

Antennide parameetrid

Antenne ja nende efektiivsust iseloomustavad mitmesugused näitajad. Järgnevalt neist väike ülevaade.

Antenni kasutegur

Nagu eelpool kirjeldatud, on antenn vahelülis elektrilise ja dielektrilise keskkonna piiril. Antenni kasutegur e (*efficiency*) näitab, kui suure osa antennini jõudnud energiast P_0 edastab antenn teisele keskkonnale. Ehk lihtsamalt öelduna – kasutegur näitab, kui suure osa saateantennini jõudnud võimsusest kiirgab antenn vabasse ruumi.

$$e = \frac{P_r}{P_0},$$

kus P_0 on saateantenni jõudnud energia ja P_r on vabasse ruumi kiiratud energia.

Alati kehtib võrratus $P_r \leq P_0$. Seda põhjustab nii signaali peegeldumine tagasi esimesse keskkonda (antenni ja keskkondade vaheline ebasobitus), aga ka kaod antenni enda koostiselementides (I^2R kaod).

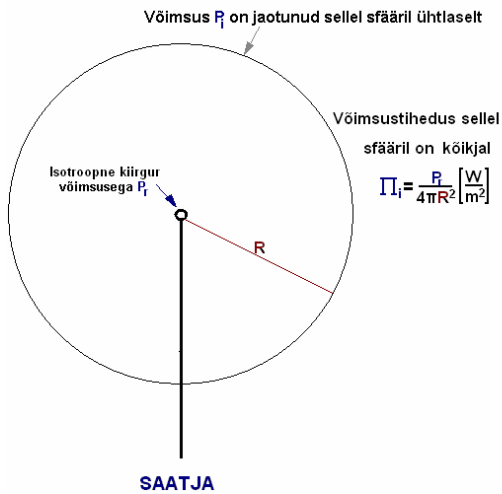
Suunategur (directivity)

Kõige elementaarsemat kiirgurit nimetatakse **isotroopseks kiirguriks**. Isotroopne kiirgur on ideaalne punktkiirgusallikas, mis kiirgab elektromagnetlaineid kõikidesse suundadesse võrdselt. Järelikult ei ole sellel kiirguril mingisuguseid suunaomadusi. Kõik teistsugused kiirgurid omavad teatud suunaomadusi – osades suundades kiiratakse rohkem energiat kui teistes. Järelikult osades suundades on kiirguse võimsustihedus suurem kui teistes suundades. Suhet, mis näitab, mitu korda erineb niisuguse kiirguri tekitatud maksimaalne võimsustihedus Π_{max} isotroopse kiirguri võimsustihedusest $[\text{W}/\text{m}^2]$ Π_i , nimetatakse antenni **suunateguriks D**:

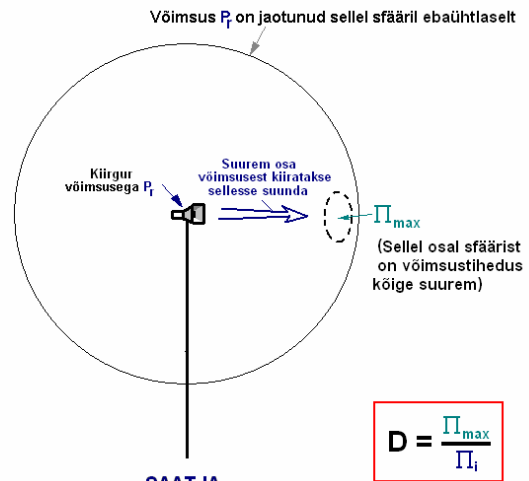
$$D = \frac{\Pi_{max}}{\Pi_i}.$$

Suunateguril ühik puudub. Isotroopsel antennil $D = 1$, mistahes teisel antennil alati $D > 1$.

ISOTROOPNE KIIRGUR



SUUNAOMADUSTEGA KIIRGUR



Joonis 1 – Suunategur

Võimendus (gain)

