

KADA MIŠ POKISNE

Studija o ponašanju WiFi antena na kiši u zavisnosti od njihovog tipa

Uvod

Tokom projektovanja **Amos** antene bavio sam se malo i problemima **pokislih antena**. Naime, hteo sam da vidim kakva je konkretno zaštita od atmosferskih uticaja dovoljna za **Amos** antenu, pa sam u tom kontekstu vršio poređenja i sa drugim antenama pod istim uslovima. Mislim da će rezultati do kojih sam došao biti interesantni širem auditorijumu, pa ću ih ovde prezentovati.

Program kojim sam simulirao antene poseduje mogućnost rada sa izolovanim provodnicima i računa uticaj izolacije na ukupan rad antene. Ovo mi je dalo ideju da probam da pokislu antenu simuliram kao antenu koja je napravljena od izolovanih provodnika, s tim što sam za karakteristike izolacionog materijala uzeo karakteristike vode. Glavni problem kod vode i leda kao izolatora je njihova izuzetno visoka dielektrična konstanta koja se za destilovanu vodu kreće oko **$\epsilon_r=34-78$** . Ako se uzme u obzir da je dielektrična konstanta uobičajenih plastičnih masa koje se koriste u elektrotehnici (**PE, PTFE, PVC** i sličnih), oko **$\epsilon_r=2-4$** , onda je jasno da pokisla antena **nije** isto što i antena napravljena od žice sa **PVC** izolacijom! Nije isto pre svega zato što je uticaj velike dielektrične konstante vode na električno razdešavanje antenskih provodnika, posebno kod rezonantnih antena, ono što direktno potkopava temelje uspešnog rada svake rezonantne antene.

Favoriti i autsajderi

Očekivalo se takođe da će antene sa nižim **Q-faktorom**, tj. višom otpornošću zračenja biti manje podložne razdešavanju od antena koje imaju nisku otpornost zračenja i visok **Q-faktor**. Širina frekvencijskog opsega u kojoj je antena dobro prilagođena i ostvaruje očekivane performanse je vrlo važan faktor. Osim mogućnosti rada na većoj širini frekvencijskog opsega takve antene najčešće imaju i veću efikasnost i manje su osetljive na okolinu u kojoj rade. S druge strane, frekvencijski uskopojasne antene su vrlo osetljive na sve okolne objekte i to manifestuju promenom svojih osobina, pre svega ulazne impedanse a potom i dijagrama usmerenosti.

Već prema tome su se mogli izdvojiti **favoriti i autsajderi**, ali je bilo mnogo interesantnije ispitati koliko je cela stvar ozbiljna i koliko je velika razlika u ponašanju između ove dve grupe antena.

Visok **Q-faktor** antene može biti posledica arbitrarnog smanjenja prirodnih fizičkih dimenzija antene i kompenzacije tog smanjenja da bi se ulazna impedansa održala pogodnom za jednostavno napajanje. Međutim, i antene koje sadrže rezonantne pasivne elemente iz kojih je "isceden" i poslednji delić pojačanja mogu takođe imati veoma malu otpornost zračenja i visok **Q-faktor**. Primer takvih antena su **Yagi antene** onih autora kojima je izvlačenje i poslednjeg delića decibela bio glavni moto pri konstrukciji.

Optimalni dizajn antene mora da nađe optimalan kompromis između nekoliko međusobno suprotstavljenih zahteva od kojih nikada ne mogu svi biti u potpunosti zadovoljeni.

Sve u svemu, projektovanje antene nije ni izdaleka tako jednostavna stvar ako se želi zaista optimalna antena za određenu upotrebu i date okolnosti.

Analiza uticaja vode na antene

Tokom ove analize ispitivan je uticaj vlage na sledeće antene koje su uobičajene u upotrebi na WiFi: **Biquad, Yagi, 3D kornjer reflektor, Amos**. Rezultati se mogu analogno ekstrapolirati na sve druge antene koje su ili derivacije ovih pomenutih, ili rade po istom principu. Mnoge antene poseduju jedne antene u kombinaciji sa drugim, kao na primer grid antene koje su kombinacija kratke Yagi antene sa 2-3 elementa i parabolične reflektorske površine koja fokusira zračenje Yagi antene.

Simulacija je urađena tako da je na **poluprečnik gole bakarne žice** dodavan sloj vode ravnomerne debljine izražen kao povećanje ukupnog poluprečnika žice. Poluprečnik žice je normalizovan, tj. uzet kao **jedinica**, a onda je povećavan slojem vode na **1.1, 1.2 ... itd.** Pri tome je posmatrano ponašanje antene preko promene njenog pojačanja i ulaznog prilagođenja, odnosno **SWR-a**.

Za vodu je uzeto da je veoma čista destilovana voda male provodnosti, što je najpovoljniji slučaj jer su tada visokofrekventni gubici najmanji. Za dielektričnu konstantu je uzeto da je **Er=70**, mada moram reći da su sve vrednosti već **preko Er=10-15** davale skoro **identične rezultate!**

Na ovaj način je posmatrano samo razdešavanje antene usled promenjene dielektrične konstante sredine bez dodatnih gubitaka. Ako se uzme u obzir da u praksi kondenzat ili kišnica nisu baš tako čisti i da su prilično loš VF izolator, onda su u praksi prisutni i dodatni VF gubici u vodi koji ovde nisu razmatrani. Dakle, ovo je povoljniji slučaj jer je u praksi još gore zbog pomenutih gubitaka!

