

HF-antenner

Av Snorre Prytz, Forsvarets forskningsinstitutt

Generelt om NVIS-antenner

En NVIS (Near Vertical Incident Skyvave) antenne skal dirigere mest mulig av RF effekten rett opp. Effekten blir reflektert fra ledende lag i ionosfæren tilbake til bakken i en paraplyform med radius på noen hundre kilometer. Styrken av det reflekterte signalet avhenger av utsendt effekt, antennen og de ionosfæriske forholdene. Den enkleste og kanskje en av de beste antennene for NVIS er en horisontal dipol. Fig 1 illustrerer noen fundamentale forhold for en horisontal dipol benyttet som NVIS antenne. For vanlig HF kommunikasjon over store avstander ønsker en minst mulig effekt dirigert rett opp og effektutstrålingen fra antennen i en hvis vinkel med horisontalplanet. En horisontal dipol har da gjerne en høyde over bakken som kan være halve bølglengden, $\lambda/2$, eller høyere. For slik anvendelse kan en under beregninger benytte en ideell ledende jord uten at en gjør alt for store feil

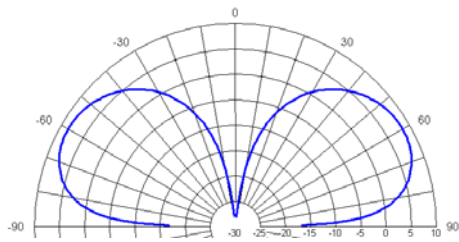


Fig 1A Ideell jord. Høyde $\lambda/2$

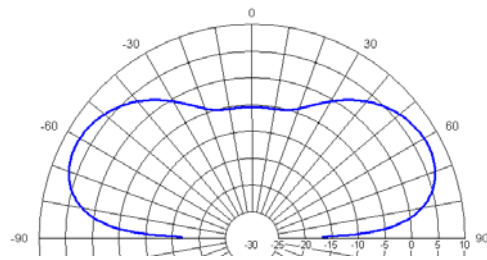


Fig 1D Tørr jord. Høyde $\lambda/2$

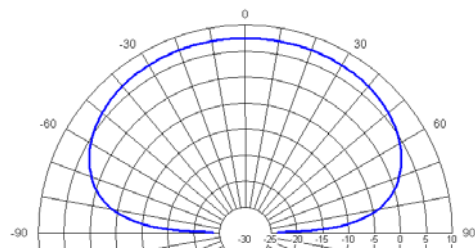


Fig 1B Ideell jord. Høyde $\lambda/4$

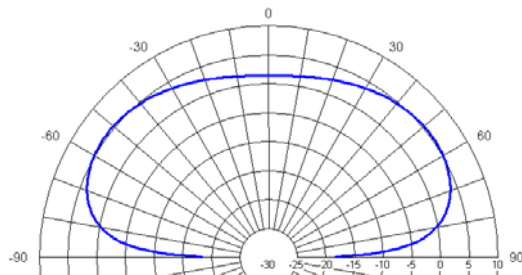


Fig 1E Tørr jord. Høyde $\lambda/4$

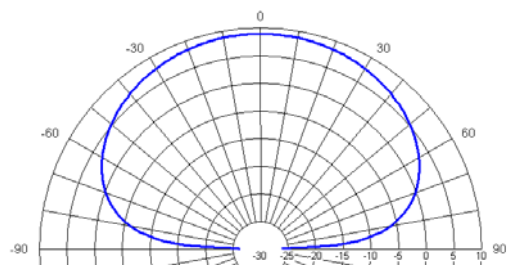


Fig 1C Ideell jord. Høyde $\lambda/15$

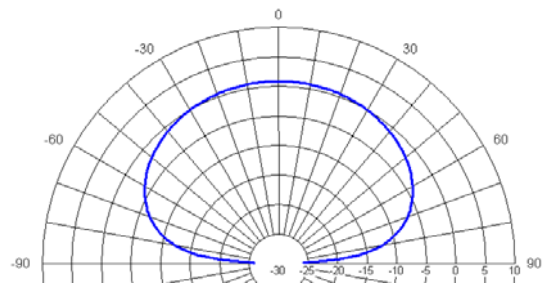


Fig 1F Tørr jord. Høyde $\lambda/15$

Fig 1 viser antennediagrammer beregnet for en 15 m lang horisontal dipol. Diagrammene viser antennens forsterkning i forhold til en tenkt rundstrålende (isotropisk) antenne, gitt i dBi. De beregnede verdiene er plottet i et vertikalt plan på tvers av antennerådene.

