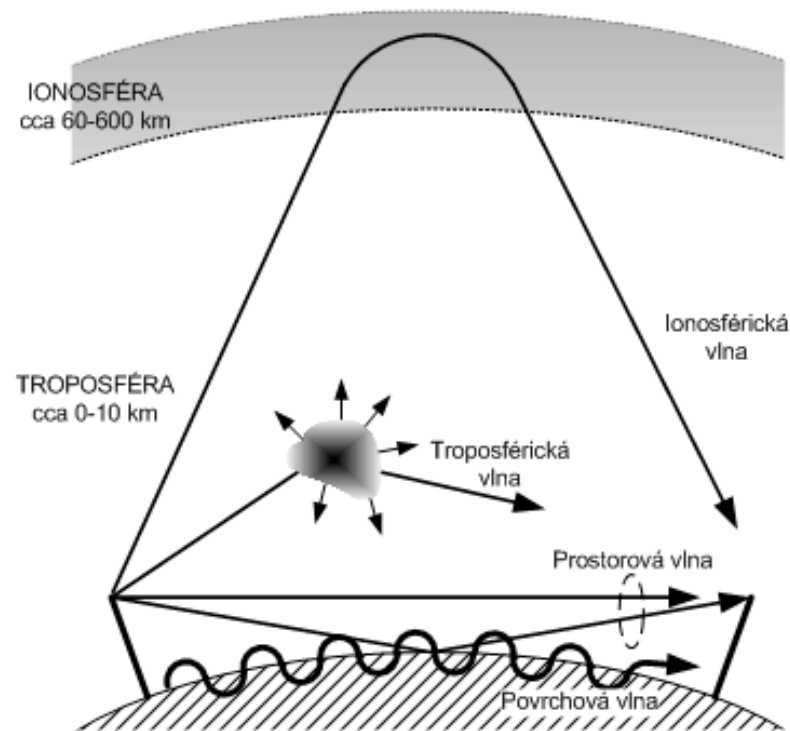
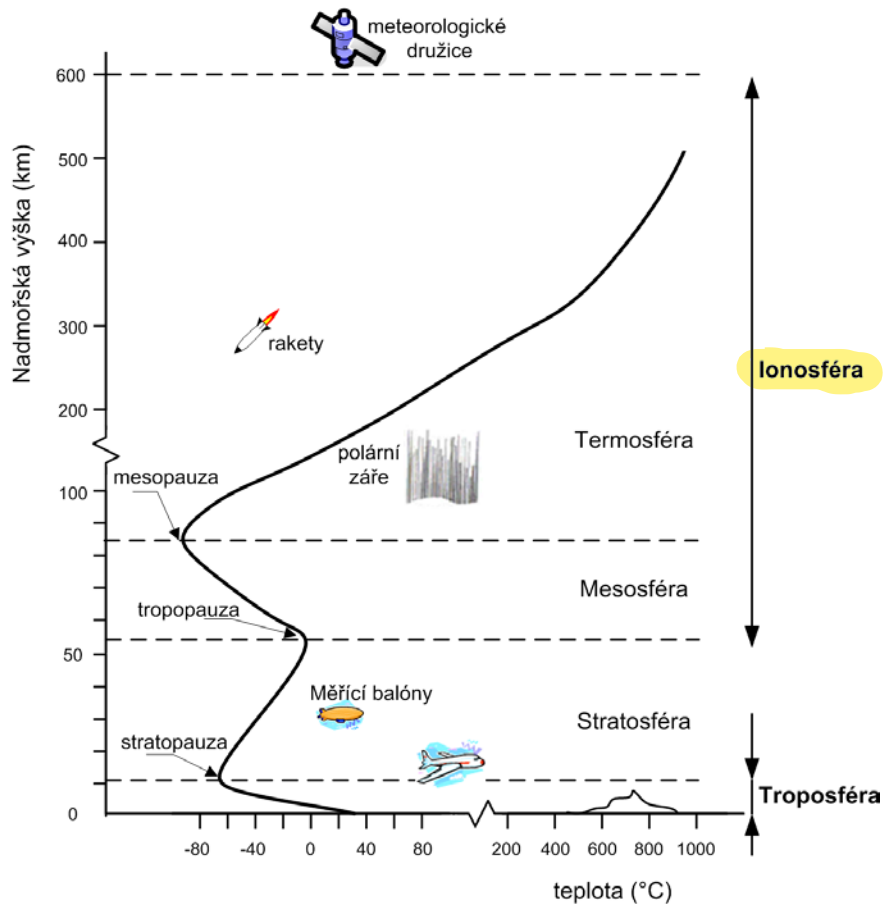


Návrh HF spoje

Číslo pásma	Mezinárodní zkratka	Frekvence	Vlnová délka	Český ekvivalent	Metrické označení
3	ULF	300 Hz – 3 kHz	1000 km-100 km	EDV, extrémně dlouhé v.	hkm, hektokilometrické,
4	VLF	3 kHz – 30 kHz	100 km-10 km	VDV, velmi dlouhé vlny	Mam, myriametrové v.
5	LF	30 kHz – 300 kHz	10 km-1 km	DV, dlouhé vlny	km, kilometrové vlny
6	MF	300 kHz – 3 MHz	1 km-100 m	SV, střední vlny	Hm, hektometrové v.
7	HF	3 MHz – 30 MHz	100 m-10 m	KV, krátké vlny	Dm, dekametrové v.
8	VHF	30 MHz – 300 MHz	10 m-1 m	VKV, velmi krátké vlny	m, metrové vlny
9	UHF	300 MHz – 3 GHz	1 m-10 cm	UKV, ultra krátké vlny	dm, decimetrové vlny
10	SHF	3 GHz – 30 GHz	10 cm-1 cm	SKV, super krátké vlny	cm, centimetrové vlny
11	EHF	30 GHz- 300 GHz	1 cm-1 mm	EKV, extrémně krátké vlny	mm, milimetrové vlny

Ionosféra



Ionizace

- Odtržení elektronu z atomu = vzniká plazma

- Fotoionizace

- ♦ Ionizace plynu zářením s energií kvant hf
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js Planckova konstanta, f frekvence v Hz
- ♦ f záření musí být větší než mezní frekvence
- ♦ Ionizace nastává při překročení ionizační práce

$$hf > W \quad hf = W + \frac{1}{2}mv^2$$

- ♦ $m = 9,106 \cdot 10^{-31}$ kg hmotnost elektronu; v rychlost v m/s

- Nárazová ionizace

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = W + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

- Energie pohybujícího se elektronu – elektronvolty $\frac{1}{2}mv^2 = eU$
 $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C, U – rozdíl potenciálů pro urychlení elektronu

- Rekombinace

- ♦ při konstantní ionizaci a stavu ionosféry dochází ke stavu dynamické rovnováhy (počet vznikajících el. = počtu zaniklých)
- ♦ Koncentrace volných elektronů $N = \text{konst. (m}^{-3}\text{)}$
- ♦ Maximum N odpovídá maximu ionizace; při přerušení zdroje ionizace N hyperbolicky klesá s časem (západ Slunce)

Zdroje ionizace

- V atmosféře různé plyny s různou ionizační prací + další složité reakce
- **Slunce**
 - ◆ Rentgenové záření (0,8 – 2,0 nm)
 - ◆ Ultrafialové záření (2 – 400 nm) – asi 14% celkové vyz. energie; ionizuje především ultrafialové záření < 100 nm (10^{-7} z celk. energie)
 - ◆ Korpuskulární záření (hmotné částice 2000-10000 km/s) – až cca 50% ionizace ultrafialovým zářením
- **Záření hvězd**
 - ◆ cca 0,1 účinku Slunce (nezanedbatelné během dlouhých zimních nocí)
- **Kosmické paprsky (menší význam)**
- **Nepravidelné ionizační děje**
 - ◆ Proudů částic ze slunečních erupcí (ionosférické bouře)
 - ◆ Proudů meteorů
 - ◆ Bouřková oblaka s velkými gradienty elektrostat. potenciálů

Maxima ionizace

- Zjednodušený model atmosféry
 - ◆ Konstantní teplota
 - ◆ Tlak monotónně klesá s výškou
 - ◆ Maximum ionizace N v konečné nenulové výšce nad Zemí
 - Vnější okraj
 - intenzita ionizujícího záření maximální
 - malá hustota plynů
 - N zanedbatelné
 - U zemského povrchu
 - intenzita ionizujícího záření po průchodu atmosférou malá
 - hustota plynu (částic pro ionizaci) velká
 - intenzita ionizujícího záření maximální
- Reálná atmosféra mnohem složitější (nehomogenní, teplota se mění, zdroje ionizace nestacionární a působí různě v různých výškách,...)
=> několik proměnlivých maxim N

Elmag vlna v zjednodušeném modelu ionosféry

- Rovinná harmonická vlna
 - ♦ úhlová frekvence
 - ♦ elevace šíření 90 st. (zenitový úhel 0 st.)
 - ♦ N s výškou stoupá
- Lorentzova síla harmonicky rozkmitává částice v ionosféře
=> vznikají proudy ovlivňující šíření vlny
- Pohybová rovnice pro elektron (pohyb těžších iontů je zanedbatelný)

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} + R_{ef} \cdot \mathbf{v} = e\mathbf{E}$$

R_{ef} je efektivní odpor tření ionosféry v důsledku srážek při pohybu elektronu (malý ve vyšších vrstvách ionosféry)

- Při zanedbání R_{ef} a harmonickém průběhu:

$$j\omega m\mathbf{v} = e\mathbf{E}$$

- Proudová hustota pohybujících se N elektronů:

$$\mathbf{J} = Ne\mathbf{v} = \frac{Ne^2\mathbf{E}}{j\omega m}$$

- Po dosazení do 1. Maxwellovy rovnice získáme vztah pro relativní permitivitu

$$\text{rot}\mathbf{H} = j\omega\varepsilon_0\mathbf{E} + \mathbf{J} = j\omega\varepsilon_0 \left[1 - \frac{Ne^2}{\omega^2 m\varepsilon_0} \right] \mathbf{E} = j\omega\varepsilon_0 \varepsilon_r \mathbf{E} \quad \varepsilon_r = 1 - \frac{Ne^2}{\omega^2 m\varepsilon_0} = 1 - 80,6 \cdot \frac{N}{f^2}$$

Relativní permitivita ionosféry

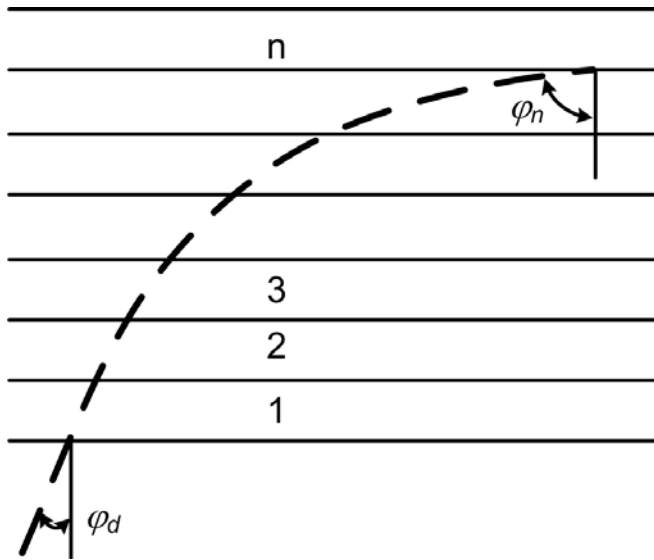
$$\varepsilon_r = 1 - \frac{Ne^2}{\omega^2 m \varepsilon_0} = 1 - 80,6 \cdot \frac{N}{f^2}$$

- < 1
- $\sim f$ (disperzní prostředí)
- klesá s N až do záporných hodnot, kdy se vlna již nemůže šířit a dojde k odrazu
- Relativní permitivita je nulová pro

$$f_0 = \sqrt{80,6N} \cong 9\sqrt{N}$$

- f_0 – kritická frekvence (cca 1 – 16 MHz) pro každé maximum ionizace
- V nižších vrstvách nelze zanedbat odpor tření ionosféry
=> komplexní permitivita
=> nenulová vodivost prostředí nepřímo úměrná frekvenci
=> velký útlum, zejména na nižších frekvencích

Šikmý dopad



Snellův zákon lomu (φ_m – zenitový úhel dopadu na vrstvu s N_{max})

