanja. Po preporukama iz DUBUS 1/1990 horizontalno osno rastojanje booma antena je 3.29 m, a vertikalno osno rastojanje booma je 3.0 met. Ovo rastojanje se u samom startu smanjilo za 80% tj. na horizontalno osno rastojanje od 2.632 m i vertikalno osno rastojanje na 2.4 m. Parametri ovakvih sistema se pomalo menjaju u odnosu na jednu antenu usled medjusobnog uticaja antena. Isprobalo se nekoliko načina spajanja 4 antena u sistem, svaki način ukoliko se uradi bržljivo je sasvim dobar. Kod autora se koristi „Power divider“ po konstrukciji OM Gyule HA8ET koji se naročito kod prvobitne verzije pokazao kao odličan. Mehanička i električna stabilnost ovakvog sistema je od izuzetnog značaja i svakog momenta treba imati u vidu da, ukoliko se spajanje

u sistem loše izvede rezultat može biti poražavajući. Medjuspojeve sa lošim koaksijanim kablovima koji vremenom menjaju karakteristike u svakom slučaju treba izbegavati. No, da vidimo podatke za 4x10 elm. DJ9BV u originalu: rastojanje 100% preporučeno sa strane DJ9BV

```
          4XBV211.ANT  144.2  MHz       12-25-2002
+-------------------- Results ---------------------+
¦ Name: 4XBV211          Frequency:  144.2 MHz     ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦ Gain:  17.91 dbd       F/B:        22.1 db       ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                   -3dB points                   ¦
¦                                                 ¦
¦ E-Plane:   16.48  Deg.  H-Plane:   18.18  Deg.   ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                                                 ¦
¦ Impedance:   48.28 -j .31 ohm                   ¦
¦                                                 ¦
¦ Efficiency:  98.45 %   Conductivity:  2.88E+07  ¦
¦                                                 ¦
¦ Boom comp.: -2.21mm       Stacking distance:    ¦
¦                           H-plane: 3mtr         ¦
¦ Stacking:    2 X 2        E-plane: 3.29mtr      ¦
¦ Stacking in free space                          ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS   Ver:3.54
```