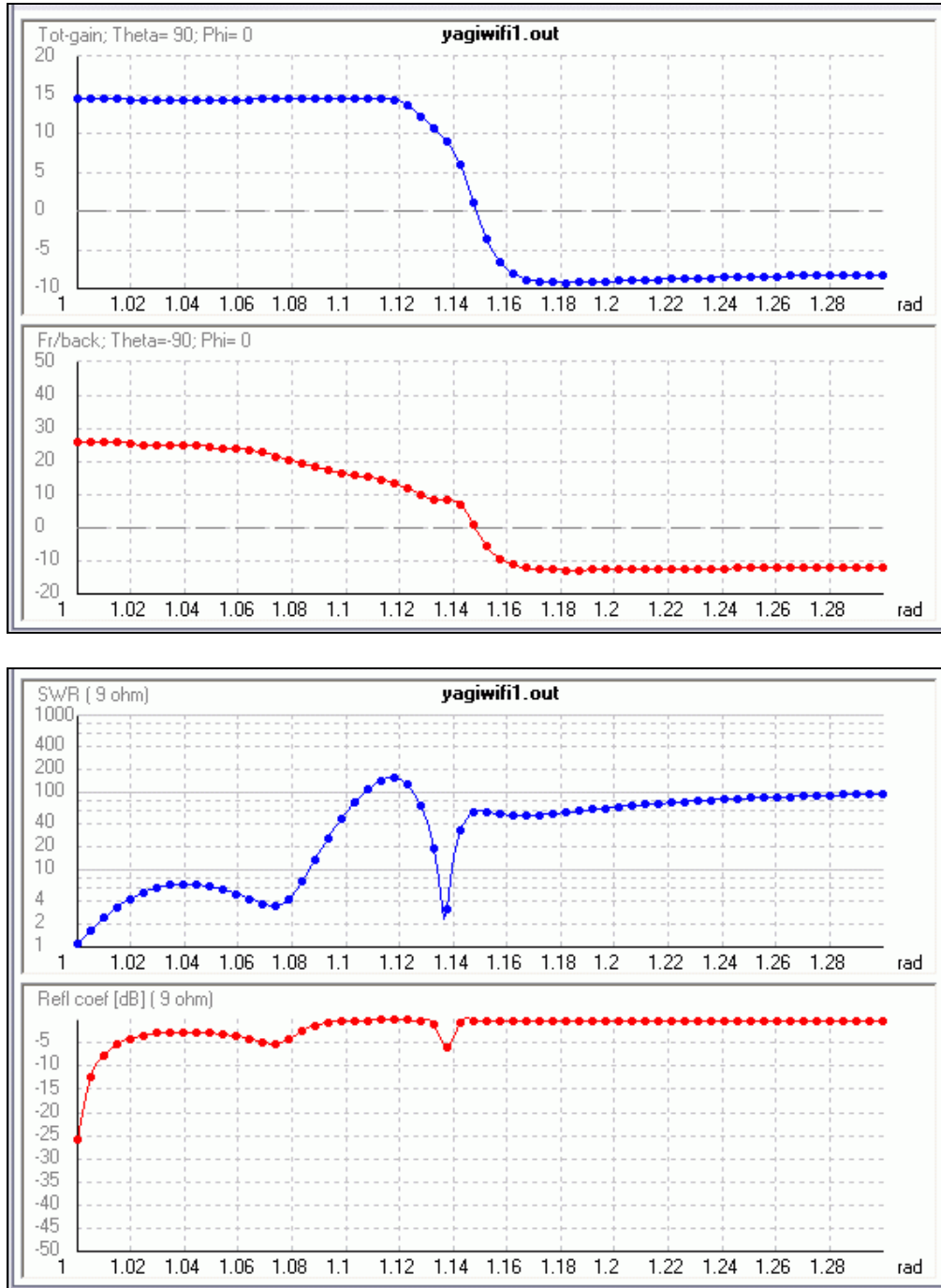
Rezultati analize

Krenućemo od **autsajdera** ka **favoritima**. Najveći autsajder je **Yagi** antena sa niskom otpornošću zračenja, s tim što se za Yagi antene sa višom otpornošću zračenja stvar malo popravljaju. Pad pojačanja od **-3dB** i porast **SWR-a** na **3** uzećemo kao **granicu** za prihvatljiv rad antene.

Yagi antena nominalne impedanse od 9 oma

Iz priloženih dijagrama vidi se da, kada se na antenske elemente nahvata vlaga, kiša ili kondenzacija i poveća poluprečnik žice na **1.15**, odnosno za **15%**, dolazi do prekida rada antene i naglog pada pojačanja sa **15dBi** na **-4dBi!** Međutim, i pre toga prilagođenje antene postaje problem. Naime, već kondenzacija od svega **1.5%** poluprečnika žice stvara neprihvatljivo veliki **SWR od 3**. **Koliko je to 1.5%?** Pa ako je prečnik žice od koje je napravljen element Yagi antene **2mm**, poluprečnik (radijus) je **1mm** a **1.5%** je **0.015mm** ili sloj vlage **debljine 15 hiljaditih delova milimetra!**

