

# Poboljšanje Yagi antene – tridesetogodišnji ćorsokak?

*Dragoslav Dobričić, YUIAW*  
[ddobricic@gmail.com](mailto:ddobricic@gmail.com)

## Uvod

Performanse Yagi antena vrlo često degradiraju kada one postanu vlažne. U mom prethodnom članku [1], pokazao sam kako se Yagi antene ponašaju u vlažnim uslovima. Sve antene se ponašaju slično, i imaju tendenciju da pomere svoje performanse na nižu frekvenciju. Međutim, samo one antene koje imaju dovoljnu marginu prema tački gubitka pojačanja (kada radna frekvencija dostiže kritičnu frekvenciju pri kojoj počinje nagli pad pojačanja zbog nepravilnog faznog stava struja u pasivnim elementima antene), još uvek zadržavaju svoje dobre performanse i u vlažnim radnim uslovima.

Dijagrami pokazuju primere dobrog i lošeg ponašanja antena u suvim i vlažnim uslovima rada.

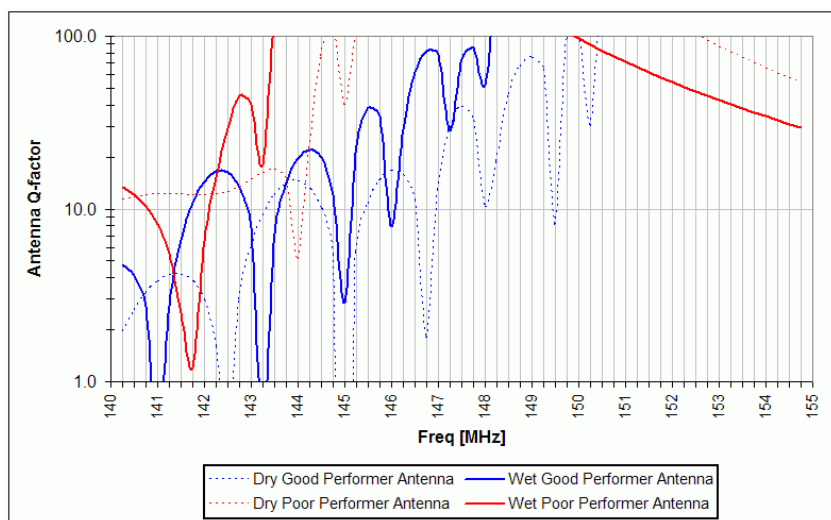
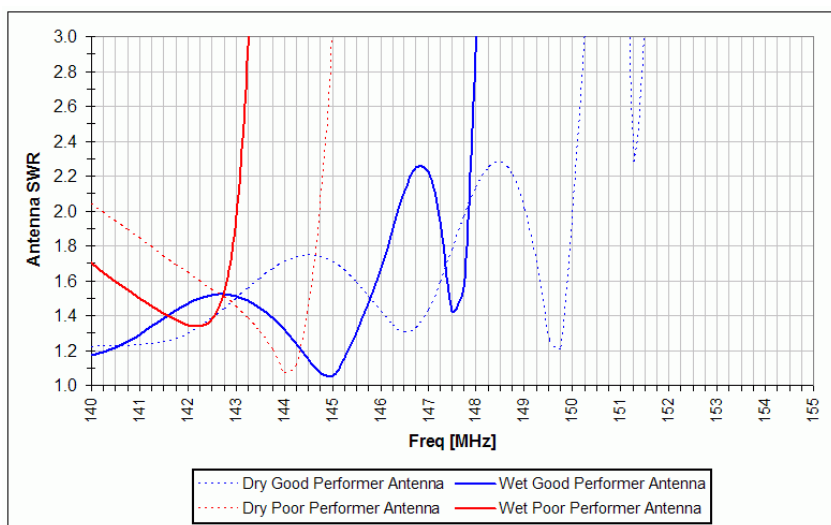
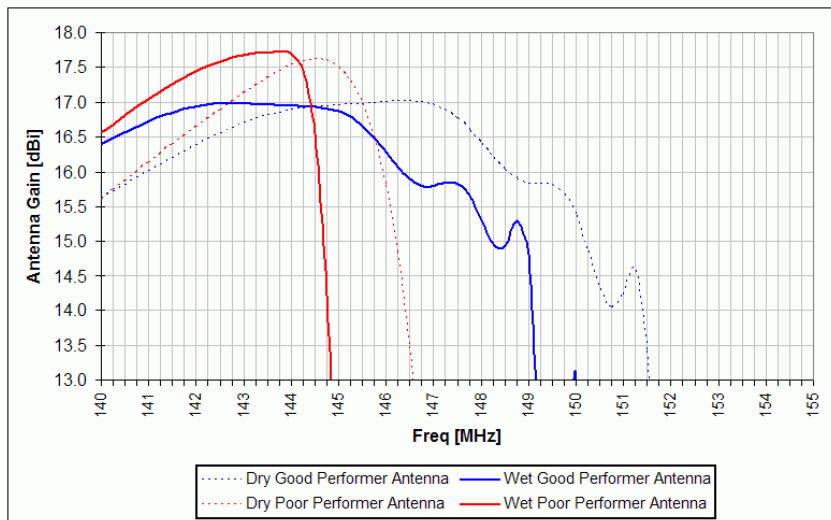
U provedenim simulacijama, izabrao sam za “vodenu penu”, koja se formira na elementima pri vlažnom vremenu, relativnu dielektričnu konstantu  $\epsilon_r=8$  i debljinu od 0.5 mm na osnovu praktičnih posmatranja kako bih povećao preciznost rezultata u odnosu na moje prethodne simulacije i da bih osigurao dovoljno jednake i fer uslove za poređenje antena.