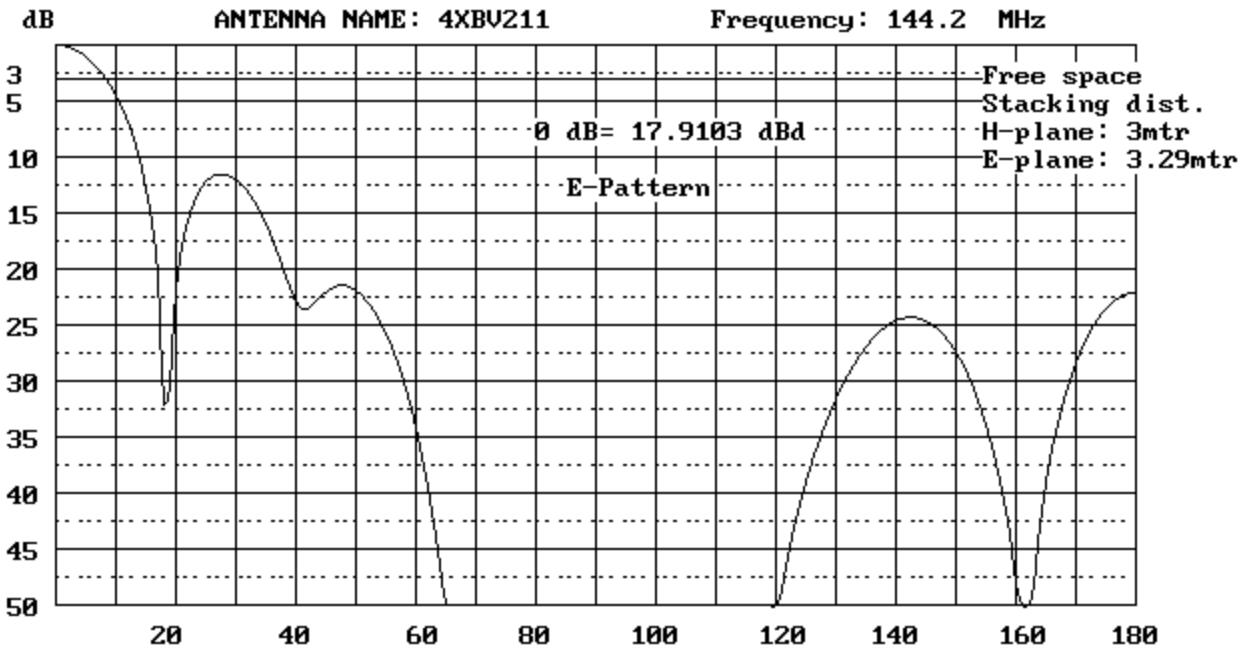
Tabela 13.

```
          4XBV211.ANT  144.2  MHz       12-25-2002
+-------------------------------------------------+
¦ 4 - 4XBV211 Yagi Array Noise Temperature ( G/T )¦
¦  Gain:  17.91 dBd      Frequency:  144.2  MHz   ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Forward Temperature    :   173.46K            ¦
¦                                                 ¦
¦   Sidelobe Temperature   :   30.17K             ¦
¦                                                 ¦
¦   Backward Temperature   :   2.76K              ¦
¦                                                 ¦
¦   Loss Temperature       :   4.49K              ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Total noise Temperature:   210.89K            ¦
¦                                                 ¦
¦   G/T ( dB )             :  -3.19               ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

Tabela 14.

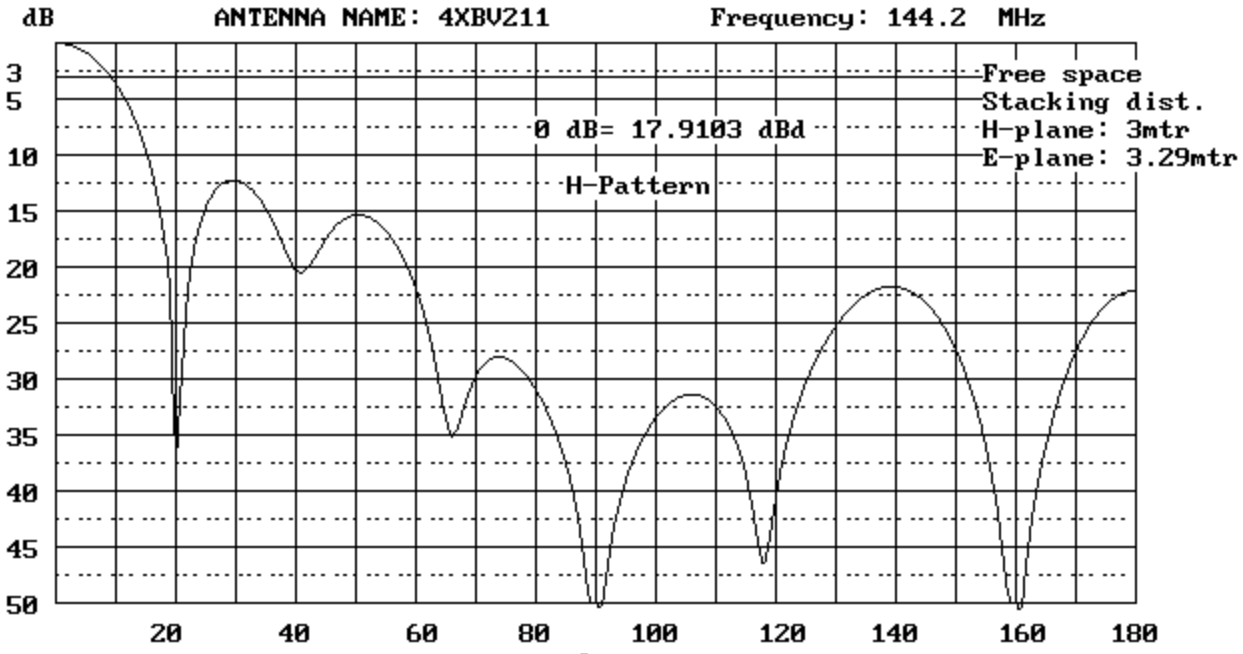
Čak i onome koji se nije mnogo bavio antenama sama analiza pokazuje to da se radi o izvanrednoj konstrukciji. Svakako 1990-e godine u osvitu računarske optimizacije ova konstrukcija je predstavljala pravu revoluciju medju antenama konstruisanim na osnovu „iskustva“.

Dijagram zračenja 4x10 elm DJ9BV u horiz. ravni. (100% rast,)



Slika 6.

Dijagram zračenja 4x10 elm DJ9BV u vert. ravni. (100% rast.)



Slika 7.

