

# Paraboolantennid amatöörraadiosides



ERAÜ talvepäev, Tallinn 23.01.2016



Viljo Allik,  
ES5PC



•Kiirgaja

•Paraboolpeegeldi

•Pööraja

# Sissejuhatus

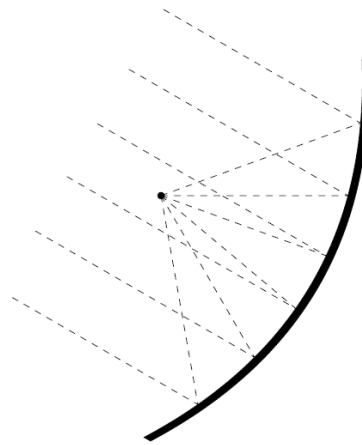
- Paraboolantenn on nn. pindantenn
- Paraboolantenn on üldjuhul laiaribaline erinevalt resonantsantennidest
- Paraboolantenni mõõtmed on tavaliselt oluliselt suuremad, kui kasutatav lainepikkus (tüüpiliselt  $d > 4\lambda$ )

# Sissejuhatus

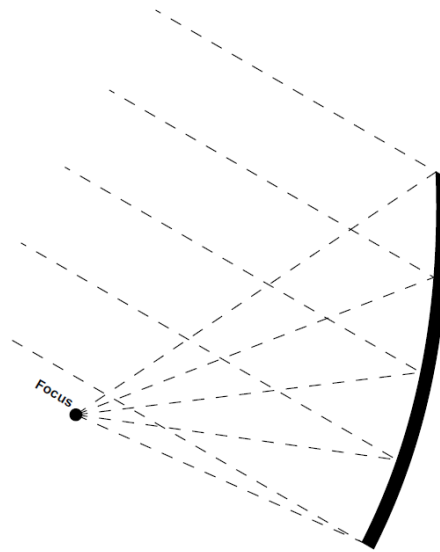
- Paraboolantenn koosneb tavaliselt mitmest põhikomponendist:
  - paraboolpeegeldi
  - kiirgaja
  - sekundaarpeegel nn. Cassegrain tüüpi antennide korral
  - süsteem parabooli suunamiseks

