

Omvendt Ground Plane - og kombineret OGP/DIPOL antenne

Af OZ7MA Arne R. Pedersen, Rønne Allé 34, 3450 Allerød

1. Den normale (retvendte) ground plane

Fig. 1 viser en kvartbølge ground plane antenne med kun to radialer. Generatoren (i praksis coaxkablet fra senderen) er indkoblet mellem den nederste ende af den lodrette del (udstråleren) og forbindelsespunktet mellem radialerne. Strømfordelingen er indtegnet punkteret, den er (tilnærmet) sinusformet med maximum ved den nederste ende og nul ved den øverste ende af udstråleren. For radialerne er strømfordelingen ligeledes sinusformet med maximum ved forbindelsespunktet, men maximum strøm i hver radial er kun halvt så stor som i selve antennen, og strømmene går i modsatte retninger af hinanden. I praksis skal de fysiske længder være nogle få procent mindre end $\lambda/4$ på grund af endepunktseffekter.

Selve antennen giver et udstrålet felt med lodret polarisation. Med kun to radialer er den ikke en helt ideel rundstråler, idet den i radialernes længderetning giver omkring 0,5 dB mere og vinkelret derpå omkring 0,5 dB mindre, end den ville give, hvis den var forsynet med mange (i praksis mindst 4) radialer. Forskellen i de forskellige retninger er så lille, at vi roligt kan betragte den som en rundstråler.

Strømmen i radialerne giver anledning til, at der også udstråles et felt med vandret polarisation. I radialernes længderetning bliver feltet lig nul. Vinkelret på radialerne bliver feltet også nul, idet de to radialstrømme går i modsat retning og er lige store, så felterne fra de to radialer ophæver hinanden. Men i alle andre retninger ophæver felterne fra de to radialer ikke hinanden 100 procent, fordi man her får en afstandsforskel mellem et punkt på den ene radial

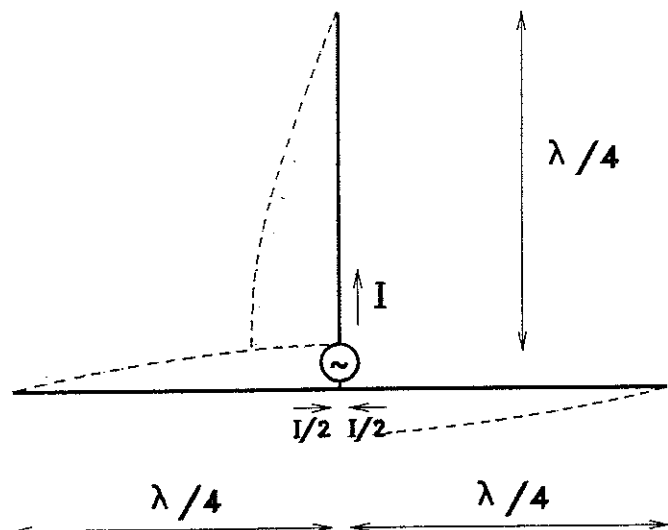


Fig. 1. Normal (retvendt) kvartbølge ground plane (GP) antenne med to radialer.

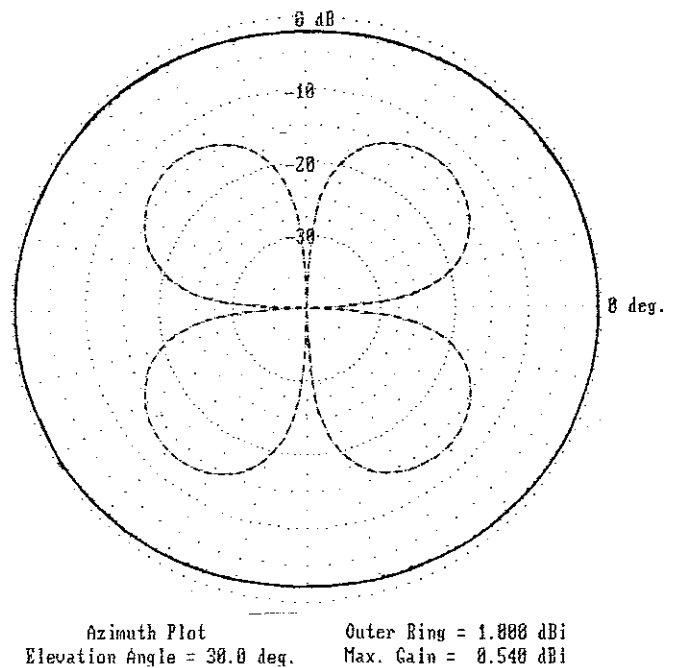


Fig. 2. Horisontalt udstrålingsdiagram for ground plane antenne over landbrugsjord. Fuldt optrukket: Feltstyrke med horisontal (vandret) polarisation. Begge regnet i forhold til isotrop antenne.