Ovi dijagrami su tada na prethodne iskustveno konstruisane antene bile pomak unapred, doista spram tadašnjih DL6WU ovo je bio mali pomak unapred. Zapravo radi se samo o računarskoj obradi i usavršavanju ideja OM Günther-a DL6WU. Tada su već mnogi konstatovali to da su čist dijagram zračenja i maksimalno pojačanje ne javljaju istovremeno. Impendansa se postavljala tako da se sa relativno jednostavnim sredstvima može prilagoditi na komercijalni transmisioni vod.

Takoreći odmah se ispostavilo da se čist dijagram zračenja, uz prihvatljiv gubitak pojačanja javlja na oko 80% odstojanja gde se javlja maksimum pojačanja, što izgleda ovako:

```
          4xBV2118.ANT 144.2  MHz       12-25-2002
+-------------------- Results --------------------+
¦ Name: 4xBV2118         Frequency:  144.2 MHz    ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦ Gain:  17.41 dbd       F/B:        25.3 db      ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                   -3dB points                   ¦
¦                                                 ¦
¦ E-Plane:   19.48  Deg.  H-Plane:   21.48  Deg.  ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                                                 ¦
¦ Impedance:   50.8 +j 1.21 ohm                   ¦
¦                                                 ¦
¦ Efficiency:  98.56 %   Conductivity:  2.88E+07  ¦
¦                                                 ¦
¦ Boom comp.: -2.21mm       Stacking distance:    ¦
¦                           H-plane: 2.4mtr       ¦
¦ Stacking:    2 X 2        E-plane: 2.632mtr     ¦
¦ Stacking in free space                          ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

Tabela 15.

