

# Antenner

Anders Sikvall, SM0UEI  
Täby Sändaramatörer, TSA

3 maj 2018

## Innehåll

<b>1 Antenner</b>	<b>2</b>
1.1 Byggande av antenner . . . . .	2
<b>2 Vanliga antennledningar</b>	<b>2</b>
2.1 Koaxialkabeln . . . . .	2
2.2 Bandkabel . . . . .	3
2.3 Våghastighet . . . . .	3
<b>3 Dipolantennen</b>	<b>4</b>
3.1 Längden hos en 1/2-vågsdipol . . . . .	4
3.2 Strålningsdiagram från en dipol . . . . .	5
3.3 Karaktäristisk impedans . . . . .	5
3.4 Anpassning . . . . .	5
3.4.1 VSWR . . . . .	6
3.5 Antennvinst . . . . .	6
3.5.1 Isotrop antenn . . . . .	6
3.6 Polarisation . . . . .	7
3.6.1 Fel polarisation . . . . .	7
3.6.2 Radioamatörers användande av polarisation . . . . .	7
<b>4 Kvartsvågsantennen</b>	<b>8</b>
<b>5 GP-antennen</b>	<b>8</b>
<b>6 Yagi-Uda</b>	<b>9</b>
6.1 Beståndsdelar . . . . .	9
6.2 Strålningsdiagram . . . . .	9
<b>7 Mer information</b>	<b>9</b>

# 1 Antenner

Antennen är den odiskutabelt viktigaste komponenten i ett radiosystem. Utan en verkningsfull antenn spelar det ingen roll hur bra din sändare eller mottagare är. En bra radioapparat kan aldrig kompensera för en dålig antenn. Åt andra hållet däremot fungerar det, en riktigt bra antenn gör att kraven på radiosystemet blir mycket enklare.

Antenner brukar delas in i två huvudtyper, de rundstrålande antennerna och de som är riktantenner. Rundstrålande antenner strålar lika mycket i alla riktningar i åtminstone ett plan. Riktantenner används när man vill rikta radiosignalerna i en viss riktning (eller lyssna i en viss riktning).

Fördelen med riktantenner är att man inte sprider radioenergin i onödan utan kan fokusera den dit den behövs bäst. Detta innebär att man gör en så kallad *antennvinst* i den riktningen – men detta sker förstås på bekostnaden av hur antennen fungerar i andra riktningar.

Antennens uppgift är att överföra signalen från radion till antennen vid sändning och från antennen till radion vid mottagning. Man vill ha så låga förluster som möjligt i antennledningen eftersom det annars minskar effekten vid sändning och minskar känsligheten vid mottagning av svaga signaler.

## 1.1 Byggande av antenner

Förr i tiden var det vanligt att radioamatörer byggde sin utrustning i långt större utsträckning än vad som sker i dag. Dels är det svårt att bygga en modern radioutrustning, tidigare apparater var relativt enkla till sin design, i dag är så mycket mer digitalt och kräver sofistikerad mjukvara.

Men det finns ett område där radioamatören fortfarande bygger och det är antenner. Det är faktiskt något som nog alla gör förr eller senare, inte minst för kortvåg eftersom det är så enkelt att bygga en hyggligt effektiv antenn.

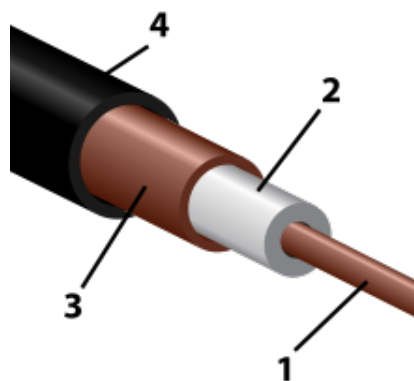
Vi kommer inte ha med byggbeskrivningar här utan fokuserar på den kunskap som behövs för provtagningen till amatörradiocertifikat. Däremot är ni välkomna att ställa frågor till undertecknad när ni är redo att bygga antenner, främst för kortvåg!

# 2 Vanliga antennledningar

Det finns två huvudtyper av antennledning, den vanligaste i dag är koaxialkabeln som de flesta nog har stiftat bekantskap med. Den består av en innerledare i mitten av kabeln som är omgiven av ett isolerande material, ofta en sorts plasticskum eller teflon eller liknande. Utanför detta finns manteln som består av ett rör och som skärmar innerledaren från utsidan.

