



Základy bezdrôtových sietí

1. prednáška

Ivana Brídová

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021



Obsah

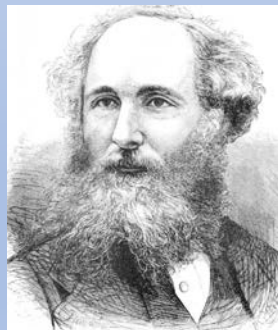
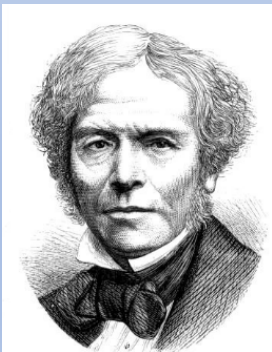
- História bezdrôtového prenosu
- Žiarenie
- Elektromagnetické vlnenie
- Vlny
- Základné veličiny



História bezdrôtového prenosu

Začiatok bezdrôtových prenosov siaha na prelom 19. storočia. Kedy sa rôzni vedci zaoberali rôznymi pokusmi a začali ich zavádzať do praxe:

- **Faraday** (1831 - 40) – teória elektromagnetizmu
- **Maxwell** 1864 – škótsky fyzik teóriu elektromagnetického poľa zaviedol do praxe. Vytvoril rovnice o správaní sa elektromagnetického poľa a tie rovnice predpovedali aj javy, ktoré dovtedy nikto nikdy nepopísal. Jedným z tých javov bolo elektromagnetické vlnenie.

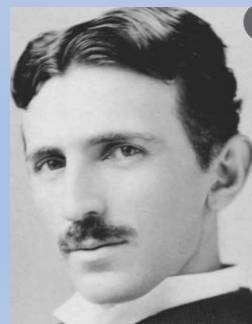
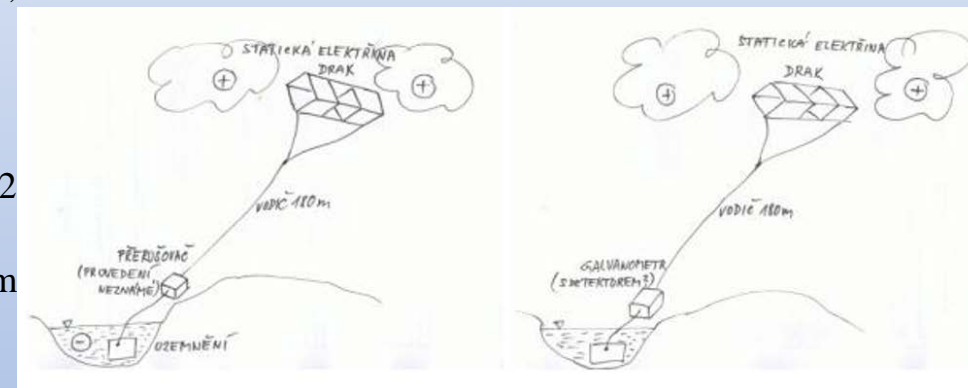


Handwritten notes on electromagnetism:

$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$ $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{r^2}$ $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{\text{inside}}}{\epsilon_0}$
 $\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$ $Q = CV$ $F = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$ $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$
 $V(r_2) - V(r_1) = -\int_{r_1}^{r_2} \mathbf{E}(r) \cdot d\mathbf{r}$ $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\int \frac{\partial \Phi}{\partial t} \cdot d\mathbf{A}$ $F_{[\alpha\beta, \gamma]} = 0$
 $= -\frac{Q}{\epsilon_0 A} (r_2 - r_1)$ $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ $V = IR$ $V(p_2) - V(p_1) = -\int_{p_1}^{p_2} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$
 $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
 $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t})$
Electro Magnetism
 $\mathbf{B} = \int \frac{\mu_0 \mathbf{J} \times d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{4\pi r^2}$ $F_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}_{21}$ $E = \frac{Q}{2\epsilon_0 A} r$ $V(p_2) - V(p_1) = -\int_{p_1}^{p_2} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$
 $F = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$ $C = \frac{Q}{V} = \frac{4\pi\epsilon_0}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}}$ $\mathbf{J}^p = \begin{pmatrix} J_x^p \\ J_y^p \\ J_z^p \end{pmatrix}$
 $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{\text{enc}}$ $F = E q$
 $\text{emf} = -BA \frac{d\cos(\theta)}{dt}$ $\text{emf} = -N \frac{d(B \cdot A)}{dt}$ $\text{emf} = -\frac{d(B \cdot A)}{dt}$ $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I_{\text{enc}}$
 $I_{\text{enc}} = \oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = H \oint d\mathbf{l} = HL$ $\text{emf} = \frac{d\Phi}{dt}$ $\mathbf{B} = \mu_0 \mu_r \mathbf{H}$ $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \int \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{A}$

Prvé pokusy o prenos rádiových vln

- **Mahlon Loomis** z Washingtonu – 1866 – vyslal **prvý rádiový signál** na vzdialenosť **23 km** a v roku – 1870 – predviedol bezdrôtové spojenie medzi dvoma loďami, ktoré boli od seba **2 míle**.
- **Guglielmo Marconi** – 1895 – taliansky elektroinžinier a vynálezca začal vysielat' svoje prvé rádiové vlny cez kopce do prijímača, ktorý nebol na dohľad. Urobil prvý bezdrôtový prenos nad morom 14 km – 1897 a v roku 1901 prvý transoceánsky prenos na **3500 km**.
- **A. S. Popov** – 1896 – 1 bezdrôtový prenos Morseových signálov na **200 m**, Petrohrad, Rusko
- **N. Tesla** – 1896 - 1. bezdrôtový prenos energie v USA nad zemou na vzdialenosť **48 km**
- V roku 1915 sa uskutočnil prvý diaľkový bezdrôtový telefónny hovor na vzdialenosť 4022 km.
- V roku 1929 začína britská spoločnosť BBC s pravidelným pokusným televíznym vysielaním

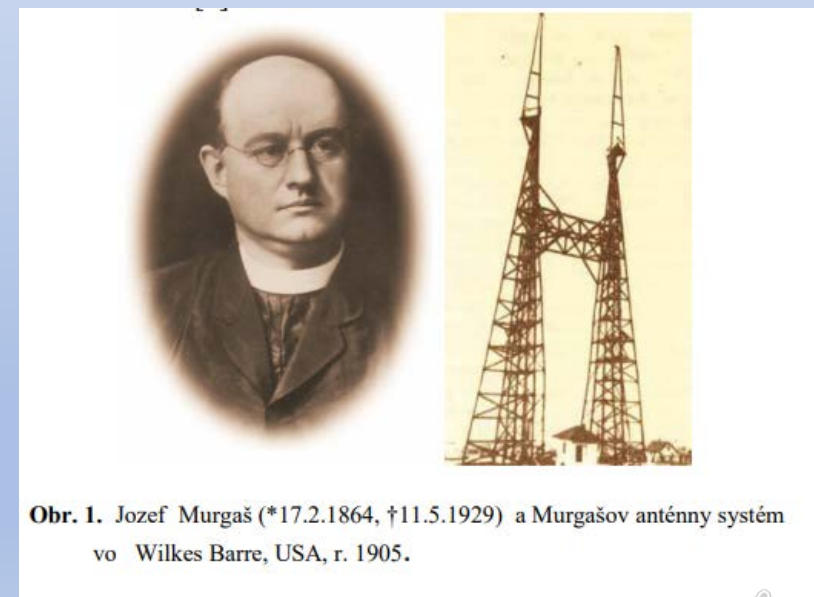
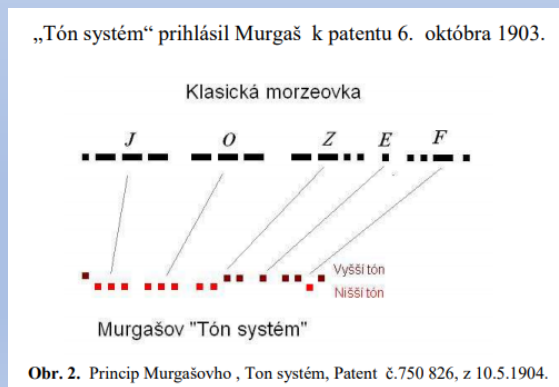


Jozef Murgaš (1864-1929) – rodák z Tajova

- Ako prvý na svete dokázal bezdrôtovo preniesť hovorenú reč (objavil tónovú moduláciu v bezdrôtovom prenose správ).
- Vyštudoval za kňaza (pôsobil v Chrenovci, neskôr v Pensylvánii v USA), viedol spevokol, viedol prednášky, vydával noviny, maľoval, vášnivý rybár a zároveň sa venoval svojím vynálezom (nebol spokojný s bežne predávaným navijakom a preto si dal patentovať vlastný).
- V rokoch 1904-1912 mu bolo v USA pridelených 13 patentov.
- 1905 – telegraficky spojil dve mestá vzdialené 30 km
(prvý prenos hovoreného slova)

• Tón systém:

- Zaviedol tónovú moduláciu, kde:
 - Bodka – vyšší tón
 - Čiarka – nižší tón
- Skrátil vysielač čas, prekonal terénne a iné rušivé účinky.

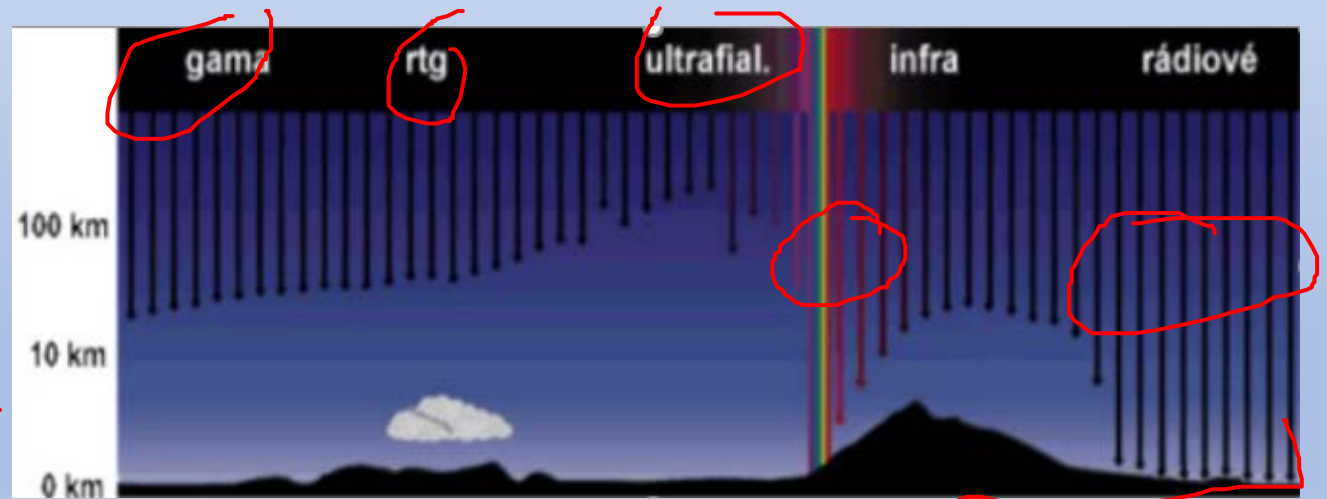


Žiarenie

- Je energia vo forme vln alebo častíc.
- Každý druh elektromagnetického (EM) žiarenia je charakterizovaný frekvenciou f a vlnovou dĺžkou λ .
- **EM žiarenie** je prenos energie v podobe elektromagnetického vlnenia

Základné delenie žiarenia je na:

- Ionizujúce
- Neionizujúce

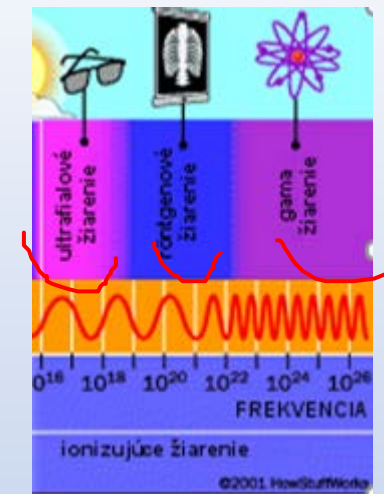
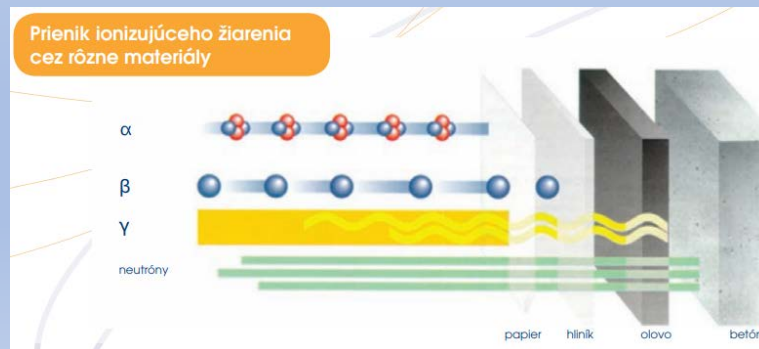