og ud til det sted, hvor man måler eller beregner feltstyrken, og fra den symmetriske liggende punkt på den anden radial og ud til samme punkt. Denne afstandsforskel kan naturligvis højst blive lig med den samlede længde af radialerne, altså $\lambda/2$, og med hensyn til svækkelse af radiobølgerne med afstanden betyder denne forskel intet, når vi kommer ud på f.eks. 1 kilometers afstand, hvor vi måler feltstyrken. Men afstandsforskellen giver anledning til en faseforskel imellem udstrålingen fra den ene, hhv. anden radial; faseforskellen udregnes jo ud fra afstandsforskellen i forhold til bølgelængden. Derfor vil felterne fra de to radialer ikke helt ophæve hinanden undtagen netop i retningen vinkelret på radialerne. Resultatet er, at man, som vist i fig. 2, foruden et omtrent cirkulært udstrålingsdiagram for lodret polarisation får et firkløverformet diagram for vandret polarisation. Sidstnævnte er dog meget svagere, af størrelsesorden 12 dB svagere, d.v.s. at feltstyrken er 4 gange mindre, i de fire retninger hvor feltet er kraftigst.

Bruger man tre radialer i stedet for to, får et sekskløverformet diagram for udstråling med vandret polarisation, og feltets størrelse bliver betydeligt mindre (mindst 25 dB under hovedfeltet med lodret

polarisation). Med 4 radialer bliver feltet med vandret polarisation helt ubetydeligt.

Ved ionosfærebredelse på HF bliver polarisationen vendt og drejet oppe i ionosfæren, så det er ret ligegyldigt, om noget af den udstrålede effekt fra GP antennen er vandret polariseret. Derfor kan man her roligt nøjes med to radialer. Derimod må man på VHF betragte den med vandret polarisation udstrålede effekt som spildt (hvis begge stationer bruger lodrette antenner), hvorfor det her kan være rimeligt at bruge tre eller fire radialer.

2. Den omvendte ground plane antenne

Ved den omvendte ground plane antenne (OGP), fig. 3, hænger radialerne foroven, og fra forbindelsespunktet mellem dem går selve antennen lodret ned, så hele antennen ligner et stort T. Det ville være upraktisk at føre et coaxkabel op til forbindelsespunktet mellem radialerne og den lodrette tråd: derfor fødes antennen mellem jord og den nederste ende af den lodrette tråd. Her er antennes impedans meget høj; derfor sker tilkobling til coaxkablet fra senderen via en jordforbundet afstemt kreds med antennen forbundet til toppen af kredsen og coaxkablet til et udtag på spolen. Da impedansen er så høj, betyder det ikke så meget, om jordforbindelsen ikke er meget effektiv - i modsætning til hvad der er tilfældet med en $\lambda/4$ vertikal uden radialer, altså med jorden virkende som ground plane, idet denne antennes teoretiske impedans kun er 36 ohm, og så bør jordforbindelsens overgangsmotstand være betydeligt mindre end denne værdi. Ved den omvendte ground plane er impedansen flere tusinde ohm, hvorfor en overgangsmotstand på nogle hundrede ohm ikke betyder meget.

Den omvendte GP har samme udstrålingsdiagram, fig. 2, som den retvendte GP, også med hensyn til størrelse af feltstyrken, teoretisk set. Men i praksis kan den omvendte GP evt. godt give lidt større feltstyrke, fordi den del af den lodrette tråd, der fører den største strøm, her hænger højt og frit oppe, medens den retvendte GP, fig. 1, fører størst strøm lige over radialerne, som man ved HF antenner sjældent vil anbringe mere end nogle få meter over jorden. Derfor er der ved den normale GP større risiko for, at den inducerer uønskede strømme i bygninger, bærerør til TV antenner, kabler, vandrør o.s.v., hvilket betyder tab af effekt.

En OGP er mest velegnet til 7 MHz båndet, idet højden her bliver 10-11 meter, så den kan hænges op mellem to master eller træer af en rimelig højde og med en afstand af godt 20 meter. Også på 10,1 MHz vil den være let at etablere. På 3,5 MHz kræves en højde man normalt ikke kan honorere, og på 14 MHz vil det måske være lettere at lave en retvendt GP af aluminiumsrør og trådradialer.

Hvis man knap kan få den rigtige højde, kan man bruge lidt længere radialer; omvendt kan man lave

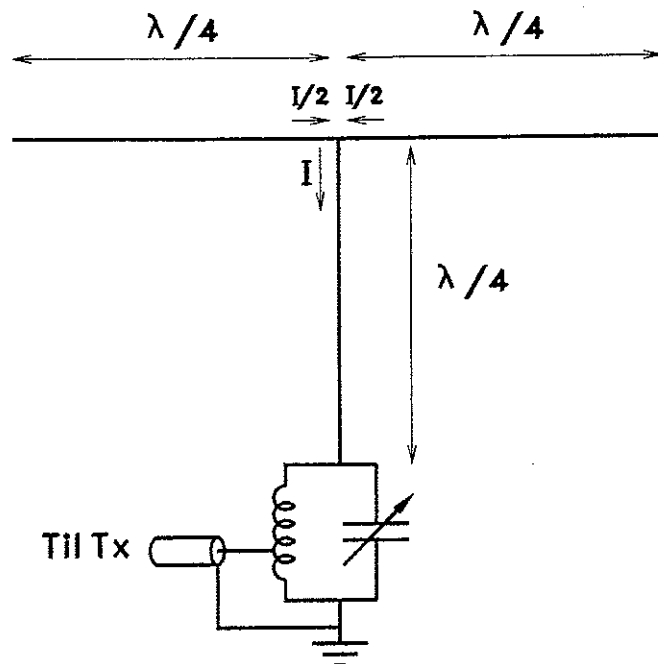


Fig. 3. Omvendt ground plane (OGP) antenne med to radialer.