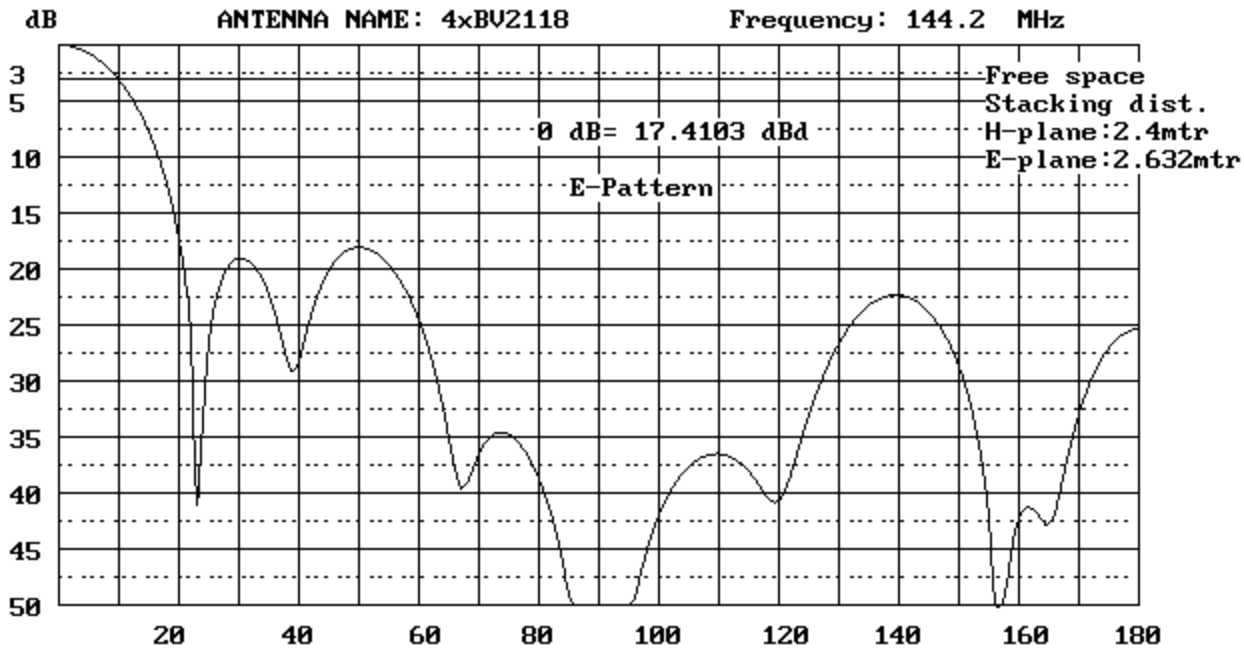
Ovde je vidljivo sledeće: veoma blagi porast impendanse usled medjusobnog dejstva antena, pad pojačanja za 0.5 dB što se smatra u granicama prihvatljivim za svakodnevni rad (naročito za Conteste i Es) povećan odnosi napred/nazad. Sve ovo se indirektno preslikava u glavni kriterijum ocene jedne antene, a to je odnos G/T. No medjutim i taj odnos a i njegov značaj nije u statičkom tj. dogmatskom shvatanju. U svakom slučaju za EME veze ovo je glavni kriterijum ali za sve ostalo moramo biti praktični i prihvatiti opseg onakav kakav je sa svim svojim korisnicima medju koje i sami spadamo. Ako želimo takav rad kojim nećemo ometati druge a i da nas ne ometaju, čistoća dijagrama zračenja je iznad svega najbitniji kriterijum.

```
          4XBV2118.ANT 144.2  MHz       12-25-2002
+-------------------------------------------------+
¦ 4 - 4XBV2118 Yagi Array Noise Temperature ( G/T )
¦  Gain:  17.41 dBd      Frequency:  144.2  MHz   ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Forward Temperature    :   174.64K            ¦
¦                                                 ¦
¦   Sidelobe Temperature   :   29.24K             ¦
¦                                                 ¦
¦   Backward Temperature   :   2.14K              ¦
¦                                                 ¦
¦   Loss Temperature       :   4.16K              ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Total noise Temperature:   210.19K            ¦
¦                                                 ¦
¦   G/T ( dB )             :  -3.67               ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

Tabela 16.

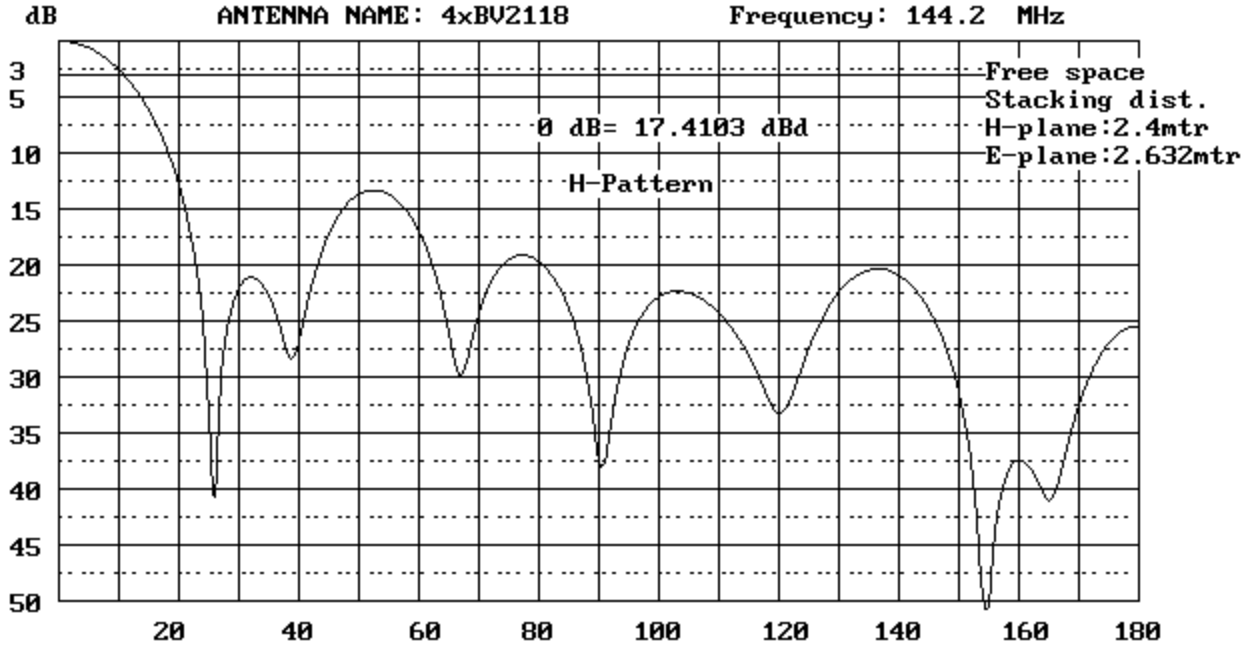