Ionizujúce žiarenie

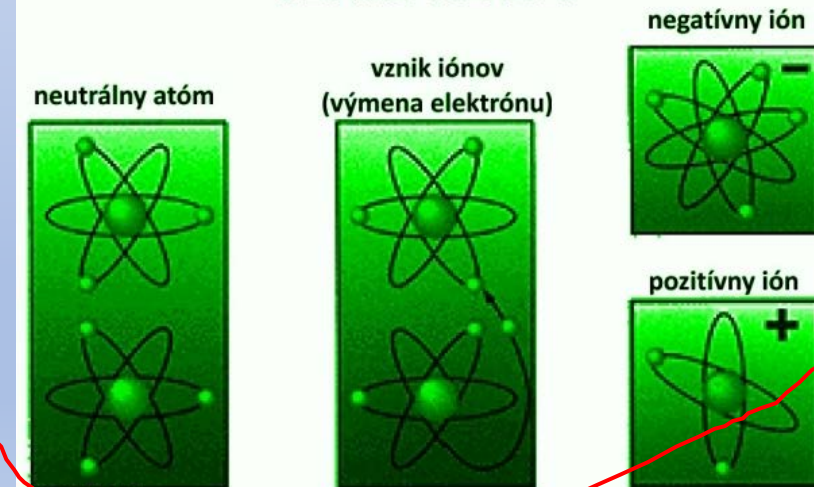
- Je súčasťou životného prostredia (kozmicke žiarenie) a zároveň výsledkom cieleného využívania zdrojov ionizujúceho žiarenia v medicíne. Patria sem: **Ultrafialové žiarenie, Röntgenové žiarenie a Gama žiarenie.**
 - **Zdrojom prírodného žiarenia** je rádioaktívna látka, slnko, vesmír, horniny.
 - **Zdrojom umelého žiarenia** je Rtg prístroje, urýchľovače, žiariče používané v medicíne.
- **Ionizácia** – je odtrhnutie jedného alebo viacerých elektrónov od atómu alebo molekuly.
- Jeho pôsobenie môže spôsobiť – popálenie, chorobu z ožiarenia, genetické poškodenie
- Použitie ionizujúceho žiarenia vyžaduje zložité ochranné opatrenia, ktoré sa pri neionizujúcom žiarení nevyžadujú.

Ochrana pred žiarením:

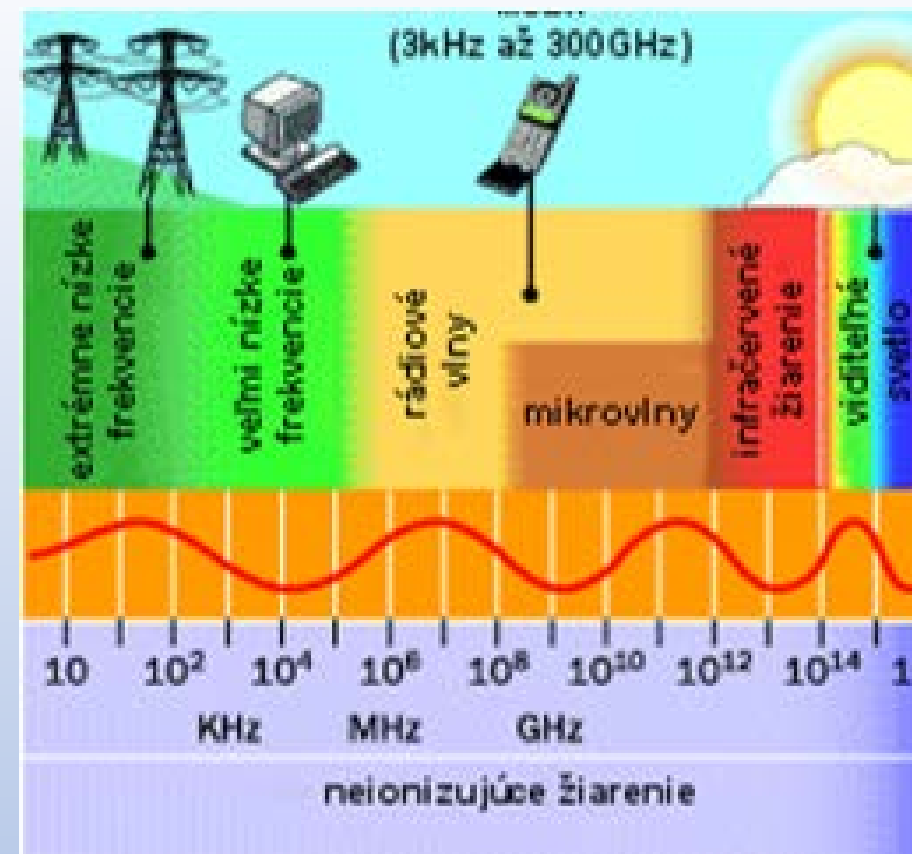
- Vzdialenosťou
- Časom
- Ochrana tienením



vznik iónov



Neionizujúce žiarenie



- Žiarenie, ktoré nás obklopuje. Toto žiarenie nespôsobuje zmenu v štruktúre buniek a molekúl a preto riziko ohrozenia zdravia je podstatne nižšie ako to je pri ionizujúcom žiarení.
- Patria sem: viditeľné svetlo, infračervené, mikrovlnné žiarenie, rádiové vlny, nízkofrekvenčné polia vytvárané el. prístrojmi a elektrickými vedeniami.

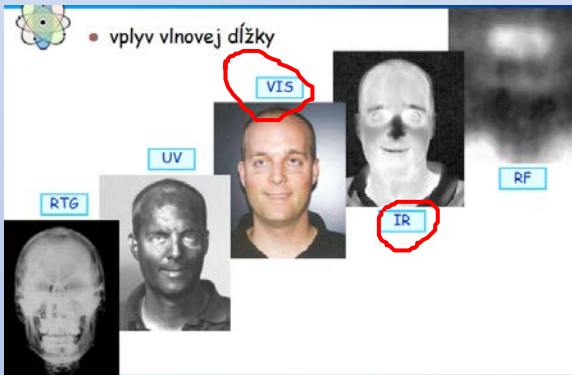
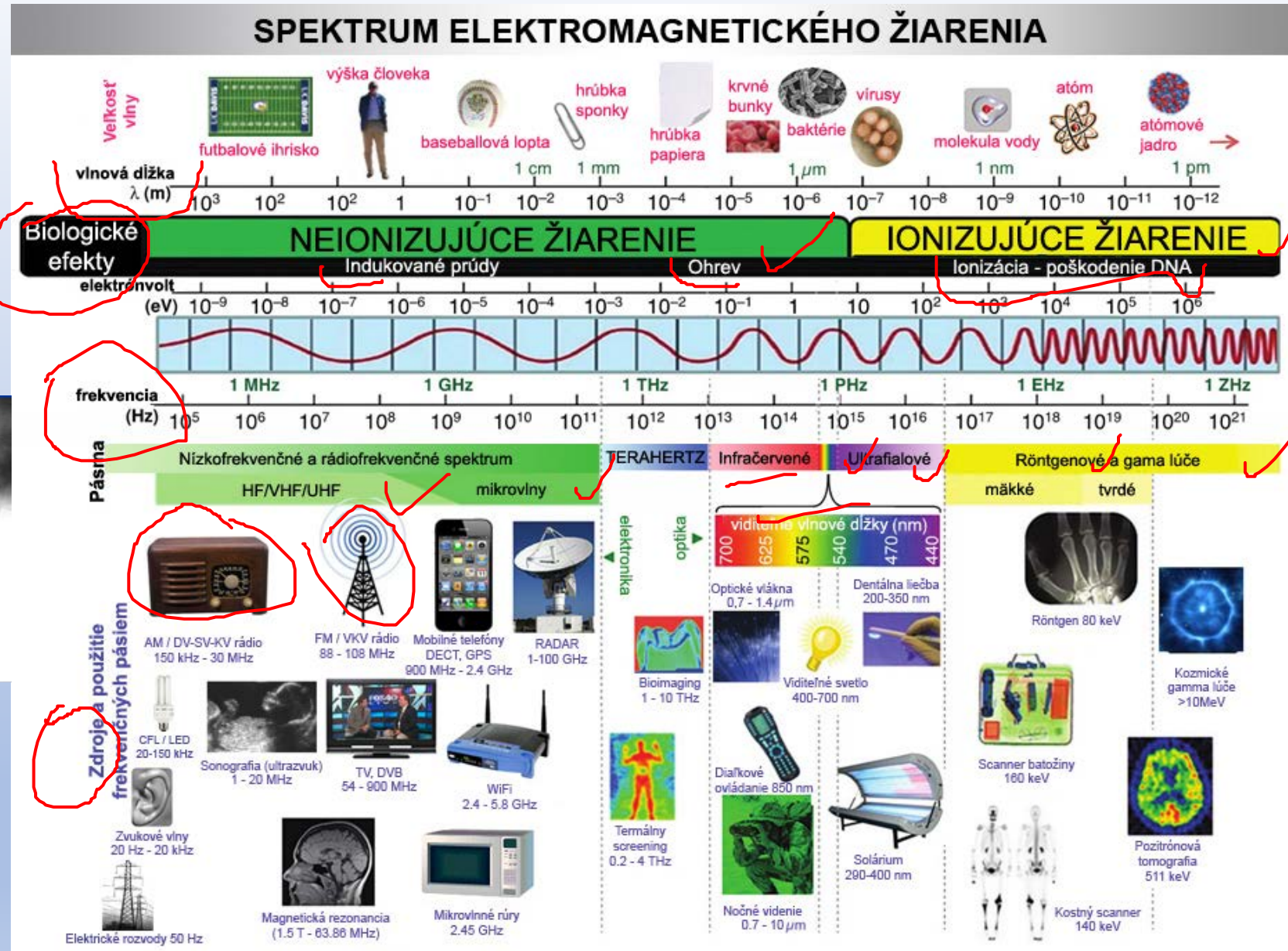


SPEKTRUM ELEKTROMAGNETICKÉHO ŽIARENIA

m – meter (jednotka vlnovej dĺžky - λ)

eV – elektrónvolt (jednotka energie- E)

Hz – Hertz (jednotka frekvencie - f)



RTG – rtg. žiarenie

VU – ultrafialové žiarenie

VIS – viditeľné svetlo

IR – infračervené žiarenie



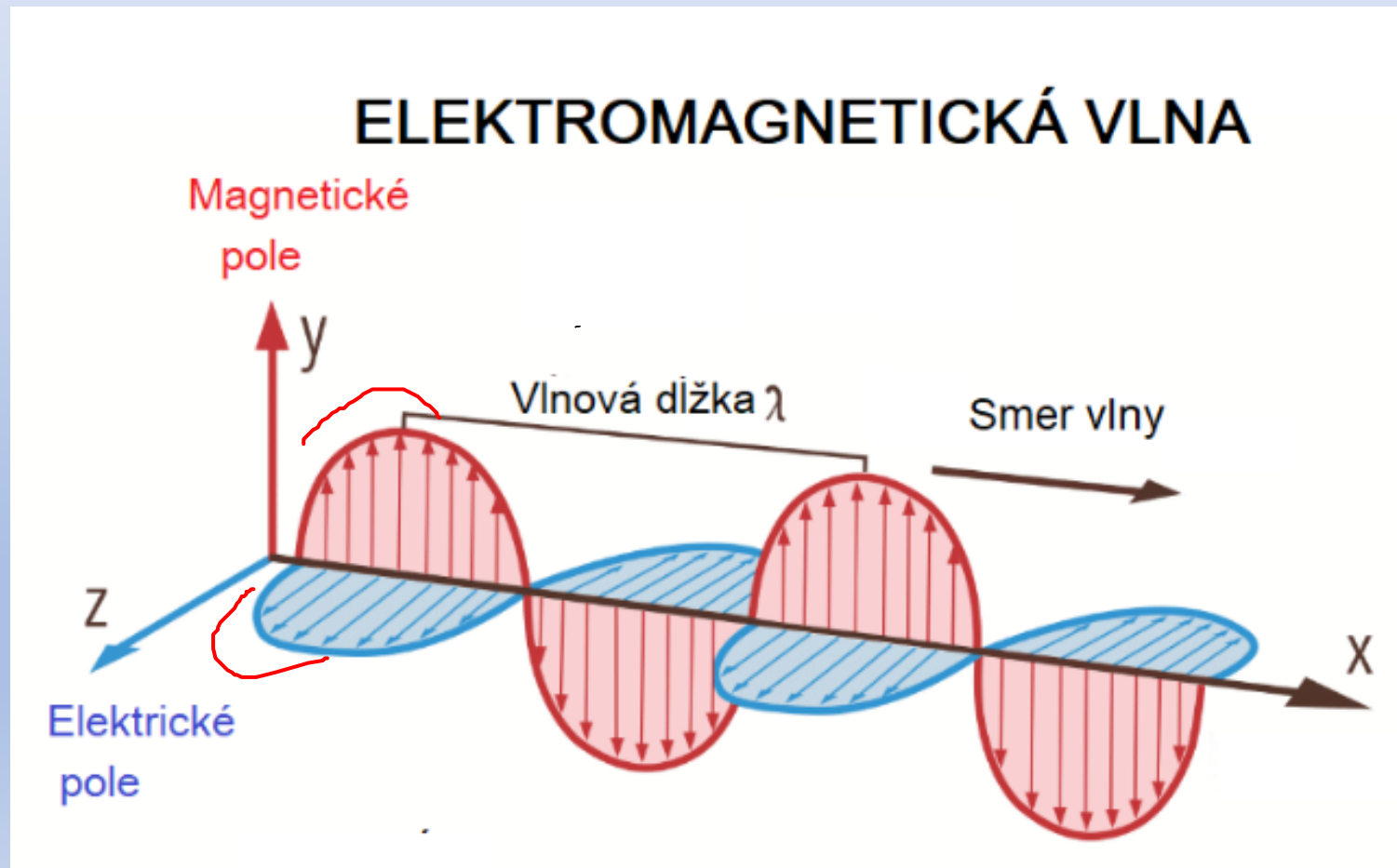
Tab. 1 Frekvenčné spektrum a výskyt ionizujúceho a neionizujúceho žiarenia

