



...:: trådlöst | antenner

...:: grundkurs i antennlära



www.p4w.com

Copyright © Pro4 Wireless AB. Alla rättigheter förbehålles.

Denna upplaga omarbetad november 2004

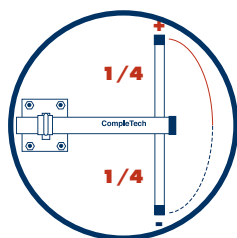
Grafisk formgivning Ulf Seijmer

Text av Ulf Seijmer

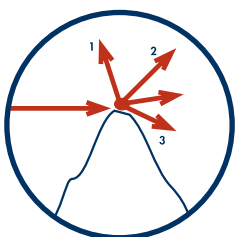
Första gången publicerad 1994

Tryckt på miljövänligt papper

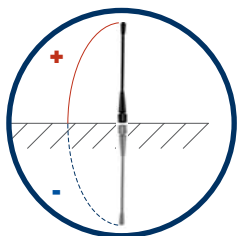
» ur innehållet:



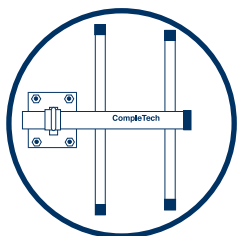
Inledning	4
Frekvensens påverkan	5
Faktorer som påverkar radiokommunikationen	6
Enheten dB	7



Vågutbredning	8
Reflektioner och kniveggsbrytning	9
Troposfärisk vågutbredning	10
Impedans	12



Polarisation	12
Fasförskjutning	13
Antennvinst	14
Jordplan	15



Basstationsantennerna i ComAnt®-serien	16
ComAnt antennernas konstruktion	17
Repeaterstation baserad på ComAnt	18
Stackning	19



Sprötantenner	20
Antennkablar och övrig kringutrustning	21

» inledning

När man planerar att bygga upp ett radiosystem är det viktigt att komma ihåg att valet av antenn är en minst lika betydelsefull faktor som valet av radio. Även den bästa radioutrustningen behöver en kvalitativ antenn för att fungera fullt tillfredsställande. Med utökat överföringsavstånd ökar naturligtvis även kravet på antennen. I system med svårigheter har i många fall antennen visat sig vara den felande länken. Har man inte valt rätt antenn från början kan det skapa många oegentligheter i onödan såsom intermodulation, radioskuggor, störningar eller att sändningen helt avbryts.

Tack vare ett nära samarbete med våra antennleverantörer kan vi stävja dessa oegentligheter och även skraddarsy antennlösningar som passar just Ert systems specifika krav.



Denna dokumentation är inte tänkt att utgöra någon djupare teknisk beskrivning utan skall enbart ses som en vägledning genom djungeln av tekniska termer och formler som man kan stöta på i radiokommunikationssammanhang.

En radiovågs specifika frekvens står i direkt relation till radiovågens längd. När Du t ex lyssnar på radio hemma justerar Du radiomottagarens våglängd efter en viss radiostations våglängd. Om Du har rätt våglängd är mottagningen god. Mottagningen kan sedan förbättras ytterligare genom att prova att rikta radioantennen åt olika håll.

» frekvensens påverkan

Ju lägre ner i frekvens desto längre är radiovågorna och därigenom ökar antennens längd. En antenn på 150 MHz är ca 3 gånger längre än en antenn på 450 MHz. En antenn avsedd för 450 MHz bör vara c:a dubbelt så lång som en antenn för 900 MHz. Det finns en formel för att räkna ut längden på en radiovåg vid en specifik frekvens. Denna lyder enligt följande:



› **formeln för våglängd:** $l[m]=300/f[\text{MHz}]$

De lägre radiovågorna gör längre "hopp" och har lättare för att färdas längre sträckor och vika runt hörn; de högre frekvenserna gör mycket mindre "hopp" och är inte lika fördelaktiga räckvidds-mässigt. Således har en låg frekvens som 450 MHz bättre möjligheter att forcera hinder än på 870 MHz.