den lodrette tråd lidt længere end en kvart bølgelængde og radialerne lidt kortere. Det betyder blot, at strøm-maximet ikke kommer til at ligge lige ved forbindelsespunktet mellem radialerne og den lodrette tråd.

3. Beregninger på en 7 MHz OGP

3.1 Impedans og udstrålingsdiagram.

Jeg har i sommeren 1993 eksperimenteret med en OGP til 7 MHz båndet og har sideløbende undersøgt den teoretisk ved at lave en række beregninger på den med ELNEC og MININEC. De to programmer er i princippet ens, men det er lettere at arbejde med og indsætte data i ELNEC end i MININEC.

Længden af hver radial valgte jeg ved beregningerne til 10,20 meter. Baggrunden for valg af netop denne længde vil fremgå senere. Derefter prøvede jeg med ELNEC forskellige længder for den lodrette tråd, indtil jeg fandt den længde, der gav en praktisk taget rent ohmsk fødeimpedans ved midterfrekvens 7,05 MHz. Antennen var således i resonans. For en længde på 10,50 meter gav beregningerne en impedans på $7100 + j 140$ ohm. Ved 7,00 MHz blev den svagt induktiv med $6700 + j 1500$ ohm og ved 7,10 MHz svagt kapacitiv med $6900 - j 1300$ ohm.

Desuden beregnedes med ELNEC det vertikale udstrålingsdiagram, man må forvente, når antennen befinder sig på landbrugsjord eller i et villakvarter. Resultatet er vist i fig. 4, der gælder i radialernes retninger, men som tidligere nævnt fås næppe mere end omkring 1 dB's afvigelse i andre retninger. I modsætning til, hvad man ser på udstrålingsdiagrammer på perfekt (uendelig godt) ledende jord får vi i fig. 4 ingen udstråling i vandret retning, men god udstråling fra ca. 15° til ca. 45° med maximum lige

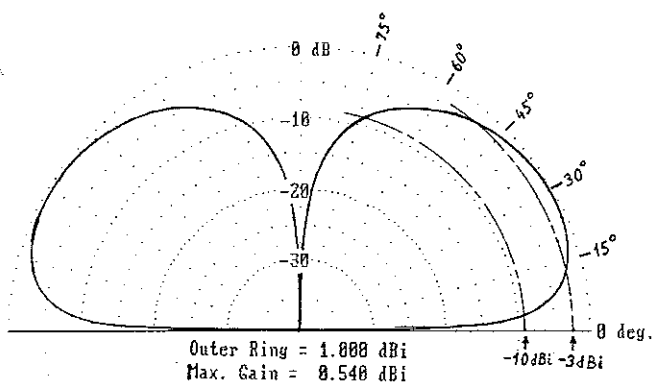


Fig. 4. Vertikal udstrålingsdiagram for OGP over landbrugsjord. 7 MHz. Højde: 10,5 meter.

omkring 30°. Her fås en feltstyrke, der er en smule større end den man ville få fra en isotropisk antenne, et gain på ca. 0,5 dBi. Under 5 og over 75 grader giver OGP'en meget lidt udstråling ved refleksion fra landbrugsjord, men bor man tæt ved havet (indenfor 200 - 500 meter, noget afhængig af antennens højde over havet) fås i retning udover havet god udstråling helt ned til 2-3°. Samtidig bevirker havets gode refleksionsevne, at OGP'en giver et gain på ca. 4,5 dBi. Dette antyder, at lodrette antenner er virkelig fordelagtige, hvis man bor tæt ved havet. Se referencen [1].

3.2 Jordtab fra nærfeltet for GP og OGP.

Lige omkring en antenne er både det elektriske og det magnetiske felt meget store. For virkelig jord trænger det elektriske felt et stykke ned i jorden og skaber strømme i jorden. Ligeledes trænger magnetfeltet ned i jorden, hvor det inducerer spændinger, som så også giver strømme. Strømmene varmer jorden en lille smule op, hvilket vil sige, at noget af senderens udgangseffekt går tabt i jorden. Hvis jorden var enten perfekt ledende eller en ideel isolator, ville nærfeltet ikke bevirke noget tab; i første tilfælde ville der godt nok induceres strømme, men der ville ikke komme noget spændingsforskelle, da modstanden ville være lig nul, i andet tilfælde ville der ikke kunne gå nogen strøm. Men for "rigtig" jord fås både strømme og spændingsforskelle og altså tab.