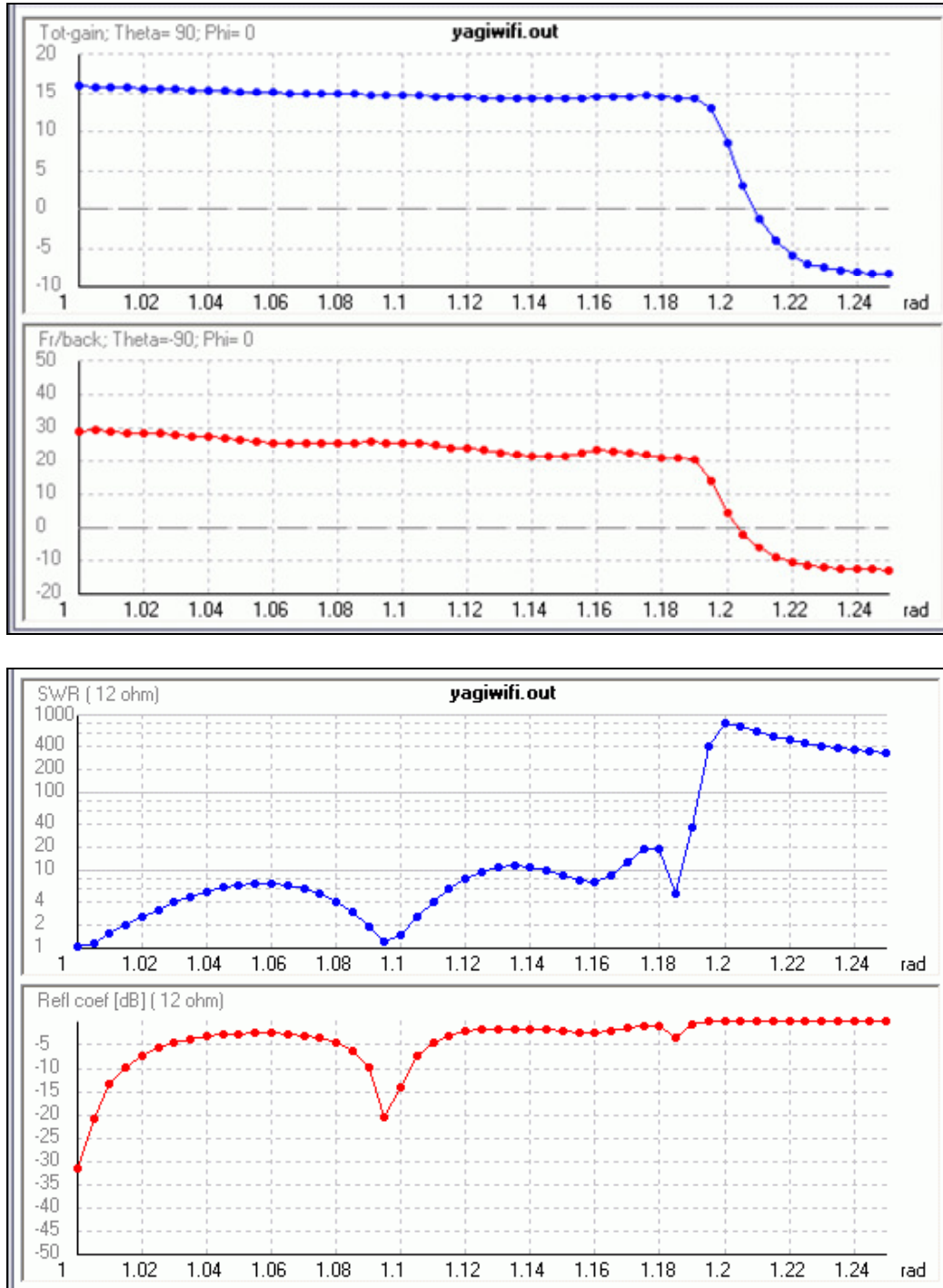
Pri sloju vode na elementima od **12%** radijusa antena još uvek ima oko **15 dB** pojačanje ali joj je **SWR preko 150!**



Ponašanje Yagi antene čija je nominalna impedansa 9 oma

Yagi antena nominalne impedanse od 12 oma

Situacija je jedva nešto malo bolja. Pojačanje otkazuje pri oko **20%** debljine vode u odnosu na radijus elementa, a SWR postaje neprihvatljiv već pri **2%** radijusa.