Výskyt	Vlnová dĺžka	Názov poľa	Typ poľa
Rádioaktívny rozpad, stopovanie pomocou rádioizotopov	korpuskulárne α, β ; kozmické žiarenie-protóny, mezóny	<i>Rýchle častice</i>	Ionizujúce
Diagnostika, terapia, stopovanie pomocou rádiotopov	žiarenie γ	<i>Elektromagnetické žiarenie</i>	
	röntgenové žiarenie		
Sínko, umelé zdroje	ultrafialové žiarenie		
Všade	viditeľné žiarenie		
	infračervené (tepelné) žiarenie		
Radar, ohrev, spoje, družice, prenos dát	milimetrové vlny		
	centimetrové vlny		
Televízia, mobilné telefóny, radar	decimetrové vlny		
FM rozhlas, radar	metrové vlny		
KV rozhlas, vysokofrekvenčný ohrev	10 m až 100 m vlny		
AM rozhlas	stredné a dlhé vlny		
špeciálne komunikácie, geofyzikálny prieskum	veľmi dlhé vlny		
Slaboprúdové zariadenia, TV a PC monitory	pole s frekvenciami vyššími než 30 kHz	<i>Elektrické a magnetické pole</i>	Neionizujúce
Technické zariadenia, indukčný ohrev	nízkofrekvenčné pole (100 Hz až 30 kHz)		
Transformátory, sieťový ohrev, spotrebiče	elektrické a magnetické polia s frekvenciou energetickej siete (50 Hz)		
Trolejbusy, metro, električky	veľmi pomaly premenné polia		

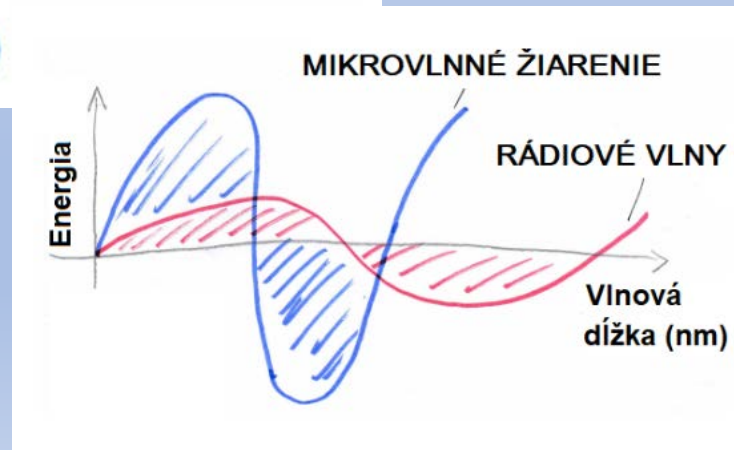
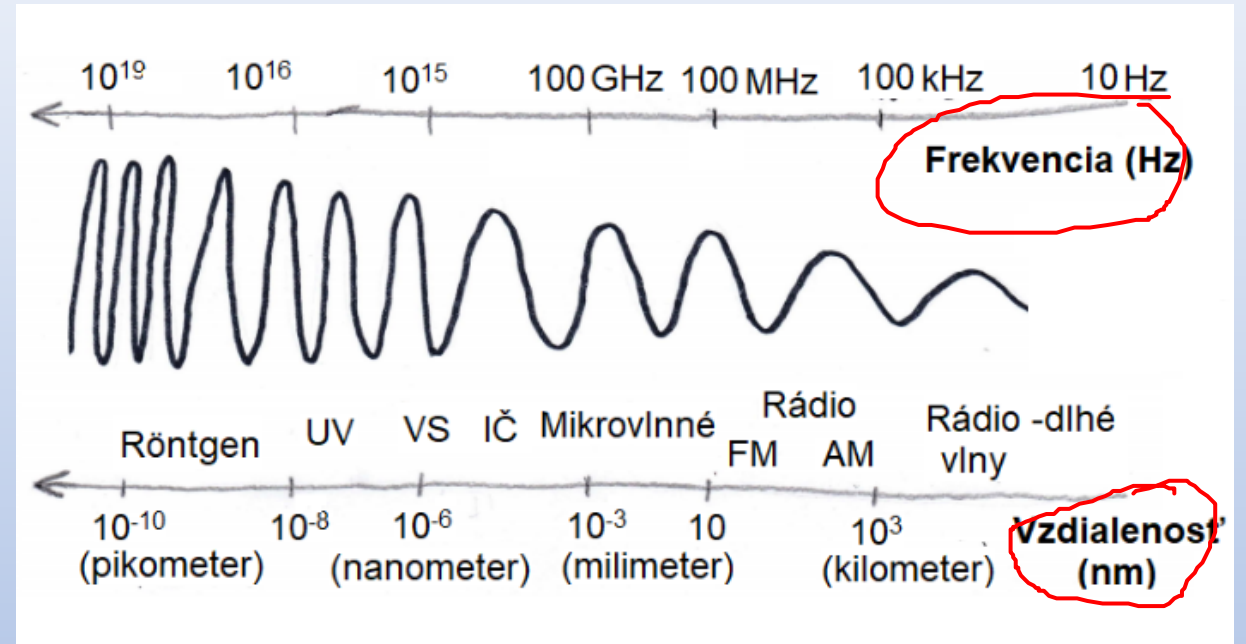
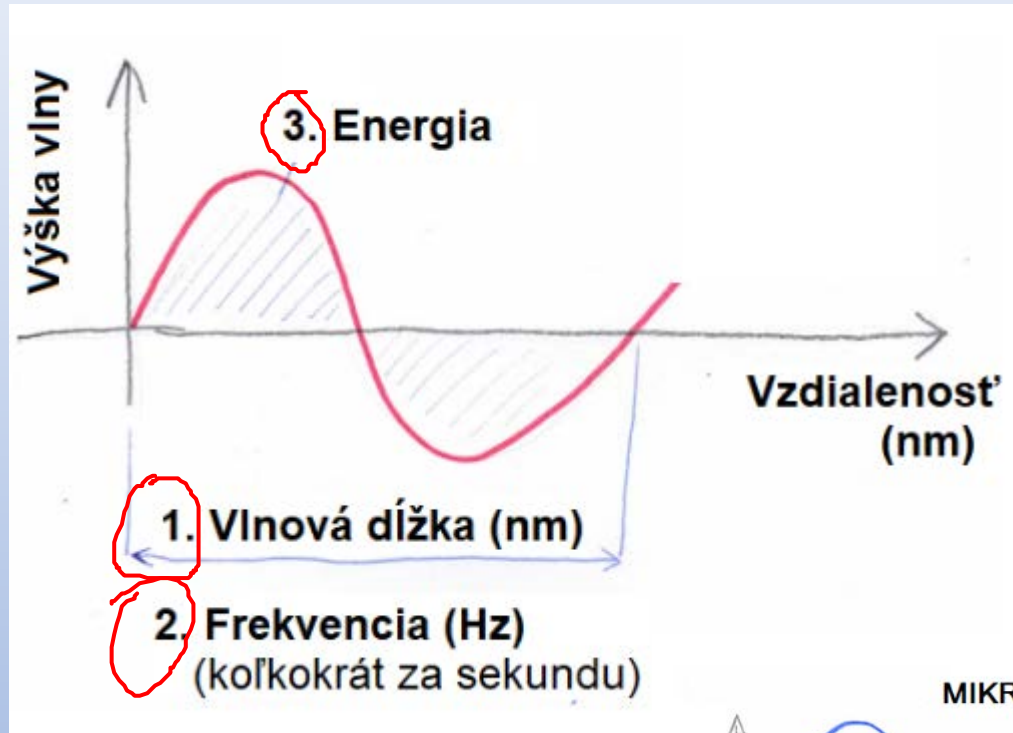


Elektromagnetické vlnenie

- EM vlnenie charakterizuje frekvencia – jednotka f [Hz] (1 kmit za sekundu=1Hz)
- Magnetické pole – char. veličina „magnetická indukcia“ B jednotka [T] Tesla
- Elektrické pole – char. veličina – intenzita E [V.m-1] volt/meter

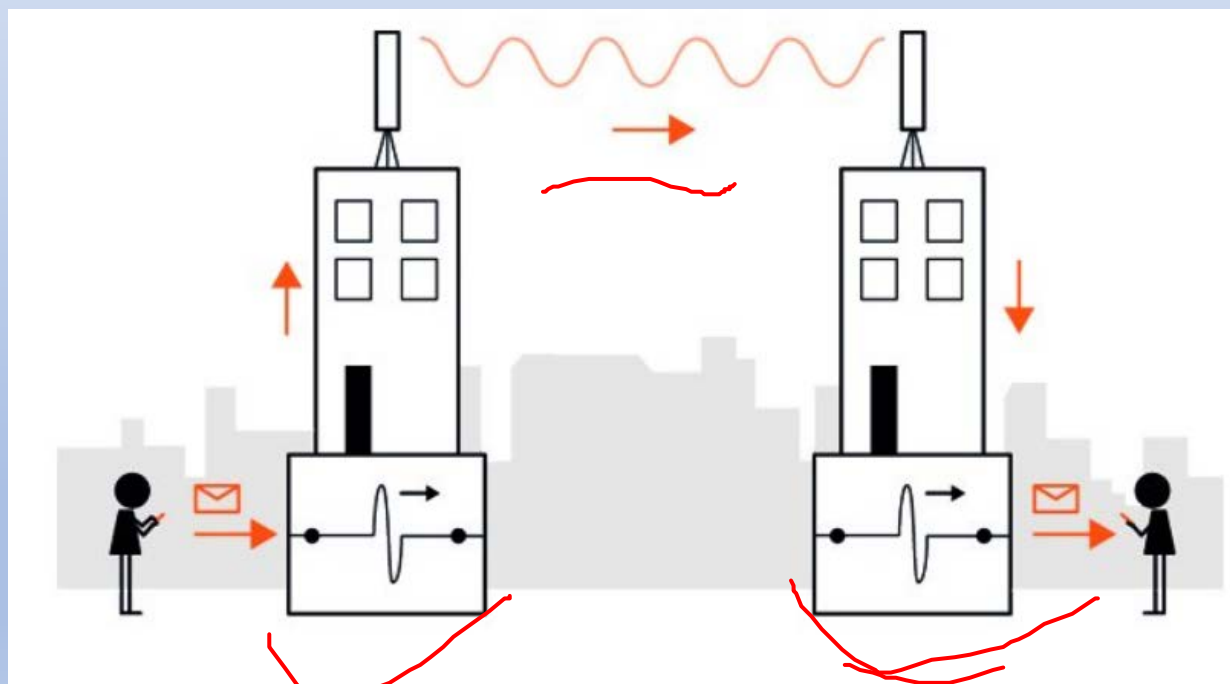


Vlastnosti EM vlny

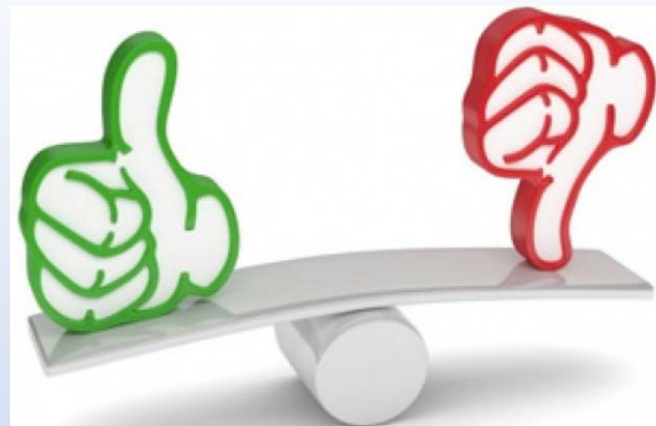


Ako prebieha bezdrôtový prenos?

