

Optimal konstruktion af 432MHz antenner

Oversættelse af artikel i QST December 1987 og Januar 1988, af K1F0 Steve Powlisen, 816 Summer Hill Rd, Madison, CT 96443.

Oversat af OZ5KN Kjeld Normann, Soldraget 23, 3460 Birkerød.

1. del

Hvilke overvejelser indgår i konstruktionen af antenneanlæg med høj ydeevne?

1. del omhandler nogle af de parametre som skal tages i betragtning i en antennekonstruktion. I 2. del vises, hvordan du kan bygge din egen antenne.

Det sidste sidste nye i 432 MHz yagi konstruktioner synes at være ekstremt lange antenner, mere end 10 bølgelængder. Jeg brugte næsten 2 år på at perfektionere to forskellige 10.5 bølgelængder lange konstruktioner, (ca. 7 m bomlængde). I 1986 blev resultaterne vist på de større VHF/UHF konferencer. Frank Potts, NC1II, brugte med stor succes en 10.5 bølgelængde konstruktion i et 16-yagis EME projekt. Franks succes gav mig mod på at planlægge en 26 dB antenne ved hjælp af sådanne yagis. Antennerne skulle stakkes 2 i bredden og 8 i højden og anbringes i en højde af ca. 25 m for tropo og EME formål. Efter nøje at have gennemtænkt disse planer blev løsningen dog en anden. Om hvorfor og om de mange vanskeligheder jeg mødte fortælles i artiklen.

Vil den blive deroppe?

Et meget ofte overset punkt i forbindelse med konstruktion af antenneanlæg er vindbelastningen, som er den kraft hele anlægget udsættes for, når vinden blæser.

Kan der ved vintertid samtidig forekomme overisning, vil et dårligt beregnet anlæg hurtigt blive ødelagt. Ud fra disse tanker undersøgte jeg forskellige antenneopstillinger for gain kontra vindbelastning. Beregninger viste, at med 8 lange yagi-antener monteret, ville min nuværende mast kollapse første gang vindhastigheden oversteg 65 km/t. De 8 lange yagis plus hele opbygningen med stakning og kabler ville give et vindbelastningsareal på næsten 3,7 m². Da yagierne skulle hæves til brug for EME, måtte de hæves ca. 4.25 m over de øverste barduner.

Jeg beregnede bøjningsmomentet for denne opstilling ved en vindhastighed på 130 km/t. Resultatet blev 2350 kg/m, og var så stort, at selv en meget kraftig kommerciel stålmast ville kollapse og det var 3 gange den værdi som ville førsage kollapse af en mindre mast. Efter dette gik jeg igang med at finde en anden måde at opbygge et 432 MHz high-gain antenneanlæg på. Herunder blev et anlæg, som gjorde brug af 16 kortere yagis, under-

søgt. Anvender man letvægtsantener med lavt vindareal, vil en 16 yagis opbygning få et areal på 2.7 m². Antennebommene er meget kortere, og man kan nøjes med at montere anlægget 2.7 m over øverste barduner. Det resulterende bøjningsmoment på masten bliver 1189 kg/m. Dette er halvdelen af bøjningsmomentet for en opbygning med 8 lange yagis.

Systemet med 16 yagis blev estimeret til at have et gain på ca. 27 dB. I spørgsmålet gain kontra vindbelastning, syntes et system bestående af korte yagis at være en bedre løsning, men man får en mere kompliceret tilpasning.

Som en gylden middelvej besluttede jeg mig for et 25.7 dB system, bestående af 12 korte yagis. De 12 yagis har et vindareal på 2.2 m² og et dermed lavere bøjningsmoment, som min godt afbardunerede mast ville kunne bære.

Konstruktion af yagi antenner

Efter at have besluttet mig for den samlede antenneopstilling, bestod næste trin i at vælge et antennedesign.

Den 19 elementede K2RIW yagi (RIW19) er enormt populær i USA af følgende grunde:

1. Let vægt.
2. Lav vindbelastning.
3. Rent udstrålingsdiagram.
4. Selvbærende bom, ingen stivere behøves.
5. Gode egenskaber over for vådt og tørt vejr.

Jeg havde brugt RIW19 i mange år med godt resultat. Imidlertid havde jeg gennem de sidste 5 år lært nok, gennem et indgående arbejde med yagis, til at vide med overbevisning, at et andet og bedre design med samme omtrentlige vindbelastning måtte kunne opnås. I marts 1986 begyndte jeg at arbejde på en ny yagi, modereret i størrelse og een, som jeg håbede ville blive en videreførelse af RIW-designet.

Jeg opstillede følgende kriterier:

1. Lav vindbelastning, <0.09 m².
2. Letvægt <1.8 kg.
3. Ingen afstivning af bom.
4. Gain skulle være 1 dB bedre end RIW19.
5. Firbedret udstrålingsdiagram.
6. E-plan sidelops - 17 dB eller bedre.
7. H-plan sidelops - 16 dB eller bedre.
8. H-plan mindre loops totalt bedre.
9. Bageste loop - 20 dB eller bedre.
10. Loopene omgivende den bageste loop -25 dB.

Meget af designet og analysearbejdet blev lavet ved hjælp af MININEC, et computerbaseret antenneanalyseprogram.

Modellering af antenner på computer gør det muligt at prøve mange design uden at bore et eneste hul i en bom. Jeg har ikke tilstrækkelig computer kapacitet, eller et tilstrækkeligt raffineret computerprogram, eller et raffineret yagi analyse program, så jeg kan optimere element spacing og element længde samtidig.

Jeg startede med et spacingmønster baseret på erfaring og brugte computeren til at optimere element længden. Mange muligheder viste sig.

Ændring af RIW 19

Megen computertid blev anvendt på denne tilnærmelse, fordi jeg havde investeret betydeligt i RIW19-yagis, 12 stk. for at være nøjagtig.

Skønt jeg fandt ud af, at jeg kunne få mere gain ud af en RIW19 ved at lave en længere bom og bruge en enkelt reflektor, blev RIW-designet skrinlagt foreløbigt. Det målrettede gain kunne ikke nås med en rimelig bomlængde, samtidig med opnåelse af et acceptabelt strålingsdiagram.

Anvendelsen af DL6WU designet

DL6WU, Günther Hochs antenne er en exellent konstruktion. Dens fleksible design, som gør det muligt at lave den fra 2 til 14 bølgelængder lang, har dog sine svagheder: Yagien vil ikke være optimeret for en hvilken som helst bomlængde.

Ved anvendelse af DL6WUs elementspadding opnåedes en 20 element yagi på en 4.1 m bom. Computeranalyse viste, at denne antenne ikke ville imødekomme mit ønskede gain. Hvis man satte en extra direktor på, ville bommen blive 4.5 m lang. Jeg føler mig ikke godt tilpas ved at bruge en selv-bærende tynd bom på denne længde. Jeg havde tidligere optimeret direktorlængden på DL6WU, 31 element, 7.3 m yagi.

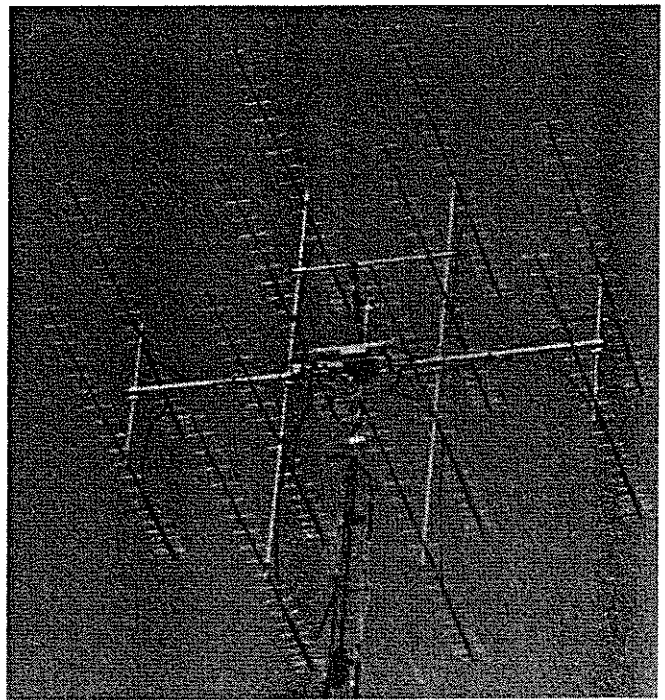
En reduktion af denne antenne til en 20 element, 4.2 m yagi gav ikke gode resultater. Denne optimeringsproces havde forkastet fordelene ved designet med den vilkårlige bomlængde.