Izvesne teškoće u pravilnom odabiru debljine akumulisane vode na elementima su se pojavile zbog različite debljine elemenata. Količina akumulisane vode na elementima verovatno zavisi od njihove debljine. Debljina vode na elementima ima uticaj na performanse antene koji je zavisen od odnosa  $R/r$ , gde je  $r$  poluprečnik gole metalne žice ili šipke od koje je element napravljen, a  $R$  ukupni poluprečnik vodom pokrivenog elementa.

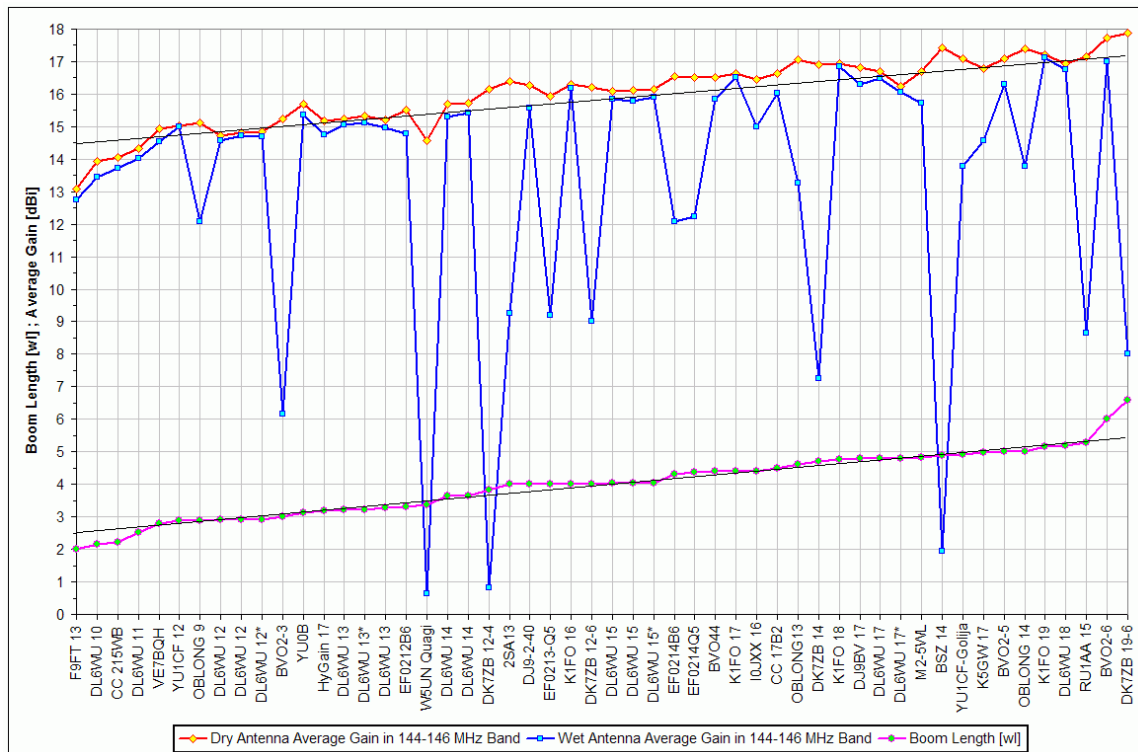
Odnos ta dva poluprečnika  $R/r$  je bitan za performanse vlažne antene [2 i 3]. To znači da bi antena sa debljim elementima, pri istoj debljini vodenog sloja, imala manju vrednost odnosa  $R/r$  i zbog toga manju ekvivalentnu raspodeljenu induktivnost  $L$  od antene sa tanjim elementima i višim  $R/r$  odnosom.

Kao rezultat toga, kada se ista količina vode akumulira na njenim elementima, antena sa debljim elementima bi verovatno imala manji frekvencijski pomeraj performansi od iste takve antene sa tanjim elementima.

U mom sledećem članku pokušaću da dam malo širu analizu tog problema.



**Pojačanje, SWR i Q-faktor pri *dobrom (plavo) i lošem (crveno) ponašanju antene pri radu po suvom (isprekidana linija) i vlažnom (puna linija) vremenu***



**Dužina (u tal. duž.) i prosečno pojačanje suvih (crveno) i vlažnih (plavo) Yagi antena različitih autora**

### Analiza rezultata

Analiza rezultata simulacija može biti sprovedena na mnogo raznih načina zavisno od toga koje performanse antene izaberemo kao najvažnije za naše potrebe.

Dužina Yagi antene je verovatno najzgodnija da posluži kao referentni parametar prema kome sve antene mogu biti upoređivane. Taj geometrijski parametar antene direktno određuje pojačanje antene kao jedan od njenih najvažnijih faktora.

Zbog toga sam poređao sve analizirane antene prema njihovoj dužini, merenoj u talasnim dužinama, po rastućem nizu. To mi je dalo sistematizovan skup antena i bolji i lakši uvid u performanse svake pojedine antene u odnosu na druge antene u njenom neposrednom susedstvu kao i u odnosu prema svim ostalim antenama u nizu.

**Pojačanje** optimalno dizajnirane Yagi antene bi trebalo da poraste oko 2.3 dB za svako udvostručenje dužine antene prema radovima Gintera, DL6WU od pre skoro 30 godina. Kao što možemo videti sa dijagrama za antene koje se nalaze između DL6WU 11 antena koja ima dužinu od oko 2.5 talasnih dužina i pojačanje od 14.3 dBi, i antena DL6WU 18 sa dužinom od 5.2 talasa i pojačanjem od 16.9 dBi, ovo pravilo je dosta precizno potvrđeno.

Pokušajmo sada da malo pažljivije istražimo šta nam pokazuje ovaj dijagram.

Lako se uočava da pojedine suve antene imaju pojačanje koje je do oko 1 dB iznad crne linije srednjeg pojačanja. Ako pogledamo njihovu dužinu videćemo da je ona obično takodje iznad crne linije dužine antene.

