

# Antene si Feedhornuri

## Caracteristicile antenelor

Antenele sunt printre cele mai importante componente ale sistemelor de comunicatii. Prin definitie antena este dispozitivul ce transforma semnalul ce vine printr-un conductor in unde electromagnetice in spatiul liber si invers din spatiul liber sunt preluate de antene si transmise de cabluri spre dispozitivele ce transforma semnalul captat intr-un semnal util (audio, video, date, etc). Majoritatea antenelor sunt dispozitive rezonante ce lucreaza eficient pe o banda relativ ingusta. Cand semnalul este primit de o antena, aceasta il va emite pe o anumita directie in spatiu. Graficul reprezentarii distributiei in spatiu a radiatiei se denumeste caracteristica radiatiei.

## Impedanta de intrare

Pentru un transfer optim de energie, impedanta antenei si cablului de conectare trebuie sa fie aceeasi. In general impedanta liniilor de transmisie este de 50 ohm, iar cand exista o diferenta trebuie sa intercalam un circuit adaptor.

## Atenuarea de adaptare

Atenuarea de adaptare este o alta modalitate de a cuantifica pierderea. Este fractie logaritmica masurata in dB care compara puterea reflectata de antena cu puterea primita de feed de la linia de transmisie.

**Return Loss (in dB) = 20log<sub>10</sub> SWR/ SWR-1**

## Largimea de Banda

Largimea de banda a unei antene se refera la domeniul de frecventa in care antena functioneaza corect. Se poate transcrie matematic in procente ale frecventei centrale a benzii astfel :

$$BW = 100 \times \frac{F_h - F_l}{F_c}$$

Unde  $F_h$  este frecventa cea mai inalta a benzii,  $F_l$  este frecventa cea mai de jos a benzii iar  $F_c$  este frecventa centrala a benzii. Diferite tipuri de antene pot avea largimi de banda diferite.

## Directivitatea si castigul

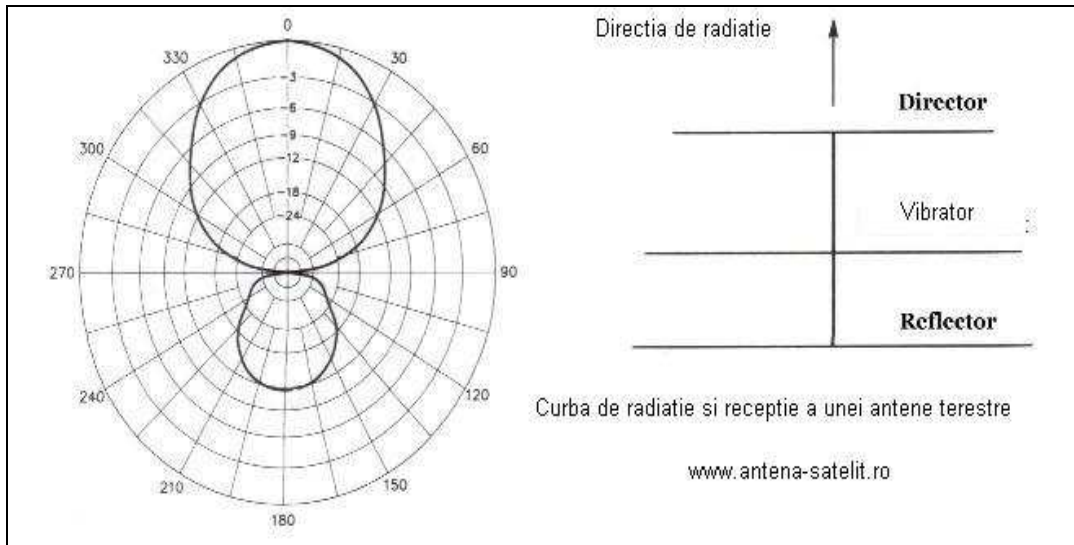
Directivitatea este posibilitatea antenei de a focaliza energia intr-o anumita directie, sau de a receptiona energie din directia cea mai buna. Intr-o situatie statica este posibil folosind directivitatea antenei pentru concentrarea spotului intr-o directie dorita. Insa intr-un sistem dinamic unde transferul nu e fix, antena ar putea radia egal in toate directiile, aceasta fiind denumita antena omnidirectionala.

Castigul nu este definit printr-o cantitate fizica cu ar fi V, volti, W, wati ci o marime raportata. Castigul este exprimat fata de o antena standard numita antena izotropica ce radiaza egal in toate directiile. Aceasta antena nu exista in realitate este numai un concept teoretic pentru comparatie. Orice antena reala va radia energie mai multa intr-o directie dar si ceva pe alta directie. Uzual suntem interesati de castigul maxim pe care antena radiaza sau receptioneaza energie.

