



Příjem analogového a digitálního televizního satelitního vysílání

Prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

Současná televizní technika a videotechnika
kurz U3V

Program semináře a cvičení

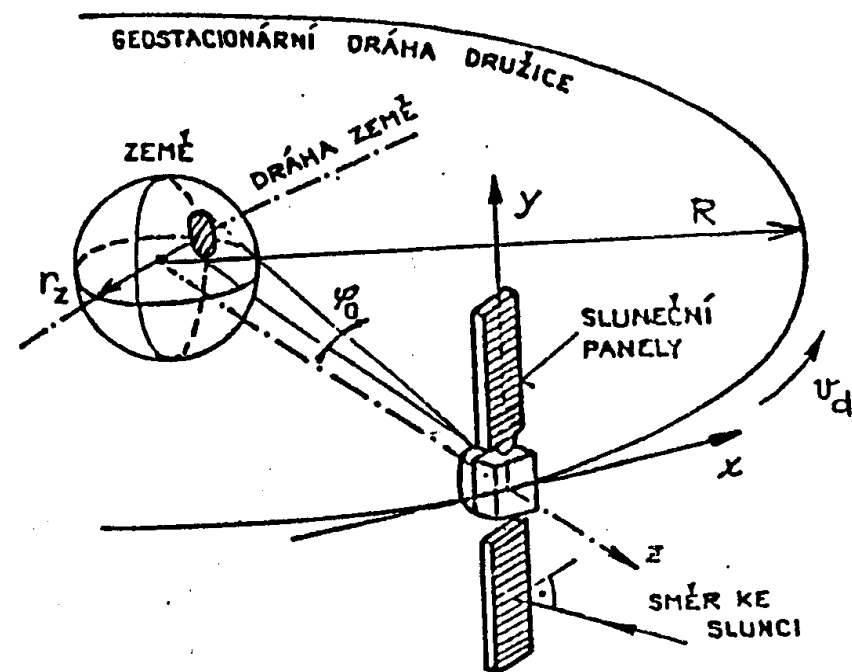
- ❑ Družice (satelit), GEO (geostacionární) orbita - vlastnosti.
- ❑ Skladba GEO komunikace – pozemský a kosmický sektor.
- ❑ Vyzařovací diagramy družic - znázornění.
- ❑ Skladba družicového přijímače – anténa, poziconér, LNB blok, polarizér, vnitřní jednotka.
- ❑ Analogový satelitní přijímač a digitální set-top box DVB-S s modulem Cryptoworks na paket Czechlink (ukázka).