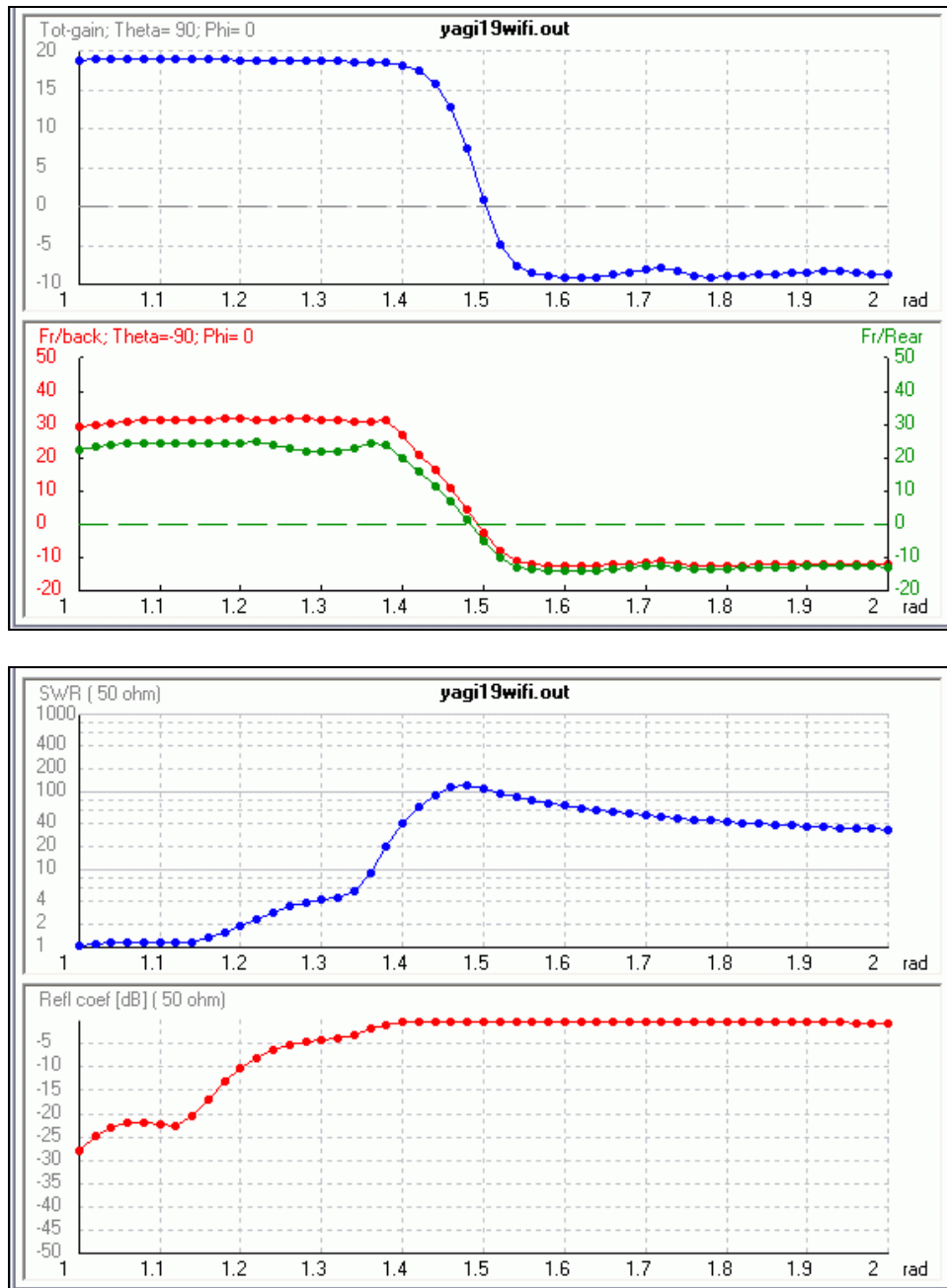


Ponašanje Yagi antene nominalne impedanse od 12 oma

Yagi antenna nominal impedance of 50 ohms

Ovo su Yagi antene kod kojih **nije** žrtvovana otpornost zračenja da bi se izvuklo što veće pojačanje. **Takvih je malo!**

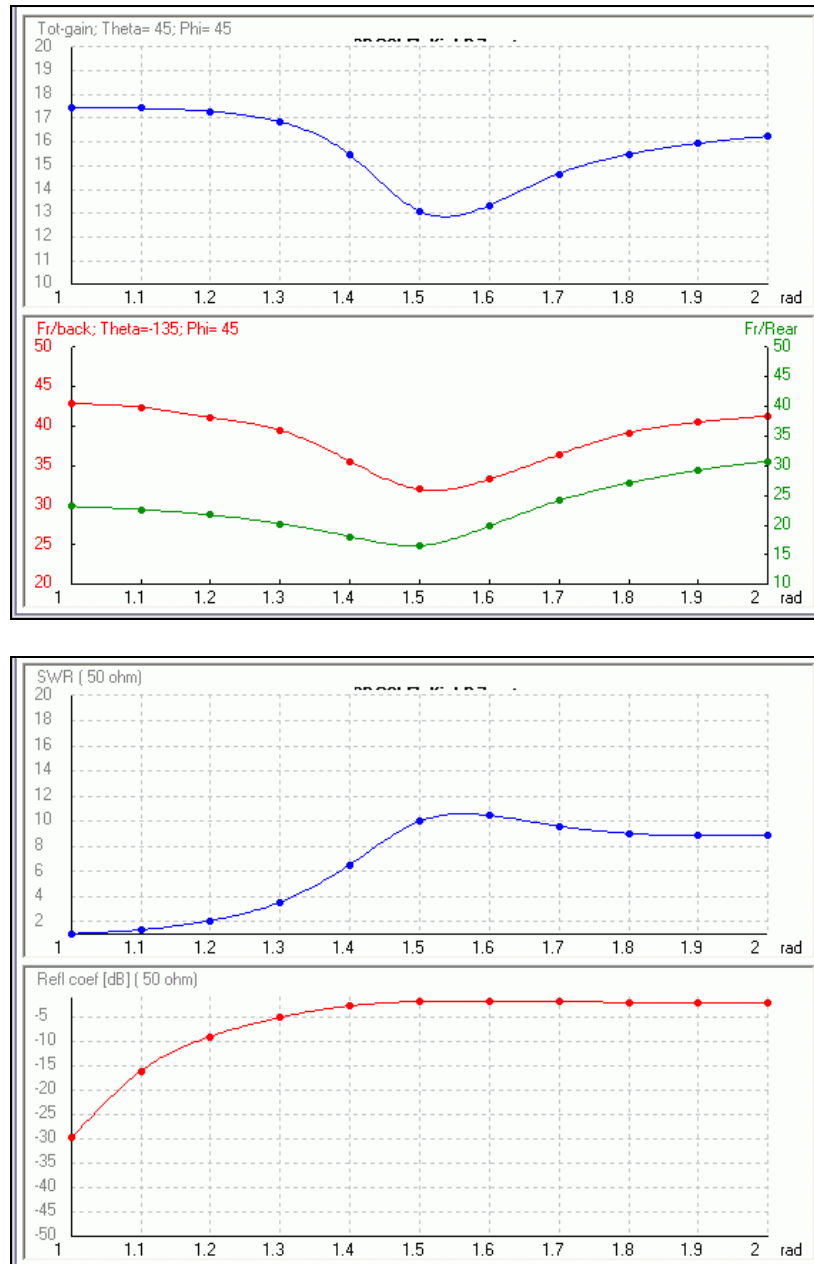
Ali rezultati ni za ovu, najbolju među Yagi antenama, nisu baš ohrabrujući. Pri oko **40%** radijusa antena još uvek radi, ali joj je **SWR oko 40!** Što se SWR-a tiče, upotrebljiva je do oko **25%** povećanja radijusa.



