

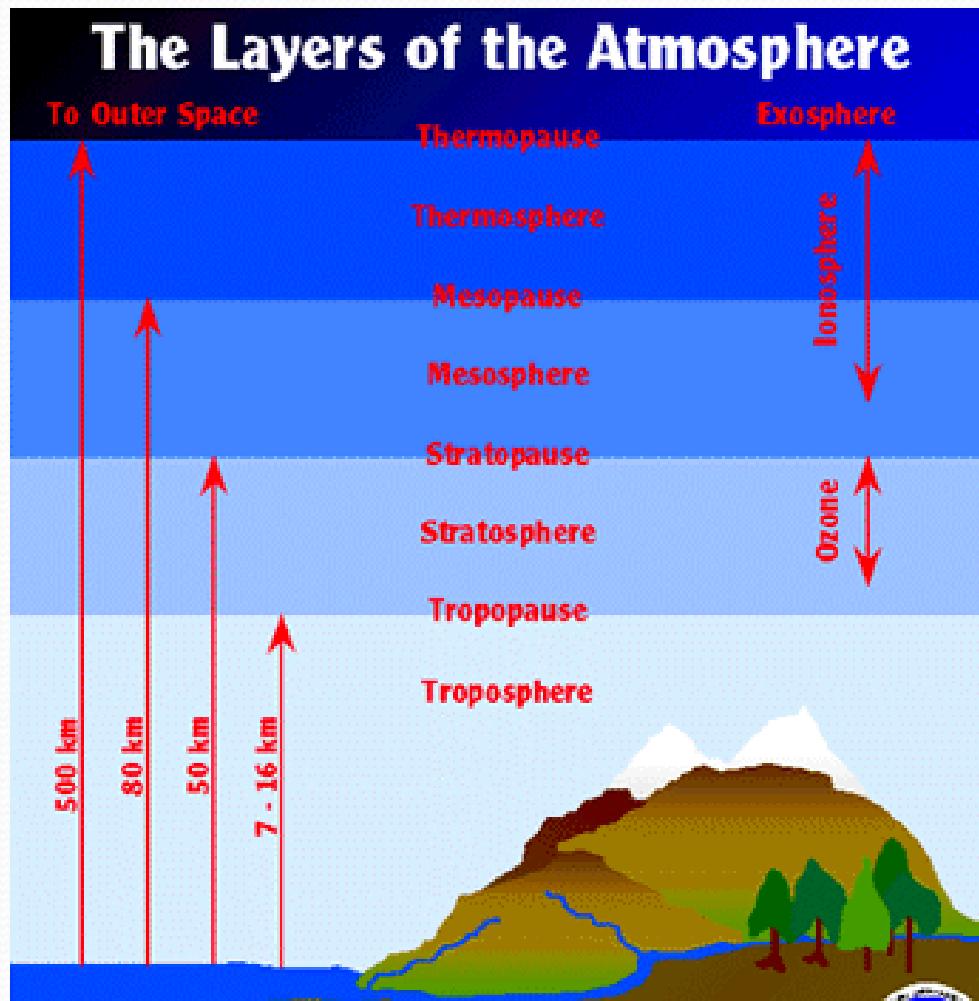
# Informacione tehnologije u pomorstvu

## III dio

DR UGLJEŠA UROŠEVIĆ  
[ugljesa@ucg.ac.me](mailto:ugljesa@ucg.ac.me)  
Elektrotehnički fakultet

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## Uticaji atmosfere



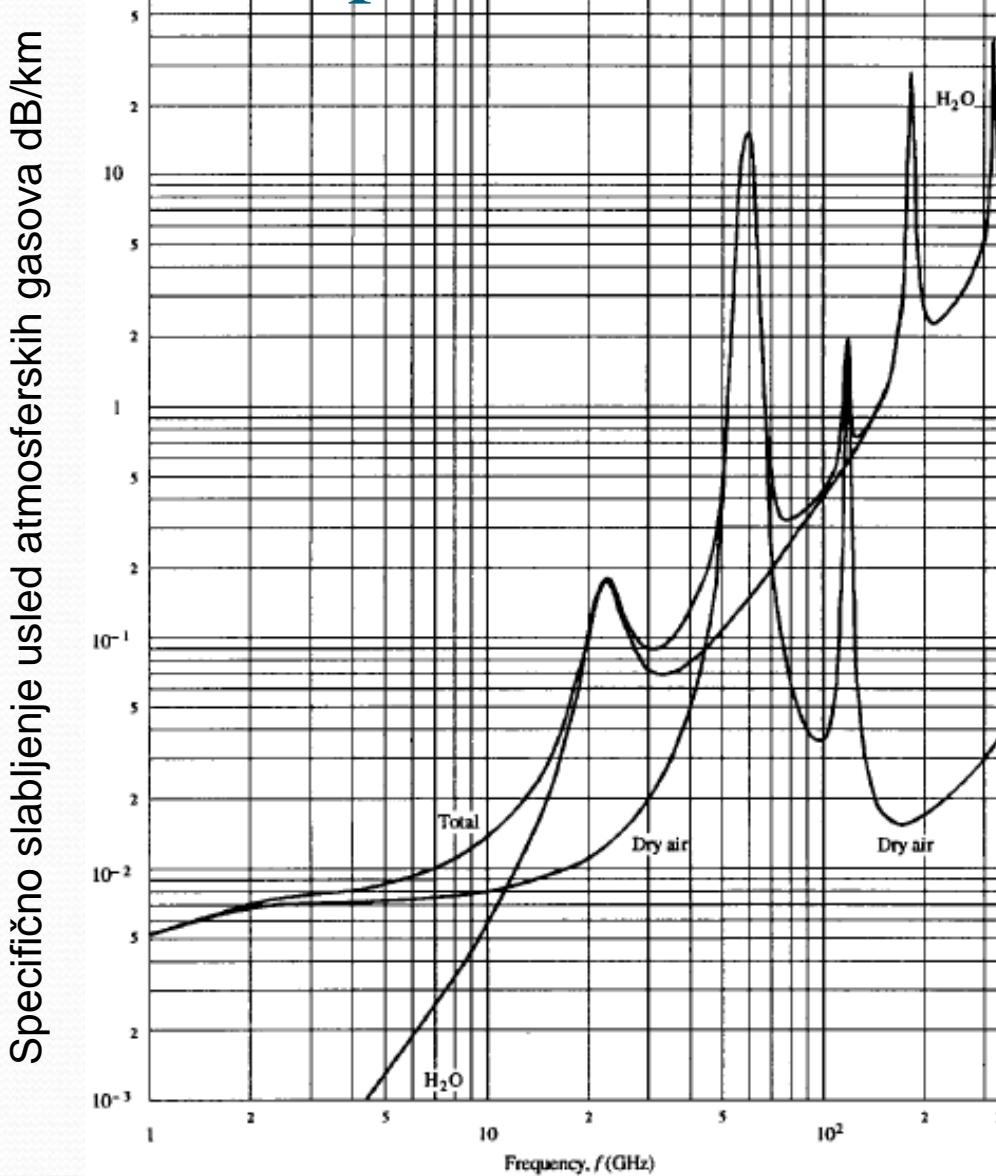
# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## Efekti troposfere – atmosferski gasovi

- Vodena para i kiseonik (*dry air*) su glavni činioci gasne apsorpcije. Ukupno slabljenje usled atmosferskih gasova se može odrediti sumiranjem slabljenja ove dvije komponente.
- Na frekvencijama ispod 1GHz, uticaj atmosferskih gasova na slabljenje signala se može zanemariti.
- Na frekvencijama iznad 150 GHz, vodena para je dominantan uzrok ukupnog slabljenja signala.
- Pošto je gasna apsorpcija povezana sa temperaturom, pritiskom i vlažnošću, koji su u funkciji nadmorske visine, obično se gasna apsorpcija proračunava u odnosu na standardnu eksponencijalnu atmosferu.