# Paraboolpegeldi

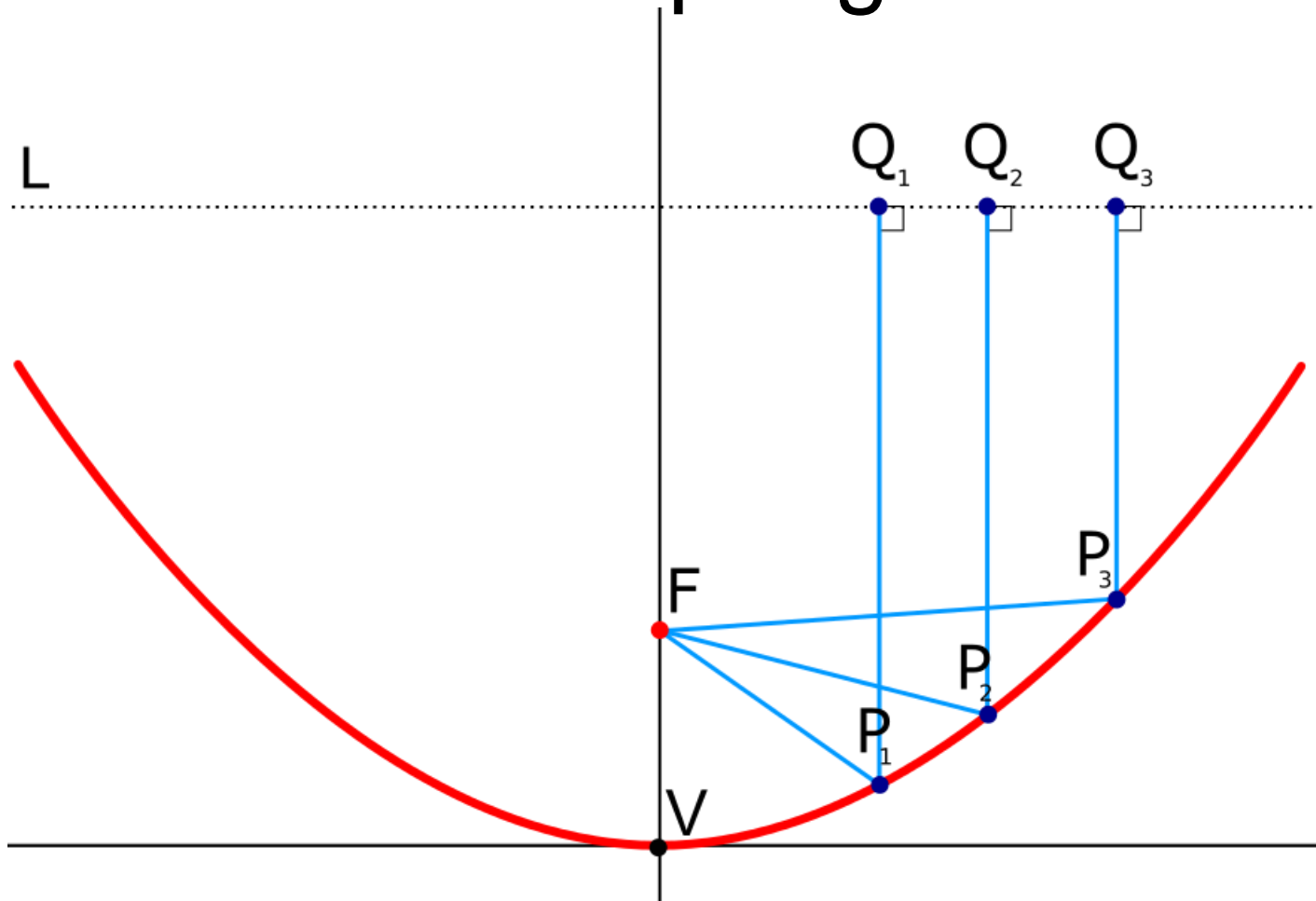
- Otsefookus



- Offset



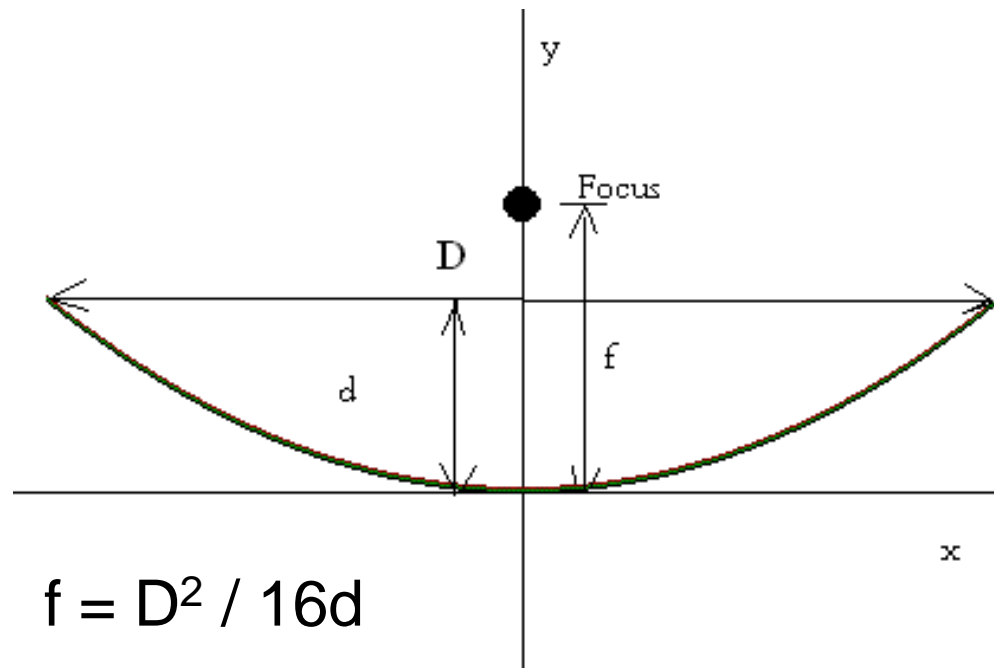
# Parabolpegeldi



$$FP_1 + P_1Q_1 = FP_2 + P_2Q_2 = FP_3 + P_3Q_3$$

# Paraboolpeegeldi

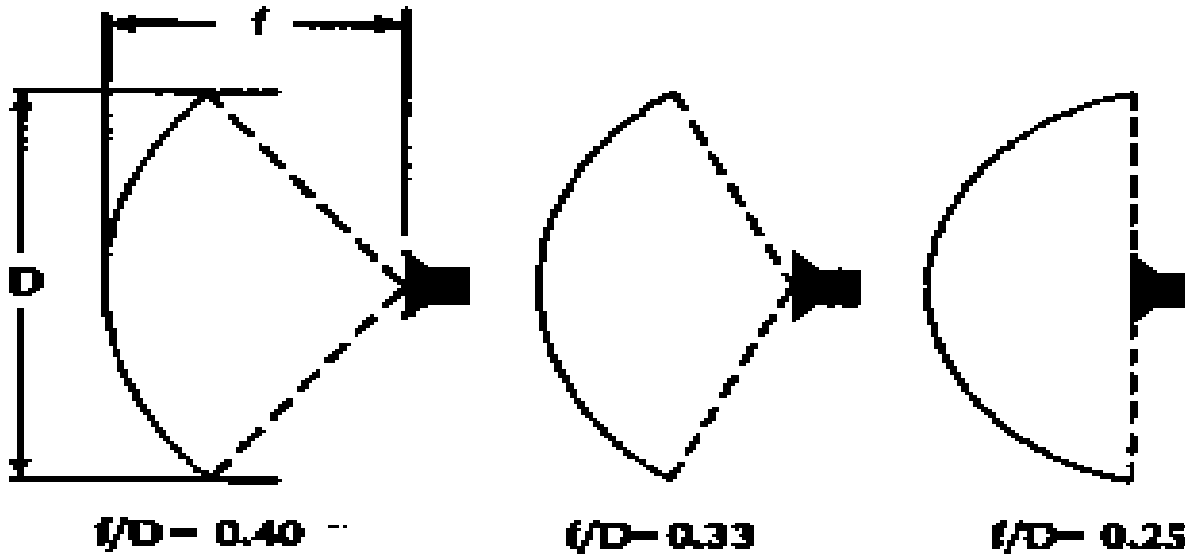
Paraboolpeegeldi fookuskauguse arvutamine



# Paraboolpeegeldi

$f/D$  suhe (fookuskaugus/läbimõõt)

- Tavaliselt vahemikus 0.25 kuni 0.65
- $f/D < 0.33$  : “sügav” peegeldi
- $f/D > 0.33$  : “lame” peegeldi
- $f/D$  suhtest sõltub antenni kiirgaja valik





# Paraboolantenni võimendus ja peakiire laius

$$G = 10 \log \frac{4\pi A}{\lambda^2} e_A = 10 \log \left( \frac{\pi d}{\lambda} \right)^2$$

$$\theta = \frac{70\lambda}{d}$$

kus  $G$  on antenni võimendus detsibellides,  
 $\theta$  on antenni peakiire laius kraadides,  
 $d$  on antenni läbimõõt,  
 $A$  on antenni apertuur,  
 $\lambda$  on lainepikkus,  
 $e_A$  on antenni efektiivsus

# Paraboolantenni võimendus ja peakiire laius (näited)

| $d$ [m] | $f$ [MHz] | $eA$ [%] | $G$ [dBi] | $\theta$ [deg] |
|---------|-----------|----------|-----------|----------------|
| 3.0     | 432       | 50       | 19.6      | 20             |
| 3.0     | 10368     | 65       | 48.4      | 0.65           |
| 4.5     | 1296      | 60       | 33.5      | 3.74           |
| 4.5     | 2320      | 60       | 38.6      | 2.09           |
| 4.5     | 24000     | 10       | 51.1      | 0.53           |
| 32      | 1296      | 70       | 51.0      | 0.43           |
| 300     | 432       | 40       | 58.7      | 0.24           |

# Paraboolpeegeldi

- Paraboolpeegeldi pinna täpsus

Üldjuhul ei tohiks ebatäpsused olla suuremad, kui  $0.1 \lambda$

Näiteks 1296 MHz sagedusel  $< 2.3 \text{ cm}$

24 GHz sagedusel  $< 1.5 \text{ mm}$

Kui parabooli pind valmistada metallvõrgust, siis on soovitatav, et võrgu samm oleks  $< 1/8 \lambda$

Näiteks: 70 cm lainealal  $< 9 \text{ cm}$

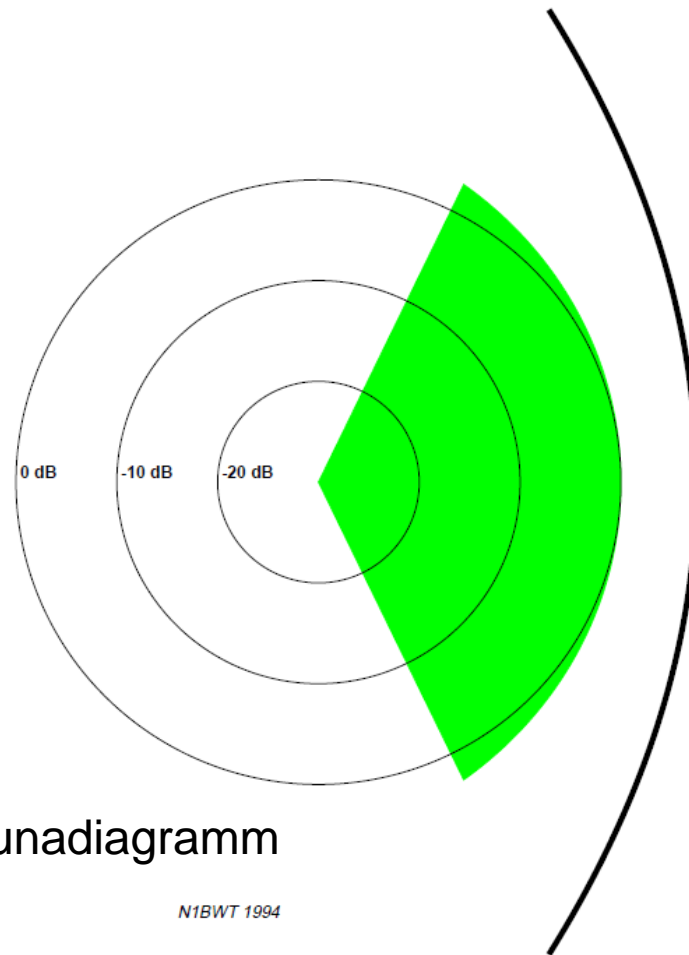
23 cm lainealal  $< 3 \text{ cm}$

3 cm lainealal  $< 3 \text{ mm}$

# Kiirgaja

- Ideaaljuhul punktallikas, aga praktikas võimatu realiseerida
- Peab tagama ühtlase kiirguse kogu parabooli pinna ulatuses
- Peab tekitama soovitud polarisatsiooni
- Peab võimalikult vähe parabooli pinnast ära varjama
- Peab kannatama piisavalt võimsust
- Mida väiksem on parabooli  $f/d$  suhe, seda keerulisem on realiseerida
- Paraboolantenni efektiivsus on määratud peamiselt kiirgaja parameetritega