Ova tabela nam pokazuje nepobitno da smo sada osnovnu konstrukciju na neki način „pokvarili“ jer je odnos G/T lošiji. Naravno, „nema ruža bez trna“ ali smo dobili jedan mnogo prihvatljiviji dijagram zračenja koji se mnogo bolje uklapa u to što nas na bandu očekuje. Ove dijagrame sada možemo uporediti sa prethodim tj kada je razmak bio onakav da se dobijala maksimalna dobit sistema antena.

Dijagram zračenja 4x10 elm. DJ9BV u horiz. ravni (80% rast).



Slika 8.

Dijagram zračenja 4x10 elm DJ9BV u vert. ravni (80% rast.)



Slika 9.

Sa ovakvim antenama sam radio ne mali broj EME i FAI veza gde se sam dijagram zračenja pokazao veoma dobar. Prihvtam i tu hipotetičku konstataciju da sam imao tih 0.5 dB više, uradio bih više ali koliko? U svakom slučaju mnogo i mnogo manje od onoga što neki zamišljaju i kolika je moja sopstvena želja. Ovaj sistem nažalost zbog loše i slabe privremene konstrukcije bio je uništen u oluji pa nekako sam od sebe se nametalo to da je došlo vreme za „nešto veće“. Na žalost želje i materijalne mogućnosti devedesetih godina za vreme opšteg ludila, siromaštva i pljačke sa svih strana

na svaki mogući način su onemogućili mnoge da se time bave, delimično i mene. Iskorak unapred je bi moguć tako da se postavi isto to što je i bilo 4x10 elm. ali sada optimizirane varijante „H2“.

Sistem antena 4x10 elm. “h2“

Sama antena „h2“ je optimizirana kao pojedinačna antena sa odredjenim poboljšanim performansama što je ranije opisano. Nakon pada sistema antena (letnje vreme, vreme Es otvaranja) nije bilo mnogo vremena za eksperimentisanje pa je na brzini od ostataka postojećih antena napravljen sistem od 4 antena i postavljena na isti razmak kao i prethodni sistem. Izvršena je simulacija na računaru i postavljena je onakva kakva je ispala pa da vidimo...