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## Efekti troposfere – atmosferski gasovi



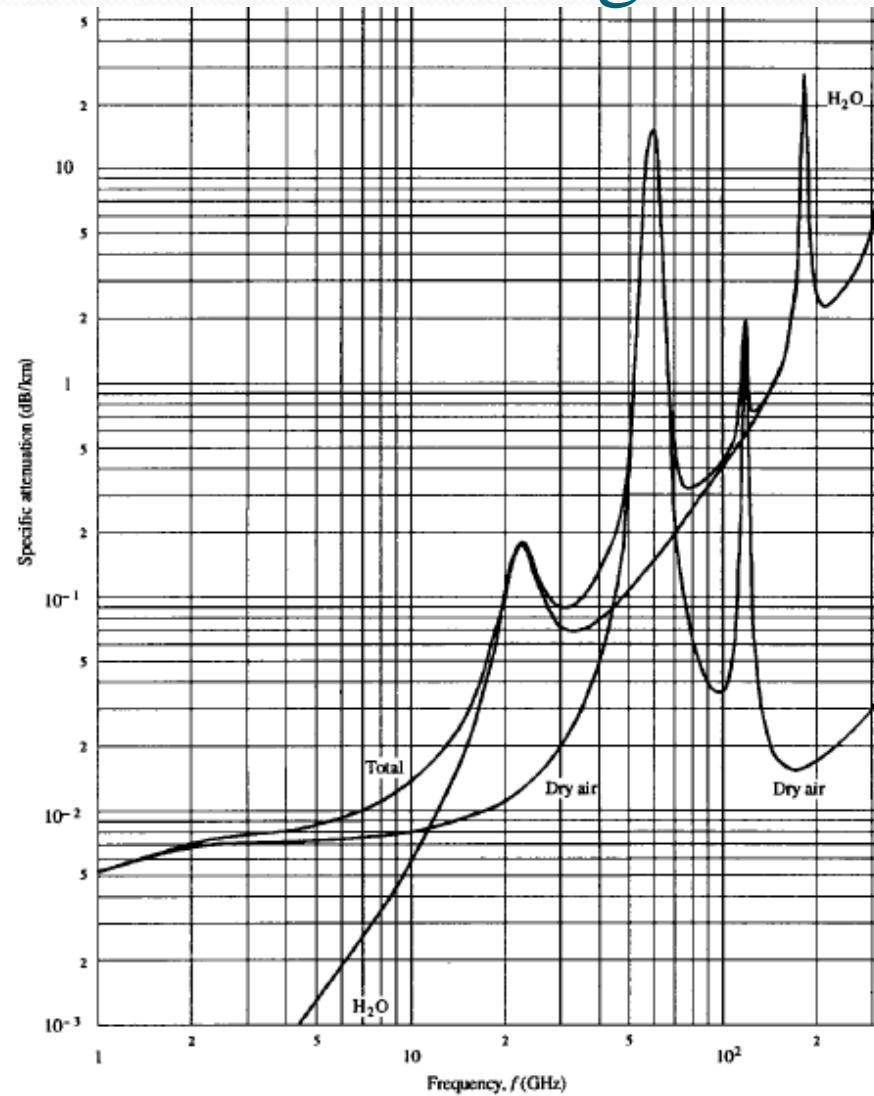
Pressure: 1 013 hPa  
Temperature: 15° C  
Water vapour: 7.5 g/m<sup>3</sup>

standardna  
eksponencijalna  
atmosfera

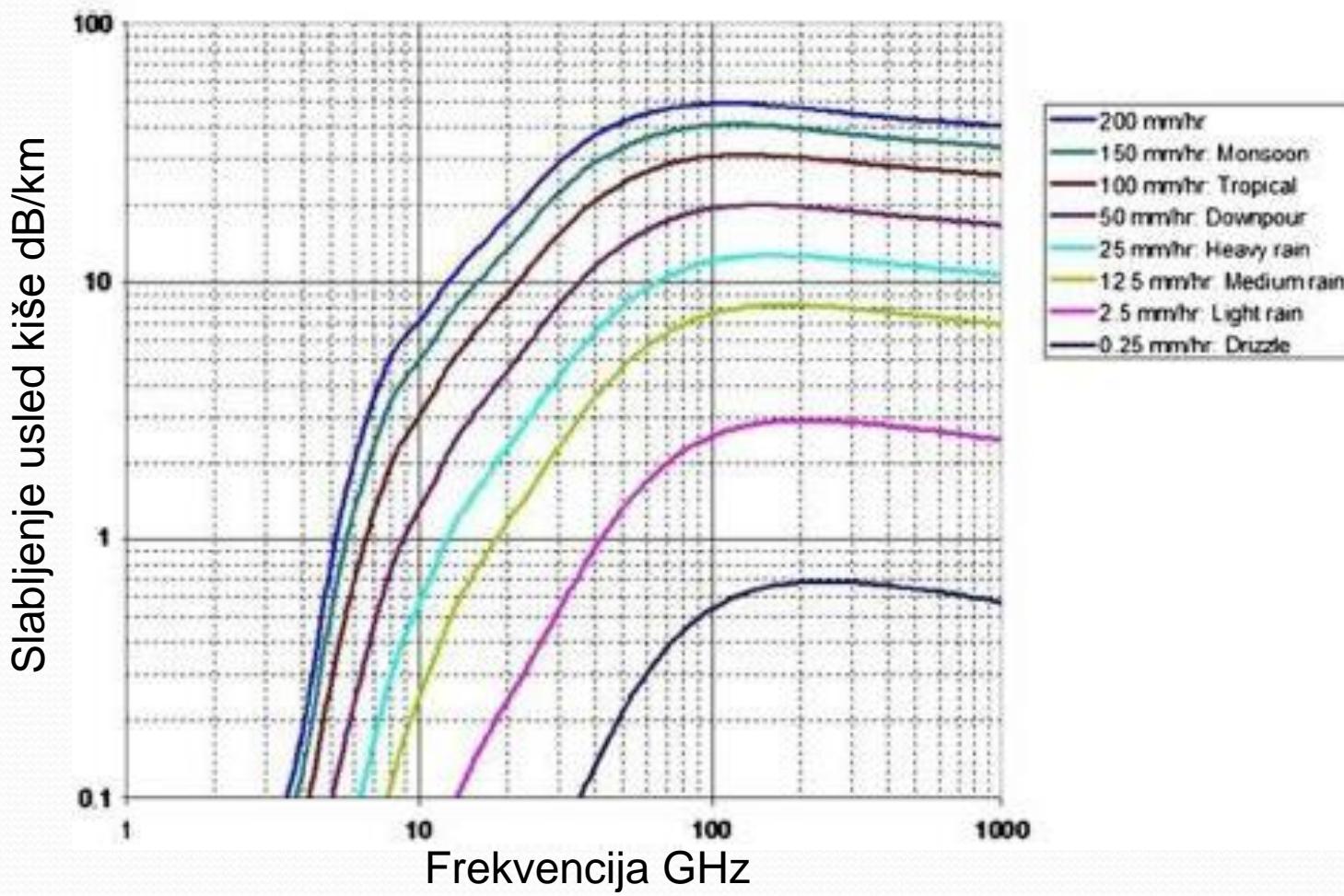
# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## Efekti troposfere – atmosferski gasovi