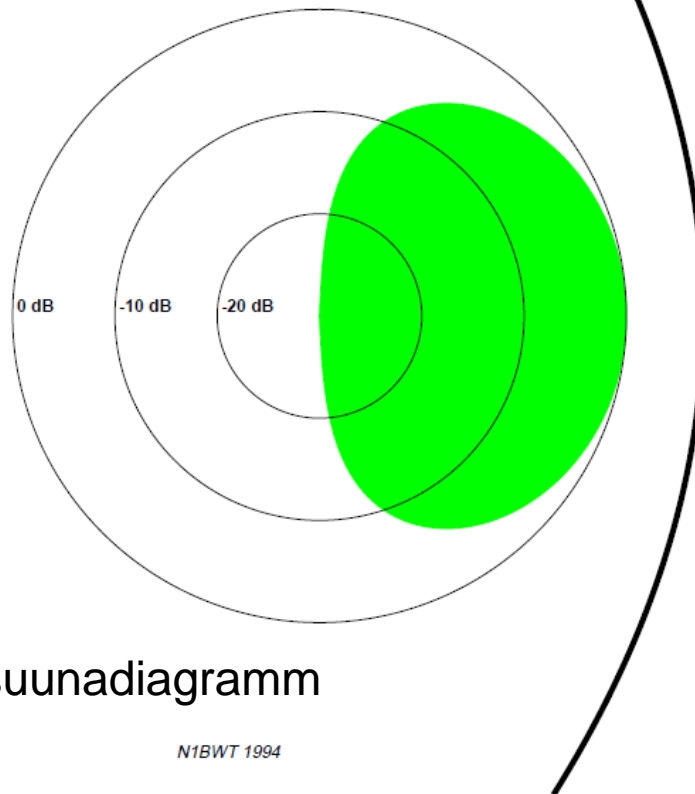
# Kiirgaja



Ideaalse kiirgaja suunadiagramm

*N1BWT 1994*

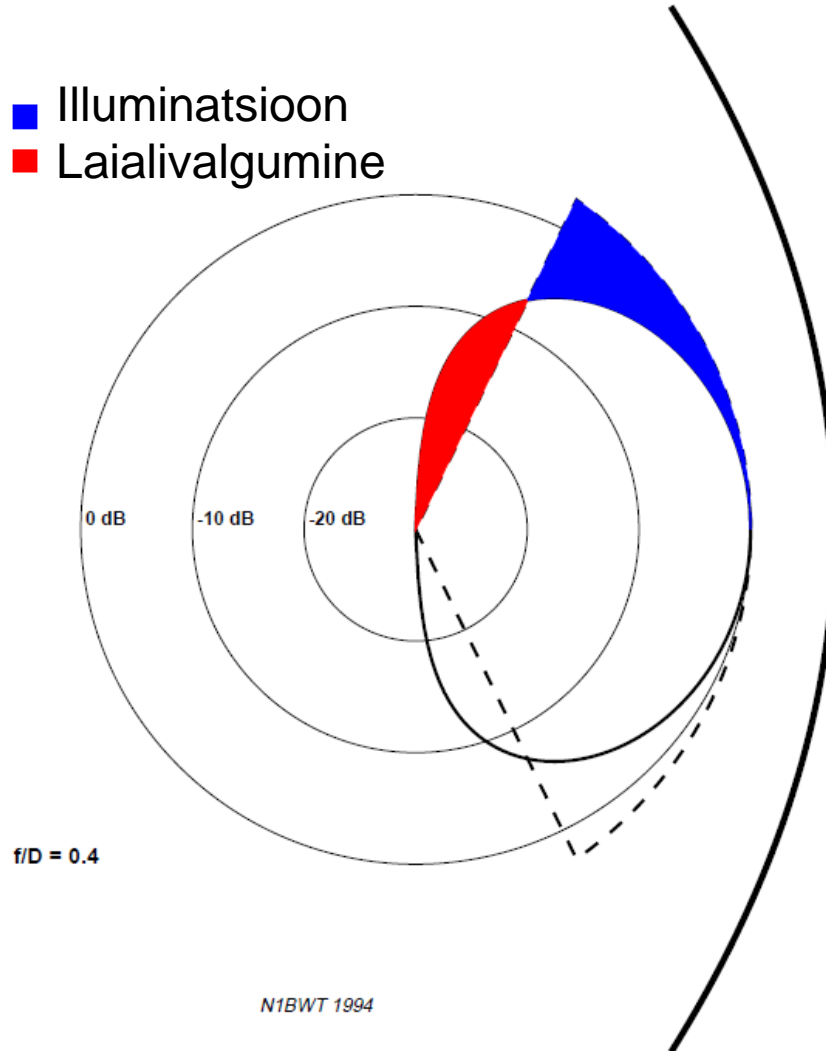
# Kiirgaja



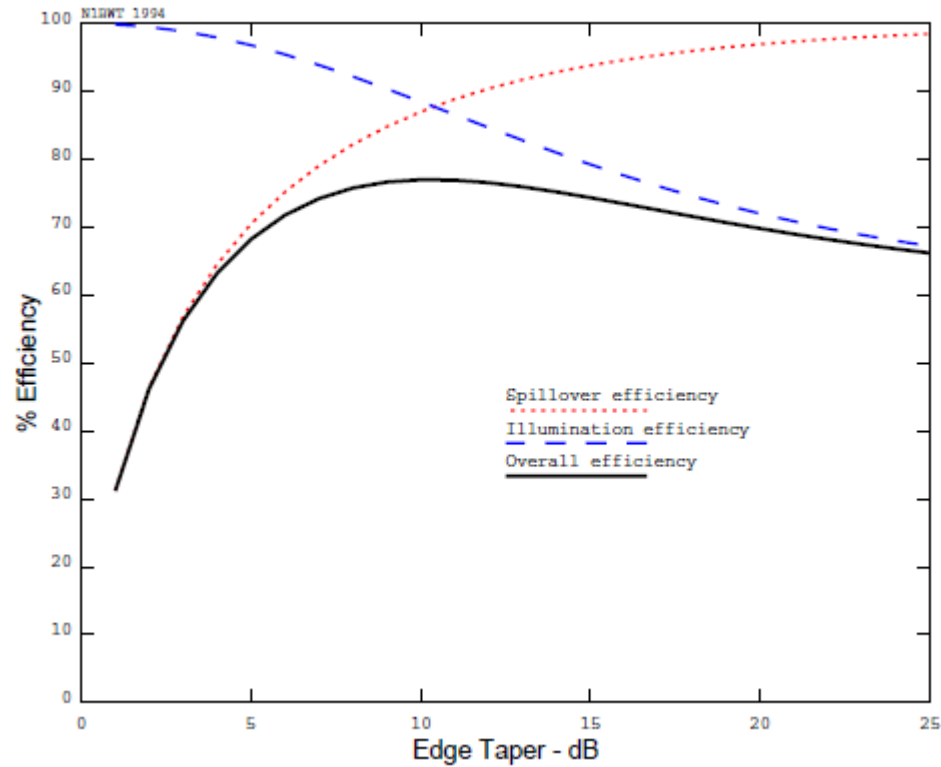
Reaalse kiirgaja suunadiagramm

# Kiirgaja

- Illuminatsioon
- Laialivalgumine



# Kiirgaja



Laiialivalgumise ja illuminatsiooni koosmõju antenni efektiivsusele



# Kiirgaja

- Polariseerimine (EME side puhul)
  - >70 cm, 3 cm ja lühematel lainepikkustel kasutatakse lineaarset polariseerimist
  - 23 cm, 13 cm, 9 cm ja 6cm lainelastele kasutatakse ringpolariseerimist
  - Ringpolariseerimise korral muutub iga peegeldusega polariseerimisvektori pöörlemissuund vastupidiseks. EME side puhul tekib 3 peegeldust
  - Sel juhul on kokku lepitud, et saadetakse päripäeva ringpolariseerimisega (RHCP) ja vastu võetakse vastupäeva (LHCP) ringpolariseerimisega