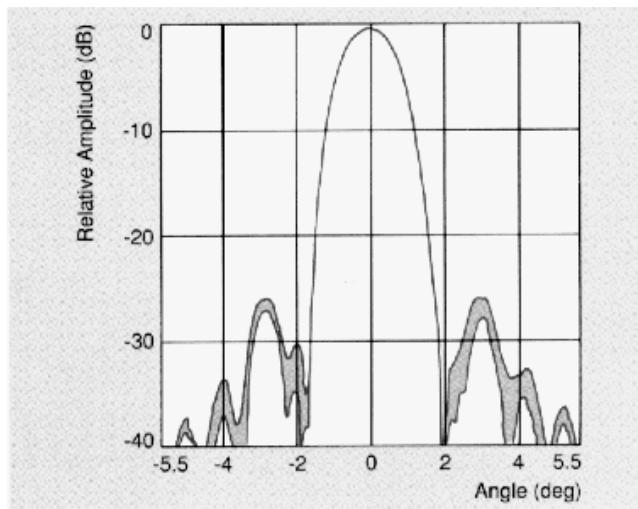
## Modelul radiatiei pentru antena terestra

Radiatia sau modelul radiatiei descrie intensitatea relativa a campului in diferite directii ale antenei la o distanta constanta. Modelul radiatiei este tridimensional, dar este uzual reprezentata bidimensional.

In figura de mai jos se vede modelul radiatiei pentru o antena Yagi cu 3 elemente.



### Modelul radiatiei pentru o antena satelit



Dupa cum se vede in imaginea de mai sus o antena parabolica are un unghi de deschidere foarte ingust ceea ce face ca daca antena se misca 2-3 grade stanga- dreapta semnalul sa scada vizibil si chiar sa dispara de tot,depinzand de satelitul pe care suntem pozitionati , daca acesta este puternic ,gen Hotbird o scadere cu 20-30 % a semnalului nu afectea prea mult majoritatea posturilor .In cazul unui satelit mai slab gen Astra 1 sau Nilesat chiar o scadere de 10 % poate face sa dispara semnalul.Aceste scaderi pot aparea usor la o antena mobila daca acesta nu se pozitioneaza exact pe satelit.

Daca avem o antena mai mare nivelul relativ creste si unghiul se mai ingusteaza ,si invers. Deasemenea o antena este cu atat mai buna cu cat castigul relativ este mai mare .

La o antena bine facuta lobii secundari sunt de nivel mai mic.

### Largimea fascicolului

Prin largimea fascicolului unei antene se intelege in mod curent injumatatirea puterii acestuia.Jumatate din putere exprimata in dB este -3 dB/

### Lobii secundari

Cunoscand faptul ca cea mai mare a radiatiei se divide la lobii secundari , directivitatea castigului este invers proportionala cu banda ,atunci cand scade banda creste castigul ,si invers.

### Nulul

In modelul radiatie ,nulul reprezinta zona unde efectiv puterea radiatiei e minima.

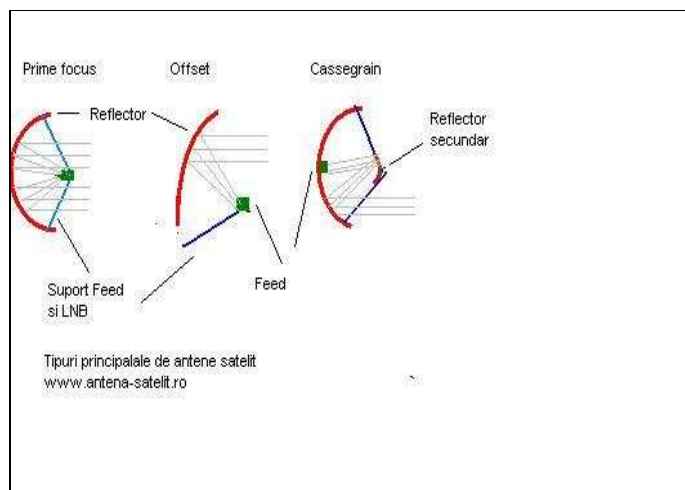
### Polarizarea

Polarizarea este definita ca fiind orientarea campului electric a undelor electromagnetice. Polarizarea este descrisa in general ca o elipsa .Doua cazuri speciale ale acestuia ar fi polarizarea liniara si cea circulara.In polarizarea liniara vectorul campului electric ramane in acelasi plan tot timpul. La polarizarea circulara vectorul campului electric se roteeste spre directia de propagare facand o rotatie completa la fiecare ciclu RF.Rotatia poate fi spre stanga sau spre dreapta.

### Raportul fata -spate

Este util sa cunoastem ca raportul fata-spate este raportul dintre maximul de directivitate al antenei pe directivitatea proprie fata de directia inversa la 180 grade.