Pro odraz se musí najít před N_{max} vrstva s $\varphi_k = 90^\circ$

Po dosazení N_{max} za N dostaneme max. frekvenci MUF, kdy dojde k odrazu

Zákon sekanty (kvůli zakřivení Země i ionosféry je nutná pro skoky nad 1000 km empirická korekce vztahu)

$$0 < N_1 < N_2 < N_3 \dots < N_m \quad f_0 = \sqrt{80,6N} \cong 9\sqrt{N}$$

$$n = \sqrt{\varepsilon_r} = \sqrt{1 - 80,6 \cdot \frac{N}{f^2}}$$

$$n_0 \rangle n_1 \rangle n_2 \rangle n_3 \dots \rangle n_m$$

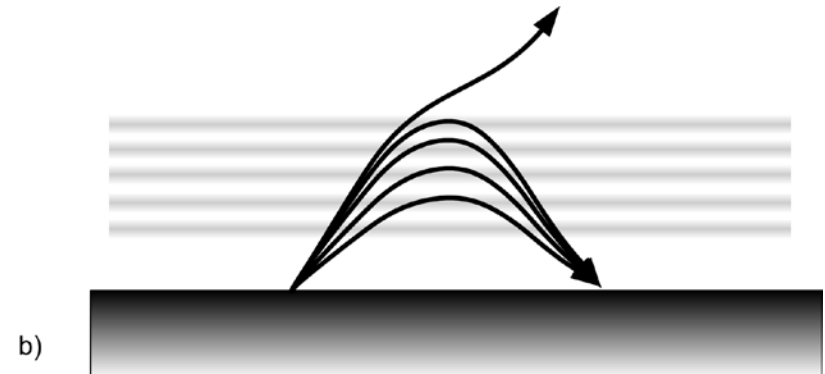
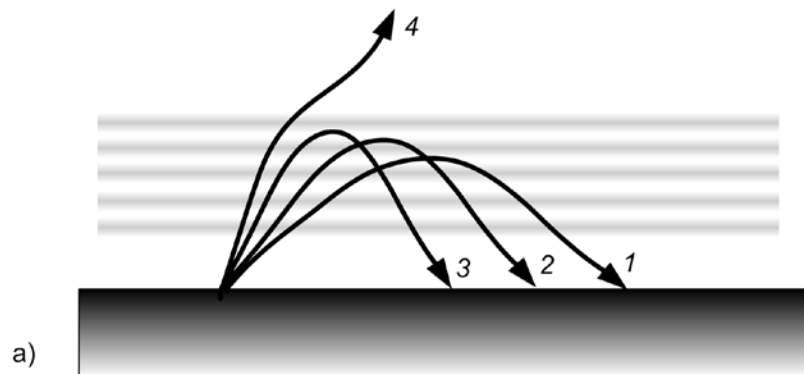
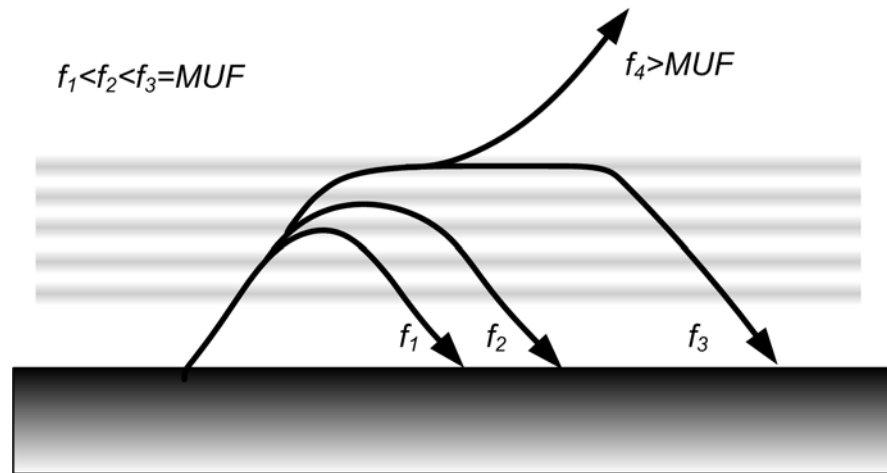
$$n_0 \cdot \sin \varphi_d = n_1 \cdot \sin \varphi_1 = \dots n_k \cdot \sin \varphi_k \dots = n_m \cdot \sin \varphi_m$$

$$1 \cdot \sin \varphi_d = n_k \cdot 1 = \sqrt{1 - 80,6 \cdot \frac{N}{f^2}}$$

$$1 \cdot \sin \varphi_d = n_k \cdot 1 = \sqrt{1 - 80,6 \cdot \frac{N_{max}}{f_{max}^2}} = \sqrt{1 - \frac{f_0^2}{f_{max}^2}}$$

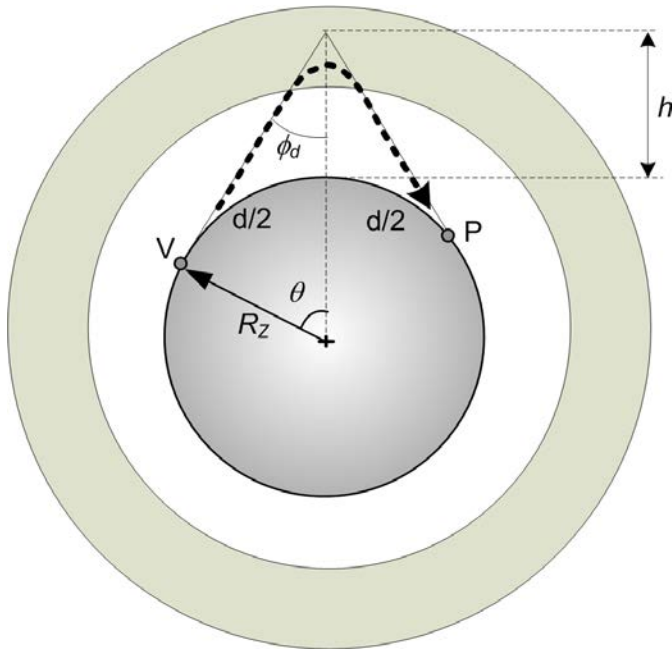
$$f_{max} = \frac{f_0}{\cos \varphi_d} = f_0 \sec \varphi_d$$

$$f_{\max} = \frac{f_0}{\cos \varphi_d} = f_0 \sec \varphi_d$$



Virtuální výška odrazu

- Čas průchodu vlny pro reálné křivočaré dráze = čas průchodu rychlostí světla ve vakuu po lomené dráze
- Max. možný zenitový úhel dopadu, resp. max. délka skoku (při nulové elevaci)



$$\theta = \arccos \frac{R_Z}{R_Z + h}$$

$$d_{\max} = 2R_Z \arccos \frac{R_Z}{R_Z + h}$$

$$\phi_{d \max} = \arcsin \frac{R_Z}{R_Z + h}$$

- Pro obecnou elevaci

$$\phi_d = \arcsin \frac{R_Z \cos \beta}{R_Z + h}$$

Vliv magnetického pole Země

- Na volný pohybující se elektron působí i geomagnetické pole
=> anizotropní prostředí (záleží na vzájemné orientaci směru šíření vlny a vektoru geomagnetického pole – el. parametry ionosféry funkcí směru, tj. komplexní permitivita je dána tenzorem)
- Faradayova rotace
 - ◆ Každá vlna = superpozice dvou vln: levo- a pravotočivě kruhově polarizovaných
 - ◆ Při podélné orientaci vnějšího mag. pole vzhledem ke směru šíření
=> vířivý pohyb elektronů v rovině kolmé na směr šíření
=> rozdílná rychlost šíření CL a CR vlny
 - ◆ => Stáčení polarizační roviny vlny
- Dvojlom
 - ◆ Vlna se štěpí na řádnou a mimořádnou vlnu
- Gyromagnetická frekvence

Vliv magnetického pole Země

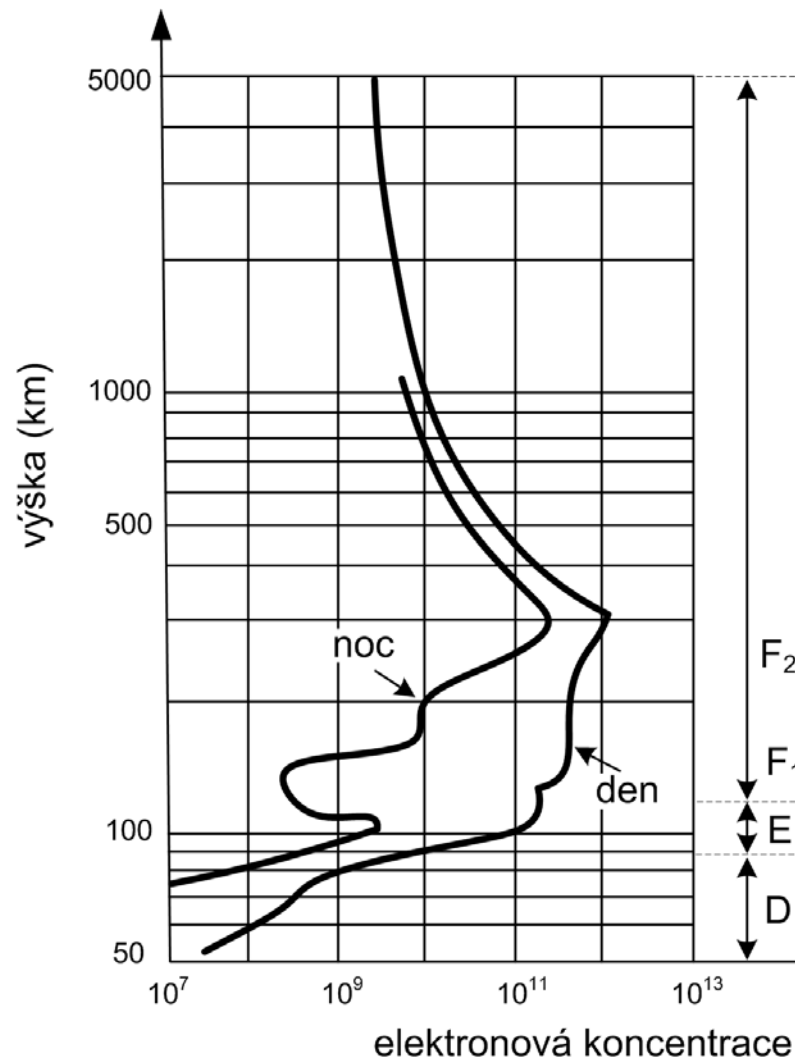
- Na volný pohybující se elektron působí i geomagnetické pole
=> anizotropní prostředí (záleží na vzájemné orientaci směru šíření vlny a vektoru geomagnetického pole – el. parametry ionosféry funkcí směru, tj. komplexní permitivita je dána tenzorem)
- Faradayova rotace
 - ◆ Stáčení polarizační roviny vlny
- Dvojlom
 - ◆ Při šíření v příčném mag. poli
 - ◆ Vlna se štěpí na řádnou a mimořádnou vlnu
 - Řádná vlna se šíří jako v případě bez mag. pole
 - Mimořádná vlna se šíří odlišnou rychlostí podle mag. Pole
 - ◆ Jedna s příčin úniků
- Gyromagnetická frekvence

Vliv magnetického pole Země

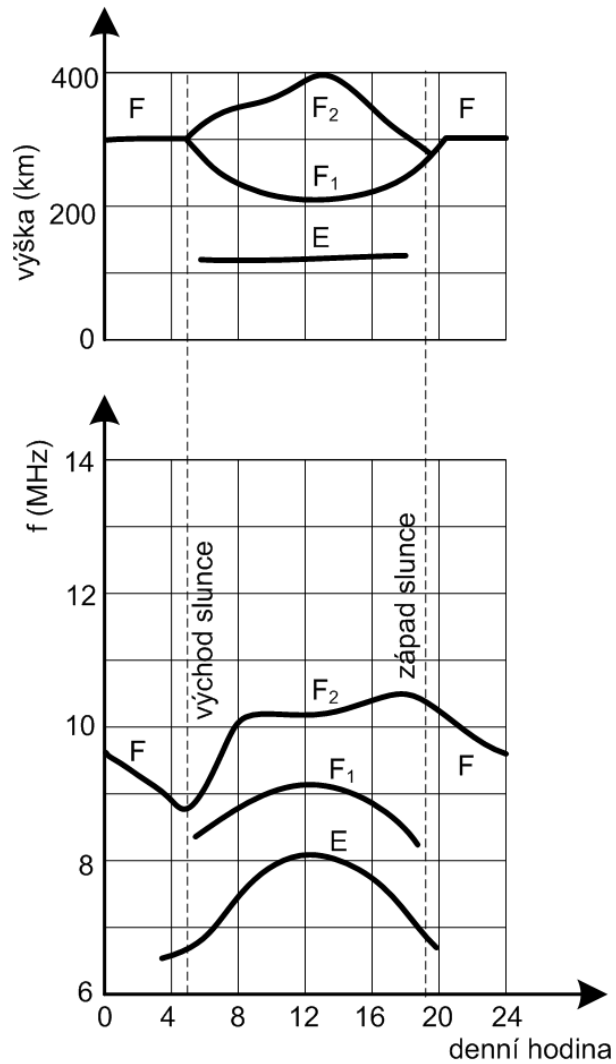
- Na volný pohybující se elektron působí i geomagnetické pole
=> anizotropní prostředí (záleží na vzájemné orientaci směru šíření vlny a vektoru geomagnetického pole – el. parametry ionosféry funkcí směru, tj. komplexní permitivita je dána tenzorem)
- Faradayova rotace
 - ◆ Stáčení polarizační roviny vlny
- Dvojlom
 - ◆ Vlna se štěpí na řádnou a mimořádnou vlnu
- Gyromagnetická frekvence
 - ◆ Vnější mag. pole = vířivý pohyb volného elektronu po kružnici (i bez přítomnosti elmag vlny) s konstantní frekvencí
 - ◆ = gyromagnetická rezonance
(střední hodnota $H = 40 \text{ A/m} \Rightarrow 1,4 \text{ MHz}$)
 - ◆ Při podobné frekvenci elmag vlny zvýšení rychlosti pohybu elektronu po roztáčejí se spirále = vzrůstá pravděpodobnost srážek
 - ◆ Zvýšení útlumu na frekvencích blízko gyromagnetické rezonance

