

## Satellietcommunicatie “uit de losse pols” .....

*Na meer dan 35 jaar een slapende radioamateur te zijn geweest, heb ik onlangs de draad weer opgepakt. Omdat ik de ontwikkelingen de laatste jaren niet meer had gevolgd, kostte het mij wat tijd om weer bekend te raken met de momenteel populaire producten en gebruiken. Mijn laatste zelfbouwproduct was in 1970 een varactortripler voor 23 cm, waarmee toen overigens wel twee “first” verbindingen zijn gemaakt. Mijn interesse gaat nog steeds uit naar het zelf maken (en het hiervoor benodigde begrijpen van de werking) van spullen voor de hogere frequenties (2 meter kan nog nèt!). Het internet is hiervoor een echt Walhalla, waar je met goed zoeken voor een habbekrats de meest exotische onderdelen kunt aanschaffen. En het wordt nog thuisbezorgd ook, dus geen problemen meer met de steeds hogere benzine- en parkeertarieven, hi.*

Ik woon op een volgens amateurnormen slechte laagbouwlocatie in Voorburg, welke steeds meer wordt ingeklemd tussen hoge flats en kantoren. Het plaatsen van een mast is om meerdere redenen moeilijk, daarom ben ik gaan zoeken naar een antenne van bescheiden formaat voor plaatsing op mijn dak. Tijdens het bouwen van diverse typen op mijn zolder bedacht ik mij dat ik naar boven wél een vrij uitzicht heb. Zodoende ben ik in het onderwerp satellietcommunicatie gedoken.

Uit het totale pakket satellieten is de **AO-51** geselecteerd, welke onder andere FM gemoduleerde signalen op 2 meter ontvangt en deze weer uitzendt op de 70cm band. Deze satelliet van 50x50x50cm vliegt al sinds midden 2004 rond de aarde en heeft de bijnaam Echo. Via [www.amsat.org](http://www.amsat.org) kan worden uitgevonden wanneer en waar de satelliet langskomt. De website geeft ook uitgebreide informatie over andere amateur satellieten.

Toen tijdens het op goed geluk binnenshuis op de satelliet uitrichten met een experimentele 70cm antenne de signalen luid en duidelijk bij mij binnenkwamen, werd de volgende uitdaging om een verbinding te maken. Ook dat lukte vrij gemakkelijk (eerste contact was met Valeri, UA3PC in KO84TF), waardoor ik mijn ervaringen, op verzoek van PA1JOS, via dit artikel graag wil delen met anderen die satellietcommunicatie nog als moeilijk of magisch beschouwen. Want wie wil er niet eens vanaf zijn/haar balkonnetje of achtertuin met een Fin, Zweed, Portugees, Italiaan, Spanjaard of Rus contact hebben op 70 cm? Ook voor de luisteramateur kan satellietontvangst een nieuwe uitdaging zijn. En de kosten zijn nagenoeg nihil.

### • Wat zijn de eisen aan de zend- en ontvangstinstallatie?

Er bestaat een Excel programmaatje wat duidelijk toont hoe sterk de signalen zijn, een zogeheten “link budget” berekening.

Hier is een voorbeeld voor mijn eigen situatie.

Een toelichting bij al deze getallen is misschien wel nodig:

De grijze delen zijn de vaststaande gegevens van de satelliet, het grondstation ben ik zelf.

Afhankelijk van de baan waarlangs de satelliet overkomt, kan de afstand tussen het QTH en de AO-51 tussen 800 en 3.000 km liggen.

De signaalverzwakking bij maximale afstand is ongeveer 154dB op 70 cm en 145 dB op 2 meter.



Het verschil in dB tussen het effectief uitgezonden vermogen en de ontvangergevoeligheid moet dus groter zijn dan deze waarden om gehoord te kunnen worden.

De berekening laat zien dat bij een simpele 2 meter antenne met 7dBi (~5dBd) winst en een zender van 40 Watt al een signaal van +42,6dB boven de ruis bij de satelliet wordt aangeboden.

Dit blijkt méér dan voldoende voor een goede communicatie. Zelfs met een 5 Watt portofoon is contact goed mogelijk.