- Vysielač zakóduje správu, prijímač signál zachytí, dekóduje a obnoví v požadovanej forme: zvuk, obraz, údaje...



Prečo bezdrôtový prenos?



- Výhody:

- Natiahnutie pevných vedení nie je všade a vždy možné
- Káblové pripojenie je často finančne náročnejšie
- Riešenie poslednej míle (prepoj medzi účastníckou prípojkou a koncovým bodom siete)
- Mobilita klientov

- Nevýhody:

- Obmedzenia stanovené regulačnými úradmi
- Rušenie od iných rádiových zdrojov
- Blokovanie signálov (napr. steny), čo spôsobí útlm



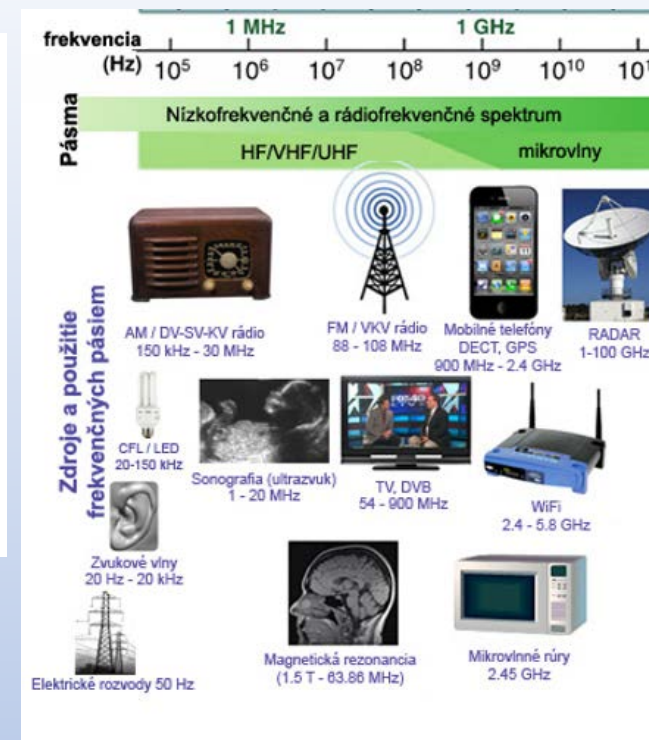
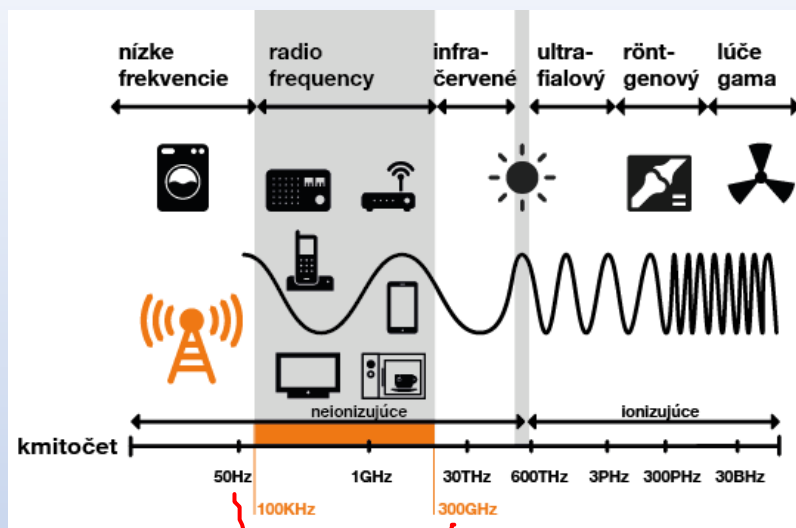
Rádiové vlny

Zdroj: anténa

- **Využitie:**

- Rozhlasové a televízne vysielanie
- Radar
- Signál mobilných operátorov, wifi
- Satelitné vysielanie

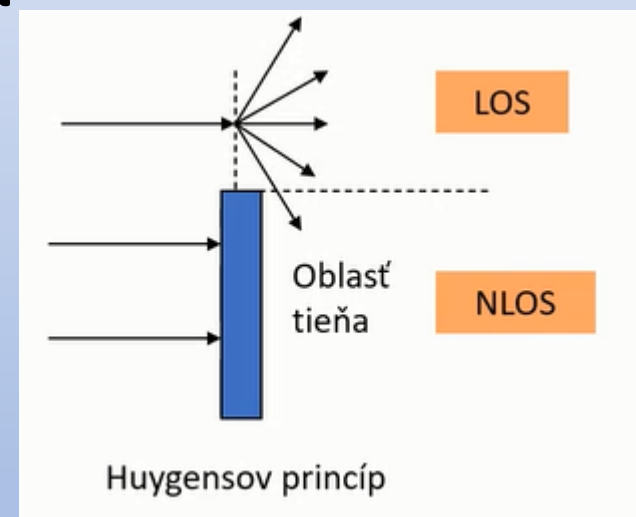
- **Vlastnosti:** pri ich šírení sa prejavuje ohyb, odrážajú sa od kovových telies a od ionosféry



Rádiové vlny – pojmy súvisiace s ich šírením

Princípy šírenia rádiových vln:

- **Ohyb (Difrakcia)** – ohyb prekážkou, keď prekážka $\gg \lambda$
- **Lom (Refrakcia)** – ohyb atmosférou
- **Rozptyl (Scattering)** – prekážka $\sim \lambda$
- **Odraz (Reflection)** - prekážka $\gg \lambda$
- **Prienik (Transmission)** – prekážka je transparentná



Rádiové vlny – časť elektromagnetického žiarenia s vlnovou dĺžkou od 1mm po 100km

RÁDIOVÉ VLNY	VLNOVÁ DĹŽKA	POUŽITIE
veľmi dlhé vlny VDV	$\lambda = 100 \text{ km} - 10 \text{ km}$	námorná a letecká navigácia, meteorologické služby, komunikácia s ponorkami
dlhé vlny DV	$\lambda = 10 \text{ km} - 1 \text{ km}$	rozhlas – AM, rádiokomunikácia, časové signály, navigácia
stredné vlny SV	$\lambda = 1 \text{ km} - 100 \text{ m}$	rádionavigácia a komunikácia na malé a stredné vzdialenosti
krátke vlny KV	$\lambda = 100 \text{ m} - 10 \text{ m}$	rádiokomunikácia na stredné a veľké vzdialenosti, rozhlasové krátke vlny, amatérske pásma
veľmi krátke vlny VKV	$\lambda = 10 \text{ m} - 1 \text{ m}$	rozhlas – FM, niektoré televízne kanály - I., II. a III. pásmo
ultra krátke vlny UKV	$\lambda = 1 \text{ m} - 10 \text{ cm}$	ďalšie televízne kanály - IV. a V. pásmo a digitálna televízia, rádiokomunikačné služby mobilné siete, Wi-Fi
super krátke vlny SKV	$\lambda = 10 \text{ cm} - 1 \text{ cm}$	rádiolokácia, mikrovlnné zariadenia, rádioreléové spoje, satelitné spojenie
extrémne krátke vlny EKV	$\lambda = 1 \text{ cm} - 1 \text{ mm}$	pristávacie a námorné rádiolokátory, letecké výškomery, vysokorýchlostný mikrovlnný prenos dát, rádioastronómia

Názov pásma	Názov pásma	Frekvencie	Vlnové dĺžky
Extrémne dlhé vlny	Extremely LF (ELF)	0,3-3 kHz	1000-100 km
Veľmi dlhé vlny	Very LF (VLF)	3-30 kHz	100-10 km
Dlhé vlny (DV)	Low Frequency (LF)	30-300 kHz	10-1 km
Stredné vlny (SV)	Medium Freq. (MF)	0,3-3 MHz	1-0,1 km
Krátke vlny (KV)	High Freq. (HF)	3-30 MHz	100-10 m
Veľmi KV (VKV)	Very HF (VHF)	30-300 MHz	10-1 m

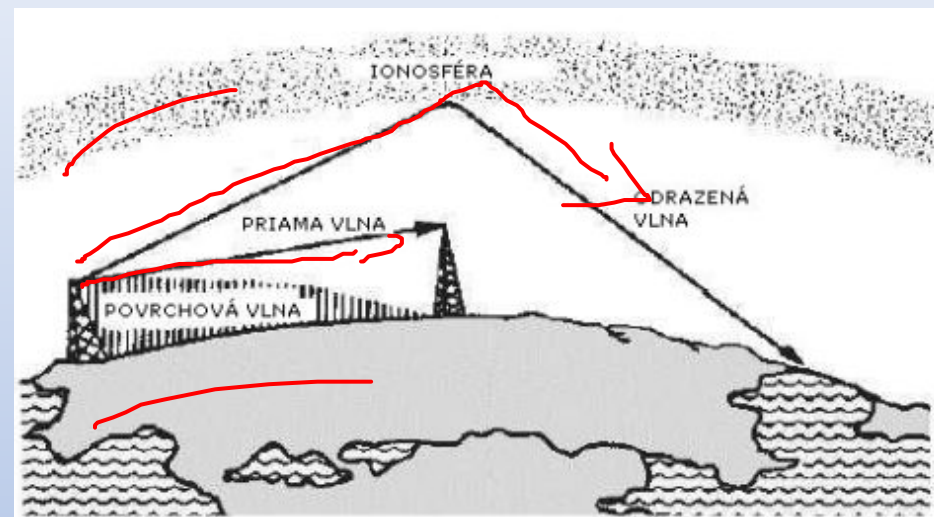
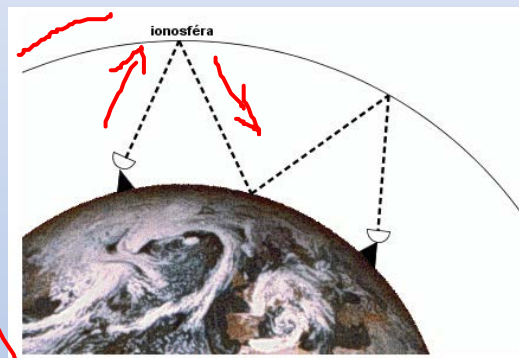


Šírenie rádiových vln

Zdrojom rádiových vln – oscilačný obvod

Z vysielачa sa šíri vlna:

- **Priestorová** (ide z vysielачa, odráža sa od ionosféry a takto prejde obrovské vzdialenosti)
- **Povrchová** (z vysielачa sa šíri pozdĺž povrchu, má menší dosah ako priestorová vlna)



EM vlna sa predmetu, ktorý je menší ako jej vlnová dĺžka(λ) vyhne a naopak, predmetom väčším je táto vlna zadržaná, prípadne odrazená.