Vrstvy ionosféry

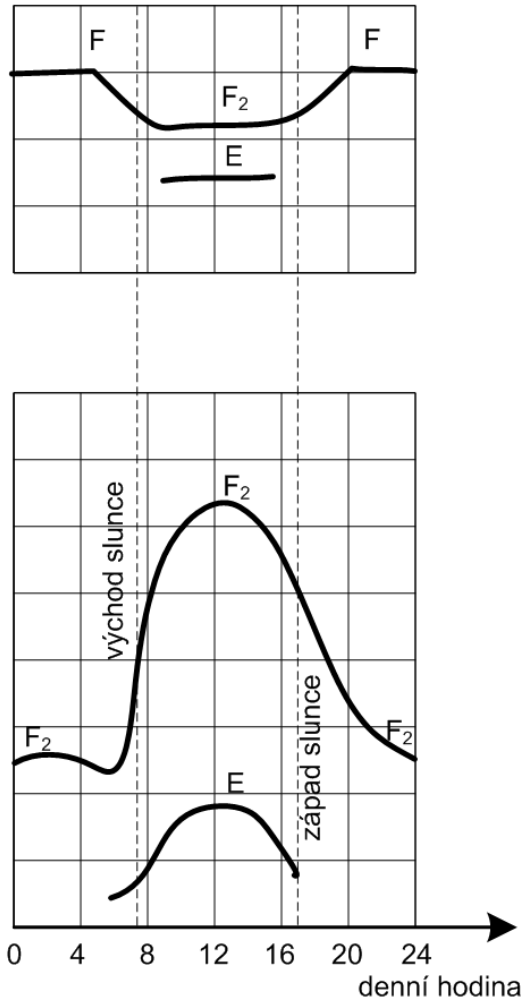
- Experimentálně D, E, F1, F2, Es



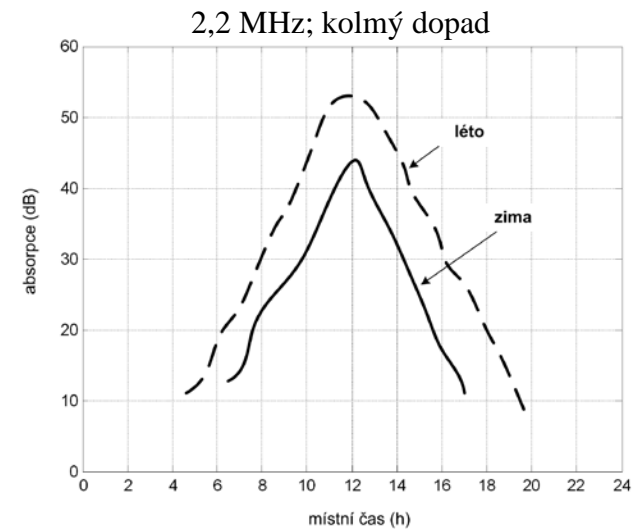
Vliv ročního období



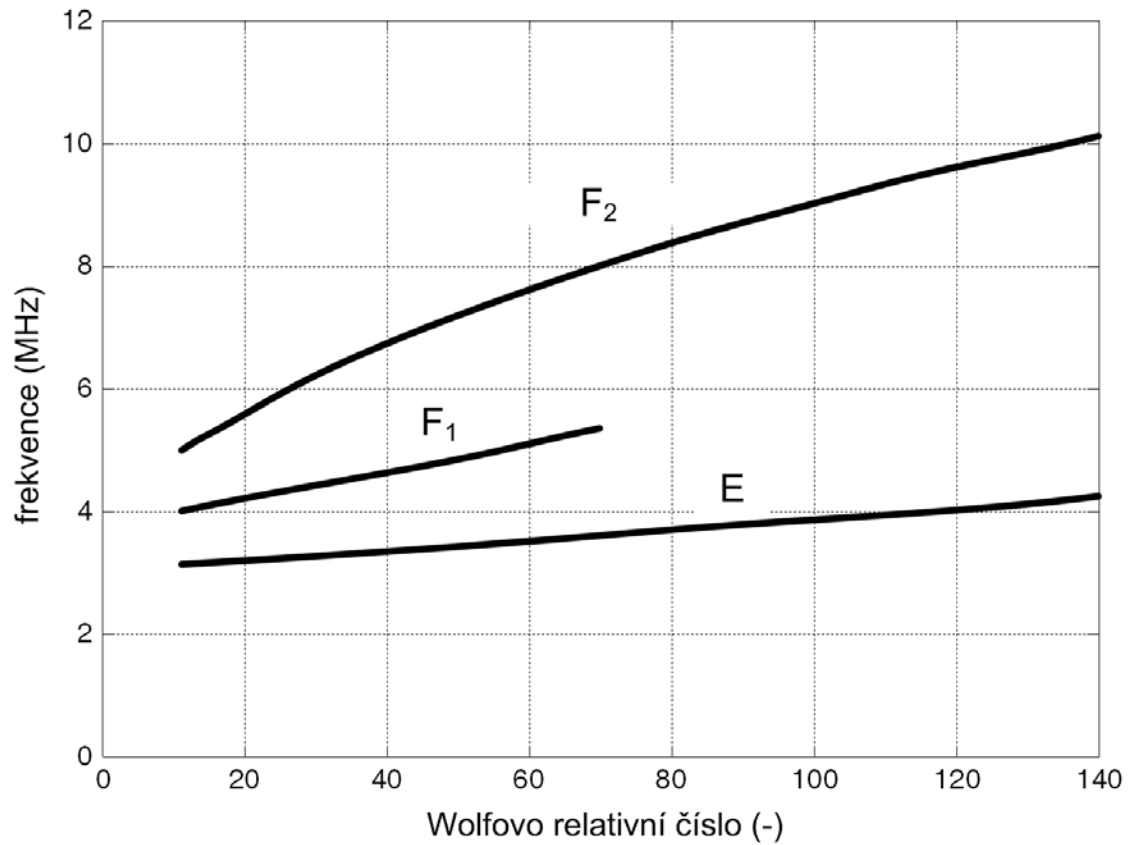
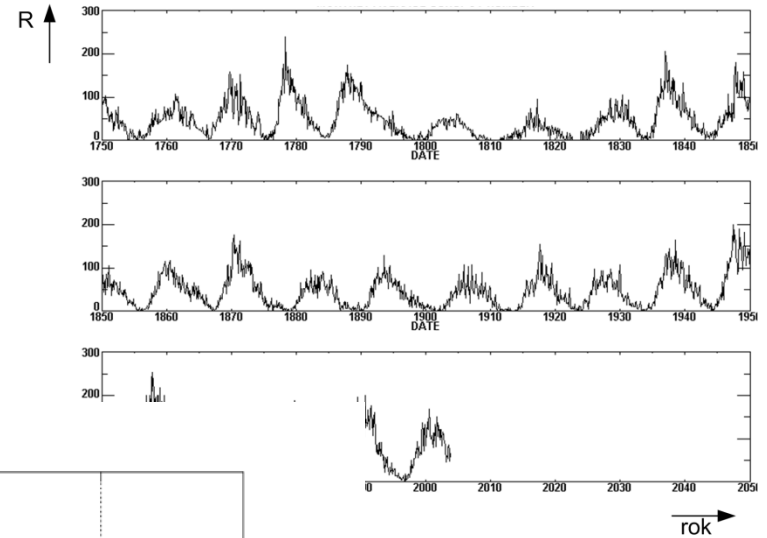
a) červen



b) prosinec



Vliv sluneční aktivity



Vrstvy ionosféry

■ Vrstva D

- ♦ Výška 60 – 90 km
- ♦ Pouze ve dne
- ♦ Nezávisí na solárním cyklu
- ♦ Převyšuje iontová ionizace nad elektronovou
- ♦ Maximum v létě
- ♦ Odráží DV a VDV; tlumí SV a KV
- ♦ Kritická frekvence 0,1 – 0,7 MHz

■ Vrstva E

- ♦ Výška 90 – 150 km
- ♦ Odráží SV (v noci po vymizení D i DV)
- ♦ Kritická f v poledne cca 4,5 MHz, v noci 0,9 MHz

■ Sporadická vrstva E – vrstva Es

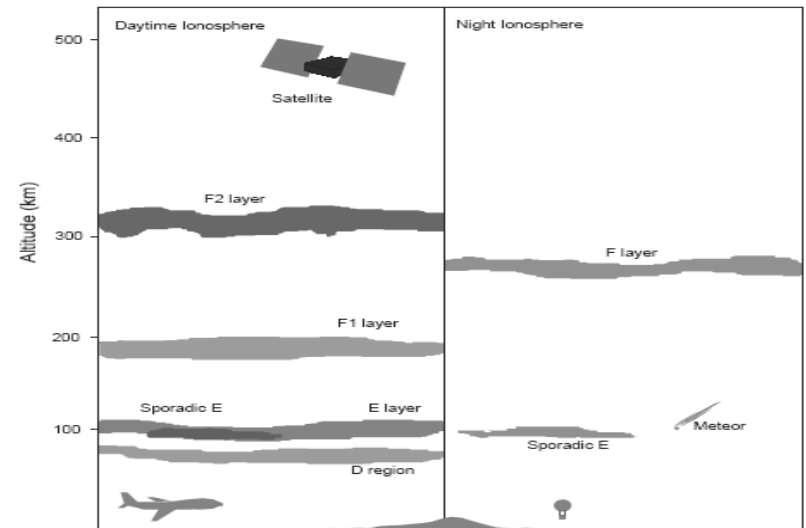
- ♦ Nepravidelně na místě řádné E
- ♦ Dynamické procesy v atmosféře
=> náhlé vytvoření jakýchsi oblaků až stovky km rozlehlých (na několik hodin)
- ♦ Střední zeměpisné šířky
- ♦ Velmi vysoká f_0 (může odrážet i KV a VKV)

■ Vrstva F1

- ♦ Výška 150 – 210 km
- ♦ Jen v létě
- ♦ Silný vliv denní doby
- ♦ Maximum v poledne (f_0 až 5,5 MHz)
- ♦ V noci splyne s F2 v F

■ Vrstva F2

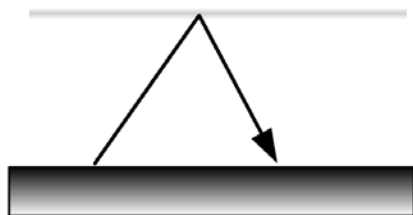
- ♦ Výška od cca 210 km
- ♦ Největší význam pro přenos KV
- ♦ Silná závislost na denní a roční době a solárním cyklu
- ♦ Malý tlak = pomalá rekombinace po západu Slunce



Ionosférická vlna (HF)

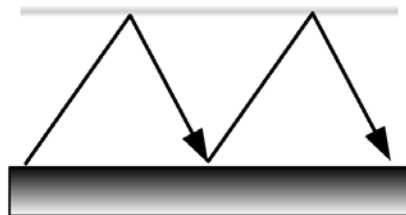
Vrstva	Výška	Kritický kmitočet ve dne	Kritický kmitočet v noci
D	60 – 90 km	0,1 – 0,7 MHz	-
E	90 – 150 km (100 km)	4,5 MHz	0,9 MHz
F (F2)	150 – 500 km (300 km)	5 – 15 MHz	3 – 8 MHz

E nebo F

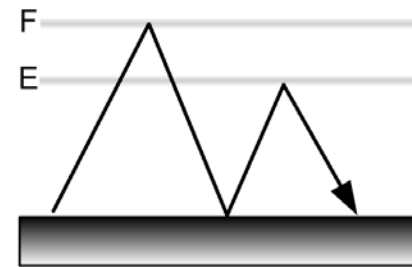


E nebo F

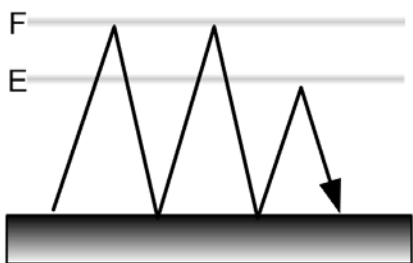
E nebo F



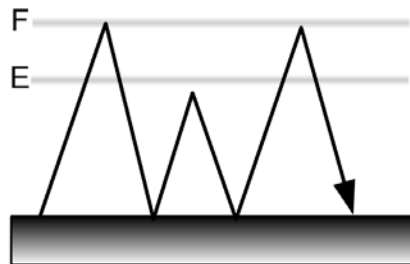
2E nebo 2F



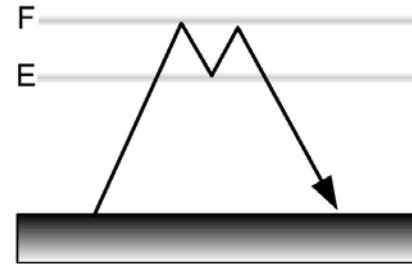
F + E



2F + E

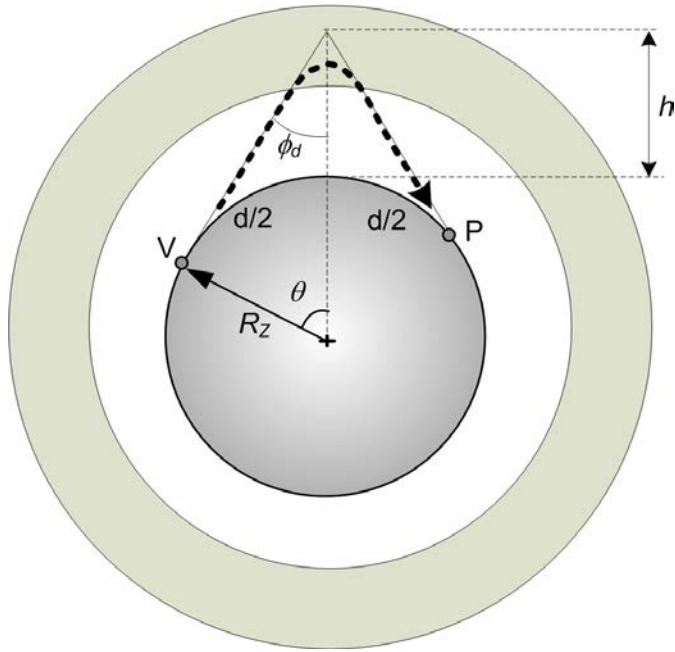


F + E + F



F - E + F

Max. délka skoku / max. zenitový úhel dopadu



$$\theta = \arccos \frac{R_Z}{R_Z + h}$$

$$d_{\max} = 2R_Z \arccos \frac{R_Z}{R_Z + h}$$

$$\phi_{d \max} = \arcsin \frac{R_Z}{R_Z + h}$$

E: $h = 100$ km

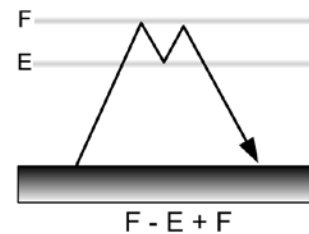
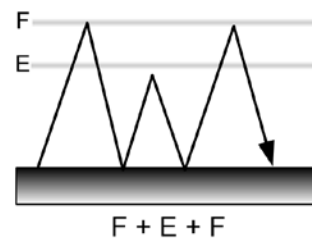
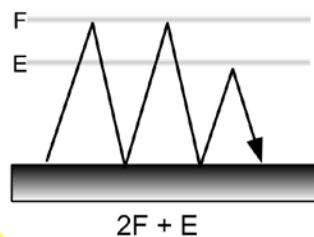
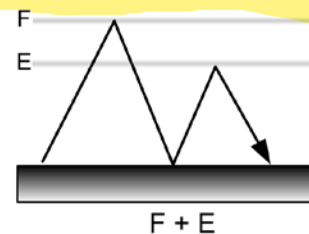
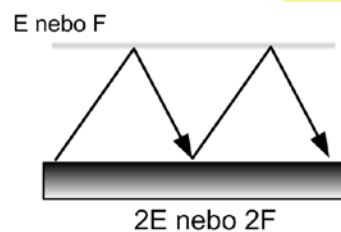
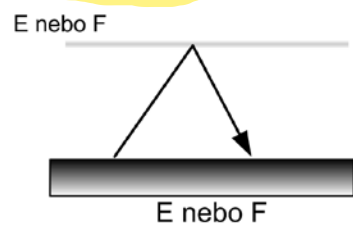
2 244 km

80 st.