OGP'en spændingsfødes fornedet, den nederste del af tråden har altså en meget høj spænding og giver en stor elektrisk feltstyrke E (volt/meter) ved jordoverfladen og i jorden lige omkring antennen. For den retvendte GP er spændingen størst i den øverste del af det lodrette rør (udstrålingerne), hvorfor vi her må forvente en mindre feltstyrke ved jorden.

Det magnetiske felt skabes af strømmen i antennen. For OGP'en er strømmen størst foroven i den lodrette tråd samt i radialerne nær forbindelsespunktet, men der går dog også nogen strøm i den

nederste del tæt ved jorden. For en GP med radialer nogle meter over jorden er strømmen størst i den lodrette udstråler lige over radialerne, samt i disse tæt på den lodrette del, altså forholdsvis tæt på jorden, men der går slet ingen strøm meget tæt på jorden. Det er derfor umuligt på forhånd at skønne over, om OGP'en eller GP'en giver størst magnetisk feltstyrke H (ampere/meter) ved jordoverfladen.

I fig. 5 er med MININEC beregnet nærfeltstyrkerne ved jordoverfladen for OGP'en og for en normal GP med forpunkt og radialer i 3 meters højde, for en udgangseffekt på 1 kW. (ELNEC kan ikke beregne nærfelter). MININEC beregner nærfelter for perfekt jord, men feltstyrkerne bliver omtrent de samme for virkelig jord. Beregningerne er foretaget som funktion af afstanden fra den lodrette udstråler vinkelret på radialerne.

Vi ser, at E-feltet som forventet er betydeligt større tæt ved udstråleren for OGP'en end for GP'en, men så snart man når ud i ca. 10 meters afstand giver de to antenner meget nær samme E-feltstyrke. OGP'en ses også at give større H-feltstyrke end GP'en, men kun meget tæt på udstråleren. Allerede i 2-3 meters afstand er der næsten ingen forskel. Hvis GP'ens fodpunkt er lavere, bliver H-feltstyrken større.

Vi kan altså konkludere, at OGP'en giver større tab i jorden end GP'en, men kun i et meget lille areal lige omkring antennerne, medens tabene bliver ens i resten af jordarealet ud til omkring 10 bølgelængder, hvor nærfeltet næsten er forsvundet.

Vi må derfor formode, at der ikke bliver den store forskel i de samlede jordtab for OGP'en og for GP'en.

Jeg har ikke gjort noget forsøg på at beregne de konkrete jordtab for de to antenner ud fra feltstyrkerne i fig. 5. Det ville være en ret kompliceret opgave.

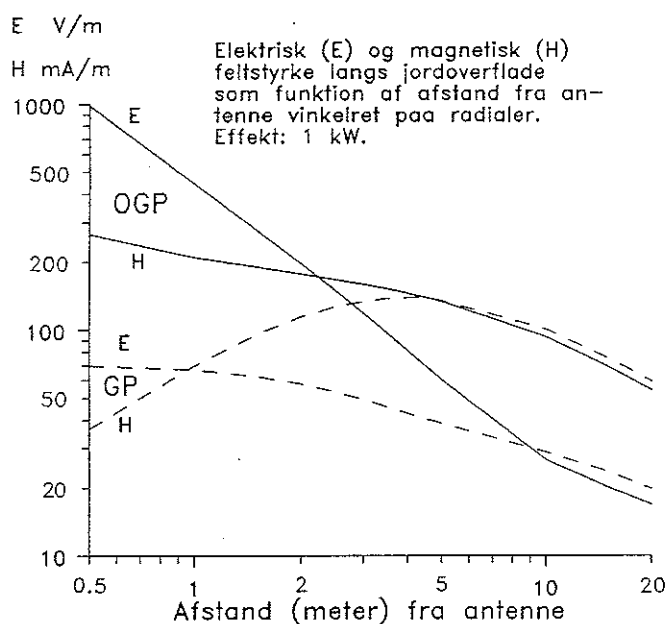


Fig. 5. Feltstyrker ved jordoverfladen for GP med fodpunkt i 3 meters højde og for OGP, for 1 kW udgangseffekt. 7 MHz.

