



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNIKY



Současnost a budoucnost systémů využívajících malé družice

Ing. Petr Ondráček, CSc.

ondracek.petr@fel.cvut.cz

Radiokomunikace 2015, Pardubice - 16.10.2015

O čem budu hovořit

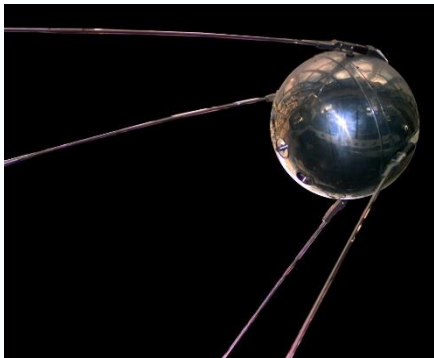


- ↪ Krátké ohlédnutí do historie malých družic
- ↪ Malá družice - co to je, proč a k čemu
- ↪ Jak nebo zda vůbec regulovat malé družice
- ↪ ITU symposium a Pražská deklarace

Milníky historie malých družic - 20. stol.

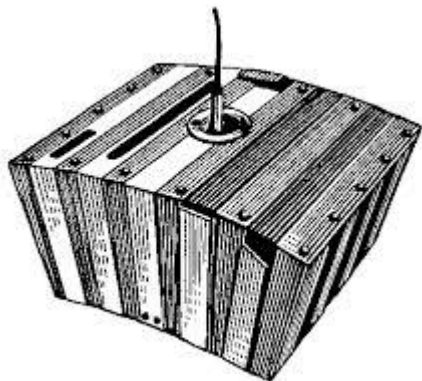


1957 - Sputnik 1 vyneseny 4. října dvoustupňovou raketou R-7



Koule o 58 cm a hmotnosti 83 kg, vysílač o výkonu 1 W v pásmech 20.005 MHz a 40.002 MHz, zanikla a po 1440 obletech Země

1961 – OSCAR I (Orbital Satellite Carrying Amateur Radio), 12. prosince, raketa Agena B, 427 hod., apogeum 431,1 km, perigeum 245,3 km a sklon k rovníku 81,2°, vysílala morse skupinu „HiHi!, /Oscar Association, amatéři z kosmických institucí.



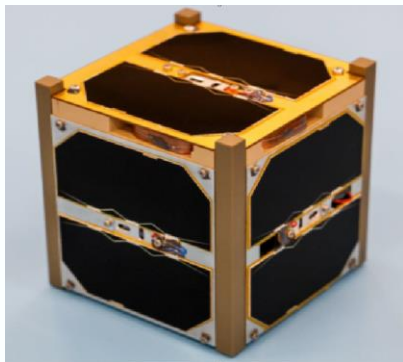
Hliníkové pouzdro 29x25x19 cm o váze 5 kg, tranzistorový vysílač na 144,938 MHz, výkon 100 mW, anténa — dva zkřížené půlvlnné dipóly.

Milníky malých družic - 21. stol.



2003 - vypouštění prvních družic konceptu CubeSat

CubeSat navržen pro odbornou výuku na univerzitách v USA



*Pikodružice CubeSats
standardu 1U*

Krychle o straně do 10 cm a hmotnost do 1 kg, orbitální dráha ve výšce 300 – 600 km, výkon 1 W na kmitočtech 145 MHz a 435 MHz vyhrazených pro amatérskou službu s modulací BPSK nebo GMSK s rychlostí pro downlink do 100 kb/s. Konstrukčně lze dále rozšiřovat násobky základního modulu (2U, 3U, 6U)

Malé družice a my (1)



5 družic MAGION (MAGnetospheric and IONospheric) (1977 – 1996, AV ČR, geofyzikální ústav a později ústav fyziky atmosféry) - v rámci kosmického programu INTERKOSMOS – výzkum ionosféry a magnetosféry