## 2.1 Koaxialkabeln

Ström flyter både i mantel och mittledare och koaxialkablar används oftast vid *obalanserad matning*, dvs manteln är jordad och signalen sänds på mittledaren.



Bilden ovan visar en klassisk konstruktion av koaxialkabel. De olika delarna i kabeln är:

1. Mittledare, centerledare ofta av koppar eller aluminium

2. Dielektrikum, isolerar och ser till att kabeln håller sin form även vid mindre böjning och liknande
3. Mantel eller återledare. Denna ansluts normalt till jord vid radion (chassiejord)
4. Skyddshölje av gummi, plast eller liknande

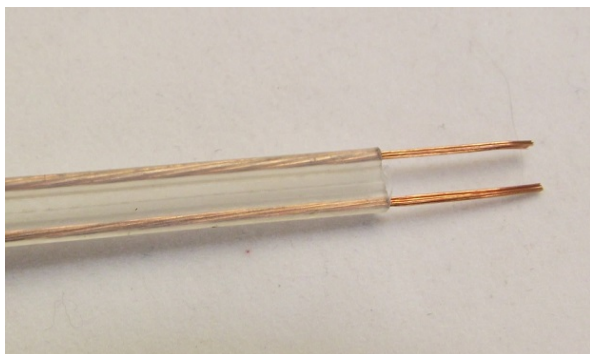
Koaxialkabeln är ofta den enklaste att använda då den kräver en kontakt i vardera änden som svarar mot radions och antennens kontakter och sedan är det bara att koppla. För vissa typer av antenner så är koaxialkabeln ett bra val och det är nästan den enda kabeltypen som används för antenner på fordon som vid bilar.

En koaxialkabel har normalt en karaktäristisk impedans om  $50\ \Omega$  vilket gör att den matchar de flesta radioapparaters antennutgångar. Det finns dock andra värden som exempelvis  $75\ \Omega$  som används i kabeltevenät eller  $30\ \Omega$  som används i vissa högefekttillämpningar.

## 2.2 Bandkabel

En bandkabel består av två ledare på ett fix avstånd från varandra. Materialet som omger ledarna och håller dem på rätt avstånd är ofta någon sorts plastmaterial.

En bandkabel räknad som en *balanserad matarkabel* och är ibland att föredra. Förr i tiden innan koaxialkabeln slog igenom i nästan alla professionella sammanhang var olika sorters bandkabel den absolut vanligaste kabeln för att överföra radiosignaler.



Förr i tiden användes bandkabel ofta för installationer av TV-antennerna i hus. Radioamatörer använder ofta bandkabel i dag eller till och med matningar av liknande karaktär som kallas *öppen steg* eftersom det ger lägre förluster än koaxialkabel man kan själv ansluta dem enkelt till antennen.

Nackdelen är att man vill ha en symmetrisk matning i fallet med bandkabel eftersom annars börjar själva kabeln att stråla och blir en del av antennen. Med symmetri i detta fall avses att kabeln har lika stora och motsatt riktade strömmar i respektive ledning.

Bandkabeln lämpar sig därför inte för att mata antenner som är *asymmetriska* utan då är koaxialkabeln ofta ett bättre val. Vid kraftig asymmetri kan dock även den börja stråla pga *common mode-ström* i kabeln.

Den karaktäristiska impedansen hos en bandkabel är i dag vanligtvis  $300$  eller  $450\ \Omega$  men andra impedanser förekommer.

Öppna stegar ligger ofta runt  $600\ \Omega$ .

## 2.3 Våghastighet

En matarledning har en våghastighet som skiljer sig från den hastighet i fri rymd som radiosignalen har. Fri rymd är alltid snabbare än i kablar av olika typer.

Hos en koaxialkabel är det främst dielektrikat (isolationen mellan innerledaren och skärmen) som bestämmer våghastigheten. Denna anges som en faktor mot våghastigheten i fri rymd = 1.

Vanliga värden på koaxialkablar är från ca  $0,65$  till  $0,88$  på våghastigheten. Ofta använder man ett sorts skum som dielektrika som blåses upp med gas så att det blir bubblor i det. Då får man en snabbare vågrörelse.