Antena parabolica este o forma clasica de antena reflector folosita de receptoarele digitale de satelit pentru receptionarea semnalului.Acest tip de antena are proprietatea ca razele sosite in paralel cu axa de simetrie sunt reflectate intr-un punct comun numit focar .  
Principalele tipuri de antene satelit din punct de vedere al suprafetei reflectorizante se poate vedea in figura urmatoare :

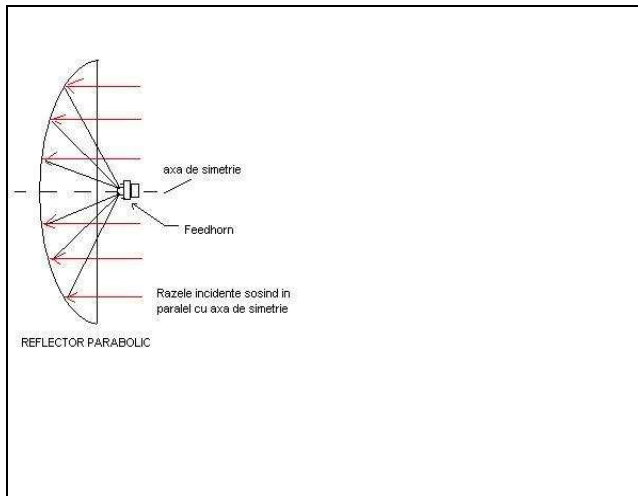


O antena satelit este formata dintr-un reflector parabolic cu un feed mic aflat in focar unde sunt reflectate undele incidente.Reflectorul este o suprafata metalica totala sau o insertie pe un reflector parabolic.

Antenele tip prime focus au proprietatea de a avea un punct focar distinct .Undele venite paralel cu axa de revolutie sunt reflectate intr-o zona numita focar, unde se afla feed-ul. Antenele tip offset sunt antene de regula cu castig mai mic si au o forma mult mai complexa .Forma reprezinta o decupare dintr-o suprafata a unui paraboloid mult mai mare. La antenele tip Cassegrain undele reflectate de suprafata reflectorului principal in reflectorul secundar sunt la randul lor reflectate in focar aflat in zona centrala .

Am putea zice teoretic ca fiind perfect ,dar in realitate antena genereaza o zona numita focar care poate fi mai mica sau mai mare ,in functie de cat de precisa este realizata parabola din punct de vedere a curbunii,si de cat de corect a fost assemblata aceasta. Este sarcina feedhornului de a reuni semnalul sosit in vecinatatea punctului focal si al

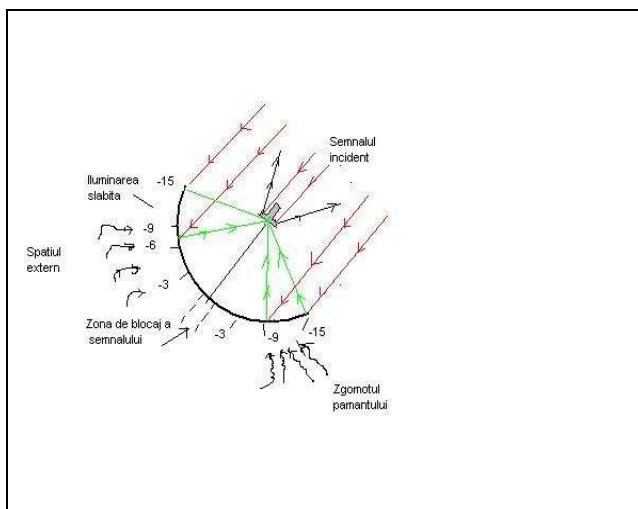
dirija spre primul etaj de de amplificare al convertorului de zgomot redus numit LNB



Miscarea moleculara genereaza un zgomot de fond care se intinde pe tot spectrul electromagnetic ,inclusiv pe cel al frecventelor de satelit.Temperatura de zero absolut sau 0 K ,este temperatura de zgomot unde miscarea moleculara se opreste.Chiar spatiul cosmic temperatura este mai mare de zero absolut cu cateva grade in jur de 30 K.In atmosfera temperatura de zgomot este in jur de 290 K.

Cu toate ca antena parabolica este inclinate spre spatiul „rece” pentru a receptiona semnalul de la satelit,feedhornul este intors inapoi spre antena si spre spatiul din afara acesteia .Prin urmare este extrem de important cum feedhornul „ilumineaza ” reflectorul Daca feedhornul „supralumineaza “ parabola ,feedhornul va vedea deasemenea si zgomotul tare atmosferic din jurul acesteia .In acest caz temperatura de zgomot atmosferic se va combina cu temperatura sistemului de receptie satelit astfel ca va scadea intensitatea semnalului dorit.

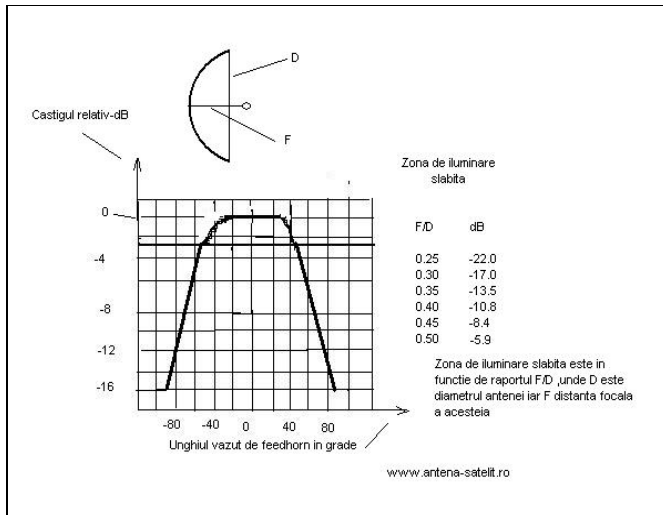
Daca feedhornul va „subilumina” parabola ,acesta nu poate vedea o portiune exterioara de antena si se va reduce astfel castigul acesteia .