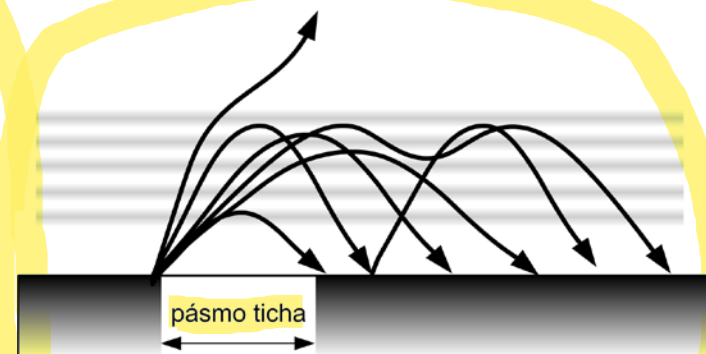
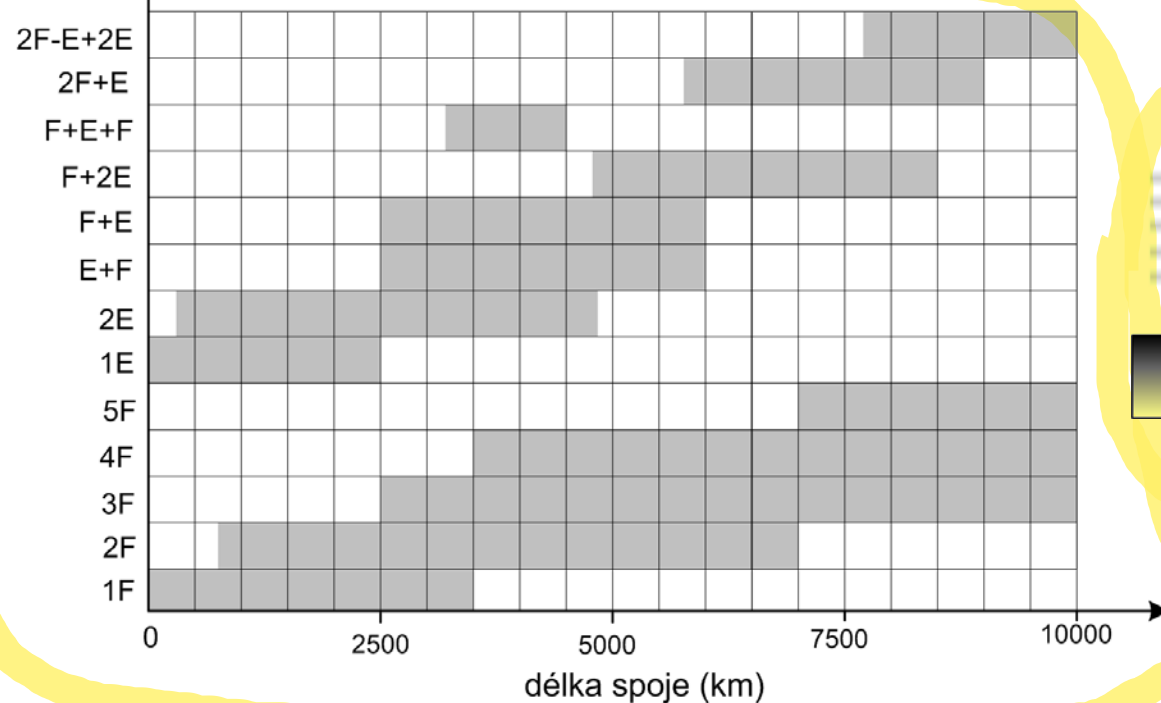
F: $h = 300$ km

3 838 km

73 st.

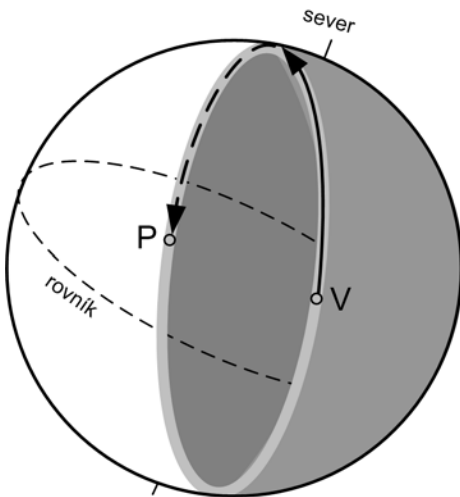


mód spoje



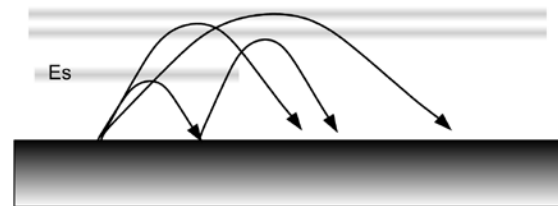
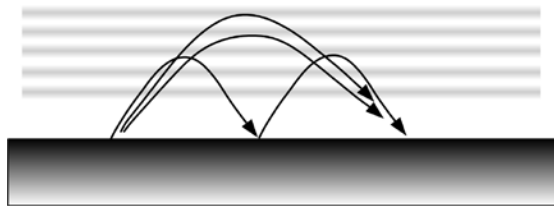
Ionosférická vlna

- Lze spojit jakákoliv dvě místa na Zemi
- Kratší a delší trasa (*short- / long- path*)
 - součet cca 40 000 km
- Kratší trasa většinou menší útlum (menší počet odrazů)
- Spoj pásmem šera
 - ◆ na koncích spoje východ/západ Slunce
 - ◆ velké změny v atmosféře na rozhraní den/noc
 - ◆ vymizí D, F2 stále vysoce ionizovaná => dobrý přenos

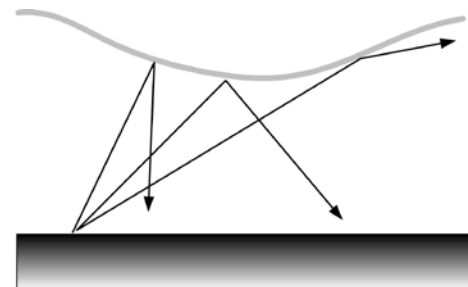
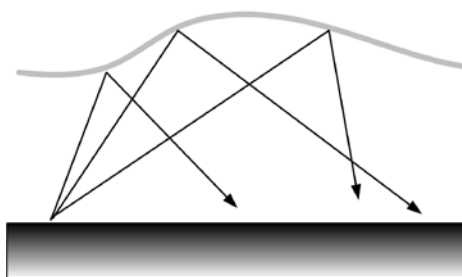


Úniky

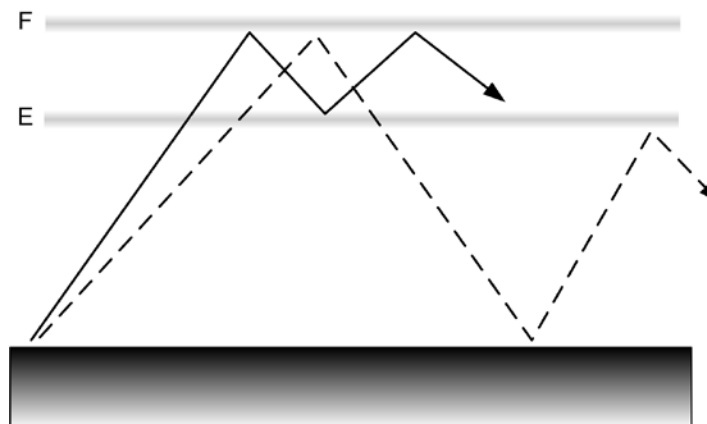
- Vícecestné šíření



- Vliv zvlnění ionosféry



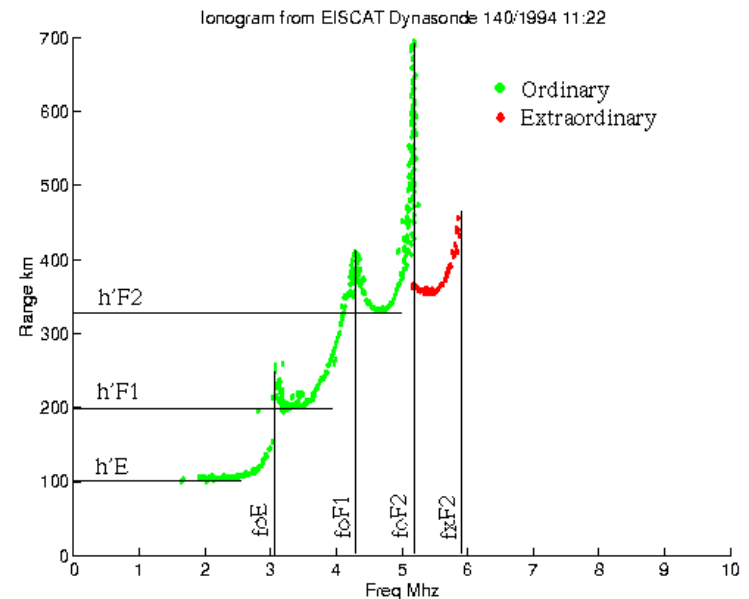
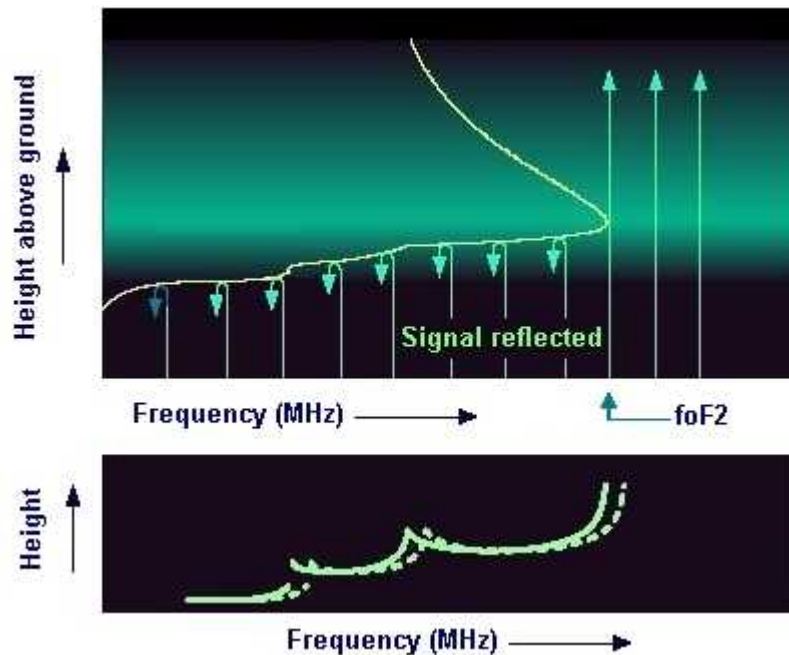
- Tětivový mód
(*chordal mode, Pedersen ray*)

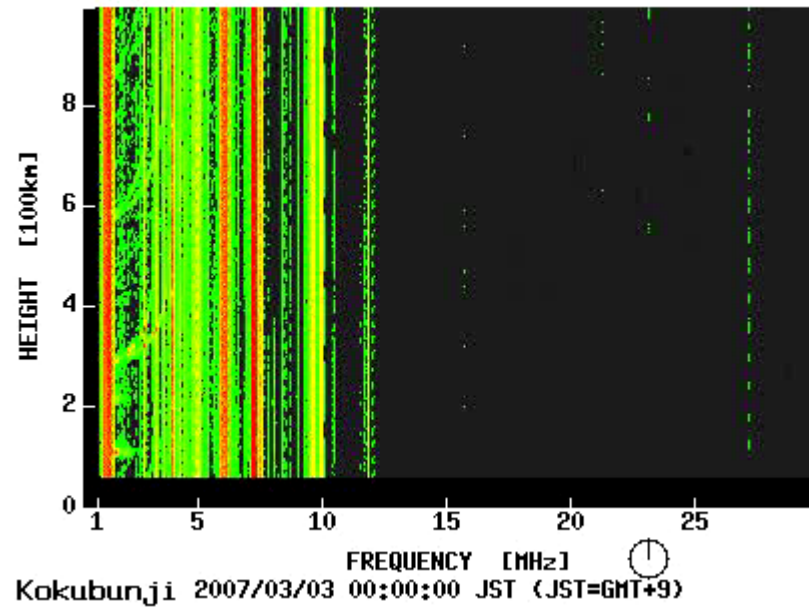
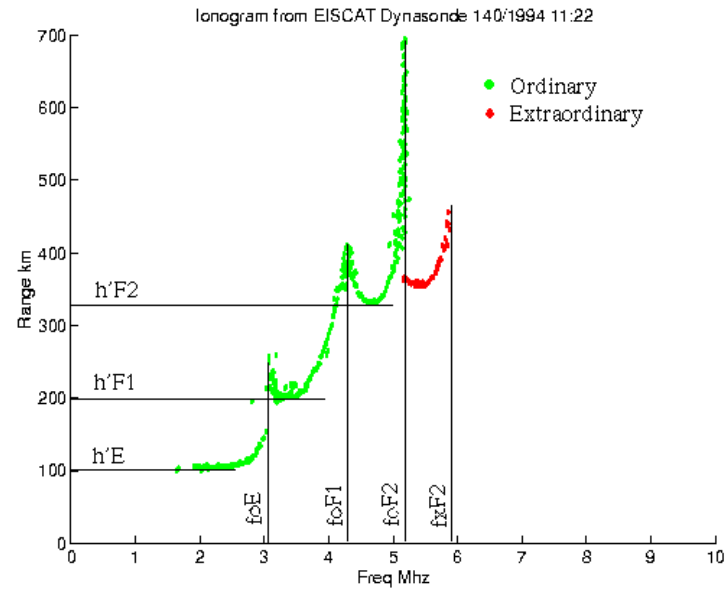