# Kiirgaja

- Polariseerimine
  - Ringpolariseerimise tekitamiseks on peamiselt kaks praktilist võimalust:
    - Faasinihke tekitamine lineaarse polariseerimisega kiirguri H ja V portide vahel välise faasinihkeahela abil
    - Faasinihke tekitamine kiirgaja sees, ehk lineaarse polariseerimise konverteerimine ringpolariseerimiseks
  - Esimesel juhul on vaja saatelt vastuvõtule lülitamiseks täiendavaid releesid, teisel juhul pole "klassikaline" RX-TX releed üldse vaja. Piisab ainult isolatsioonireleest RX portis. RX ja TX portide vahel on võimalik saavutada üle 30 dB isolatsiooni

# Kiirgaja

- Praktilised lahendused

- poollainedipool või omavahel risti dipoolid reflektoriga
  - Lihtne
  - Ebasümmeetriline ja parabooli jaoks ebaefektiivne suunadiagramm
- EIA kahe dipooliga kiirgur
  - Suhteliselt keerukas
  - Võimaldab ainult ühte lineaarset polarisatsiooni
  - Võimalik paigutada lühema kiirgaja “ümber”
  - Tagab sümmeetrilisema suunadiagrammi, kui lihtne dipool



# Kiirgaja

- Praktilised lahendused
  - Rõngaskiirgaja (Ring feed)
    - Dipoolkiirgaja erijuht
    - Võimaldab korraga ühte lineaarset polarisatsiooni
    - Lihtne ja kerge konstruktsioon
    - Suhteliselt sümmeetriline suunadiagramm
    - Väga populaarne “maapealse” side jaoks

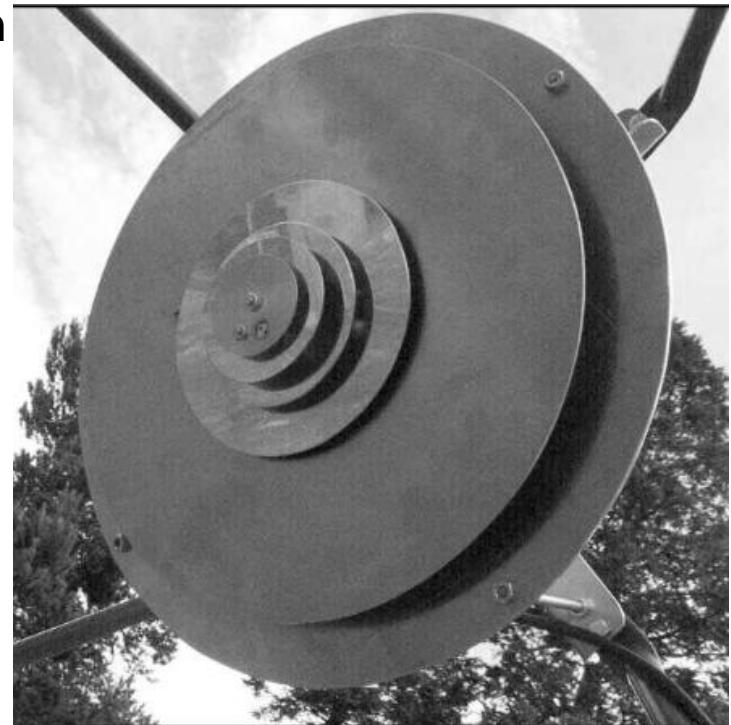


# Kiirgaja

- Praktilised lahendused

- Patch feed

- Dipoolkiirgaja erijuht
    - Võimaldab korraga mõlemat lineaarset polarisatsiooni
    - Võimaldab tekitada ringpolarisatsiooni
    - Suhteliselt lihtne konstruktsioon
    - Suhteliselt sümmeetriline suunadiagramm
    - Väga sobiv näiteks 70 cm EME jaoks
    - Võimalik valmistada mitme laineala kiirgaja



# Kiirgaja

- Praktilised lahendused
  - VE4MA kiirgaja
    - Silindrilisel lainejuhil põhinev kiirgaja
    - Võimaldab korraga mõlemat ringpolarisatsiooni
    - Keskmiselt keeruka konstruktsiooniga
    - Sümmeetriline suunadiagramm tagab suure efektiivsuse
    - Keeruline häälestada
    - Oli väga populaarne EME jaoks mõned aastad tagasi



