

# 4-elementtisten Yagi-antennien valmistaminen

Jari Ojala, OH8LQ

## Taustaa

Kaupallisia antennia on nykyään saatavilla jos jonkinlaisia; on yksinkertaisista lankavirityksistä monen alueen yageihin. Omalla asemallani kaikki antennit ovat itse valmistettuja, ja rahallinen säästö on ollut huomattava. Vaatiihän antennien rakentelu hiukan metallin muokkaustaitoja, mutta kun käyttää maalaisjärkeä rakenteissa ja menetelmissä niin saa kyllä suhteellisen edulliset, kestävät ja mieleisensä antennit.

## Työkalut

Antennien rakentamiseen ei tarvitse mitään erikoisempia työkaluja. Porakone, putkileikkuri, rautasaha, 5-9 mm poranterät, 13 mm lista-avain, ruuvimeisseli ja riittävän pitkä mittanauha ovat tärkeimmät työkalut. Jos sattuu olemaan käytettävissä metallisorvi, se auttaa liitosten teossa.

## Materiaalit

Antennimateriaaleina käytetään alumiini-putkea; helposti saatavaa on seos 6082-T6. Putkien paksuudet riippuvat elementtien ja puomin pituudesta. Tässä on esimerkkinä 4-el yagi 20 m:lle (mitat myös 15 ja 10 m:n yageille). Antennin puomin pituus on 10 m ja pisin elementti n.11 m. Syötössä käytetään "Delta match"-sovitusta. Antenniin tarvitaan alumiiniputkia taulukossa näkyvät määrät:

## Alumiinit 14 MHz (putkien kokonaismitat)

KPL	Putken koko	14 MHz pituus m
4	30x1,5	3
4	25x1,5	5,4
8	22x1,5	0,95
2	19x1,5	1,2
8	19x1,5	0,95
2	16x1,5	1,17
2	16x1,5	0,86

2	16x1,5	0,7
2	16x1,5	0,35
2	15x1,0	1,2
2	60x2	2,5
1	75x3	6,0
4	Latta 60x5	0,20

## Alumiinit 21 MHz (putkien kokonaismitat)

KPL	Putken koko	21 MHz pituus m
4	30x1,5	1
4	25x1,5	2,6
8	22x1,5	0,85
10	19x1,5	0,85
2	16x1,5	0,86
2	16x1,5	0,7
2	16x1,5	0,57
2	16x1,5	0,35
2	15x1,0	0,85
2	50x2	0,7
1	60x2	6,0
4	Latta 60x5	0,20

## Alumiinit 28 MHz (putkien kokonaismitat)

KPL	Putken koko	28 MHz pituus m
4	30x1,5	0,5
4	25x1,5	2,0
8	22x1,5	0,55
10	19x1,5	0,55
2	16x1,5	0,82
2	16x1,5	0,69
2	16x1,5	0,6
2	16x1,5	0,43
2	15x1,0	0,55
1	60x2	5,0
4	Latta 60x5	0,20

## Rautatavara 14 MHz:lle

2	putki 25x1,5 mm	1,2 m
3	latta 30x4 mm	0,12 m
2	latta 100x5 mm	0,2 m
1	5 mm teräsköysi	12 m
4	Vaijerilukko 5 mm porakarkisia levyruuveja esim. 3,25x8 mm	

4	M8x90 mm ruuvi
4	M8 mutteri
8	M8 jousialuslevy
4	M6 RST-ruuvi M6x35
6	M6 RST mutteri
12	M6 RST-aluslevy
2	Letkuklemmari 25 mm
1	Säänkestävää muovia 100x150x10 mm pala

Lisäksi tarvitaan pakoputkiklemmareita, joilla antennin osat kiinnitetään toisiinsa