Příjem analogového a digitálního (DVB-S) televizního satelitního vysílání



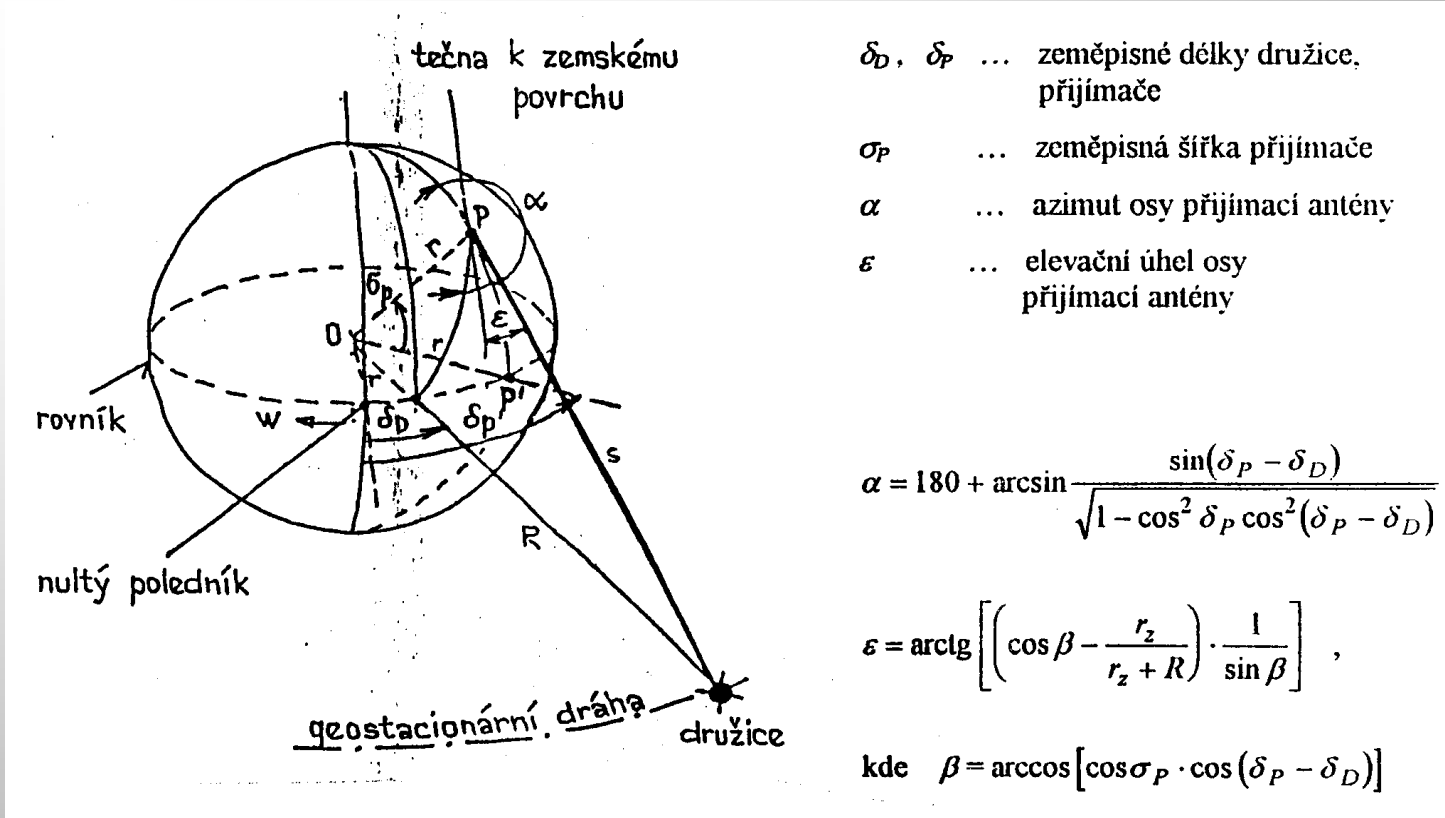
Tyto družice jsou umístěny na geostacionární dráze v **rovině rovníku** ve výšce cca **$R = 36\,000$ km** ve které se při tečné rychlosti $v_d =$ cca 3 km/s vyrovnává síla zemské přitažlivosti a odstředivá síla družice. **Doba oběhu družice je 24 hodin**, takže pozorovateli na zemském povrchu se jeví ve stále poloze. Poloha družice musí být stabilizována ve třech směrech pomocí malých raketových motorů s přesností $\pm 0,1^\circ$ vzhledem k poloze Slunce.

Palivo pro tyto motory tvoří až 80% hmotnosti družice a spolu se solárními články, které v současné době představují hlavní zdroj energie družice, omezují její životnost (dnes cca 10 let). Na družici je umístěna řada tzv. **transpondérů** (vysílačů), které prostřednictvím směrových (obvykle parabolických) antén vysílá s signál na zvolenou část zemského povrchu (teoreticky by bylo možno pokrýt celý povrch Země signály tří družic rozmítných na dráze po 120°). Vzhledem k velké vzdálenosti družice od Země je vysílaný výkon signálu šířením **tlumen více jak 10^{20} krát !!!**



Protože výkon transponderů družice je omezen (stovky W), je třeba toto zmenšení nahradit **velkým ziskem vysílacích a přijímacích směrových antén.**

Prostorová geometrie družicového vysílání



Pomocí uvedených vztahů je možno pro známé zeměpisné souřadnice přijímače a známou polohu družice vypočítat údaje potřebné pro nastavení osy přijímací antény: **azimut α** a **elevační úhel ϵ** .

Úspěšně je možno přijímat signál z družic, pro něž vychází elevační úhel $\epsilon > 20^\circ$. Pro menší elevace je signál dále zmenšen a degradován příliš dlouhou drahou v atmosféře.