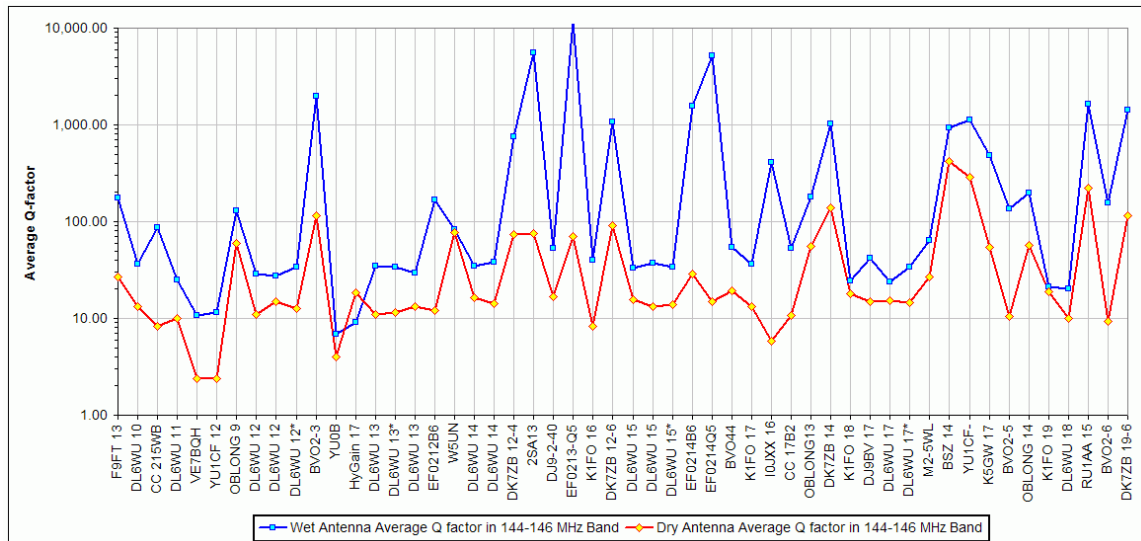
**Najčešće ta malo veća dužina antene objašnjava malo veće pojačanje antene.**

Ima takodje nekoliko antena koje imaju malo veće pojačanje, obično do 0.5 dB, koje nemaju veću dužinu. To znači da su njihovi dizajneri izvukli 0.5 dB veće pojačanje iz tih antena nego što su ostali uspjeli da izvuku iz iste dužine antene.

**Međutim, ako pogledamo plavu liniju koja pokazuje pojačanje vlažne antene lako možemo da zaključimo da je tih 0.5 dB većeg pojačanja na istoj dužini antene skupo plaćeno lošim ponašanjem antene u radu u vlažnim vremenskim uslovima.**

I konačno ima stvarno samo nekolicina antena koje imaju tako dobar dizajn koji zadovoljava oba zahteva: da imaju najveće moguće pojačanje, obično vrlo blizu ili malo iznad crne srednje linije pojačanja, kao i da to pojačanje drastično ne padne u uslovima vlažnog vremena kada se antena pokvasi!

**Možete ih lako prepoznati po tome što im se crvena i plava linija dodiruju ili su vrlo blizu, i istovremeno dužina antene nije iznad crne srednje linije.**



