

## 160 meter antenne voor de kleinere tuin

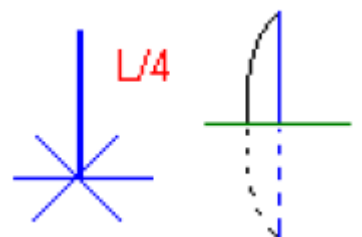
Ons doel is een bij voorkeur kleine niet al te opvallende antenne voor 160 meter voor in de kleinere tuin. Veel van de hier gegeven informatie is terug te vinden in het boek van ON4UN 'Low-Band DX-ing' (4<sup>de</sup> editie – hoofdstuk 9). Hierin kunt 'alles' lezen over antennes en propagatie voor de lage banden Een echte aanrader!

De standaardantenne voor de lage banden is meestal een dipool of een kwart golflengte vertical. Voor 160 meter is een dipool ongeveer 2 maal 40 meter lang en hangt bijna altijd (te) laag op 10-15 meter. Hetzelfde geldt voor een horizontale loop. Prima geschikt voor lokaal verkeer maar te groot voor onze tuin. Een verticale straler van een kwart golflengte is echter 40 meter hoog en bepaald niet onopvallend. Een vertical of een verticale loop is echter wel veel beter voor grotere afstanden door de lage afstraalhoek.

We gaan voor de vertical dit in verband met de geringe ruimte welke deze nodig heeft in de tuin en de minimale 'zichtbaarheid' voor de buurt. Daarbij kunnen we de radialen heel aardig verstoppen in de grond, onder tegels etc. en zijn daardoor minimaal zichtbaar. We maken hem veel korter en dan blijft over een niet al te opvallende antenne voor vrouw, buren en buurt. Een vertical moet vrij staan van andere objecten en onopvallend strak tegen het huis is dan ook geen goed idee. Achter tegen de wand van het schuurtje, vrij van alles, is wel een prima plek. Meer zichtbaar maar hij moet het natuurlijk wel doen.

Het ideaal is een volle lengte kwart golf vertical met eronder een 'goed' aardvlak. Deze straler heeft een antenneweerstand (impedantie) van ongeveer 36 Ohm (helpt van een dipool) en is met 0,25 golflengte ongeveer  $160 / 4 = 40$  meter. Bij beide waarden staat ongeveer omdat de waarden afhankelijk zijn van de diameter en het materiaal van de straler (elektrische lengte versus de mechanische lengte = verkortingsfactor) en frequentie. 40 meter hoog gaat niet lukken in onze tuin. Om een vertical korter dan een kwart golflengte antenne in resonantie te krijgen op de door ons gewenste frequentie moeten we deze elektrisch verlengen naar een kwart golflengte. Om dit te realiseren wordt meestal gebruik gemaakt van het aanbrengen van een spoel in de antenne en het aanbrengen van topcapaciteit. Een alternatief voor een spoel is gebruik te maken van linear loading. Dit is het terugvouwen van de draad i.p.v. oprollen als spoel.

Voorbeeld: Verticale draadlengte = 15 meter. De rest van de 25 meter, om tot een kwart golf te komen kunnen we 'aanvullen' met een spoel en met topcapaciteit. Een korte antenne heeft veel spoel/topcapaciteit nodig en hoe langer hij wordt steeds minder totdat uiteindelijk de antenne een kwart golflengte lang is. Dan bestaat de antenne alleen nog uit draad (ons ideaal).



Om een antenne goed te laten werken moet deze zo goed mogelijk stralen. We kennen natuurlijk allemaal de regel '**stroom straalt**'. Stroom is bij een kwart golflengte vertical onderin de antenne maximaal (laagohmige deel = maximale stroom) en neemt sterk af naar de top (minimale stroom, maximale spanning). Zie bovenstaande tekening. Daarom liever geen spoel onderin de antenne! Van het vermogen wat we erin stoppen willen we uiteraard dat het meeste ook wordt uitgestraald door de antenne. De efficiency van een antenne is afhankelijk van 2 factoren: de antenne impedantie (antenneweerstand) en de aardweerstand van het antennesysteem. Eventuele overige verliezen in materialen laten we voor wat het is omdat deze niet of nauwelijks een rol spelen.

**Efficiëntie antenne (%) = Antenneweerstand / Antenneweerstand + Aardweerstand**

Voorbeeld berekening: volledige kwart golf vertical = 36 Ohm en leuk aardnet is 14 Ohm.