Antenni võimendus G avaldub antenni suunateguri D ja kasuteguri e korrutisena:

$$G = e \cdot D.$$

Tegemist on suhtelise suurusega, kuna suunategur D on suhteline suurus ja kasuteguril ühik puudub. D on antud tavaliselt isotroopse kiirguri suhtes ja seega tähistab ka G **antenni võimendust võrreldes isotroopse kiirguriga**. Tavaliselt esitatakse G detsibellides (dB) ning selleks, et näidata, et võimendust arvestatakse isotroopse kiirgaja suhtes, lisatakse juurde i -täht – saadakse lühed **dB i** :

$$G_{dB_i} = 10 \cdot \log_{10} (e \cdot D) [dB_i].$$

Vahel on antenni võimendus antud ka **dipoolantenni** suhtes. Siis on ühikuks **dBd**. dBd ja dB i on omavahel seotud järgmiselt:

$$G_{dBd} = G_{dB_i} - 2,14$$

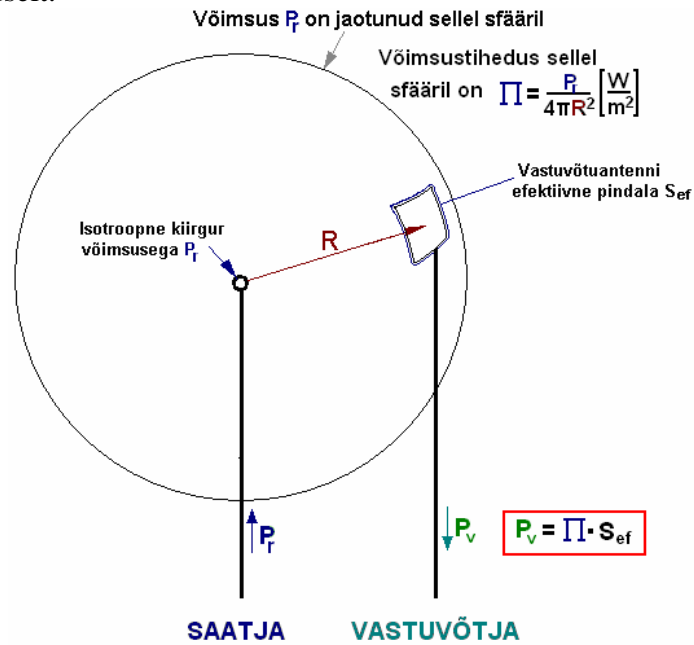
Tuleb meeles pidada, et antenni võimendus G näitab võimendust vaid ühes kindlas suunas (suunas, kus võimsustihedus on kõige suurem). Teistes suundades on võimendus väiksem.

Efektivne pindala

Vastuvõtuantenn asub kiirgusväljas, mida iseloomustab kiirgusvälja võimsustihedus II (ühik W/m^2). Antenni poolt kogutava võimsuse P_v ja võimsustiheduse II suhet nimetatakse antenni efektiivseks pindalaks S_{ef} :

$$S_{ef} = \frac{P_v}{\Pi} [\text{m}^2].$$

Järgmisel joonisel on toodud näide isotroopse kiirguri kohta, mis kiirgab kõikidesse suundadesse võrdselt.



Joonis 2 – Antenni efektiivne pindala

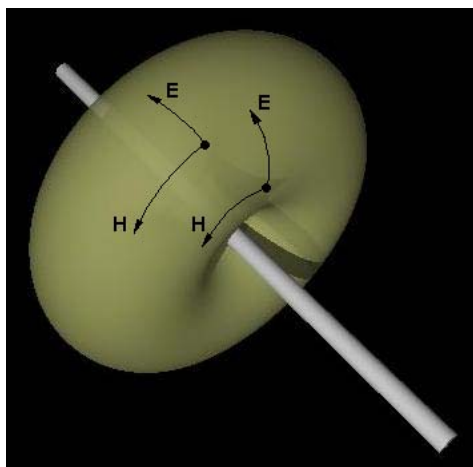
Tuleb märkida, et üldjuhul efektiivne pindala ei lange kokku antenni tegeliku pindalaga, vaid on sellest suurem. Efektiivne ja füüsikaline (tegelik) pindala langevad kokku vaid apertuurantenni korral.

Saab näidata, et antenni maksimaalne efektiivne pindala S_{efmax} sõltub lainepikkusest λ ja antenni suunategurist D :

$$S_{efmax} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot D.$$

Suunadiagramm (radiation pattern)

Antenni suunadiagramm on graafiline kujutis, mis iseloomustab antenni kiirgusomadusi sõltuvalt suunast. Enamikul juhtudest esitatakse suunadiagramm kiirguse kaugtsooni kohta (kaug- ja lähitsoonidest tuleb täpsemalt juttu edaspidi). Tavaliselt on suunadiagramm esitatud kolmemõõtmelisena ning kujutab endast väljatugevuse või võimsustiheduse jaotust kiirgusallikast ühtlasel kaugusel.