## Pakoputki klemmarit

11 kpl\* 76 mm

6 kpl 64 mm

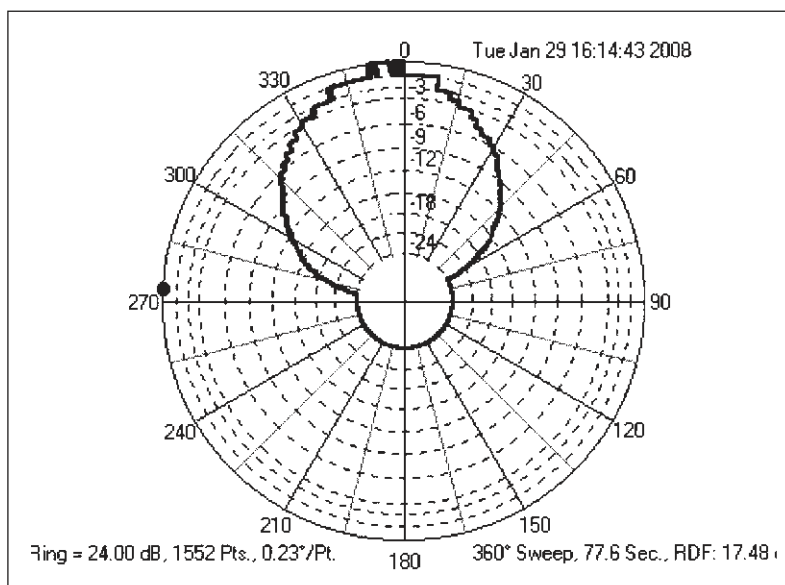
8 kpl 32 mm

\*riippuen mastoon kiinnityksestä

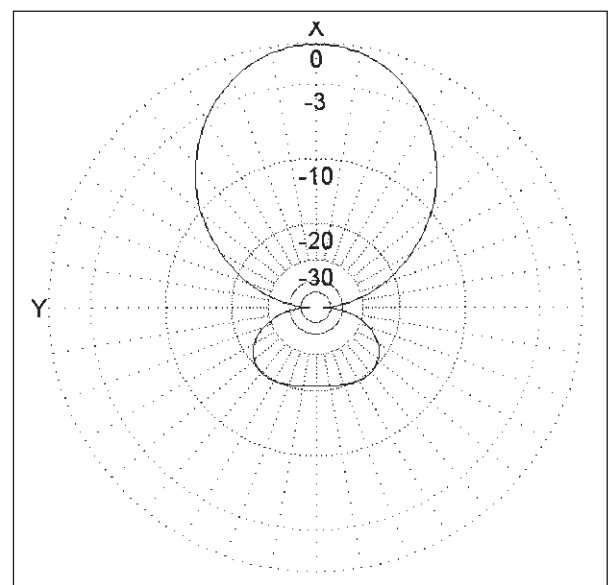
## Antennin suunnittelu

Antennin mitoituksessa voi käyttää hyväksi esim. netistä löytyviä mitoituksia, joita voi tarkastella simulaattiohjelmilla. Simulaattoreita voi ladata netistä. Esimerkiksi MMANA-GAL (<http://mmhamsoft.amateur-radio.ca/>) on ilmainen ohjelma, jolla pystyy simuloimaan niin yagi-antenneja kuin mitä erilaisimpia lankavirityksiäkin. Maksullisista ohjelmista käytetyin lienee EZNEC (<http://www.eznec.com>). EZNEC:istä on useampia eri hintaisia versioita. Lisäksi vanhat "Yagi optimizer" ja "Yagimax" -ohjelmat ovat käyttökelpoisia. Esimerkkinä käytettävä antenni on mitoitettu MMANA-GAL-ohjelmaa apuna käyttäen.

Mitoituksessa on tärkeää ottaa huomioon alumiini-putkien halkaisijat, koska ne vaikuttavat suoraan elementtien sähköiseen pituuteen. Eli sähköinen pituus ei ole sama kuin mekaaninen pituus, vaan se on korjattava materiaalin nopeuskertoimella. Simulointiohjelmat osaavat huomioida tämän, kunhan halkaisijat ja materiaali syötetään mukaan. Elementin ohennusta kutsutaan taperoinniksi. Käytettävien alumiini-putkien halkaisijat ja pituudet riippu-



Kuva 1. Stakki, mitattu suuntakuvio.