Start på bar bund

På dette tidspunkt følte starten på bar bund som igen at opfinde hjulet, og det stod hurtigt klart, at det ville kræve enormt arbejde at designe en antenne fra bunden, som ville være i stand til at udkonkurere den modificerede DL6WU. Mit mål var at fremstille et bedre EME antennesystem. Det viste sig ikke bare at være et teoretisk øvelsesprogram.

W1EJ- designet

Lykkeligvis fandt jeg en, som allerede havde opfundet hjulet. Tom Kirby, W1EJ, havde brugt adskillige



år på computeroptimerede yagi designs. Tom fandt, at hver yagi-størrelse kræver sine egne spacings for at opnå bedste kompromis melle gain og udstrålingsdiagram. Han havde udarbejdet 2 geometrier, som kunne bruges til mit formål. Den ene var en 33 element, 10.6 bølgelængder (7.1 m) model. Den anden en 17 elements, 4.5 bølgelængder (3.0 m) version.

Jeg kørte to forskellige tilnærmelser ind i computeren. Den første skar 33 element yagien ned til 22 elementer. Den anden øgede 17 element modellen til 21 elementer. Både 21 og 22 element modellerne (hver især med varieret spacing) ville blive ca. 4.25 m lange. Dette er maximum bomlængde, som jeg føler mig sikker ved, når man betænker, at mit antennekriterie lød på letvægt, lav vindbelastning og ingen afstemning af bom.

Jeg lavede eksemplarer af Toms 33 og 17 elements yagis, men konstaterede, at de virkede betydeligt dårligere end ventet: Omhyggelige målinger af udstrålingsdiagram og computeranalyser viste, at antennerne var tunede for lavt i frekvens. Reviderede versioner af 33 element yagien (med kortere elementer) gav måleresultater, som faldt sammen med, hvad computeren forudsagde. Dette viste, at W1EJs konstruktion var værd at bruge tid på. Det viste sig også, hvordan en computerkreeret konstruktion nødvendigvis må igennem efterfølgende computermålinger og justeringer for at få efterprøvet og bekræftet ydeevnen.

Undersøgelse af justerede computermodeller af 21 og 22 element yagis viste, som tilfældet er ved et hvert problem med tekniske konstruktioner, at der både vindes tabs, og der eksisterer ikke nogen sikker vinder. 21 element modellen kunne »vrides« igennem computeren til højere gain, teoretisk 15.9 dB i forhold til 15.8 dB for 22 element

yagien. Udstrålingsdiagrammet for 22 element designet var lettere at kontrollere, og det havde en tilfredsstillende mindre bagstråle. Da prøveantennene var lavet, vandt 22 element versionen på grund af sit bedre udstrålingsdiagram, som er vigtigt for EME arbejdet. Man må bemærke, at gain for 21 og 22 element konstruktionerne ikke er det endelige, da spacingen ikke var optimeret for en bomlængde på 4.25 m. Optimeringen af spacingen for en yagi med denne længde kunne tage adskillige måneder og give som resultat mindre end 0.1 dB extra i fremadrettet gain.

Toms computerdesignede konstruktion forudsatte antenedimensionerne opgivet i tiendedele millimeter. Jeg brugte mange uger på at justere yagiens geometri, i forsøg på at lave en letbyggelig version på basis af sædvanlige USA mål og som samtidig kunne bibeholde computermodellens ydeevne.

Samtidig arbejdede jeg på at tune yagiens centerfrekvens ind i det ønskede område. Efter blot to forsøg lykkedes det at lave en yagi med acceptable egenskaber svarende til computermodellens. Den færdige 22 element antenne blev præsenteret på New England og Central States konferencerne i 1986. På min hjemlige antennefarm målte jeg et gain på 15.7 dB, hvilket var 0.8 dB bedre end RIWI9. Front-to-back forholdet målt til 20 dB, 5 dB bedre end RIWI9. På Central States konferencen målte den 1.0 dB bedre. Strålingsdiagrammet for 22 element antennen var bedre end RIWI9s.

Computermodeller beregner 22 element antenngainet til at være 0.9 dB bedre end RIWI9. Forbedringen af strålingsdiagrammet blev bekræftet på testfarmen. Når du bruger et computerprogram til at optimere et design, kan du aldrig være sikker på, at designet vil fungere som ventet. Det er fordi alle modeller besidder fejl, forårsaget af beregningstilnærmelser, eller bare banale fejl, bygget op ved gentagne beregninger. Hvis et design optimeres på basis af selv en mindre fejlagtig beregning, vil de resulterende dimensioner indeholde samtlige fejl.

Yderligere optimering

Jeg havde stadig lyst til at prøve, om der kunne opnås et bedre strålingsdiagram og større gain, før jeg gik igang med det nye EME antennesystem.

Jeg brugte extra 2 måneder på optimering af designet og omarbejdning af dimensionerne til metriske enheder. Jeg følte, at skulle dette antenedesign være 80-ernes og derud over, kom man ikke uden om at dimensionerne efter metersystemet. Det endelige design har det samme gain ved 432 MHz (15.7 dB) og forbedret strålingsdiagram. Denne yagi har et peakgain 1 MHz højere end den foregående version (437 MHz). Dette blev tilstræbt for at forbedre strålingsdiagrammet, sikre bedst mulig funktion i forbindelse med større systemer og fastholde disse værdier i vådt vejr.

I sin endelige form er ingen elementlængde- eller spacingdimensioner de samme. Dette synes at være karakteristisk for yagis med maximal alsidig ydeevne. Med maximal alsidig ydeevne mener jeg en kombination af meget rent strålingsdiagram, særdeles god gain/båndbredde og højt gain for en given bomlængde.

Du vil måske undre dig over, hvor de 0.1 dB mellem det kalkulerede og det målte gain blev af. Så lille en difference kan dog nemt tilskrives beregningsfejl. Bygning og måling på yagiantenner samt sammenligning med computermodeller har imidlertid lært mig at indføre korrektionsfaktorer til udligning af større differencer. Modstandstab tæller for størstedelen af forskellen i gain. Da der flyder strøm i alle elementer i en veldimensioneret yagi, vil tabene akkumuleres i elementerne. DL6WU har vist, at modstandstabsene fordeles temmelig ensartet over alle elementer. Skal der opnås maximal ydeevne, skal yagien laves af godt ledende materiale, som også bevarer sine egenskaber i al slags vejr.

Rainer Bertelsmeier, DJ9BV, har med det højt udviklede NEC 3 program analyseret K1FOs 22 element yagi og fundet, at dens modstandstab ligger omkring 0.06 dB. Ved skift til kobberelementer kunne dette tab reduceres til 0.04 dB. Min antenne er, hvad angår modstandstab, en af de bedre. Skønt lavere tab er muligt, 0.04 dB er det laveste kalkuleret af DJ9BV for en yagi med tilsvarende gain og aluminiumselementer, vil lavere tab kræve længere bomlængde for at opnå samme gain. Det er ingen perfekt løsning.

En del af designproblemet er valget af acceptabel modstandstab kontra gain pr. bomlængde. Modstandstabsproblemerne, viser nok en fælde i computeranalyser. Det er muligt at komme frem til alle tiders teoretiske design, som så viser sig i praksis at være elendigt grundet modstandstab - dette er sket.

Den anvendte UT-141 balun har også sin andel i den målte forskel på 0.04 dB mellem kalkuleret og målt gain. Forskellen kunne reduceres til 0.02 dB ved anvendelse af en kvartbølge manchetalun med luftdielektrikum.

Naturligvis er element og balun tabene ikke rent praktisk mærkbare i et antennesystem, som bruges mellem jordstationer. Selv i et EME antennesystem vil det stille store krav til modtagesystemet at detektere nogen forbedring som følge af nedbringelsen af disse tab.