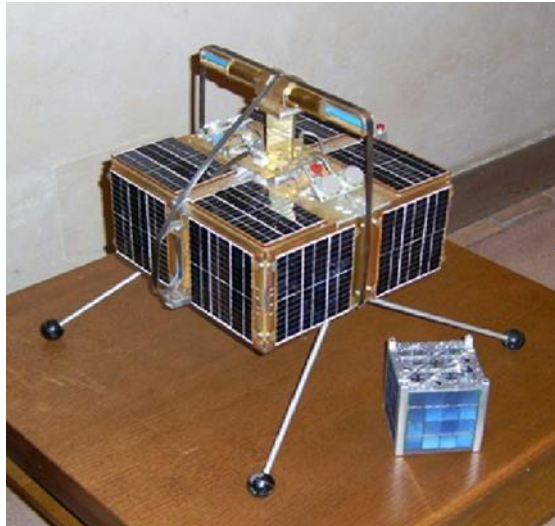
MIMOSA (2003, AV ČR, vyrobila Space Devices-ČR) - pro astrodymanická měření

Účast na projektech CubeSats – QB 50

- **Pilsen Cube** (2009 – 2011, VUT Plzeň,), návrh prototypu počítače a fotovoltaických panelů
- **CzechTechSat** (, FEL ČVUT v Praze, 2011 – 2014), magnetometr a tříosová stabilizace
- **VZLUSAT-1** (VZLÚ Letňany, 2013 – 2017, EU projekt QB50 – 2U, rentgenový teleskop a detektor radiace družicového okolí.

Projekt czCube (2004 – 2014, občanské sdružení) – cílem bylo zkonstruovat a postavit malou amatérskou nanodružici a nanosondu (sluneční plachetnice) s modulovou koncepcí dostupnou i pro české amatéry (finančně, organizačně i technologicky). V provozu zůstala pozemní stanice.

Malé družice a my (2)



MAGION 1 (300x300x160 mm,
váha 15 kg) a vzorek
radioamatérská nanodružice
czCube



VZLUSAT-1 2U
CubeSat

Proč malé družice???



- **Délka cyklu vývoje a vypuštění je krátká (do 1 roku)**
- **Nižší investiční náklady než u velkých geostacionárních nebo orbitálních družic (řádově desetkrát)**
- **Možnost jejich modulární stavebnicové konstrukce (standardy 1U, 2U, 3U, viz níže) a tím omezit náklady na vývoj aplikací (např. koncept *CubeSats* v projektu QB 50)**
- **Menší rozměry vedou k efektivnějšímu aplikování nejnovějších technologií**
- **Využívání nízkých orbitálních drah nebo výšek**

Rizika spojená s malými družicemi



- ❑ Omezené možnosti pro jejich vypouštění – to může vést např. ke zpoždění jejich mise
- ❑ Žádná nebo omezená možnost jejich řízení – zvýšení rizika kolize s jinými umělými kosmickými objekty (družicemi, sondami, stanicemi) a tím i možnost vysokých finančních nákladů na jejich případné soudní řešení v důsledku fyzických kolizí nebo rušení či snížení kvality jejich služeb
- ❑ Nesou malé a často nespolehlivé zdroje elektrické energie – vyžadují výstavbu drahých pozemních stanic
- ❑ Omezená doba jejich života – důsledek nízké spolehlivosti jejich elektronických systémů, v řadě případů se používají běžné součástky nebo zařízení pro běžné použití na zemi
- ❑ Omezený počet možných druhů misí – nižší a krátkodobější možnosti komerčního využití
- ❑ Nejistoty v oblasti regulace – rozvleklé nebo zatím nejasné administrativní procesy spojené s vydáváním licencí vyplývajících z mezinárodních smluv, z národních legislativ a s družicovou koordinací v ITU

Co je malá družice



➔ **Obecně není shoda nad definicí co je „malá družice“ – spíše lze definovat charakteristické znaky plynoucí z podstaty důvodů její využití**

Krátká doba
vývoje

Malé vývojové
týmy

malá vývojová
a testovací
infrastruktura

Přijatelné náklady -
vývoj, konstrukce,
vypuštění a provoz

Malá družice

Umělé těleso využívající kosmický prostor na nízkých drahách, které je malé svými rozměry a hmotností, je vyrobené rychle a levně a má krátkou dobou životnosti

Kategorie malých družic



Registrace podle smlouvy o mírovém využívání kosmu u Úřadu pro kosmické záležitosti při Organizaci spojených národů (UNOOSA - *United Nations Office for Outer Space Affairs*) a v ITU se používají následující kategorie