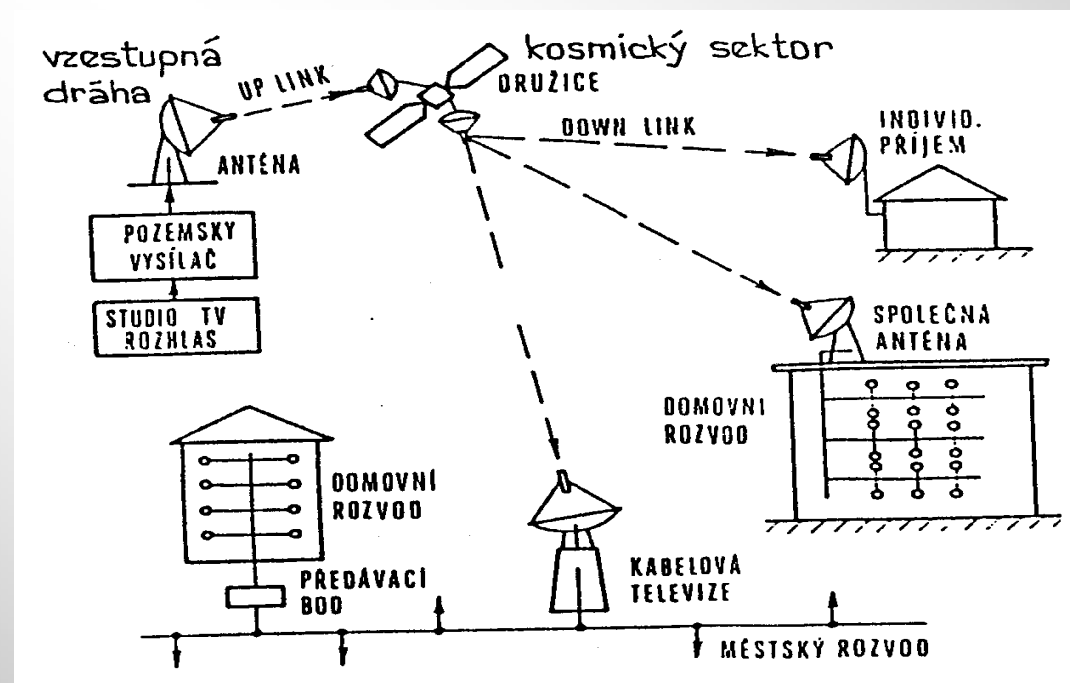
Skladba geostacionární komunikace – pojmy

Pozemský sektor

- vysílací a řídicí pozemní středisko vysílá TV, rozhlasové, telefonní, datové a telemetrické signály po **vzestupné dráze** (tzv. **up link**) ke družici v různých kmitočtových pásmech.
- přijímací část řídicího střediska přijímá tytéž signály vysílané družicí po **sestupné dráze** (**up link**) v jiných kmitočtových pásmech dle tabulky. Do této kategorie patří i všechny **individuální a skupinové přijímače** v oblasti pokryté signálem družice.

Kosmický sektor

tvorí vlastní družice s technologickým vybavením - pracovní a záložní transpondéry, přijímače všech signálů vysílaných z řídicího střediska, přijímací a vysílací směrové a telemetricky ovládané antény, napájecí zdroje, (solární články, příp. palivové články), akumulátory, telemetrické snímací a řídicí členy, ovládací raketové motory zásoba paliva pro ně (obvykle **hydrazin** tlakovaný heliem a okysličovaný $N_2 O_2$).



Význam zkratek v tabulce

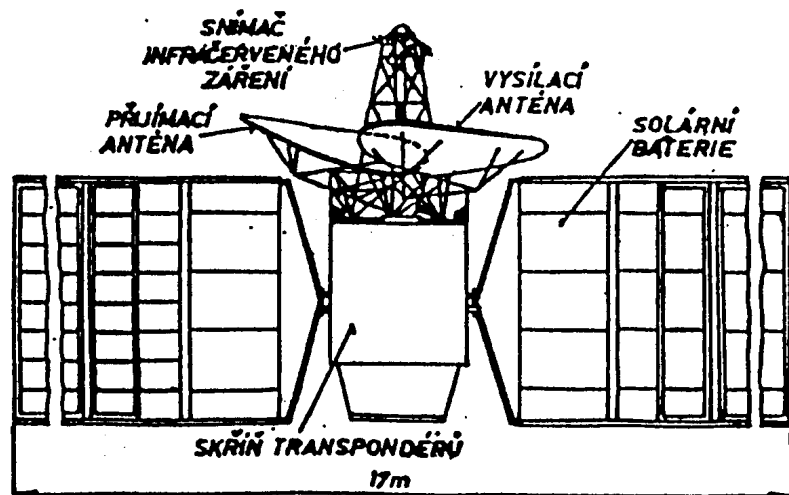
PDS - pevná družicová služba. Dříve představovala náhradu pozemních přenosových tras s menšími výkony transpondérů, dnes užívaná i pro plošný družicový příjem.

RDS - rozhlasová družicová služba (nepřený překlad anglického **B**roadcast **S**atellite **S**ervice) určená pro plošný TV družicový příjem. Tyto družice měly na palubě menší počet (3) výkonnějších transpondérů.