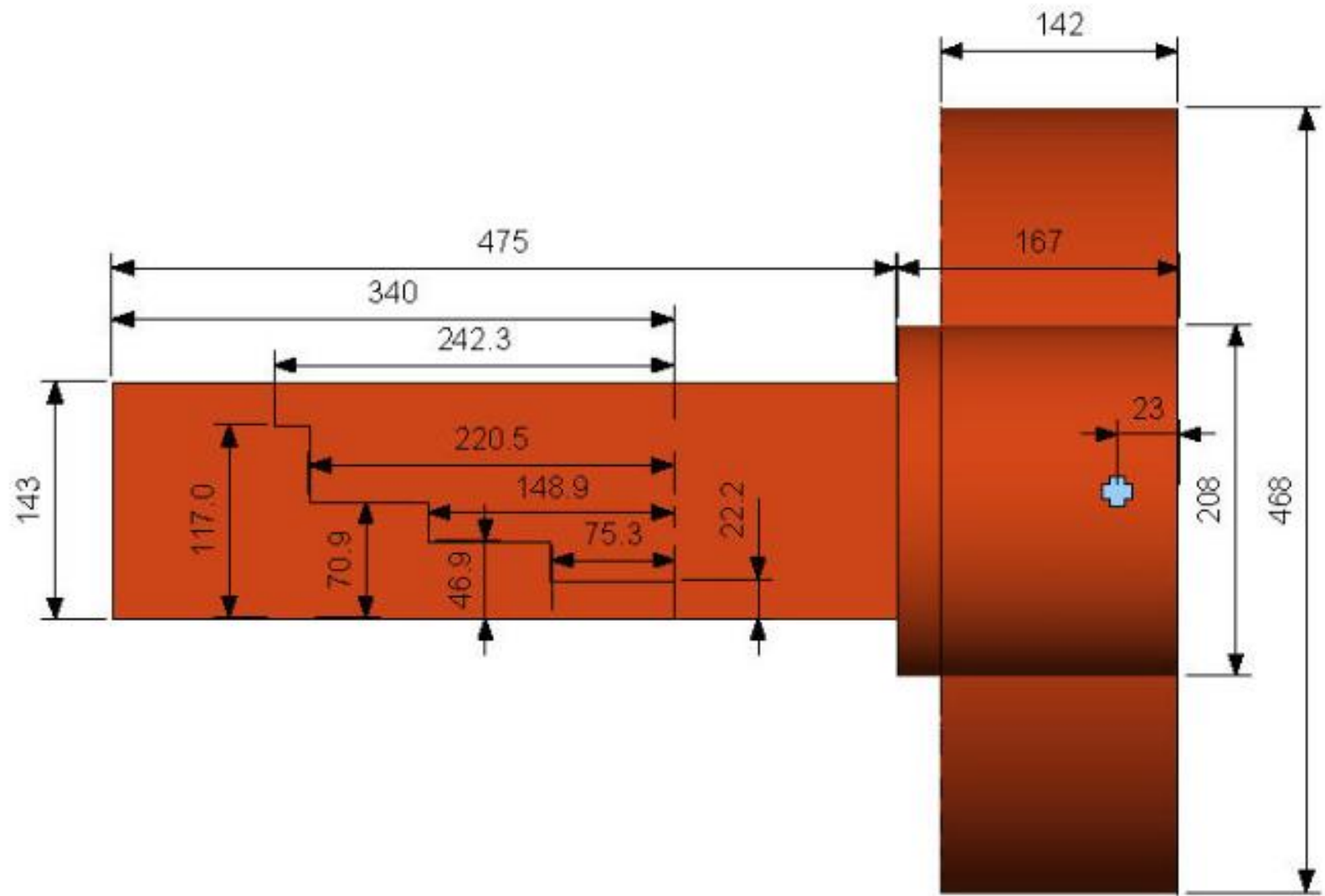
# Kiirgaja

- Praktilised lahendused

- “Septum” kiirgaja

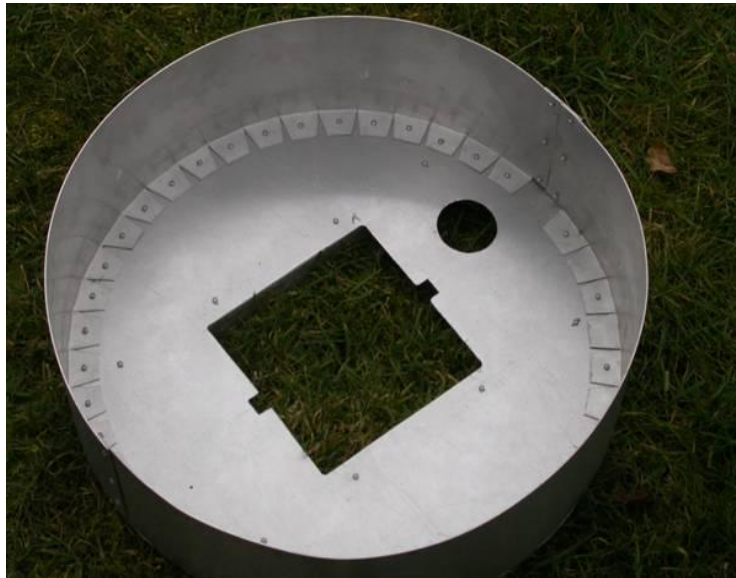
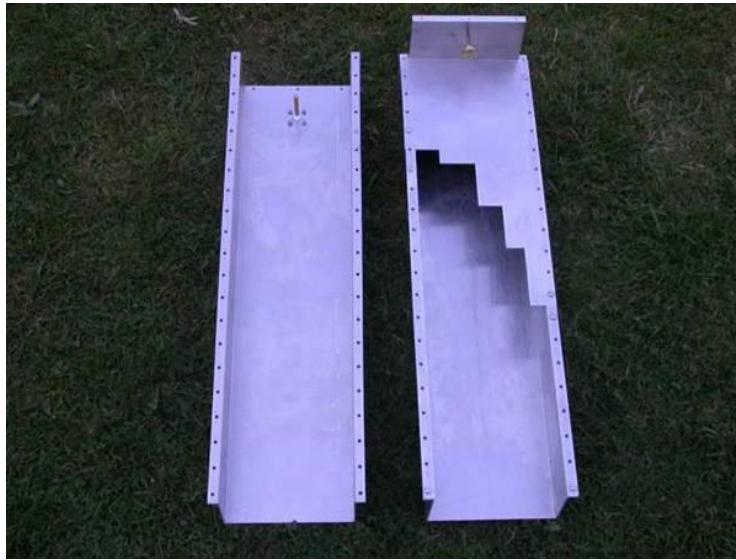
- Silindrilisel lainejuhil põhinev kiirgaja
    - Võimaldab korraga mõlemat ringpolarisatsiooni
    - Suhteliselt lihtne konstruktsioon
    - Sümmeetriline suunadiagramm tagab suure efektiivsuse
    - Lihtne häälestada, piisavalt täpne konstruktsioon tagab korrektse ringpolarisatsiooni
    - Hetkel kõige populaarsem kiirgaja mikrolaine EME jaoks
    - Palju erinevaid variante





23 cm septum kiirgaja mõõtmed

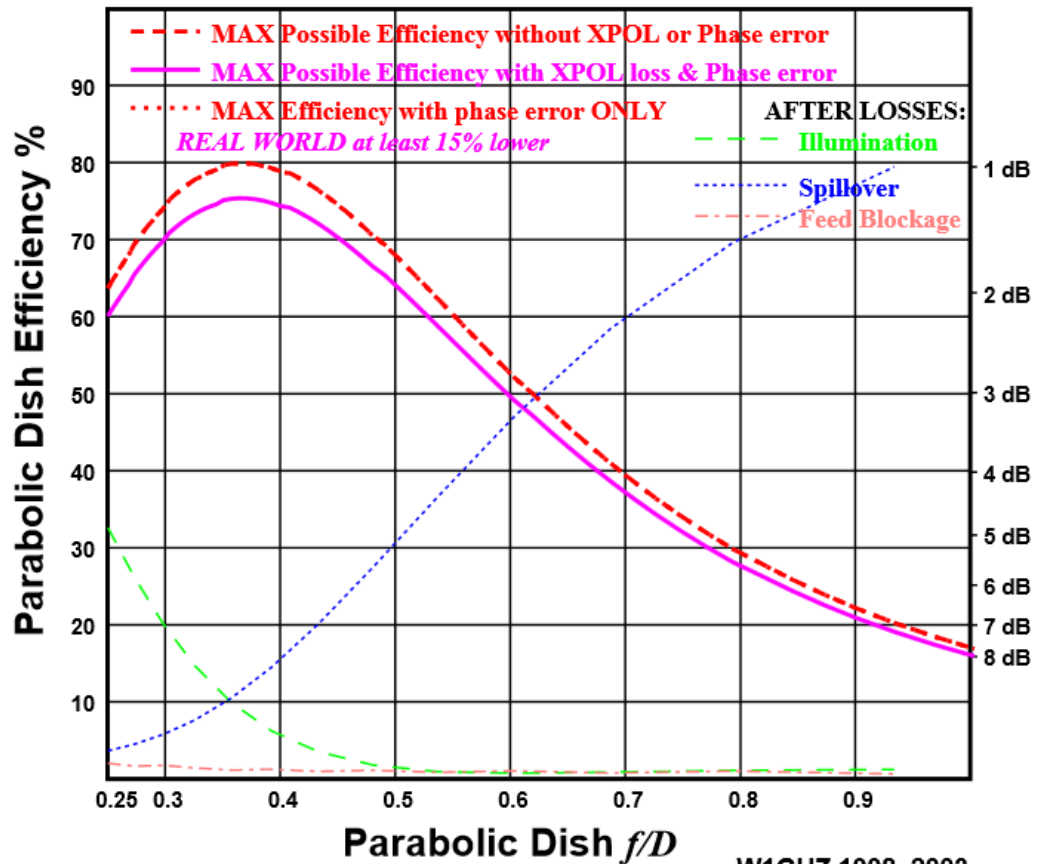
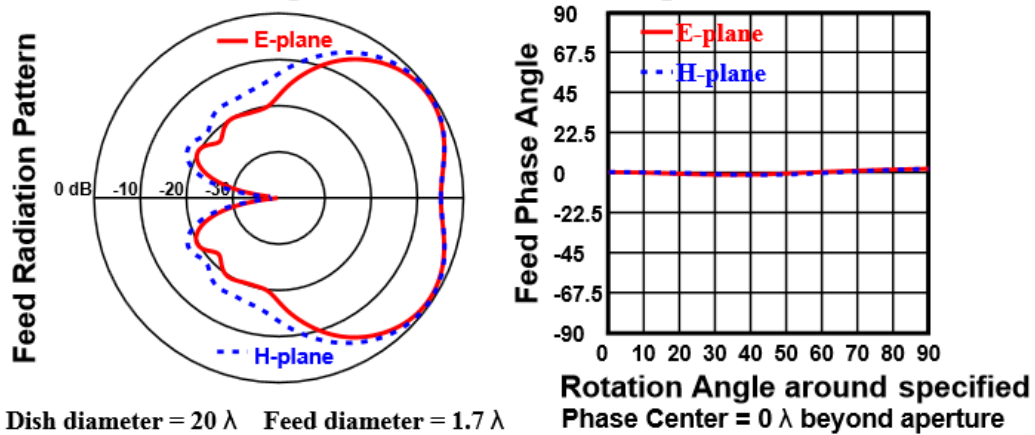