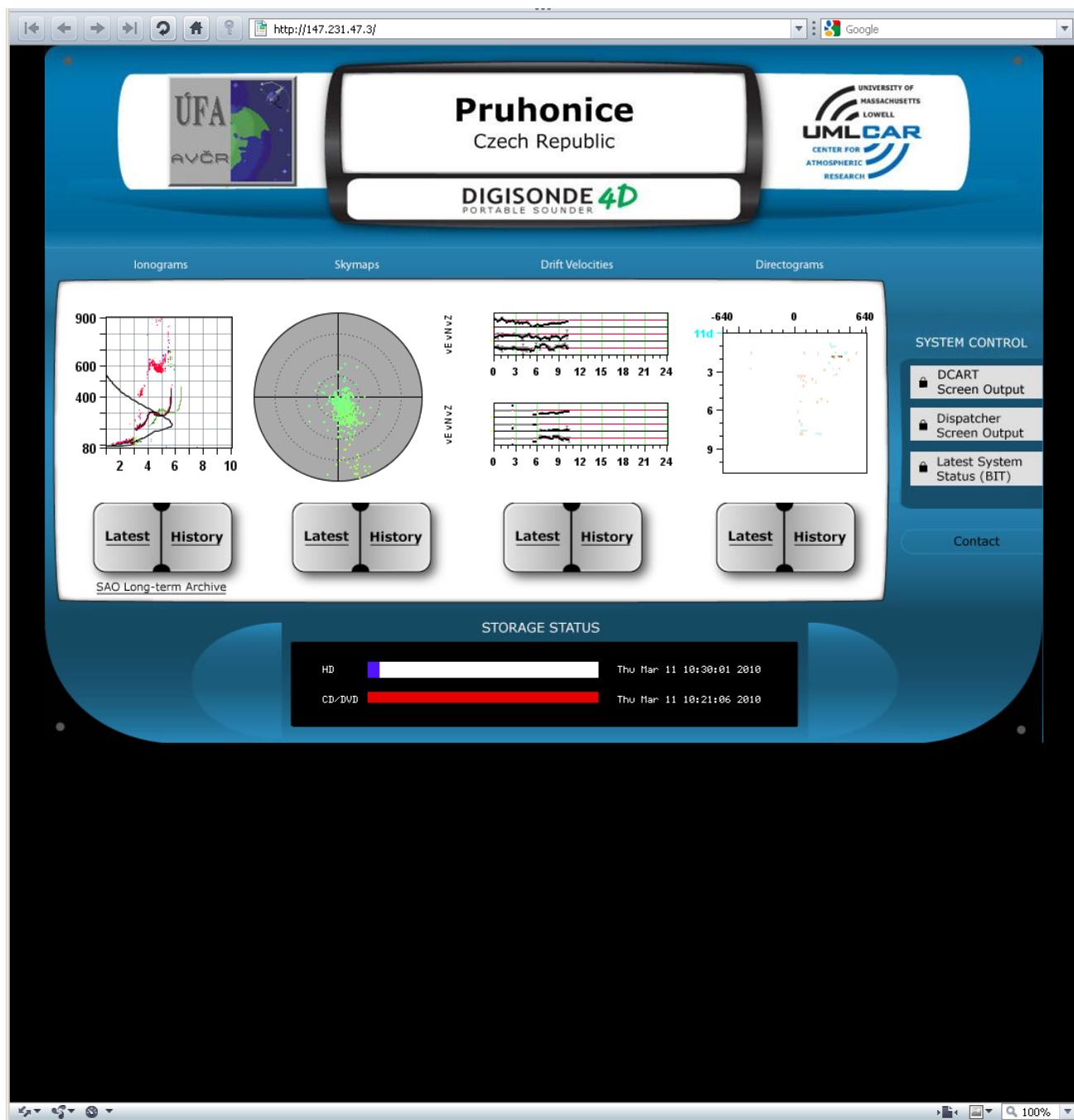
- Ionosférické poruchy

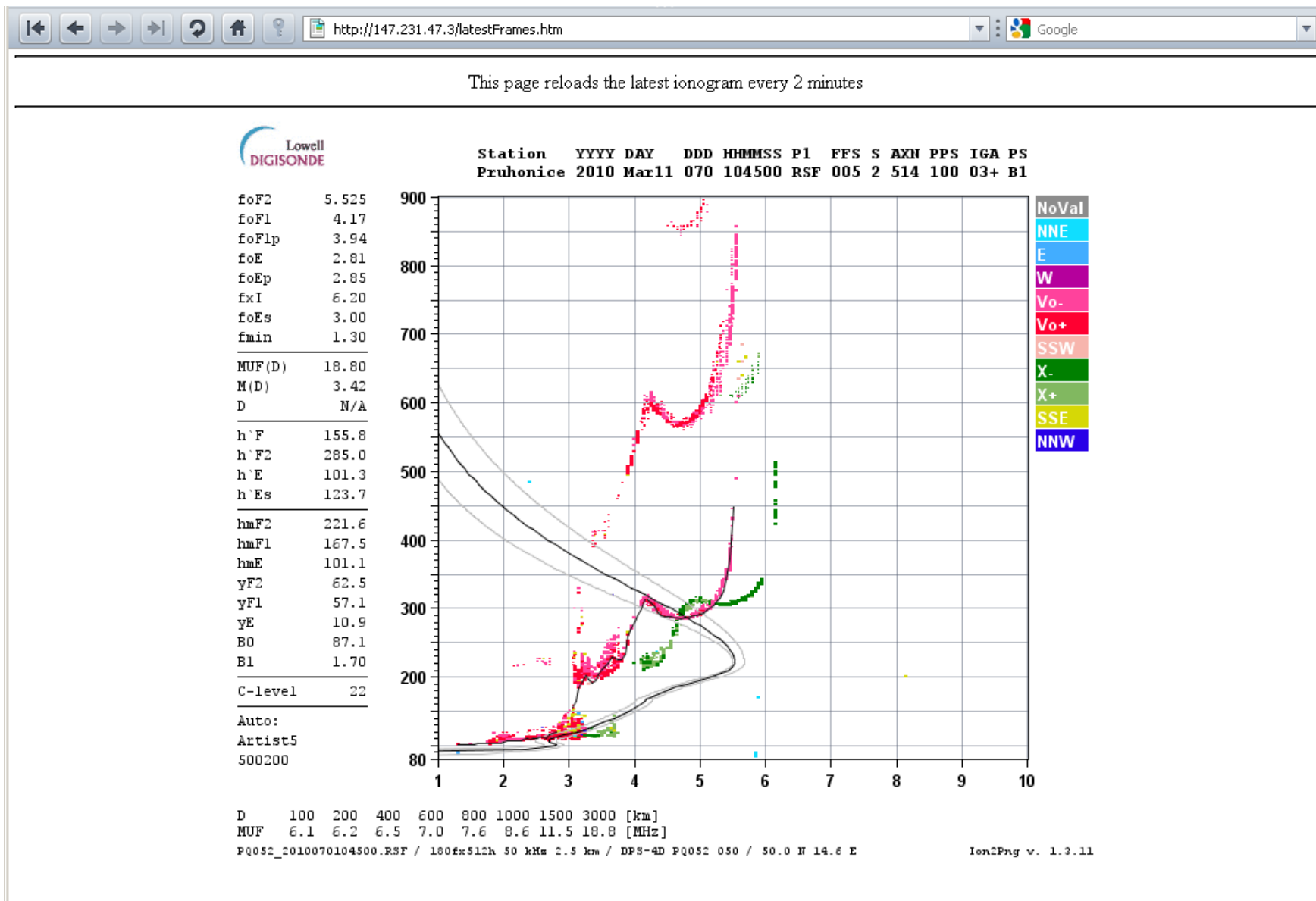
Měření a předpověď stavu ionosféry

- Ionosférické stanice
 - ◆ Např. Ionosférická observatoř Průhonice
- Ionogram











Automatically (computer)
scaled parameters

Statio YYYY DAY DDD HMM P1 FFS S AXN PPS IGA PS
Gakona 2007 Nov10 314 2230 RSF 1 713 100 20+ A1

foF2	4.838
foF1	2.78
foF1p	N/A
foE	1.88
foEp	2.01
fxI	5.83
foEs	1.75
fmin	1.30
MUF(D)	17.72
M(D)	3.67
D	N/A
h'F	157.5
h'F2	220.0
h'E	111.5
h'Es	122.5
hmF2	214.9
hmF1	167.0
hmE	104.7
yF2	45.5
yF1	25.3
yE	14.6
B0	50.9
B1	2.09
C-level	33

Auto:

Artist5

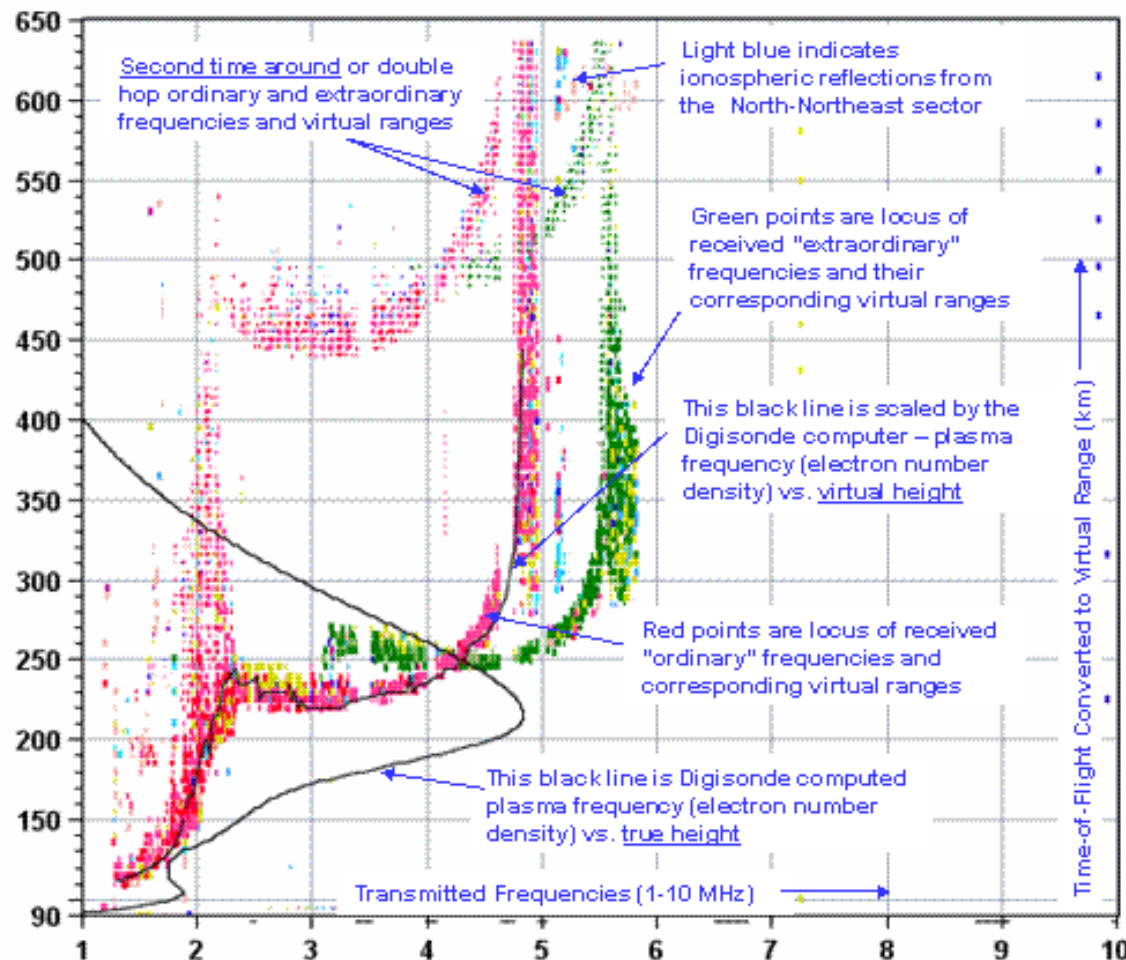
500200

D 100 200 400 600 800 1000 1500 3000 [km]

MUF 5.5 5.6 5.9 6.4 7.0 7.9 10.7 17.7 [MHz]

GA762_2007214223000.RSF / 360fx120h 25 kHm 5.0 km / DPS-4 GA762 062 / 62.4 N 215.0 E

Ion2Png v. 1.2.05



Direction to ionospheric returns and
Doppler shift of overhead ordinary
and extraordinary ionospheric returns