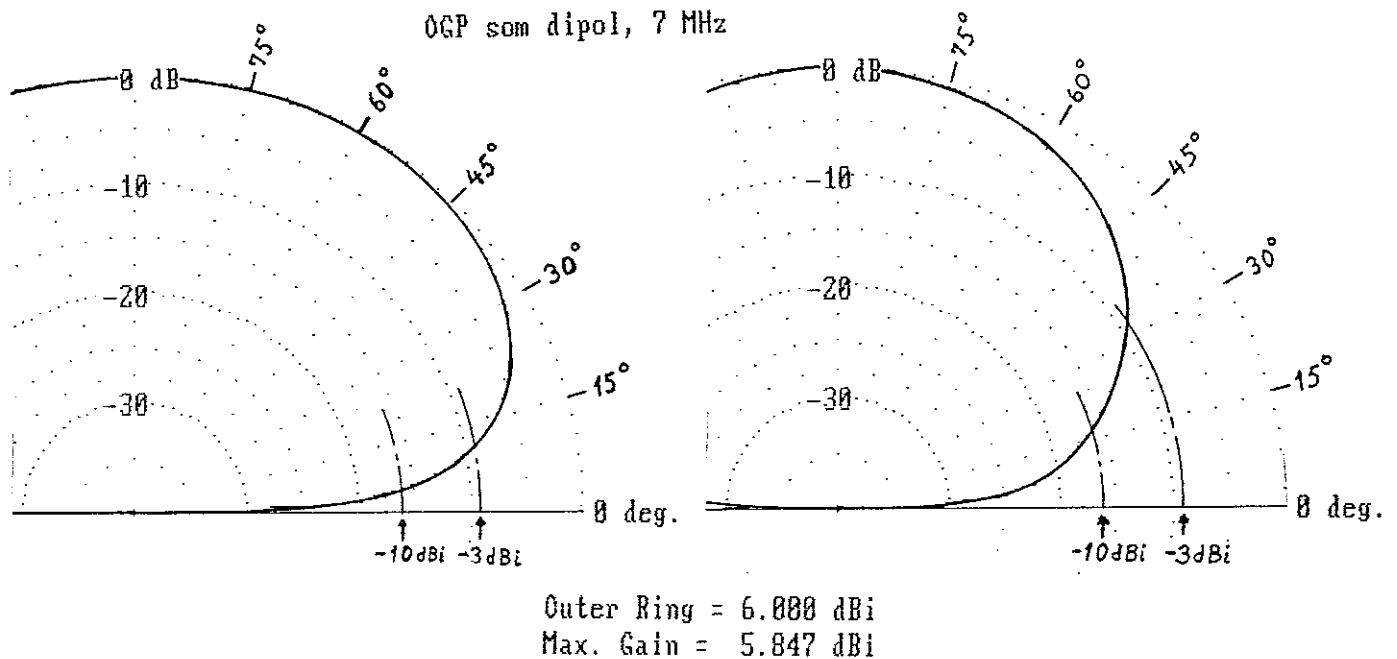


Fig. 6. Vertikale udstrålingsdiagrammer for dipol-antenne over landbrugsjord. 7 MHz. Højde: 10,5 meter. Til venstre: vinkelret på antennen. Til højre: i antennens længderetning.

4. Beregninger på 7 MHz dipol

Dernæst undersøges de to radialer kørende som en vandret dipol, med en isolator i midten (forbindelsespunktet). For at få praktisk taget rent ohmsk impedans (resonans) ved 7,05 MHz skal iflg. ELNEC længden af hver halvdel være 10,20 meter.

Dette er grunden til valget af radiallængde ovenfor. Impedansen beregnes så til $80 + j 2$ ohm. Ved 7,00 MHz bliver den svagt kapacitiv med $78 - j 10$ ohm og på 7,10 MHz svagt induktiv med $83 + j 14$ ohm.

En dipol-antenne har som bekendt en retningsvirkning. I fig. 6 er for samme jordbundsforhold som ovenfor vist beregninger af vertikale udstrålingsdiagrammer, dels vinkelret på dipolen, dels i dipolens længderetning. Vi ser, at i begge tilfælde giver den mest lodret op, her er dens gain omtrent 6 dBi (altså igen regnet i forhold til en isotropisk antenne). Ligesom ved OGP'en fås ingen udstråling i vandret retning, og i dipolens længderetning fås næsten ingen udstråling for vinkler under 15° , medens den vinkelret på tråden giver en rimelig udstråling ned til vinkler på 5-8 grader.

5. Praktiske udførelser

5.1 OGP antenne.

I første omgang hængte jeg i sommeren 1993 den simple OGP i fig. 3 op mellem en antennemast og et træ. Da højden var lovlig lille, lavede jeg radialerne 10,80 meter lange og tilpassede den lodrette tråds længde, så impedansen målt meget nær rent ohmsk, ca. 6000 ohm; trådens længde var da ca. 9,80 meter. Med et SWR meter indskudt mellem 50 ohms kablet fra senderen og spoleudtaget i fig. 3 viste det sig meget let at opnå et standbølgeforhold

tæt på 1:1 over hele det smalle 7 MHz bånd ved at eksperimentere lidt med udtaget og justere drejekondensatoren.

Som jordforbindelse blev brugt et jernrør drevet ca. 80 cm ned i jorden. For at få en idé om rørets overgangsmodstand til jorden tilsluttedes den ene ende af en 12,6 V vikling på en nettransformer til vandrørssystemet og den anden via et amperemeter til røret. Ud fra spændingen og den målte strøm beregnedes modstanden. I midten af maj (efter en måneds tørke) fandtes ca. 230 ohm. I oktober (efter en meget regnfuld sommer) var den faldet til ca 180 ohm. Formentlig er hovedparten heraf overgangsmodstand fra røret til jorden, medens sikkert kun en lille del deraf er overgangsmodstand fra vandrørssystemet samt modstand i selve jorden.