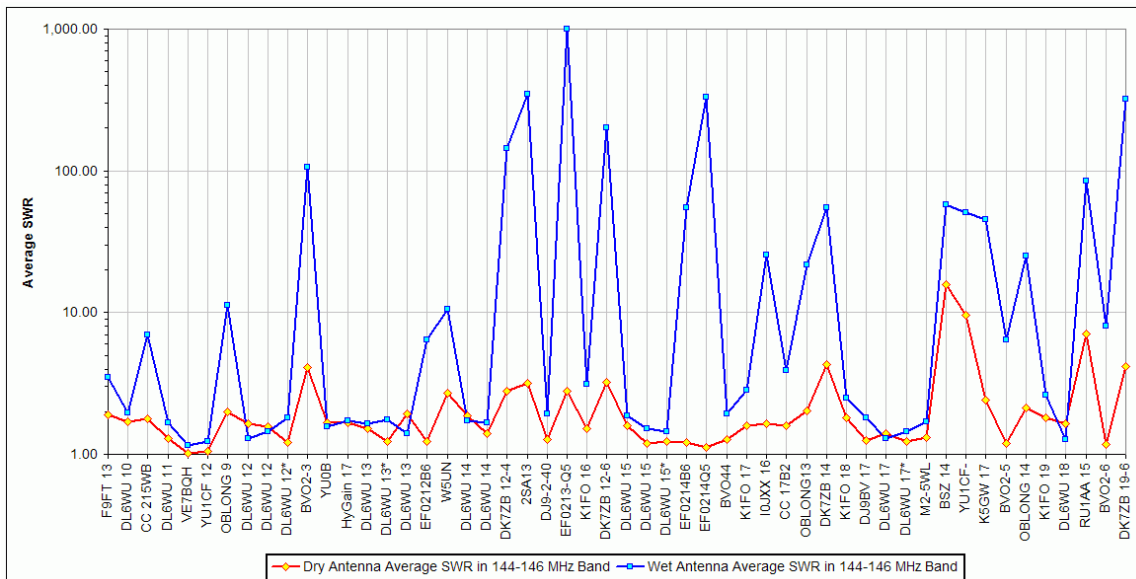
*Srednja vrednost Q-faktora za suve (crveno) i vlažne (plavo) antene različitih autora*

**Q-faktor** antene je takodje još jedan važan parametar koji pokazuje bitne karakteristike antene [2]. Ako pogledamo dijagram Q-faktora za suve i vlažne antene možemo videti veoma dobro slaganje između vrednosti Q-faktora i pojačanja za suve i vlažne antene.

Svaki put kada pojačanje vlažne antene drastično padne, Q-faktor istovremeno skoči.

Takva antena, pored svog nižeg pojačanja, obično promeni svoju ulaznu impedansu, promeni dijagram zračenja i postane vrlo osetljiva na negativne uticaje svoje okoline.

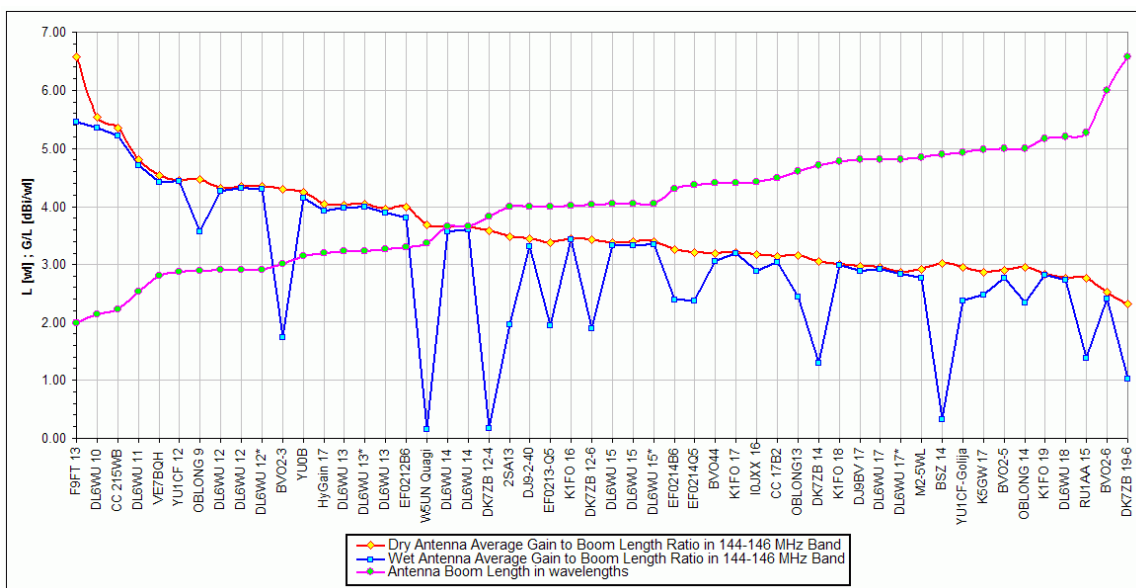
**Dobre antene mogu biti lako identifikovane po svom niskom Q-faktoru koji imaju u oba slučaja i kada su suve (crvena linija) i kada su vlažne (plava linija).**



