

Navigační systém Galileo



Ing. Miroslav Čábelka

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

cabelka@natur.cuni.cz

Galileo

Konkurence GPS?

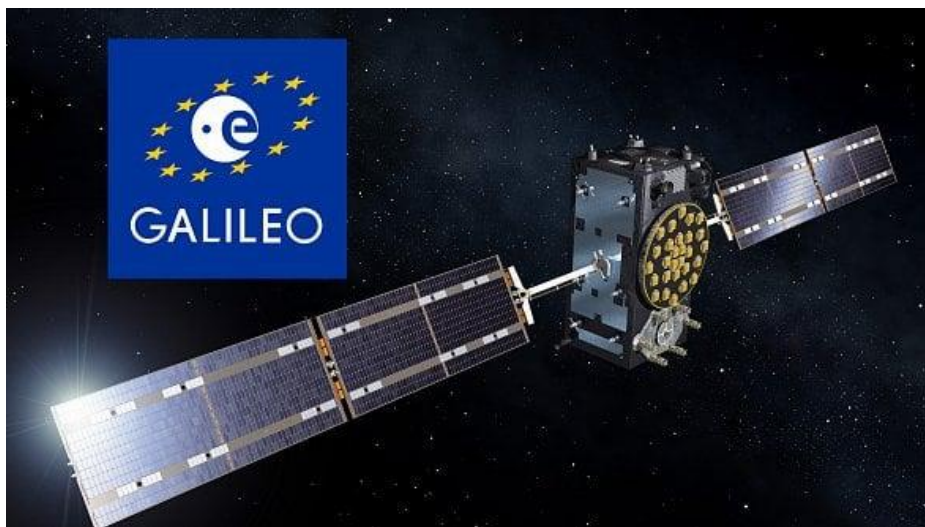
- Připravuje Evropská unie s Evropskou kosmickou agenturou
- Technicky vyspělejší obdoba současného navigačního systému GPS provozovaného USA.
- Oproti GPS a Glonass je pod civilní kontrolou.
- Dohled nad provozem systému zajišťuje Evropský úřad pro dohled nad globálními navigačními družicovými systémy **GSA**.



Galileo

Vesmírné služby pro Evropu

- Globální družicový navigační systém, který je vyvíjen a provozován Evropou.
- Nástroj pro Evropu pro zapojení se na světovém trhu.
- Vytvoření více než 100000 nových pracovních příležitostí ve službách jen v rámci Evropy.





European GNSS Agency



European GNSS Agency (GSA)

Evropský úřad pro dohled nad globálními navigačními družicovými systémy

- Zajišťuje dohled nad provozem systému Galileo.
- Dne 11. 12. 2010 ministři EU rozhodli o umístění GSA v České republice (do té doby provizorně v Bruselu).
- Agentura sídlí v Praze v bývalé budově České konsolidační agentury v Holešovicích (od 2012).
- <https://www.gsa.europa.eu/>





European GNSS Agency

European GNSS Agency (GSA)

Evropský úřad pro dohled nad globálními navigačními družicovými systémy



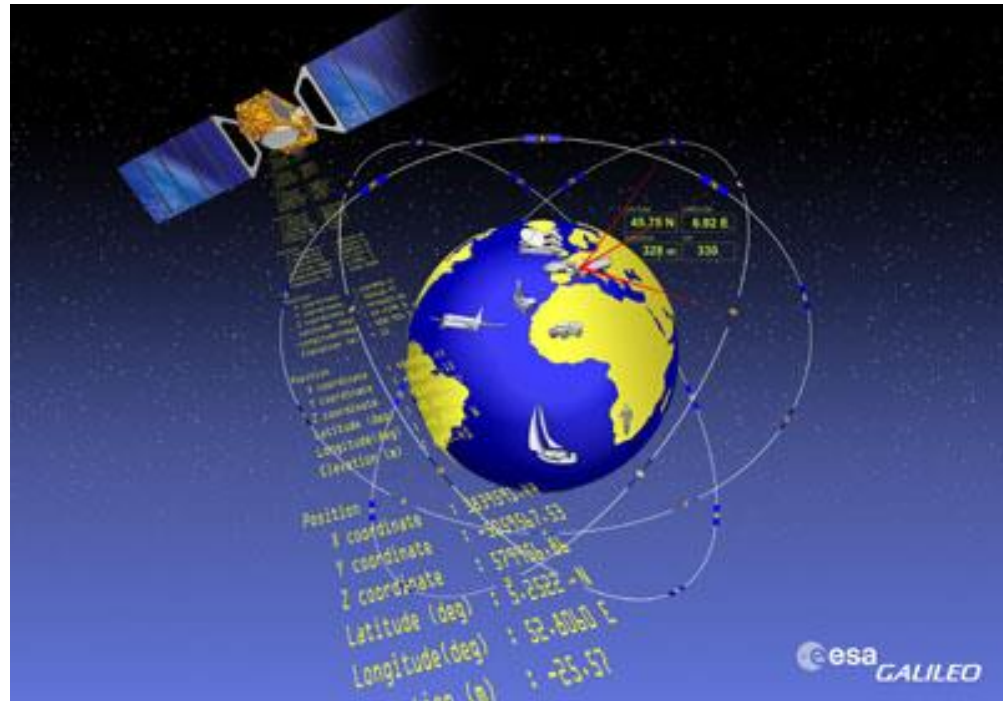
Sídlo agentury v Praze v Holešovicích (od 2012)