Da det kan være tvivlsomt, hvor relevant en sådan måling ved 50 Hz er for HF forholdene, undersøgte jeg desuden jordforbindelsens effektivitet på flg. måde: Jeg hængte en kvartbølge lang (ved 7 MHz) tråd lodret op, tilpassede dens længde, så dens impedans målt mellem trådens nederste ende og jordforbindelsen blev rent ohmsk og målte denne rent ohmske impedans; den var ca. 62 ohm. Som bekendt har en $\lambda/4$ vertikal antenne over perfekt ledende jord en impedans på 36,6 ohm. Deraf slutter jeg, at min jordforbindelse har en impedans på ca. 25 ohm ved 7 MHz, når jorden er meget våd. At impedansen er meget lavere ved HF end ved LF skyldes, at jorden ikke alene har en ledningsevne (modstand), men også en dielektricitetskonstant (kapacitet). I forhold til, at OGP'ens impedans som nævnt er omkring 6000 ohm, betyder jordforbindelsens modstand næsten intet - ligegyldigt, om man betragter LF eller HF værdien.

Afstemningskredsen var anbragt ude på græsblænen, men hvis ens lokale forhold er sådan, at man kan lade tråden gå nogenlunde lodret ned og ind i radiatorummet, hvor man måske har en jordforbindelse i form af et vandrør eller en radiator, er det naturligvis mere praktisk. Men kører man med stor effekt, bør man nok have den høje spænding og det store elektriske felt i tankerne.

5.2 kombineret OGP og dipol-antenne.

Jeg foretog en del sammenlignende aflytninger af amatørstationer med OGP'en og min 40 meter zepp. Imidlertid ville jeg gerne lave en mere direkte sammenligning mellem lodret og vandret polarisation. Jeg adskilte derfor de to radialer med en isolator og erstattede den lodrette tråd med et 300 ohms twin-line kabel, koblet til en afstemt kreds som vist i fig. 7. Den nederste afstemte kreds er den samme som i fig. 3. Når coaxkablet fra stationen tilsluttes øverste bøsning, kører antennen som dipol. Ved at eksperimentere med udtagene, hvortil twin-line kablet tilsluttes, samt justere på den øverste drejekondensator kan man let opnå et standbølgeforhold tæt på 1:1. At midtpunktet af spolen er forbundet til jorden gennem den nederste kreds får ingen betydning for dipolens funktion. DC-mæssigt er den jo iøvrigt jordforbundet, så evt. statisk elektricitet afledes til jord.

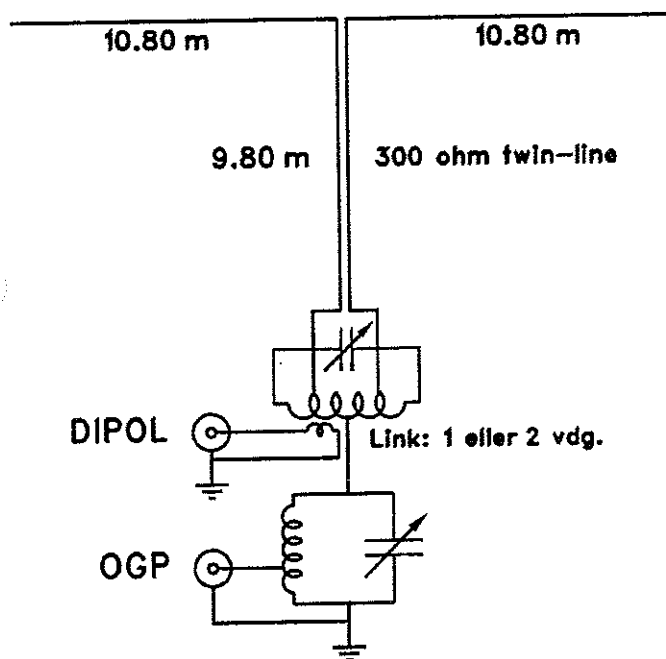


Fig. 7. Kombineret omvendt ground plane (OGP) og dipol-antenne til 7 MHz. Antennen kører som dipol, når kablet tilsluttes øverste bøsning, og som OGP, når det tilsluttes nederste bøsning. Hvis toppen netop skal køre som halvbølge-dipol, skal den kun være ca. 2 x 10,20 meter, medens det lodrette twin-line kabel så skal være ca. 10,50 meter, se afsnit 3.1. De i figuren viste afvigende mål skyldes, at ophængningspunkterne knap var høje nok.

Når kablet forbindes til den nederste bøsning, virker antennen som OGP nøjagtigt som i fig. 3, idet den øverste kreds ikke betyder noget på grund af OGP'ens høje impedans, og de to ledere i twin-line kablet virker som var de forbundet sammen.

6. Forklaring af forskelle mellem dipol og OGP ud fra udstrålingsdiagrammer og ionosfæreforhold

Med denne antenne er der foretaget utallige sammenlignende lytteprøver på amatørstationer på 7 MHz, og tidspunkt, prefix, evt. QTH og forskel i signalstyrke ved skift mellem at lade antennen virke som dipol og OGP er noteret. Omskiftningen blev foretaget med et relæ ude ved antennen, men styret inde fra stationen ved blot at trykke på en telegrafnøgle, så at man var sikker på, at det ikke var fading der bevirkede styrkeforskelle. Der blev altid skiftet mellem de to antenntyper flere gange under aflytning af en station.