De formule geeft  $36/36+14 = 36/50 = 72$  procent rendement. Stel je hebt 100 watt welke bij de antenne aankomt dan wordt 72 watt ook echt uitgezonden (er van uitgaande dat de aanpassing ideaal is). Er gaat dus 28 watt verloren. Een rendement van 72 procent is voor 160 meter bijzonder goed! Gaan we naar (veel) kortere verticalen dan zullen we zien dat het rendement zeer sterk terugloopt.

**NB. De hoeveelheid afgestraald vermogen heeft NIETS met de staande golf (SWR) van de antenne te maken.** Het beste voorbeeld is hierbij de dummyload van 50 Ohm NIET straalt maar wel een perfecte staande golf van 1 op 1 heeft. Een ander voorbeeld is het slechter worden van de SWR als je meer radialen neerlegt. Dit is goed! Je aardweerstand wordt dan lager en daardoor de efficiency van de antenne beter!! Dus meer radialen altijd doen. **Een goede SWR is lekker voor de eindtrap maar zegt niets over het afstralen van de antenne!**

We moeten dus van de verticale antenne de antenneweerstand bepalen en van het aardnet onder de antenne de aardweerstand. Om een goed rendement te krijgen (zie formule) moeten we zorg dragen voor een zo hoog mogelijke antenneweerstand en een zo laag mogelijke aardweerstand. We hebben nu het probleem van de kleine tuin met een (te) korte vertical en (te) weinig ruimte voor radialen. Bij het inkorten van de antenne gaat de antenneweerstand namelijk drastisch naar beneden. Zie tabel.

Golflengte	Impedantie	Lengte	Rendement (%)
$\frac{1}{4} = 0,25$	36,6 Ohm	40 meter	$36 / 36+14 = 72$ %
$\frac{1}{8} = 0,125$	8 Ohm	20 meter	$8 / 8+14 = 36$ %
$\frac{1}{16} = 0,0625$	2 Ohm	10 meter	$2 / 2+14 = 12,5$ %
$\frac{1}{32} = 0,031$	1 Ohm	5 meter	$1 / 1+14 = 6$ %

We zien dan meteen dat een vertical van 5 meter lengte op 1,8 MHz niet erg efficiënt is. Van de 100 Watt gooien we 94 watt weg! Een veel langere verticale

antenne van 40 of 20 meter hoogte is voor de meesten echter geen optie. We willen voor de buurt mogelijk liever niet te hoog maar hoe klein kunnen we gaan met nog een redelijk rendement. En dan zal het ook nog niet meevallen om een lage aardweerstand in de gemiddelde achtertuin voor elkaar te krijgen. In de voorbeelden wordt 14 Ohm gebruikt wat al behoorlijk goed (laag) is voor 160 meter. In de praktijk zal de aardweerstand vaak (veel) hoger en het rendement dus (nog) slechter zijn!

De theorie leert (zie boek ON4UN) dat een antenne om nog enigszins efficiënt te zijn (dus om te stralen) een **minimale antennelengte van 0,05 golflengte** moet hebben. Dit is 8 meter op 160 meter. Dit is al erg kort en gezien de rendementberekeningen te kort!

Hoe brengen we de antenne in resonantie met een zo **hoog mogelijke antenne weerstand**? Het meest eenvoudige is het aanbrengen van topcapaciteit. Het aanbrengen van spoelen verlaagd de antenneweerstand en dat willen we liever niet.

**Topcapaciteit** is het aanbrengen van één of meerdere draden van de bovenzijde van de antenne naar opzij. Bij voorkeur dusdanig dat het geheel symmetrisch blijft, de draden zullen elkaar qua stroom en dus qua straling (theoretisch) opheffen. Dit betekent in de praktijk het aanbrengen van 2 of 4 topcapaciteit draden. De draden schuin naar beneden spannen mag ook maar is minder effectief maar vaak wel veel eenvoudiger (gewoon doen!). Tevens wordt de antenne door het aanbrengen van topcapaciteit breedbandiger.

Is topcapaciteit niet voldoende om de antenne in resonantie te brengen dan kunnen we **verlengspoelen** aanbrengen in de antenne. We moeten dan wel zorgen dat de stroom in de verticale antennedraad zo groot mogelijk blijft. De spoel zelf straalt minimaal/niet.

Als we een verlengspoel gebruiken dan deze zo hoog mogelijk in de antenne plaatsen waar de minste stroom loopt want **stroom, welke onderin de vertical maximaal is, straalt en daar willen we geen spoel**. De spoel is hoger in de antenne weliswaar minder effectief maar de antenne wordt wel efficiënter (zie tabel hieronder).