Figurene 1A, 1B, og 1C viser diagrammene for ideell jord når høyden over bakken varierer, den er gitt i brøkdeler av bølgelengden λ . Frekvensen 10 MHz og bølgelengden $\lambda = 30$ m. En ser at ved høyde lik $\lambda/2$ har en ikke noen utstråling rett opp. Etter hvert som høyden over bakken minker vil utstrålingen rett oppover øke.

Figurene 1D, 1E, og 1F viser tilsvarende diagrammer når en innfører reell jord, her er benyttet tørr jord ($\epsilon = 15$, $\sigma = 0.001$). Nullpunktet ved $\lambda/2$ er delvis fylt igjen og en har maksimum utstråling mot zenit ved $\lambda/4$. I forhold til en ideelt ledende jord får en større demping av signalet jo nærmere jorden antennen kommer. Denne effekten kan til en hvis grad kompenseres ved å legge ut et jordnett. Jordforholdene har stor betydning for antennens egenskaper, jo bedre ledningsevnen er jo mer vil utstrålingen nærme seg forholdene for ideell jord. Sjøvann er en svært god elektrisk leder, så en NVIS antenne ombord på en båt har gode forhold.

NVIS kan gi utmerket kommunikasjon i den nedre del av HF båndet opp til noen hundre kilometer. Terrenget mellom stasjonene spiller ingen rolle for kommunikasjonen, men forholdene i ionosfæren er avgjørende. Et eksempel på behov som kan dekkes av NVIS i forsvaret er kommunikasjon med jegere fra en kommandoplass. På kommandoplassen, der en har tilgang på kjøretøy, kan en sette opp en semipermanent antenne med gode egenskaper. Jegerne, som må bære med seg utstyret, må ha lett antenneutstyr som enkelt kan settes opp og tas ned igjen, dette vil gå på bekostning av signalkvaliteten. Moderne HF radiosett finner selv brukbare frekvenser og skifter frekvens ofte, justering av antennelengden vil derfor ikke lengre være mulig for å tilpasse antenneimpedansen til senderens utgangsimpedans, dette problemet løses ved å benytte en automatisk antennetuner. Nedenfor er det gitt to eksempler på antenneløsninger for en kommandoplass og et eksempel på feltantenne for f. eks. jegere.

Horisontal dipol.

Fig 2 er skisse av en horisontal dipolantenne spent opp mellom to 10 m høye master. Høyden er valgt fordi en 10 m høy mast kan reises forholdsmessig enkelt. Lengden på dipolen er 30 m, som gir en resonansfrekvens på 5 Mhz.

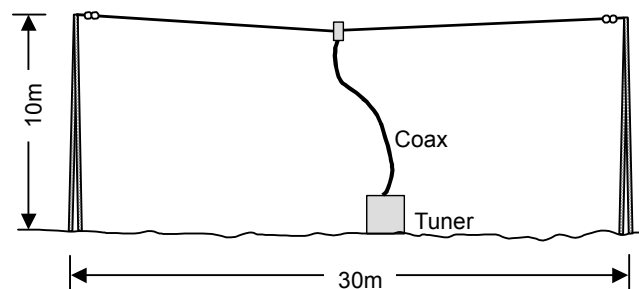


Fig 2 Horisontal dipol med antennetuner for frekvensområdet 2 MHz til 8 MHz.

Antennen kan benyttes som mottakerantenne over hele HF båndet; som senderantenne avhenger den av antennetunerens egenskaper, da det er store variasjoner i antenneimpedansen over 8 MHz. Fig 3 viser antenneimpedansen mellom 2 MHz og 8 MHz. Antennen er i resonans ved 4,8 MHz der impedansen er rent ohmsk og lik 61 Ohm.