Man skal naturligvis ikke forvente den helt store forskel, når man lytter på (eller sender til) en station og så skifter fra dipol til OGP eller omvendt. Ofte er signalstyrken meget nær ens, men der kan være forskel i baggrundsstøjen, så man alligevel får fordel af at benytte den ene antenntype frem for den anden. I mange tilfælde opnås dog fra 3 dB (1/2 S-grad) op til 6 dB (en hel S-grad) forøgelse af signalstyrken ved at skifte fra dipol til OGP eller omvendt. Vi skal i det følgende forsøg at forklare, hvorfor denne forskel opstår. Forklaringen vil samtidig give forståelse for samspillet mellem antennens udstrålingsdiagram og ionosfæren.

Vi vil kun betragte afstande inden for Europa, hvor udbredelsen som regel vil ske med et enkelt hop, altså med én refleksion fra ionosfæren. I fig. 8 er vist sammenhæng mellem afstand og antennens udstrålingsvinkel, når radiobølgen reflekteres fra E-, F- eller F2-laget. E- og F2-lagene eksisterer om dagen. Det høje F2-lag er så kraftigt, at det næsten altid kan reflektere 7 MHz, undtagen evt. på korte afstande, svarende til høje udstrålingsvinkler. Det lave E-lag er somme tider kraftigt nok til at reflektere 7 MHz, medens det ofte lader en 7 MHz radiobølge passere igennem, så den reflekteres fra F2-laget og derefter atter passerer gennem E-laget på vej ned til jorden. Somme tider optræder der i E-lagets højde sporadisk E (Es), der nærmest kan betragtes som kraftigt ioniserede elektriske, drivende skyer, der reflekterer selv meget høje frekvenser. Om natten forsvinder E-laget eller bliver svagt, og F2-laget og et lavere, svagt F1-lag smelter sammen til et enkelt lag, F-laget, der oftest er kraftigt nok til at reflektere 7 MHz, undtagen på korte afstande.

Nedenunder E-laget ligger der om dagen et svagt lag, D-laget, der ikke reflekterer radiobølgerne, men dæmper dem, når de passerer det. Dæmpningen er større, jo lavere frekvensen er. Normalt dæmpes 7

MHz ikke meget af D-laget, men under særlige forhold (black outs) kan dæmpningen være så stor, at radiosignalet helt forsvinder. Vedr. ionosfære, se iøvrigt reference [2] og dens henvisninger.

De vandrette radialer eller dipoler på min kombinerede OGP og dipol stråler den altså bedst i retning øst-vest, se fig. 6.

I fig. 8 er forneden indtegnet nogle vandrette linier, der antyder de optimale vertikale udstrålingsvinkler aflæst på diagrammerne i fig. 4 og 6. De fuldt optrukne streger viser udstrålingsvinklerne, hvor udstrålingen er "god", defineret som bedre end -3 dBi, medens de punkterede streger viser de vinkler, hvor udstrålingen er rimelig god, d.v.s. bedre end -10 dBi, men mindre end -3 dBi. OGP'en regnes således for "god" inden for vinklerne fra 12 til 52 grader. I længderetningen er dipolen "god" ned til 33° og på tværs (øst-vest retning) ned til 11°. Den tykke del af de fuldt optrukne linier for dipoden viser de udstrålingsvinkler, hvor dipolen er bedre end OGP'en selv hvor denne er bedst.

Det er helt generelle indtryk fra mine mange lytteprøver er, at dipolen oftest er 3-6 dB bedre end OGP'en. Dette skulle man iflg. fig. 8 også forvente for udstrålingsvinklen over 40-50°, hvilket svarer til afstande under ca. 700 km ved refleksion fra F2-laget (om dagen) eller ca. 400 km ved refleksion fra F-laget (om natten). I øst-vest retning til dipolen være god ned til noget lavere vinkler svarende til større hopdistancer, op til omkring 1500 km. De fleste stationer man hører ligger inden for ovennævnte afstande, så det er ikke mærkeligt, at man umiddelbart får indtryk af, at dipolen er bedst.

Men når man aflytter sydtyske og sydeuropæiske stationer, viser OGP'en sig ofte at give 3-6 dB bedre signal. Dette kan også forklares ud fra fig. 8. Afstandene ligger her på mellem 1000 og 2000 km, svarende til udstrålingsvinkler op til omkring 30° ved refleksion fra F2 eller F-laget, og her er OGP'en klart bedre end dipolen i nord-syd retning.

Til Storbritannien (omkring 1000 km) er dipolen i de fleste tilfælde bedst, hvilket stemmer med, at den har optimum i øst-vest retning. Men somme tider er OGP'en bedre; det kan måske skyldes, at refleksionen sker fra E-laget, hvorved udstrålingsvinklen skal helt ned på omkring 10° på denne afstand, og her er OGP'en lidt bedre, når man tager i betragtning, at retningen måske ikke er helt vinkelret på antennen, så udstrålingsdiagrammet i virkeligheden ligger imellem de to på fig. 6 viste. Også nordtyske og hollandske stationer er somme tider bedst på OGP'en. Det skyldes ganske sikkert E-lagets udbredelse.