<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/galileo-european-global-satellite-based-navigation-system>

Galileo + GPS

Galileo v součinnosti s GPS a Glonass napomůže zlepšit výsledek z hlediska:

- přesnosti,
- integrity,
- dostupnosti.



Galileo je také politickým vyjádřením autonomie, suverenity a politické a ekonomické nezávislosti zúčastněných států.

Galileo

Přesnost systému

- Galileo standardně poskytuje polohovou odchylku v řádu **1 m** (**30 cm** platícím zákazníkům a záchranným složkám).
- Galileo má vysílat 5 druhů signálů:
 1. Zdarma dostupný veřejný
 2. Kódovaný pro komerční využití
 3. Zabezpečený signál (např. pro přesnou navigaci letadel a vlaků)
 4. Signál pro pátrání na moři a nehostinných oblastech
 5. Šifrovaný signál pro potřeby evropských států



Galileo

Vesmírné služby pro Evropu

Služby Galilea

- *Informace v čase a poloze*
- Třírozměrné informace o poloze
- Přesný časový signál (atomové hodiny)
- Nepřetržitost: 24 hodin, 365 dní
- Velká dostupnost (Galileo + GPS !)
- Vysoká integrita (vyzkoušené a certifikované)
- Pod civilním dohledem



Galileo

Služby Galilea – 1. skupina

Základní služby (Open Services - OS)

Standardní signál s vysokou přesností (1 metr) a dostupností (zdarma)

Komerční služby (Commercial Services - CS)

Standardní signál s ověřenou integritou a dalšími službami (placený)

Služby „kritické“ z hlediska bezpečnosti (Safety of Life Services - SoL)

Standardní signál s ověřenou a certifikovanou integritou
(kontrolní intervaly cca každých 6 s), zlepšující Základní služby

Vyhledávací a záchranné služby (Search and Rescue - SAR)

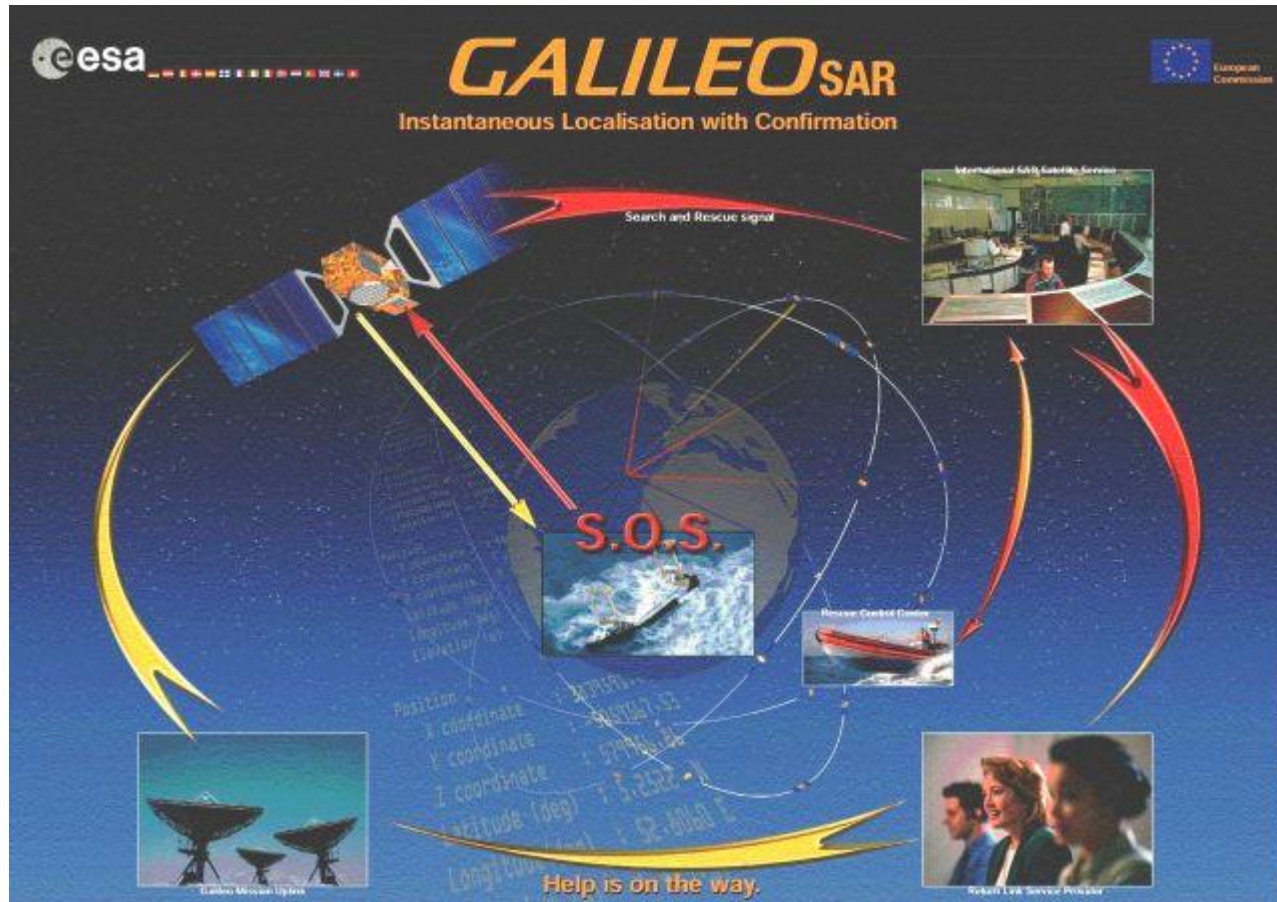
SoL-signál, kompatibilní s existujícími SAR-Systémy (COSPAS/SAR-Sat)