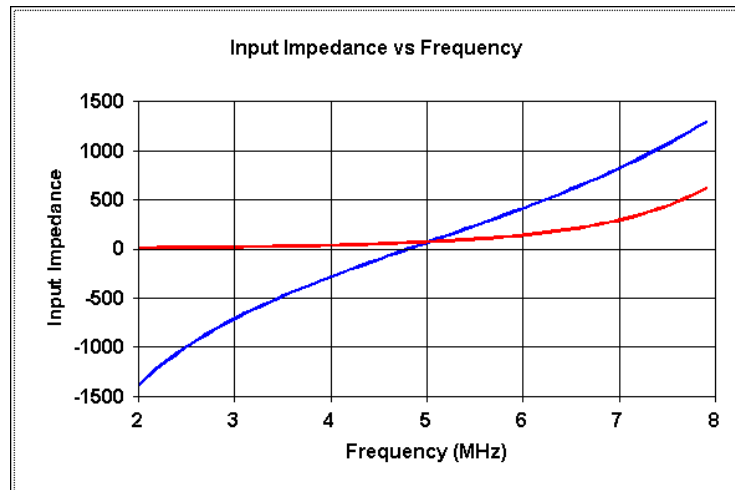


Fig 3. Antenneimpedansen i Ohm som funksjon av frekvens. Rød kurve er for realdelen og blå kurve for imaginærdelen

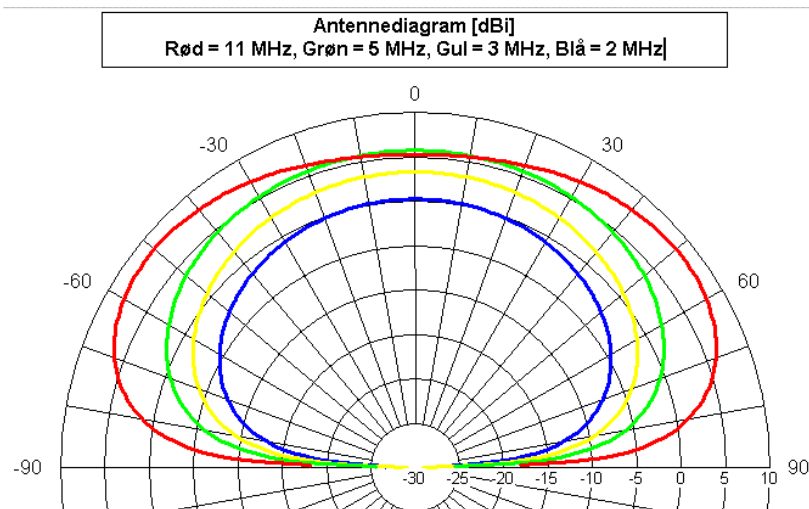


Fig 4 Antennediagramer for dipolantennen ved forskjellige frekvenser.

Fig 4 viser antennediagrammene for 4 frekvenser. Avstanden til bakken i bølgelengder varierer med frekvensen (Rød = 0.37λ , Grøn = 0.17λ , Gul = 0.1λ og Blå = 0.07λ). Dette gir variasjonene i forsterkning rett opp.

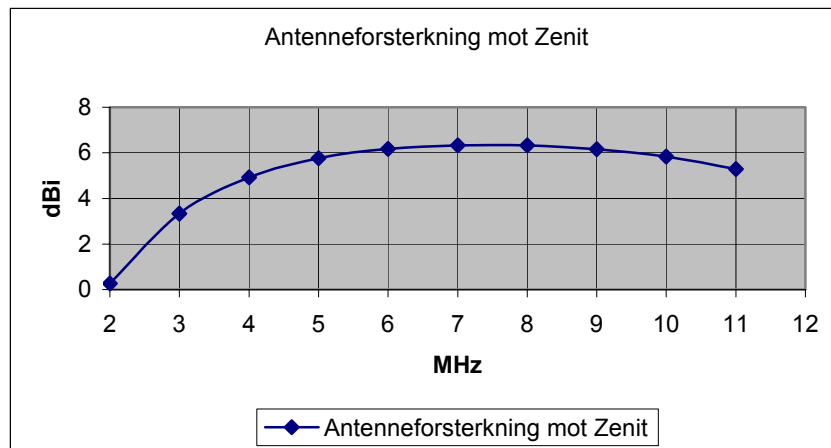


Fig 5 Antenneforsterkning rett opp som funksjon av frekvens.

Kurven i figur 5 viser antenneforsterkningen for frekvensområdet 2 MHz til 11 MHz. Forsterkningen faller raskt ved lave frekvenser, mens den har et svakere fall når frekvensen øker over maksimum forsterkning ved ca 7.5 MHz.

Omvendt V antenne.