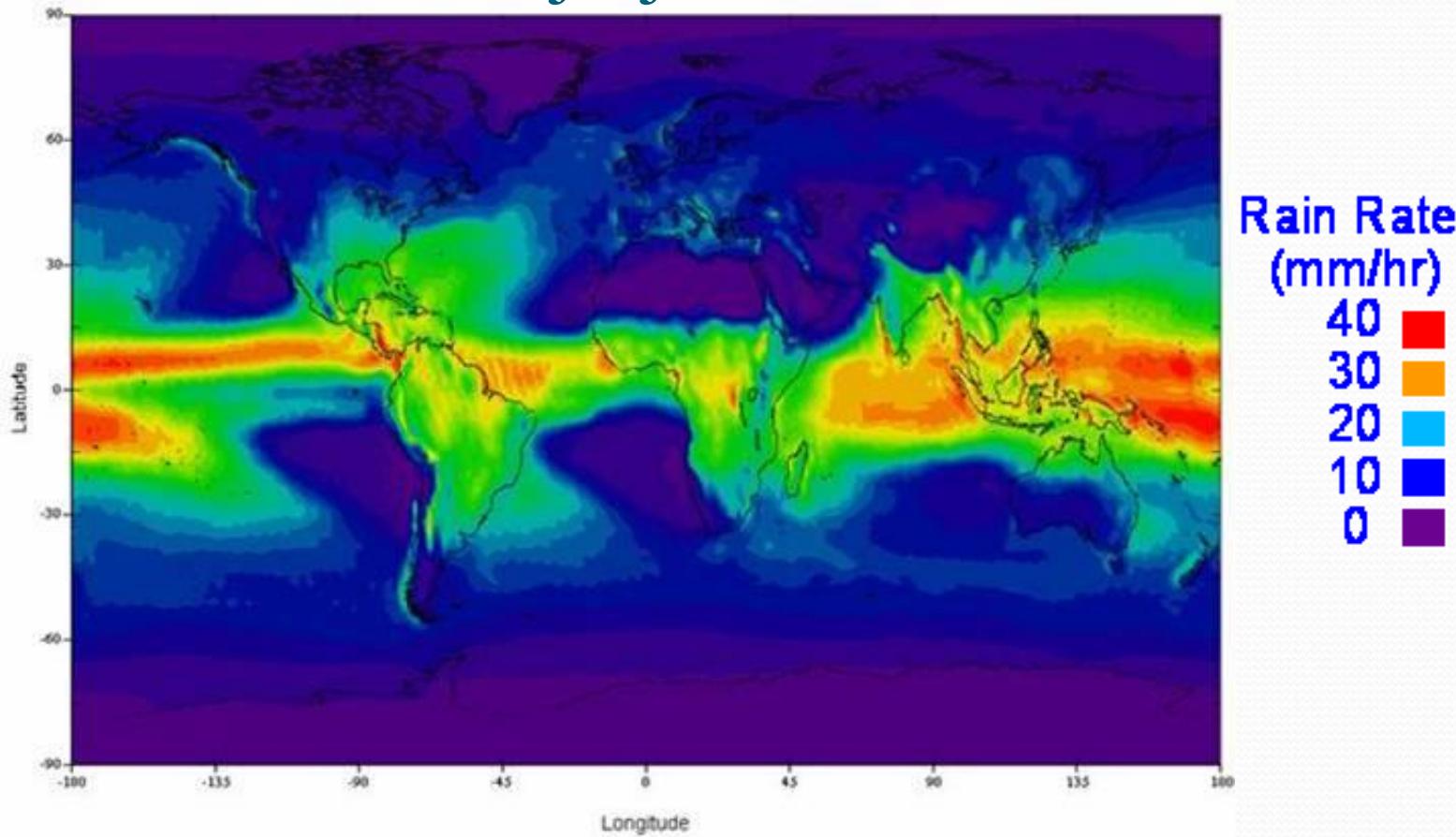
Kiseonik unosi najveće slabljenje u opsegu frekvencija od 50 GHz do 70 GHz, kao i na 118.75 GHz. Vodena para unosi najveće slabljenje na 22.2GHz, 67.8GHz, 120 GHz, 183.3 GHz i 325 GHz. Na frekvencijama iznad 150GHz uticaj kiseonika je zanemarljiv u odnosu na uticaj vodene pare.



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije slabljenje usled kiše



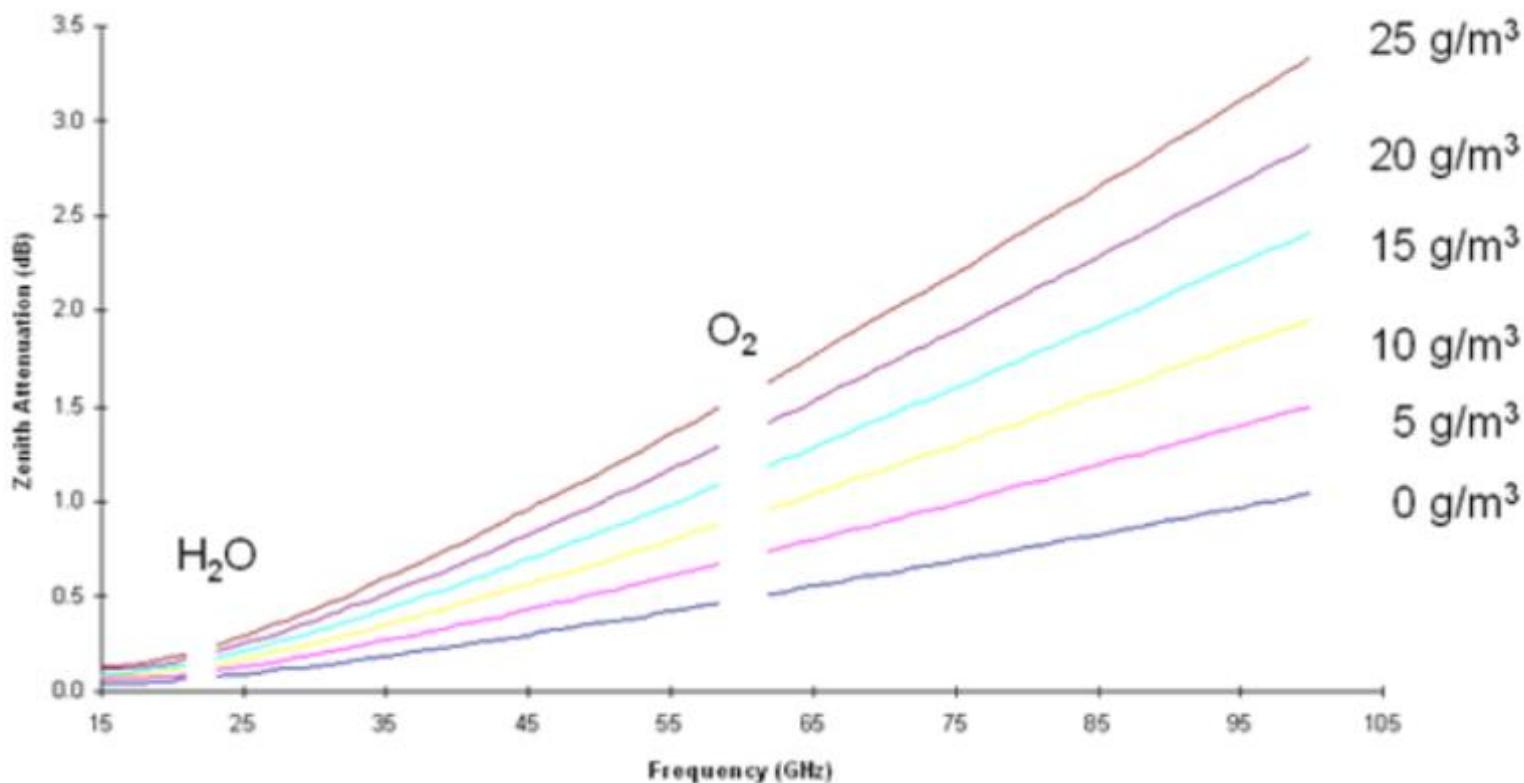
# Satelitske ICT i navigacione tehnologije slabljenje usled kiše



Godišnji 0.01% exceedance rate za padavine (ITU-R)

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije uticaj magle i oblaka

- Za sisteme koji funkcionišu ispod 30 GHz, uticaj oblaka i magle na atmosfersko slabljenje se može zanemariti dok iznad 30 GHz ovaj uticaj postaje značajan, ITU-R 840.