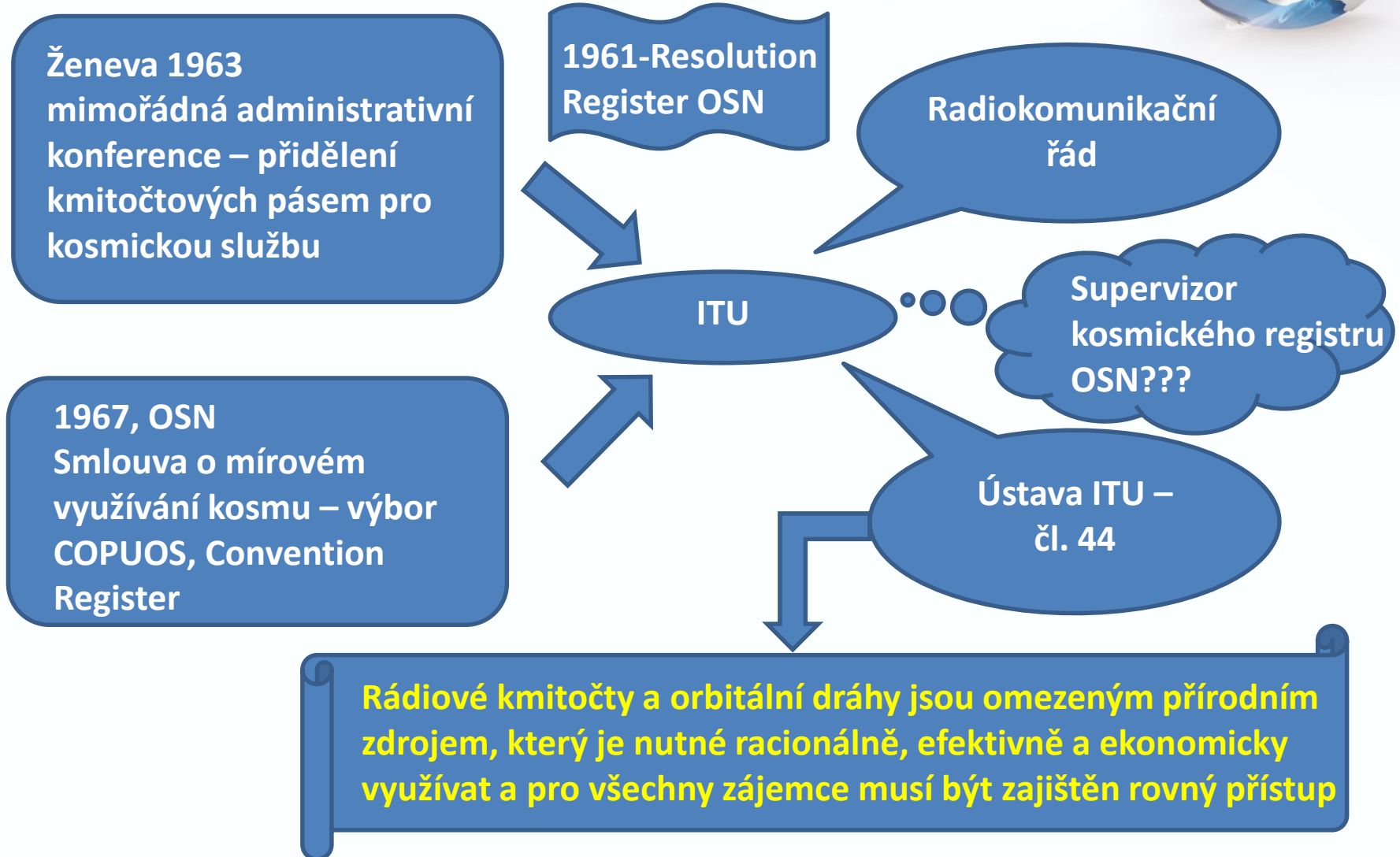
- ***minidružice*** – hmotnost menší než 1000 kg
- ***mikrodružice*** – hmotnost menší než 100 kg
- ***nanodružice*** – hmotnost menší než 10 kg
- ***pikodružice*** – hmotnost menší než 1 kg
- ***femtodružice*** – hmotnost menší než 0,1 kg