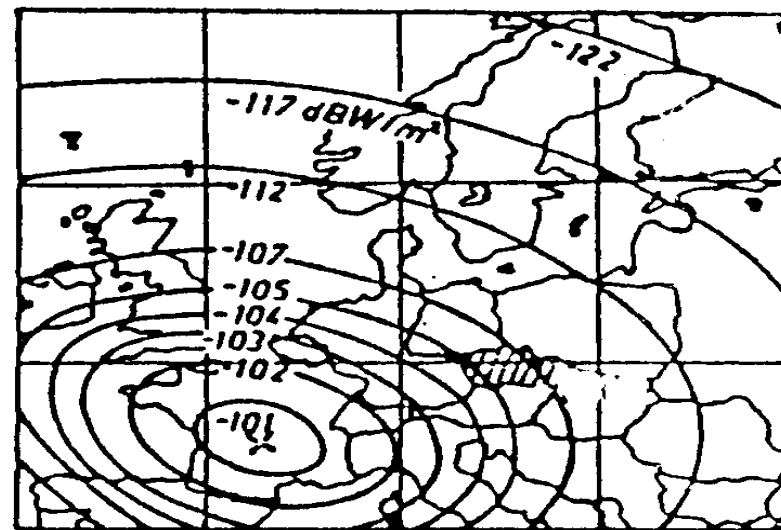
Dnes se již rozdíl mezi těmito pojmy smazává. Současné družice mohou nést větší počet transpondérů menšího výkonu díky podstatně větší citlivosti družicových přijímačů, což je výhodné pro operátory družicových služeb (větší počet programů).

Označení pásna	Kmitočtový rozsah [GHz]	Směr spoje	Druh služby	Šířka pásna [MHz]	Poznámka
Ku	10,90- 11,70	z družice	PDS	800	
	11,70- 12,50	z družice	RDS	800	
	12,50- 12,75	z družice	PDS	250	
	12,75- 13,25	na družici	PDS	500	
	13,75- 14,30	na družici	PDS	550	
	17,30- 18,30	na družici	PDS	1000	
Ka	17,70- 20,02	z družice	PDS	2500	
	20,20- 21,20	z družice	pohyblivá	1000	
	22,50- 23,00	z družice	RDS	500	
	27,00- 30,00	na družici	PDS	3000	
	30,00- 31,00	na družici	pohyblivá	1000	
Experiment	40,20- 42,50	z (na) družici	RDS	2300	

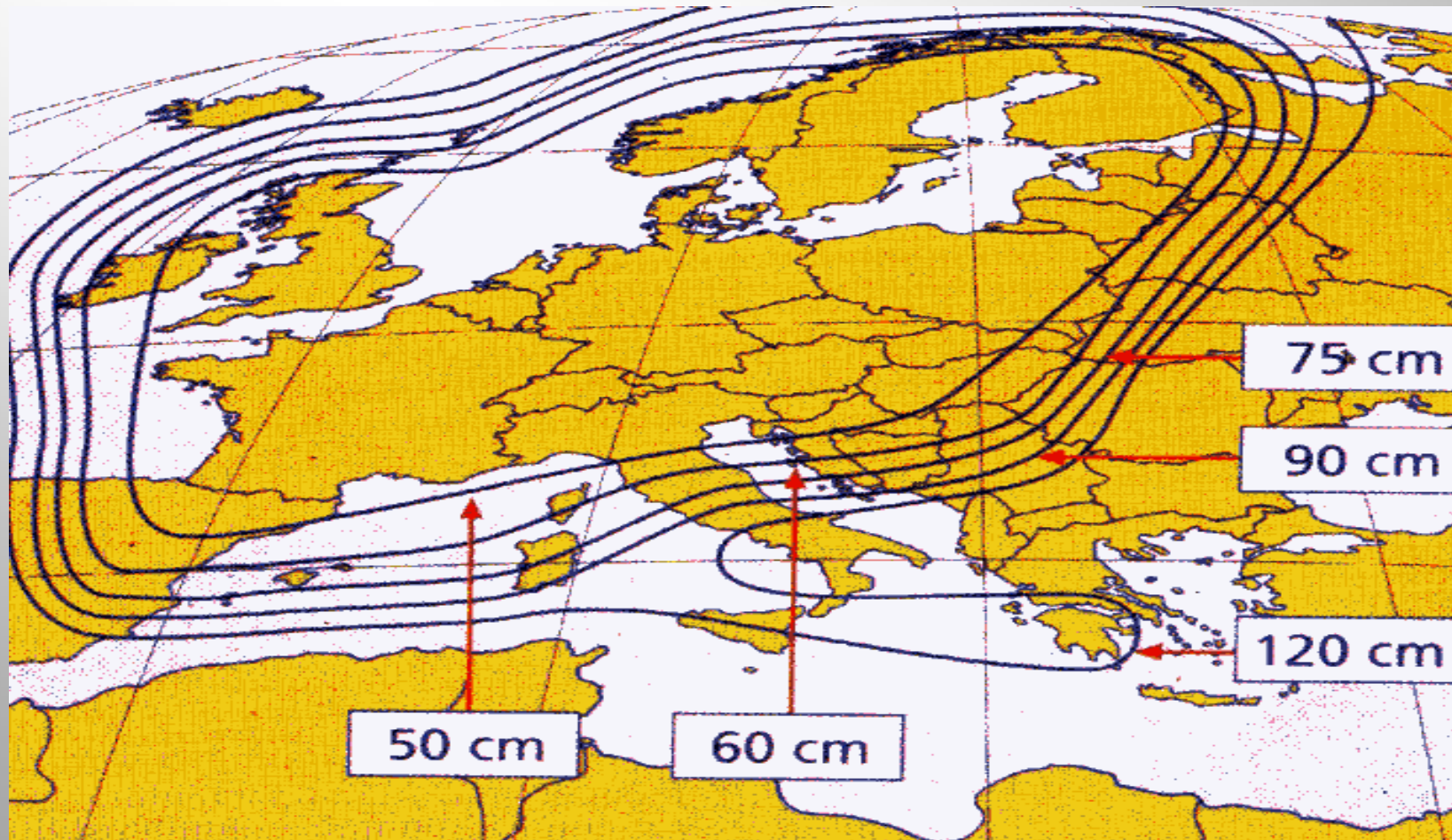
Vzhled a rozměry starší německé družice
RDS **TV SAT2** (hmotnost 1760 kg)