De retourverbinding ligt kritischer, omdat de satelliet maar één Watt zendervermogen heeft.

Een NBFM ontvanger van gemiddelde gevoeligheid, tezamen met een korte 70 cm antenne met 10dBi winst, moet echter al voldoende zijn. Zéker bij een in de praktijk meestal kortere afstand tussen satelliet en het grondstation. De ontvanger moet wel continu of in stappen van 5 kHz afstembaar zijn.

	<div>Van satelliet naar 70cm ontvanger</div> 	<div>Van 2 meter zender naar satelliet</div> 
	Down Link	Up Link
Frequentie (MHz)	435,3	145,92
Max afstand (km)	3000	3000
Min afstand (km)	800	800
Maximum trajectverlies (dB)	154,72	145,22
	AO-51	Grondstation
Zendervermogen (Watt)	1,00	40,00
Zendervermogen (dBm)	30,00	46,02
Kabelverlies zender (dB)	0,20	1,00
Antennewinst zender(dBi)	2,00	7,00
Effectief zendvermogen (dBm)	31,80	52,02
	Grondstation	AO-51
Polarisatie verlies (dB)	3,00	3,00
Verlies in de ionosfeer (dB)	1,00	1,00
Antennewinst ontvanger (dBi)	10,00	2,00
Coaxkabel verlies ontvanger (dB)	1,00	0,20
Ontvanger gevoeligheid (dBm)	-130,00	-138,00
ontvangstsignaal bij max. afstand (dBm)	-117,92	-95,40
Signaalkwaliteit bij max. afstand (S/N dB)	12,08	42,60

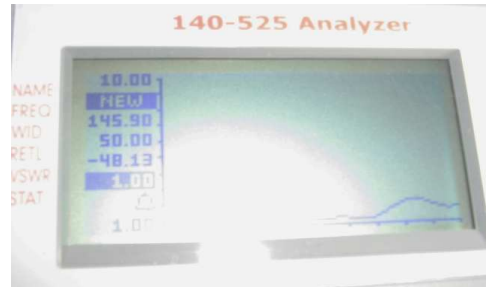
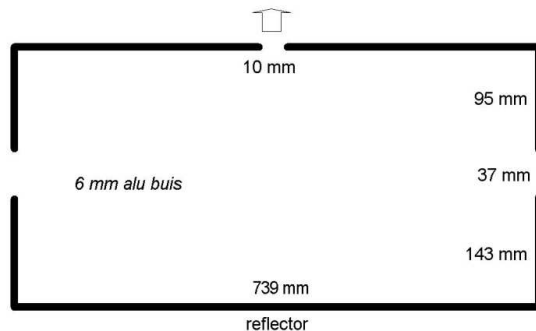
## • Zendantenne

Voor mijn proef heb ik gekozen voor een compacte, gevouwen 2-elements 146MHz antenne naar een ontwerp van Les Moxon / G6XN. Deze antenne is zeer gemakkelijk en goedkoop te maken, is redelijk robuust, heeft een zeer goede aanpassing zonder balun en heeft een zeer brede horizontale en verticale stralingshoek zonder lobben, waardoor hij vast opgesteld kan worden.

Tik op Google "moxon" in en je weet snel alles over dit antennetype, dat ook op HF voordelen kan bieden.

De maten van de Moxon antenne voor 146 MHz zijn:

(en dit is de VSWR: 1.00 !!)



Voor de antenne zijn geanodiseerd aluminium pijpjes van 6mm diameter en 1 meter lengte (Gamma) gebruikt. De verbinding tussen de dipoolhelften en tussen dipool en de reflector is verkregen door korte staafjes van 4mm dik massief wit glasfiber (Vliegerop-den Haag, let op: géén carbonfiber nemen !!) in de pijpjes te schuiven. Het geheel is te fixeren met epoxylijm of door er krimpkous omheen te doen.

Buig de pijpjes voorzichtig met de hand, niet in een bankschroef want dan scheuren ze. De reflectorlengte is iets langer dan 1 meter, deze lengte wordt verkregen door koppeling van 2 stukken via een draadeind van 5mm in de pijpjes.