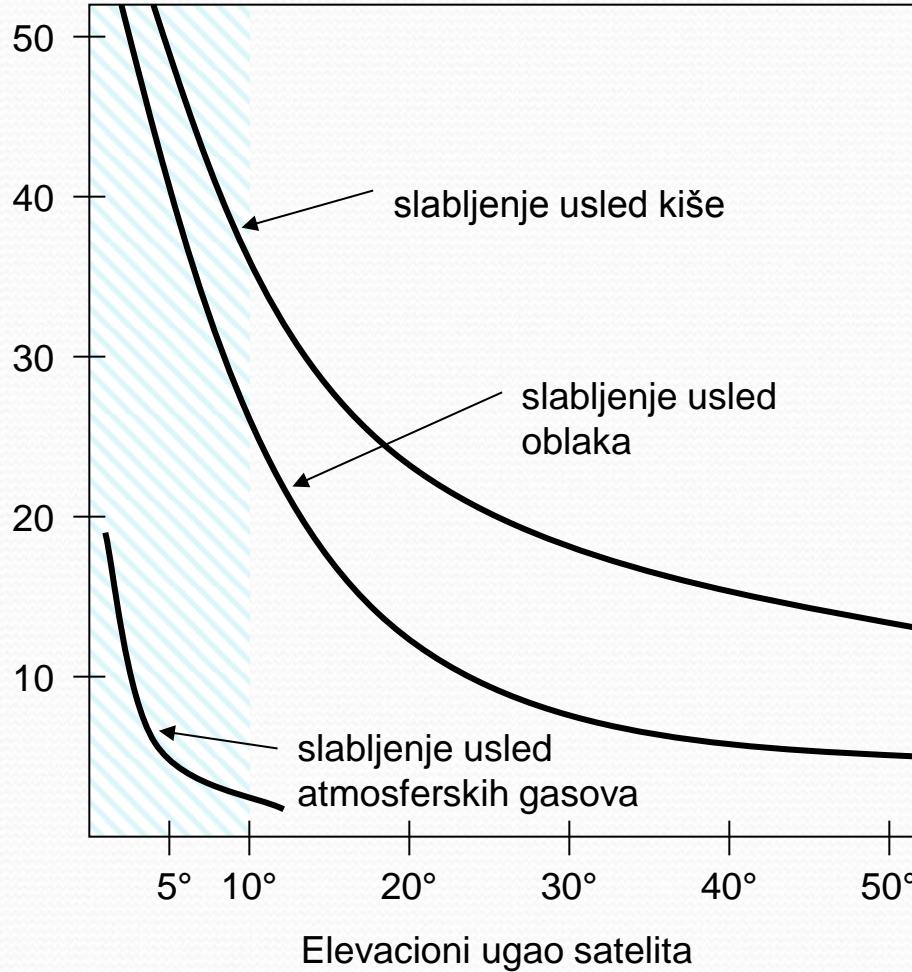


# Satelitske ICT i navigacione tehnologije uticaj magle i oblaka



Slabljenje  
signala u %

Primjer: satelitski sistem, **4-6 GHz**



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## Efekti troposfere –scintilacija

- Scintilacija (*Scintillation*) – Za elavacione uglove manje od  $10^\circ$  i za frekvencije u Ku-opsegu i iznad, dolazi do malih, srednje brzih fluktuacija amplitude, faze, upadnog ugla signala, **usled neregularnosti u indeksu refrakcije troposfere.**
- Ove fluktuacije mogu rezultirati u slabljenju signala kao u slučaju *multipath* fedinga.
- Za sisteme koji rade ispod 10 GHz i kod kojih je elevacioni ugao veći od  $10^\circ$  ova pojava je malo vjerovatna.

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## ukupno slabljenje signala

- Po ITU preporuci ukupno slabljenje signala u troposferi iznosi:

$$A_T = A_G + \sqrt{(A_R + A_C)^2 + A_S^2}$$

$A_T$  je ukupno slabljenje;

$A_R$  je slabljenje usled kiše;

$A_C$  je slabljenje usled oblaka i magle;

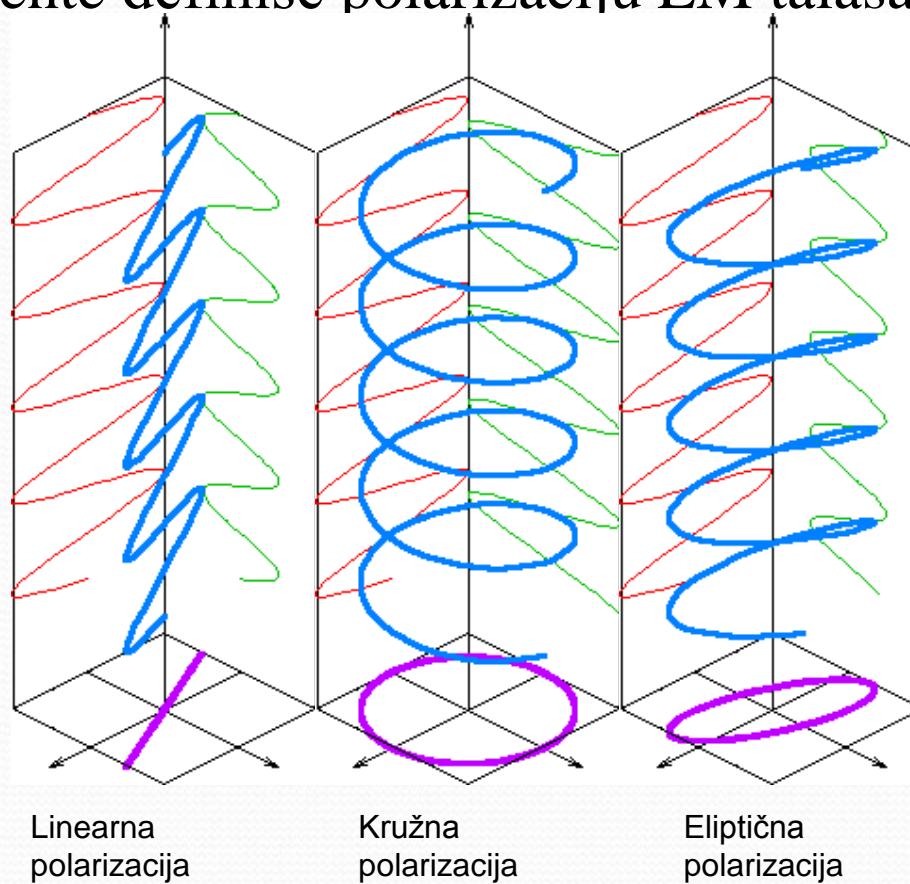
$A_G$  je slabljenje usled vodene pare i kiseonika

$A_S$  je slabljenje usled scintilacije

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## depolarizacija

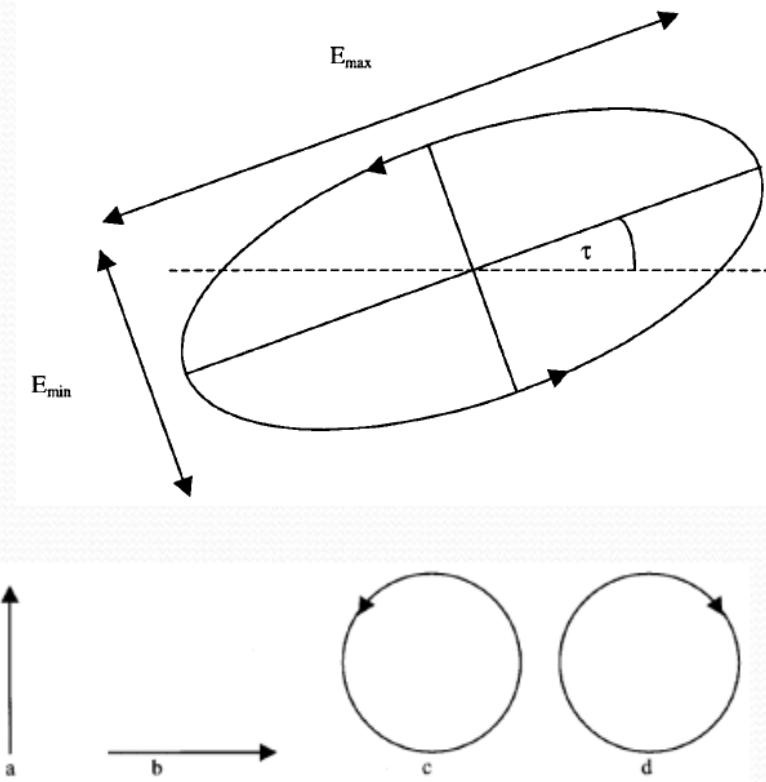
- EM talas ima dvije komponente: električnu i magnetnu, koje su ortogonalne. Po konvenciji orientacija električne komponente definiše polarizaciju EM talasa.



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

## depolarizacija

- EM talas ima dvije komponente: električnu i magnetnu, koje su ortogonalne. Po konvenciji orijentacija električne komponente definiše polarizaciju EM talasa.



Generalizovani eliptični oblik talasa

- vertikalna polarizacija,
- horizontalna polarizacija,
- lijevo orijentisana cirkularna polarizacija,
- desno orijentisana cirkularna polarizacija.

Smjer kretanja talasa je normalan na dati presjek

Aksijalini odnos  $E_{\max}/E_{\min}$

$$A_{XR} = 20 \log \left( \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \right) \text{ dB}$$

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije depolarizacija

- U satelitskim komunikacijama se koriste četiri tipa polarizacije: vertikalna linearna polarizacija, horizontalna linearna polarizacija, lijevo orijentisana cirkularna polarizacija (LHCP) i desno orijentisana cirkularna polarizacija (RHCP).
- Horizontalna i vertikalna polarizacija se definišu prema horizontu, dok se lijevo orijentisana cirkularna polarizacija i desno orijentisana cirkularna polarizacija određuju rotacijom suprotnom u odnosu na kazaljku na časovniku odnosno rotacijom u skladu sa kazaljkom posmatrano od strane antene u smjeru propagacije.