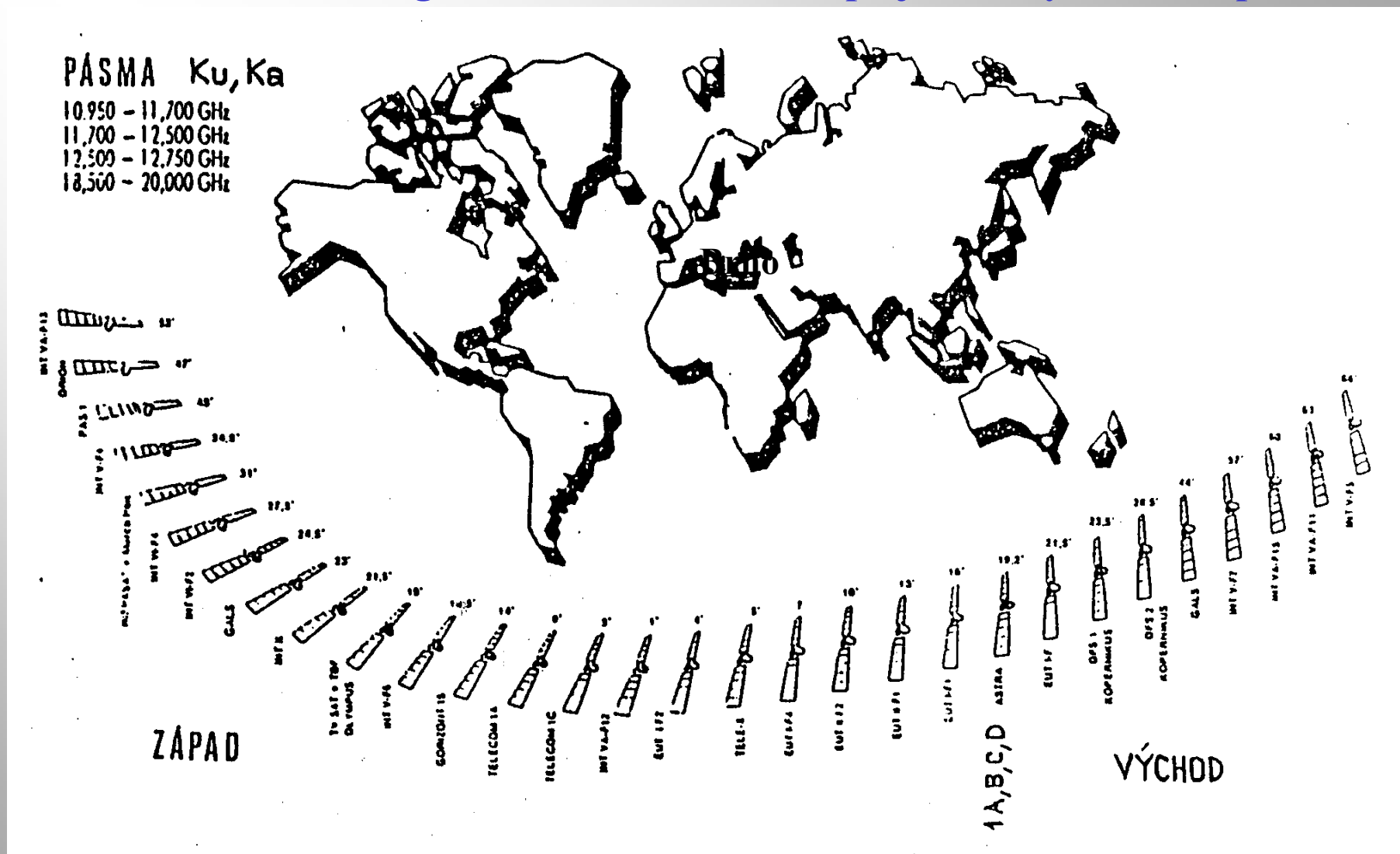
Vyzařovací diagram (hustota výkonu na zemském povrchu [mW/m²]) starší francouzské družice RDS **TDF 1**