Měření sluneční aktivity

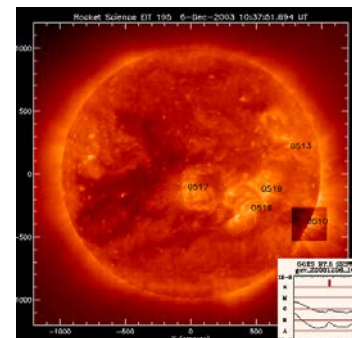
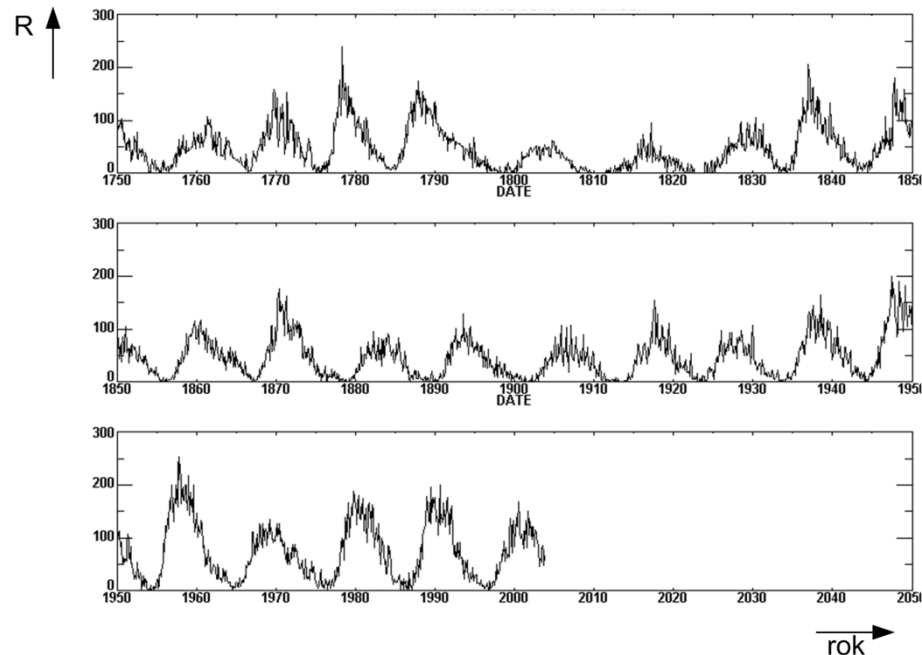
- Soustavné pozorování od 18. století
- Wolfovo relativní číslo slunečních skvrn (*SSN – sunspot number*)

$$R = m (f + 10g)$$

g – počet zřetelně viditelných skupin slunečních skvrn

f – počet jednotlivých pozorovatelných skvrn ve skupinách

m – rozlišovací schopnost použitého teleskopu
($m=1$ pro 8 cm objektiv a 64x zvětšení)



- Měření rádiového šumu Slunce na 10,7 cm (2,8 GHz)
= F10.7 výkonový tok slunečního rádiového šumu (*solar radio noise flux*)

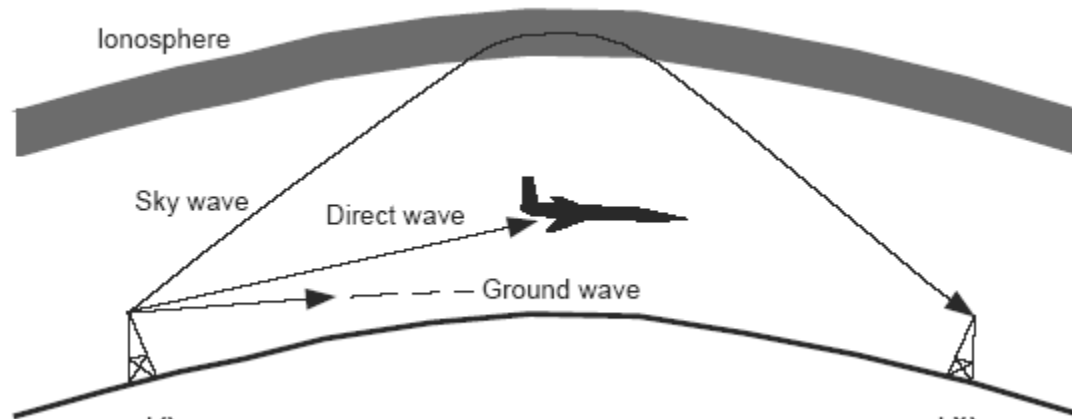
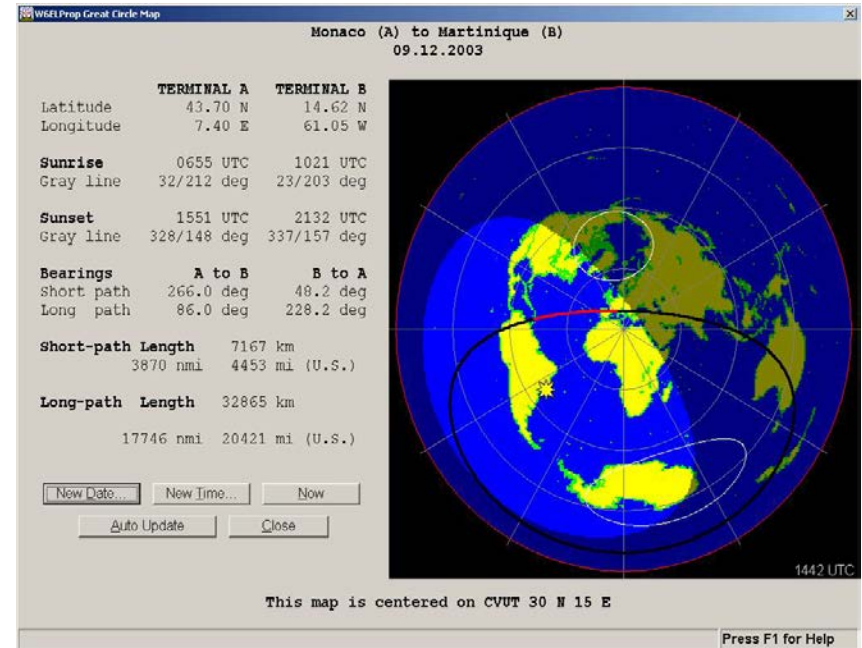
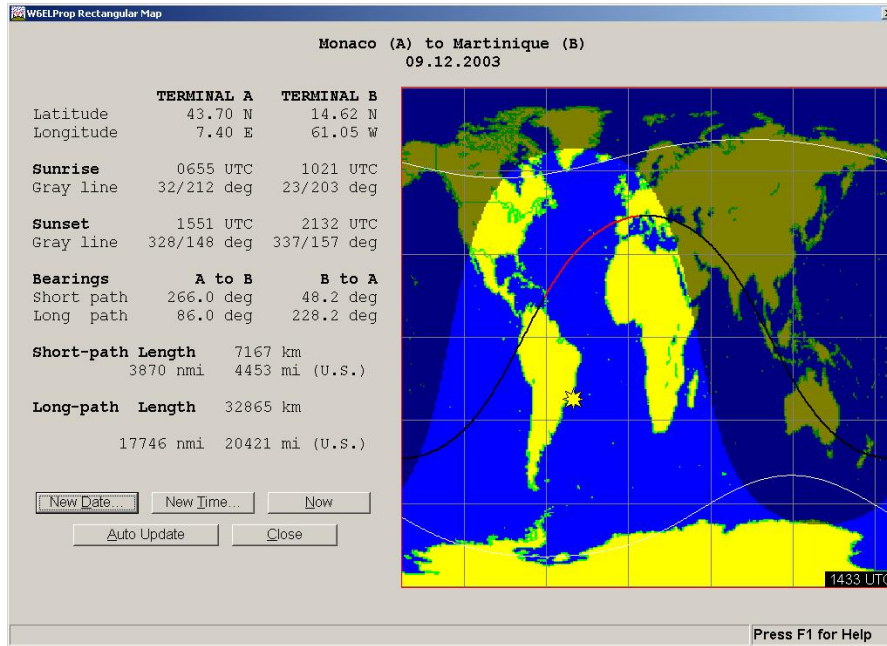
přepočtení ročního průměrného toku z ročního průměru Wolfova čísla:

$$\Phi_{12} = 63,7 + 0,728R_{12} + 8,9 \cdot 10^{-4} R_{12}^2$$

Měření magnetické aktivity

- hodnocení stavu magnetické aktivity indexem K
 - ◆ 9 – Extreme
 - ◆ 8 – Severe
 - ◆ 7 – Strong
 - ◆ 6 – Moderate
 - ◆ 5 – Minor
 - ◆ < 5 Quiet

Návrh krátkovlnného ionosférického spoje



Návrh HF ionosferického spoje dle ITU-R

- **Příklad zadání:** Návrh ionosférického spoje z Prahy (50 N, 15 E) k letadlu s zeměpisnou polohou 40 N, 60 W pro 30. 5. 2003 v 10 hodin (místní čas na nultém poledníku). Určení provozního módu, pracovního kmitočtu a útlumu spoje.
- Nalezení SSN a určení zeměpisných parametrů spoje

$$R = 87$$

Z polohy vysílače a přijímače se vypočítá jejich pozemská vzdálenost ($r = 5748$ km)

$$r := \gamma \cdot R$$

$R = 6371$ km je poloměr země

γ je středový úhel mezi koncovými body spoje

a jejich azimut od přijímače k vysílači ($a = 289,45^\circ$).

$$a := \begin{cases} \frac{180}{\pi} \cdot \arccos \left(\frac{\sin \left(x_2 \cdot \frac{\pi}{180} \right) - \sin \left(x_1 \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \cos(\gamma)}{\cos \left(x_1 \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \sin(\gamma)} \right) & \text{if } y_2 \geq y_1 \\ 360 - \frac{180}{\pi} \cdot \arccos \left(\frac{\sin \left(x_2 \cdot \frac{\pi}{180} \right) - \sin \left(x_1 \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \cos(\gamma)}{\cos \left(x_1 \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \sin(\gamma)} \right) & \text{if } y_2 < y_1 \end{cases}$$

- určení možných módů šíření a polohy míst odrazu

Spoj je delší než 4000 km, proto musíme uvažovat minimálně dva odrazy od ionosféry. Rozdělíme spoj na dva stejně dlouhé skoky.

Vypočteme zeměpisné polohy virtuálních bodů odrazu

bod1 - 52,6 N; 5,3 W

bod2 - 47,0 N; 45,0 W

- z ionosférický map získáme hodnoty kritických kmitočtů virtuálních bodů odrazu (foF2 a parametr M(3000)F2)

Pozn. pozn. data je možné získat buď přímo výpočtem z tabulovaných měřených charakteristik ionosféry, tzv. Oslo koeficientů, tj. Fourierovy řady obsahujících průměrné měsíční hodnoty standardních ionosférických charakteristik ve formě Fourierových koeficientů [ITU 434] reprezentujících proměnlivost ionosféry v závislosti na geografické poloze a čase, a nebo použitím softwaru womap.exe

bod1 - foF2 = 6,7 MHz, M(3000)F2 = 2,85

bod2 - foF2 = 5,9 MHz, M(3000)F2 = 2,95

M(3000)F2 is defined as the ratio of the maximum usable frequency at a distance of 3000 km to the F2 layer critical frequency, foF2. This parameter represents the optimum frequency at which to broadcast a signal that is to be received at a distance of 3000 km

- Vypočteme kritický kmitočet vrstvy E a MUF1E

Počítáme pouze pro bližší bod jako střední hodnotu z dat naměřených ionosferickými stanicemi v letech 1944 - 1973

$$f_oE := \sqrt[4]{A \cdot B \cdot C \cdot D}$$

A představuje faktor sluneční aktivity

B popisuje vliv daného ročního období

C udává závislost na zeměpisné šířce

D popisuje vliv denní doby

$$f_oE = 3,5 \text{ MHz}, \quad \text{MUF1E} = 12,4 \text{ MHz}$$

- Vypočteme maximální délku skoku pro odraz od vrstvy F2, základní MUF vrstvy F2 a F1 pro skok délky ($D = r/2 = 2874 \text{ km}$)

$$D_{\max} = 4871 \text{ km}$$

bod1 - F2MUF = 18,8 MHz

bod2 - F2MUF = 17,3 MHz

bod1 - F1MUF = 8,8 MHz

bod2 - F1MUF = 9,2 MHz

Výsledný F2MUF (F1MUF) je nejnižší z jednotlivých bodů

Výpočet optimální provozní frekvence

- Výsledný MUF pro daný typ spojení je nejmenší ze všech MUFů z bodů odrazu
- Základní MUF celého ionosférického spoje je největší základní MUF ze všech separátní módů
- Určíme provozní MUF (tj. maximální použitelnou frekvenci pro šíření signálu odrazem od ionosféry mezi danými terminály a daném čase za specifikovaných podmínek)

U nižších vrstev E a F1 je provozní MUF shodná se základní MUF.

U vrstvy F2 je nutné základní MUF vynásobit koeficientem z tabulky níže, kde jednotlivá období představují:
 Zima - listopad, prosinec, leden únor na severní polokouli a květen, červen, červenec, srpen na jižní polokouli;
 Léto - obdobné jako zima, jen měsíce pro jednotlivé polokoule jsou opačně; Rovnodennost - březen, duben, září, říjen pro obě polokoule.

Ratio of the median operational MUF to the median basic MUF for an F2-mode, R_{op}

Equivalent isotropically radiated power (dBW)	Summer		Equinox		Winter	
	Night	Day	Night	Day	Night	Day
≤ 30	1.20	1.10	1.25	1.15	1.30	1.20
> 30	1.25	1.15	1.30	1.20	1.35	1.25

$$\text{Provozní MUF} = \text{základní MUF} * 1,1 = 17,3 * 19,3 \text{ MHz}$$

- Určíme FOT při které je 90% dní v měsíci překročen provozní MUF (získáme vynásobením optimálního MUF tabulovaným koeficientem)

$$\text{FOT} = 0,76 \cdot \text{Provozní MUF} = 14,7 \text{ MHz}$$

Výpočet základních ztrát šířením

Rozděleno podle délky spoje, pro vzdálenosti menší než 7000 km a pro vzdálenosti větší než 9000 km. Pro vzdálenosti mezi 7000 a 9000 km se využívá interpolace.