**Prosečni SWR za suve (crveno) i vlažne (plavo) antene različitih autora**

SWR takodje u stopu prati pad pojačanja i porast Q-faktora antene kao što možemo videti na dijagramu SWR vrednosti za suve i vlažne antene. SWR antene raste zajedno sa porastom Q-faktora i padom pojačanja usled vlage na elementima antene. Veći SWR antene znači i veće gubitke u koaksijalnom kablju i nižu ukupnu efikasnost celog antenskog sistema.

**Dobre antene imaju u oba slučaja, i kada su suve i kada su vlažne vrlo nizak SWR.**



**Dužina antene i odnos srednjeg pojačanja i dužine za suve (crveno) i vlažne (plavo) antene različitih autora**

Srednje pojačanje po jedinici dužine antene G/L je još jedno interesantno poređenje performansi simuliranih antena. Deljenjem pojačanja antene sa dužinom antene dobijamo

vrednost koja nam pokazuje koliko dBi pojačanja određena antena proizvodi po talasnoj dužini svoga nosača.

Ubacivanjem dužine antene izražene u talasnim dužinama i sortiranjem po rastućem nizu, u isti dijagram sa G/L vrednostima možemo videti da za duže antene dobijamo manje pojačanje po talasnoj dužini nego za kraće. Ako uzmemo opet isti opseg dužina antena između 2.5 i 5.2 talasne dužine možemo videti da pojačanje antene po talasnoj dužini nosača opada oko 2dB za svako dupliranje dužine.