Måling af udstrålingsdiagrammer

Såvel de kalkulerede som de målte resultater viser værdien af at bruge tid på at forberede udstrålingsdiagrammet. Fig. 1 viser de beregnede E diagram, og fig. 2 viser det målte E diagram. Front-to-back forholdet er 22 dB, og den første E-plan sidelobe er nede på 17.5 dB.

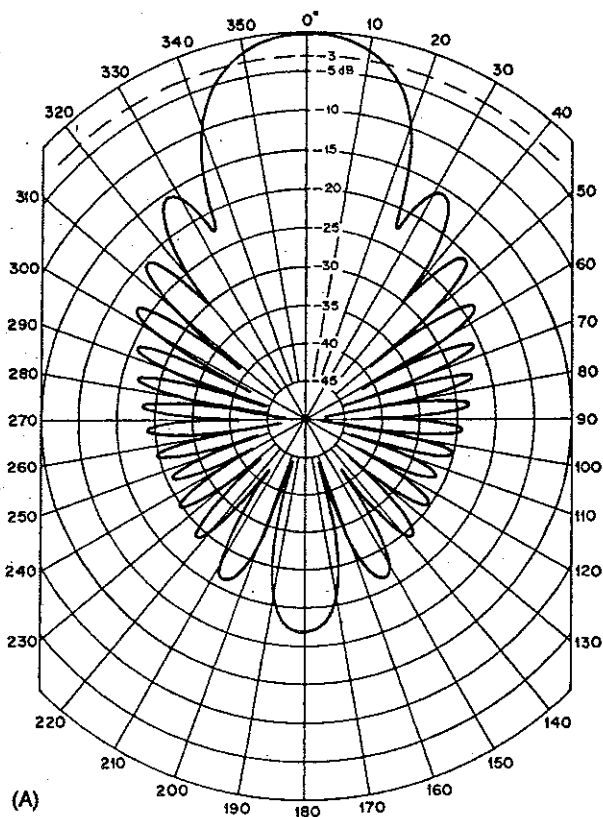


Fig. 1

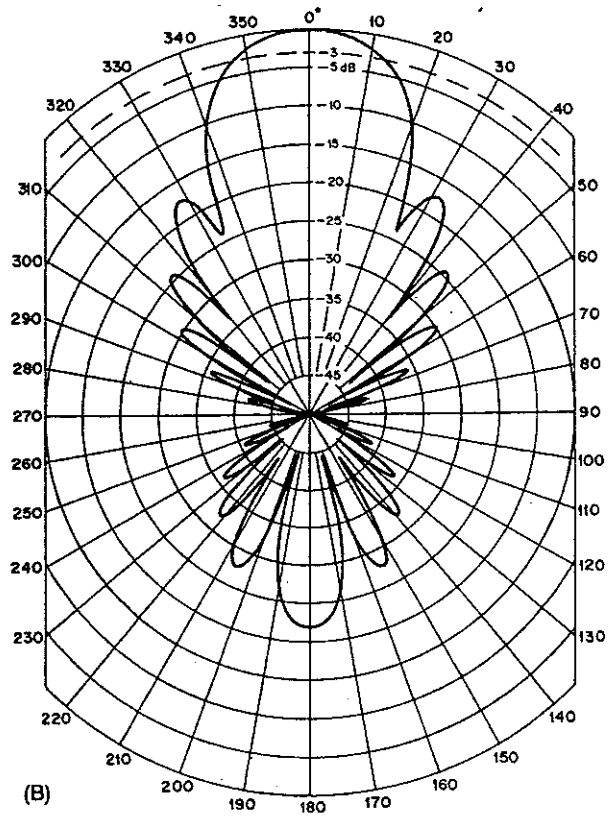


Fig. 2

Gain båndbredde

Sweepede gain målinger på yagien under samtidig brug af netværksanalyser har bekræftet den beregnede gain-båndbredde og centerfrekvenstuning. Ved et absolut gain maximum ved 437 MHz er gain mindre end 1 dB ned ved 420 og 450 MHz. Den vedholdne myte, at yagiantenner har meget snæver båndbredde, kan glemmes for altid. Gain-båndbredde (et mål for det fremadrettede gain kontra frekvens) må ikke forveksles med SWR-båndbredden (SWR kontra frekvens). SWR-båndbredden er et mål for fødepunktsimpedansen og indikerer ikke nødvendigvis gain eller strålingsdiagrammets egenskaber. En stor båndbredde er vigtig, selv om antennen kun bliver brugt over et smalt bånd. Dette postuleres af følgende grunde:

1. Konstruktionstolerancer: Jo større båndbredden er, desto mindre kritisk er tolerancerne, når yagien bygges. Dette gør det nemmere at bibeholde den gode ydeevne, når antennen duplikeres.

2. Minimalt center faseskift: En yagi, der udviser en jævn gain roll-off karakteristisk, har sædvanligvis mindre faseskift ved det drevne element i relation til frekvensændringer. Dette er vigtigt i større systemer, hvor de centrale yagis vil arbejde på forskellige punkter af deres frekvenskurve, hvilket forårsages af uensartede indbyrdes/impedanspåvirkninger.

Store faseskift er karakteristisk for yagis, hvor elements spacing og -længder er de samme. Dette er samtidig forklaringen på, hvorfor tidligere amatørbyggede long-yagis gav for dårligt resultat, når de indgik i store antennesystemer.

2. del:

I det følgende vil du finde praktiske anvisninger på konstruktion af en højeffektiv antenne til 432 MHz.

I forrige artikel beskrev jeg udviklingen af K1FO-22 element yagi designet. I denne artikel vil jeg give komplette konstruktionsdetaljer og vise, hvordan målene omsættes til andre bomlængder.

Bygning af K1FO 22 element 432 MHz yagi

Det anbefales på det kraftigste slavisk at følge konstruktionsvejledningen, som er angivet her! Hvis du anvender bom og elementmaterialer som specificeret, vil du være i stand til at bygge en yagi med maximal ydelse, men altså under forudsætning af, at du nøje følger anvisningerne og de viste mål og dimensioner. Nogle hjemmebyggere ville måske bygge yagien efter de forhåndenværende materialers princip.

I tilknytning til den specifikke anvisning på mit mekaniske design har jeg inkluderet nogle generelle retningslinier, for dem som er villige til at acceptere de problemer, som vil opstå, når konstruktionsmaterialerne ændres. Jeg minder venligst om, at jeg ikke kan påtage mig at besvare forespørgsler angående dimensioner, eller assistere med kon-

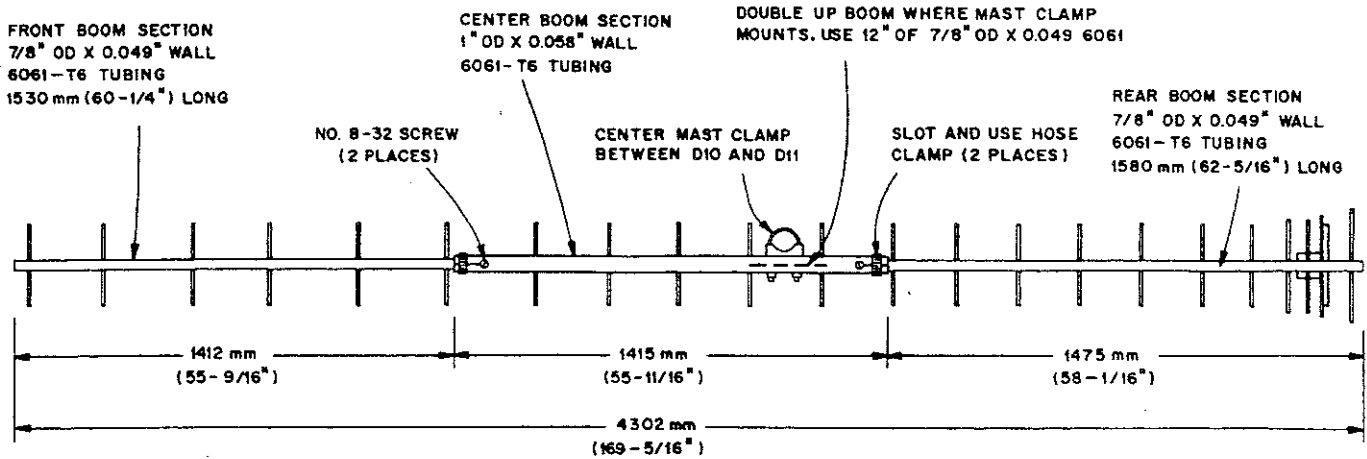


Fig. 3

BOOM LAYOUT

struktion af eller rette fejl på yagis, som ikke ganske nøje følger dimensionerne og de materialer, som er anbefalet i denne artikel. De sidste sætninger fortæller kort sagt, at "hvis du ændrer noget som helst, er du på herrens mark"!