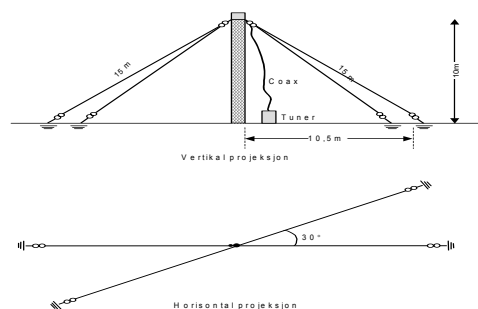


Fig 6. Omvendt V antenne med to sett antennevirer, som er benyttet som toppbarduner, og antennetuner.

Etablering av en omvendt V antenne krever færre resurser enn en horisontal dipol. Ulempen er at antennen som helhet er nærmere bakken enn en dipol, dermed blir forsterkningen dårligere, noe en ser av diagrammet i Fig 7.

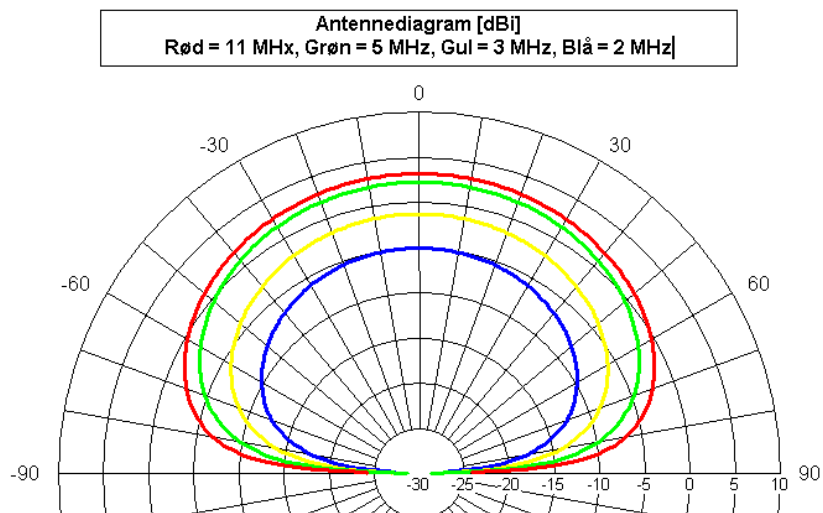


Fig 7. Antennediagrammer for omvendt V antenne for forskjellige frekvenser.

Kurven i Fig 8 gir en mer detaljert fremstilling av forsterkningen. En taper ca 2 dB i forhold til en dipol ved maksimal forsterkning. Den store forskjellen får en imidlertid ved lave frekvenser, der en ved 2 MHz taper ca 5 dB. Ved bruk av denne type antenner må en vurdere om besparelsen i antennemateriell og arbeid forsvarer tap av effektivitet.

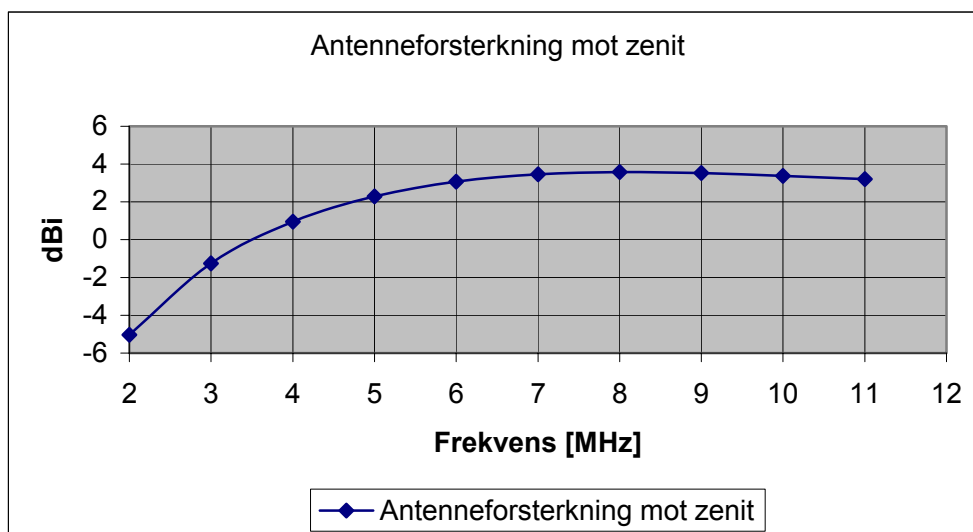


Fig 8 Antenneforsterkningen mot zenit som funksjon av frekvens.