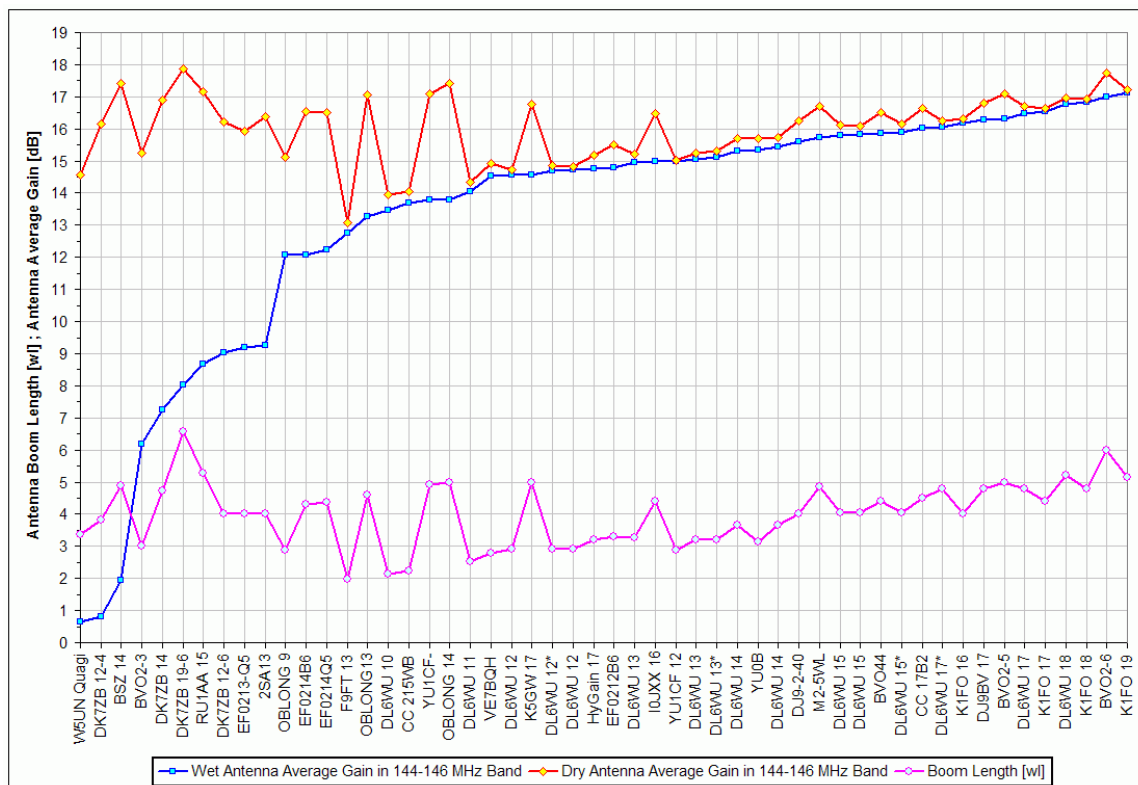
Prilično je važno imati ovo u vidu, posebno kada neko odlučuje da pravi veliki antenski sistem sastavljen iz većeg broja Yagi antena. U tom slučaju on mora odlučiti da li je bolje da stavi veći broj kratkih ili manji broj dužih antena da bi postigao željeno pojačanje sistema.

**Na ovom dijagramu dobre antene pokazuju veoma slične vrednosti za suve (crveno) i vlažne (plavo) uslove rada.