Kuva 1a. Stakki, simuloitu suuntakuvio.

vat elementin pituudesta ja siitä, millaisia jää- ja tuulikuormia elementin täytyy kestää. Tässä antennissa käytetty mitoitus on testattu toimivaksi vuosien saatossa, jopa vaikeissa olosuhteissa, jolloin ohuimmasakin putkessa on ollut ainakin kymmenen senttimetriä kuuraa.

Antennista on mitattu suuntakuvio käytteen rigin FT-1000MP Mark V S-mittaria (<http://www.seed-solutions.com/gregordy/Software/SMeterLite.htm>) (kuva 1). Lähettävä asema oli noin seitsemän kilometrin etäisyydellä. Suuntakuvio on mitattu 4-over-4 -stakista. Vertaamalla mitattua suuntakuviota simuloituun (kuva 1a) pidän antennia hyvin onnistuneena.

### Kokoaminen

Antennin kokoaminen on hyvä aloittaa elementeistä, sillä niissä on eniten tekemistä.

Ensin katkotaan alumiiniputket sopivan mittaisiksi joko putkileikkurilla tai rautasahalla. Taulukossa näkyvät mitat ovat putkien katkaisumittoja. Toisen putken sisään menevässä putkessa on 50 mm ylimää-

raistä, joka sovitetaan paksumman putken sisään. Alumiiniputket ovat halkaisijoltaan sellaisia, etteivät ne sovi suoraan toistensa sisään, vaikka mittataulukosta voisi näin päätelläkin. Esim. 22x1,5 mm putki ei mene 25x1,5 mm:n sisään. Tämä johtuu toleransseista ja siitä, etteivät putket ole aivan pyöreitä. Niiden putkien kanssa, joiden sisään tulee ohuempi putki, on oltava huolellinen, ettei putki supistu leikattaessa, koska silloin on vaikeampi saada sopimaan putket toisiinsa.

Putket voi sovittaa toisiinsa joko sorvamalla ohuempaa putkea tai halkaisemalla ohuemman putken päätä rautasahalla, jolloin putket sopivat toisiinsa. Tämän jälkeen putkien liitokseen on hyvä laittaa alumiinille sopivaa liitosrasvaa, tällöin kontakti putkien välillä säilyy luotettavana. Lopuksi liitos kiinnitetään pienillä levyruuveilla. Ruuveina on hyvä käyttää porakarkisia ruuveja, jolloin ei tarvitse erikseen porata reikiä.

30 mm:n putken läpi laitetaan 25 mm:n putki siten, että molemmista päistä läpi tuleva osuus on saman mittainen.

Elementtien puomiin kiinnitystä varten tarvitaan 200 mm mittaiset alumiinilatan palat (kuva 2), joihin porataan oheisen kuvien mukaiset 9 mm:n reiät pakoputkiklemmareita varten.

Antennin puomi koostuu kolmesta osasta, 2 kpl 60 mm:n ja 1 kpl 75 mm:n putkea. Putket menevät "väljästi" toistensa sisään (n. 400 mm), joten niihin tarvitaan holkit väliin. Holkit tehdään leikkaamalla 60 mm:n alumiiniputkesta n. 50 mm:n pätkät (4 kpl), jotka sahataan pituussuunnassa halki ja venytetään 60 mm puomiputken päälle, toinen aivan putken päähän ja toinen kohtaan joka tulee ulos 75 mm:n putkesta. Puomin osat liitetään toisiinsa 8x90 mm:n pulteilla. Pulteille porataan reiät holkkien kohdalle. Puomiin tarvitaan lisäksi vaijerituki (kuva 3).

Delta-match tehdään 19 mm:n ja 15 mm:n alumiiniputkista, putken toinen pää litistetään ja siihen porataan 6 mm:n reikä. Lisäksi putkiin on hyvä porata 3 mm:n reikä alapinnalle, jotta vesi pääsee poistumaan putkien sisästä.

Deltan "varsien" elementtiin kiinnitystä varten leikataan 2 mm:n alumiinilevystä noin 25 mm leveää nauhaa, joka muotoillaan putken ympärille taivuttamalla kiinnitys pannaksi (kuva 4). Pannan porataan myös 6 mm:n reikä. Pannan muotoilussa pitää ottaa huomioon, että sen täytyy kiristyä kunnolla elementtiin kiinni.