Trasy do 7000 km

E módy (do 4000 km) mají maximálně 3 odrazy od ionosféry,

F2 módy (do 7000 km) maximálně 6 odrazů od ionosféry.

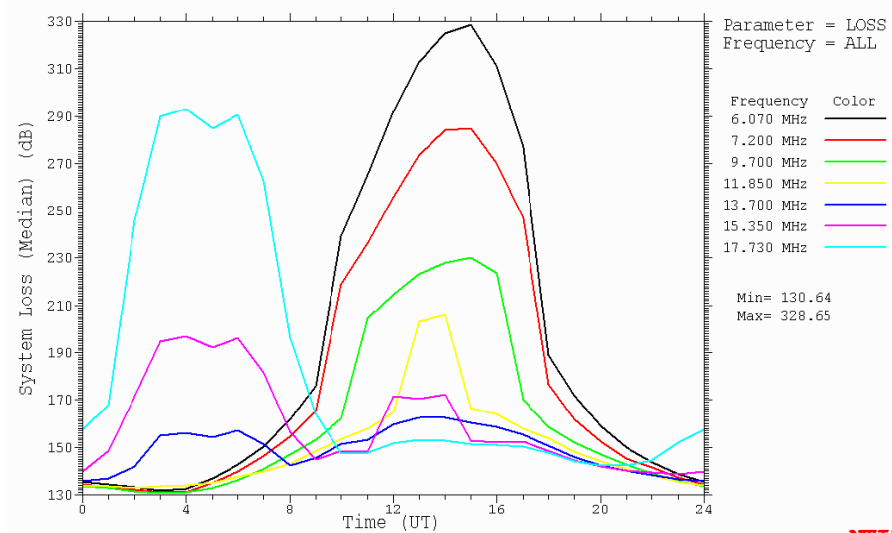
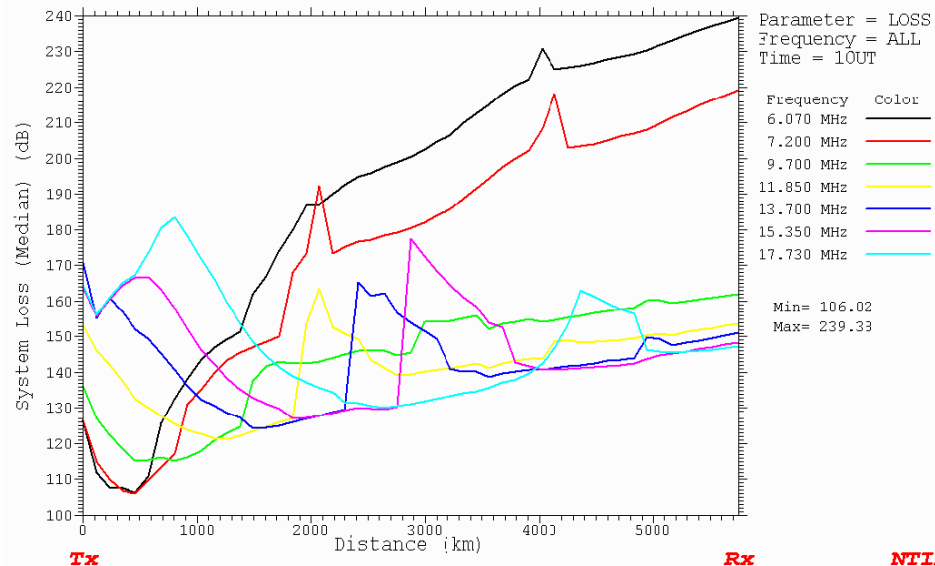
K výpočtu útlumu je nutné vypočítat elevační úhly a úhly dopadu na jednotlivé vrstvy, které vycházejí z virtuálních výšek vrstev.

Celková intenzita elektrického pole v místě příjmu je rovna součtu intenzit jednotlivých módů připadajících v úvahu pro šíření na dané trase za daných specifických podmínek (ITU doporučení uvažuje prostý součet velikostí, ve skutečnosti se jednotlivé módy sčítají s ohledem na vzájemné fázové posunutí).

Trasy nad 9000 km

Výpočet útlumu pro trasy delší než 9000 km se dle ITU doporučení výrazně liší od výpočtu pro trasy do 7000 km. Metoda vychází z analýzy změn gyrofrekvencí ve virtuálních bodech odrazu, zisku vlivem zaostření pro větší vzdálenosti, směrovosti vysílací antény a výkonu vysílače. Pro výpočet šikmé virtuální vzdálenosti se pro všechny body odrazu uvažuje virtuální výška ionosféry 300 km.

10.0	19.0	6.1	7.2	9.7	11.9	13.7	15.4	17.7	21.6	25.9	0.0	0.0	FREQ
2F2	3 E	3 E	3F2	2F2	2F2	2F2	2F2	2F2	2F2	2F2	-	-	MODE
7.8	1.4	1.5	11.3	4.9	3.9	4.2	5.4	9.4	9.4	9.4	-	-	TANGLE
20.3	19.4	19.4	20.3	20.0	19.9	19.9	20.0	20.6	20.6	20.6	-	-	DELAY
378	96	99	274	296	270	277	310	424	424	424	-	-	U HITE
0.50	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.90	0.67	0.15	0.00	0.00	-	-	MUFday
153	239	219	162	154	151	148	147	191	292	292	-	-	LOSS
41	-15	0	25	38	43	45	46	2	-98	-98	-	-	DBU
-94	-138	-124	-103	-93	-91	-91	-90	-134	-235	-235	-	-	S DBW
-172	-156	-158	-162	-166	-168	-169	-171	-173	-176	-176	-	-	N DBW
78	18	34	60	73	77	78	81	40	-60	-60	-	-	SNR
22	71	55	31	19	17	16	19	60	159	159	-	-	RPWRG
0.60	0.00	0.00	0.04	0.48	0.60	0.61	0.65	0.05	0.00	0.00	-	-	REL
0.00	0.00	0.00	0.01	0.25	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	MPROB
0.24	0.00	0.01	0.08	0.19	0.24	0.28	0.29	0.04	0.00	0.00	-	-	S PRB
25.0	13.2	13.5	15.1	15.6	18.2	18.7	25.0	25.0	25.0	25.0	-	-	SIG LW
18.5	7.2	7.2	7.4	7.9	8.0	7.6	10.9	25.0	25.0	25.0	-	-	SIG UP
26.8	16.0	16.2	17.6	18.2	20.5	21.1	26.8	26.8	26.8	26.8	-	-	SNR LW
19.4	10.5	10.0	9.3	9.6	9.8	9.5	12.4	25.7	25.7	25.7	-	-	SNR UP
17.0	6.9	7.6	17.0	17.0	16.9	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	-	-	TGAIN
-1.9	-12.8	-12.4	-1.0	-4.2	-5.5	-5.1	-3.7	-1.5	-1.5	-1.5	-	-	RGAIN
51	2	18	42	54	56	57	54	13	-86	-86	-	-	SNRxx