Základní fakta

- *Malá družice je umělé kosmické těleso, které je nutné vynést do kosmu*
- *Je třeba s ní komunikovat pro účely řízení jejího pohybu po dobu životnosti – vyžaduje přiděl kmitočtových pásem a zajištění ochrany příslušných radiokomunikačních služeb*
- *Musí se řešit zajištění jejího zániku*
- *Vyžaduje řešení ochrany a případných škod způsobených jiným umělým kosmickým objektům*
- *Je nutné zajistit nediskriminační přístup k využívání kosmu*

Vývoj regulace v kosmu

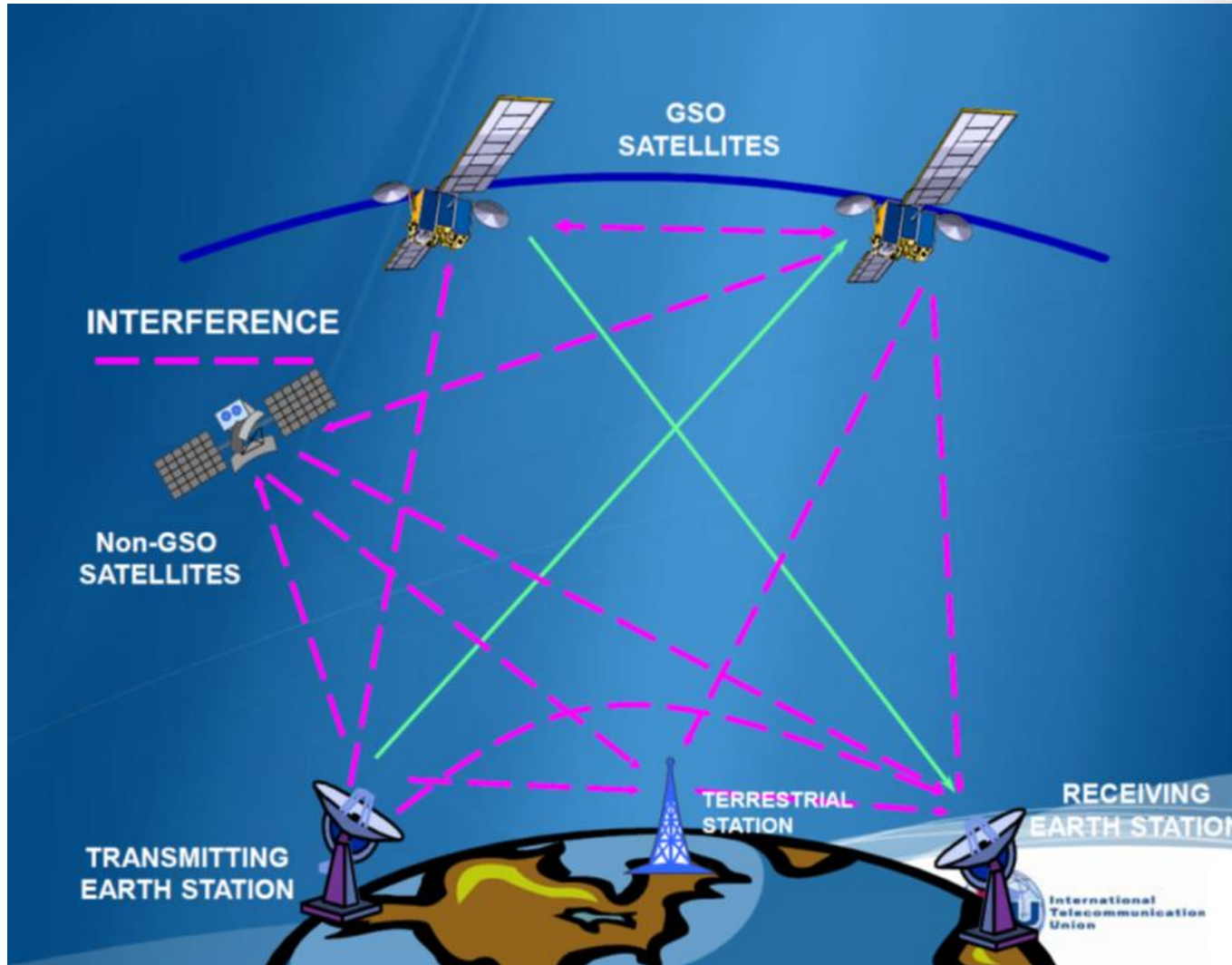


Regulace dnes - kdo a jak



- **Mezinárodními smlouvami o kosmu (OSN – UN COPUOS, *United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*), UNOOSA – oznámení a registrace v mezinárodním registru OSN – *Registration Convention*, 62 států včetně ČR**
- **Ustanoveními Radiokomunikačního řádu ITU - kmitočtová a orbitální koordinace a zápis do registru MIFR (jak, když ji Radiokomunikační řád nezná?) /Res. 757 WRC-12 uloženo BR navrhnout co je třeba změnit nebo zda je vůbec nutné něco v RR měnit. Na nadcházející WRC-15 ČR podpoří návrh na předložení nové rezoluce na WRC-19 vzniklé na základě studijních prací v ITU-R/**