Bom-materiale:

Fig. 3 viser ideen i bomkonstruktionen. Rundt aluminiumsrør på 22 mm og 25,4 mm i diameter blev valgt efter omhyggelige overvejelser, som et godt kompromis mellem størst mulig styrke og bibeholdelse af lav vægt og vindmodstand.

Runde rør har nogle ulemper sammenlignet med firkantede rør; de er dyrere i indkøb og vanskeligere at bore nøjagtigt. Runde rør har dog også fordele. Man kan lave teleskopsamlinger af bommen hvilket tillader let adskillelse af antennen. Runde rør yder lavere vindbelastning og mindre vægt end firkantede rør. Bommen kunne eventuelt laves af 19 mm og 22 mm firkantede rør. De elementlængder, som vises senere, behøver så ikke justering for firkantede rør af nævnte dimensioner. Dog gælder det kun under forudsætning af, at samme metode for elementmontering er anvendt. Hvis du til bommen bruger rør med afvigende diameter, skal der bruges en bomkorrektionsfaktor:

Forlæng hvert element 1 mm for hver 3 mm øget bomtykkelse, eller forkort hver element 1 mm for hver 3 mm mindre bomtykkelse. Hvis der anvendes en bom tykkere end 22 mm, skal man korrigeres med 1 mm pr. element for 3 mm tykkere eller tyndere bom.

Hvis f.eks. hele yagien er lavet af 32 mm rør, skal direktorerne D1-D9 og D14-D20 være 3 mm længere, medens direktorerne D10-D14 skal være 2 mm længere. Jeg kan ikke anbefale en bom tykkere end 38 mm, da denne tykkelse gør det svært at kompensere for bom effekter. Brug ikke firkant materiale mindre end 19 mm, eller rundt materiale mindre end 22 mm. Sådanne er ikke stærke nok.

Bommateriale som er vist i fig. 3 er valgt under hensyntagen til god styrke kontra vægt. Jeg kan

anbefale 1.25 mm vægtykkelse til 22 mm sektionerne. Rør med 1.5 mm vægtykkelse er brugbare, men er en smule tungere. Centersektionen skal være 1.5 mm vægtykkelse, således at de to endestykker kan glide teleskopisk ind uden nævneværdig slup. Hvis der benyttes en enkelt bolt gennem bommen, anbefales det at lægge et kort stykke 22 mm rør ind i centersektionen på det sted, hvor boltten går igennem. Dette fordobler vægtykkelsen og giver extra styrke. Mit antennesystem på 12 stk. 22 element yagis har allerede overlevet 13 mm isbelægning.

Længden af bomsektionen er valgt således, at antennen kan demonteres og tages med på field-day eller ferie. En alternativ måde at lave bommen på, hvis du altså ikke bor i et område med stor

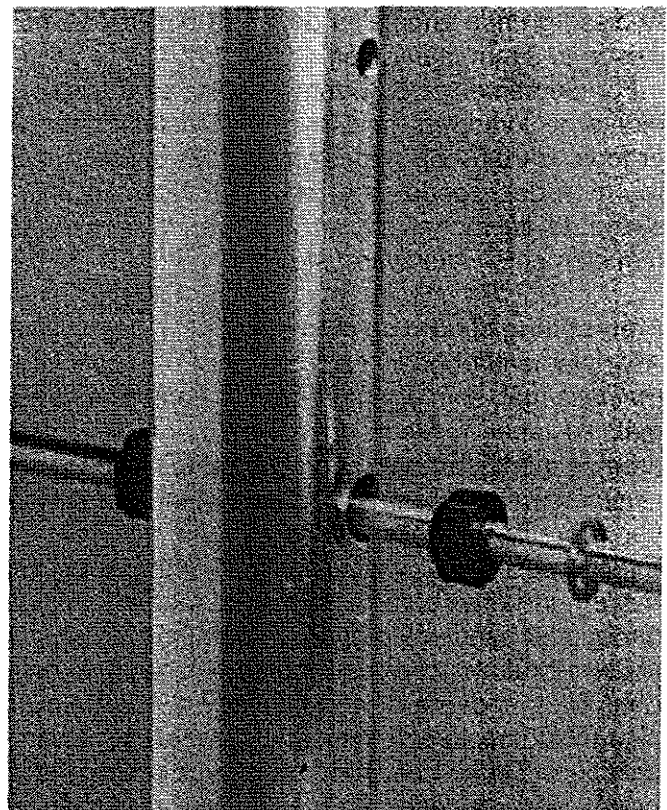


Fig. 4

chance for overisning, er at korte 25 mm centersektionen ned til 1.25 m og forlænge 22 mm sektionerne tilsvarende. Hvis du gør dette, skal du huske at anvende bomkorrektions faktorerne og justere længderne af de elementer, som før var monteret i 25 mm sektionen, men som nu kommer til at sidde i 22 mm sektionen.

Elementerne monteres gennem bommen med sorte delrinisolatorer, som holdes på plads med låseringe med indvendige modhager, fig. 4.

Nylon isolatorer kan bruges, men de skal være sorte for at forhindre solens ultraviolette stråler i at ødelægge materialet. Teflon isolatorer kan også bruges. Hvis elementerne monteres gennem bommen og ikke er isoleret, skal alle elementer forlænges med 5 mm, dog kun gældende for 22 mm og 25 mm bomtykkelse. Hvis man ikke anvender isolation, skal man sikre sig, at der mellem elementer og bom er en særdeles god og blivende kontakt, også under vejrets indflydelse.

Elementmaterialer

Det anbefales kun at bruge elementtykkelser på 5.0 mm. Denne tykkelse repræsenterer det bedste kompromis mellem styrke, vægt, vindbelastning og effekter forårsaget af de-tuning i vådt vejr. For andre elementtykkelser skal man med forsigtighed anvende følgende retningslinier: Anvender man 3 mm elementer, skal alle elementer forlænges 3 mm; men man skal da være forberedt på dårligere vådtvejrs egenskaber og 0.1 dB dårligere gain, grundet større modstandstab. Endnu tyndere elementer frarådes set ud fra et mekanisk synspunkt. Af disse grunde anbefales det at se bort fra anvendelsen af 3 mm materialer.

For elementer på 6.35 mm tykkelse skal alle elementerne forkortes med 3 mm. Modstandstabene er teoretisk 0.04 dB mindre med 6.35 mm elementer, men den øgede vægt og vindbelastning er tilsvarende så meget større, at anvendelse af 6.35 mm elementer ikke svarer sig.

Fremstilling af bom og elementer

Alle elementlængder og positioner er opgivet i metriske mål, som er at foretrække frem for tomme-mål, se tabel 1. Metriske mål er meget lettere at arbejde med, især når man skal tilskære og centrere elementerne. Bemærk, at elementernes positioner refererer til reflektorenden af bommen. F.eks. er reflektorpositionen ikke 0, men 30 mm. Dette gør det let at mærke bommen op før hulboring, hvis du har et godt båndmål længere end 4.3 m.

Start med at skære de 3 bomsektioner til i længden. Slids enderne af centersektionen op og brug slangebindere til at sikre samlingen af de 3 bomsektioner. Du kan så mærke op hvor hullerne skal bores, ved at gøre båndmålet fast på enden af bommen og gå langs båndmålet og markere ele-

menternes position. Endelig skal man lave en tydelig og varig markering på 22 mm bomsektionerne, der hvor de møder centersektionen. Disse markeringer gør samlingen af den færdige bom lettere, når engang elementerne er på plads. Hold dig så vidt muligt til ± 0.5 mm tolerance. Da antennens båndbredde er så stor, påvirkes gain faktisk ikke af målefejl på 1 mm. Strålingsdiagrammet kan derimod blive påvirket, hvis du sløser for meget med konstruktionen.