Detta är främst intressant när man skall anpassa längder av kabel med våglängden på signalen. Detta görs för vissa antennkonstruktioner liksom så kallade *stubb-filter* och andra anpassningsknep.

Våghastigheten i kabeln och dess faktor kallas i datablad för *velocity factor* alltså hastighetsfaktor och betecknas ofta med symbolen  $V_f$  eller liknande i datablad. Har man rätt instrument kan man mäta den men ofta är det enklare att titta i databladet om man vill veta den.

**Exempel:** I en koaxialkabel med  $V_f = 0,78$  behöver vi klippa till en halv våglängd för frekvensen 7,1 MHz. Beräkna längden på kabeln.

Vi börjar med att räkna ut våglängden för 7,1 MHz som blir:

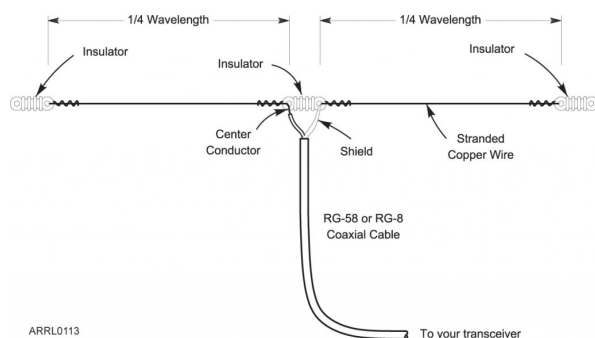
$$\lambda = \frac{300 \cdot 0,78}{7,1} = \frac{234}{7,1} = 32,96$$

Lägg märke till att vi tog ljushastigheten 300 (000 km/s) och multiplicerade med våghastighetsfaktor för kabeln och fick då 234 i stället först.

Nu är det bara ta 32,96 och dela med 2 så får vi halva våglängden i kabeln som då blir 16,48 meter.

### 3 Dipolantennen

Den enklaste antennen och samtidigt grunden i *alla andra antenntyper* är den klassiska dipolantennen. Den heter så för den har två poler. Antennen matas med växelströmmen från radion på olika sätt men det vanligaste och mest effektiva sättet är att ha en balanserad matning.



Bilden ovan illustrerar en klassisk dipolantenn som hängs upp till exempel mellan två stycken träd. I ändarna och i mitten sitter isolatorer för att undvi-

ka att radioenergin övergår i repen när de bli våta och förändrar antennens verkan.

I denna version är koaxialkabeln matad direkt till respektive antennben. Just denna antenn kallas för *halvvågsdipol* eftersom den är en halv våglängd lång. Respektive ben blir då en kvarts våglängd.

En halvvågsdipol i resonans har en matningsimpedans som ligger lämplig för matning av koaxialkabel då den ligger i närheten av  $75 \Omega$ .

#### 3.1 Längden hos en 1/2-vågsdipol

När man beräknar längden tar man dock med en förkortningsfaktor. Denna har att göra med vissa fysikaliska egenskaper vi inte går in på djupet av i dag men den brukar sättas till 0,96 gånger våglängden (som betecknas med grekiska bokstaven lilla lambda  $\lambda$ ).

Formeln för längden på antennen blir därmed:

$$L = 0,96 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Eller om man utgår från frekvensen:

$$L = 0,96 \cdot \frac{300}{f \cdot 2} = 0,96 \cdot \frac{150}{f}$$

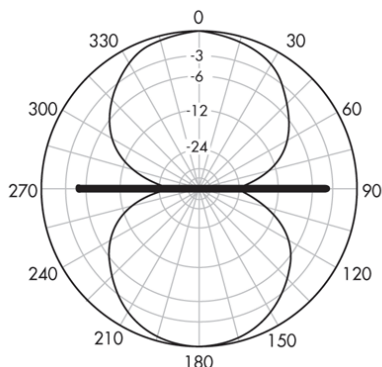
Varje ben i dipolen blir då hälften av värdet  $L$ .

**Exempel:** Du skall konstruera en dipolantenn för frekvensen 7,15 MHz och skall beräkna den totala längden på dipolantennen.