» antenssimulering

Antennbehovet växlar mycket från fall till fall. Genom en antenssimulation kan vi utifrån en topografisk karta ta fram vilka antenner, antennplaceringar och antennhöjder som rekommenderas. Vi rekommenderar att en antenssimulation utförs i mer komplexa system eller vid kommunikation över längre distanser med växlande terräng och höjdskillnad.

» bred-/smalbandsantenn

Vi vet att det finns påståenden om att smalbandsantenn skulle vara fördelaktigare än bredbandsantenn, av den anledningen att bredbandiga antenner skulle ta upp signaler från andra kringliggande frekvenser. Detta påstående är inkorrekt, eftersom det är helt beroende på radions selektivitetsförmåga att skilja på vad som är skräp eller vad som är korrekta signaler. Ur antenssynpunkt är det däremot viktigare att antennen inte har någon reflektion, eller åtminstone minsta möjliga reflektion för att vara en kvalitativ antenn. Antennens reflektion kan mätas med en ståendevågsmätare, som kan kopplas in var som helst på antennkabeln.

Vi vill även belysa att en bra mottagarantenn även är en bra sändarantenn, eftersom strålningsmönstret är identiskt under mottagning och sändning. Således kan det vid problem med svag signalstyrka räcka med att byta den ena av de 2 antennerna, eftersom denna ju förbättrar såväl sändnings- som mottagarförhållanden.

» faktorer som påverkar

Det är ett antal faktorer som har en avgörande roll för att radiokommunikationen skall fungera.

Vid val av antenn måste man ta hänsyn till antennvinst, polarisation, strålningsmönster, material och struktur. Här är även antenn-

placeringen en viktig aspekt; dit räknas eventuella förluster i antenkablar vid höga mastinstallationer.

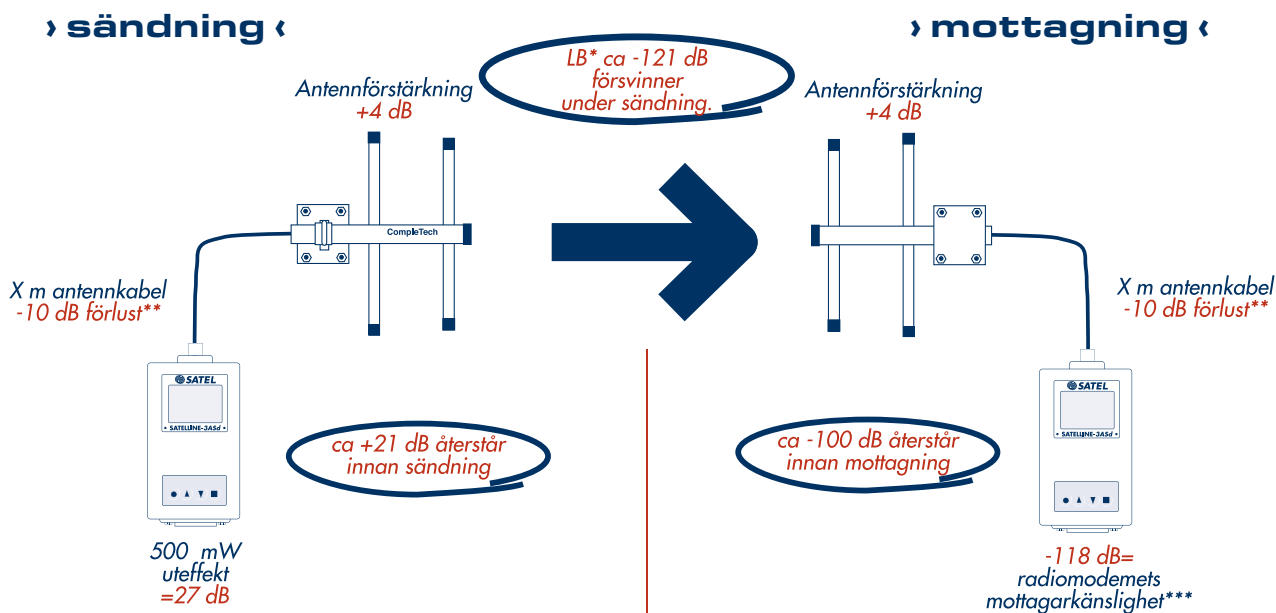
Frekvensen, markytans beskaffenhet, väderbrus, reflektioner och störningar har också stor betydelse. Dock påverkar inte s.k. solfläckar frekvenser över 100 MHz nämnvärt.