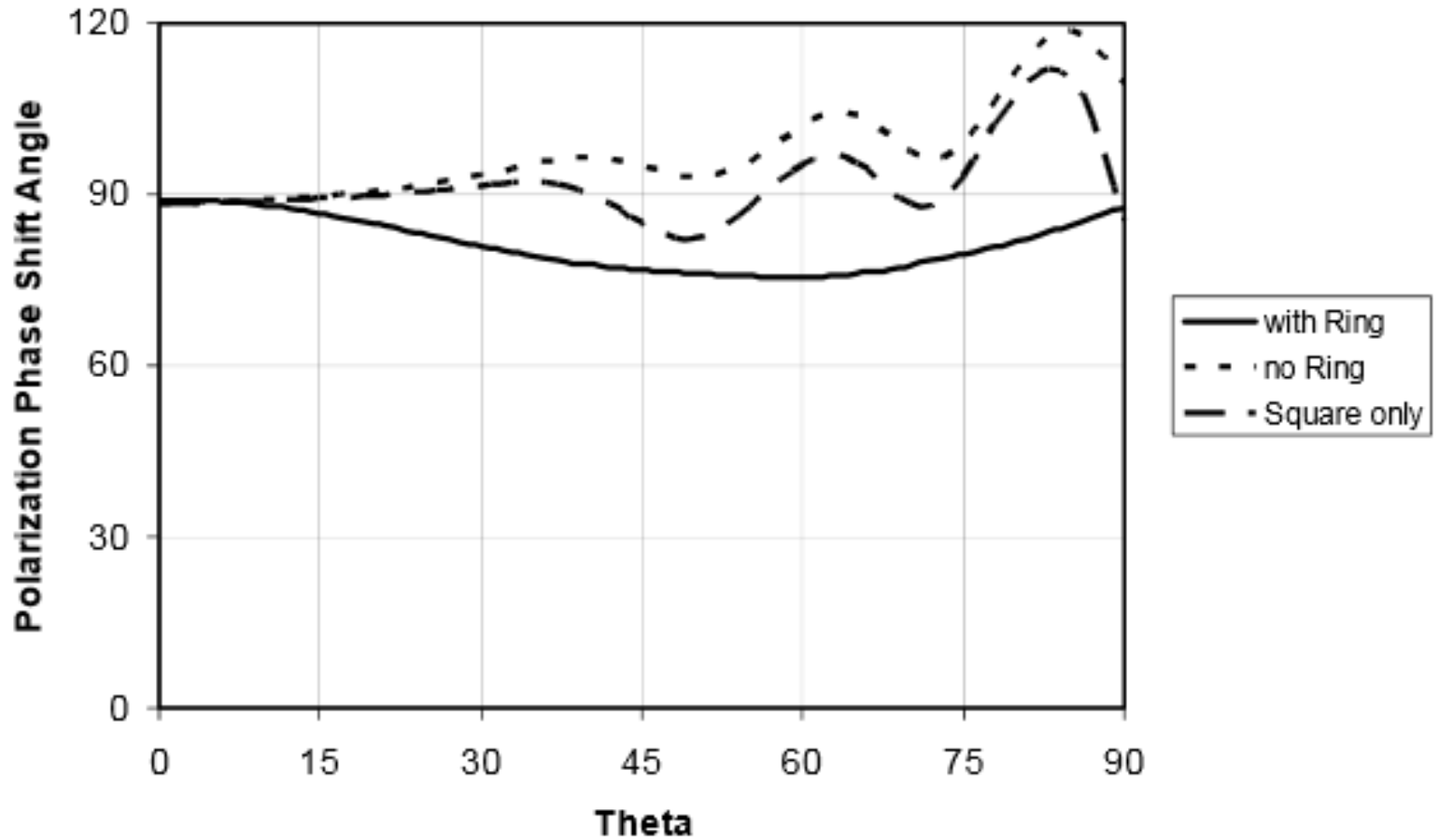
23 cm septum kiirgaja näide

**Fig 10. Square septum feed, RA3AQ septum dimensions**

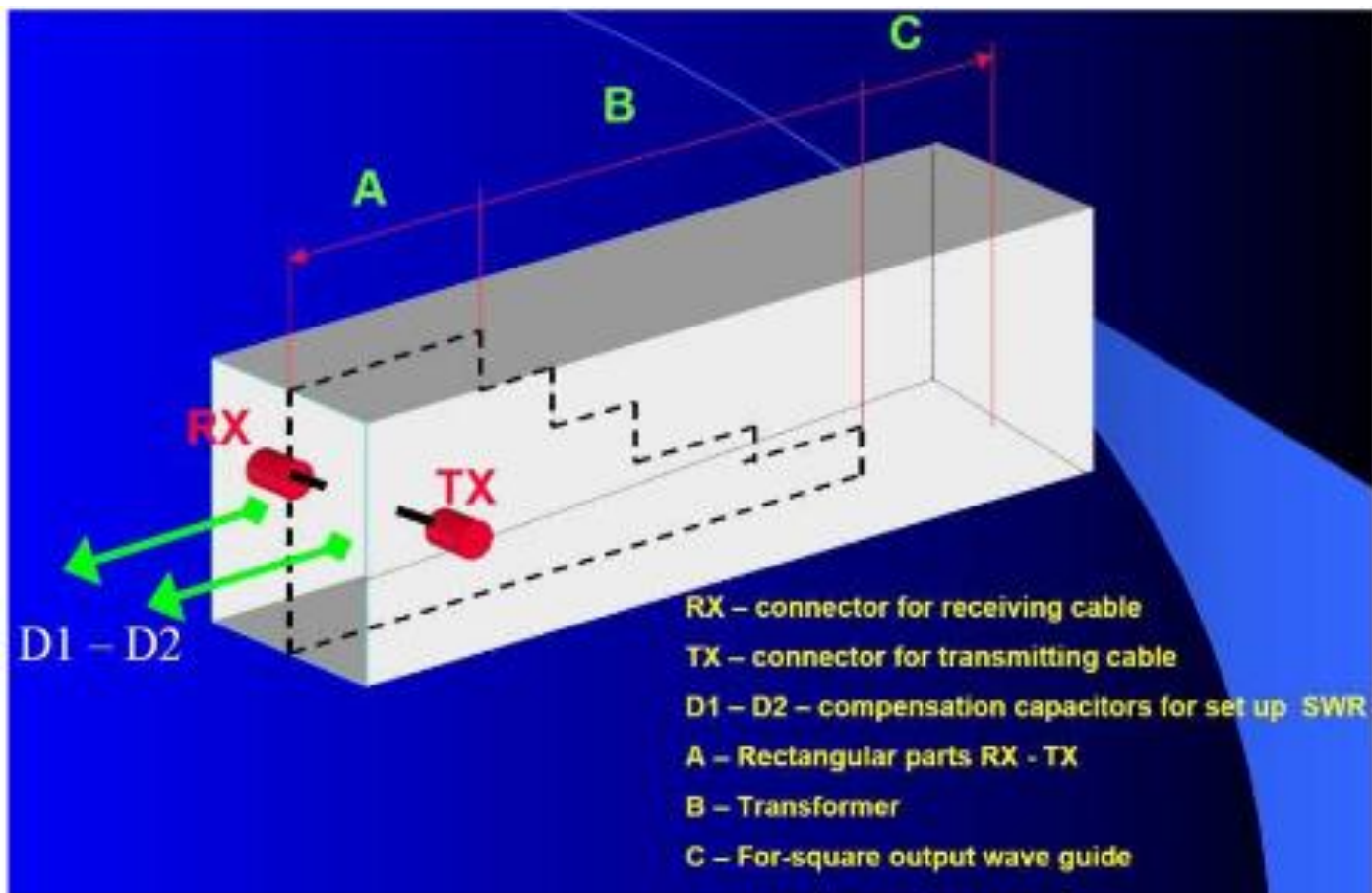
**with choke ring  $2.0\lambda$  dia x  $0.375\lambda$  