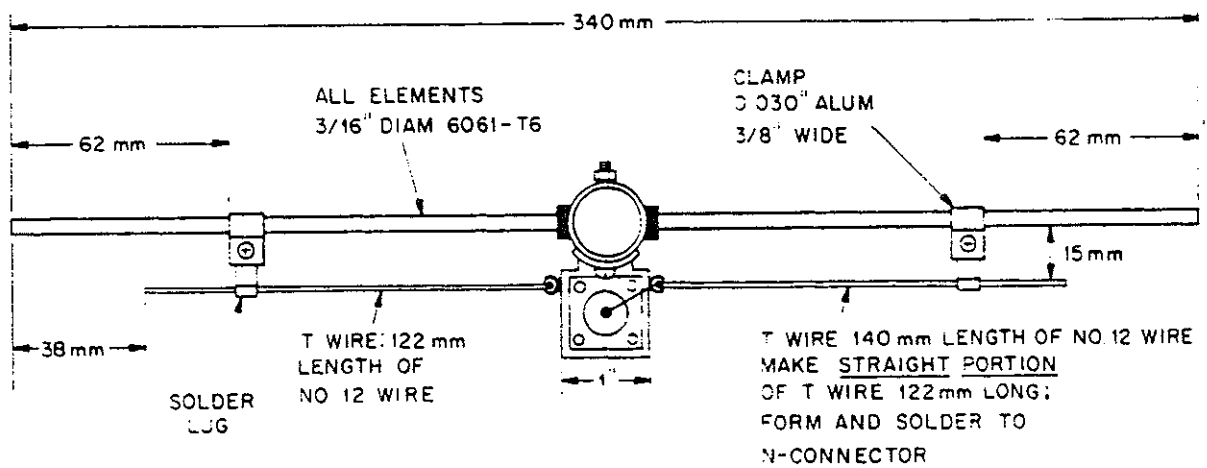
Elementerne skæres groft til med en lille metalsav (nedstryger). Bruger man en skruestik til at holde elementet, er det hele meget lettere. Så kan elementerne tilfiles til den nøjagtige længde.

Til udmåling af den nøjagtige længde af elementerne anbragte jeg en stålental fladt på et arbejdsbord og støttede den mod et plant objekt som f.eks. en metalklods. Så stødte jeg elementet mod metalklodsens og opmærkede længden med en ridse-spids. På den måde havde jeg ingen besvær med at "trimme" elementerne indenfor ± 0.25 mm tolerance.

Dimensions for the 22-Element 432-MHz Yagi

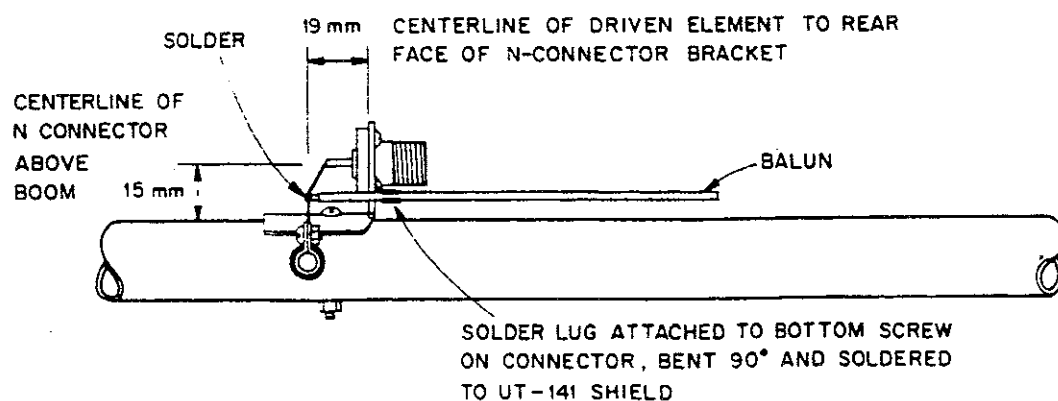
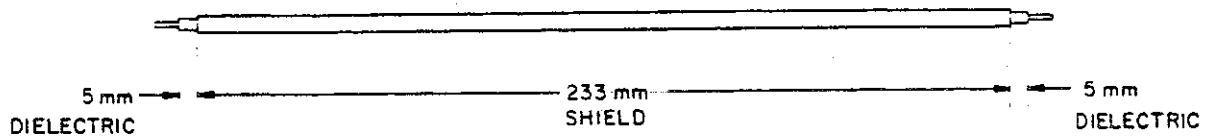
Element Number	Element Position (mm from rear of boom)	Element Length (mm)	Boom Diam (in)
REF	30	346	7/8
DE	134	340	
D1	176	321	
D2	254	311	
D3	362	305	
D4	496	301	
D5	652	297	
D6	828	295	
D7	1020	293	
D8	1226	291	
D9	1444	289	
D10	1672	288	
D11	1909	286	
D12	2152	285	
D13	2403	284	
D14	2659	283	
D15	2920	281	
D16	3184	280	
D17	3452	279	
D18	3723	278	
D19	3997	277	
D20	4272	276	7/8

Tabel 1



NOTE: T WIRES ARE PARALLEL TO DRIVEN ELEMENT

BALUN: MAKE FROM UT-141 COPPER-SHIELDED COAX



SIDE VIEW

Fig. 5

Ved færdiggørelsen af elementerne brugte jeg en fil til at lave en 1 mm affasning i hver ende. Affasningen er indregnet i elementlængderne. Jeg har på fornemmelsen, at affasningen forbedrer vådvejrskonditionerne en smule og samtidig gør det lettere at skubbe de tidligere nævnte låseringe på plads.

Det drevne element:

Det drevne element og T-matchen brugt på K1FO yagien er det samme, som er anvendt på RIV19 yagien. Fig. 5 viser dimensionerne for det drevne element og T-matchen. Fig. 6 viser foto af det drev-

ne element fra forskellige vinkler. Fig. 7 viser konstruktionen som helhed af den bageste bomsektion.

Du kan optimere T-matchen for en anden frekvens end 432 MHz ved at justere på dimensionerne på det drevne element. Dette virker ikke ind på yagiens ydeevne, så længe det drevne element ikke bliver alt for langt, d.v.s. ikke over 343 mm.

Du kan ændre på størrelse og spacing af T-match lederne, men jeg fraråder ændring af balunlængden. Balunlængden valgtes omhyggeligt til at være nøjagtig en halv bølgelængde. $\frac{1}{2} \lambda \times 0.66$. Prøver

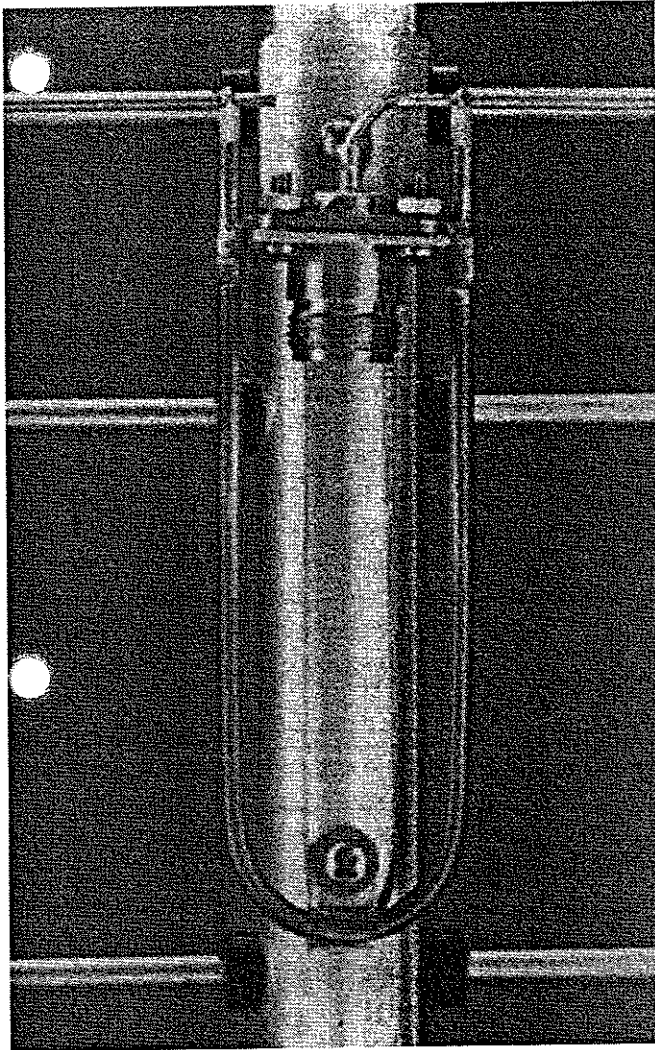


Fig. 6

har vist, at balun med andre længder reducerer balancen i tilpasningen. Den første direktorposition og -længde kan også justeres en smule for at forbedre tilpasningen. Men foretag ingen ændringer på dimensioner ud over 3 mm.