```
           4xh2.ANT     144.2  MHz       12-26-2002
+-------------------- Results ---------------------+
¦ Name: 4xh2             Frequency:  144.2 MHz     ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦ Gain:  17.35 dbd       F/B:        30.3 db       ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                   -3dB points                   ¦
¦                                                 ¦
¦ E-Plane:   19.76  Deg.  H-Plane:   21.86  Deg.   ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                                                 ¦
¦ Impedance:   50.6 -j 2.2 ohm                    ¦
¦                                                 ¦
¦ Efficiency:  98.75 %   Conductivity:  2.88E+07  ¦
¦                                                 ¦
¦ Boom comp.: -2.21mm       Stacking distance:    ¦
¦                           H-plane: 2.4mtr       ¦
¦ Stacking:    2 X 2        E-plane: 2.632mtr     ¦
¦ Stacking in free space                          ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS   Ver:3.54
```

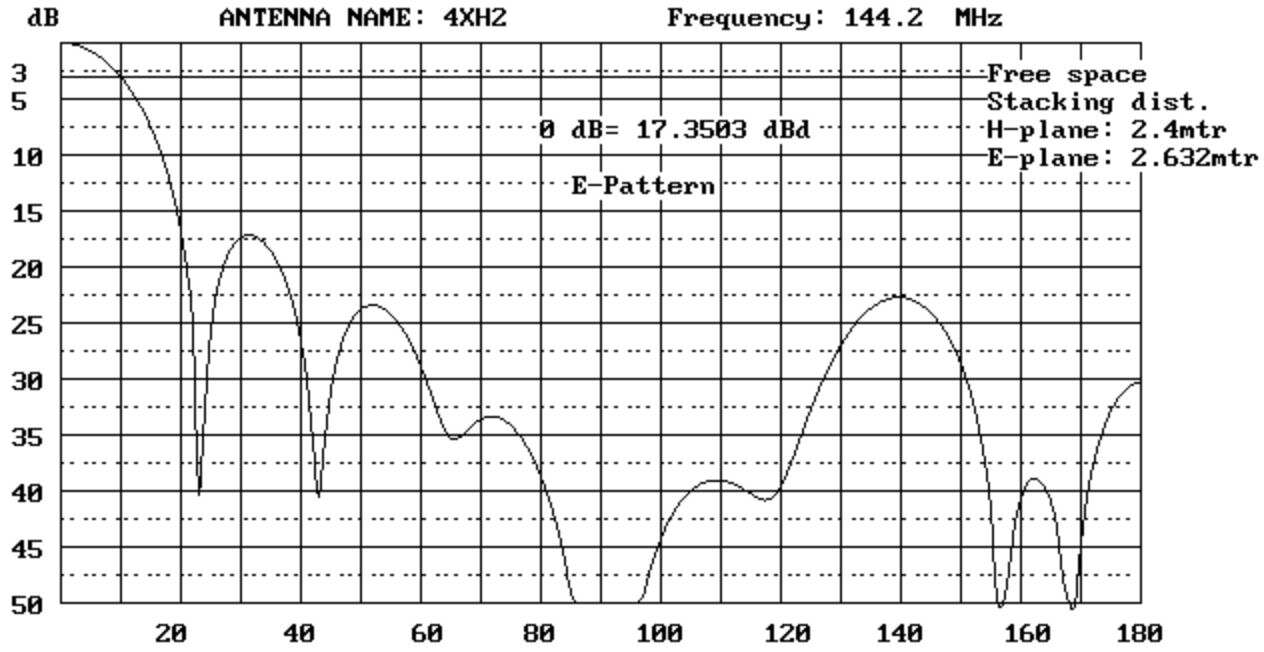
Tabela 17.