Galileo

Služby Galilea – 2. skupina

Veřejně regulované služby (Public Regulated Services - PRS)

Šifrovaný signál pro vládní účely, technicky chráněný proti rušení



Galileo

Plán zavádění systému Galileo

1999

- původní plány na GNSS Galileo,
- odhadovaný rozpočet 5 miliard EUR se spuštěním v roce 2008.

2007

- přelomová reforma programů Galileo,
- ukončena jednání o partnerství veřejného a privátního sektoru,

2008

- zahájení zaváděcí fáze systému Galileo



Galileo

GIOVE – experimentální družice systému Galileo

GIOVE-A

- První zkušební družice pro systém Galileo.
- Odstartovala do vesmíru 28. prosince **2005**.

Nejdůležitější součástí GIOVE-A je:
anténa, vyzařující navigační signál,
pokrývající celý viditelný povrch Země
pod satelitem.

Vysoká kvalita signálu je zajištěna
dvojicí atomových hodin se stabilitou
10 nanosekund za den.



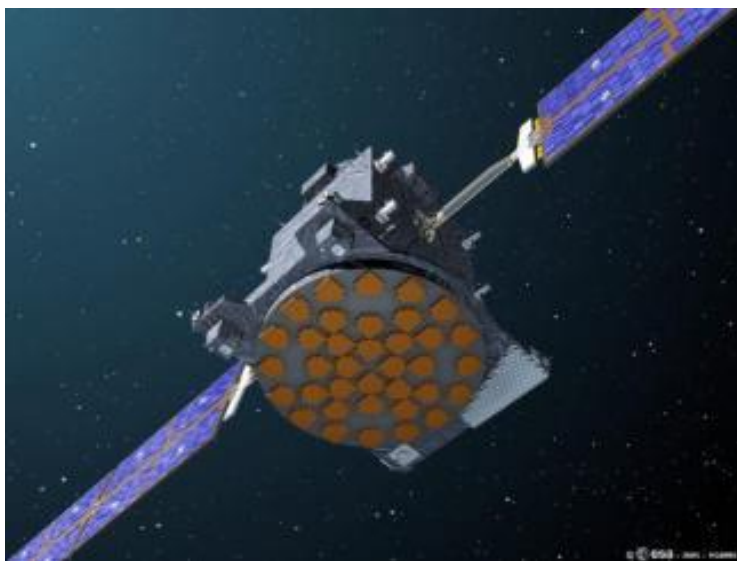
*Ruská raket Sojuz je připravena vynést
satelit GIOVE-A*