Totaalkosten voor de antenne zijn nog geen 4 Euro en hij is in minder dan een uurtje gemaakt.



De antenne is bij mij direct onder het pannendak vast opgesteld (verticaal gepolariseerd, onder een hoek van ongeveer 30 graden naar boven gericht) in Oostelijke richting, maar kan een halve slag worden gedraaid. Dit afhankelijk of de satelliet ten Oosten of ten Westen van mijn huis voorbijkomt. Het is bij testen gebleken dat tijdens de gehele passage van een satelliet verbinding met de AO-51 kan worden verkregen door de brede openingshoek.

(N.B. Een eventueel al aanwezige 2 meter verticale rondstraler zal het waarschijnlijk ook goed doen)

## • Ontvangstantenne

Zoals de berekening hierboven laat zien, is een antenne met goede versterking nodig. Voor de beste ontvangst is eigenlijk een circulair gepolariseerde antenne nodig, daar de satelliet RHCP is gepolariseerd. Een "gewone" antenne heeft hierdoor theoretisch 3 dB polarisatieverlies.

De antenne moet ook licht en goed hanteerbaar zijn om hem een aantal minuten achtereen vanuit de losse pols te kunnen blijven richten op de voorbij razende satelliet.

Voor een eerste experiment volstaat een 8 element Yagi, welke tussen 10 en 13 dBi winst levert.

Ik heb gekozen voor een interessante variant, de Quagi, waarbij de reflector en dipool bestaan uit zogeheten Quad loops en de directoren normale Yagi sprieten zijn. De Quagi heeft een goede staande golfverhouding en kan direct op een 50 Ohm coaxkabel worden aangesloten.

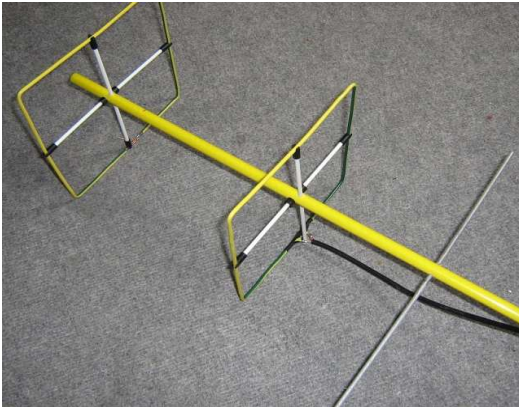
Als drager (boom) voor de antenne gebruik ik superlichte 12mm glasfiber buis (Vliegerop), maar een houten lat of PVC elektriciteitsbuis kan natuurlijk ook. De beide Quad loops worden gemaakt uit 2,5 mm<sup>2</sup> geïsoleerd elektriciteitsdraad en de directoren uit 4 mm aluminium pijpjes (o.a. bij Muco) of uit lasdraad (is iets zwaarder).

De beide Quad elementen worden op hun plaats gehouden door 4mm glasfiber staafjes (dezelfde als bij de 2 meter antenne) die door de drager zijn geboord (zie foto's). Clipjes en zwartplastic houdertjes zijn ook bij Vliegerop te koop.

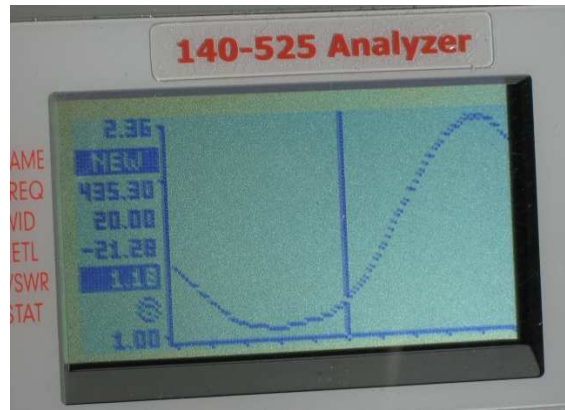
Om de dragerlengte van 1.50 meter te krijgen, heb ik 2 pijpjes gekoppeld met een stukje glasfiber pijp van 10mm er in. Ik heb 1 meter lange pijpjes gekocht, maar geloof dat er ook langere versies leverbaar zijn.

Alle onderdelen worden vastgezet met een drupje epoxylijm.

