

Experiment vergroten bandbreedte van een yagi driven element (november 2021-januari 2022)

Dit experiment kwam tot stand nadat de SWR-curve van de 15m band van een 16 element 3-band Optibeam yagi (OB16-3) totaal de mist inging toen er een 12 element 3-band WARC yagi (SP7GXP antenna) boven geplaatst werd op een afstand van 3 meter.

(geen ideale situatie, een grotere afstand zou de beïnvloeding tussen beide antennes ongetwijfeld verminderen, maar als radioamateur werken we met de mogelijkheden die ons toebedeeld worden)

(ook het haaks, 90 graden plaatsen v.d. antennes t.o.v. mekaar zou de beïnvloeding verminderen, maar dat is dan ook weer niet echt praktisch m.b.t. de beamheading)



(klik op foto voor originele versie/grootte; dit geldt ook voor alle volgende foto's)

De minimum SWR van de OB-yagi op de 15m band lag door beïnvloeding van de WARC yagi rond 2.0:1 - veel te hoog t.o.v. de originele specs (min SWR 1.1:1) en niet bruikbaar zonder antennetuner.

Door een truuik van de foor ([hairpin match](#) aanbrengen) werd een minimum SWR van 1.06:1 bekomen op 21.200 kHz.

Prachtig!

Echter, de 1.5<>1.5 SWR bandbreedte was beperkt tussen 21.060-21.285 kHz.

Dit is slechts 225 kHz bandbreedte (bruikbaar, zonder antennetuner) van de toegestane 450 kHz op de 15 meter band.

(voor de volledigheid: SWR 1.7 op 21000 kHz en 2.4 op 21450 kHz)

Wat nu? Zou het mogelijk zijn om de bandbreedte met een bijkomende truuik te vergroten?

De enige manier om de bandbreedte van een single element antenne (bv. dipool of monopool) te vergroten, is door een grotere (buis)diameter toe te passen.

Op 80m is bijvoorbeeld een 'wire cage' populair om de volledige band te kunnen bestrijken, waar met een (bv. koper)draad of dunne buis dit niet mogelijk is.

De 'draadkooi' is eigenlijk een heel dikke radiator/straler (vergelijkbaar met een heel dikke buis) die voor een grotere bandbreedte zorgt dan een single draad of een 'normale' buis.

Het 15m driven element van de OB16-3 vervangen door een element met een (veel) dikkere buis(diameter) zou uiteraard een optie kunnen zijn, maar niet echt wenselijk om verschillende redenen (mechanisch, balans yagi, boomsterkte, visueel,...).

Kunnen we een bestaand element aanpassen zodat het effectief 'dikker' wordt en meer bandbreedte bekommt?

Ik heb een paar zaken uitgetoetst:

- spoelvormen aangebracht op verschillende plaatsen over het element
- grotere buis aangebracht over het element

1.

Experiment op een 4m band driven element met gamma match (oorspronkelijk een 10m band driven element v.e. 7 el. yagi)

Dit element heeft een buisdiameter van 20 mm.

Het gereduceerde element rezoneerde op 72.5 MHz (en ook op 55 MHz, go figure).

Op de 4 meter band (72 MHz) had dit element een 1.5<>1.5 SWR bandbreedte van 5.2 MHz, op 55 MHz een bandbreedte van 1.8 MHz.

Op beide uiteinden v.d. buis bevestigde ik een spoelvorm van VOB 2.5 mm draad (arbitrair en met de natte vinger gekozen: 6 windingen, diameter \pm 5 cm, breedte \pm 18 cm, foto 1).

Dit gaf geen vergroting van bandbreedte.

Als ik beide spoelvormen tegen het center van het element bevestigde, vergrootte de bandbreedte (foto 2):

- 5.2 MHz werd vergroot naar 5.8 MHz (600 kHz, 11.5% winst)
- 1.8 MHz werd vergroot naar 2 MHz (200 kHz, 11% winst)



(foto's 1 en 2)

Dit was een zeer rudimentaire opstelling op de werkbank, met ongetwijfeld allerlei invloeden van de rondslingerende zaken - dat mag blijken uit de foto's .

Desalniettemin was deze eerste test hoopgevend - tijd om in de tuin een meer realistische proefopstelling te maken.

2.

Experiment op een 13m band dipool (22.5 MHz, close enough om vergelijkbaar te zijn met 15m band = 21 MHz)

Door het motto 'smijt nooit iets weg' steeds trouw gevolgd te hebben, vond ik enkele geplooid aluminium buizen terug.