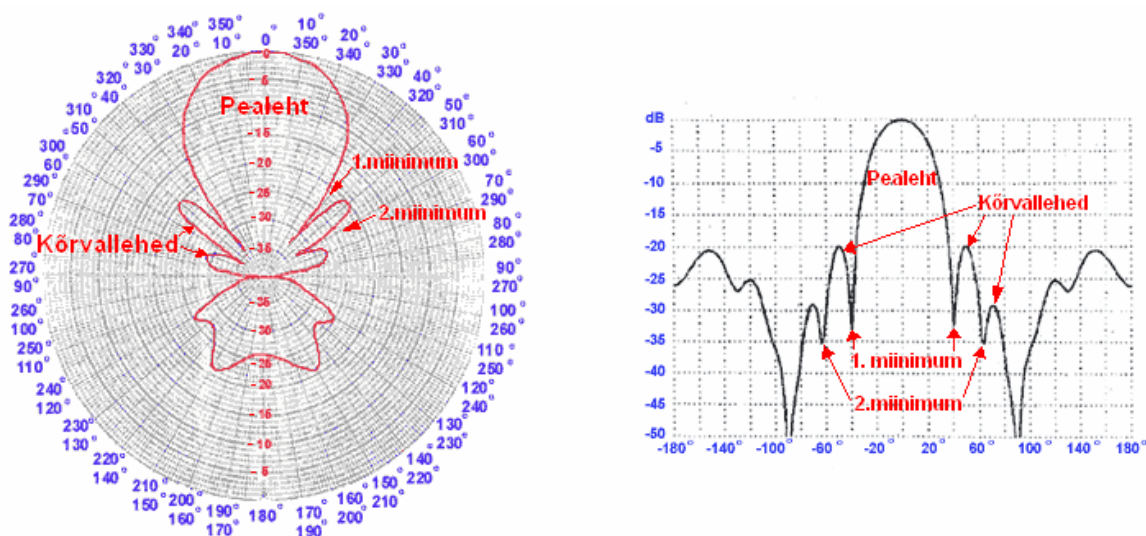


Joonis 3 – dipooli suunadiagramm

Tuleb tähele panna, et antenni suunadiagramm sõltub tugevasti sagedusest – seega erinevatel sagedustel on suunadiagramm erinev.

Üldiselt eristatakse kolme tüüpi suunadiagramme – isotroopne, *directional* ja *omnidirectional*. Isotroopne suunadiagramm on ideaalsel isotroopsel antennil – ta kiirgab kõikidesse suundadesse täpselt võrdselt ja suunadiagramm on igalt poolt vaadates täpselt ühesugune. *Directional* suunadiagramm on teatud suunaomadustega antenn – nagu näiteks dipoolantennil (vt joonis üleval). Teatud suundades on kiirgus väga nõrk (dipooli tippude suunal), teistes suundades aga suur. Kolmanda liigi – *omnidirectional* suunadiagrammiga antennid – moodustavad antennid, millel on vaid üks põhiline kiirgussuund. Siia kuuluvad näiteks ruuporantennid.

Suunadiagramme võib esitada mitmes erinevas teljestikus. Järgmisel joonisel on kujutatud suunadiagrammi ringkoordinaatides ja kõrval on sama antenni suunadiagramm ristkoordinaadistikus.



Joonis 4 – 10-elementise Yagi-antenni suunadiagramm ring- ja ristkoordinaadistikus

Ringkoordinaastikust on selgesti näha suunadiagrammi üks pealeht ja palju kõrvallehtesid, kus kiirguse võimsus on pealehe omast tunduvalt väiksem. Lehtede vahel on nn kiirguse miinimumid.

Sisendtakistus (*input impedance*)

Antenni sisendtakistus Z on takistus, mida antenn avaldab oma sisendahelale. See on kompleksne suurus, sest koosneb nii aktiiv- kui ka reaktiivosast ning sõltub sagedusest. Selleks, et antenn kiirgaks maksimaalse võimsusega, peab antenn olema sisendahelaga sobitatud – antenni aktiivtakistus peab võrduma sisendahela aktiivtakistusega ning reaktiivtakistused peavad teineteist kompenseerima. Enamikul juhtudest sisendahela reaktiivtakistus on töösagedusel null, seega peab ka antenni sisendtakistus olema vaid aktiivse iseloomuga.

Aktiivtakistuse võib omakorda jaotada kaheks. Üks osa on kiirgustakistus R_r , millest sõltub väljakiiratava energia hulk. Teine osa põhjustab aga vaid soojuskadusid ja seepärast nimetatakse seda kaotakistuseks R_L (*loss impedance*).

Keerukamate antennide puhul on sisendtakistust matemaatiliselt väga keeruline arvutada ning sellistel juhtudel on lihtsam takistus aparaatidega ära mõõta. Lihtsamatel juhtudel on võimalik teha aga küllalt lähedasi aproksimatsioone ning leida antenni sisendtakistus matemaatiliselt.