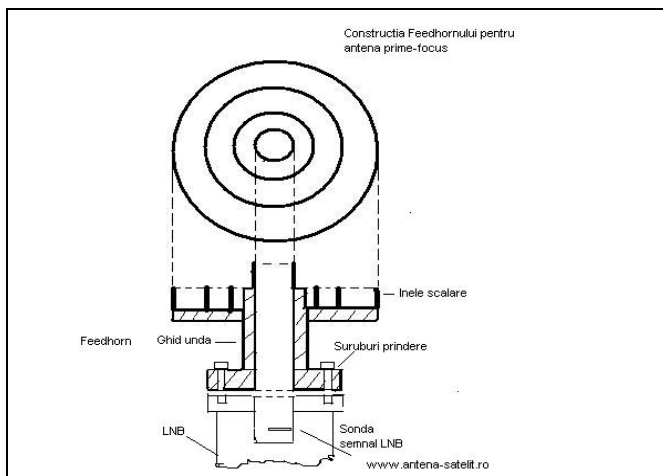
Iuminarea slabita a feedhornului este un compromis intre castigul antenei si suprailuminare a acesteia.

Variatia castigului antenei in functie de unghiul vazut de feedhorn se poate vedea in graficul mai de jos.Dupa cum se vede la un unghi scazut cu + sau - 45 de grade apare o variatie a castigului de 3 dB cea ce inseamna o injumatatire a acestuia.

O alta concluzie din tabelul alaturat graficului ar fi ca cu cat raportul F/D este mai mare deci spre 0.5 variatia de castig este mai mica .Antenele cu cel mai bun castig sunt fabricate in asa fel incat variatia castigului in functie de iluminare sa nu fie mai mare la margine de -10 dB fata de centru ceea ce inseamna un F/d de 0.4  
Acest raport ar fi optim pentru a nu creste zgomotul indus de feedhorn.



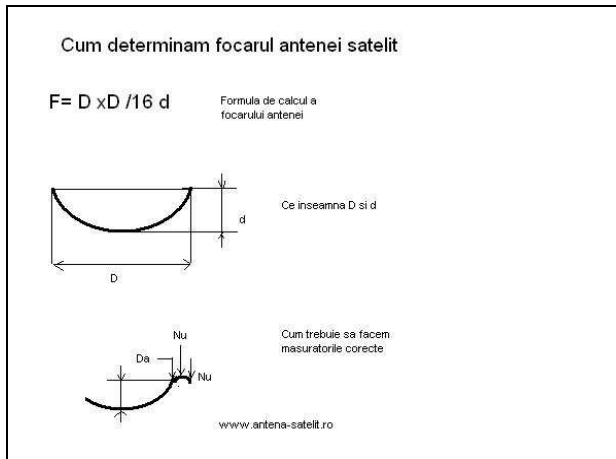
Din punct de vedere constructiv Feedhornurile pentru antena prime-focus sunt ca in figura urmatoare



Feedhornul se construiește de regula din duraluminiu ,dar poate fi facut si din alte metale cum ar fi cupru,alama ,bronz ,dar aceste pot fi mai scumpe .Cercurile scalare conduc semnalul venit din marginea exterioara a feedu-lui spre centrul acestuia unde se situiaza ghidul de unda spre LNB.Dimensiunea si toleranta ghidului de unda sunt in legatura directa cu lungimea de unda a semnalului de microunde si este conceput pentru fiecare dispozitiv separat.Raportul intre distanta focala si diametrul antenei ,F/D , este o alta caracteristica a antenei care direct impact asupra performantelor feedhornului.  
Distanta intre inelele scalare si ghidul de unda adeschis este de multe ori ajustabila de catre instalator pentru a putea potrivi cu F/D –ul antenei .Antenele prime-focus au F/D cuprins intre :0,25-0,45.

### Calcularea focarului unei antene parabolice

Pentru a determina focarul unei antene prime-focus sa vedem urmatorul desen :



Calcularea focarului unei antene se face cu formula din desen ,unde D este diametrul antenei parabolice ,d este adancimea acesteia masurate cum se indica acolo .

O alta caracteristica a antenelor de satelit reprezinta **apertura** .Aceasta reprezinta proiectia suprafetei frontale a unei antene ,in cazul unei antene prime focus este suprafata interioara marginita de cercul cu diametrul D.

### Castigul antenelor de satelit

Folosind formula pentru aria cercului,aria aperturii reflectorului parabolic este :

$$A = \pi \times D^2 / 4$$

Iar castigul unei antene parabolice este dat de formula :

$$G = 10 \log_{10} \{ \eta \cdot 4 \pi A / \lambda^2 \}$$

Unde  $\eta$  este eficienta reflectorului parabolic care in practica este de 50 % ,

G este in Db si  $\lambda$  lungimea de unda a undelor incidente ,  $\pi$  este 3,14

Dupa cum se observa castigul antenei este proportional cu apertura sau cu patrutul diametrului acesteia .