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

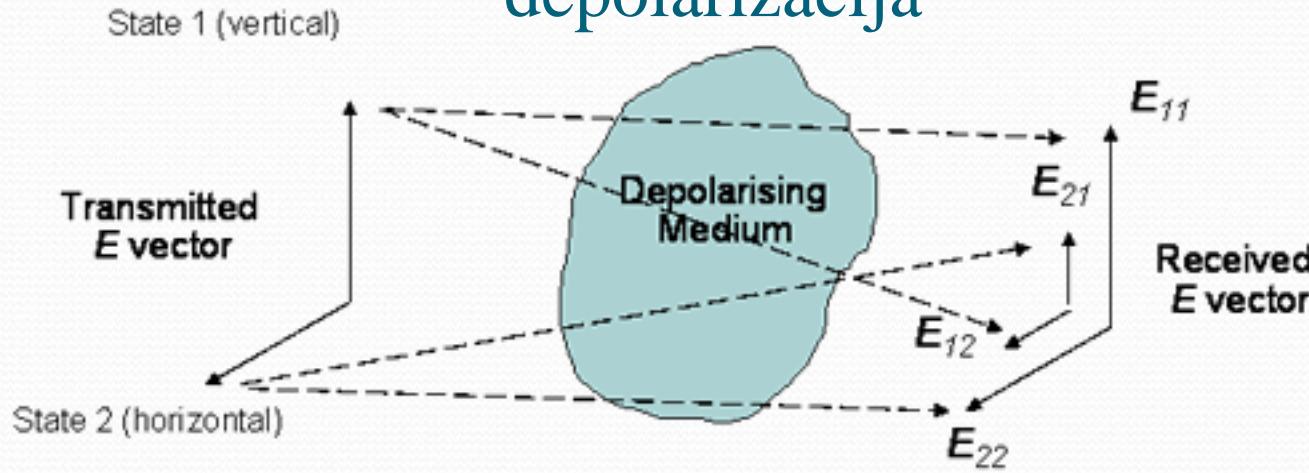
## depolarizacija

- LHCP i RHCP su ortogonalne kao i vertikalna i horizontalna polarizacija. Tako antena koja je predviđena da prima horizontalno polarizovan talas ne može primati vertikalno polarizovan talas i obratno. Slično, antena koja je predviđena da prima LHCP talas ne može da prima RHCP talas i obratno.
- Ova osobina omogućava separaciju *beam*-ova koji se emituju u istom frekvencijskom opsegu ali sa ortogonalnim polarizacijama. U praksi, polarizovani talas će sadržati i željenu polarizaciju kao i neželjenu komponentu ortogonalne polarizacije. Bitan parametar je XPD (*cross polar discrimination*):

$$XPD = 20 \log \left| \frac{E_{CP}}{E_{XP}} \right| \text{ dB}$$

gdje je  $E_{CP}$  intenzitet prijemnog kopolarizovanog električnog polja, dok je  $E_{XP}$  intenzitet prijemnog kros polarizovanog električnog polja

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije depolarizacija



$E_{11}$  and  $E_{22}$  are co-polarised components  
 $E_{12}$  and  $E_{21}$  are cross-polarised components

$$\mathbf{XPD} = 20 \log \left| \frac{E_{xx}}{E_{xy}} \right|$$

$$\mathbf{XPI} = 20 \log \left| \frac{E_{xx}}{E_{yx}} \right|$$

XPD - Cross Polar Discrimination

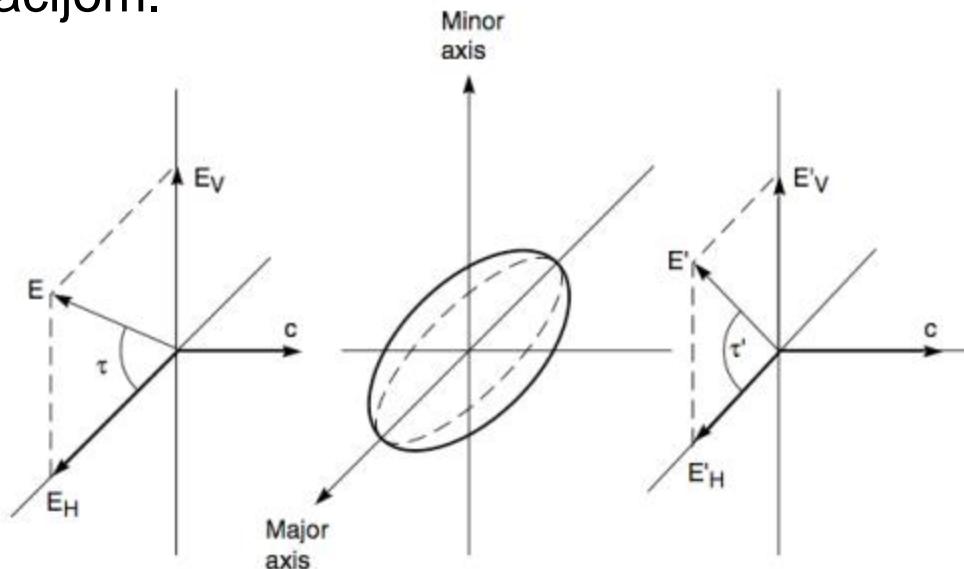
XPI - Cross Polar Isolation

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije depolarizacija

- Depolarizacija zbog kiše:

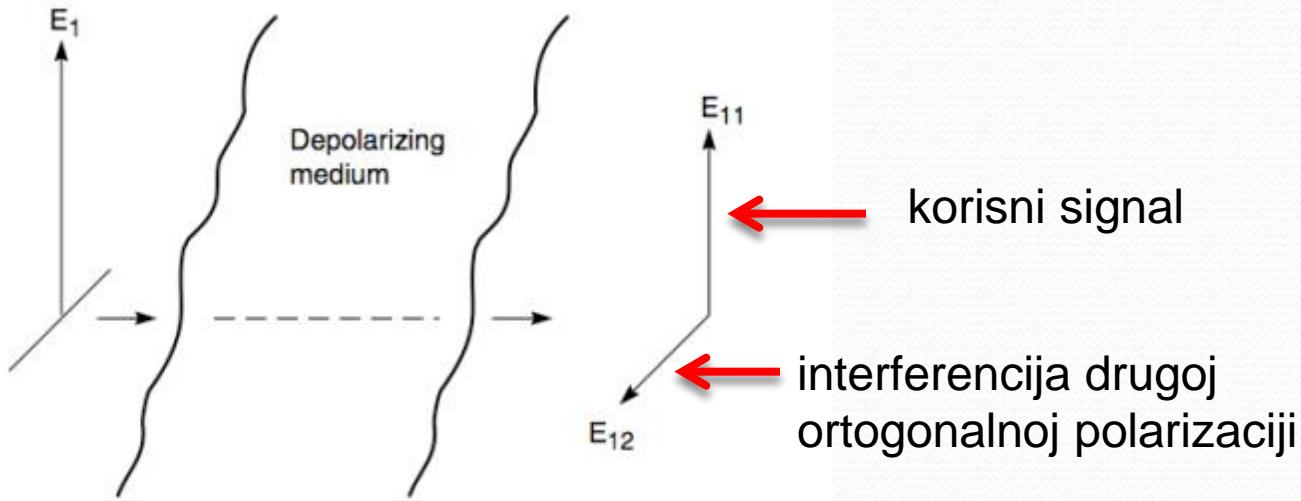
Pošto kišne kapi nisu perfektnog sfernog oblika, dok polarizovani talas polazi kroz njih, jedna električna komponenta talasa će proći kraćom putanjom kroz kapi u odnosu na drugu ortogonalnu električnu komponentu.

Postojaće razlike u slabljenju i faznom pomjeraju dvije ortogonalne električne komponente, što rezultuje depolarizacijom.