På disse afstande skal udstrålingsvinklen så være omkring 15-30 grader, og her er OGP'en klart bedre end dipolen i nord-syd retning.

De ret få DX stationer, jeg har hørt, har været meget svage, og det har været svært at bedømme styrkeforhold mellem de to antennetyper, men det

| Omtrentlige afstande fra Nordsjælland: | | | |
|--|-------------|-------------|----------|
| 200 km | 500 km | 1000 km | 2000 km |
| Bornholm | Stockholm | Helsingfors | Nordkap |
| Goeteborg | Oslo | Midt Norge | Island |
| Aalborg | Nordholland | London | Madrid |
| Herning | Leipzig | Paris | Istanbul |
| Flensborg | Danzig | Budapest | Moskva |

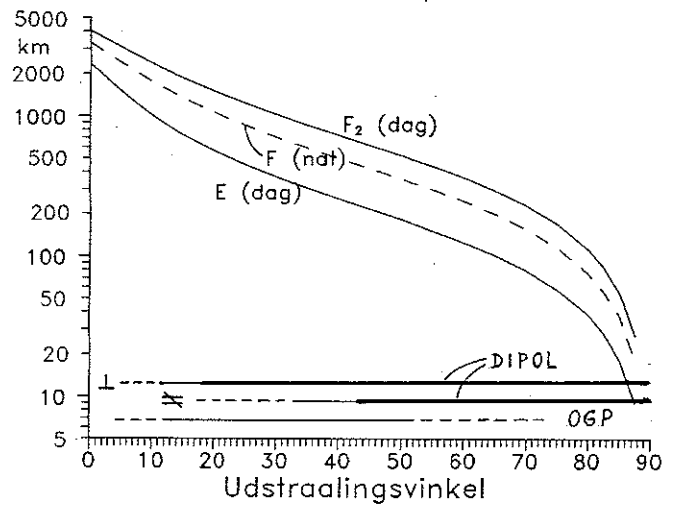


Fig. 8. Sammenhæng mellem afstand for 1 hop og antennens udstrålingsvinkel ved refleksion fra E-laget (højde: 110 km), F-laget (220 km) og F2-laget (330 km). Iagenes højder varierer noget med geografisk position, solpletperiode, årstid og tid på døgnet. De vandrette linier forneden antyder vertikale udstrålingsdiagrammer for dipol, vinkelret på tråden (hos forfatteren øst-vest retning) og i trådens længderetning (nord-syd), samt for omvendt ground plane (OGP) antenne, se tekst.

var åbenlyst, at de ofte hørtes bedst på OGP'en, fordi QRM fra midteuropæiske stationer - og sandsynligvis også intermodulationsprodukter fra radiofonisationer - var mindre på OGP'en.

7. Operation på andre bånd

Kørt som dipol (eller midtpunktfordet zepp) kan antennen bruges næsten på enhver frekvens i HF området, når blot den afstemmes med en passende svingningskreds (den øverste i fig. 7), idet der eksperimenteres med udtagene for at få et godt standbølgeforsvar på kablet. På 3,5 MHz bliver den kun 1/4 bølgelængde lang og derfor ikke særlig effektiv, men dog brugelig i mangel af bedre. På 10 MHz bliver den ca. 2/3 bølgelængde lang og giver en smule gain vinkelret på tråden i forhold til en halvbølge dipol. På 14 MHz bliver den en hel bølgelængde lang og virker som en collinear antenne med nogle dB's gain i forhold til halvbølge-dipolen. Også på 18, 21, 24 og 28 MHz fås i gunstigste retninger lidt gain.

Oppe ved fødepunktet bliver impedansen ved nogle frekvenser lav, ved andre meget høj. I gennemsnit passer et 300 ohms kabel bedre end et 75 ohms. Standbølgeforsvaret på det bliver ret højt, men da det kun er ca. 10 meter langt, er tabet i det

begrænset. På 7 MHz er det 0,2-0,3 dB ved et SWR på 5 og ca. 0,4 dB ved SWR = 10. På 28 MHz bliver tabene omkring dobbelt så store. Sandsynligvis stiger tabene, når kablet bliver gammelt. En gammel-dags, åben feeder ("trapestige") giver mindre tab.

8. Konklusion

Der er beskrevet en ganske simpel antenne til 7 MHz, hvor man med en omskifter eller et antennerelæ meget let kan skifte mellem at opnå vandret eller lodret polarisation. Derved fås ret forskellige

udstrålingsdiagrammer, hvilket medfører, at man ofte kan opnå 3-6 dB bedre signalstyrke ved at skifte mellem de to muligheder - alt afhængigt af afstanden til modparten og ionosfære-forholdene.

Referencer

[1] Arne R. Pedersen, OZ7MA: Vertikal kontra horisontal polarisation. OZ juli 1994, s. 369.

[2] Arne R. Pedersen, OZ7MA: P.O.Pedersen og radiobølgerne. OZ Juli 1992, s. 373-376. **OZ**