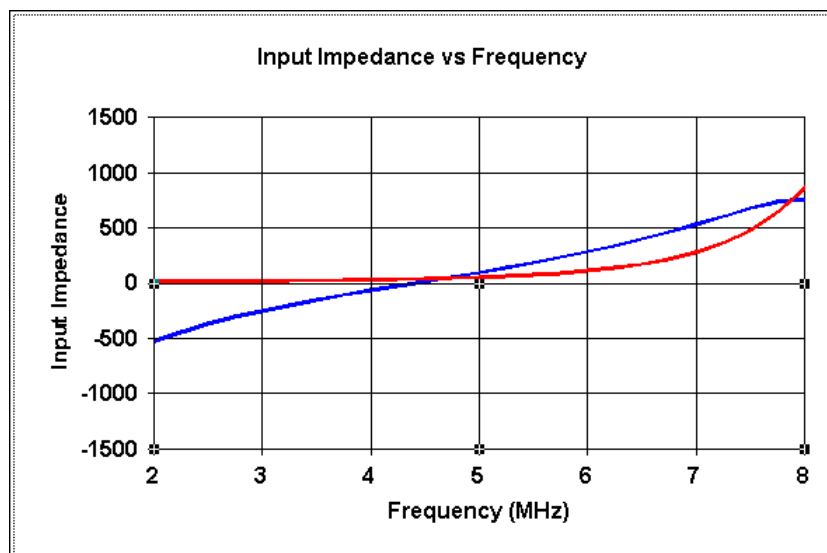


Fig 9. Antenneimpedans i Ohm som funksjon av frekvens. Rød kurve er for realdelen og blå kurve for imaginærdelen.

Fig 9 viser impedansen som funksjon av frekvens. Antennen har resonans ved 4,4 MHz der realdelen av impedansen er 36 Ohm.

Antenne for bruk ute i felten.

For kommunikasjon ute i felten, der en ikke kan benytte kjøretøy, er vekten av antennemateriellet svært viktig. En enkel dipolantenne kan lages av to kobberwirer som kobles til et matepunkt med koaksialkabelen fra radioen. Dette midtpunktet kan anordnes slik at det har feste for opphenging i f eks et tre. Jo høyere en makter å feste antennen jo bedre er det. De to antennerådene kan festes med isolatorer til f eks trestammer. I eksemplet nedenfor er de to antennerådene 15 m hver. Midtpunktet er plassert 3 m over bakken og grenene festet med isolatorer 10 cm over bakken. Klarer en å få deler av antennen høyere vil den bli bedre.