- **Předpisy Mezinárodní radioamatérské unie (IARU) – využívání pásem amatérské služby /viz alokace pro amatérské družice ve Sborníku/**
- **Národní regulací (zákony a předpisy pro elektronické komunikace, provoz, výroba, vypouštění umělých těles do kosmu) – udělování licencí, podmínky**

Potřeba regulace - ITU



Jak dál - symposium ITU a Pražská deklarace



Symposium and Workshop on Small Satellite Regulation and Communication Systems

(Praha, 2. – 5. března 2015)

V gesci katedry telekomunikační techniky FEL ČVUT v Praze ve spolupráci s Českou kosmickou kanceláří, záštita Ministerstva průmyslu a obchodu, osobní účast ředitele ITU-R pana Françoise Rancyho, více jak 160 expertů ze 40 zemí z akademické, výzkumné, výrobní a provozní sféry a ze státní správy.

Elektrotechnická fakulta je akademickým členem ITU a od letošního roku i Centrem excellence ITU v oblasti kybernetické bezpečnosti.

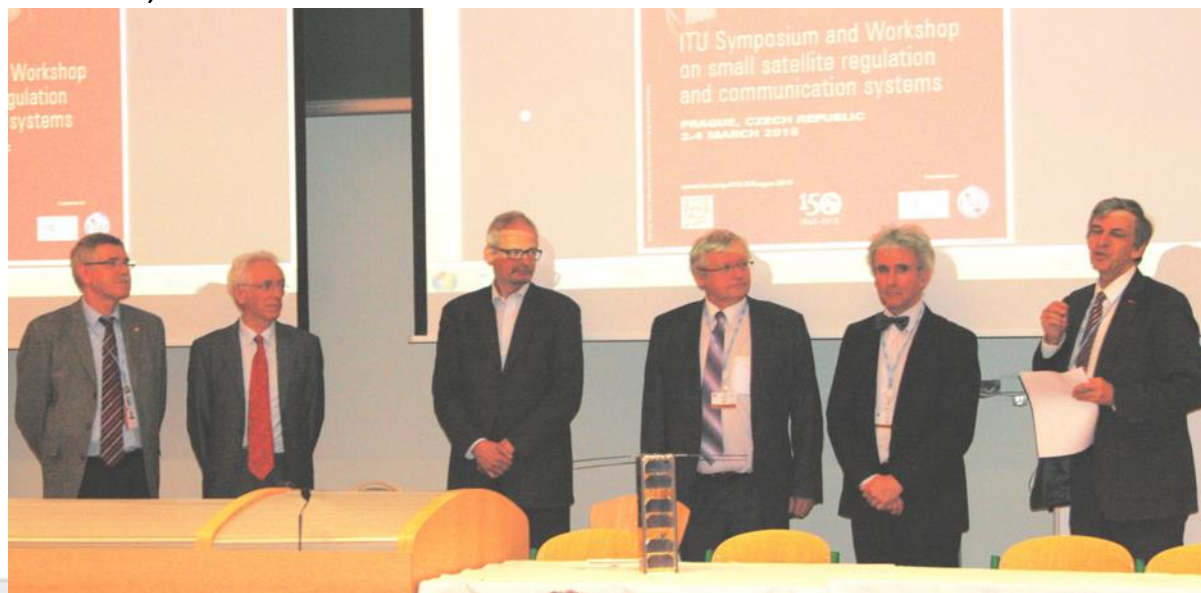
Diskutovány otázky týkající se rozvoje technologie malých družic, včetně aspektů týkajících se národních a mezinárodních právních a regulačních otázek, správy kmitočtového spektra a radiokomunikační standardizace