Börja med att räkna ut våglängden, det gör du genom  $\lambda = 300/f$  så i detta fall blir det  $300/7,15 = 41,96$  Detta är nu en hel våglängd så vi dividerar det med 2 vilket ger oss 20,98 meter. Vi applicerar sedan förkortningsfaktorn 0,96 på detta och får svaret 20,14 vilket blir vår antens totala längd.

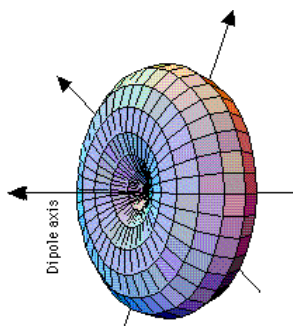
Respektive antennben som skall klippas till av kabel blir sedan hälften av ovanstående värde dvs 10,07 meter.

### 3.2 Strålningsdiagram från en dipol



I bilden ser vi en dipolantenn uppspänd i öst-västlig riktning. Runt den visas strålningsdiagrammet i genomskärning. Som vi ser strålar dipolen mest från mitten i närheten av matningspunkten och inget åt sidorna i trådens riktning (axiellt).

Strålningsdiagrammet kan betraktas som en torus i 3D:



Som ni ser strålar den ni nord-sydlig riktning liksom både uppåt och nedåt och alla vinklar runt detta plan. Den strålar inte i längdriktningen och har därför en viss riktning.

### 3.3 Karaktäristisk impedans

Vi talar ibland om impedansen hos en koaxialkabel som 50 eller 75  $\Omega$  vilket är de vanligaste förekommande. Men vad innebär egentligen begrepp-

pet? Inte har väl en kabel en så hög resistans eller motstånd?

Nej, det har med hur vågen som för energin framåt i kabeln arbetar. Om man mäter förhållandet mellan spänning och ström på ett ställe i kabeln kan man räkna ut en fiktiv impedans som kallas för den karaktäristiska impedansen. Denna fås ur vår gamla bekant Ohms lag  $R = U/I$ .

Vad bestämmer en koaxialkabels karaktäristiska impedans? Främst är det diametern hos innerledaren och avståndet (eller diametern om man så vill) på ytterledaren.

Om innerledaren görs tunnare ökar impedansen. Om manteln görs större sjunker impedansen. Praktiska prov visar att man kan göra koaxialkabel mellan ungefär 20–80  $\Omega$  innan det blir för knepigt.

Låg-ohmig koax används där man har riktigt höga effekter och innebär då en grov mittledare med en nära liggande skärm. Problemet är att sådan kabel lättare drabbas av överslag pga sämre isolationsavstånd.

Högohmig kabel har lägre dielektriska förluster men får i gengäld en smal mittledare som sämre leder ström.

Därför är 50 ohm en ganska bra avvägning mellan dessa ytterligheter.

### 3.4 Anpassning

Om impedansen hos sändare, matarledning och antenn har samma impedans sker maximal effektöverföring och systemet befinner sig då i anpassning.

Om man inte har det har man missanpassning och det leder till att en del av den framåtgående energin i signalen reflekteras tillbaka till sändaren. Det uppstår en stående våg i backriktningen och nu kommer vi in på ett mycket vanligt begrepp som används hela tiden när man bedömer antenner mm.

### 3.4.1 VSWR

VSWR står för Voltage Standing Wave Ratio och betyder ungefär ståendevågförhållandet mellan spänningarna på den framåtgående vågen och den reflekterade.

VSWR uttrycks normalt som ett förhållande t.ex 1.2:1 och ibland säger folk lite slarvigt "jag har 1.2 i stående våg på antennen" vilket avser exakt samma sak.

Om vi har en matarledning med 50 ohm som kopplas till en antenn med impedansen 200 ohm så sker en missanpassning. Storleken på denna missanpassning uttryckt i VSWR blir då 4:1. Detta är en kraftig missanpassning och gör att radion kommer skydda sig med att dra ner sin sändareffekt eller i värsta fall tom kan gå sönder.

Det är därför viktigt att ha bra anpassning i sitt antensystem. Enkla instrument för att mäta stående våg finns att köpa och många radioapparater kan också mäta ståendevågförhållandet direkt.



Instrumentet i bilden visar ett så kallat *korsvisande* instrument. Det läses så att effekt som lämnar radion visas på nålen till vänster på skalan FORWARD och effekt som kommer tillbaka pga missanpassning visas på nålen till höger REFLECTED.