**NB. Topcapaciteit heeft altijd de voorkeur boven het toevoegen van een spoel.**

In onderstaand tabel staan de waarden voor 5 en een 10 meter lange antennes met een verlengspoel en zonder top capaciteit. Een spoel boven in straler heet Top loaded, ergens halverwege Center loaded of onderin Base loaded. De waarden komen uit de grafieken van het boek van ON4UN Low-band Dx-ing.

Lengte straler	Plaats spoel	Impedantie	Rendement (%)
10 meter	Top loaded	5 Ohm	$5 / 5+14 = 26 \%$
10 meter	Center loaded	1,8 Ohm	$1,8 / 1,8+14 = 11 \%$
10 meter	Base loaded	1,1 Ohm	$1,1 / 1,1+14 = 7 \%$

5 meter	Top loaded	1,2 Ohm	$1,2 / 1,2+14 = 8 \%$
5 meter	Center loaded	0,45 Ohm	$0,45 / 0,45+14 = 3 \%$
5 meter	Base loaded	0,3 Ohm	$0,3 / 0,3+14 = 2 \%$

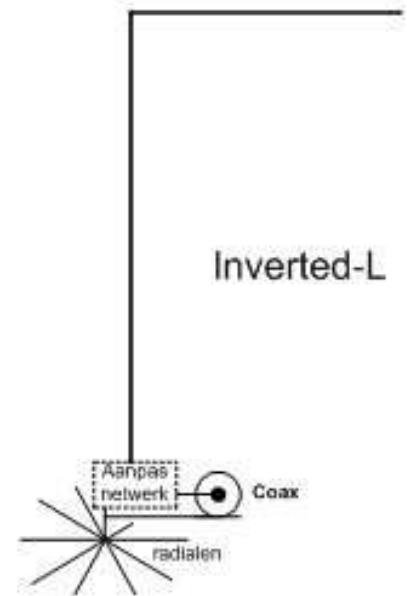
**Als conclusie kunnen we stellen dat een antenne van 5 meter echt niet meer efficiënt werkt op 160 meter en dat verlengen naar 10 meter echt nodig is (gemiddeld ruim 3 maal beter)! Eigenlijk is dat nog te kort maar al veel beter.**

Naast een zo **hoog mogelijke antenneweerstand** hebben we in de formules gezien moeten we zorgen voor een zo **laag mogelijke aardweerstand**. Dit realiseren we door middel van radialen op de grond of elevated (vele meters hangend boven de grond). Dit eventueel aangevuld met extra aardpennen. Bij radialen geldt hoe meer hoe beter. Het aantal radialen is altijd een punt van discussie. Uiteraard zijn er optimale waarden maar die gaan we vast niet redden bij ons in de tuin. Ga uit van minimaal 16 radialen en meer als het kan. Het hebben van een goed radialensysteem is het verschil tussen een goed werkende antenne en een tegenvallende antenne. Het is niet erg dat de ene radiaal langer is dan de andere en ook niet als deze op een gegeven moment een hoek om gaat (omdat je bij de burens bent aangekomen) en verder gaan langs de heg o.i.d. Bij radialen hebben we liever veel kortere dan 1 of 2 lange radialen al dan niet gecombineerd met een aardpen. Aardpennen zijn uitstekend voor een goede aarde bij blikseminslag maar als aardweerstand doen ze niet echt veel. Elevated radials staan behoorlijk onder discussie en moeten op 160 meter voor onze tuin te hoog hangen. Jammer. Aardweerstand kun je heel moeilijk meten, het is geen randaarde wat je kunt meten met een Wheatstone meetbrug. Je kunt de **aardweerstand wel beredeneren** door de SWR te meten van een antenne met bekende impedantie of te meten met een antenne analyzer. We nemen bijvoorbeeld een kwart golf vertical, deze heeft een antenne-weerstand van 36 Ohm. Stel de SWR van deze antenne is 1 op 1.0 (op de resonantie-frequentie) dan is dit een exacte match op 50 Ohm. De som aardweerstand en antenneweerstand is dan 50 Ohm. Dat is dan 36 Ohm antenneweerstand en 14 Ohm aardweerstand. Zou echter de SWR 1 op 2.0 zijn dan is de totale weerstand  $50 * 2.0 = 100$  Ohm of  $50 / 2.0 = 25$  Ohm. 25 Ohm kan niet want de antenneweerstand is al groter (36 Ohm). De aardweerstand is dus  $100 - 36 = 64$  Ohm.