```
           4XH2.ANT     144.2  MHz       12-26-2002
+-------------------------------------------------+
¦ 4 - 4XH2 Yagi Array Noise Temperature ( G/T )   ¦
¦  Gain:  17.35 dBd      Frequency:  144.2  MHz   ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Forward Temperature    :   183.07K            ¦
¦                                                 ¦
¦   Sidelobe Temperature   :   19.16K             ¦
¦                                                 ¦
¦   Backward Temperature   :   1.84K              ¦
¦                                                 ¦
¦   Loss Temperature       :   3.62K              ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Total noise Temperature:   207.71K            ¦
¦                                                 ¦
¦   G/T ( dB )             :  -3.68               ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

Tabela 18.

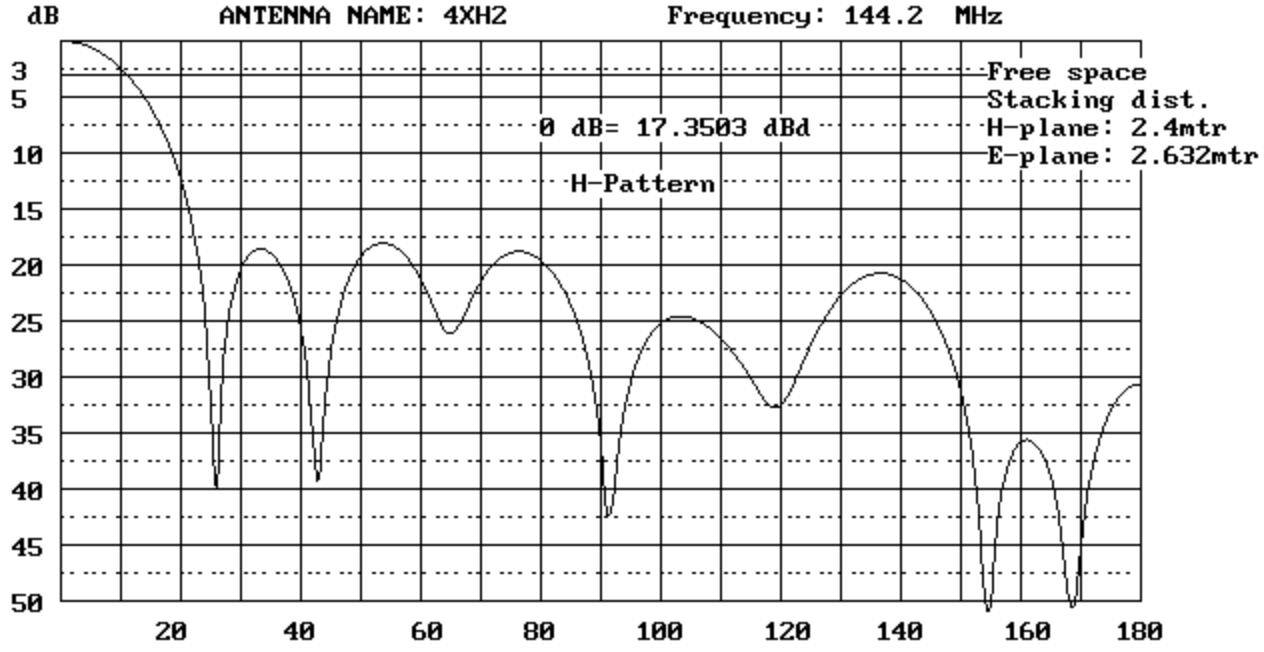
Dakle, pojačanje u poredjenju sa sistemom 4x10 elm DJ9BV na 80% odstojanja od maksimalnog pojačanja opalo je sasvim neznatno. Odnos napred/nazad je 30.3 dB što je odlično i pretstavlja poboljšanje a impendansa je ostala u granicama odličnih. No da vidimo dijagrame zračenja:

Dijagram zračenja sistema antena 4x10 elm H2 u horiz.ravni



Slika 10.

Dijagram zračenja sistema antena 4x10 elm „H2“u vert. ravni



Slika 11.

Ovi dijagrami upućuju na to da se radi o sistemu antena koji se u biti ne razlikuje puno od prethodne. Preostalo je samo to da se pokuša više optimizirati dijagram zračenja preko razmaka izmedju antena. To će pomalo imati uticaj na sve ostale parametre. Nakon računarske simulacije se došlo do toga da i horizontalno i vertikalno rastojanje bude 2.32 m. što daje sledeće rezultate:

```
          4XH2op.ANT   144.2  MHz       12-26-2002
+-------------------- Results --------------------+
¦ Name: 4XH2op           Frequency:  144.2 MHz    ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦ Gain:  17.28 dbd       F/B:        29.7 db      ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                   -3dB points                   ¦
¦                                                 ¦
¦ E-Plane:   21.6  Deg.   H-Plane:   22.38  Deg.  ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦                                                 ¦
¦ Impedance:   51.01 -j 1.98 ohm                  ¦
¦                                                 ¦
¦ Efficiency:  98.76 %   Conductivity:  2.88E+07  ¦
¦                                                 ¦
¦ Boom comp.: -2.21mm       Stacking distance:    ¦
¦                           H-plane: 2.32mtr      ¦
¦ Stacking:    2 X 2        E-plane: 2.32mtr      ¦
¦ Stacking in free space                          ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

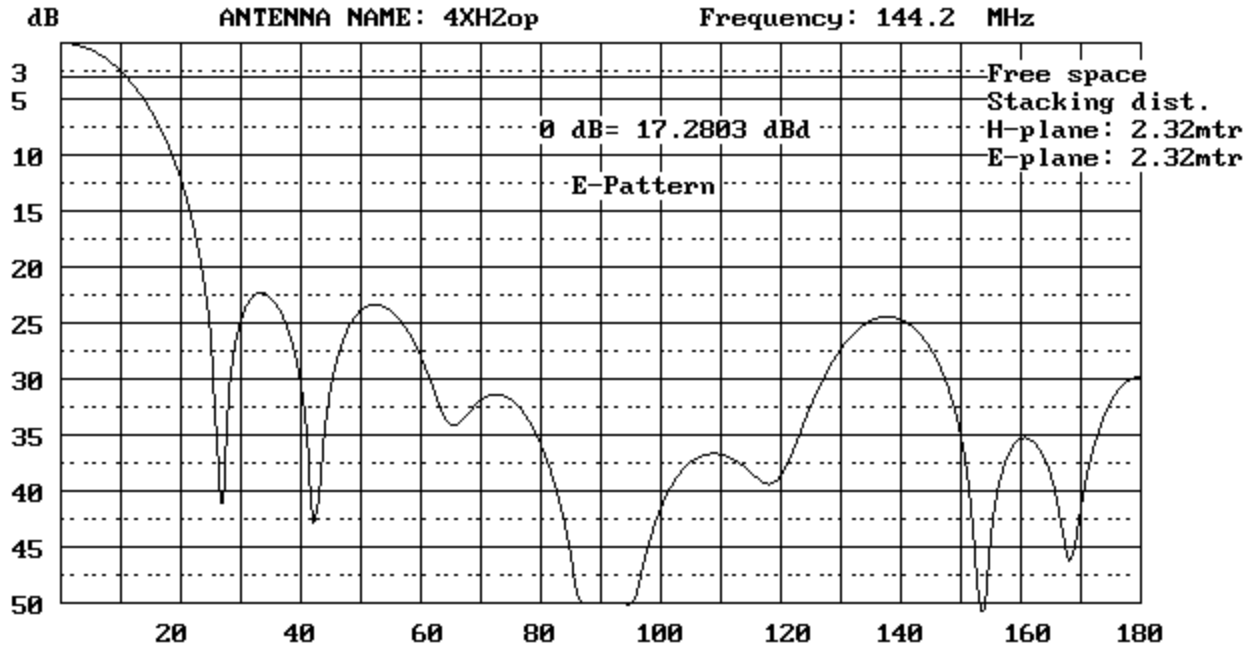
Tabela 19.