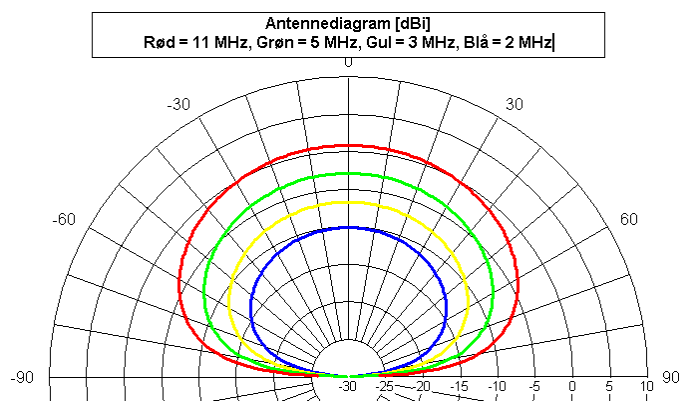


Fig 10 Antennediagrammer for en omvendt V, feltantenne

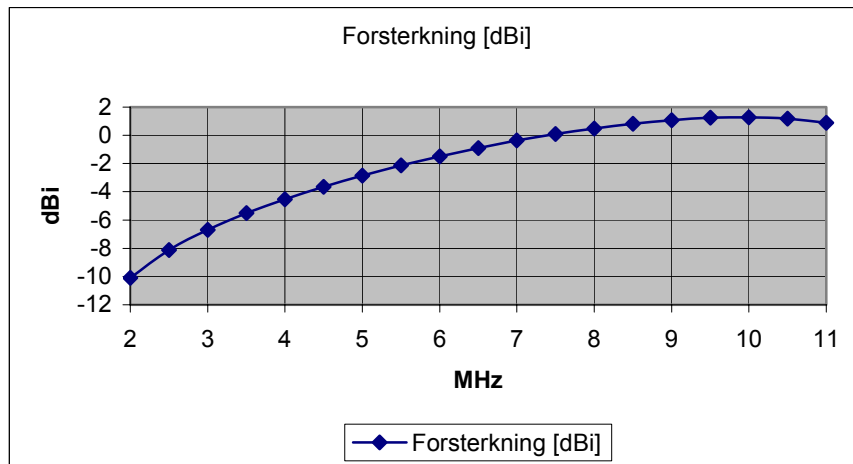


Fig 11 Feltantennens forsterkning som funksjon av frekvens.

Som en ser av fig 11 er antennen dårlig for de laveste frekvensene. Dette er noe en må leve med hvis en skal ha en antenne som er lett og rask å sette opp.

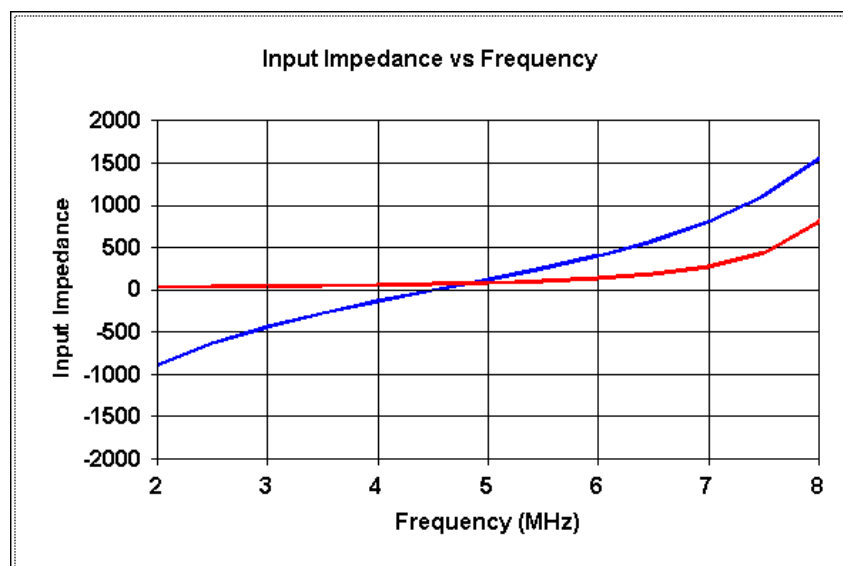


Fig 12 Antenneimpedansen som funksjon av frekvens. Rød kurve er for realdelen og blå kurve for imaginærdelen.

Fig 12 viser antenneimpedansen som funksjon av frekvens. Antennen er i resonans ved 4,5 MHz, der realdelen er 63 Ohm. En antenntuner er nødvendig også for denne antennen. Siden sendereffekten antakelig er liten for en radio med batteridrift kan tuneren lages mindre og lettere enn for den som brukes ved kommandoplassen.

Konklusjon.

For HF kommunikasjon over korte avstander, noen hundre kilometer, er NVIS (Near Vertical Insident Skyvawe) en svært god løsning. Antakelig er denne moden ofte benyttet uten at operatørene er klar over hva de gjør. NVIS kommunikasjon er mest sannsynlig i nedre del av HF båndet, 2 MHz – 8 MHz.

- Det er ikke nødvendig å plassere antennen høyest mulig i terrenget med fri sikt. Retningen av antennerådene i forhold til mottakerne er heller ikke viktig. Gode jordforhold er imidlertid viktig. Myr eller våt mark gir gode jordforhold. En bør unngå plassering der skog hindrer fri sikt rett opp, f eks inne i et granholdt.
- En horisontal dipol i en høyde av 10 m med 15 m lange antennegrener er brukbar i det nevnte frekvensområdet. En omvendt V antenne med 10 meter høy mast og 4 antennegrener, som kan benyttes som barduner, gir noe lavere ytelse men krever færre resurser.
- Som feltantenne kan en dipol med 15 m lange antennegrener benyttes. Denne bør plasseres så høyt som mulig. Eventuelt kan midtpunktet heises opp i et tre og endene festes til trestammer.
- En automatisk antennetuner er nødvendig for alle antennene.