Ohlédnutí za symposiem



Klíčové přednášky a příspěvky

- ❑ Ředitel BR/ITU-R François Rancy, ředitel Space Dep. BR/ITU-R p. Yvon Henri, vedoucí oddělení družicových koordinací BR/ITU-R p. Attila Maťáš a ředitel odboru zahraničních vztahů ITU-R Joaquin Restrepo
- ❑ Zástupci UNOOSA (Niklas Hedman) , ESA (Frank Zeppenfeldt), NASA, IARU (víceprezident Ole Garpestad , CSO (ředitel doc. J. Kolář)
- ❑ Řešitelé projektů CubeSats z evropských univerzit a českých družicových projektů CzechTechSat a VZLUSAT-1 a účastníci z MPO, ČTÚ a ze soukromých společností a právních ústavů,





Pražská deklarace

Souhrn zásadních otázek a doporučení pro komunitu spojenou vývojem, výrobou a provozováním malých družic a jejich sítí, které je nutné v současnosti a blízké budoucnosti řešit

- ✓ Stanovit a dodržovat mezinárodní smlouvy a administrativní postupy pro malé družice přijaté v Radiokomunikačním řádu ITU a dokumentech IARU
- ✓ Zabránit škodlivým rušením radiokomunikačních služeb naplňováním příslušným ustanovením Radiokomunikačního řádu a k efektivnímu využívání rádiového spektra a orbitálních drah v kosmu
- ✓ Přijmout příslušná legislativní opatření pro národní regulaci segmentu trhu malých družic a pro potřeby kosmického výzkumu
- ✓ Pokračovat v aktivitách v oblasti malých družic pořádáním symposií a workshopů, vzděláváním pomocí on-line kursů a vydáváním odborných publikací

Přínosy symposia do dalšího vývoje



Pražská deklarace a její naplňování je příspěvkem k dlouhodobé udržitelnosti družicových projektů a jejich přínosů pro vědu a praxi, pro návratnosti investic, k zabránění škodlivých rušení, pro efektivní využívání kmitočtových a orbitálních přidělů a k řádné správě kosmického odpadu.

Závěry ze symposia a kladné ohlasy vyústily k zařazení samostatného bodu agendy na 55. zasedání podvýboru pro legislativu výboru COPUOS (Legal Subcommittee) v roce 2016 pro malé družice s názvem Exchange of views on the application of international law to small satellite activities.

Výsledky diskuse by měly napomoci k dalšímu směřování prací s ohledem na tvorbu nových či úpravu stávajících ustanovení v RR ITU pro všechny kategorie malých družic a aktuálně k projednávání změny rezoluce č. 757 (WRC 12) na listopadové konferenci WRC 15.

Co lze očekávat v blízké budoucnosti ?



Nárůst
výzkumných
projektů –
ESA, NASA,
University,
SME,
soukromé

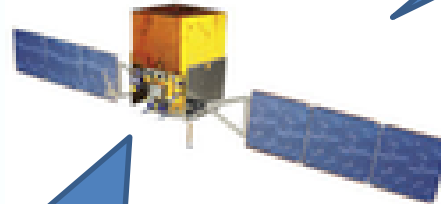
Edukační a
výzkumné
programy na
universitách a
V+V institucích

Stavebnice malých
družic, miniaturizace a
pokles cen v celém
technologickém a
provozním řetězci

Sítě pro aplikace
a služby (veřejné,
vojenské,
krizové, ale také k
nekalým účelům

Zavádění mezinárodní
a národní regulační
legislativy

Růst možností
pro jejich
vypouštění –
velké i malé
privátní
společnosti





ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNIKY



Zdroje informací

Děkuji za pozornost

Sborník Radiokomunikace 2015

**Internet – ITU, UNOOSA, ESA, IARU,
NASA, CubeSat, ...**