Sagedusriba laius

Antenni sagedusriba laius tähistab sagedusvahemikku, kus antenni karakteristikud näitajad (sisendtakistus, suunadiagramm, polarisatsioon, võimendus jms) on piisavalt lähedased antenni kesksagedusele. Kuna karakteristikud näitajad sõltuvad kõik sagedusest küllaltki erinevalt, siis on selge, et ei ole olemas konkreetset määratlust sagedusriba laiuse jaoks.

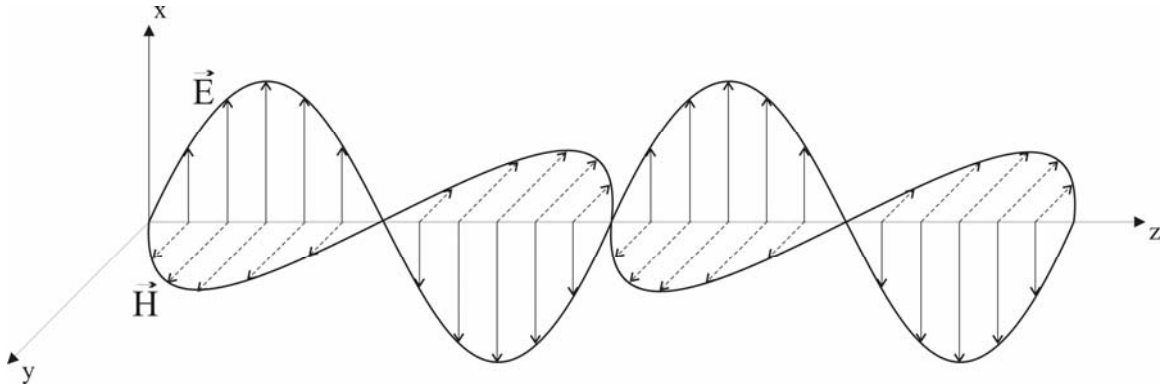
Kiire efektiivsus (*beam efficiency*)

Kiire efektiivsus näitab, kui suur osa kogu kiiratavast võimsusest on suunadiagrammi pealehes. Radarites ja raadioteleskoopides on kiire efektiivsus väga suur (üle 90%).

Polarisatsioon (*polarization*)

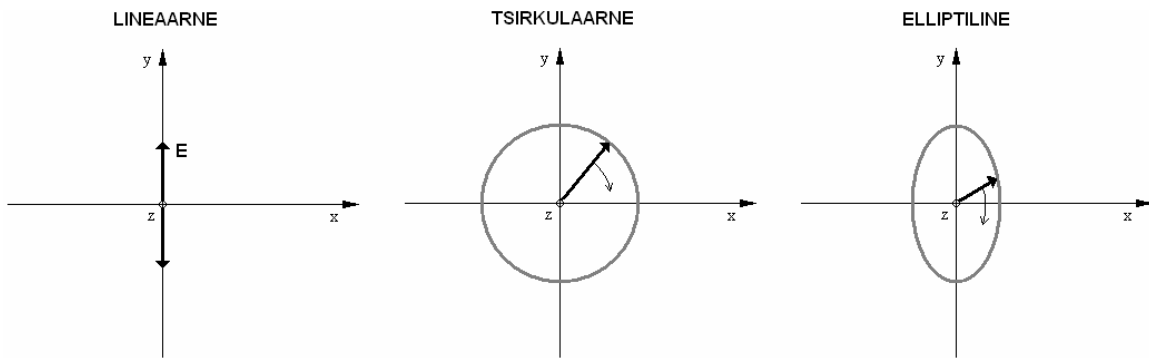
Polarisatsiooni all mõistetakse elektromagnetilise laine elektrivälja vektori suunda. Laine polarisatsioon on määratud antenni kujuga. Põhiliselt on kolme sorti polarisatsioone:

- **Lineaarne polarisatsioon** – elektrivälja vektori suund (siht) levimise käigus ei muutu. Tuleb jälgida, et vastuvõtuantenn oleks sama nurga all mis saateantenn.



Joonis 5 – lineaarne vertikaalne polarisatsioon

- **Tsirkulaarne polarisatsioon** – vektor pidevalt pöörduv ümber levimise suuna. Pöördumine võib toimuda nii ühes kui ka teises suunas.
- **Elliptiline polarisatsioon** – sama, mis tsirkulaarne polarisatsioon, aga vektori pikkus pöördumise käigus muutub.



Joonis 6 - polarisatsioonitüübid