Deze vormden ooit een 40m band 4-square, en waren door een sneeuwstorm en ice-loading in 2005 ter ziele gegaan.



Na wat plooiwerk (*het valt niet mee om een geplooid 25 mm alu-buis te rechte...*) was de testantenne klaar:



Deze dipool (25 mm diameter) resonanceert op 22.5 MHz (op 2m hoogte t.o.v. van grond => grote capaciteieve invloed; indien hoger opgesteld, zou de dipool op een hogere frequentie resoneren). Elk element v.d. dipool heeft een lengte van 3 meter, totale lengte 6m (op 'normale' hoogte zou deze dipool dus op ongeveer 25 MHz in resonantie zijn = 12m band).

De $1.5 <> 1.5$ SWR bandbreedte, gemeten met een MFJ-259B, is exact 1.0 MHz.

Test 1: op elk dipoolelement een stuk draad in spoelvorm toevoegen

De draad is VOB 2.5 mm (draadlengte 1 meter), 5 windingen, \pm 18 cm breedte.

De spoelvorm werd eerst aangebracht op het uiteinde v.d. elementen, daarna in het center/midden en uiteindelijk vlak tegen het voedingspunt aan:



Resultaten:

- spoelvorm op uiteinde dipool-elementen: verlies van 20 kHz bandbreedte (SWR $1.5 < \rightarrow > 1.5$)! Dit verlies werd bevestigd in test 2, zie verderop. Resonantiefrequentie verschoof van 22.5 naar 22.06 MHz.
- spoelvorm op center elementen: geen verlies, geen winst bandbreedte. Resonantiefreq. verschoof van 22.5 naar 22.4 MHz.
- spoelvorm tegen voedingspunt: geen verlies, geen winst bandbreedte, resonantiefreq. bleef gelijk op 22.5 MHz.

Conclusie test 1: kleine spoelvorm niet bruikbaar voor winst bandbreedte

Test 2: op elk dipool-element een alu-buis met diameter 48 mm toevoegen

De buizen met lengte 97 cm ($\pm 1/3$ e van de lengte v.h. 3m dipool-element) en diameter 48 mm werden over de dipool-elementen geschoven en op afstand gehouden met metrische bouten. De buizen werden ook hier aangebracht op het uiteinde en center v.d. elementen en uiteindelijk vlak tegen het voedingspunt aan:



Resultaten:

- buis op uiteinde dipool-elementen: verlies van 100 kHz bandbreedte! Resonantiefreq. verschoof van 22.5 naar 21.3 MHz.
- buis op center elementen: geen verlies, geen winst bandbreedte. Resonantiefreq. verschoof van

22.5 naar 22.35 MHz.

- buis tegen voedingspunt: 100 kHz winst bandbreedte (van 1 naar 1.1 MHz) - goed nieuws!

Resonantiefreq. verschoof van 22.5 opwaarts naar 23.115 MHz.

Conclusie test 2: er is **10%** bandbreedte winst geboekt met de buis-over-buis approach, maar erg praktisch is het niet en de resonantiefreq. verschuift wel erg veel.

Test 3: op elk dipoollement een grotere diameter/breedte spoelvorm (t.o.v. test 1) toevoegen

Uit testen 1 en 2 bleek dat een 'verdikking' op het uiteinde/center van de dipool toevoegen, geen perspectief bood.

Daarom werd de grotere spoelvorm enkel getest ter hoogte van het voedingspunt.

De spoelvorm werd gemaakt uit VOB 2.5 mm draad, draadlengte 4 meter, 9 windingen, diameter 125 mm.

Bij deze test werd de spoelvorm in 3 breedtes getest (door uitrekken v.d. windingen): 40, 75 en 130 cm.

(gezien de nogal 'slappe' constructie, heb ik een stuk isolatie toegevoegd om de spoelvorm enigszins te behouden)



Resultaten:

- spoelvorm lengte 40 cm: geen verlies, geen winst bandbreedte; resonantiefreq. bleef 22.5 MHz

- spoelvorm lengte 75 cm: 100 kHz winst bandbreedte (van 1 naar 1.1 MHz) - goed nieuws!

Resonantiefreq. verschoof lichtjes van 22.5 naar 22.4 MHz.

- spoelvorm lengte 130 cm: geen verlies, geen winst bandbreedte. Resonantiefreq. verschoof van 22.5 naar 22.15 MHz.

Uit test 2 en 3 lijkt me dat er een 'sweet spot' gevonden kan worden waarbij de SWR $1.5 < \Delta < 1.5$ bandbreedte 10% toeneemt, en de resonantiefreq. min of meer behouden blijft.