Där nålarna skär varandra finns röda linjer märkta med siffror. I detta fall är det riktigt dålig stående våg som är i det närmaste oändlig. Det finns troligen ingen antenn alls inkopplad!

Användbar stående våg är  $<2:1$  och bra räknas den ungefär från 1.5:1 och lägre.

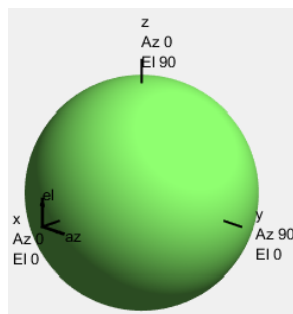
## 3.5 Antennvinst

Antenner kan ha mer eller mindre riktverkan beroende på hur de konstrueras. Även en dipol har en viss riktverkan som vi såg när vi tittade på dess strålningsdiagram.

En horisontell dipol har därför en viss antennvinst eftersom den inte strålar längs sin axel. För att ta reda på hur mycket behöver vi titta på en annan antenn som egentligen inte finns...

### 3.5.1 Isotrop antenn

Den isotropa antennen är en antenn som strålar exakt likformigt i alla riktningar. Denna kan användas som en referens för alla andra antenner och vi kan uttrycka skillnaden i en antens maximala riktning jämfört med en isotrop antenn.



Räknar man geometriskt på detta kommer man fram till att skillnaden i dipolens bästa riktning jämfört med en isotrop antenn är 2,15 dB. Detta kallas för att man har antennvinsten 2,15 dBi där "i" står för *jämförelse med isotrop antenn*.

Nu brukar radioamatörer inte använda isotropa antennen som referens eftersom det är i regel enklare att använda dipolantennen. Det innebär att om vi har dipolantennen som referens är dess antennvinst i stället 0 dB (vi jämför ju oss med oss själva nu).

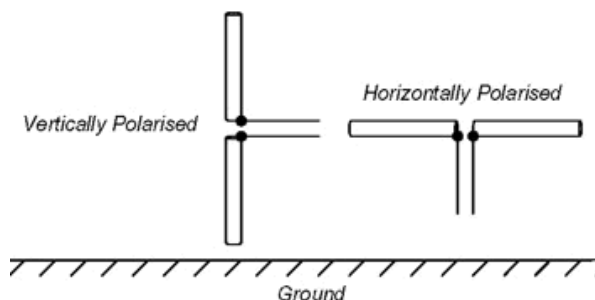
Med dipolen som referens har vi i stället begreppet dBd. Förhållandet mellan de båda är då:

$$\text{dBi} = \text{dBd} + 2,15$$

Båda talen kan användas för att utvärdera en antens riktningsverkan. Genom att förlänga en dipolantenn till 5/4 våglängd kan man öka riktningsverkan något till 5,2 dBi eller ungefär 3 dB. Den blir dock ännu smalare i sin riktning då.

### 3.6 Polarisation

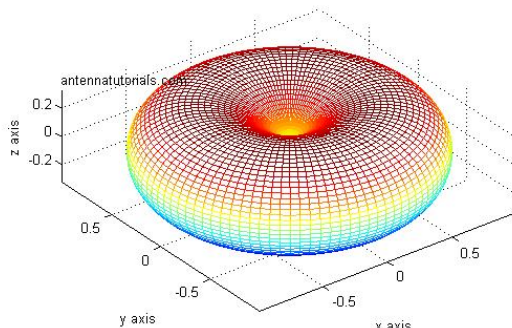
En antenn sägs ha en viss polarisation. Inom amatörradion använder vi normalt horisontell eller vertikal polarisation. Det finns också andra varianter, exempelvis ciruklärpolariserade antenner som ibland används i kommunikation med satelliter och liknande.



Polarisationen beror på hur dipolen vänds. Om den sitter horisontellt som den vi tittat på tidigare så blir signalen horisontellt polariserad. Om man i stället sätter den vertikalt får man en vertikalt polariserad antenn.

Sådana antenner använder man till exempel på fordon. Anledningen är att man vill att antennen skall stråla cirkulärt runt fordonet så riktningen inte spelar så stor roll när man är i rörelse eller hur man parkerat.