I hela denna länk har naturligtvis även valet av radio en stor roll. På sändarsidan tar man fasta på bl.a. sändarens uteffekt och på mottagarsidan t.ex. mottagarkänsligheten, selektiviteten och intermodulationssvar.

» enheten dB

Decibel är en logaritmisk skala där 3 dB motsvarar en fördubbling av uteffekten. Detta innebär att även om man byter en mottagarantenn och sätter dit en antenn med ytterligare 3 dB förstärkning så kommer detta att motsvara en fördubbling av sändarens uteffekt. Ett annat nyckeltal är att om signalen förbättras med 6 dB så motsvarar detta möjligheten till en fördubbling av räckvidden [avser 450 MHz bandet].

Det är viktigt att veta att det finns två vanliga enheter; dBd och dBi. Den första enheten, dBd, avser förstärkningen i jämförelse med en dipolantenn och det senare värdet, dBi, avser en jämförelse med en isotropisk strålningskälla. Dessa värden är ej jämförbara med varandra utan är en omräkning, $dBi = dBd + 2,15$. En del antennleverantörer anger inte vilken enhet som avses, varför det ligger till hands att tro att de använt det högre värdet, dBi. I detta antennhäfte använder vi oss hela tiden av dBd som vi skriver ut dB.



- * Värden beror på bl a frekvens och avstånd. Ovanstående värde är ett exempel.
- ** Kabeldämpningen påverkas av bl a kabelkvalitet och kabellängd
- *** Mottagarkänsligheten kan påverkas av hastigheten

» vågutbredning

› förklaring till bilden

Räkneexemplet som bilden ovan visar används för att mellan tummen och pekfingeret förutsäga vilka mottagningsförhållanden som kommer att råda i förhållande till kabeltyp, kabellängd, antenntyp samt modemets mottagarkänslighet vid ett visst avstånd (d) och frekvens (f). Exemplet avser radiomodem men kan naturligtvis tillämpas i alla radiosystem.

Bilden utgör endast ett exempel med påhittade värden. Värden på sträckdämpningen (-121 dB i exemplet) varierar från fall till fall och är i ovanstående exempel påhittat.



› formeln för sträckdämpning lyder:

$$LB = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d$$

f [MHz]

d [km]

Radiohorisonten ligger 15 % längre bort än den optiska eftersom radiovågorna påverkas av gravitation. Detta gör att man med stor säkerhet kan säga att om man ser en tänkt antennplaceringsplats från en annan så kommer kommunikationen att fungera.

› sändarsida

Uteffekten från radiomodemet i exemplet är på 500 mW vilket motsvarar 27dB. Vid användande av antennkabel försvinner lite av detta värde beroende på vilken typ av kabel och vilken längd som används, men i vårt exempel räknar vi med värdet -10 dB. Därefter återstår 17 dB av ursprungsvärdet. Sedan använder vi oss av en antenn med 4 dB förstärkning vilket således ökar värdet till 21 dB. Under sändning antar vi att sträckdämpningen blir 121 dB.

› mottagarsida

Efter sändning uppgår nu signalen till -100 dB på mottagarsidan. Även här använder vi oss av en antenn med 4 dB förstärkning. Värdet på mottagarsidan förändras härmed till -96 dB. En likadana antennkabel som på sändarsidan minskar värdet med -10 dB. Slutligen hamnar vi på ett värde på -106 dB som är högre än radiomodemets mottagarkänslighet på -118 dB (detta värde varierar från modell till modell). Radiomodemet kan alltså fånga upp signaler ned till -118 dB men vi rekommenderar alltid en marginal på minst -6dB. Det är en fördel om dB systemet testas med en antenndämpare på ca 6 dB, för klarar systemet denna marginal kan man vara förvissad att risken för framtida problem p.g.a. externa störningsmoment minimerats.