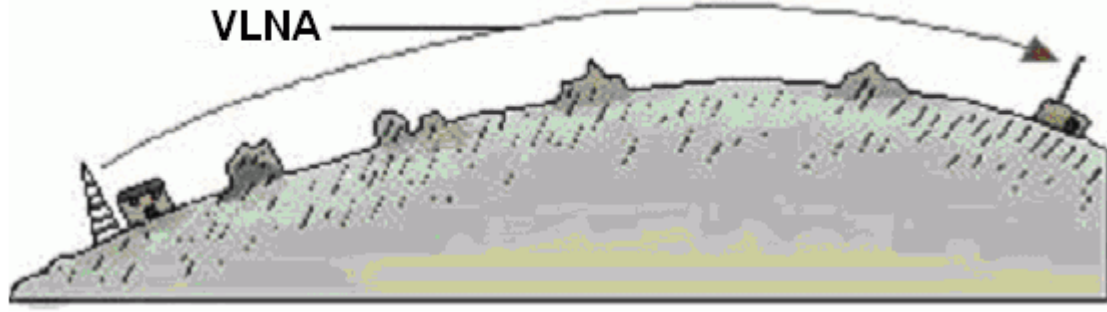
Vlny	Dlhé	Stredné	Krátke	Veľmi krátke
Šíriaca sa vlna	Povrchová 100ky km	Povrchová, v noci priestorová	Povrchová – krátka vzdial. Priestorová – akákoľvek vz.	Priestorová - preniká ionosférou, povrchová – viditeľná vzdialenosť
Skratka	DV	SV	KV	VKV



Rádiové vlny

DLOUHÉ VLNY

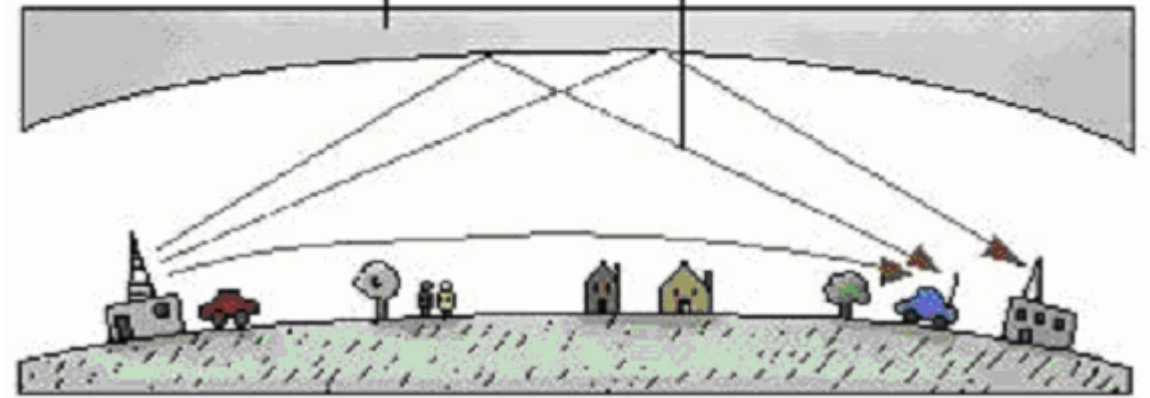
VLNA



STŘEDNÍ VLNY

IONOSFÉRA

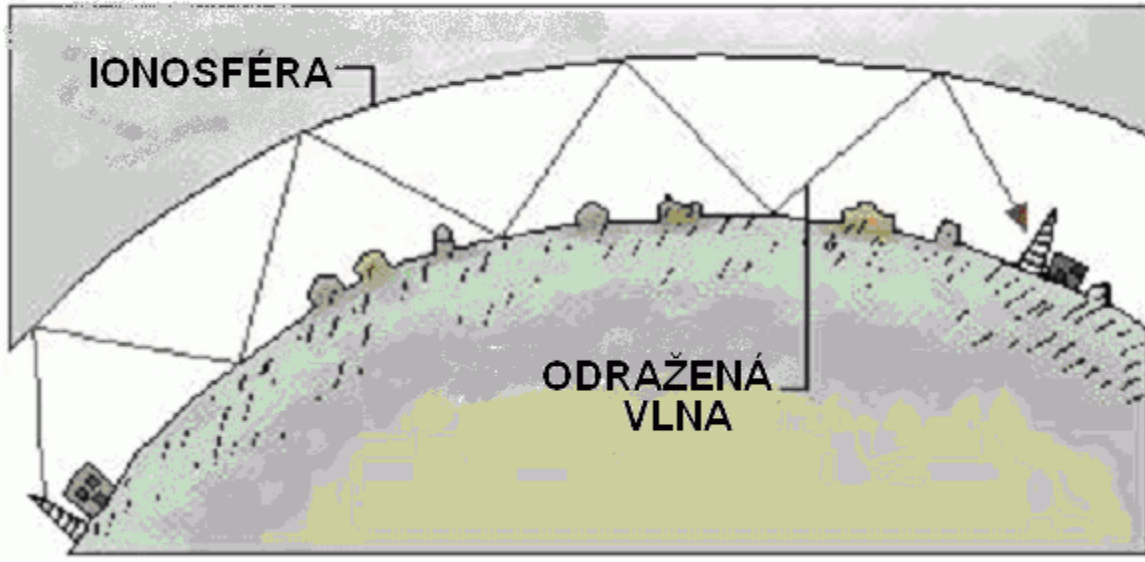
ODRAŽENÁ VLNA



KRÁTKÉ VLNY

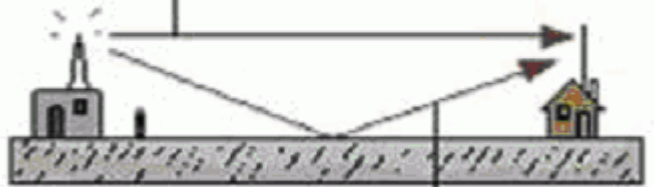
IONOSFÉRA

ODRAŽENÁ
VLNA

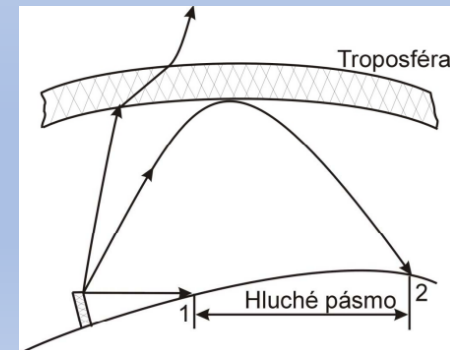


VELMI KRÁTKÉ VLNY

PŘÍMÁ VLNA

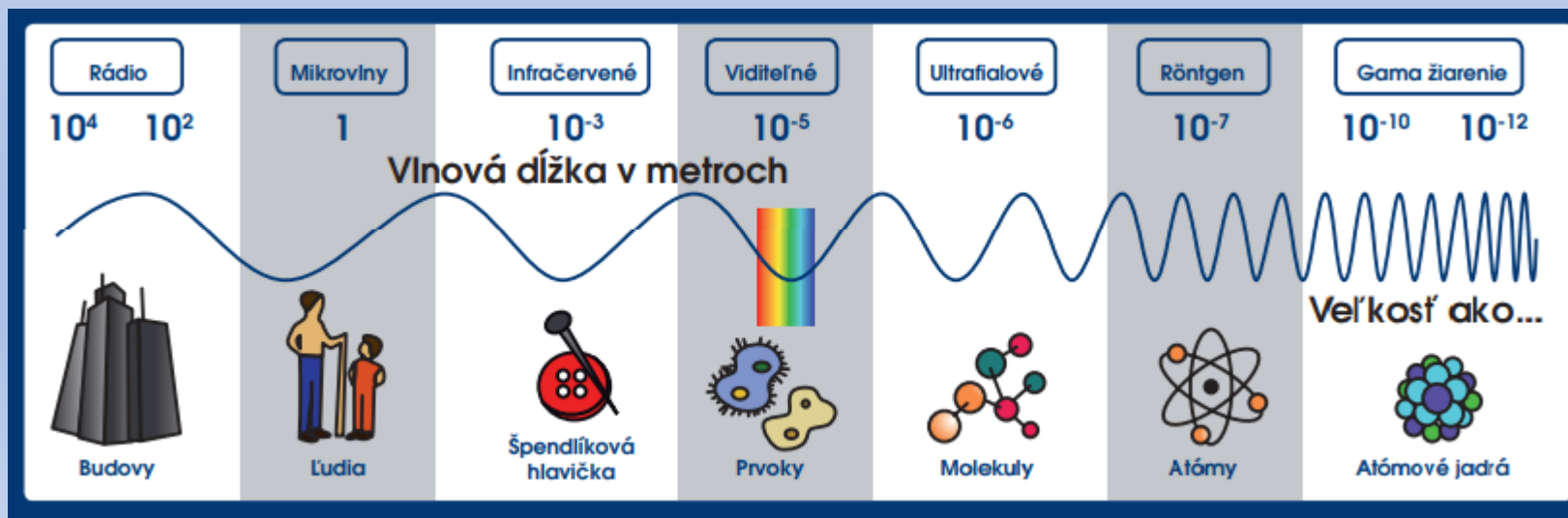


ODRAŽENÁ VLNA



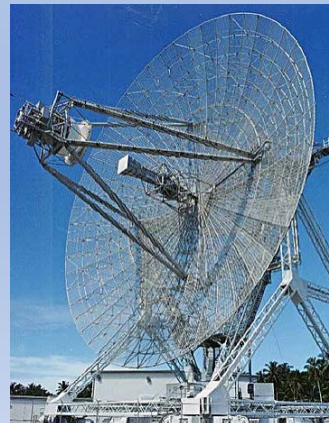
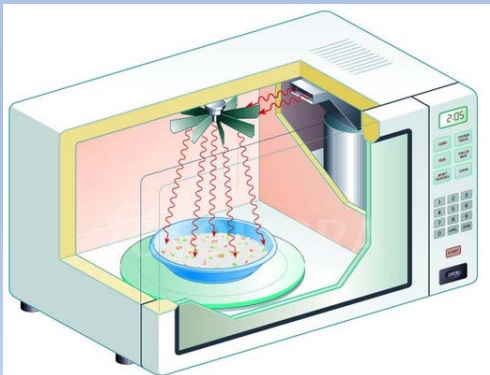
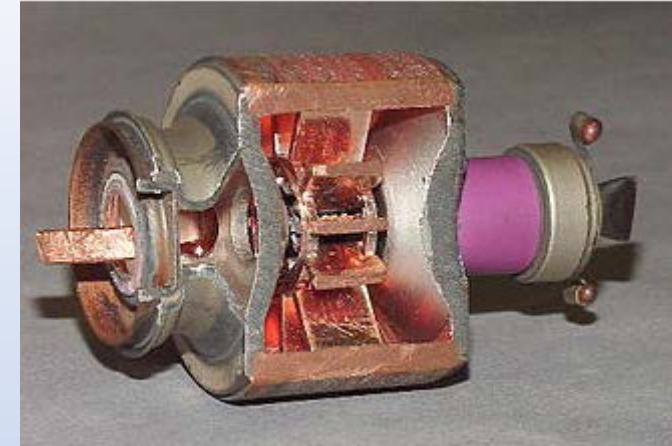
Vlnenie a prekážky

- Vlnenie s dlhou vlnovou dĺžkou prechádza cez prekážky ľahšie, pretože dlhá vlna potrebuje hrubú prekážku, aby ju zastavila (napr. Rádiové vlny – by zastavil napr. mrakodrap, ale na druhej strane röntgenové vlny dokáže zastaviť už kvapka vody).
- Aby vlnu prekážka prerušila, musí byť veľkosť jej vlnovej dĺžky menšia ako rozmer prekážky.



Mikrovlny

- λ je 1 dm až 1 mm (frekvencia 300 MHz – 300 GHz)
- **Zdroje:** magnetronová elektrónka
- **Vlastnosti mikrovln:**
 - dokážu ohrievať telesá cez ktoré prechádzajú, vedia zvýšiť tepelný pohyb molekúl vody
 - Odrážajú sa od kovových predmetov, ktoré sa potom dajú detekovať
- **Využitie:** mikrovlnná rúra, telekomunikácie, radarová navigácia, v lekárstve (diatermia)...



Infračervené žiarenie – tepelné žiarenie

- λ je viac 1 mm až 780nm
- **Zdroje:** každé teleso a to tým viac, čím má väčšiu teplotu
- **Využitie:** termovízia, diaľkový ovládač, meteorológia – snímky oblačnosti, infražiariče, komunikačné zameriavacie zariadenia, nočné videnie – vojaci



- **Vlastnosti:**

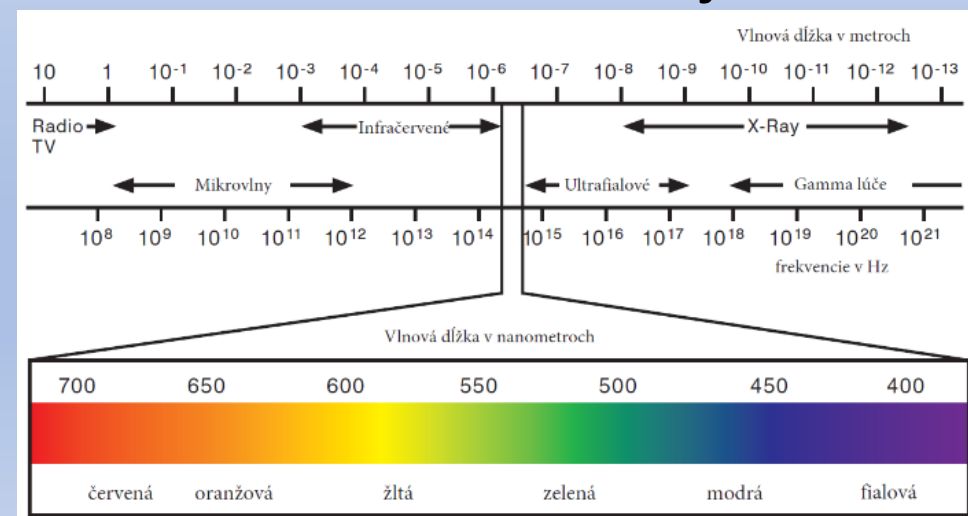
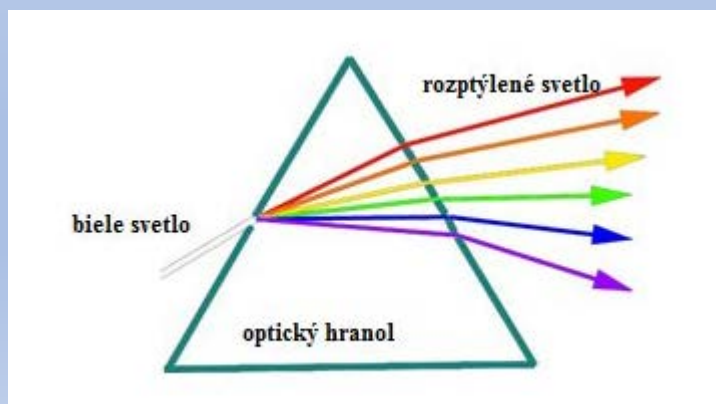
- žiarenie okom nevnímame, ale vnímame pocit tepla pri dopade na pokožku
- prechádza tenšími vrstvami vody a skla
- dobre preniká v hmle a tme