De constructie van de Quagi:



(en dit is de VSWR curve)

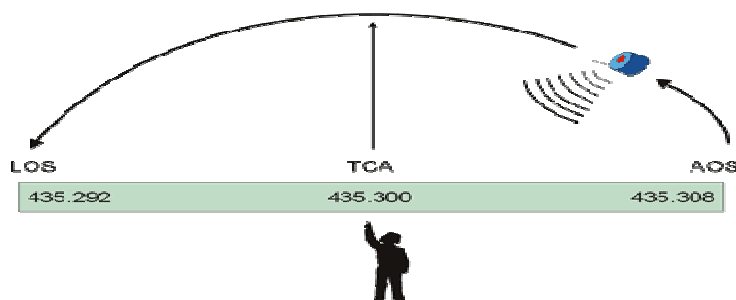


De maten van de Quagi zijn:

Reflector omtrek: 711mm, driver omtrek: 676mm, directoren van 298 naar 291,5 in 1,5mm stappen;  
Afstand tussen reflector en driver: 178mm, tussen driver en director 1: 133mm, tussen dir1 en dir2: 279mm, tussen dir2 en dir3: 149mm, tussen dir3 en dir4: 222mm. Deze afstand ook tussen dir4 en dir5 en dir6.  
De maten dienen vrij precies te worden aangehouden om een goed resultaat te krijgen.  
Meet de onderlinge afstand tussen de elementen altijd vanuit 1 referentiepunt.

#### • En nu de praktijk stappen

1. **Ken je eigen locatie in graden OL en NB.** Dit gaat gemakkelijk als volgt: Ga op het internet naar <http://f6fvy.free.fr/qthLocator/fullScreen.php> Zoom volledig in op je eigen straat/huis, klik rechtsboven op de knop "beide" en klik daarna op je huis. Er verschijnt een ballontekst met de co-ordinaten. Schrijf de Long en Lat waarden op als x.xxxxE en 52.xxxxN. De luchtfoto toont ook meteen de ligging van je huis ten opzichte van het Noorden, onthoud deze (zie 4). Ook je QTH locator is nu bekend als je deze nog niet zou weten...
2. **Tik op Google "AO-51 schedule" in en klik op de betreffende Amsat.org webpagina.** De webpagina vertoont een overzicht van de up- en downlink frequenties voor de betreffende maand. Dit is vrijwel altijd 145,920 MHz voor de uplink en 435,300 voor de downlink. Voor uplink moet een 67 Hertz P/L toon worden ingesteld.
3. **Klik op de bovenste regel op "PASSES".** Vul op de verschenen webpagina nu de LAT en LON (selecteer hier EAST!!) waarden uit stap 1 in (met punt, niet met komma!), vul de antennehoogte in, vink "save my location for later" aan en klik daarna op de "predict" knop.
4. **De volgende pagina toont de komende 10 omlopen van de AO-51 satelliet in UTC tijden. Tel hier 2 uur bij om onze lokale tijd te krijgen.** De tweede kolom toont de AOS tijd, dit staat voor "appearance of signal" oftewel het moment dat de satelliet boven de horizon komt. De derde kolom geeft de tijd tussen het verschijnen en verdwijnen weer (meestal minder dan een kwartier!), de vierde kolom de kompasrichting waar de satelliet boven de horizon komt, de vijfde kolom de maximale hoogte in graden boven de horizon tijdens de omloop, de zesde kolom de kompasrichting bij maximale hoogte, de zevende kolom de kompasrichting waar de satelliet onder de horizon verdwijnt en als achtste en laatste kolom de tijd van verdwijnen (Loss Of Signal). Uit de drie vermelde kompasrichtingen is op te maken in welke richting de satelliet langskomt. Als je geen padvinder bent geweest, koop dan een eenvoudig kompas en bestudeer de windroos indeling eens. Nul graden is Noord, negentig is Oost, honderdtachtig is Zuid en tweehonderdzeventig graden is West.
5. **Kies een satellietomloop met een hoge elevatie (kolom 5) voor de eerste proef.** Zoek ook een plek vanwaar je met de 70cm antenne de satelliet (buitenshuis) kan volgen.
6. **Wees goed voorbereid daar je slechts enkele minuten hebt en veel tegelijk moet doen !**
7. **Stel je ontvanger in op 435.310 MHz NBFM zonder squelch.** De ontvanger via een niet te lange, soepele coaxkabel koppelen aan de 8-element antenne. We moeten in het begin een hogere frequentie kiezen vanwege het Doppler effect. Tijdens de omloop moet de ontvangstfrequentie steeds iets verlaagd worden tot uiteindelijk ongeveer 435.290 MHz.