Maakt het gebruik van **draad met of zonder isolatie** veel uit? Nee, niet qua stralen en ook niet bij gebruik als radiaal. Wel minimaal met betrekking tot het berekenen van de effectieve lengte. Zelf ga ik liever voor geïsoleerde radialen in verband met de zure grond en het minder snel vergaan van de geïsoleerde draad in de grond. Ook mag je geïsoleerde radialen over elkaar heen leggen (zonder ze aan elkaar te hoeven verbinden).

Maakt het **materiaal** veel uit (voor radiaal en antenne)? Koper is minimaal beter (en te solderen) maar aluminiumdraad werkt ook uitstekend. Dit moeten we dan

klemmen. Het gebruik van gegalvaniseerd ijzer en aluminium is als straler prima maar als ingegraven radiaal af te raden. Het zal vrij snel vergaan in de zurige grond. Ook de dikte van de draad maakt niet veel uit want het is en blijft ten opzichte van de golflengte heel dun. 0,5 mm of 1 mm diameter is prima, dikker mag altijd. Alleen bij extreem hoge vermogens ( 1 KW++) is de dikte echt van belang qua extra weerstand van de draad en in verband met het eventuele doorbranden ervan.



Van de theorie naar de praktijk is vaak een lastige stap. In het geval van onze korte verticale antenne komt het er op neer om bij voorkeur alle mogelijke technieken te gebruiken om het rendement van de antenne uiteindelijk zo hoog mogelijk te krijgen.

- De echt minimale antennelengte is 0,05 golflengte (= 8 meter op 160 meter) maar uiteraard hoe langer hoe beter. Persoonlijk ga ik uit van 0,1 golflengte als minimum.
- Breng topcapaciteit aan om de antenne elektrisch langer te maken (en om daarmee de antenneweerstand te verhogen). Draden van enkele meters of langer! Staken van ½ of 1 meter helpen op 160 meter nauwelijks iets.
- Plaats eventueel noodzakelijke verlengspoelen om de antennen in resonantie te brengen zo hoog mogelijk in de antenne (top-loading of eventueel center-loading maar liever geen base-loading).
- Zorg voor een zo laag mogelijke aardweerstand door het toepassen van zoveel mogelijk radialen (liever meer korte dan een paar lange). Het maakt niet uit hoe dik ze zijn en liever geïsoleerd.
- Aardpennen werken goed als bliksemafleider maar als aarde/aardweerstand voor een antenne zijn ze niet echt effectief.
- Hoe dunner het draad, hoe minder zichtbaar in de buurt, ik gebruik daarom 0,5 mm aluminium lasdraad als straler.

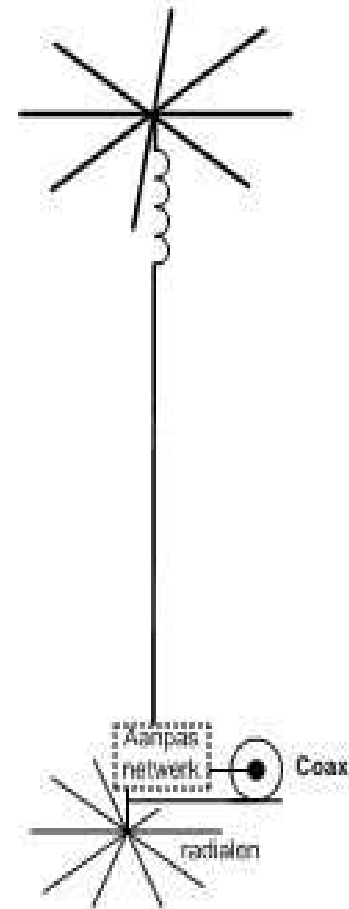
De waarschijnlijk meest gebruikte (en goedkoopste) antenne voor 160 meter is de Inverted-L. Maak het verticale deel zo hoog mogelijk en dan vanaf de top de draad wegspannen (om tot ¼ golflengte te komen) . Deze antenne heeft geen verlengspoel en de horizontale of schuin naar beneden afgespannen topdraad geeft een beetje topcapaciteit en een licht richteffect naar de tegenovergestelde zijde van de afspanrichting. De Inverted-L heeft naast een verticale component ook een horizontale component. Dit is additioneel qua afstralen en daarom voor het zenden niet erg (zelfs een voordeel). De antenne wordt er qua afstralen niet slechter van (wat je wel eens leest op fora)! Een zeer aan te bevelen antenne. Jammer genoeg past hij niet in onze tuin. Gebruik je trouwens twee symmetrische draden als topdraad dan heet het een T-antenne. Neemt meer

ruimte maar heeft ook iets meer topcapaciteit. Mogelijk minimaal beter dan de Inverted-L maar heeft veel meer ruimte nodig.