Luc ON5UK volgde het experiment en was onmiddellijk bereid om na te gaan of via modellering in [EZNEC](#) een gelijkaardig resultaat bekomen zou worden.

Dit zijn de resultaten van deze eerste modellering, met **parameters gelijk aan** deze van 'Test 2'.

1) Configuratie van een dipool 2 m agl, $l=6,1$ m, $\varnothing=25$ mm geeft een $f_{res}=22,5$ Mhz $Z=40+j2$
 $SWR=1,24$ $B(1,5)=650$ kHz

2) Met 2 buizen van $l=97$ cm, $\varnothing=48$ mm op het uiteinde: $f_{res}=21,7$ Mhz $Z=38,5+j3,2$ $SWR=1,31$
 $B(1,5)=600$ kHz

3) Met 2 buizen van $l=97$ cm, $\varnothing=48$ mm in het center: $f_{res}=22,35$ Mhz $Z=40,1+j2,7$ $SWR=1,26$
 $B(1,5)=700$ kHz

4) Met 2 buizen van $l=97$ cm, $\varnothing=48$ mm aan het voedingspunt: $f_{res}=23,25$ Mhz $Z=42,8+j2,7$
 $SWR=1,18$ $B(1,5)=825$ kHz

Interessant. EZNEC toont ook een toename bandbreedte, en verschuiving v.d. resonantiefrequentie. Toename bandbreedte is **26.9%** ($650 > 825$ kHz), dat lijkt veel in vergelijking met mijn test (10% toename).

Ik vroeg Luc om een modellering te doen met een buislengte van 75 cm (i.p.v. 97 cm) en een diameter van 125 mm (i.p.v. 48 mm). Dit gaf volgende resultaten:

Dipool $l=6,1$ m $\varnothing=25$ mm 2 m agl, $f_{res}=22,65$ MHz, $Z=55,4-j1,5$ $SWR=1,11$, $B(1,5)=950$ kHz
Zelfde dipool met twee buizen $l=75$ cm en $\varnothing=125$ mm aan het voedingspunt: $f_{res}=23,50$ MHz,
 $Z=58,6-j1,5$ $SWR=1,18$ $B(1,5)=1070$ kHz

Eigenaardig, de toename bandbreedte was slechts **12.6%**, en de initiële bandbreedte 950 kHz (t.o.v. 650 kHz bij eerste modellering).

Dit viel o.a. te verklaren doordat bij de 2 modelleringen een *verschillend type grond* gebruikt was.

Luc deed nog vele andere simulaties, met buisdiameters tot 500 mm - waarbij we toenames bandbreedte tot 83% bekwamen - en tot slot werd een modellering op 10m hoogte gedaan.

Onze overvloedige e-mailcorrespondentie hieromtrent kan je [in dit document](#) nalezen; je zal merken dat de vele mogelijke parameters bij het modelleren uiteraard ook voor vele verschillende uitkomsten kunnen zorgen...

Eigenlijk wou ik het experiment na test 3 en na de initiële modellering via EZNEC beëindigen, maar de nieuwsgierigheid dicteerde het tegenovergestelde.

Er werd een nieuwe testopstelling gemaakt, met een dipool met buisjes met smallere diameter (14 mm i.p.v. 25 mm eerste testen) en kortere lengte, en spoelvormen met diameter 125 mm, verschillend aantal windingen.

Gedachtegang: smallere buisdiameter, meer windingen per spoelvorm => hopelijk grotere toename bandbreedte? Het resultaat vind je terug onderaan test 4.

3.

Experiment op een 6m band dipool

De niet-onuitputtelijke voorraad alu-buizen, leverde toch nog 2 gelijke buisjes met diameter 14 mm en lengte 136 cm op.

Deze antenne, opgesteld 2m boven de grond, resoneert op 49350 kHz.

De 1.5<>1.5 SWR bandbreedte, gemeten met een MFJ-259B, is 3.42 MHz.

Er werden 3 verschillende spoelvormen gemaakt van VOB 2.5 mm draad met diameter 125 mm: 42 windingen, 21 windingen, 11 windingen.

N.a.v. de resultaten uit 'Test 3', werd besloten deze spoelvormen tegen het voedingspunt aan te brengen, verdeeld over de eerste ± 30 cm v.d. buizen.