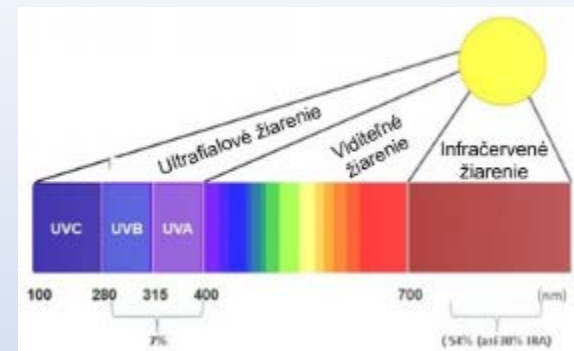
Viditeľné svetlo



- λ je 780nm až 380nm
- Keď sa rozloží biele svetlo na spektrum, tak každá časť má jednu frekvenciu a jednu vlnovú dĺžku – vidíme to ako farbu.
- **Zdroje:** hviezdy, slnko, lampa
- **Využitie:** vidíme ho a pomocou neho získavame o svete najviac informácií



Ultrafialové žiarenie – ionizujúce



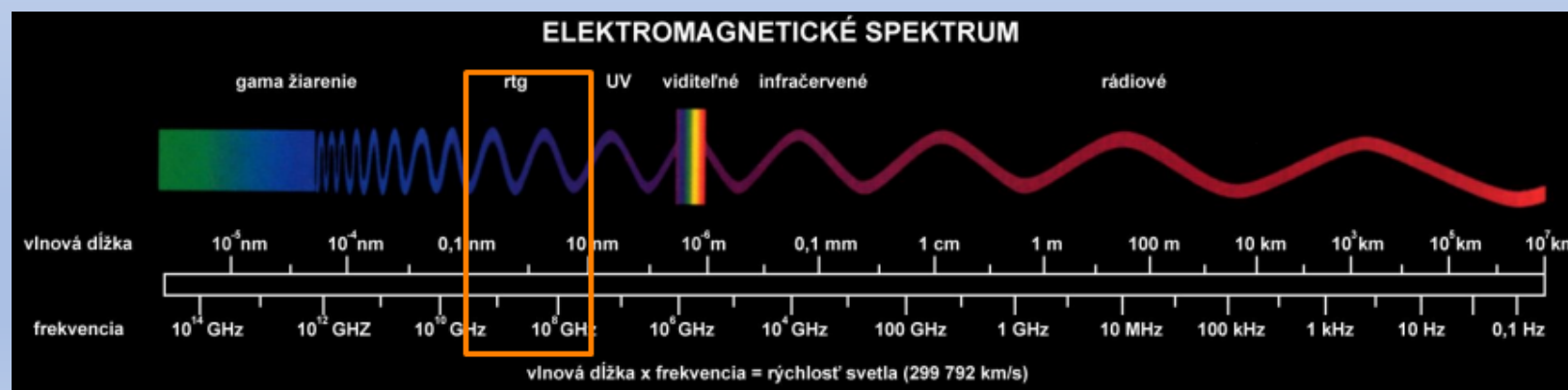
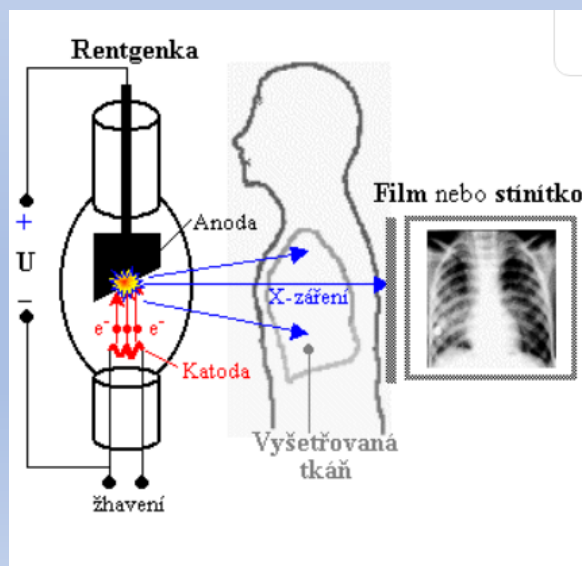
- λ je 380 nm až 10nm
- **Zdroje:** slnko, umelý zdroj – horské slnko, elektrický oblúk pri zváraní
- **Využitie:** dezinfekcia priestorov, lákadlo na hmyz, overovanie pravosti bankoviek, horské slnko
- **vlastnosti:** pohlcuje ho bežné sklo, preto sa nedá za oknom opáliť. Prepúšťa ho ale kremenné sklo. Je pohlcované atmosférou. Veľké dávky sú škodlivé. Pre ľudské oko neviditeľné.



Röntgenové žiarenie

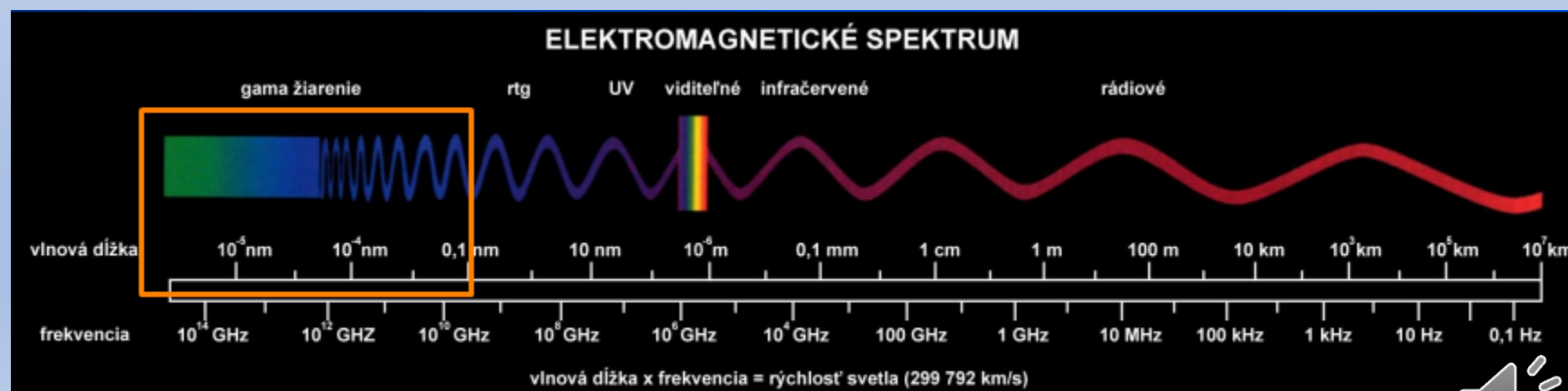
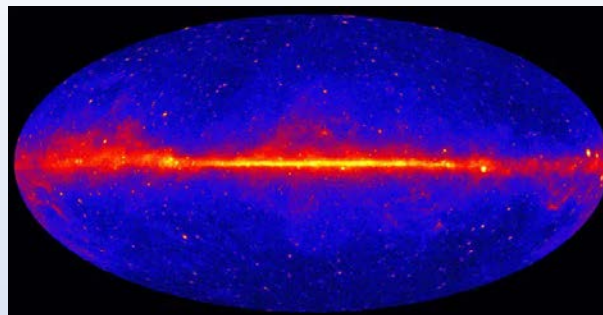


- λ je viac 10 nm až 0,1 nm
- **Zdroje:** hviezdy, umelý: röntgenka – špeciálna vákuová elektrónka,
- **Využitie:** medicíne, astronómia, v radiačnej chémii, defektoskopia
- **Vlastnosti:** preniká rôzne rôznymi tkanivami, ionizuje vzduch

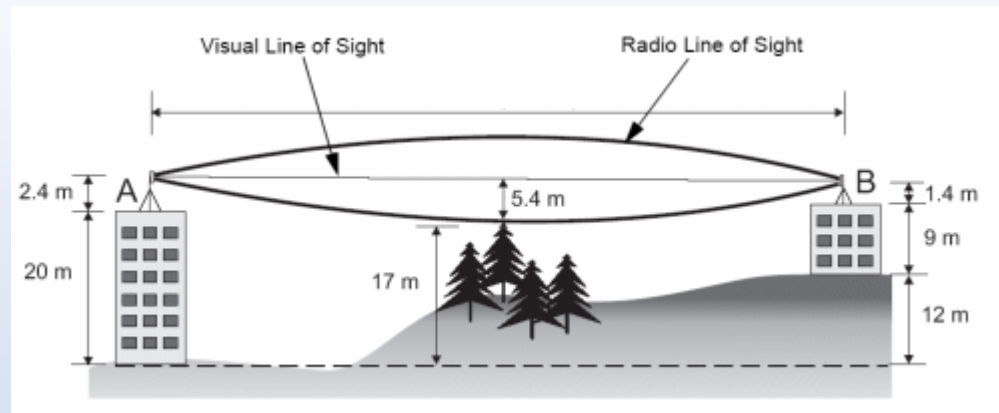


Gama žiarenie

- λ je menej ako 0,1 nm
- **Zdroje:** niektoré rádioaktívne látky, pád hviezdy, umelý: rádiozotop
- **Využitie:** v medicíne na ožarovanie, gama nôž, v astronómii



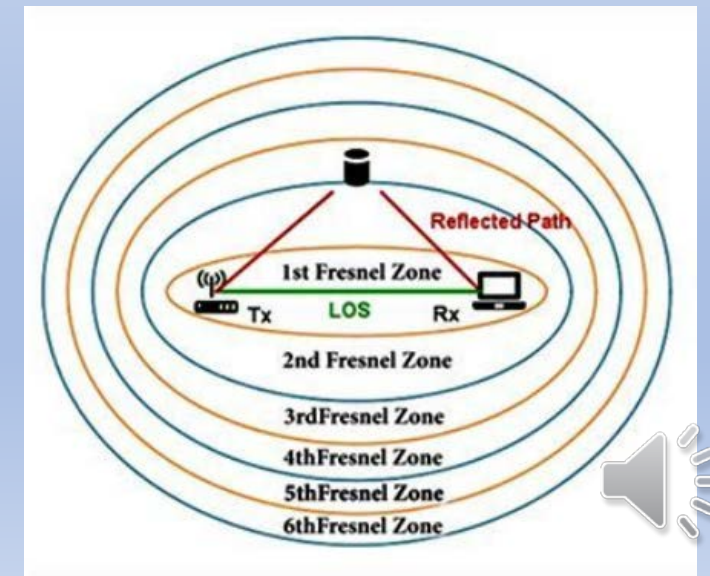
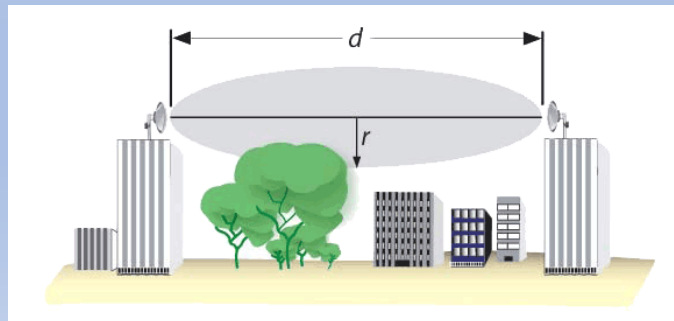
Fresnelova zóna



- 19. stor. fyzik Fresnel
- Pre každú vysielanú frekvenciu, sa dá definovať rozhranie, ktoré tvorí hranicu Fresnelovej zóny (oblasť v tvare 3D elipsy).
- Najdôležitejšia je 1FZ (leží najbližšie k spojnici medzi vysielateľom a prijímačom a predstavuje oblasť, v ktorej sa šíri najväčšia časť elektromagnetického vlnenia).
- FZ môže byť ľubovoľne veľá (sú naskladané na sebe, ich vzdialenosti závisia od frekvencie signálu).