8. **Stel je zender in op 145.920 MHz NBFM met een 67 Hertz P/L toon.** De zender is gekoppeld aan de Moxon of aan een verticale antenne. De Moxon wordt op het midden van de te verwachten omloop gericht. Het Doppler effect geldt hier eigenlijk ook, maar kan door de lagere frequentieverschuiving op 2 meter worden genegeerd. *(zonder 67 Hz toon lukt het meestal ook wel, daar er altijd al wel een zendamateur actief is)*
9. **Ga in afwachting van de tijd van verschijnen (AOS) van de satelliet naar de Amsat.org website, klik op “passes” en dan op “predict” (de website heeft als het goed is, je locatie onthouden). Klik dan onder het kopje op “view the current location of AO-51”.** De volgende webpagina geeft grafisch de omloop van de AO-51 satelliet weer plus de exacte tijd (zowel UTC als lokaal).
10. **Richt vlak na het AOS tijdstip de ontvangstantenne op de AOS kompasrichting. Houdt de antenne vertikaal gepolariseerd vast. Zet de sqelch van de ontvanger uit en zoek met de antenne naar een punt waar de ruis minder wordt.** Bij vrij uitzicht richting horizon zal de satelliet snel hoorbaar worden, zoniet dan moet gewacht worden tot de satelliet hoger aan de hemel komt. Zodra de ruis vermindert zullen vlak daarna de zendamateursignalen plotseling hoorbaar worden.
11. **Optimaliseer de ontvangst tijdens de omloop door continu uitrichten van de antenne, ook door het verdraaien tussen horizontale en verticale polarisatie, en door het afstemmen van de ontvanger.**
12. **Het is aan te bevelen om de ontvangen signalen op een audiorecorder of via de geluidskaart van een PC op te nemen.** Dit o.a. vanwege de hectiek, de vele voor UHF exotische roepletters en het zware accent van van de Oost- en Zuid-Europese amateurs. Na de omloop kan alles nog eens rustig worden nageluisterd.
13. **Als de ontvangst goed is en het amateurverkeer niet al te druk, kan geprobeerd worden om een eerste verbinding te maken.** Dit kan door te antwoorden op een oproep van een amateur of door zelf “QRZ” plus de callnaam te roepen. Wees niet verbaasd als het direct lukt, maar ook niet als het niet lukt. Check in het laatste geval alle instellingen van zender en zendantenne nog eens. Of probeer het bij een volgende omloop nog eens. Als de satelliet zich ten noorden van ons land bevindt is de kans op contact hoger door het lagere aantal “deelnemers”.
14. **Als het is gelukt om verbinding te maken, dan is dit artikel geslaagd in zijn opzet.**

**Veel succes verder!**

Hoewel via de “uit de losse pols” methode uitstekend verbindingen met geheel Europa via de satelliet zijn te maken, moet voor een meer serieuze beoefening van satellietcommunicatie geïnvesteerd worden in een circulair gepolariseerde ontvangstantenne met een hogere versterking en in een antenne richtsysteem met zowel een horizontale (azimuth) als een verticale (elevatie) rotor. Hier kan dan ook de 2 meter zendantenne op worden gemonteerd.

Beide rotoren kunnen automatisch worden aangestuurd door een “satellite tracking” software programma zoals SatPC32 of Nova. Ook kan hiermee de Doppler frequentiecorrectie automatisch worden uitgevoerd.

En er bestaan naast de AO-51 nog veel meer amateursatellieten, over enkele jaren zelfs vanaf Mars (zie [www.go-mars.org](http://www.go-mars.org)). Dus uitdagingen genoeg!