Fremstilling af yagis med andre bomlængder

Geometrien, som muliggør variabel spacing, tillader K1FO 22 element yagien at blive omsat til andre bomlængder. Hvis antennen laves betragtelig kortere eller længere, skal der justeres på elementlængderne. For versioner med færre end 11 elementer (2 bølglængder bom) vil gain ligge betydeligt under optimum. En forbedring af gain for sådanne korte yagier kræver optimering af direktorerne svarende til den specifikke bomlængde. Gainet er fint helt op til 40 elementer (13.5 bølglængder bom).

Skønt systemet forbliver udmærket for alle længder af yagier, bliver de første sideløops noget kraftigere i takt med øget bomlængde. For at forbedre strålingsdiagrammet på de længere yagier skal direktorlængderne optimeres til den specifikke bomlængde. Afstemningen af det drevne element skal for at passe til 50 ohm justeres for hver version.

Tabel 2 sammenholder ydeevne og dimensionering af antenner baseret på K1FOs 22 element yagi, mellem 11 og 40 elementer. De 3 første kolonner angiver antallet af elementer, bomlængden i bølglængder og det beregnede gain for hver enkelt version.

Kolonnen "Base Element Length" viser de grundlæggende elementlængder i millimeter for direktorerne D9 og opefter. (De grundlæggende længder for elementerne D1-D8 er angivet i tabel 1). Bemærk, at der skal anvendes 2 korrektionsfaktorer til disse elementlængder.

1) Kolonnen for korrektion af elementlængde viser, hvor meget alle elementer skal forkortes eller forlænges i forhold til de grundlæggende elementlængder. Hvis du f.eks. vil lave en 12 element antenne, skal alle elementer være 3 mm kortere end de opgivne elementlængder.

2) De grundlæggende elementlængder er baseret på, at alle elementer er monteret i en 22 mm bom. Af styrkemæssige årsager vil du sandsynligvis bruge en tykkere bom for længere yagier.

Hvis du monterer elementerne i en bom, som ikke er 22 mm tyk, skal du bruge yderligere elementjusteringer:

Læg 1 mm til den grundlæggende elementlængde for hver 3 mm forøgelse af bomtykkelsen. Du bedes bemærke, at hvis du bruger en kombination af bomtykkelsen, f.eks. 22 mm i enderne og 25 mm i midten, skal bomkorrektions faktorerne kun anvendes for de elementer, som monteres i 25 mm sektionen.

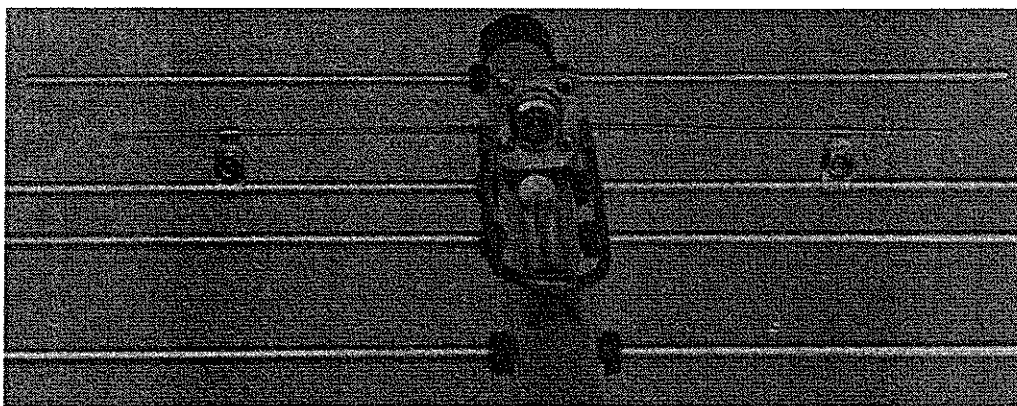


Fig. 7

3) Den sidste kolonne "Last Director Spacing" angiver spacing i millimeter målt fra reflektor enden af bommen til positionen af sidste direktor. Brug disse angivelser, når elementerne skal monteres i en antenne med mere end 22 elementer.

Eksempel

Her gives et eksempel på, hvordan tabel 2 bruges: For det første, bestem dig for det antal elementer

du ønsker at anvende. Lad os bygge en 7.3 bølglængder, 25 element yagi med et beregnet gain på 16.4 dB. Iflg. kolonnen "Length Correction" skal alle elementerne forlænges 1 mm i forhold til de grundlæggende dimensioner. Husk at disse er gældende i forhold til de grundlæggende dimensioner. Husk, at disse er gældende for 22 mm bom.

Set fra et strukturelt synspunkt kan det være ønskeligt at lave 25 elementbommen af 2 stk. på

Design Information for K1FO Yagis of Different Lengths

Number of Elements	Boom Length (λ)	Calculated Gain (dBd)	Element Number†	Base Element Length (mm)	Element-Length Correction (mm)	Last-Director Spacing (mm)
11	2.0	11.7	D9	289	-3	1444
12	2.4	12.2	D10	287	-3	1672
13	2.7	12.7	D11	285	-1	1909
14	3.1	13.1	D12	284	-2	2152
15	3.4	13.5	D13	283	-2	2403
16	3.8	13.9	D14	282	-2	2659
17	4.2	14.3	D15	281	-2	2920
18	4.6	14.6	D16	280	-1	3184
19	4.9	14.9	D17	279	-1	3452
20	5.3	15.2	D18	278	0	3723
21	5.7	15.5	D19	277	0	3997
22	6.1	15.7	D20	276	0	4272
23	6.5	15.9	D21	275	0	4550
24	6.9	16.2	D22	275	+1	4828
25	7.3	16.4	D23	274	+1	5109
26	7.7	16.6	D24	274	+1	5390
27	8.1	16.7	D25	273	+1	5672
28	8.5	17.0	D26	273	+1	5955
29	8.9	17.2	D27	272	+2	6239
30	9.3	17.4	D28	272	+2	6524
31	9.7	17.5	D29	271	+2	6809
32	10.2	17.7	D30	271	+2	7094
33	10.6	17.9	D31	270	+2	7380
34	11.0	18.1	D32	270	+2	7666
35	11.4	18.2	D33	269	+2	7952
36	11.8	18.4	D34	269	+3	8239
37	12.2	18.6	D35	268	+3	8526
38	12.7	18.7	D36	268	+3	8813
39	13.1	18.8	D37	267	+3	9100
40	13.5	18.9	D38	267	+3	9389

†Base dimensions for the reflector, driven element and directors D1-D8 are the same as those given in Table 1.

Tabel 2

1830 mm 25 mm rør, passende teleskopisk i en 1830 mm centersektion lavet af 28.5 mm rør. Elementerne skal forlænges yderligere til en sådan bom. Alle elementer, som går gennem 25 mm bommen, skal forlænges 1 mm, og de elementer, som går gennem 28.5 mm bommen, skal forlænges 2 mm.

Idet man bemærker, at begge korrektionsfaktorer skal benyttes, skal elementerne i 25 mm bommen være totalt 2 mm længere end de grundlæggende længder, og elementerne i 28.5 mm bomsektionen skal være totalt 3 mm længere.

En 33 element yagi

Jeg byggede og testede en 33 element yagi, 7.4 m lang, på basis af computeroplysningerne til tabel 2. Det teoretiske gain for yagien er 17.9 dB, og det målte gain er 17.7 dB.