Ponašanje Yagi antene sa nominalnom impedansom od 50 oma

3D korner reflektor antena nominalne impedanse od 50 oma

Ova antena sa svojim zračućim elementom i elementom za prilagođenje impedanse predstavlja dvoelementnu Yagi antenu. Slično je i sa klasičnim korner reflektorom koji ima rezonantni otvoreni dipol kao pobudni element. Ovaj uticaj je sličan i kod grid antena napajanih Yagi antenama sa 2-3 elementa u fokusu. Ovde prvi put imamo relativno slaganje opadanja pojačanja i porasta **SWR-a** sa povećanjem vodenog sloja na elementima. Naime, **3D korner antena** će da radi sa prihvatljivim **SWR-om** i relativno dobro očuvanim pojačanjem do **25%** povećanja radijusa.



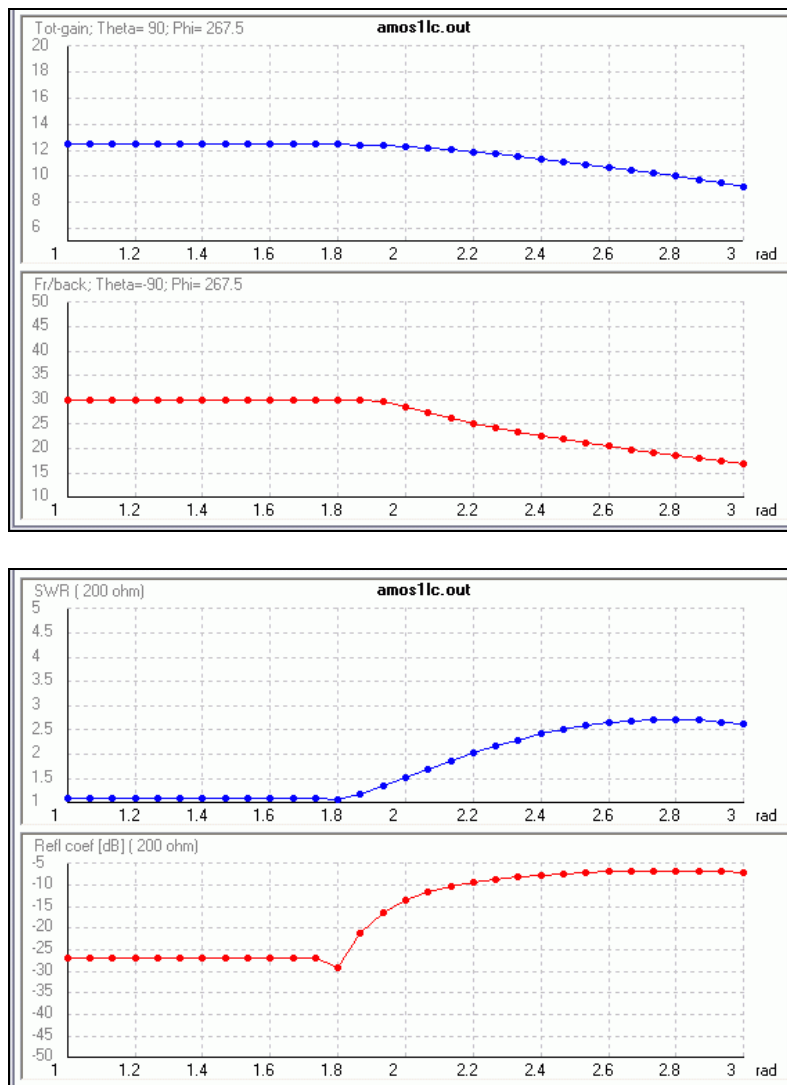
Ponašanje 3D korner reflektor antene sa nominalnom impedansom od 50 oma

Kolinearna antena Amos

Amos antena je interesantna za analizu iz najmanje dva razloga. Prvi je taj što se sastoji iz rezonantnih dipola kao i Yagi antena, ali su samo dva krajnja dipola na jednoj strani otvorena, dok su ostali vezani sa susednim analogno kao kod zatvorene petlje. Drugi razlog je njena vrlo visoka otpornost zračenja koja je dosta veća nego kod ostalih ispitivanih antena.