Příklad **vyzařovacího diagramu** s vyznačením oblastí kvalitního příjmu v závislosti na průměru antény přijímače pro **družici ASTRA 2A**, která je umístěna na poloze 28,2°E. Vysílá digitální i analogové televizní a rozhlasové signály **56 kanálů** ve 2 kmitočtových pásmech (11,7 až 12,75 GHz) s výkonem každého z 12 transpondérů **98 W** (šířka pásma každého transpondéru je 26 MHz. Palubní příkon družice je **6,6 kW**. Byla vynesena na geostacionární dráhu raketou PROTON a její startovací hmotnost byla 3600 kg.



Znázornění geostacionárních družic přijímatelných v Evropě



Obecně platí, že nejkvalitnější příjem je z družic, jejichž poloha na geostacionární dráze je blízká zeměpisné poloze přijímače (kratší dráha vyzařovaného svazku v zemské atmosféře).

Tak např. **Brno** má zeměpisné souřadnice:

$\delta_p = +16,6^\circ \text{ E}$ (východní délky) a $\sigma_p = +49,2^\circ$ severní šířky

Proto je zde nejkvalitnější příjem možný např. z družic

EUTELSAT II-F2 na $+10,0^\circ \text{ E}$

EUTELSAT II-F1 na $+13,0^\circ \text{ E}$

HOT BIRD 1 až 5 na $+13,0^\circ \text{ E}$

EUTELSAT I-F1 na $+16,0^\circ \text{ E}$

ASTRA 1A až 1G na $+19,2^\circ \text{ E}$ velmi výhodné z hlediska počtu programů

ASTRA 2A na $+28,2^\circ \text{ E}$ velmi výhodné z hlediska počtu programů

EUROBIRD 1 na $+28,5^\circ \text{ E}$ velmi výhodné z hlediska počtu programů, včetně českých.



Na jedné orbitální poloze může být umístěno více družic, protože 1° odpovídá úsek cca 400 km.