```
          4XH2op.ANT   144.2  MHz       12-26-2002
+-------------------------------------------------+
¦ 4 - 4XH2op Yagi Array Noise Temperature ( G/T ) ¦
¦  Gain:  17.28 dBd      Frequency:  144.2  MHz   ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Forward Temperature    :   185.68K            ¦
¦                                                 ¦
¦   Sidelobe Temperature   :   16.01K             ¦
¦                                                 ¦
¦   Backward Temperature   :   1.8K               ¦
¦                                                 ¦
¦   Loss Temperature       :   3.56K              ¦
¦-------------------------------------------------¦
¦   Total noise Temperature:   207.06K            ¦
¦                                                 ¦
¦   G/T ( dB )             :  -3.74               ¦
+-------------------------------------------------+
YAGI - ANALYSIS    Ver:3.54
```

Tabela 20.

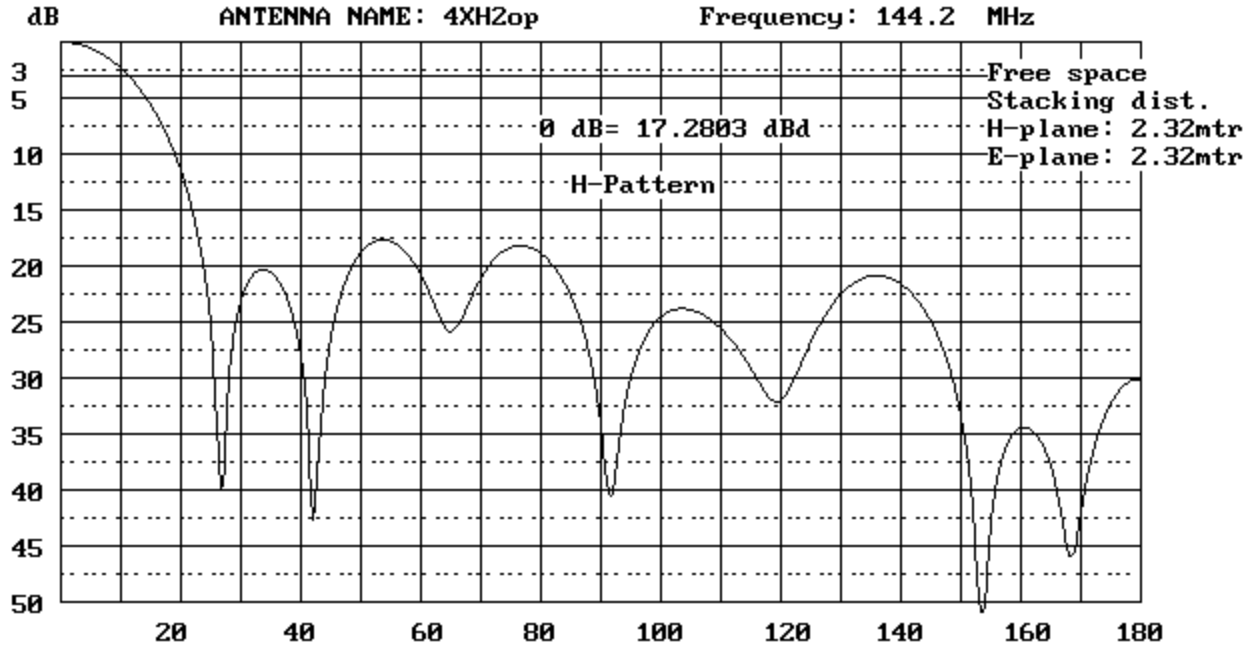
Ovi podaci se veoma malo razlikuju od prethodnih tako da je neophodna detaljna analiza Dijagrama zračenja.

Dijagram zračenja 4x10 elm H2op u horiz. ravni



Slika 12.

Dijagram zračenja 4x10 elem. H2op u vert ravni



Slika 13.

Ovo pretstavlja ujedno i krajnji domet moga rada na ovoj anteni. Zaključak se nameće sam po sebi. Stvorena je odlična antena za svakodnevni rad i rad u takmičenjima. Ova dobit i karakteristike omogućavaju dakako i EME rad sa onima koji imaju odličnu opremu za EME rad. Medjutim, ukoliko nam je cilj EME rad najbolje je da se konstruiše nova antena za rad samo na EME.

Ako analiziramo čistoću dijagrama, dobili smo jednu izvanrednu antenu i rad na opsegu postaje, umesto besa na druge, uživanje. Naravno poznavajući nas ovo će se teško prihvatiti jer

stečene navike se veoma teško menjaju. Mislim da je krajnje vreme da, umesto toga što se ljutimo na svakoga, pokušamo nešto činiti i sa svojom opremom pa da te famozne „smetnje od drugih“ prestanu.

Takodje na svakom koraku srećem ljude koji u nedostatku savremene stručne literature iskopaju nešto iz naftalina pa to naprave verujući u ono što tamo piše. Ovu veliku grešku ne plaća samo taj koji to čini već i mnogi drugi oko njega, jer preko svojeg prljavog dijagrama zračenja ponajviše ometa druge a nije u mogućnosti da čuje ono što bi želeo i mogao. Bitno je imati na umu da se ranije, pre pojave snažnih računara, nije mogla izvršiti neka validna analiza antena a o optimizaciji u današnjem smislu reči nije ni bilo govora. Dakle, svaka antena koja nije konstruisana po ovim analizama i optimizacijama samo u izuzetnom slučaju (skoro nikada) može odgovarati svojoj nameni. U ovu kategoriju spadaju nažalost i one antene koji su optimizirane „malim računarima“ tipa Spectrum, Comodore i sl.

Ovo služi samo za podsticaj daljeg rada na ovoj problematici jer nije gotov i završen recept. Namena je samo da se pokaže put kojim sam ja krenuo i koji je doveo do nečega sa čim sam delimično zadovoljan u izuzetno skromnim uslovima i mogučnostima rada.

Krajnji je zaključak da, iako se napustio ovaj način optimiziranja, ona može poslužiti kao putokaz za dalji rad. U ostalom i dalji radovi OM Rainer-a DJ9BV su usmereni na to da se na odredjenoj dužini booma pronadje optimalan broj elemenata u odnosu na širinu opsega i optimalnih parametara. Ostaje još kompromis izmedju prethodnih uslova i impendanse antene gde se vidi jedna mogućnost da se i dalje ide putem najjednostavnijih transformacija na standarne transmisione vodove težeći ka višim impendansama zbog manje osetljivosti na okolinu. Ili pak krenuti drugim putem; Izvući sve što se da izvući pa se posle baviti prilagodjenjem i osetljivošću na okolne predmete. Ovakav put je možda opravdan ako se radi o antenama koje su fiksno postavljene u jednom pravcu ali za antene koji se rotiraju nije jer u raznim pravcima i pod raznim uglovima elevacije imaju razne karakterisitike.

Neophodno je vršiti (sada je već to moguće) optimizaciju antene na realne uslove rada imajući u obzir i okolne predmete i visinu postavljanja i veoma značajan faktor uticaja zemlje na dijagram zračenja. O odredjenim slučajevima ovo može prouzrokovati porast pojačanja antene do 5-6 dB ili pak retrdiranje za toliko (Ground Gain).

O svemu tome će se još puno napisati i sa moje a i sa tudje strane pa se čitava problematika pojavljuje u svojoj dinamici i u naredno vreme.

LITERATURA:

Dragoslav Dobričić YU1AW. Jagi antene bez misterije (1-6)
Dragoslav Dobričić YU1AW. Otvoreni ili zatvoreni dipol
Rainer Bertelsmeier DJ9BV. Yagi-Antennas for 144 MHz, Dubus 1/1990
Nagy Gyula HA8ET. VHF-és UHF-anténnák elmélete és gyakorlata, Rádiotechnika 9/1997-10/1999
Lionel Edwards VE7BQH. G/T Simulations, Internet Page
Brian Beezley K6STI. Antenna Optimizer 6.5/1995
Göran Stenberg SM2IEV. Yagi Analysis 3.54 , S.G.Software