En del af forskellen synes at kunne forklares ved større modstandstab i de 33 elementer i forhold til færre elementer i de kortere antenner. Det målte E-plan udstrålingsdiagram af 33 element yagien er ekstremt rent og meget tæt på det forudberegnete.

En nærmere undersøgelse af dimensionerne for denne yagi (tabel 3) er også nyttig, når man skal bestemme, hvorledes dimensionerne i tabel 2 justeres for andre bomtykkelser og større elementantal. Bemærk, at ikke alle elementlængder til 33 element yagien svarer nøjagtig til tabellens. Jeg justerede nogle af elementerne for at optimere strålingsdiagrammet til den specifikke bomlængde og opnå en fin tilpasning til det drevne element.

Detaljer for bomkonstruktionen er vist i fig. 8. Bommen starter med 25 mm rør med vægtykkelse 1.25 mm. Dette går teleskopisk ind i 28.5 mm rør med vægtykkelse 1.5 mm. En centersektion på 31.75 mm rør med 1.5 mm væg afslutter bommen.

Hver af de 5 sektioner er omkring 1.5 m lange, denne konstruktions metode øger styrken af bom

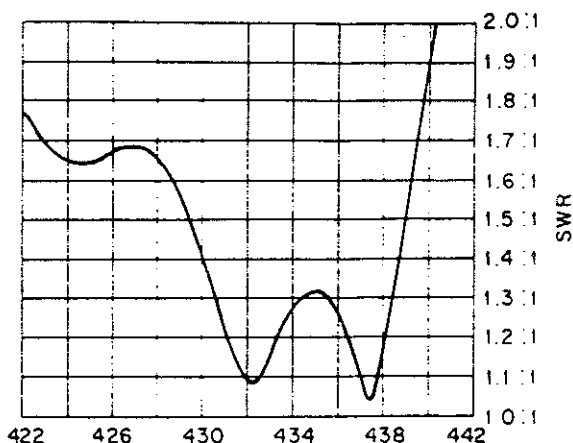


Fig. 9 FREQUENCY (MHz)

men, eliminerer nedbøjning og vibrationer, som ved 22 element antennen og gør det let at skille den ad ved portabelbrug.

Bommen på 7.4 m kræver en støtte for at formindske nedbøjning. Computerberegninger viser, at 75-100 mm nedbøjning reducerer gain med 0.1 dB og forårsager betydelig forvrængning af strålingsdiagrammets H-plan. Støtten laves af en kombination af 19 og 22 mm rør. Et 28 mm rør på 300 mm længde, stukket ind i bommens centersektion, vil styrke væggen på det sted, hvor mastbeslaget monteres.

Ligesom det var tilfældet ved 22 element antennen, blev det drevne element på 33 element antennen optimeret ved hjælp af en sofistikeret netværksanalyser.

Long yagien viser også fine egenskaber med hensyn til SWR-båndbredde på 432 MHz, nær 1.1:1 (fig.9). Dette viser tydeligt, at det ikke er nødvendigt med "fidusmæssigt" drevet element på en lang yagi for at få god tilpasning og stor båndbredde.

Læg mærke til, at SWR er bedre end 1.33:1 over mere end 8 MHz.

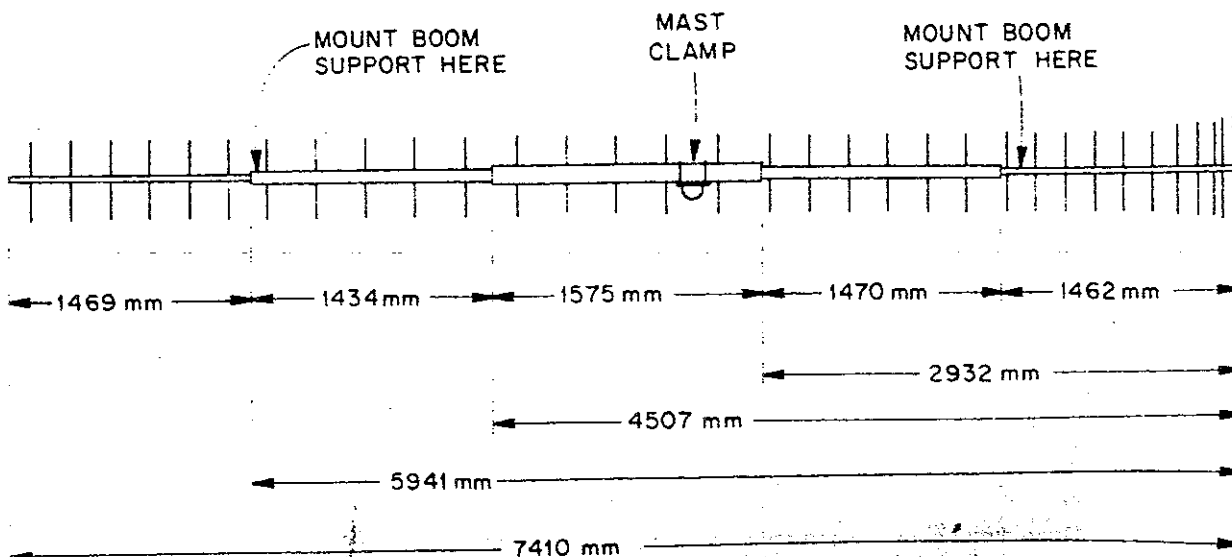


Fig. 8

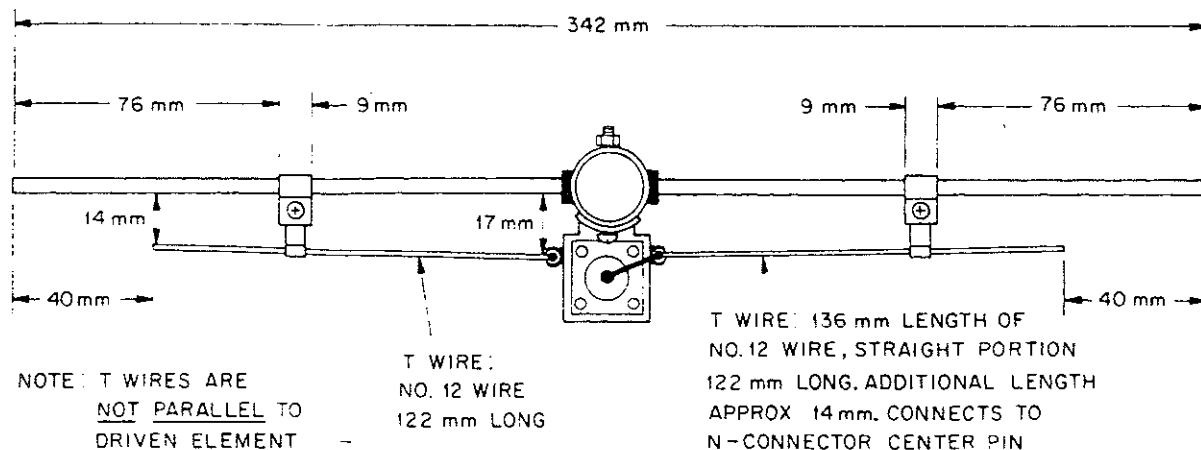


Fig. 10

Egenskaberne i vådt vejr er også særdeles gode, med en ændring i centerfrekvens af samme størrelsesorden som 22 element yagien. Detaljer af 33 element yagien ses i fig. 10.

Stakningsafstande for 33 element yagien blev beregnet til at være optimal ved 2.16 m i E-planet og 2.03 m i H-planet.

Stakningsafstande for andre bomlængder kan beregnes ud fra de beregnede tal for 22 og 33 element antennerne.

Varianter af K1FO 22 element designet, som bygges med et betragteligt varieret antal elementer, har mulighed for ikke at fungere som forudset skønt en hvilken som helst længde af yagi i realiteten skulle yde en fin funktion, kan det være nødvendigt med visse fysiske kneb.

Specielt varianter med bomlængder mindre end 4.6 bølgelængder har i almindelighed 0.2 dB lavere gain end teoretisk muligt. Dette forårsages af de universelle spacings, der benyttes. Spacingen mellem det drevne element og første direktor er mindre end nødvendigt for så korte yagier.