Iz rezultata vidimo da imamo relativno dobro slaganje pada pojačanja sa povećanjem **SWR-a**. Međutim, interesantno je da je **SWR** i u najgorem slučaju **manji od 3**, tako da nam je **pad pojačanja jedino ograničenje** pri određivanju dokle **Amos** može da radi kada se pokvasi.

Ako bi se prihvatio pad pojačanja od **-3dB** što je uobičajeno, onda **Amos** može da radi sa oko **300%** povećanjem radijusa! Pri tome će imati pojačanje od **oko 9.5 dBi** i **SWR** od **oko 2.6!**

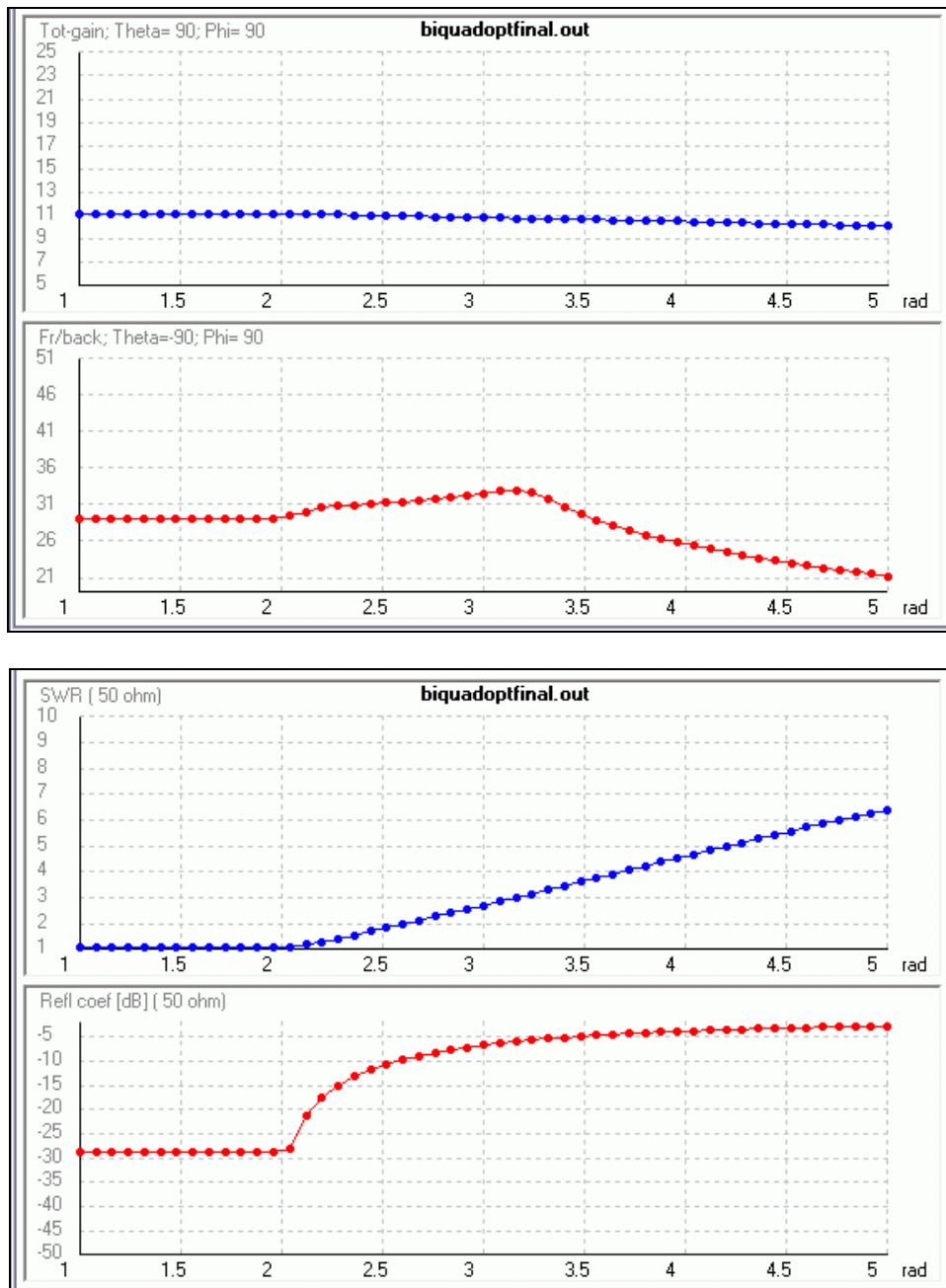


Amos antena sa nominalnom impedansom od 200 oma

Optimalna Biquad antenna sa impedansom od 50 oma

U pogledu otpornosti na vlagu **Biquad** je ubedljivo najbolji. To u velikoj meri duguje svojoj konstrukciji sa zatvorenim petljama kao zračecim elementima. Zatvorene petlje imaju veću otpornost zračenja i nemaju otvorene krajeve koji su posebno osetljivi na uticaj vlage zbog visoke impedanse i efekta krajeva.

On može da radi do **320%** povećanja radijusa sa **SWR-om** od **3** i gotovo nepromenjenim pojačanjem od **11 dBi**!