• Polomer FZ: $r = \sqrt{\frac{d \cdot \lambda}{4}}$ [m] alebo $r = 8,657 \sqrt{\frac{d}{f}}$ [m; km, GHz]

- d - vzdialenosť [m],
- λ - vlnová dĺžka [m], [km],
- f - frekvencia [GHz]

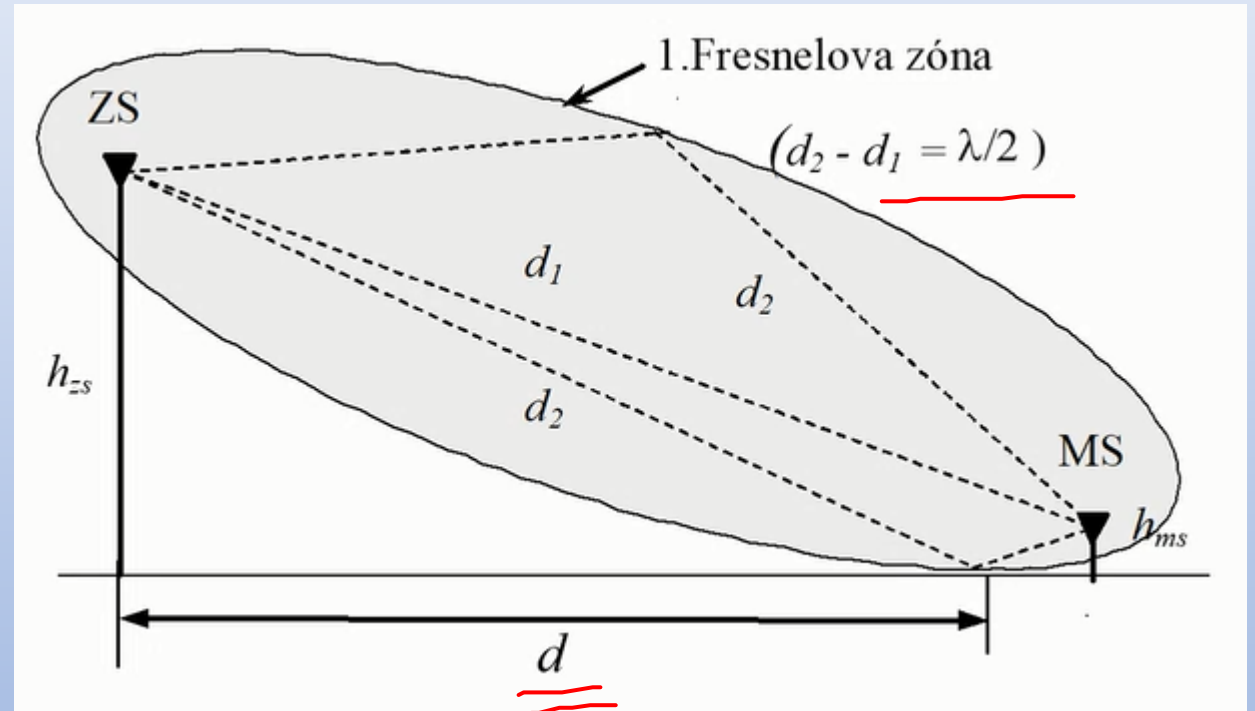


Fresnelova zóna – vzdialenosť dotyku 1. FZ od povrchu Zeme

- ZS – základňová stanica
- MS – mobilná stanica
- h – výška [m],
- d_1 – priama vzdialenosť [m]
- d_2 – odrazená vzdialenosť [m]

- λ – vlnová dĺžka [m], [km]
- n – činiteľ

$$d \cong \frac{4 h_{zs} h_{ms}}{n\lambda}$$

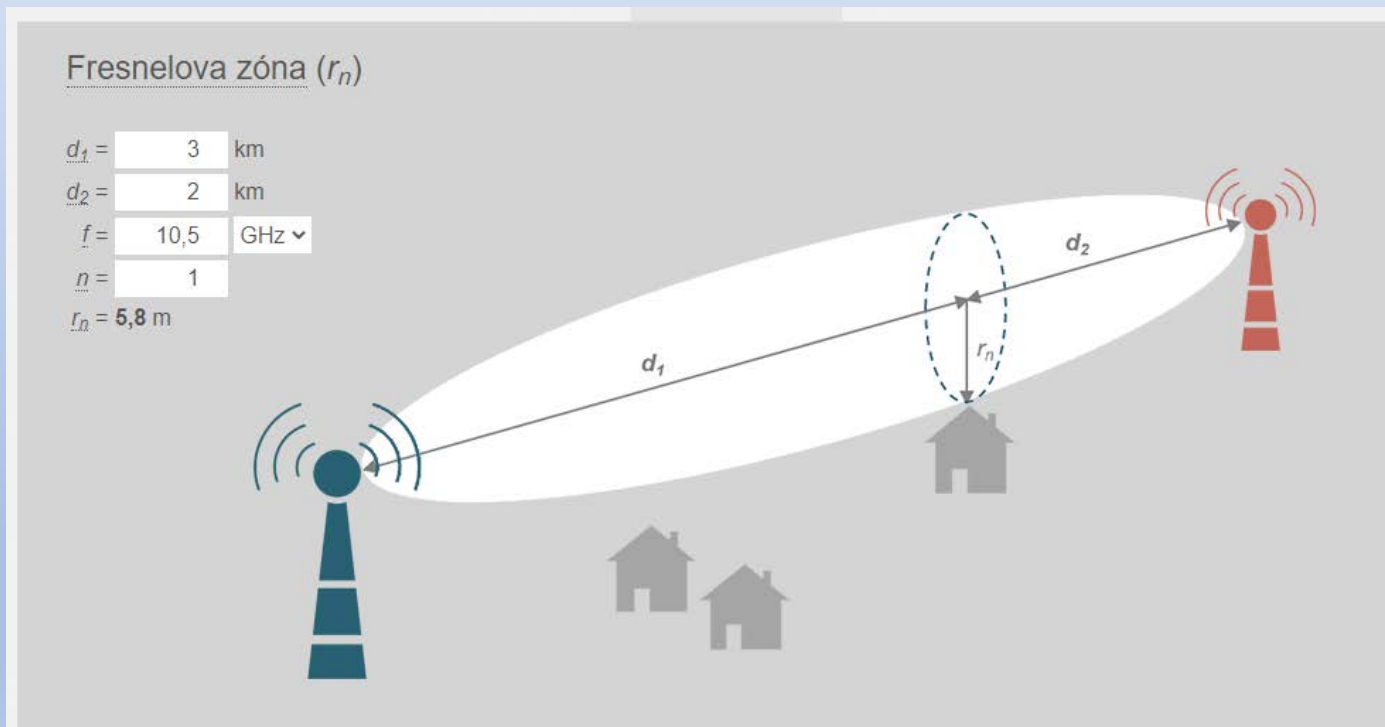


Zmena koeficientu tlmenia nastáva až pri tienení viac ako 55% 1 FZ.

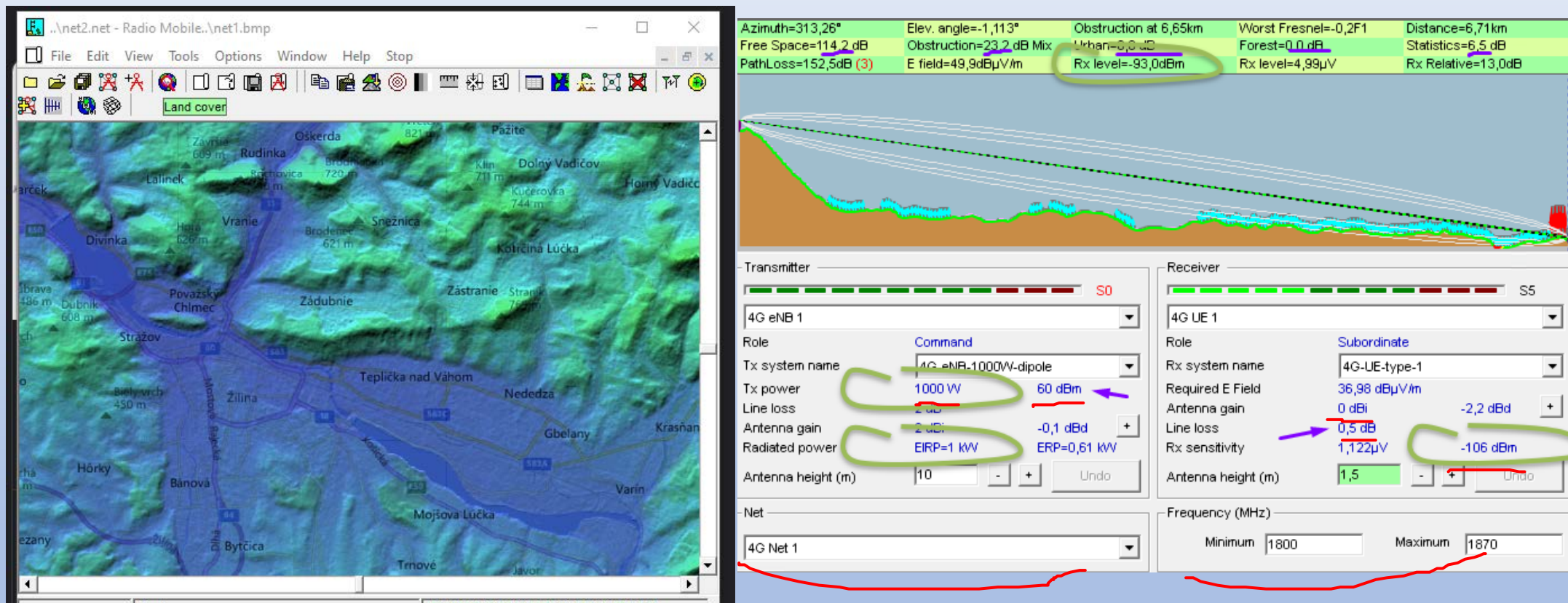


Rôzne aplikácie k výpočtom Fresnelovej zóny

- Zdroj: <https://spektrum.ctu.cz/vypocty/fresnelova-zona>



Simulačný program – Radio Mobile - cvičenie



$R_x = \text{Vyžarovací výkon EIPR (60dBm)} - 114,2(\text{free space}) - 23,2(\text{obstruction}) - 0(\text{forest}) - 8,6(\text{urban}) - 6,5(\text{statistics}) - 0,5(\text{UE line loss}) = -93\text{dBm}$
 $R_x \text{ sensitivity} = -106\text{dBm}$, $R_x \text{ level} = -93\text{dBm}$ = "Success (Margin)" = 13dB (106-93=13dB) – rozpätie, aké je schopný prijímač ešte prijať.



Definovanie základných veličín

- Výkon
- Elektrický výkon
- Vyžarovací výkon
- Zosilnenie

Výkon



- **Výkon** – je definovaný ako množstvo práce **W** vykonanej za jednotku času **t**
- Značka **P**, jednotka **W** (Watt)
- Vzorec na výpočet výkonu:

$$P = \frac{W}{t} \quad [W; J/s]$$

Pri výkone 1 watt sa vykoná práca 1 joulu za 1 sekundu. $1W=1J/1s$

$P[W]$ – výkon, $W[J]$ – práca, $t[s]$ - čas

$[J/s, W]$ J – Joule, s – sekunda, W - watt



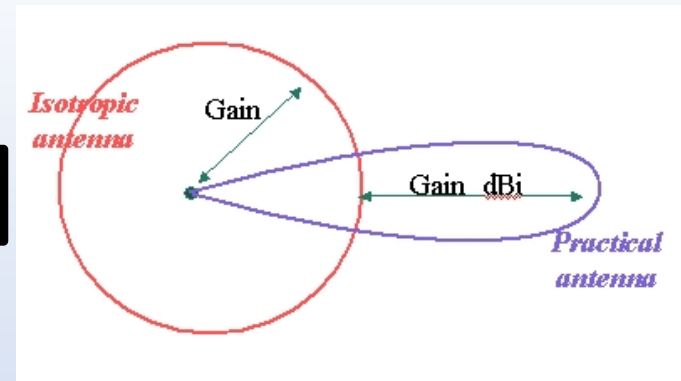
Elektrický výkon



- ide o prácu elektrického prúdu vykonanú za jednotku času a platí, že elektrický výkon je súčinom napätia a prúdu.
- Značka **P**, jednotka watt [**W**]
 - **$P=W/t=U \cdot I \cdot t/t=U \cdot I$** [**W**]
- Práca **W** vykonaná za dobu **t** elektrickým prúdom **I** vo vodiči a medzi jeho koncami je napätie **U**, je **$W=U \cdot I \cdot t$**
- **P** - výkon elektrického prúdu, jednotka Watt [W]
- **U** – elektrické napätie, jednotka Volt [V]
- **I** – elektrický prúd, jednotka Ampér [A]



Vyžarovací výkon – E.I.R.P [dBm]