Deltan varret kiinnitetään toisesta päästä puomilla olevaan muovilappuun, johon on porattu myös 6 mm:n reiät. Lappu on kiin-

nitetty puomiin pakoputkiklemmarilla.

### Elementit 14 MHz antennille

	Elementin mekaaninen	Etäisyys heijastajasta
Elementti	kok. pituus	
heijastin	1126 cm	0
säteilijä	1062 cm	200 cm
suuntaaja 1	1030 cm	473 cm
suuntaaja 2	960 cm	1000 cm

### Elementit 21 MHz antennille

	Elementin mekaaninen	Etäisyys heijastajasta
Elementti	kok. pituus	
heijastin	742 cm	0
säteilijä	710 cm	133 cm
suuntaaja 1	684 cm	314 cm
suuntaaja 2	640 cm	663 cm

### Elementit 28 MHz antennille

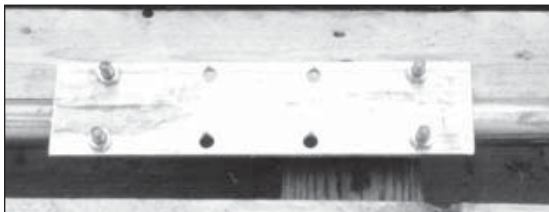
	Elementin mekaaninen	Etäisyys heijastajasta
Elementti	kok. pituus	
heijastin	554 cm	0
säteilijä	528 cm	99 cm
suuntaaja 1	510 cm	233 cm
suuntaaja 2	476 cm	493 cm

### Viritys

Antennin sovituksessa voi käyttää mitä tahansa sovitustapaa, gamma, hairpin jne. Tässä esimerkissä olen käyttänyt delta-match -sovitusta. Delta-matchilla antennin syöttöimpedanssi sovitetaan 200 ohmiin, syöttöpiste on balansoitu. Antennin syöttöön tarvitaan 1:4 balun. Balunina voi käyttää valmista kaupallista balunia tai itse koaksiaalikaapelista valmistettua balunia (kuva 5), joka valmistetaan 1/2-aallon koaksiaalikaapeliin. Lenkin pituudessa täytyy huomioida kaapelin nopeuskerroin, esimerkiksi RG-213:lla nopeuskerroin on 0,66. Lenkin pituus mitataan koaksiaalikaapelin vaipasta.

Itse antennin viritys tapahtuu hakemalla elementtiin symmetrisesti kytkettävillä var-

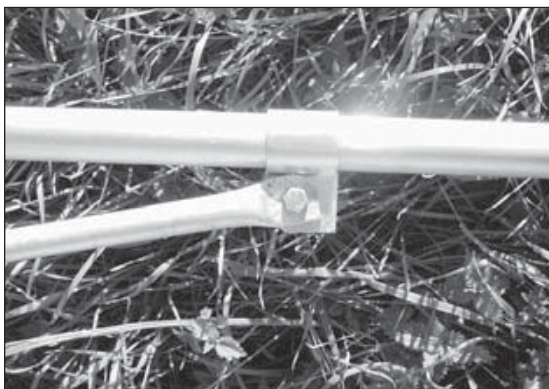
Jatkuu sivulla 12



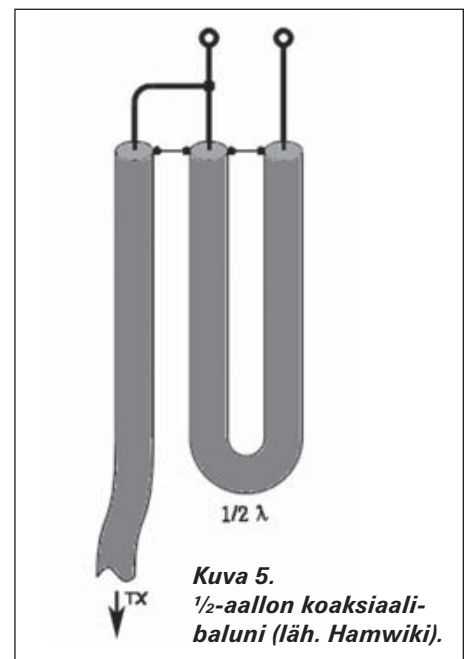
Kuva 2. Elementin kiinnityslaippa.