I tilgift er det nødvendigt at "klemme" nogle elementlængder for at opnå de sidste få tiendedele dB gain på kortere udgaver.

Før vi kommer for langt væk med lange yagi designs, lad os da returnere til denne artikels oprindelige formål: I et praktisk antennesystem må vi vurdere vægt og vindbelastning af systemet.

Lad os sammenligne to systemer:

- 1) 8 stk. 22 element, 4.27 m lange, og
- 2) 4 stk. 33 element 7.4 m lange.

Målt gain for 22 element yagien er 15.7 dB og 17.7 dB for 33 element udgaven. Fasekablerne vil have et tab på 0.3 dB for 8 yagi systemet og 0.2 dB for 4 yagi systemet. Dette giver et totalt gain på 24 dB for 8 stk. 22 element systemet. Systemet med 4 stk. 33 elementer har et gain på 23.3 dB, altså 0.7 dB mindre end 8 yagi systemet.

Vindbelastningsarealet for 22 element systemet er 0.07 m². 33 element yagien har et areal på 0.26 m². Systemets totale areal vil inkludere staknings opstillingen, fasekablerne, monteringspladerne

o.s.v. Med alt inkluderet har 8 yagi systemet et vindlastareal på ca. 1.39 m². For 4 yagi systemet er det tilsvarende 1.77 m². De 8 kortere yagier har således højere gain og lavere vindlast areal.

Selv hvis de 8 stk. 22 element yagier blev arrangeret 2 i bredden og flere i højden, sådan at de ville være bedre til såvel jord til jord brug som til EME, behøvede centrum af systemet ikke at monteres så højt over topbardunerne for EME formål, som tilfældet var med 33 element antennen. Bemærk, at hvis man ønsker at bygge et 4 yagi system med samme gain som de 8 mindre yagier, skulle vi bruge 37 element, 8.53 m lange yagier. Vindlastarealet på et sådan system vil være ca. 2 m².

Konklusion:

Jeg trak det ud med at publicere disse oplysninger om 22 element yagi indtil jeg var sikker på, at det fungerede så godt som forudsagt. I oktober 1986 erstattede jeg mine 12 stk. RIW19 med 12 stk. 22 element yagier. Jeg tilbragte derefter 2 frustrerende måneder med et antennesystem, som aldrig syntes at ville virke på den måde det skulle.

Efter en lang række problemer med bl.a. vand i 2 forskellige fasekabler, en afbrudt skærm og 2 dårlige relæer, arbejder systemet endelig, som det skal. Systemet bruger de samme fasekabler, som sad på det gamle system.

Da disse kabler er lidt korte, har jeg anvendt en spacing på 1625.6 mm og 1524 mm. Systemets gain er 0.2 dB lavere end det maximum, som er muligt med et optimalt spacet system.

Støj fra solen er 15 dB i rolige solperioder, godt 1.5 dB højere end med det gamle system. Jordstøj, et udtryk for kvaliteten af udstrålingsmønsteret uafhængig af gain, er 5 dB, mere end 0.5 dB bedre end det gamle system. Mælkevejs støj, den støj, som måles mellem det åbne himmelrum og centret for vores mælkevej, er 5.3 dB.

Andre målinger mod himmelrummet gav 3.0 dB mod Cygnus, 2.9 dB mod Cassiopeja og 1.2 mod Tyren. Disse aflæsninger giver en gennemsnitlig temperatur på hele systemet på 81 kelvin (K). Frat-

Dimensions for the 33-Element 432-MHz Yagi

Element Number	Element Position (mm from rear of boom)	Element Length (mm)	Boom Diam (in)
REF	30	348	
DE	134	342	
D1	176	323	
D2	254	313	
D3	362	307	
D4	496	303	
D5	652	299	
D6	828	297	
D7	1020	295	
D8	1226	293	
D9	1444	291	
D10	1672	290	
D11	1909	288	
D12	2152	287	
D13	2403	286	1-1/8
D14	2659	285	
D15	2920	284	
D16	3184	284	
D17	3452	283	
D18	3723	282	1-1/4
D19	3997	281	
D20	4272	280	
D21	4550	278	
D22	4828	278	
D23	5109	277	1-1/8
D24	5390	277	
D25	5672	276	
D26	5956	275	
D27	6239	274	
D28	6524	274	
D29	6809	273	1
D30	7094	273	
D31	7380	272	

Tabel 3

rækker man modtagerstøj (25K) og fasekabelstøj (26 K), er den totale antenestøj 29 K, i sandhed et bemærkelsesværdig resultat. Beregninger udført af DJ9BV viser en endnu lavere støj for 22 element yagien.

Mere om dette emne kan læses i en artikel af DJ9BV i det 4. nummer af 1987 årgangen af det tyske VHF/UHF magasin DUBUS.

Antennen med 22 elementer på 4.27 m, forener lav vægt, lav vindbelastning, fint gain for dens størrelse, et rent udstrålings diagram og en stor gain/ håndbredde i et design. Yderligere er dens geometri anvendelig til enhver bomlængde.

Oversætterens bemærkninger

OZ7PY har foreløbig bygget tre antenner efter anvisningen, nemlig 10 element, 15 element og 18 element; de arbejder fortræffeligt med et standbølgforhold på 1.1:1.

OZ

Fra andre blade

ARRL-afprøvning af Kenwood TS-870S transceiver.

Umiddelbart efter DL5KCS og DK1WC's rapport i [2] foreligger nu WR1B's i [1], der er gennemført i ARRL-regi, og har man lettere ved engelsk end tysk, ja så er her fem sider spækket med info.

Kort resumeret: "Den første DSP transceiver uden krystalfilter i MF'en, yder TS-870S fin lyd kvalitet i modtagning og sending, bemærkelsesværdig selektivitet og komfortabel betjening. Et "snazzy" = noget for sig selv computer-kontrolprogram og interface er standard."

Desuden gennemgår KE3Z omhyggeligt i et stort, særligt afsnit: "DSP i Kenwood TS-870S" den digitale signalbehandling.

Foruden WR1B har syv andre, erfarne hams - herunder både "DX'ere" og "contestere" - deltaget i afprøvningen.

Ingen tvivl om dét; men vi kommer til at se DSP indgå i flere og flere af de apparater, der fremstilles til os radioamatører, og dét tvinger os til - allerede nu - at se os godt for og tænke os godt om, når vi i dag står i begreb med een nyanskaffelse!

1. Larry Wolfgang, WR1B, Kenwood TS-870S MF/HF Transceiver, QST FEB 1996 pp. 71-75

2. Manfred Dudde, DL5KCS og Wolf P. Tangermann, DK1WC, Technische Übersicht TS-870S Datenendgerät, CQ DL 12/95 pp. 892-897.

OZ8T

DSP - digital signalbehandling - en intuitiv adgang.

At vi befinder os i en tid, hvor anvendelse af den digitale signalbehandling marcherer frem med syvmileskridt i apparaterne, der udvikles og produceres nu, kan ingen være i tvivl om.

Det er en kærkommen anledning til selv at stifte nærmere bekendtskab med dette spændende emne, når én af dem, der har et solidt kendskab til emnet, giver sig til at fortælle om det på en måde, der ikke gør brug af matematik og formler o. s. v.,

Det er jo en teknik, der vil komme til at præge vore apparater mere og mere, og vi kan lige så godt kaste os ud i det og prøve at forstå, hvad det er, der foregår, og hvor og hvorledes vi kan drage nytte af den.

Det må siges at være en sådan artikel, W9QR nu har udarbejdet!

Dave Herschberger, W9QR, DSP - An Intuitive Approach, QST FEB 1996 pp. 39-42.

OZ8T, der har taget sig den frihed at foreslå HR og TR, at artiklen oversættes til dansk og bringes in extenso i OZ!

Trinvis indkobling af Heathkit SB-1000 PA trin.

W3IRZ viser, hvorledes indkoblingsstrømstødet i Heathkit SB-1000 kan reduceres med dét formål at søge at forlænge levetiden af det dyre senderrør.

Mike Branca, W3IRZ, Step Start for the Heath-1000 Linear Amplifier, QST JUN 1996 p. 69

OZ8T