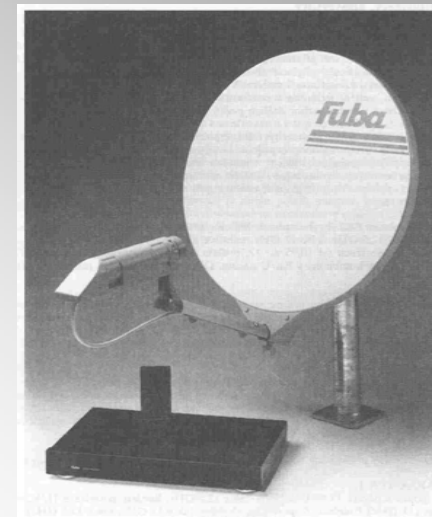
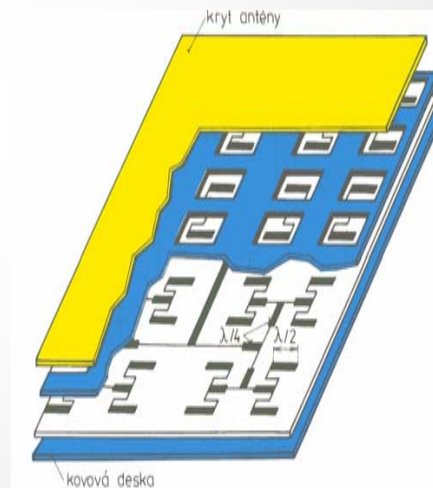
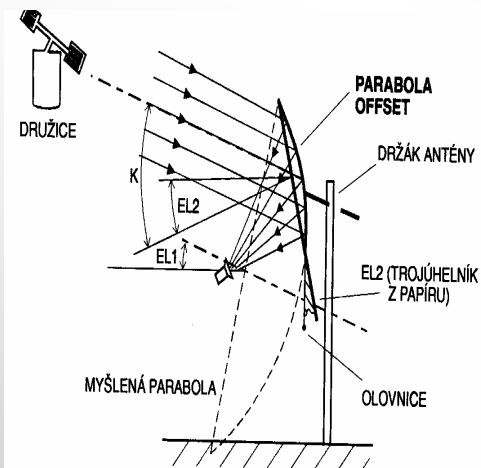
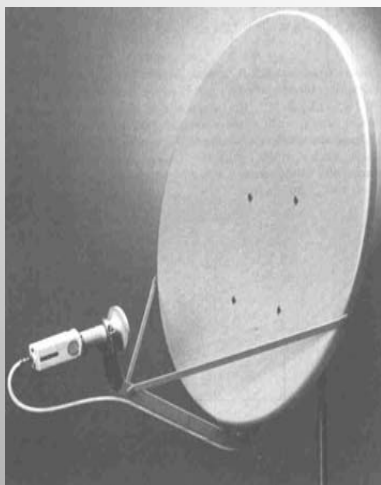
Jen z těchto družic vysíláno **více jak 1000** analogových a zejména digitálních televizních i rozhlasových programů. Především vysílání soukromých stanic jsou ovšem zakódovány různými enkrypčními systémy (Pay TV – placená televize s podmíněným přístupem). Pro jejich příjem je nutný digitální přijímač s příslušným dekodérem (**dekryptorem**) a kartou (**Smart Card**). Na družici **EUROBIRD** je vysílán, mezi jiným, i digitální paket několika kanálů **CZECH LINK** (12,607 GHz s horizontální polarizací) obsahující enkryptované televizní programy ČT 1, ČT 2 (zprávy jsou vysílány volně-bez enkrypce) a volně vysílané programy TV PRIMA a Stanice O. Dále je v tomto paketu umístěno 7 rozhlasových stereofonních programů (ČRo1, 2, 3, 6, 7, Radio Proglas a Radio Regina). Z této družice je vysílán i programový paket **SLOVAK LINK** obsahující zatím televizní programy STV 2 a TV Markíza (později STV1 a Music Channel) a 7 slovenských rozhlasových programů. Z družice **ASTRA 1G** vysílá pro Českou a Slovenskou republiku společnost UPC v paketech **UPC DIRECT** formou placené televize téměř 40 programů, vesměs zahraničních (s překladem).

Příjem TV vysílání z geostacionárních družic

Skladba družicového přijímače

a) směrová anténa – nejčastější provedení

- parabolická,
- ofsetová - výřez paraboly (nejpoužívanější typ antény)
- Cassegrain (s hyperboloidním odražečem),
- planární (matice propojených dipólů) aj.



b) vstupní jednotka (LNB, LNC – Low Noise Block, Converter) je umístěna v ohnisku antény, uskutečňuje nízkošumové zesílení a směšování signálu. Jsou jedno až tří-pásmové a kmitočtová pásma jsou přepínána elektricky z vnitřní jednotky pomocí **pomocného signálu 22 kHz**. Změna polarizace (H – V) se uskutečňuje změnou napájecího napětí LNB – 13 V pro horizontální a 17 V pro vertikální polarizaci.



c) polarizér - uskutečňují rozdělení (výběr) přijímaného signálu podle polarizace elektromagnetické vlny (provedení mechanické nebo magnetické rovněž ovládány elektricky vnitřní jednotkou).

d) vnitřní jednotka – vlastní družicový přijímač.



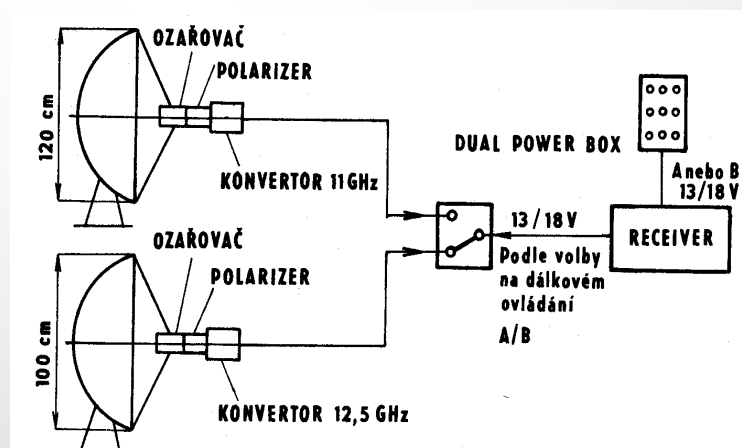
Části a) až c) jsou **stejné pro analogové i digitální vysílání**. Skladba vnitřních jednotek je však jiná. V **analogové** vnitřní jednotce se uskutečňuje druhé směšování, zesílení a **kmitočtová demodulace přijímaného signálu**.