Lungimea de unda  $\lambda = c / f$  unde c reprezinta viteza de propagare a undei in mediul respectiv ,se poate lua in vid ca 300 000 km /s ,iar f este frecventa acesteia.

Dupa inlocuirile respective se poate trage concluzia finala :

Castigul antenei parabolice este proportional cu

- eficienta acesteia
- cu patrutul diametrului
- cu patrutul frecventei

De aici ne dam seama de ce o antena in banda C unde frecventa este mai mica are castigul mai mic si trebuie sa marim diametrul pentru compensare.

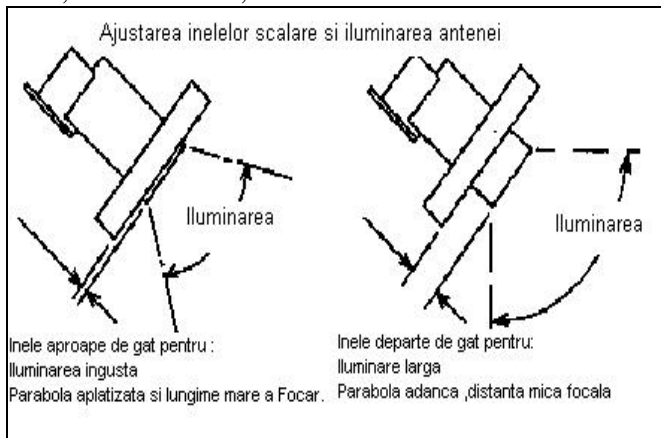
Antenele prime-focus sunt mai usor de construit si de reglat pe satelitul dorit dar au doua mari dezavantaje :

- Feedhornul si suportul acestuia blocheaza o parte din undele ce vin spre antena
- Feedhornul priveste spre antena sub un unghi in care poate intercepta zgomotul de spatele reflectorului., pentru a compensa acest lucru trebuie scazuta iluminarea antenei si deci poate scadea si eficienta acesteia.Suportul feedhornului se poate face cu 3 sau patru tije legate intre ele cu un suport specific ,sau un suport singular central rigid ce tine LNB –ul in focarul predeterminat.In acest caz este foarte dificil de a regla LNB-ul in focar si poate aparea o departare a acestuia din focar datorita greutatii suportate de o singura prindere. La antenele cu motor feedhornul se poate misca la o deplasare de pe un satelit pe altul,sau un vant puternic.

Pozitia inelelor scalare poate fi reglabila fata de tubul central pentru reglarea iluminarii si implicit a zgomotului captat din exteriorul antenei ,putem vedea in schita alaturata

Exista un tabel care ne arata cat de departe de gatul feedului trebuie sa fie inelele scalare functie de raportul F/D

F/D	-----Distanța în cm
0,42	-----0,3 cm
0,40	-----0,81 cm
0,38	-----1,32 cm
0,36	-----1,82 cm
0,34	-----2,33 cm
0,32	-----2,84 cm



Pentru determinarea practica a focarului unei antene in cazul in care nu mai avem suportul original al LNB-ului sau vrem sa verificam daca este corespunzator ,lipim pe fiecare sfert de antenna niste bucati de oglinda sau alt material reflectorizant la marginea acesteia pozitionam antenna spre soare sau spre o alta sursa de lumina intensa coliniara cu axa centrala a acesteia .In zona unde ar trebui sa fie focarul va aparea o pata reflectata care trebuie sa fie cat mai concentrata .

### Pierderi ale castigului antenelor parabolice

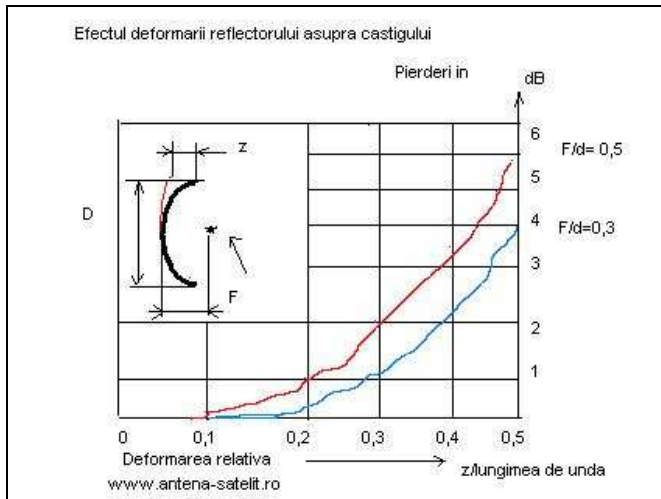
Tolerantele de executie a reflectorului parabolic se poate aprecia in figura mai de jos tolerantele de executie ale reflectorului se poate aprecia in figura ,unde raportul rugozitate supra lungimea de unda si fata de diferite rapoarte F/d adica fata de tipuri de antene mai deschise sau mai inchise.Din acest grafic se poate deduce ca :

-la o antenna mai adanca sau focarul mai apropiat pierderea este mai accentuata la aceiasi marime a rugozitatii

-cu cat scade frecventa cu atat efectul rugozitatii e mai mic,adica la o antenna de banda C efectul e mai redus decat la una de KU.