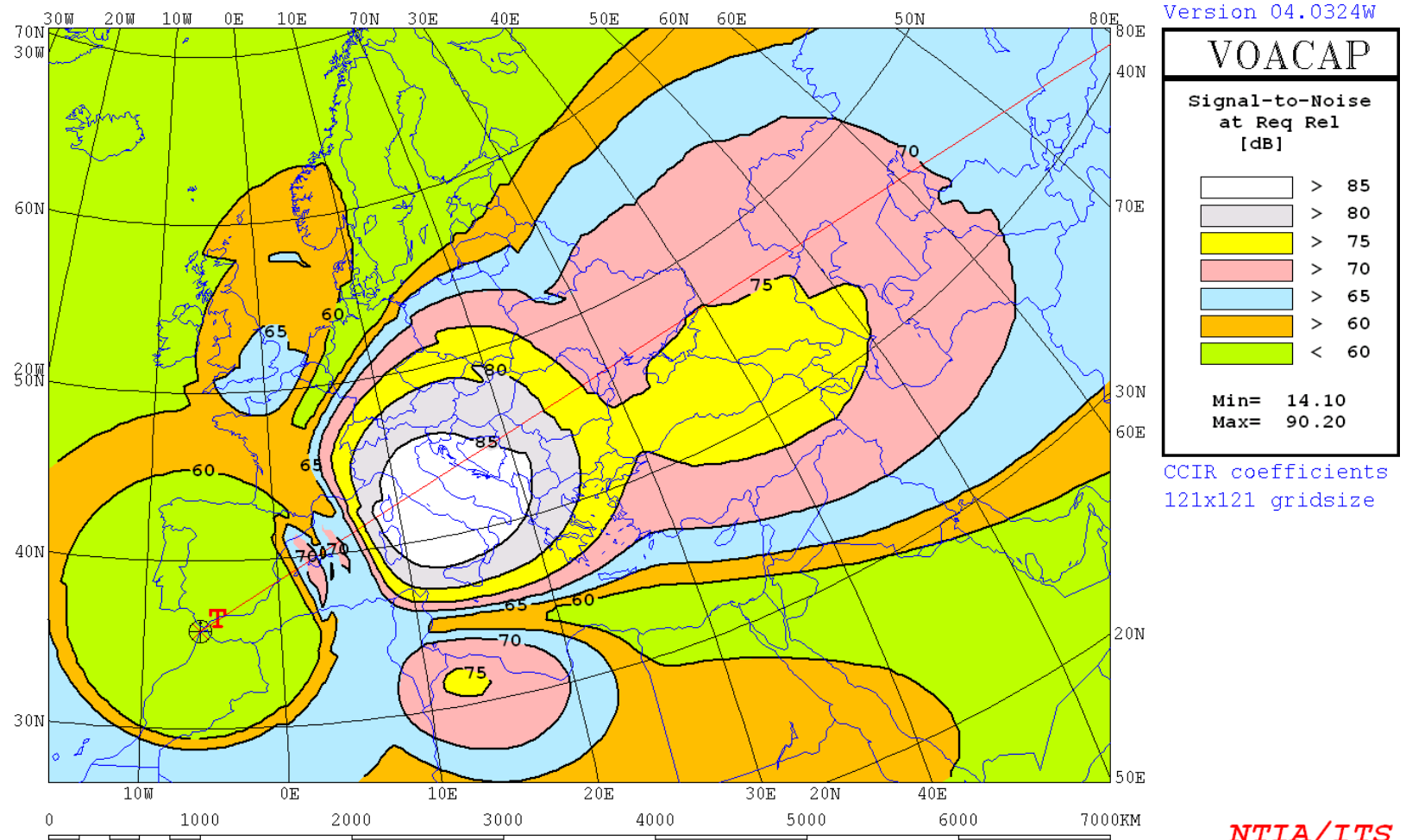
Area Coverage Map

TANGIER, Morocco [HR 4/4/.5] 500kW 57deg 18ut 11.850MHz Jun 100ssn

Tx location to grid of Rx

SNRxx

AREADATA\DEFAULT\DEF_121.V31

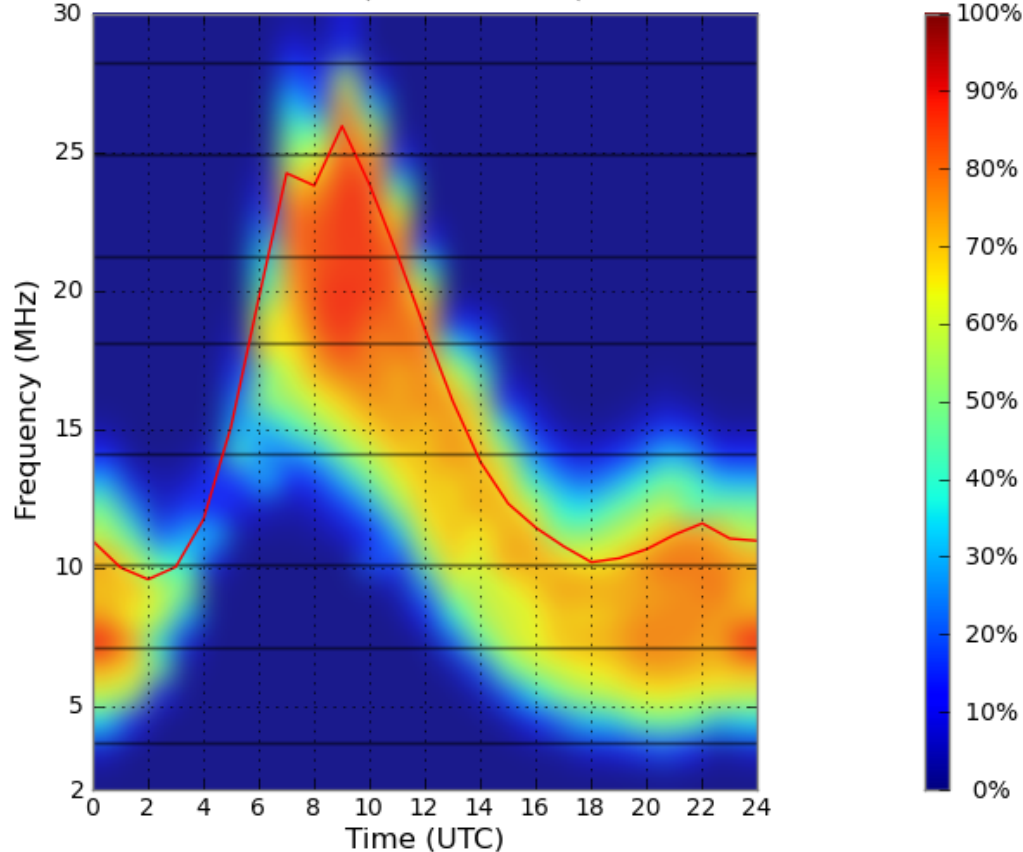




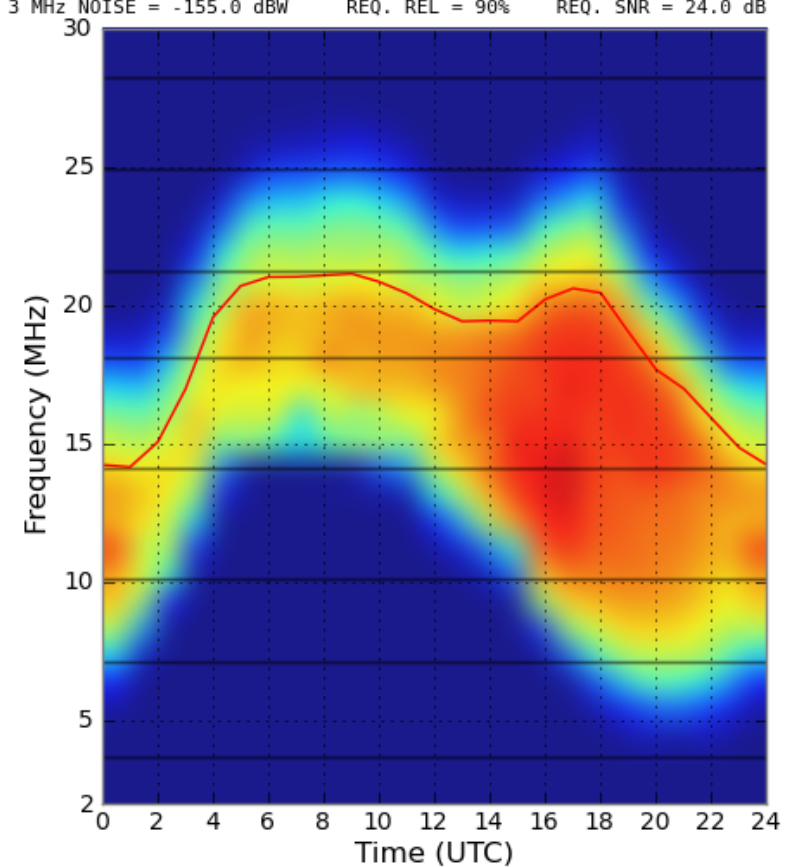
Circuit Reliability (%)

Circuit Reliability (%)

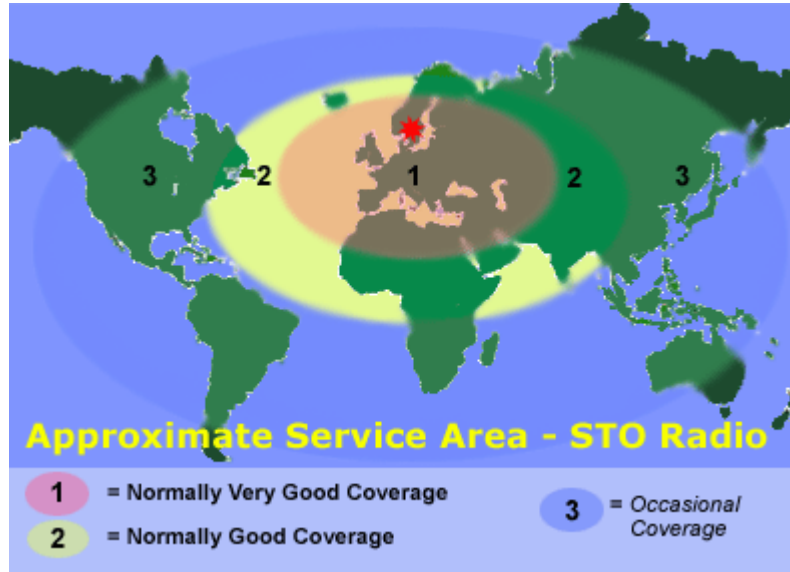
Jan 2011 SSN = 36. Minimum Angle= 0.100 degrees
 Czech Rep 27.92/103.36 AZIMUTHS N. MI. KM
 50.10 N 14.43 E - 27.92 N 103.36 E 71.96 316.35 4100.3 7593.1
 XMTR 2-30 2-D P-to-P[voaant/3el10m.ant] Az= 0.0 OFFaz= 72.0 0.400kW
 RCVR 2-30 + 0.0 dBi[voaant/isotrope.ant] Az= 0.0 OFFaz=316.4
 3 MHz NOISE = -155.0 dBW REQ. REL = 90% REQ. SNR = 24.0 dB

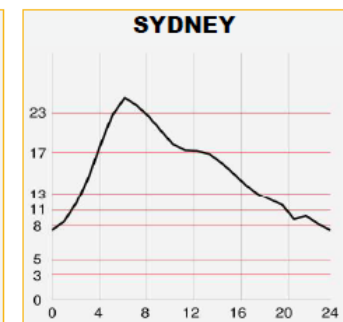


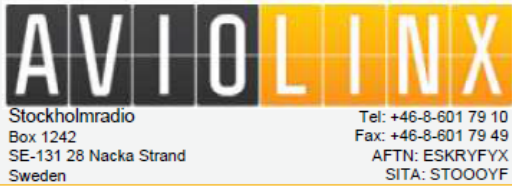
Jul 2011 SSN = 49. Minimum Angle= 0.100 degrees
 Czech Rep 27.92/103.36 AZIMUTHS N. MI. KM
 50.10 N 14.43 E - 27.92 N 103.36 E 71.96 316.35 4100.3 7593.1
 XMTR 2-30 2-D P-to-P[voaant/3el10m.ant] Az= 0.0 OFFaz= 72.0 0.400kW
 RCVR 2-30 + 0.0 dBi[voaant/isotrope.ant] Az= 0.0 OFFaz=316.4
 3 MHz NOISE = -155.0 dBW REQ. REL = 90% REQ. SNR = 24.0 dB



Aplikace – STOCKHOLMRADIO





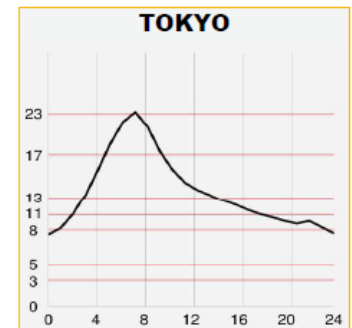
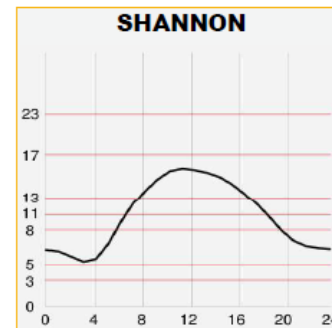
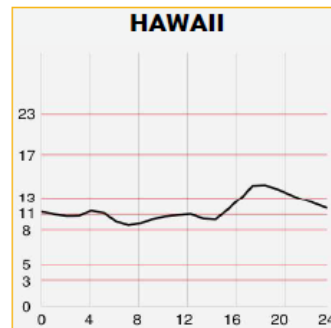
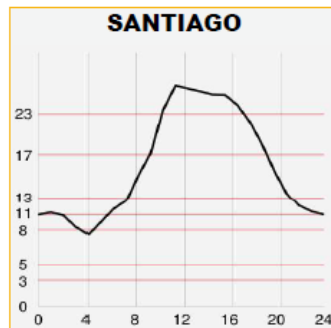
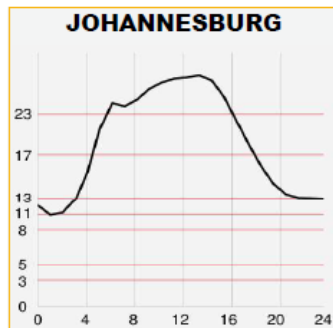
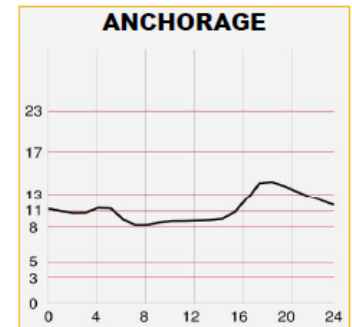
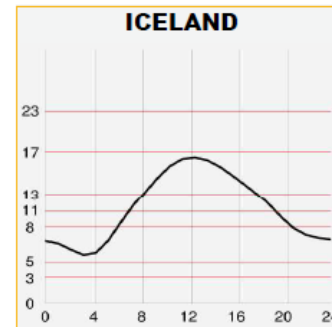
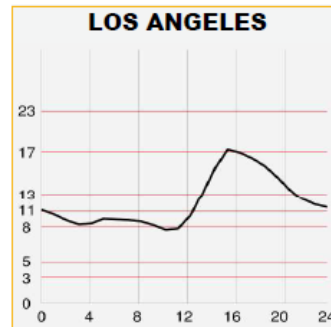
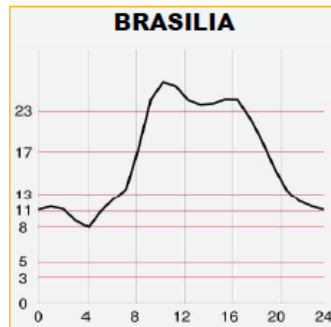
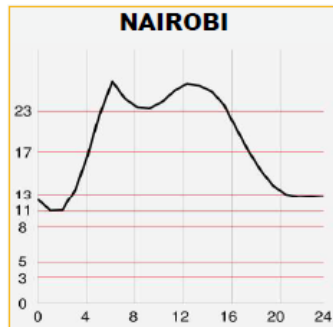
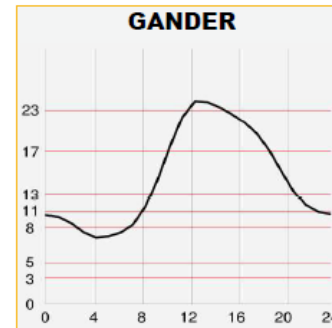
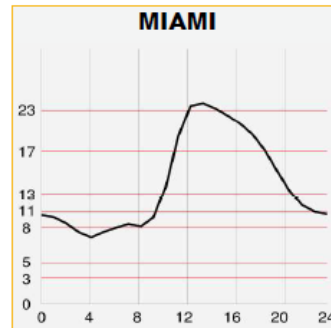
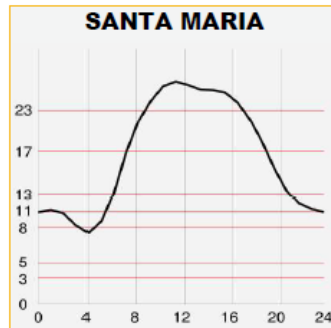
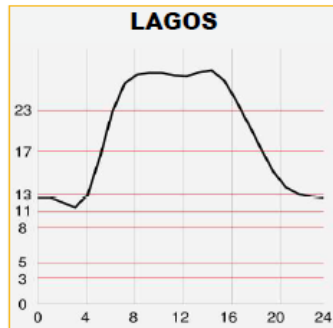


Personal Phone Patches:

For crew members wanting to place a personal call, we have arrangements with most major credit cards for easy payment. Since private phone patches cannot be connected on the monitored ICAO allocated frequencies, crew members are requested to advise us in the initial call-up that they wish to make a personal call. A suitable discrete non-aeronautical frequency is then assigned.

NOTAM

Monitored frequencies intended for Flight Safety and Flight Regularity traffic only, as defined in ICAO publication Annex 10, Volume II, Chapter 5. After initial contact on a monitored frequency, other type of traffic will be directed to another suitable frequency. Therefore, please state "change me to public", in case traffic is not in compliance with above ICAO definition.



Vliv ionosféry na družicový spoje (dle ITU-R)

TABLE 1

Estimated* ionospheric effects for elevation angles of about 30° one-way traversal**
(derived from Recommendation ITU-R P.531)

Effect	Frequency dependence	0.1 GHz	0.25 GHz	0.5 GHz	1 GHz	3 GHz	10 GHz
Faraday rotation	$1/f^2$	30 rotations	4.8 rotations	1.2 rotations	108°	12°	1.1°
Propagation delay	$1/f^2$	25 μ s	4 μ s	1 μ s	0.25 μ s	0.028 μ s	0.0025 μ s
Refraction	$1/f^2$	< 1°	< 0.16°	< 2.4'	< 0.6'	< 4.2"	< 0.36"
Variation in the direction of arrival (r.m.s.)	$1/f^2$	20'	3.2'	48"	12"	1.32"	0.12"
Absorption (auroral and/or polar cap)	$\approx 1/f^2$	5 dB	0.8 dB	0.2 dB	0.05 dB	6×10^{-3} dB	5×10^{-4} dB
Absorption (mid-latitude)	$1/f^2$	< 1 dB	< 0.16 dB	< 0.04 dB	< 0.01 dB	< 0.001 dB	< 1×10^{-4} dB
Dispersion	$1/f^3$	0.4 ps/Hz	0.026 ps/Hz	0.0032 ps/Hz	0.0004 ps/Hz	1.5×10^{-5} ps/Hz	4×10^{-7} ps/Hz
Scintillation ⁽¹⁾	See Rec. ITU-R P.531	See Rec. ITU-R P.531	See Rec. ITU-R P.531	See Rec. ITU-R P.531	> 20 dB peak-to-peak	≈ 10 dB peak-to-peak	≈ 4 dB peak-to-peak

* This estimate is based on a TEC of 10^{18} electrons/m², which is a high value of TEC encountered at low latitudes in daytime with high solar activity

** Ionospheric effects above 10 GHz are negligible.

⁽¹⁾ Values observed near the geomagnetic equator during the early night-time hours (local time) at equinox under conditions of high sunspot number.

Pozn.: 0,1 μ s = 30 m (GPS ~ 1,5 GHz)