- **E.I.R.P (Effective Isotropic Radiated Power)** – výkon, ktorý by musela vyžiariť hypotetická izotropná anténa, aby bolo dosiahnuté rovnakej úrovne signálu v smere maximálneho vyžarovania danej antény.
 - Maximálny vyžarovací výkon je stanovený normami. Pre WiFi frekvencie platí:
 - Pásmo 2,4 GHz – výkon nesmie presiahnuť **100 mW E.I.R.P (20dBm)**
 - Pásmo 5 GHz – výkon nesmie presiahnuť **200 mW E.I.R.P (23dBm)**-vo vnútri miestnosti
 - Na neprekročenie hraníc E.I.R.P je potrebné zohľadniť
 - Výstupný výkon vysielača
 - Druh kábla, jeho dĺžku, tlmenie
 - Energetický zisk antény
 - Pre rozvody skladajúce sa z vysielača, kábla a antény E.I.R.P vypočítame:
E.I.R.P. = výkon vysielača (dBm) + zisk antény (dBi) – útlm kábla (dB) – útlm konektorov (dB)



Vyžarovací výkon – E.I.R.P - Príklad

E.I.R.P. = výkon vysielacza (dBm) + zisk antény (dBi) – útlm kábla (dB) – útlm konektorov (dB)

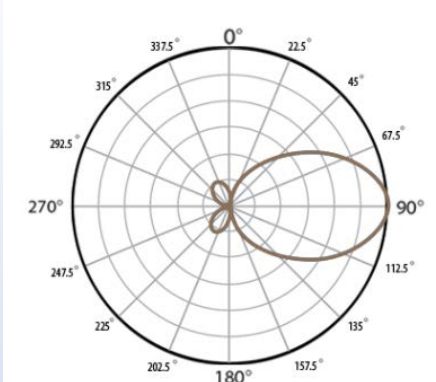
Príklad: Tvoríme WiFi sieť v pásme 2,4 GHz a máme:

- prístupový bod s výkonom 16 dBm,
- všesmerová anténa so ziskom 8 dBi,
- 8 metrov kábla TRI-LAN-240 (útlm pre 2,4 GHz je 0,4 dB / meter), teda 8 x 0,4 dB = 3,2 dB,
- dva konektory, útlm konektora je 0,5dB – teda útlm + 2 x 0,5 dB = 1 dB.

Vypočítame:

E.I.R.P. = 16 dBm + 8 dBi – 3,2 dB – 1 dB = 19,8 dBm (pohybujeme sa teda v rámci predpisov - výkon je nižší než 20 dBm).

Zdroj: <https://www.everythingrf.com/rf-calculators/eirp-effective-isotropic-radiated-power>



Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Calculator

Output Power - P_T (dBm) dBm

Cable & Connector Loss - L_c (dB) dB

Antenna Gain - G_a (dBi) dBi

Result

EIRP (dBm):

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Calculator

Output Power - P_T (dBm) Watt(s)

Cable & Connector Loss - L_c (dB) dB

Antenna Gain - G_a (dBi) dBi

Result

EIRP (dBm):



Čo je dB, dBi, dBm v teórii zisku antény?

- **Zisk antény** – udáva smerovosť a účinnosť antény v porovnaní s ideálnou všesmerovou anténou alebo dipólom
- **dB** – decibel – je relatívny údaj o dvoch rôznych úrovniach výkonu, udáva pomer (nie absolútne číslo). Používa sa na vyjadrenie zisku, alebo straty jedného zariadenia (P_2) vo vzťahu k druhému (P_1).
 $A/G = 10 \log P_2 / P_1$,
- **dBm** – decibel miliwatt – logaritmická jednotka výkonu (vzťahnutá k výkonu **1mW**)
- **dBi** – energetický zisk izotropnej antény
- **dBW** – decibel Watt - logaritmická jednotka výkonu (vzťahnutá k výkonu **1W**)

Decibel

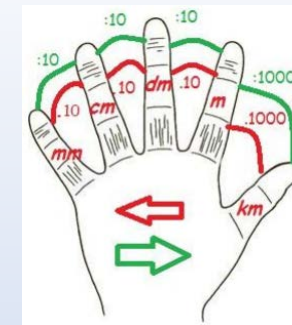
- **B – Bel** – bezrozmerná jednotka
 - (udáva pomer medzi dvoma elektrickými veličinami (dve napätia, prúdy, výkony).
- **dB - decibel** – jednotka používaná v praxi, lebo Bel je veľká jednotka
 - **1dB=0,1B**
- Výhody používania **dB** – veľké pomery možno vyjadriť „rozumnými číslami“
- Rovnica definuje úroveň výkonu **P** v [dB] a výkonu **p** vo [W] vzhľadom na pevne daný výkon (referenčný výkon) **p₀**:



$$P_{dB} = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right) \text{ [dB; W/W]}$$



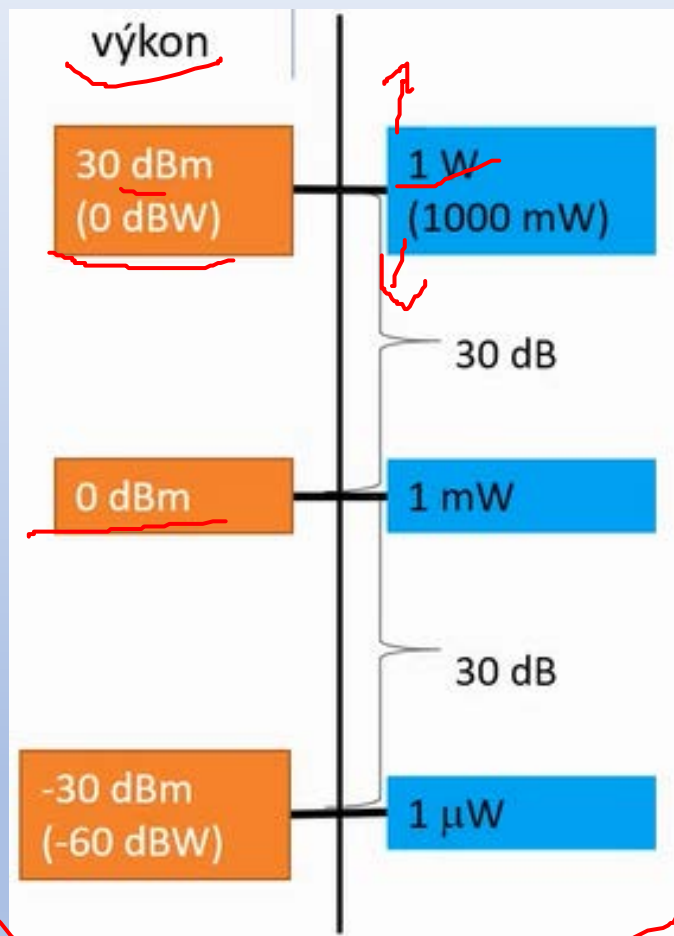
Jednotky v rádiotechnike



- Je bežné pracovať s veľmi veľkými a veľmi malými úrovňami signálu. **Napr.** Vysielač môže dosahovať výkon 100W a prijímať iba 10fW(femtoWattov)
- Zápis čísla **10fW** môže byť:
 - 1 spôsob: 0,000 000 000 000 01W
 - 2 spôsob: vedecký zápis čísla: $1 \cdot 10^{-14}W$
 - 3 spôsob: je zobrať logaritmus a previesť všetky výkony na **dBm**. (takto sa stane zo **100 W +50dBm** a z **10 fW -110 dBm**)



Prepočet výkonu W na dBm a dBW



dBm = o koľko dB je výkon signálu nad (pod) 1 mW
 dBW = o koľko dB je výkon signálu nad (pod) 1 W

$$P_{dBm} = 10 \cdot \log P_{mW}$$

$$P_{dBW} = 10 \cdot \log P_W$$

Ak $P=1\text{mW}$, tak $P_{dBm}=10\log 1=10 \times 0=0\text{dBm}$

Ak $P=1000\text{mW}$, tak $P_{dBm}=10\log 1000=10 \times 3=30\text{dBm}$

Vzťah medzi dBm a dBW je taký, že $30\text{ dBm}=0\text{ dBW}$, rozdiel medzi nimi je 30 dB

$$P_{dBm}=P_{dBW}+30$$

$$P_{dBW}=P_{dBm}-30$$

30 je 1000 násobok Wattu

Spätný prepočet:

$P_{dBm}=30\text{dB}$, aký je výkon $P=?[\text{mW}]$

$$P = 10^{\frac{P_{dBm}}{10}} = 10^{\frac{30}{10}} = 10^3 = 1000\text{ mW}$$



Prepočet výkonu bez kalkulačky z dB na W

- Podmienky:

- Výkon **1mW** je **0dBm**
- Vždy, keď sa výkon **zdvojnásobí**, pridáme **3dB**
- Vždy, keď sa výkon zväčší **10 násobne**, pridáme **10dB**

Výkon [mW]	Výkon [dB]
1	0
2	3
10	10

- **Príklad 1.:** Poznáme úroveň výkonu 26 dBm.

- Riešenie:

- Rozpíšeme to podľa tabuľky: **26dBm**=0dBm+10dB+10dB+3dB+3dB
- Vyjadríme výkon vo W: $1\text{mW} \times 10 \times 10 \times 2 \times 2 = \mathbf{400\text{mW}}$

- **Príklad 2.:** Poznáme úroveň výkonu -33dBm.

- Riešenie:

- Rozpíšeme podľa tabuľky: **-33dBm**=0dBm-10dB-10dB-10dB-3dB
- Vyjadríme výkon vo W: $1\text{mW} / 10 / 10 / 10 / 2 = \mathbf{0,5\mu W}$.

Výkony niektorých zdrojov rádiofrekvenčných polí

dBm	VÝKON	POPIS
90	1 MW	Typický vyžiarený výkon zameriavacieho radarového systému v letovej prevádzke
80	100 kW	Typický vyžiarený výkon vysielača rozhlasovej stanice FM s 50 km dosahom
62	1.6 kW	Typický vyžiarený výkon základňovej stanice mobilnej siete (BTS) na 1 sektor (1 anténa/služba)
60	1 kW	Vysokofrekvenčný výkon magnetrónu v mikrovlnnej rúre (2450 MHz)
50	100 W	Intenzita tepelného žiarenia ľudského tela (31.5 THz)
36	4 W	Maximálny výkon občianskej rádiostanice (27 MHz)
33	2 W	Maximálny výkon mobilného telefónu v režime GSM (2G)
30	1 W	Intenzita úniku vysokofrekvenčného žiarenia z mikrovlnnej rúry Maximálny výkon Wi-Fi 802.11a (šírka kanála 20 MHz) v II.pásme 5 GHz (5470 - 5725 MHz)
24	250 mW	Maximálny výkon bezdrôtového telefónu DECT (1880 – 1900 MHz, šírka kanála 1728 kHz) Maximálny výkon Wi-Fi 802.11a (šírka kanála 20 MHz) v I.pásme 5 GHz (5180 – 5320 MHz)
23	200 mW	Maximálny výkon mobilného telefónu v režime UMTS (3G) a LTE (4G) Maximálny výkon Wi-Fi 802.11n (šírka kanála 40 MHz) v II.pásme 5 GHz (5470 – 5725 MHz) Maximálny výkon Wi-Fi 802.11a (šírka kanála 20 MHz) v I.pásme 5 GHz (5180 – 5320 MHz)
20	100 mW	Maximálny výkon Wi-Fi 802.11b/g (šírka kanála 20 MHz) v pásme 2.4 GHz Maximálny výkon Bluetooth (trieda 1), dosah 100 m
15	32 mW	Typický výkon Wi-Fi klienta (notebook, mobil, tablet, apod.)
4	2.5 mW	Minimálny výkon mobilného telefónu v režime GSM (2G) Maximálny výkon Bluetooth (trieda 2), dosah 10 m
0	1 mW	Maximálny výkon Bluetooth (trieda 3), dosah 1 m
-50	10 nW	Minimálny výkon mobilného telefónu v režime UMTS (3G)
-80	10 pW	Typická intenzita signálu v lokalite s dobrým Wi-Fi pokrytím (od -70 do -90 dBm)
-90	1 pW	Typická citlivosť rádioprijímača FM
-106	25 fW	Typická citlivosť mobilného telefónu, zóna pokrytia signálom
-127	200 aW	Typická intenzita signálu z navigačného satelitu GPS (od -120 do -155 dBm)
-136	25 aW	Typická citlivosť základňovej stanice mobilnej siete v režime UMTS (3G) a LTE (4G)
-174	4 zW	Úroveň tepelného šumu pri šírke pásma 1 Hz a teplote 20°C
-192	56 yW	Úroveň tepelného šumu pri šírke pásma 1 Hz a teplote -270°C v medzihviezdnom priestore
-?	0	Nulový výkon





Ďakujem za pozornosť

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021