**

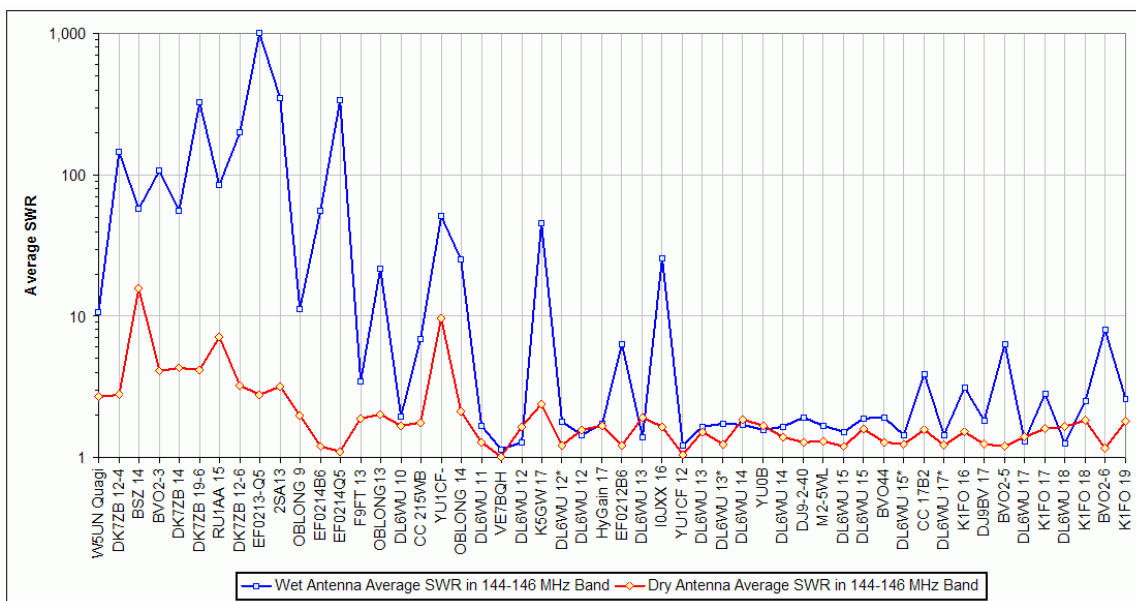
**Za lakše prepoznavanje dobrih antena, posebno u vlažnim uslovima, poredao sam sve simulirane antene prema pojačanju u vlažnim uslovima po rastućem nizu, što je u priličnoj meri promenilo njihov prethodni redosled, i generisao dijagrame pojačanja i SWR vrednosti za suve i mokre antene.**