### Hoe ziet onze antenne er in de praktijk uit?

Dat is een zo lang mogelijke verticale straler met helemaal bovenin een topcapaciteit met (zeer waarschijnlijk) een verlengspoel zo hoog mogelijk in de antenne. Dit alles bij voorkeur dusdanig gekozen dat onderaan bij de coaxkabel geen extra spoel meer nodig is om de antenne in resonantie te krijgen op de gekozen frequentie. De verticale straler liever 10 meter of meer maken en bij voorkeur meerdere draden als topcapaciteit van bij voorkeur 5 meter of meer! Daarnaast liever helemaal geen spoel in de antenne (kost vermogen en straalt niet) maar als je hem gebruikt om de antenne in resonantie te brengen op de gekozen frequentie dan zo hoog mogelijk in de antenne!

Met een antenne-analyzer kunnen we de antenneweerstand (impedantie) van de antenne direct meten. Om de antenne op de coax aan te sluiten hebben we vaak een aanpassingsnetwerkje nodig. We zorgen er eerst voor dat de antenne in resonantie is op de gewenste frequentie (door de lengte te variëren, het wijzigen van de topcapaciteit of de grootte /plaats verlengspoel in de antenne). De antenne is in resonantie als de reactantie van de antenne 0 is ( $jX=0$ ) Het meten van de antenne doen we op de in resonantie zijnde antenne (zonder aanpassingsnetwerk). Het transformeren van 50 Ohm (coax) naar de impedantie van de antenne doen we met (vaak) behulp van spoel/condensator combinatie. Het aanpassingsnetwerk is meestal een condensator parallel over de coax en een kleine spoel in serie met coax. Deze spoel is geen verlengspoel maar onderdeel van de aanpassing!



Gaat je interesse uit naar **andere lage frequenties** dan gelden uiteraard dezelfde regels en berekeningen. Voor 80 meter kun je bijvoorbeeld alles zo ongeveer door 2 delen. Steeds gelden de hierboven genoemde basisregels voor een redelijke werking.

Voor niet te veel geld zijn 12 meter lange glasvezel 'hengels' te koop (bijvoorbeeld bij Spiderbeam). Is dit nog te kort dan een glasvezel surfplankmastje er onder (of 6 meter aluminium buis). Draadje er langs en experimenteren maar. Bij mij staat zo'n 12 meter lange vertical al vele jaren in weer en wind. Tijdens de afgelopen experimenteerdag bleek duidelijk dat een aardpin en/of één lange kwart golf radiaal (te) weinig doet als aardvlak. Een radialennet van 10 (geïsoleerde) draden

van 10 meter (voor 160 meter aan de korte kant) was duidelijk superieur zowel qua ontvangst als bij het zenden.

**Toch liever een horizontale antenne?** Een alternatief voor een met coax gevoede 2 maal 40 meter dipool is een kortere antenne gevoed met open lijn. Bijvoorbeeld 2 maal 20 meter gevoed met open lijn en aangepast met een symmetrische antenne tuner (S-match van PA0FRI). NB. Nooit korter gaan qua lengte dan de helft van de laagste frequentie! Ook hier kunnen we linear loading toepassen. Verre verbindingen gaan lastiger maar alles kan bij de juiste omstandigheden binnen onze mooie radio hobby.

### Resumé

- **Stroom straalt – bij een kwart golflengte antenne is deze maximaal aan de voet.**
- **Zorg voor een zo hoog mogelijke stralingsweerstand (hoe langer hoe beter).**
- **De echt minimale antennelengte is 0,05 golflengte (= 8 meter op 160 meter)**
  - **persoonlijk ga ik uit van 0,1 golflengte als minimum (= 16 meter).**
- **Breng topcapaciteit aan om de antenne elektrisch langer te maken.**
- **Topcapaciteit heeft altijd de voorkeur boven het toevoegen van een spoel.**
- **Plaats eventueel noodzakelijke verlengspoelen zo hoog mogelijk in de antenne.**
- **Zorg voor een zo laag mogelijke aardweerstand door het toepassen van zoveel mogelijk radialen**
- **Breng de antenne eerst in resonantie op de gewenste frequentie (antenne analyzer) en pas daarna de antenne aan op de coaxkabel (vaak spoel/condensator netwerk).**
- **Een goede SWR is lekker voor de eindtrap maar zegt niets over het afstralen van de antenne!**
- **Een met open lijn gevoede dipool nooit korter qua lengte dan de helft van de laagste frequentie!**
- **Bovenstaand ‘regels’ gelden voor alle banden waar de antenne (te) kort is t.o.v. de golflengte.**

73' PA1M