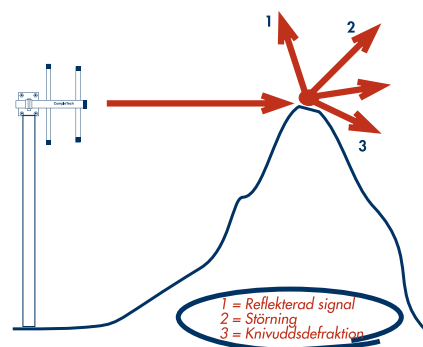
» reflektioner, radiofenomen

Radiovågor går rakt fram med de kan reflekteras mot t.ex. marken och vattnet, mot hus eller berg. Förutsättningarna för en reflektion

är att materialet är elektriskt ledande. Reflektioner resulterar i antingen en försvagad eller förstärkt signal.

Hinder på vägen kan böja radiovågorna så att de studsar och därigenom förstärks, men detta är inte pålitligt, för det kan lika gärna vara tvärtom att radiovågen studsar och byter riktning och därmed försvinner helt.

Om radiovågen kommer till en skarp kant, t.ex. en bergskam så klipps inte radiovågen av helt tvärt. En mindre del av radiovågen kommer att "böja av runt hörnet". Detta fenomen kallas kniveggsbrytning eller knivuddsdefraktion.



På grund av reflektioner och kniveggsbrytningar så når alltså radiovågorna längre än den fria sikten. Man måste vara mycket observant så att inte dessa fenomen är de faktorer som får ett system att fungera.

» troposfärisk vågutbredning

Troposfärisk vågutbredning kan uppstå då och då och är något man aldrig ska basera en radiolänk på. Det ger emellertid små effekter på de system vi arbetar med. Det är ett ytterst sällsynt fenomen som ibland kan skapa förvirringar i radiosystemet. Det är inget som kan förutses, men det kan vara bra att känna till om man märker att systemet krånglar av någon oförklarlig anledning. Två exempel på troposfärisk vågutbredning är reflektion och tro-
posfäriska störningar:

› reflektion

Detta kan uppstå när luftmassor med olika temperaturer, tryck eller olika luftfuktighet möts. Detta är vanligast förekommande vid kustremsan (gräns mellan land/hav). Karaktäristiskt för reflektion är att sändare långt, långt ifrån systemet plötsligt kan göra sig hörda. Ett exempel är att ett system i Stockholm utan någon orsak kan bli stört av en sändare på Gotland.

› troposfäriska störningar

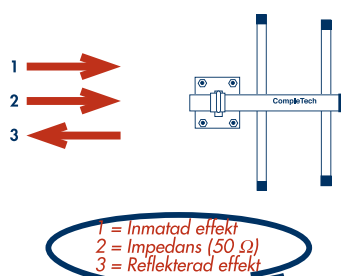
Om luftlagret innehåller tillräckligt med elektroniska partiklar i luften; t ex meteorregn, kan det fungera som en spegelreflex som reflekterar signalerna tillbaks till jorden. Även detta fenomen kan påverka avlägsna system.

Den atmosfärska dämpningen beror dels på de gaser som luften utgör, dels på nederbörd.

» antennparametrar

Med antennparametrar avser vi begrepp såsom reflektion, impedans, antennvinst och polarisation.

Radiobaserade system kan även liknas vid en kedja. Länkarna motsvarar radiomodem, antenn och kablar. Alla dessa ska passa i varandra och harmonisera med varandra för att undvika interna reflektioner och därmed skapa kedjans svaga länk. Signalen ska kunna flyta jämnt via modemets antennkontakt genom antennkabeln och slutligen genom antennen ut i luften.



› impedans

Alla i systemet ingående komponenter måste ha samma resistans. I de allra flesta fall brukar radioanläggningar ha en impedans på 50 Ohm och TV-anläggningar 75 Ohm. Därför kan man inte använda en TV-antenn i ett radiosystem även om antennen är avsedd för rätt frekvensband.