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije depolarizacija

$$XPD = 20 \log (E_{11}/E_{12})$$

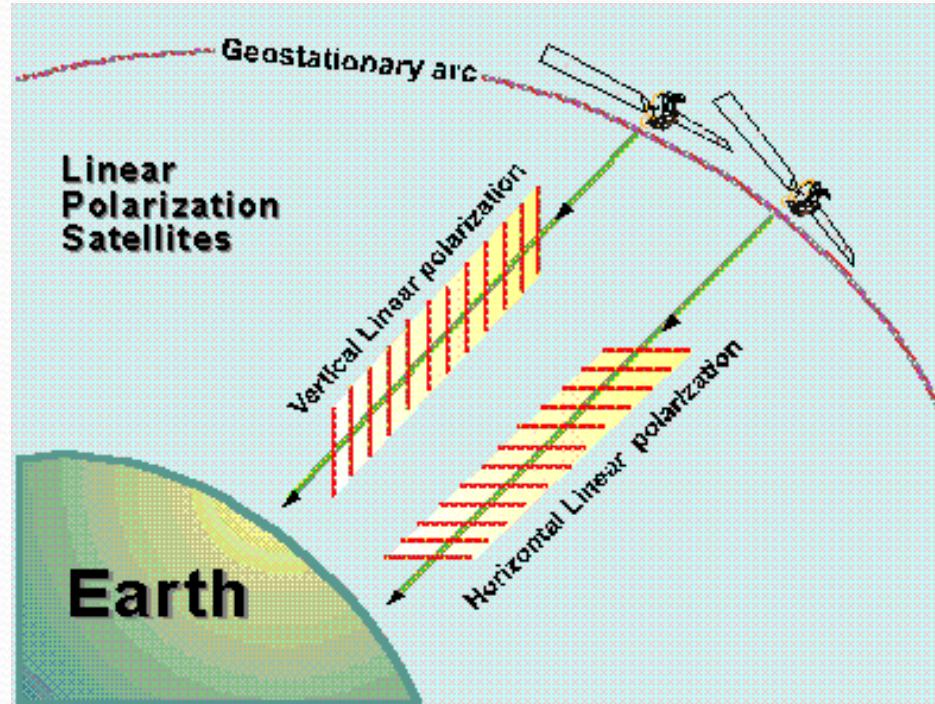


Cirkularna polarizacija se može koristiti da bi se umanjio uticaj depolarizacije.  
U slučaju primjene linearne polarizacije koristi se *polarisation tracking* oprema na antenama.

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije depolarizacija

Često se primjenjuju naizmjenično vertikalna i horizontalna polarizacija.

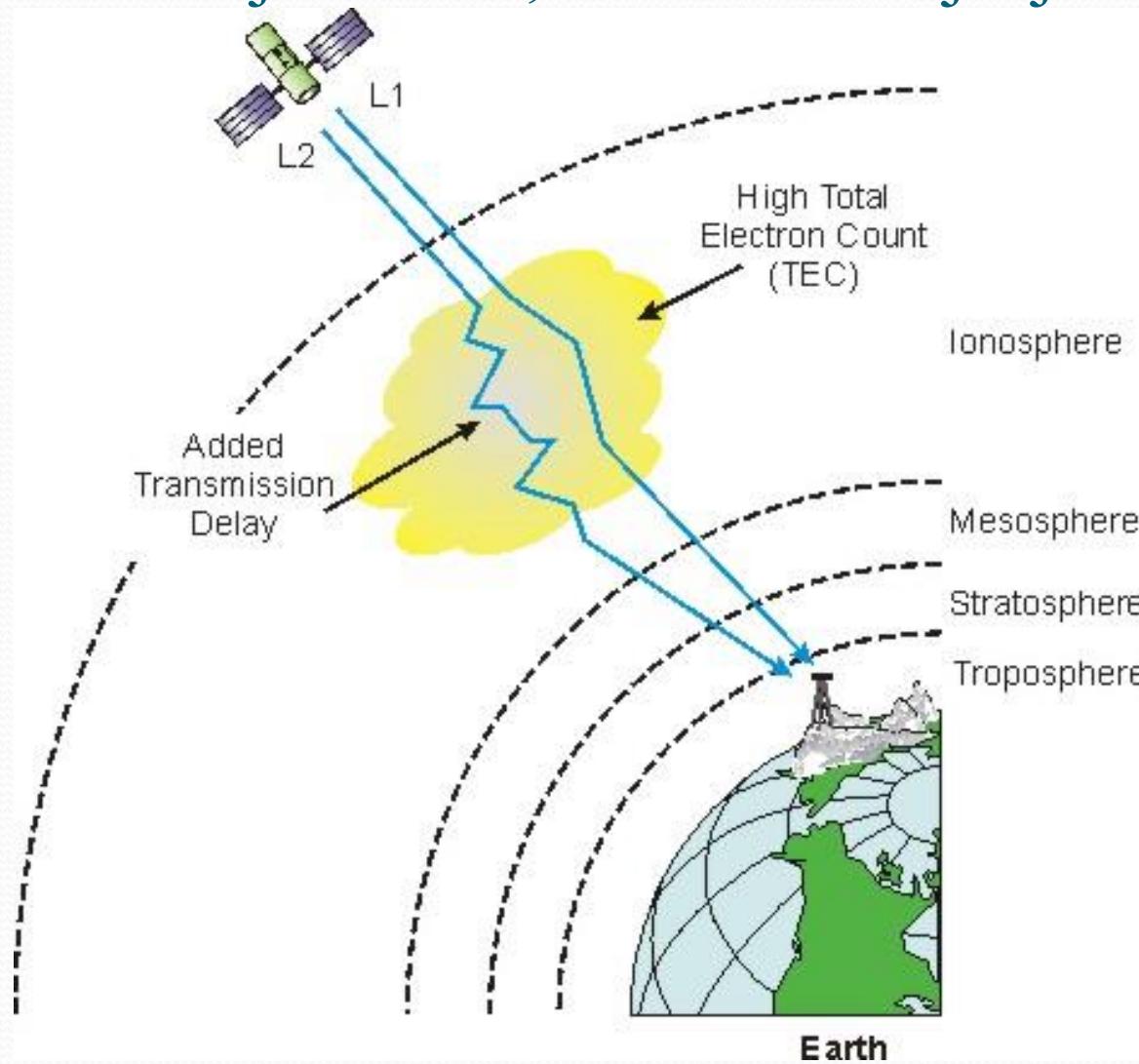
Smanjuje se interferencija između kanala sa istim frekvencijskim opsezima, susjednih satelita ili beamova, što omogućava manju prostorno i ugaonu separaciju .



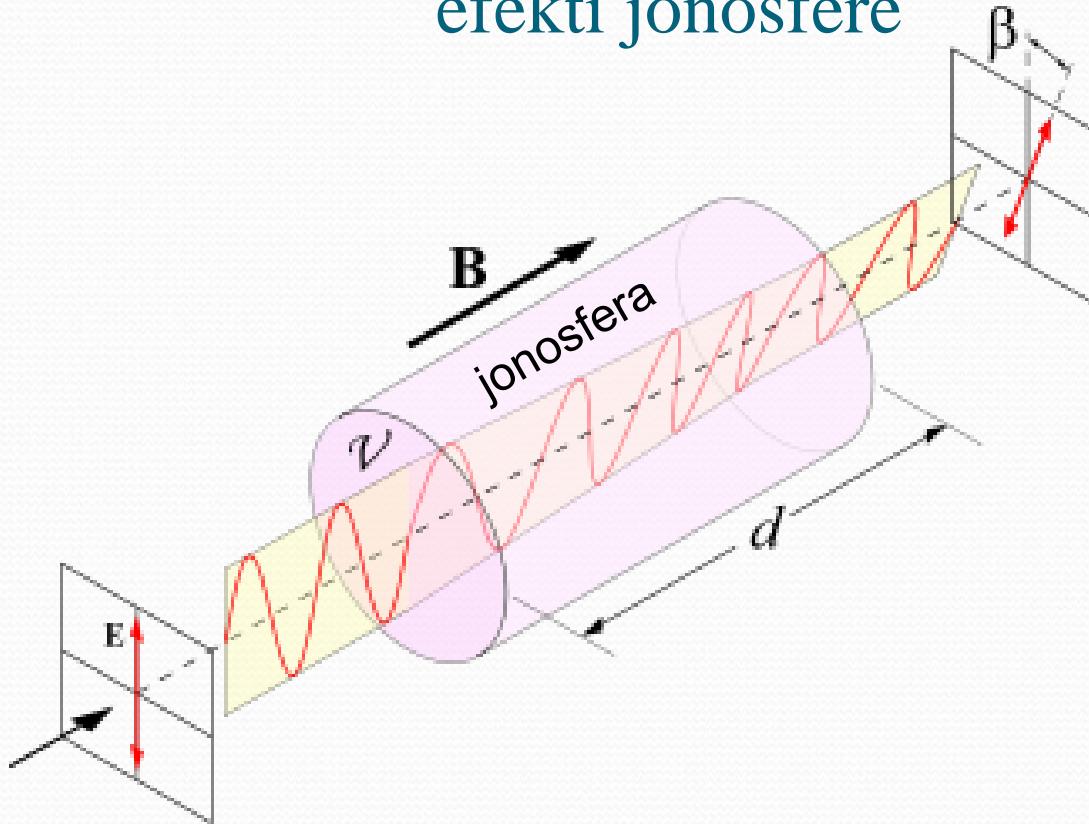
# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere