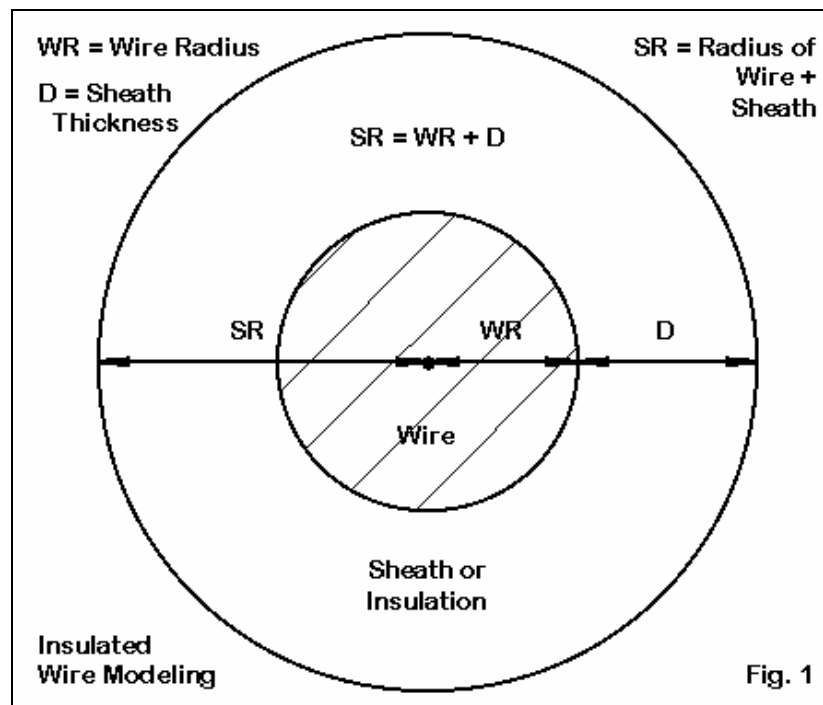


Optimalna Biquad antenna nominalne impedanse od 50 oma

Zaključak

U ovoj analizi je simulacijom na računaru ispitivan uticaj vode na elementima antene na pravilan rad antene. Voda kao izolator sa izuzetno visokom dielektričnom konstantom predstavlja značajan faktor poremećaja kada obloži provodnik antene. Zbog tog uticaja rezonancija pojedinih elemenata, a time i cele antene se promeni. Kod rezonantnih antena koje svoje pojačanje i prilagođenje duguju upravo rezonantnim efektima svojih elemenata to razdešavanje može biti kobno, kao što se vidi kod nekih tipova antena.

U analizi su uzeti samo dielektrični efekti vode, jer je ona tretirana kao idealni izolator. Međutim, u praksi to najčešće nije slučaj, pa zbog toga antene u praksi trpe dodatne gubitke usled visokofrekventnih gubitaka u samoj vodi koja ima određenu provodnost. Sloj vode na svakom elementu je uzet da je ravnomeran i homogen i izražen je preko uvećanja radijusa žice. Radijus **gole suve žice** je normalizovan na vrednost **1** tako da vrednost radijusa veća od **1** predstavlja ukupnu debljinu žice zajedno sa slojem vode.