Ovi dijagrami sa ovako promenjenim redosledom antena možda pokazuju mnogo jasnije razlike među antenama u različitim radnim uslovima.

**Ponovo, najbolje antene su one sa najmanjim razmakom ili sa poklapanjem crvene i plave linije, tj. vrednostima pojačanja ili SWR pri radu u suvim i vlažnim uslovima!**



*Dužina antene i prosečno pojačanje suve (crveno) i vlažne (plavo) antene različitih autora složene u rastući niz prema pojačanju vlažne antene*



*Prosečan SWR suve (crveno) i vlažne (plavo) antene različitih autora složene u rastuću niz prema pojačanju vlažne antene*

## Zaključak

U ovom radu prezentirao sam rezultate simulacija preko 50 različitih antena za 2m opseg. Među njima ima i nekih antena koje potiču od istih autora ali sa nekim malim varijacijama, obično sa različitom debljinom elemenata, ili proračunatih sa drugim programom. Recimo kao što su neke DL6WU\* antene označene sa asteriskom (\*) da se pokaže da su one računane pomoću programa koji je napisao G3SEK prema DL6WU algoritmu.

**Sve antene su simulirane pod apsolutno identičnim suvim i vlažnim uslovima!  
Rezultati su obračunati i dati kao srednja vrednost u frekvencijskom opsegu od 144 do 146 MHz!**

Gledajući prezentirane dijagrame moramo da zaključimo, ne bez izvesne gorčine, da skoro svi naši naponi na poboljšanje Yagi antena u poslednjih skoro 30 godina nisu dali nikakvo značajno poboljšanje u dizajniranju antena, uprkos tome što smo koristili vrlo moćne računare i programe za optimizaciju da bismo izvršili taj zadatak!

U toku tog dugog vremena, ogroman broj dizajnera, sa moćnim računarima i programima, i sa toliko velikim brojem “novih” antena nisu uspeali da poboljšaju Yagi antene i povećaju njihovo pojačanje za više od marginalnih 0.5 dB!

Čak šta više, to malo, praktično beznačajno povećanje vrlo često je moralo biti vrlo skupo plaćeno žrtvovanjem nekih drugih važnih performansi Yagi antene!

Šta to znači? Da li to znači da je mogući teorijski maksimum performansi Yagi antene već bio dostignut pre 30 godina?

**Ako je to tako, a sve ukazuje na to da jeste, nije li krajnje vreme da se prestane sa beskrajnim, jalovim “poboljšanjima” postojećih Yagi antena i poplavom “novih” i “najboljih” konstrukcija Yagi antena, koje najčešće ne mogu čak ni da dostignu performanse postojećih “starih” antena, a kamoli da ih prevaziđu?  
Zar nije vreme da se umesto toga pokuša sa osmišljavanjem nečeg radikalno novog i zaista boljeg?**

**Naučni progres je u novim i svežim idejama, a ne u beskonačnom ponavljanju starih, postojećih rešenja!**

### **Reference**

1. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Performances of Wet Yagi Antennas**, *antenneX*, August 2008. issue No. 136.
2. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Q factor**, *antenneX*, July 2008. issue No. 135.
3. **Insulated Wires - The NEC-2 Way**, L.B. Cebik, Antenna Modeling, <http://www.antennex.com/library/w4rnl/col0105/amod83.html>