- Značajni su na frekvencijama do 10 GHz a posebno za negeostacionarne satelite koji funkcionišu do 3 GHz.
- TEC (*The total electron content*) akumulacija kroz jonosferu rezultuje u rotaciji linearne polarizacije signala kao i u dodatnom kašnjenju pored propagacionog kašnjenja.
- Ovo kašnjenje se naziva grupno kašnjenje, dok je rotacija linearne polarizacije signala poznata kao *Faraday-eva* rotacija.
- *Faraday-eva* rotacija se može kompenzovati podešavanjem polarizacionog tilt ugla na zemaljskoj stanici.

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere, dodatno kašnjenje



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere



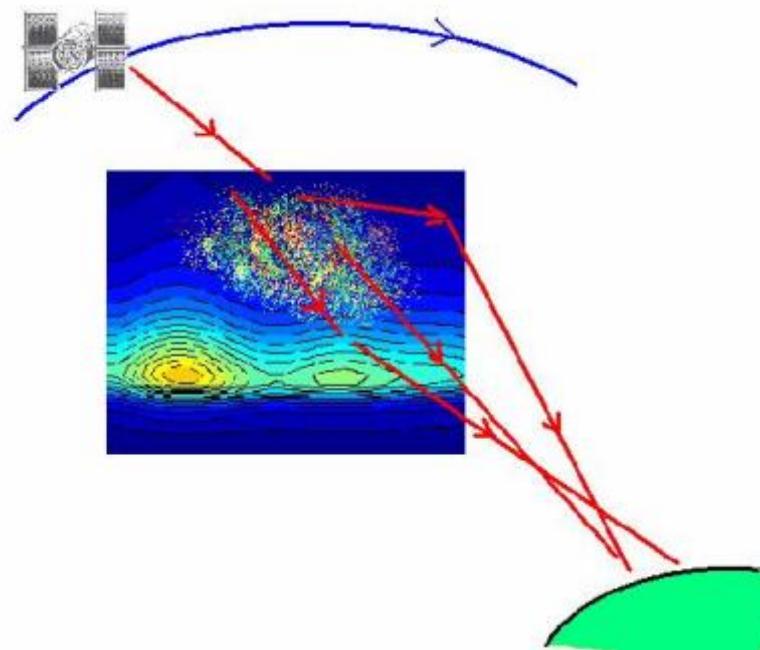
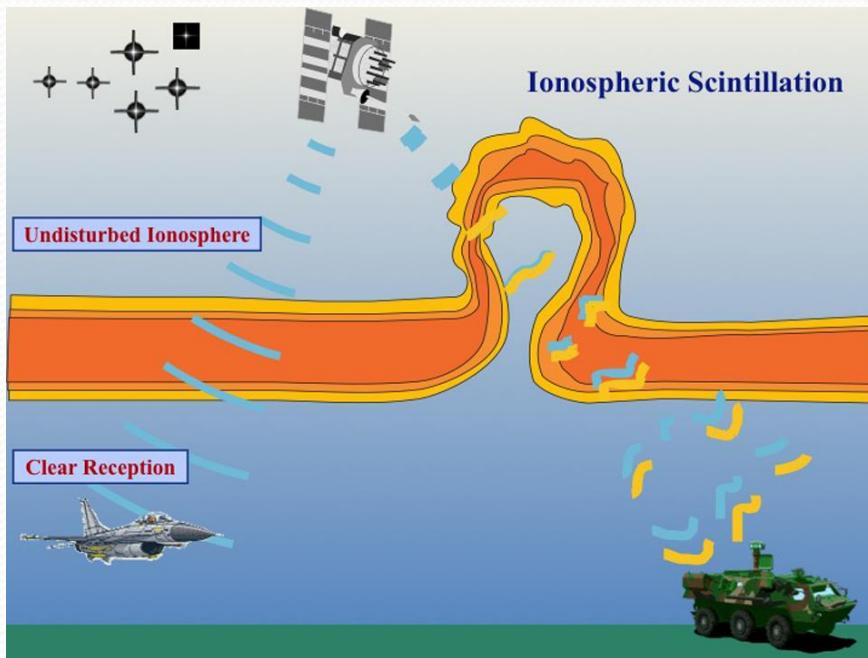
*Faraday-eva rotacija*

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije

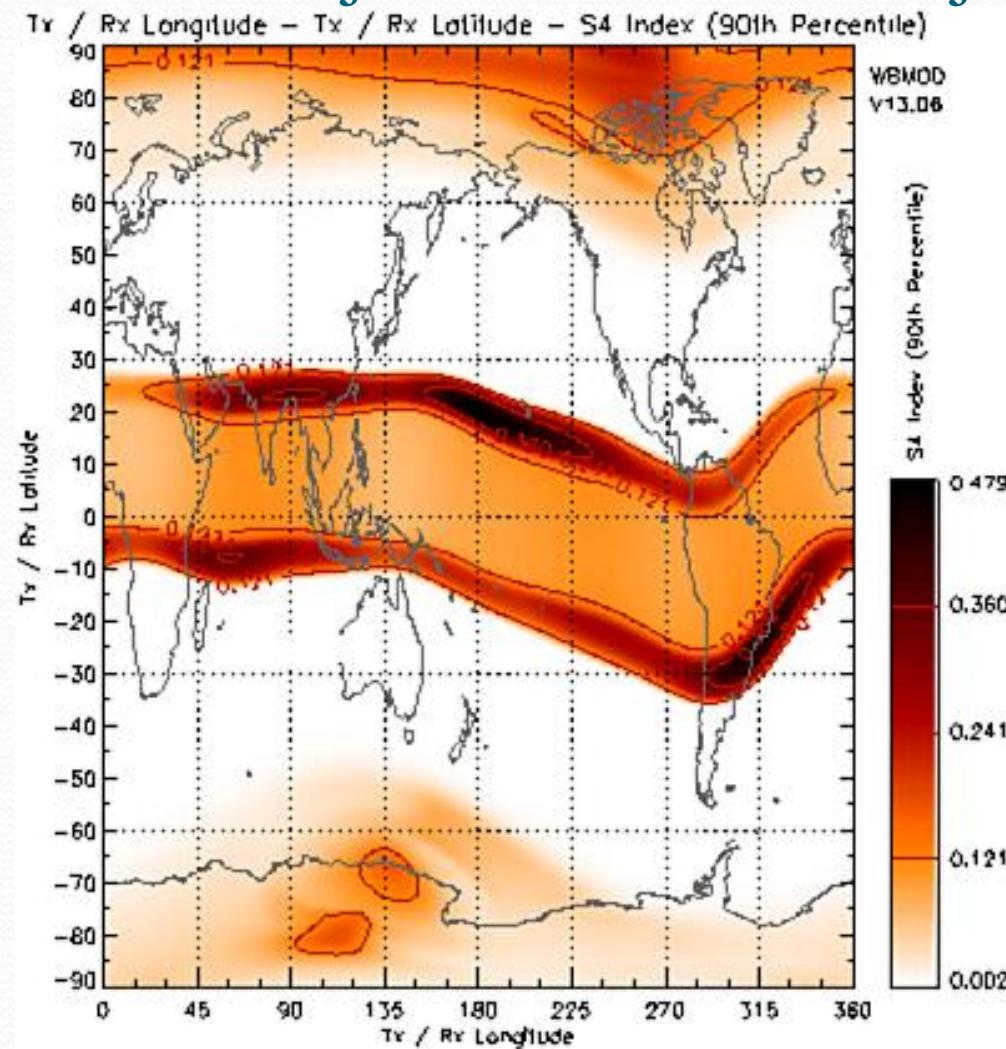
## efekti jonosfere - scintilacija

- Jonosferska scintilacija je uzrokovana neregularnostima u gustini elektrona u jonosferi. Značajna je za frekvencije ispod 1GHz.
- Takođe zavisi od lokacije, godišnjeg doba, solarne aktivnosti i lokalnog vremena. Područja blizu Arktičkog polarnog regiona i područja Ekvatorijalnog regiona,  $\pm 20^\circ$  geografske širine, su naročito podložni uticaju scintilacije. Maksimalna uticaj je tokom noći, pri čemu traje od u intervalu od 30 minuta do nekoliko sati.