Pierderi mici ale castigului de ordinul 0,1-0,3 dB pot aparea si din cauza pierderii ohmice In materialulu reflectorului,mai ales la cele din fibra sau plasic acoperite cu metalizare.Din punct de vedere al executiei mecanice antenele parabolice pun probleme deosebite care cresc exponential cu diametrul antenei.Problema principala este toleranta profilului parabolic fata de cel teoretic,cat si plasarea feedhornului in focar,tolerante ce se micsoreaza cu crestera frecventei,exemplu la 10 Ghz este necesara o toleranta de +/- 1mm pentru o antenna cu un diametru de 1,2 m si F/d =0,3.

Efectul deformarii antenelor asupra castigului se poate vedea in figura mai de jos



Dupa cum se vede in figura cu cat antena este mai adanca adica focarul mai apropiat influenta deformarii este mai accentuata si cu cat frecventa de lucru este mai mare la fel influenta deformarii este mai puternica.

### Legaturi pe semnal in domeniul microundelor

Comunicatiile in microunde prezinta diferente majore fata de cele in unde scurte sau ultrascurte ,in primul rand datorita atenuarii mult mai mare de propagare si datorita nereflectarii microundelor de catre straturile superioare ale atmosferei.

Precipitatiile atmosferice introduc o atenuare suplimentara ,care depinde de intensitatea fenomenului(ploaie,nori,ceata,ninsoare),atenuare ce devine importanta la frecvente de peste 10 Ghz. Datorita propagarii fara reflexii ,in principiu emitorul si receptorul trebuie sa fie plasate la limita de vizibilitate directa .Pierderile mari in atmosfera se compenseaza cu antene directive cu castig mare,posibil de realizat datorita lungimii de unda mici.

Ca urmare a folosirii antenelor directive alinierea antenelor se face mai dificil ,deoarece deschiderea unui fascicol de 10 Mhz pentru o antena cu diametrul de 1,2 m este de 1,6 grade la 3 dB.

Atenuarea de propagare in spatiul liber se poate calcula cu relatia experimentală :

-unde d este distanta intre antene in metri

-  $\lambda$  este lungimea de unda in metri

$$A\{dB\} = 96,6 + 20 f / d$$

Conform acestei relatii rezulta ca pentru fiecare dublare de distanta implica adaugare a 6 dB la atenuarea totala .

Atenuare introdusa de precipitatii poate fi estimata cu relatia :

$$A_p\{dB/Km\} = \gamma R^n$$

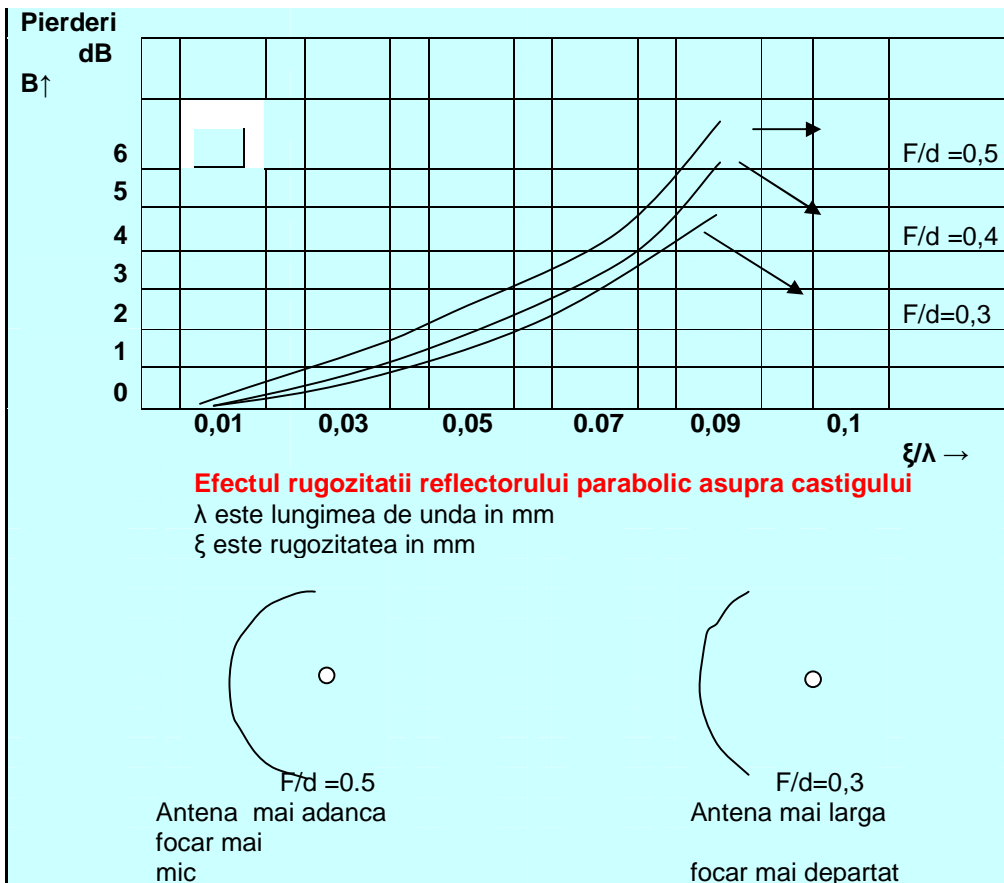
Unde: R—este intensitatea precipitatiilor in {mm/min}