› intern antenreflektion

I bilden ovan vill man ha maximal effekt ur antennen från framåtgående effekt och minimal signalreflektion från den reflekterande effekten.

Om kabeln eller antennen avviker från 50 Ohm så kommer en del av sändareffekten att reflekteras tillbaka till sändaren. Den utgående och den reflekterande radiovågen kommer på vissa ställen att samverka och på vissa ställen att motverka varandra. Fenomenet kallas stående våg och den benämns med beteckningen VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), som är ett förhållande mellan framåtgående och reflekterande effekt. Om VSWR är $< 1,50$ och impedansen 50 Ohm betyder detta i praktiken att den uppfyller specifikationerna för användning inom intervallet 33–75 Ohm.

Stående våg kan mätas med ett mätinstrument och indikerar hur bra impedansanpassning det är mellan radio, kabel och antenn.

› polarisation

Det finns vertikal, horisontell, cirkulär polarisation och allt däremellan. Det ena är inte bättre eller sämre än det andra, det är dock vanligare att använda vertikal. Det enda som man bör tänka på är att alla enheter i systemet måste ha samma polarisation.

Vid tillfällen när det uppstår störningar p g a att andra system på närliggande frekvenser använder vertikal polarisation, kan det räcka med att vrida antennerna horisontellt. På detta sätt vinner man ytterligare 21 dB isolation dessutom får radiovågorna lättare att nå fram, eftersom horisontell polarisation samlar upp mindre "skräp" och är fördelaktigare på längre radiolänkar. Horisontell polarisation är dock inget alternativ för mobila applikationer med tanke på att mobila antenner oftast är lämpligare att installera vertikalt.

I lager och flygplansapplikationer används ibland cirkulär polarisation som standard. Denna är varken vertikal eller horisontell. Riktningen på den cirkulära antennen beror på hur antennen är fasad.

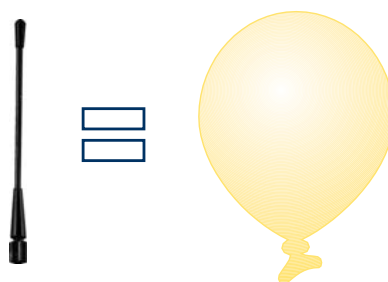
› fasförskjutning

När en antenn med mer än ett jämnt antal antennelement är i fas (jämnvikt), förstärker antennerna varandra. Fasförskjutning används när man vill rikta antennens strålning till ett visst område som inte kan nås genom att rent mekaniskt tippa antennen. Då det ju är svårt att montera en antennmast i t.ex. 45 graders lutning kan man istället anpassa antennens strålmönster genom att antingen mekaniskt rotera den ena antennen upp och ned eller elektriskt genom att tillägga en speciell matningskabel. Med denna matningskabel som anpassas efter eftersökt fasningsvinkel kommer antennkropparna inte i jämnvikt längre och radiovågorna tvingas till det planerade täckningsområdet med bibehållen antennvinst.

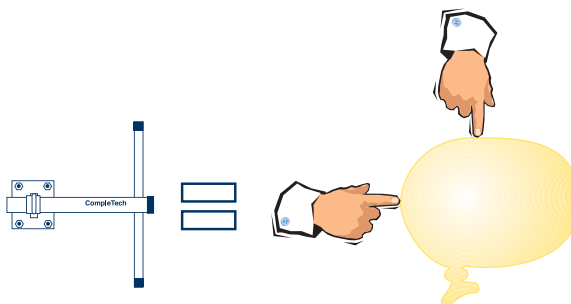
› antennvinst

Vid antennarbete och inom antennteorin, talar man om att en antenn har en viss förstärkning i jämförelse med en viss referensantenn eller referensnivå. Man använder sig då av enheten dB, som är ett uttryck för att visa effektens ökning vid mottagning eller sändning hos den antenn i jämförelse med en referens. Antennvinsten betecknas med G (=Gain). För att illustrera olika antenners karaktäristik och antennvinst använder vi en ballong som man pressar åt de håll som man önskar rikta radiovågorna.