Kuva 3. Puomin vaijerituki "A-pukki".



Kuva 4. Deltan kiinnityspanta.



Kuva 5. 1/2-aallon koaksiaalibaluni (läh. Hamwiki).



**Kuva 6. Delta-match yleiskuva.**



**Kuva 9. Laipat ristikkoon kiinnitystä varten.**



**Kuva 8. Lappu mastoputken kiinnitystä varten.**

silla (kuva 6) kohta josta löytyy 200 ohmin impedanssi. Kohdan etsinnässä varsia ja syöttöpistettä puomilla liikutellaan kunnes impedanssi balunin jälkeen on 50 ohmia. Jos on käytettävissä antennianalysaattori, homma helpottuu huomattavasti, mutta antennin saa viritettyä SWR-mittarillakin. Taulukossa on ohjeelliset mitat, joilla voi aloittaa viritämisen. Kaikkien samoilla mitoilla tehtyjen antennien pitäisi mennä viireeseen samoilla mitoilla!

#### Kuvan 11 mitat

Band	Delta mitta A	Delta mitta B
14 MHz	87 cm	37 cm
21 MHz	59 cm	33 cm
28 MHz	45 cm	29 cm

Viritys olisi hyvä tehdä mahdollisimman vapaassa tilassa, jossa ei ole lähetyvillä haruksia tai muita metalliesineitä. Kun viritys on tehty, kiristetään ruuvit ja laitetaan teleskooppiin letkuklemmari, joka lukitsee varsien pituuden paikoilleen. Klemmarin lisäksi liitos varmistetaan ruuvilla.

#### Mastoon kiinnitys

Antenni kiinnitetään mastoon laipoilla, joiden malli riippuu siitä, kiinnitetäänkö antenni putkeen vai ristikkoon. Putkeen kiinnitettäessä käytetään isompaa "lappua" johon on porattu reiät pakoputkiklemmareita varten. Klemmareita tarvitaan neljä puomin kiinnitystä varten ja neljä putkea

varten. Jos antenni kiinnitetään ristikkoon, tarvitaan kaksi laippaa, joihin on porattu reiät kahdelle klemmarille puomia ja paarreputkea varten.

#### Antennien kerrostaminen eli stakkaus

Delta-matchilla sovitettuja antennia kerrostaessa pitää ottaa huomioon koaksiaalinen "kuuman" karvan kytkentä, kun balunissa kuuma karva kytketään lenkin toiseen päähän. Kuuma karva on kytkettävä kummassakin antennissa samalle puolelle, muutoin antennien välillä on 180 asteen vaihe-ero. (Jolloin ne kumoavat toistensa säteilyn halutussa suunnassa. Toim. huom.)

**Kuvassa 10** olevat antennit on syötetty 75 ohmin kaapeli-TV asennuksissa käytettävällä Tellu7 -kaapelilla. Kaapelit on mitoitettu sähköisiksi 1/2-aallon kerrannaisiksi. Kaapelien pituutta rajoittaa se, että mitä enemmän kerrannaisia, sitä kapeampi



**Kuva 10. Kirjoittajan 4-el. stakki 20-10 m, mastossa OH4MS asentamassa viimeistä yägiä.**

käytettävä kaista, kun antennit on sovitettu 50 ohmiin. Kaikkien antennien kaapelien on oltava samanpituisia.

Tässä antennissa "stakkipurkki" on alhaalla, koska en itse ole kiipeilyihmisiä. Tämä helpottaa huoltoa. Käytössä on WX0B-tyylinen UNUN ilman releitä. Jos käyttää releitä, niin saa käyttöön kombinaatiot, joissa voi käyttää ylempää tai alemmaa antennia myös erikseen. Lisää kuvia löytyy netistä [www.oh8lq.com](http://www.oh8lq.com) sivuilta.