$\gamma$  si n sunt coeficienti depinzind de frecventa astfel :

$\gamma = 2,3$  si  $n = 1,189$  la  $f = 11,7$  Ghz

$\gamma = 3,8$  si  $n = 1,116$  la  $f = 15,25$  Ghz

Practic o ploaie moderata poate determina o atenuare de 0,2-0,5 dB/Km ,iar o ploaie torentiala 1-2 dB /Km la frecventa de 11 Ghz.Pentru frecvente sub 10 Ghz atenuarea datorata precipitatiilor scade foarte mult



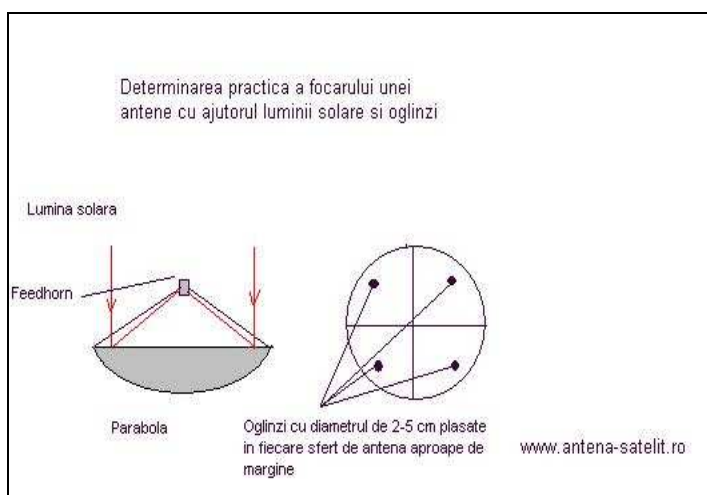
Reflectorul parabolic se executa din tabla de duraluminiu cu nervuri de rezistenta pe spate , din fibra de sticla metalizata sau prin inglobarea in stratul de fibra a unei folii sau plasa de cupru.Stratul de metalizare trebuie sa aiba o grosime de minimum 0,2 mm continua pe toata suprafata.Daca se foloseste plasa este necesar ca dimensiunile ochiurilor sa respecte relatia :

$$P < \lambda / 20$$

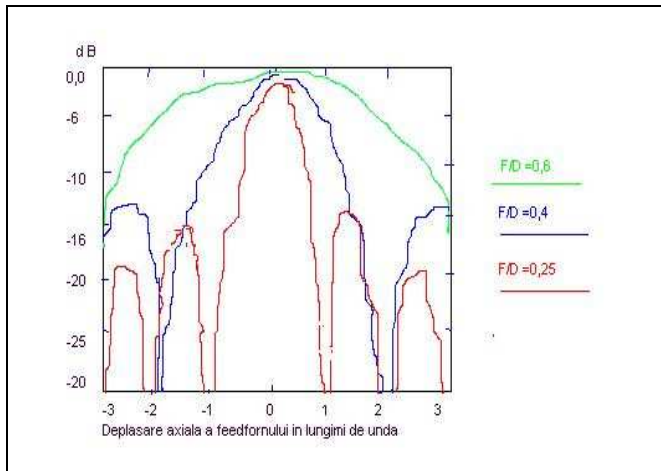
Unde  $\lambda$  este lungimea de unda in mm .

Din aceasta relatie se deduce ca la frecvente mai joase se poate ca dimensiunile ochiurilor sa fie mai mare si invers.