Radiation pattern of half wavelength dipole by antennatutorials.com



#### 3.6.1 Fel polarisation

Om en sändare och en mottagare har fel polarisation jämfört med varandra, dvs om den ena sänder med horisontell polarisation och den andra lyssnar med vertikal så kommer antennerna inte att samverka på ett gynnsamt sätt utan i stället blir signalen kraftigt dämpad.

Storleken på dämpningen kan uppmätas till ca 20, dB vilket betyder att endast en hundradel av signalen når mottagaren jämfört med om den hade rätt polarisation.

Vid rymdvåg kan man aldrig riktigt veta polarisationen. Den kan också ändras under tiden man pratar med varandra och ge upphov till färdning på grund av detta. Så det är normalt mest vid sändning på VHF och högre frekvensband som man är noga med att få rätt polarisation.

#### 3.6.2 Radioamatörers användande av polarisation

Radioamatörer som sänder på VHF och högre frekvenser nyttjar ofta vertikal polarisation när man kör FM. Repeatrar och kontakter med bilar fungerar bäst med vertikal polarisation därför att det är enklast att montera så på bilen.

På kortvåg förekommer både vertikalt polariserade antenner men de vanligaste, särskilt för de låga

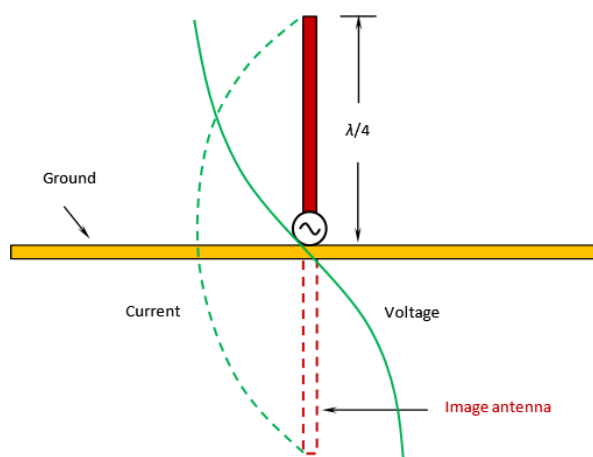


banden, är antenner konstruerade med hängande tråddipoler. Dessa blir då horisontellt polariserade.

Vertikaler på kortvåg har sina fördelar också, ibland kan man nå helt nya ställen med en enkel vertikal som man inte når med sin horisontala antennte pga andra strålningsvinklar.

## 4 Kvartsvågsantennen

En kvartsvågsantenn är en populär antennte att använda på VHF på fordon och fungerar ofta bra. Funktionen är att den bildar en dipol med tex fordonet som den ena polen i antennten.



Fordonet fungerar nu som jordplan för antennten och det är viktigt det är bra koppling mellan antennten och plåten i biltaket. Biltaket speglar antennten så att den ser sin egen spegelbild i plåten och därmed blir den också en 1/2-halvvågsdipol egentligen.

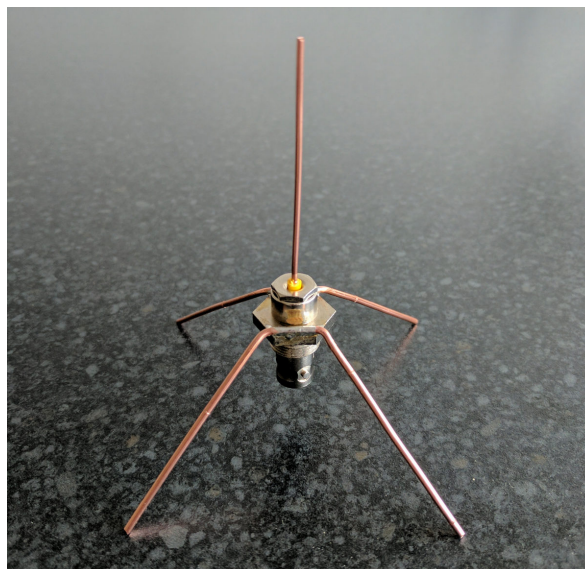
Antennförstärkningen är ungefär som en vanlig dipol. Genom att göra diverse trick och förlänga antennten kan man skapa högre antennvinst, det är relativt vanligt att se antennvinst mellan 2–5 dBi på en bilantenn.