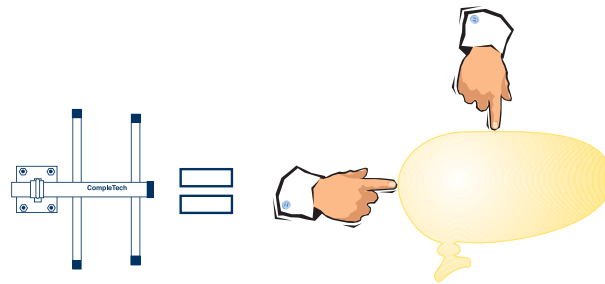
En vanlig antenn utan antennvinst ser antennvinstbilden ut enligt nedanstående exempel. Antennen strålar lika mycket åt alla håll och liknar en ballong:



Antennvinst uppnås genom att ändra antennens strålning så att den är starkast åt de håll man önskar. I denna illustration har vi liknat antennvinst vid en ballong som trycks ihop för att uppnå önskad form. Exemplet visar ComAnt D med 2 dB antennvinst.

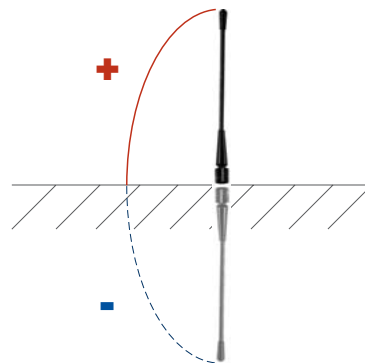


ComAnt Y har dubbelt så mycket gain som ComAnt D (4 dB).
Därmed riktas radiovågorna ytterligare.



› jordplan

En radiosändare lämnar en växelström som svänger i takt med sändarfrekvensen. Strömmen är som starkast på antennens mitt. En antenn har även en spänning med en plus- och en minuspol. För att kompensera detta krävs ett jordplan. Detta kan liknas vid en spegelbild. Om vi ställer en $1/4$ -vågsantenn på en plåt så uppfattar antennen att den är en halv våglängd lång och antennen kommer i resonans. På bilden nedan ser Ni ett exempel på en $1/4$ -vågsantenn med ett jordplan.



Något som bör beaktas vid fordonsmontage på större fordon är att många av dessa tak är i glasfiber. I dessa fall krävs ett jordplan om en $1/4$ -vågsantenn ska användas.

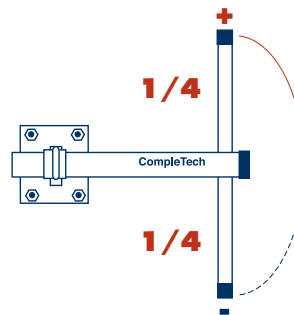


› jordplanets storlek räknas ut såhär

$$\frac{300}{\text{Frek}} \times \frac{1}{4} = \text{xm}$$

› dipolantenner behöver inget jordplan!

Varken de kolinjära eller riktade dipolantennerna i ComAnt serien behöver jordplan, eftersom dessa får ström från mitten. ComAnt D t ex består av 2 st 1/4-vågselement och får därmed automatiskt sin egen plus- och minuspole.



› basstationsantenner

Vi arbetar med ett antal olika antennfabrikat men till de flesta applikationer brukar vi använda ComAnt antenner. Dessa är pålitliga och prisvärda antenner, som kan uppnå hög kvalitet och god antennkaraktäristik.

Antennernas modulkonstruktion och bandbredd erbjuder en hög flexibilitetsnivå. Att antennerna är modulkonstruerade innebär att det utifrån ett fåtal utgångsmoduler är möjligt att bygga ut systemet vartefter behovet förändras. Och genom att bara vrida och rikta antennerna på olika sätt kan en ny applikation möjliggöras.

Tack vare antennerna i ComAnt serien kan snudd på alla antennbehov i ett system täckas. Det kan t ex röra sig om antennlösningar för flygapplikationer där antennerna måste vara oberoende av varandras polarisation eller för fjällapplikationer med en enhet

uppe på en bergstopp och en annan vid bergsfoten, då det behövs antenner som kan riktas uppåt respektive nedåt.