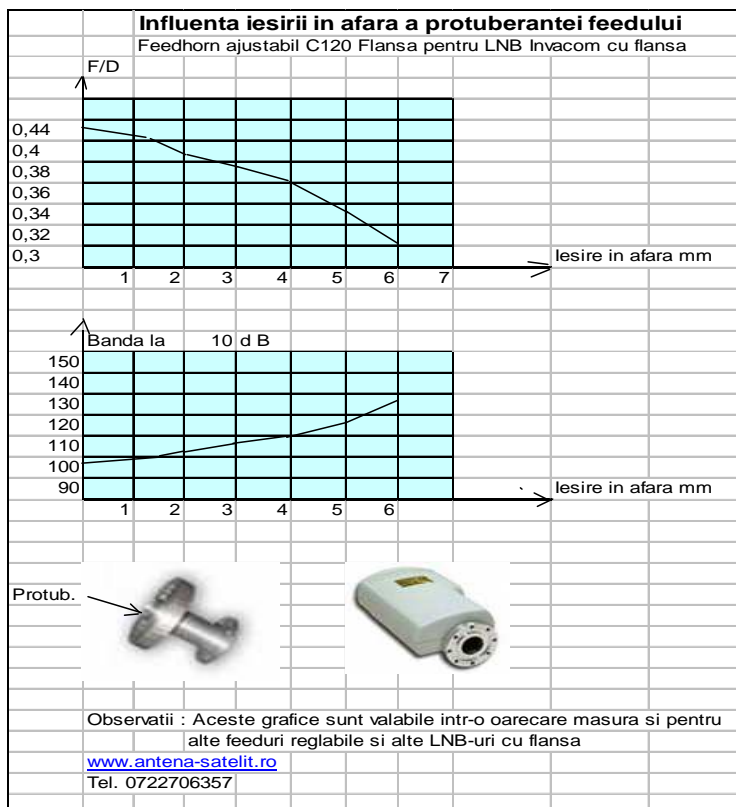
Se stie din practica ca la antenele de banda C unde frecventa de lucru e mai mica se folosesc antene cu „gaurele ”,tip Mash.



In graficul de mai jos se va vedea cat de crucial este sa avem centrata faza semnalului in centrul feedhornului. Faza feedhornului este rareori specificata si trebuie de cele mai multe ori determinata empiric prin gasirea maximului de castig cunoscand lungimea focarului. Dupa cum se vede in acest grafic cu cat antena este mai larga adica F/D e mai mic ,cum ar fi 0.25 cu atat o deplasare cat de mica de la focar a feedhornului va avea un efect mai pronuntat. la 10 Ghz lungimea de unda este de aproximativ 2,5 cm ,deci o deplasare cu acesta distanta va face chiar sa dispara de tot semnalul. La o antena mai adanca unde F/D se apropie de 0.6 ca in cazul dat ,o deplasare cu 2,5 cm va face ca semnalul sa scada cam 3 dB ceea ce ar fi acceptabil de multe ori.



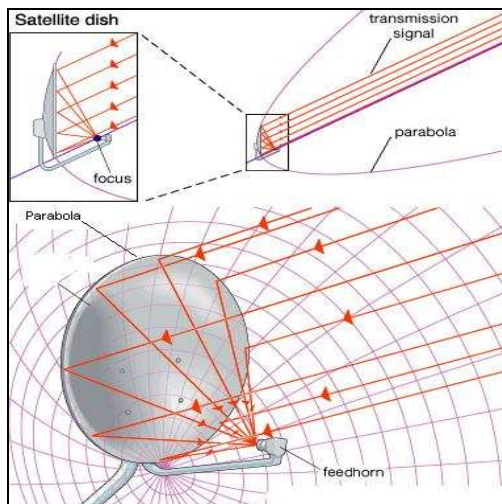
Pentru o antena obisnuit ce lucreaza la peste 10 Ghz suprafata acesteia trebuie sa aiba o eroare de + sau - 1 mm pentru o performanta cat mai buna . Antenele cu F/D in jur de 0,5-0.6 sunt mai preferate pentru o mai putina sensibilitate a focarului .



## Parabole Offset

Antena offset este un tip de antena parabolica ce se foloseste foarte mult in receptia programelor de satelit de majoritatea populatiei. Este asa zisa receptie de satelit tip DTH. aceste instalatii satelit larg raspandite folosesc acest tip de antena denumita offset deoarece este de o constructie relativ simpla ,sunt in general de un diametru sub 1 m, au o eficienta foarte buna ,peste medie ,forma face ca zapada sa nu se aseze pe suprafata sa si deci semnalul sa nu fie mult afectat .In general sunt construite din tabla de fier pentru ca pretul sa fie cat mai mic.

Forma sa speciala este de fapt data din principiul de la care sa pornit pentru a putea functiona .Astfel avem figura de mai jos pentru a vedea acest lucru.



Antenele offset sunt foarte folosite la DTH-urile actuale deoarece sunt in general mai mici ,de regula sub 1m ,eficienta lor este mai mare comparativ cu antenele rotunde la acelasi diametru. Sunt mai simple din punct de vedere al constructiei mecanice ,ceea ce permite obtinerea unui pret mai mic de vanzare. Se assembleaza mai rapid deci o eficienta a muncii de instalare mai mare.

La diametre peste 1,5 m ar fi de preferat cele rotunde datorita faptului ca la aceste marimi antenele offset sunt destul de greu de executat exact pentru un castig maxim ,si pot fi deformat usor la transport sau asamblare mai ales ca din economie tabla din care este executata este destul de subtire, sub 2 mm.

Antenele offset se preteaza mult mai bine la receptionarea mai multor sateliti simultan prin atasarea de LNB-uri pe un dispozitiv specific ,usor de adaptat si reglat.

Exista si antene offset semiprofesionale si profesionale din aluminiu executate de firme mai de renume si cu un castig garantat ,putand depasi pretul receptorului digital .

[www.antena-satelit.ro](http://www.antena-satelit.ro)

Tel.072706357