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere - scintilacija

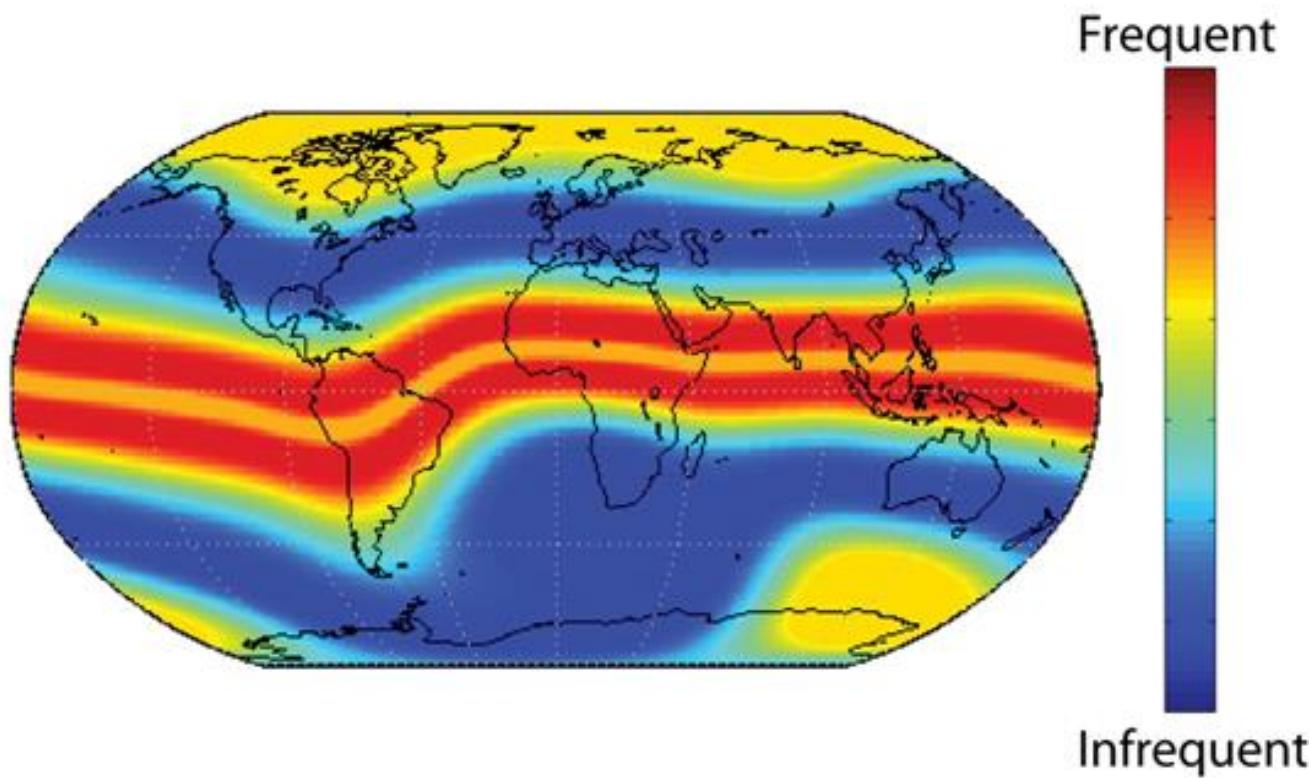


# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere - scintilacija

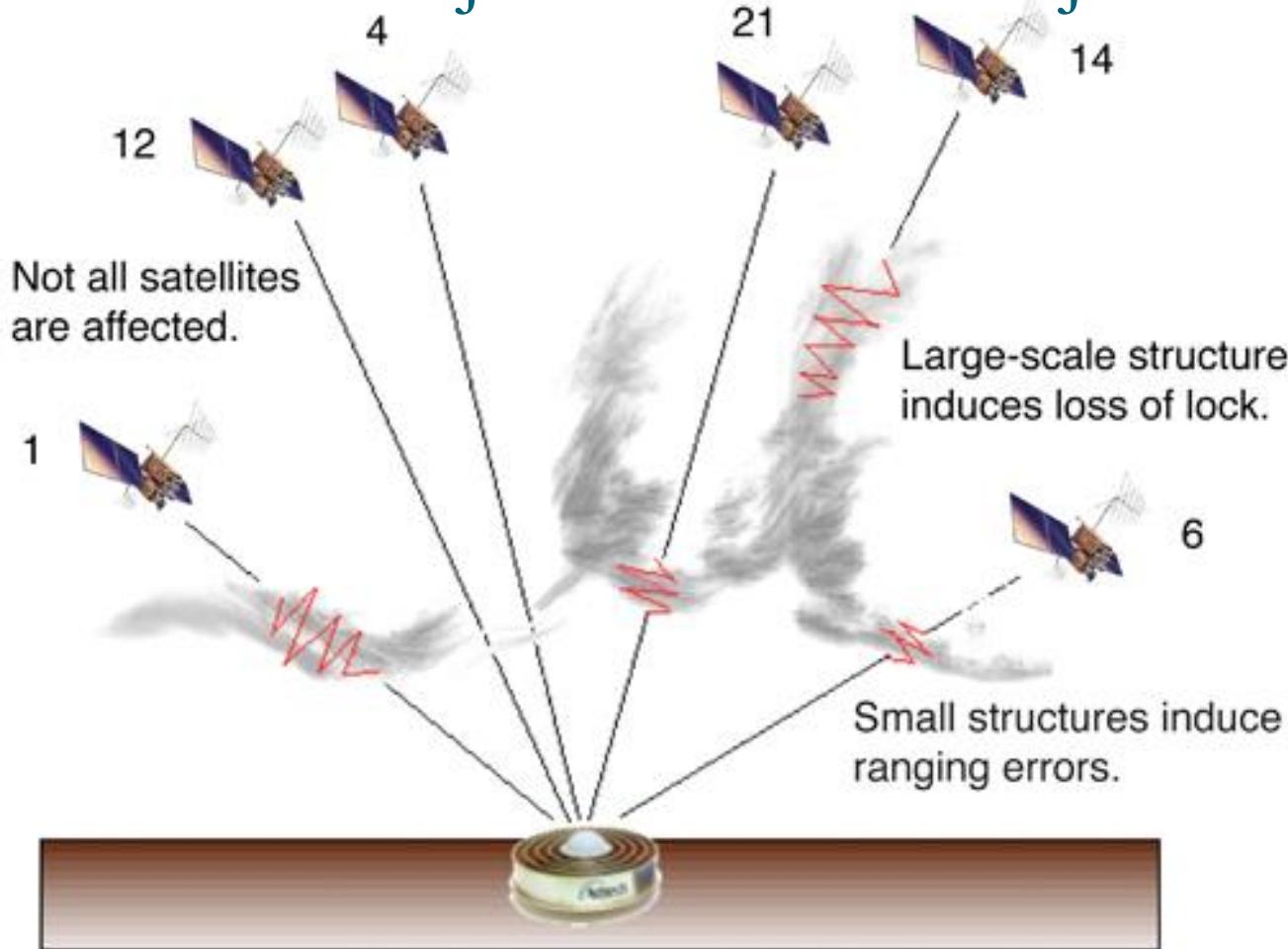


Index scintilacije - GPS (1575.42MHz), lokalno vrijeme (23:00) na svim meridijanima

# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere - scintilacija



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere - scintilacija



# Satelitske ICT i navigacione tehnologije efekti jonosfere - scintilacija