(ongeveer een kwart v.d. buis... immers: uit test 3 bleek de spoelvorm aangebracht op 75 cm van de 3m buis, het best bruikbare resultaat op te leveren)



Het had wat aarde in de voeten om een ietwat acceptabele spoelvorm (met vrij veel windingen) te maken van diameter 125 mm met 'stijve' VOB draad van 2.5 mm...(in test 3 waren er slechts 9 windingen).

Uiteindelijk een trুকje gevonden om het wat aanvaardbaar te houden.

Test 4: aanbrengen verschillende spoelvormen op de 6m dipool elementen

Bij de dipool maten we de dus een 1.5<>1.5 SWR bandbreedte van 3.42 MHz.

- de eerste spoelvormen werd gemaakt uit VOB 2.5 mm draad, draadlengte 17 meter, 42 windingen, diameter 125 mm, breedte ± 30 cm.

De 2 spoelvormen werden over de dipoolhelften aangebracht, tegen het voedingspunt v.d. dipool aan.

Het resonantiepoint verschoof van 49350 naar 49010 kHz. De 1.5<>1.5 SWR bandbreedte nam toe van 3.42 naar 4.15 MHz. Dit is een toename met **21.3%**.

- de 2e spoelvormen > draadlengte 8.5 meter, 21 windingen, diameter 125 mm, breedte ± 30 cm.

Het resonantiepoint verschoof van 49350 naar 49020 kHz. De 1.5<>1.5 SWR bandbreedte nam toe van 3.42 naar 3.82 MHz. Dit is een toename met **11.7%**.

- de 3e spoelvormen > draadlengte ± 4 meter, 11 windingen, diameter 125 mm, breedte ± 30 cm.

Het resonantiepoint verschoof van 49350 naar 48800 kHz. Om de een of andere reden, werden de metingen bandbreedte niet genoteerd... zou het winterweer er voor iets tussen gezeten hebben?

Conclusie test 4: er werd dus effectief een grotere bandbreedte bekomen van **21.3%**.



Hoe dit alles zich vertaalt van een breedbandige dipool naar een smalbandiger multi-element yagi, dat is de hamvraag.

Met bovenstaande testen bekwam ik een winst van 21.3% bandbreedte (met modellering bekwamen we nog grotere percentages winst bandbreedte).

Als we 21.3% winst extrapoleren naar de OB16-3 yagi - die een bruikbare bandbreedte van 225 kHz had - zou dat slechts 48 kHz winst opleveren met een toegevoegde spoelvorm.

In dit geval zou het sop allicht de kool niet waard zijn? Maar mogelijk toch food for thought.

En wat te doen met het verschuiven v.d. resonantiefrequentie? Via modellering (zie bovenstaande e-mailcorrespondentie) bleek de toegenomen bandbreedte af te nemen, als de antenne terug naar de originele res.freq. gebracht werd.

Ik heb een poging gedaan om dit a.h.v. de parameters uit test 3 te testen, het winterweer dicteerde anders... mogelijk een mooi zomerproject voor iemand?

Een definitieve uitvoering zou een mooie spoelvorm uit gewonden alu-draad/buis kunnen zijn, zoals gebruikt bij de GXP antennes:



Tijdens mijn beperkte research naar het vergroten van bandbreedte, botste ik op onderstaand artikel (enkel kopij van het relevante deel is hieronder weergegeven).

Het artikel gaat vnl. over capacitive en inductive loading, waardoor een element fysiek ingekort kan worden. Ook linear loading is een techniek om antenne elementen fysiek in te korten.

Mijn oog viel op het feit dat de laatste 33% van een dipool element (=2 elementen x16.5%) instaat voor slechts 13% van de totaal uitgestraalde energie.

Zou er een correlatie zijn tussen deze wetenschap en het feit dat als ik de uiteinden v.d. dipool 'dikker maakte', er geen bandbreedte gewonnen werd, zelfs verlies genoteerd werd?

You bet!

Zoals Luc me ook zei: de 'verdikking' uit de testen heeft het meest effect daar waar de stroom maximaal is.

<http://www.bvarc.org/Tech/w5rh/loading.htm>

"On a dipole, the sinusoidal current distribution is such that 87% of the dipole's radiation is done by the middle 67% of the dipole."

I read this in the new Lew McCoy antenna book, and took a pen to paper, along with a cosine table, to see it for myself.

The end 33% (2 times 16.5% as there are 2 ends) of the dipole only radiates 13% of the total energy being radiated by the antenna.

This is a great discovery which literally means that we can remove 33% of a dipole's physical length and pay a penalty in loss of only 13% or about .6dB.

Veel experimenteer-plezier toegewenst!

73 - Mark - on4ww.