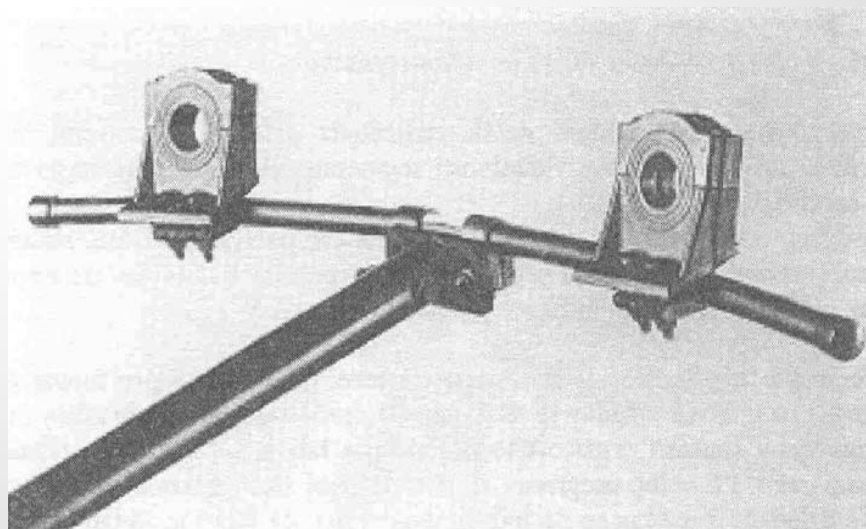
V **digitální** vnitřní jednotce se uskutečňuje druhé směšování, zesílení, **digitální demodulace QPSK, dekódování (dekomprimace) MPEG 2 a enkrypce televize s podmíněným přístupem**. Tyto přijímače jsou proto podstatně složitější a tudíž i dražší než analogové.

Příjem signálů z více družic

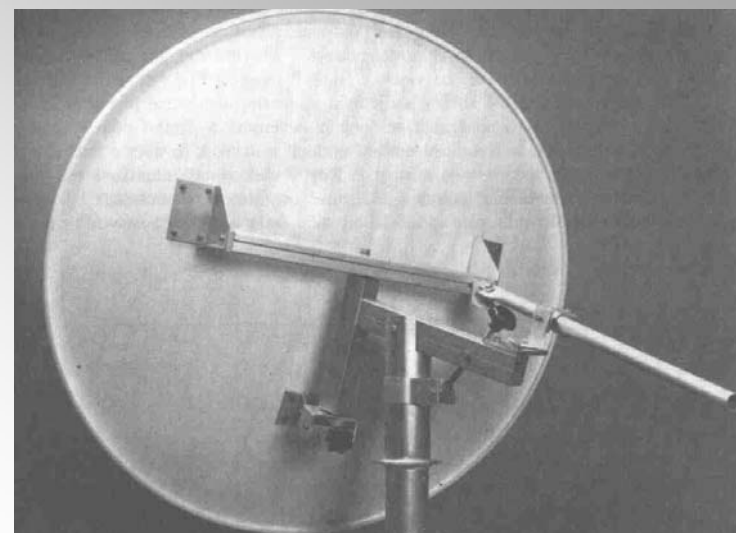
je možný v podstatě

- přepínáním signálů ze dvou (více) antén,
- přepínáním signálů ze dvou i více LNB (vstupních jednotek umístěných na jedné anténě (tzv. **multifeed**),
- natáčením antény s jedním vícepásmovým LNB pomocí tzv. **rotátoru (posicionéru)** dálkově ovládaného z vnitřní jednotky.





Multifeed pro 2 LNB



Rotátor s lineárním motorem

Při přesměrování antény na jinou družici je nutno změnit azimut α i elevační úhel ε . To by vyžadovalo dva dálkově ovládané pohony. Zjednodušení konstrukce a pohonů lze dosáhnout odklonem osy natáčení antény o úhel **deklinace** v tzv. **polárním závěsu (polarmountu)**. Při natáčení antény pouze v horizontálním směru (ve směru azimutu východ – západ) se pak plynule mění i elevační úhel osy antény a sleduje tak **přibližně** orbitální dráhu družice – tzv. **polární dráhu**. Odchyłka od ideální polární dráhy stoupá se zeměpisnou šířkou polohy antény přijímače (nejmenší je na rovníku).

Studijní literatura

- [1] BRADÁČ, J.: *Televizní satelitní příjem v ČSSR*. Nakladat. CRIS a UNILINE, Praha 1991
- [2] KRIEBEL, H.: *Satelliten-Radio/TV-Empfang*. Franzis-Verlag GmbH, Munchen, 1991
- [3] BRADÁČ, J.: *Satelitní technika populárně*. Naklad. GRADA, Praha 1994
- [4] Internetové stránky <http://www.satcodx.com>, <http://parabola.cz>