Det är också vanligt att de utförs både för 2 meter och 70 cm bandet.

Beräkningar för en kvartsvågsantenn fungerar ungefär som för en vanlig dipol men man använder bara ena benet av dipolen så den blir ungefär en fjärdedels våglängd lång (därför namnet kvartsvågsantenn).

## 5 GP-antennen

GP-antennen är en variant av kvartsvågsantenn – fast i stället för att sätta den på ett jordplan konstruerar man ett jordplan i anslutning till antennten. Det är oftast 3 eller 4 spröt som kan gå antingen rakt ut från botten av antennten (matningspunkten) eller hänga i olika vinklar nedåt.



Detta är en vanlig antennte för olika kommunikationsradiotillämpningar. GP står för *ground plane* alltså jordplan.

GP-antennen har en stor fördel med den vanliga dipolen nämligen den kan monteras i toppen av ett antennrör och komma högt och fritt. Dipoler som monteras vid sidan av en mast eller antennrör kommer påverkas av antennröret. En del dipoler drar nytta av detta med antennröret som en reflektor och uppnår en viss riktverkan pga detta (upp mot 6,dBi) men då bara i en riktning.



En GP-antenn strålar lika bra åt alla håll och i princip bestämmer höjden över omgivningen hur långt markvågen kan nå. Strålningsdiagrammet är likt en vertikal dipol.

## 6 Yagi-Uda

Denna antenntyp är mer komplicerad än de andra antennerna och man kan skriva hela böcker om olika varianter på dessa antenner. Det skall vi inte göra här utan vi skall nämna några varianter som är vanliga och hur de olika delarna benämns.

Denna antenntyp räknas till riktantennerna. De karaktäriseras av att de strålar mycket mer i en viss riktning än de andra. Det finns andra typer av riktantenner också men vi skall inte ta upp dem här utan det kan man läsa mer om i Konceptboken.

### 6.1 Beståndsdelar

En Yagi-Uda består av tre huvuddelar. Ett drivelement eller radiator till vilket matarledningen ansluts. Bakom detta drivelement finns ett eller flera *reflektorer* vars uppgift är att fokusera radiovågen i motsatt riktning. Framför drivelementet finns ofta ett antal *direktorer* som har till uppgift att samla och ytterligare fokusera antennen i direktorernas riktning.



I bilden ovan ser vi matningselementet (1) som är en vikt dipol. En vikt dipol fungerar ungefär som en vanlig dipol men har en högre matningsimpedans och är mindre känslig för omgivande

elements påverkan av impedansen liksom den blir även mer bredbandig.

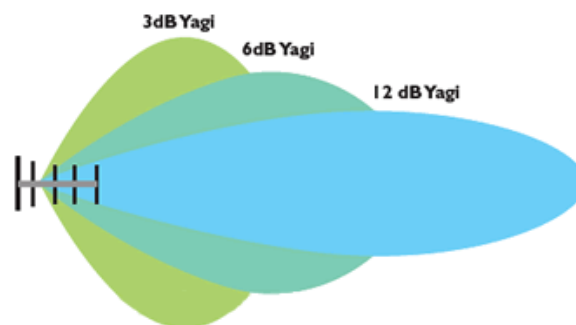
Vid siffran (2) pekas reflektorn ut, i detta fall består den av två element placerade bakom samt något ovanför och under drivelementet.

De övriga "pinnarna" är direktorerna (3) som fokuserar radiovågen ytterligare. I det här fallet har man 7 stycken direktorer.

Vanliga TV-antenner utfördes förr som klassiska Yagi-Uda men i dag finns det diverse andra varianter också.

Det som bestämmer yagi-antennens antennvinst som kan vara mycket hög från såg 5 dBi för en liten antenn till 15–20,dBi för en mångelements Yagi-Uda är bommens längd i förhållande till våglängden.

### 6.2 Strålningsdiagram



I bilden ovan ser vi hur några olika Yagi-antenner och hur öppningsvinkel och antennvinst beror på olika design. Ju högre antennvinst desto smalare *öppningsvinkel* får antennen.

Bilden visar antennvinst på 3 dB, 6 dB och 12 dB.

## 7 Mer information

I studiematerialet finns det väldigt mycket mer information om antenner och det rekommenderas varmt att studera detta på egen hand.