deep, back  $0.175\lambda$ , RHCP**



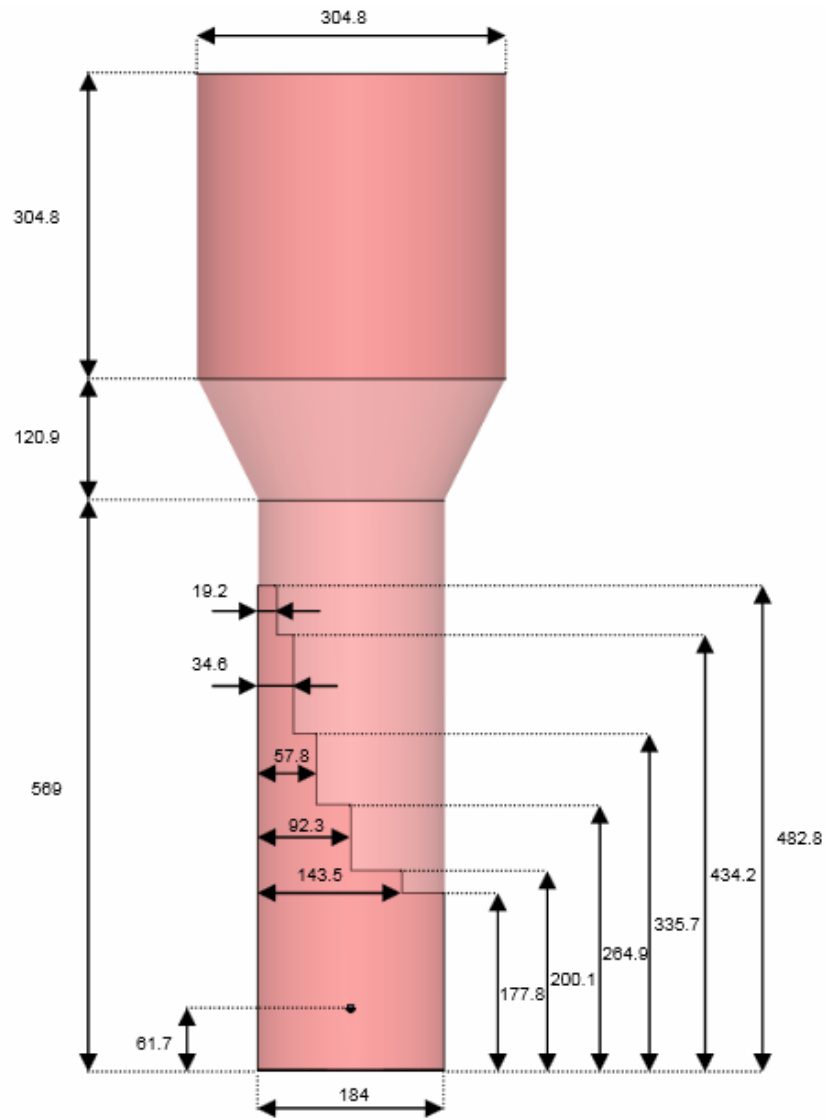
## RA3AQ Square Septum with Round Aperture



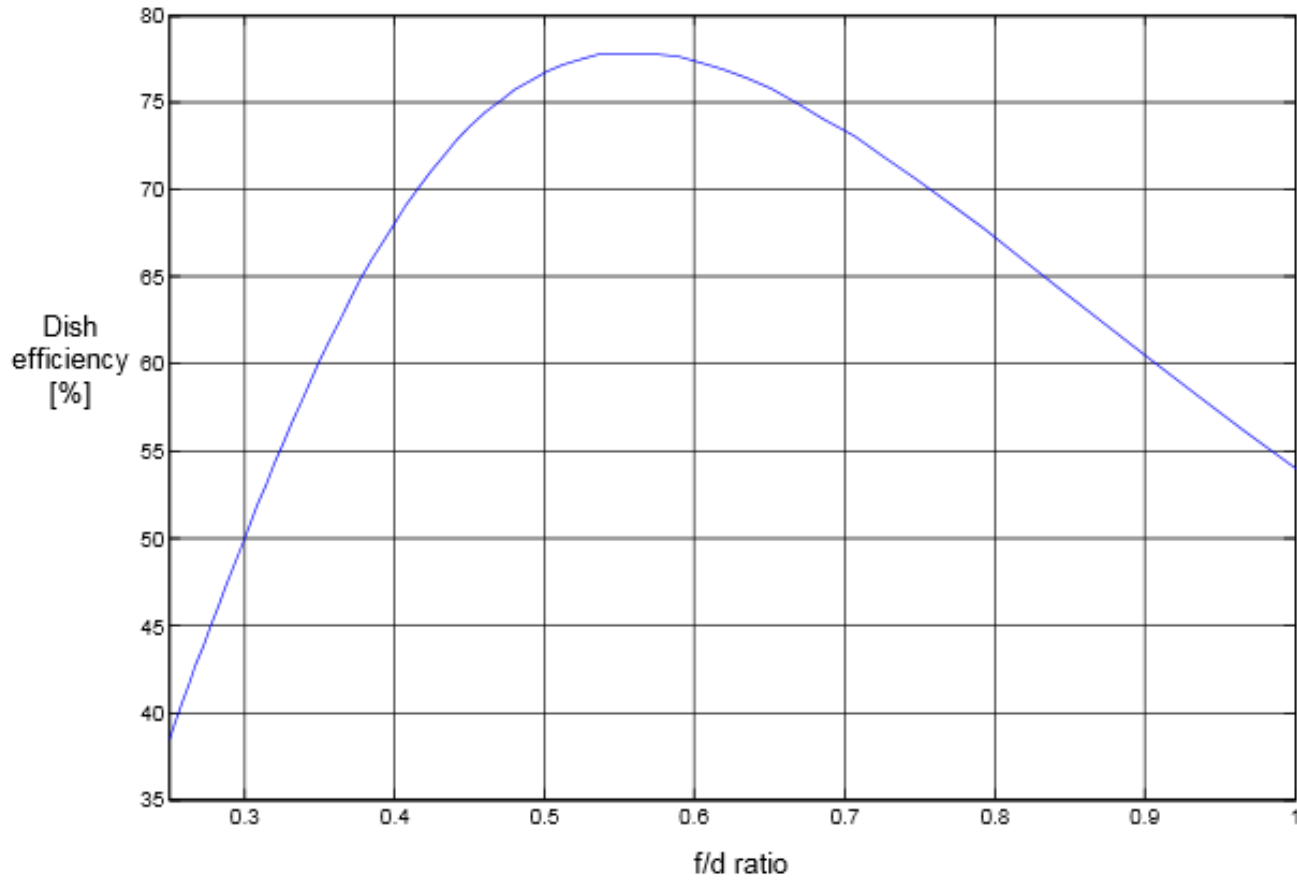
Polarisatsiooni täpsus sõltuvalt kiirgusnurgast