› comant antennernas konstruktion

För att skydda antennerna mot inverkan från vatten, snö, is samt indirekt åsknedslag har konstruktionen lösts enligt följande:

Antennens elektromekaniska komponenter är ingjutna i polyurethanskum för att skyddas mot elektriska störningar, som annars kan orsakas av vatten. Det isolerande höljet skyddar dessutom enskilda regndroppars påverkan inuti antennkretsen.

Genom att använda oledande antensskydd och polyurethan, minimeras inverkan från is och snö på antennens VSWR och antennvinst.

Antennerna är dessutom stryktåliga eftersom de är täckta av ett stöttåligt material, såsom plast och glasfiber. En DC-skyddande konstruktion skyddar utrustningen som är ansluten till antennen mot indirekt åsknedslag.

För att minska de möjliga harmoniska störningarna, är ComAnt® antennerna kortslutna på frekvenser två gånger den designade frekvensen.

En annan viktig aspekt hos ComAnt antennerna är att utstrålningen från inmatningskabeln alltid är skyddad med hjälp av en specialdesignad drossel inuti antennen. Denna hindrar vågorna att gå tillbaka till kabeln och därmed stråla ut även från kabeln.



› repeaterstation baserad på ComAnt

En repeaterstation (även kallad relästation) kan vara nödvändig vid längre distanser eller vid extrema höjdskillnader för att länka vidare signaler. Antingen används två olika frekvenser i en repeaterstation med två olika antenner, eller så används ett modem som repeaterstation som återutsänder på samma frekvens.

I en repeaterstation med två frekvenser rekommenderas minst 65 dB isolation mellan frekvenserna när det är 100 kHz mellan kanalerna. I praktiken innebär detta att antennerna måste monteras minst 5 meter isär.

55 dB är förhållandevis lätt att åstadkomma, men 65 dB är däremot svårare. Genom att tillsätta ett Repeater Kit bestående av ett jordplan läggs 10 dB ytterligare isolation till. Detta gör repeaterstationen mycket mer lättdesignad, eftersom antennelementen då inte behöver sitta så långt ifrån varandra.

Om Du har två frekvenser som skall användas parallellt kan Du även använda horisontell polarisation på den ena frekvensen och vertikal på den andra på så sätt kan ytterligare 21 dB separation uppnås.

» exempel på basstationsantenn

Alla antenner i serien kan anpassas efter framtida behov genom så kallad stackning vilket ger en mycket flexibel lösning.

› comant D -dipolantenn

En dipolantenn som lämpar sig bra för stationer som kräver runt-omstrålande antenn så som t ex basstationer eller repeaterstationer. Antennen har 2 dB förstärkning.

› comant Y -yagiantenn

Den minsta av riktantennerna i ComAnt serien. Riktantenner används ofta på stationer som ska kommunicera med en eller flera stationer inom en begränsad sektor, t ex understationer i som kommunicerar mot en basstation/repeaterstation eller en station som kommunicerar med andra stationer i samma sektor. Antennen har 4 dB förstärkning.

› comant Y+ -yagiantenn

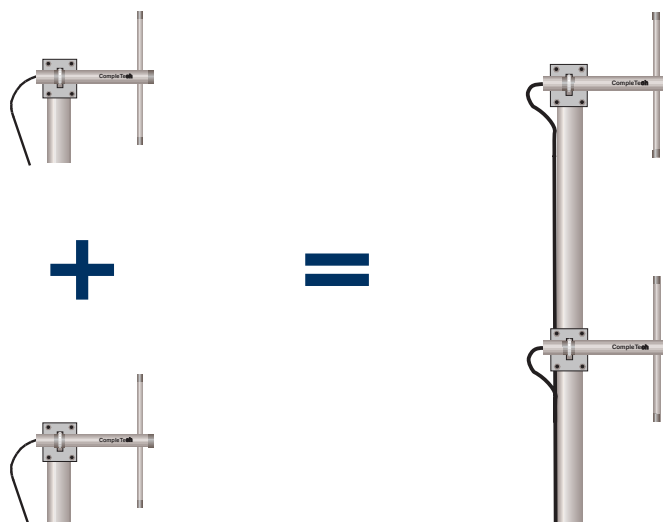
Egenskaper och användningsområden som ComAnt 420 Y, dock högre förstärkning. ComAnt Y+ går att stacka vid behov av högre förstärkningsgrad. ComAnt Y+ har 6 dB förstärkning.