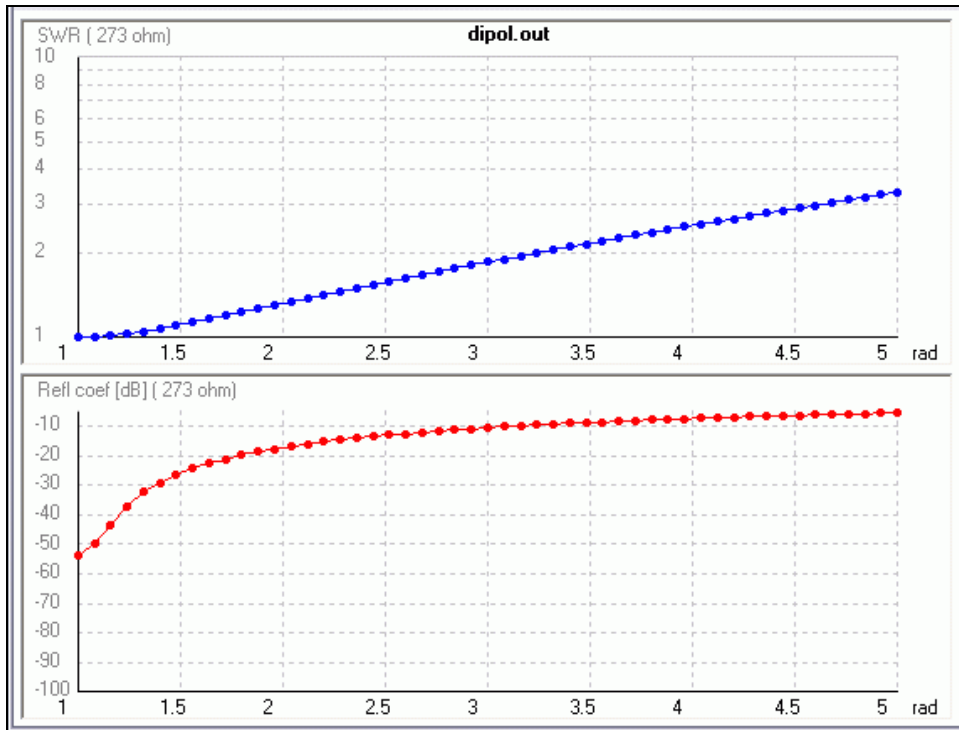


Modeliranje žice sa izolacijom

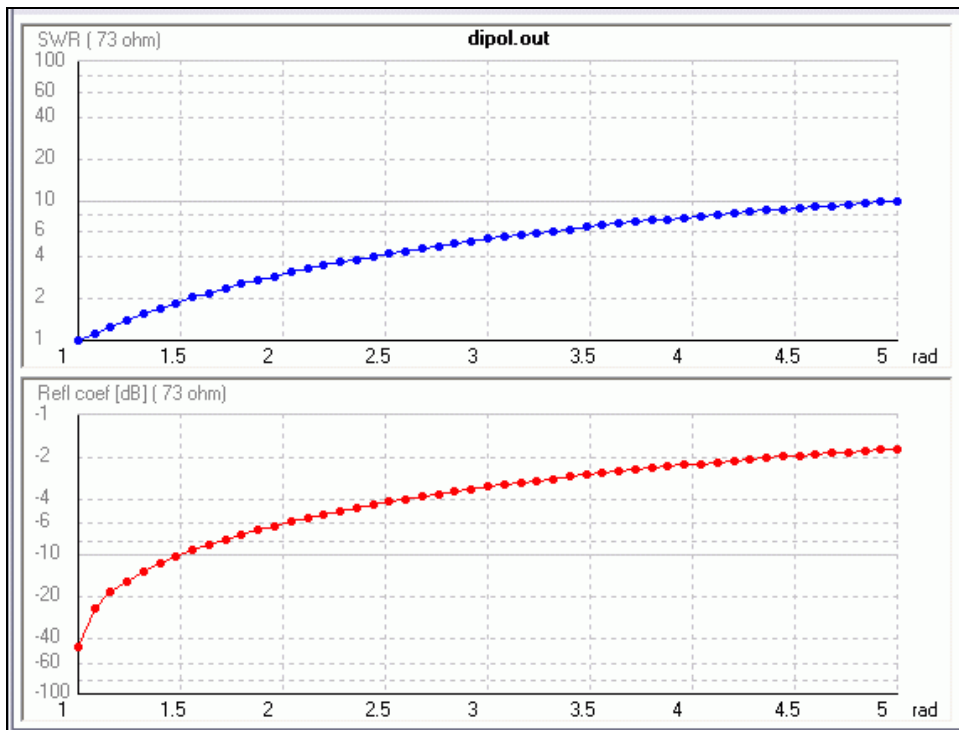
Analiza je nedvosmisleno potvrdila da ključnu stvar u otpornosti antene na vodu predstavljaju njena nominalna otpornost zračenja i neke specifičnosti konstrukcije.

Velika otpornost zračenja antene obezbeđuje nizak **Q-faktor** antene i veliku otpornost antene na razdešavanje zbog promenjenih uslova sredine.

S druge strane, pojedina konstruktivna rešenja su se pokazala otpornijim na uticaje promenjene sredine, i tu bi se zatvorena jednotalasna petlja mogla uzeti kao lep primer. Svejedno je da li je petlja kvadratna, kružna ili u obliku nekog drugog poligona.



Uticaj vode na zatvoreni dipol nominalne impedanse 273 oma



Uticaj vode na otvoreni polutalasni dipol nominalne impedanse 73 oma

Zatvoreni ili otvoreni dipol?

Zatvoreni dipol predstavlja bolje rešenje za vlagu od **otvorenog dipola**, zbog otvorenih krajeva i njihovih efekata posebno osetljivih na promenu sredine. To se lepo vidi i na dijagramima gde **zatvoreni dipol** dostiže **SWR=3** kod **450%**, a **otvoreni** kod **200%** radijusa.

Zaštita stavljanjem u kutiju

Kod antena koje imaju mali broj elemenata osetljivih na vlagu može se zaštitom tih elemenata stavljanjem u odgovarajuću kutiju postići povećana otpornost cele antene na vodu. Međutim, uticaj same kutije na antenu, a zatim i prikupljene vode na kutiji takođe mogu biti problematični i ponekad teško rešivi.

Kada se radi o zaštiti **Yagi** antena tu nastaju ogromni problemi. **Yagi** antene su zbog svog visokog **Q** faktora veoma osetljive na bilo šta u njihovoj blizini. Plastična cev, u koju se obično stavljaju da bi se zaštitile od kiše, svojom dielektričnom konstantom i gubicima u plastičnoj masi narušavaju integritet antene ponekad u jako velikoj meri. Ako se tome doda i voda koja se zadržava na spoljašnjim delovima cevi i kondenzacija vlage na elementima antene kao i na unutrašnjoj strani cevi onda posao nije baš lak i naročito izvestan.

Na kraju bih samo napomenuo par reči o **kanteni** kao još jednoj anteni koja se dosta koristi. **Kantena** radi kao talasovod koji je na jednom svom kraju kratkospojen, a na drugom otvoren i iz koga se zrači energija. Uticaj vlage unutar talasovoda ima dvojak uticaj. S jedne strane, voda svojim dielektričnim i rezistivnim gubicima slabi polje unutar talasovoda, a sa druge strane svojom velikom dielektričnom konstantom ga razdešava. Dimenzije talasovoda moraju biti tačno određeni umnošci talasne dužine da bi se kroz talasovod prostirao osnovni mod talasa sa najmanje gubitaka. Odstupanje od ovih dimenzija usled razdešavanja za posledicu obično ima povećano slabljenje dominantnog moda i pojavu sekundarnih modova, što narušava dijagram direktivnosti antene i menja njenu ulaznu impedansu.

U Beogradu, 7. maja 2005.