Rx ja Tx portide määramine õige suunaga ringpolarisatsiooni saamiseks

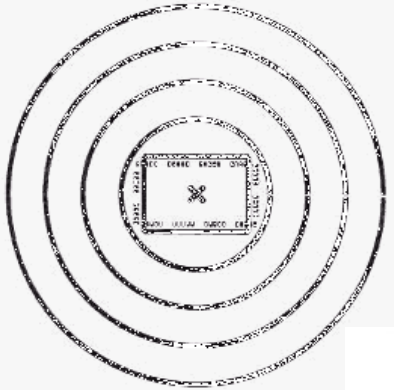
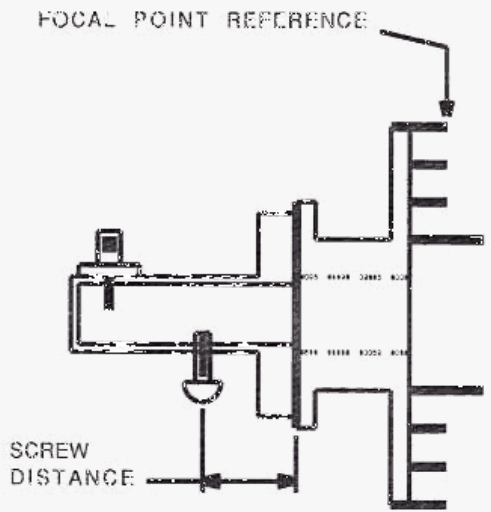


N2UO kahemoodiline kiirgaja suurema  $f/D$  suhte jaoks ( $f/D > 0.45$ )



N2UO kiirgajaga antenni teoreetiline efektiivsus sõltuvalt parabooli  $f/D$  suhtest

# CHAPARRAL FEED FOR 10.368 GHz



WR-90  
ADAPTER

CHAPARRAL  
11 GHz  
SUPERFEED

N15



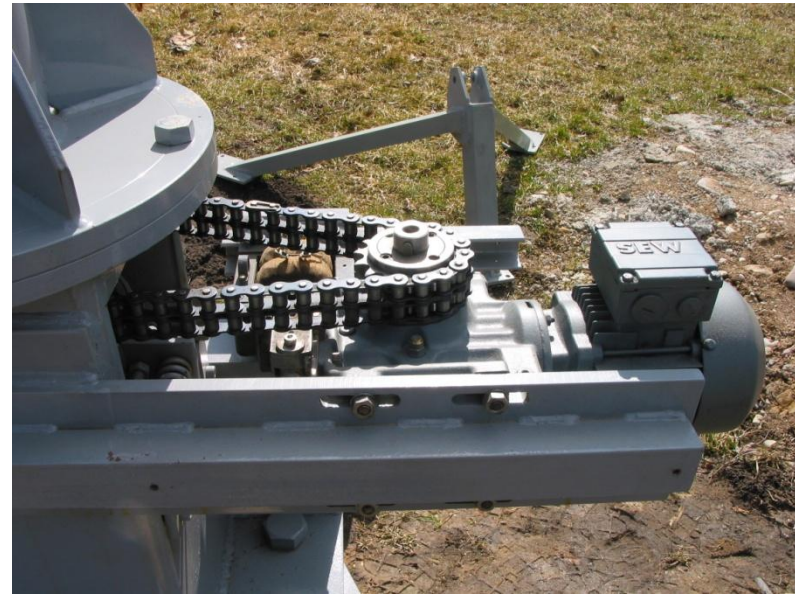
# Pöörarajad

- Nõuded suunamise täpsusele suuremad kui teiste antennide jaoks
- Suure parabooli pööramiseks nõutav mehhaaniline tugevus
- EME side jaoks peab olema võimalik muuta elevatsioonivahemikus  $0...60^\circ$
- Satelliitside puhul kuni  $90^\circ$ , soovitatavalt kuni  $180^\circ$
- Vajalik on täpne suunaindikatsioon (näiteks absoluut- või inkrementaalenkooderite abil)
- Antenni projekteerimisel on väga oluline tagada lihtne ja ohutu juurdepääs kiirgajale
- Suurema parabooli tasakaalustamiseks võib olla vajalik vastukaal



# Pöörarajad

- Sobivaid tööstuslikke pöörarajaid amatöörile vastuvõetava hinnaga leidub vähe ja tavaliselt vaid kuni 3 m läbimõõduga antennide jaoks. Suurema antenni jaoks tuleb pööraja tavaliselt ise konstrueerida
- Ainult EME side jaoks pole suur pööramiskiirus oluline, satelliitside puhul aga on see väga oluline, eriti kui elevatsioon on piiratud  $90^\circ$ -ga.
- Nii EME kui satelliitside puhul on soovitav, et pöörajat saaks juhtida arvuti abil
- Suurtel antennidel peaks olema võimalus antenni täiendavalt fikseerida tormi ajaks



ES5PC 4.5m parabooli pööraja



ES5PC 4.5m parabool



SK0UX 6 m parabool





DL1YMK 1.8m parabool



W7IUUV 2.1 m parabol



OZ4MM 10m parabool



# Lingid

- [http://www.ce5prd.cl/documentos/antenna\\_handbook/19.pdf](http://www.ce5prd.cl/documentos/antenna_handbook/19.pdf)
- <http://www.w1ghz.org/antbook/chap4.pdf>
- <http://www.ok1dfc.com/eme/emeweb.htm>
- <http://www.2ingandlin.se/SM6FHZ.htm>
- <http://www.astron.nl/other/workshop/MCCT/MondayKilDal.pdf>
- <https://www.youtube.com/watch?v=deHjXiQEjJk>
- <https://www.youtube.com/watch?v=HKhrOtuFUsl>
- <https://youtu.be/Kb7dAQGrSMU>

Küsimused?