› övriga antenner

I ComAnt serien finns yagiantenner med kraftigare förstärkning, runtomstrålade antenner samt åskskydd. Kontakta oss för vidare information.

› stackning

Stackning bygger på att 2 antenner av samma typ monteras ihop med varandra via en specialadapter med syfte att få en starkare signal. Nedan visas 2 st ComAnt D som stackats till en ComAnt C2.



» sprötantenner 450 MHz

En sprötantenn är lämpad att använda för fasta installationer vid kortare avstånd eller i mobila applikationer. Antennerna är mycket stryktåliga och av hög kvalitet. Vi har ett brett sortiment av sprötantenner för att täcka tänkbara användningsområden, vi tar även fram specialanpassade antenner på begäran.

› helixantenn



Helixantennen är en 5 cm gummiantenn som har ett spirallindat antennelement. Detta är den smidigaste antennlösningen, men ha i åtanke att antennen inte har någon antennvinst och för att fungera optimalt krävs ett jordplan.

› 1/4-vågsantenn



1/4-vågsantennen är en 16,5 cm gummiantenn med något bättre räckvidd än ovannämnda, som även denna kräver ett jordplan.

› 1/2-vågsantenn



1/2-vågsantennen har en antennförstärkning som motsvarar ungefär 2 dB. Till 1/2-vågsantennen krävs inget jordplan.

› magnetfotantenner



Vi tillhandahåller två olika modeller av magnetfotsantenner; en Helixantenn med magnetfot samt en 5/8-vågsantenn. Antennerna levereras med magnetfot inkl. 4 m kabel, som lätt kan monteras på t.ex. ett biltak eller apparatskåp.

› sprötantenner för fast/fordonsmontage

Vi tillhandahåller en grundmodell som består av en fot för montage i ett borrarat hål, 4 m kabel med kontakt samt ett halvvågs antenspröt. Antennen kan lätt monteras på t.ex. ett fordon eller apparatskåp.

› specialantenner



Vi har även en specialantenn tillgänglig för installationer där risken för sabotage är stor. Antennen ser ut som en stor svart puck och är mycket svår att sabotera.

» antennkablar

Vi tillhandahåller en rad olika typer av antennkablar beroende på hur lång den skall vara och hur mycket kabelförlust systemvärdet klarar. Nedan finner Du våra tre bästsäljande kablar. Vid beställning av antennkablar ber vi Er ange till vilken antenn som den skall anslutas till, eftersom antennkontakten är olika på olika antenner.

› RG-58

Antennkabeln RG-58 är den kostnadseffektivaste kabeln och rekommenderas i längder upp till 5 m. På vår prislista har vi 2 m som standardlängd.

› RG-213

Antennkabeln RG-213 är ämnad för lite högre antennplaceringar och rekommenderas i längder upp till 15 m. På vår prislista har vi 5 m som standardlängd. Kabelförlustvärdet för RG-213 är 17 dB/100 m på frekvensen 450 MHz.

› lågförlustkabel

Lågförlustkabeln är den antennkabel som strålar ut minst och är ett måste vid höga mastinstallationer där längder från 16 m upp till 100 m är önskvärda. I vår prislista har vi 10 m som standardlängd. Kabelförlustvärdet för Lågförlustkabeln är 8 dB/100 m på frekvensen 450 MHz.

Skulle Ni av någon anledning vara i behov av utrustning om inte finns angiven på vår prislista; såsom antenndämpare, skräddarsydda kablar, kablar med vinklade kontakter eller kontakter för apparatskåpsmontage kan det alltid löna sig att höra av Er till oss! Vi har ett brett kontaktnät och gör allt för att stå till förfogande!