Galileo

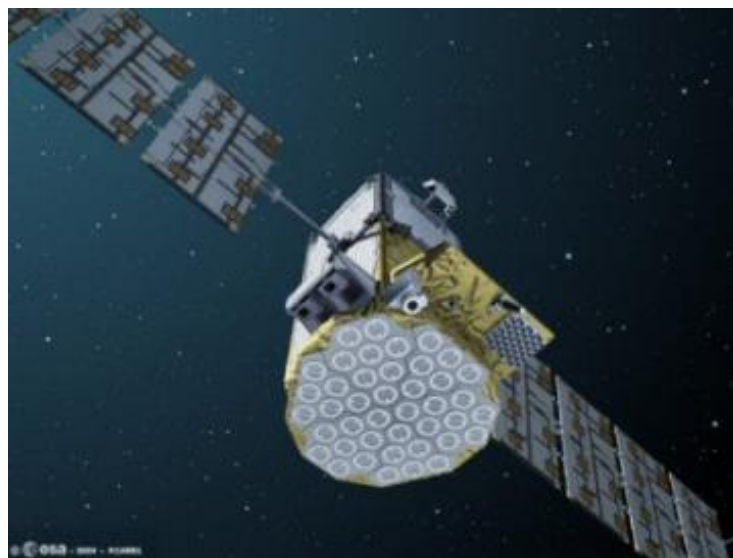
GIOVE – experimentální družice systému Galileo

GIOVE-B

- Druhá experimentální družice systému Galileo.
- Do vesmíru vynesena na konci dubna roku 2008, stejně jako GIOVE-A pomocí ruské rakety Sojuz, z kosmodromu Bajkonur.



GIOVE-A



GIOVE-B

Galileo

Plán zavádění systému Galileo

21. října 2011 - raketa Sojuz ST-B vynesla z Guyanského kosmického centra na oběžnou dráhu dva operační satelity systému Galileo

2011 - 2012

- Na experimentální satelity GIOVE-A a GIOVE-B navázala čtveřice operačních satelitů.
- Poskytují plnohodnotný signál

2014

- ruské rakety Sojuz a evropské Ariane-5 dopravily na oběžnou dráhu dalších 14 operačních družic.



Galileo

Plán zavádění systému Galileo

2018

- Fáze částečné zavedení infrastruktury („počáteční operační schopnost“ neboli „IOC“),
- 18 operačních satelitů,
- vybudování potřebného pozemního segmentu.

2019

- plný operační režim

2021

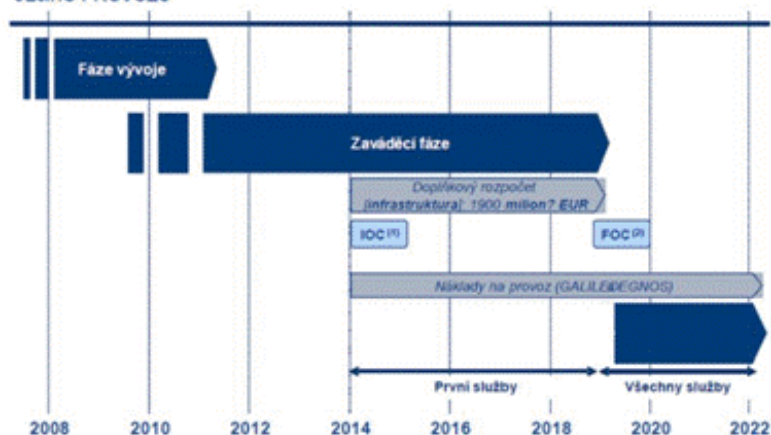
- kompletní systém s 24 provozními satelity



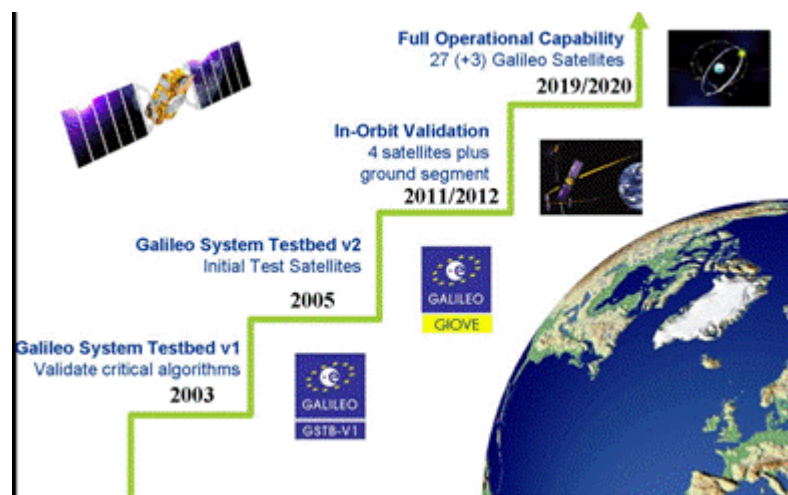
Galileo

Plán zavádění systému Galileo

ČASOVÝ PLÁN FÁZÍ DOKONČENÍ INFRASTRUKTURY PROGRAMU GALILEO A JEJÍHO PROVOZU

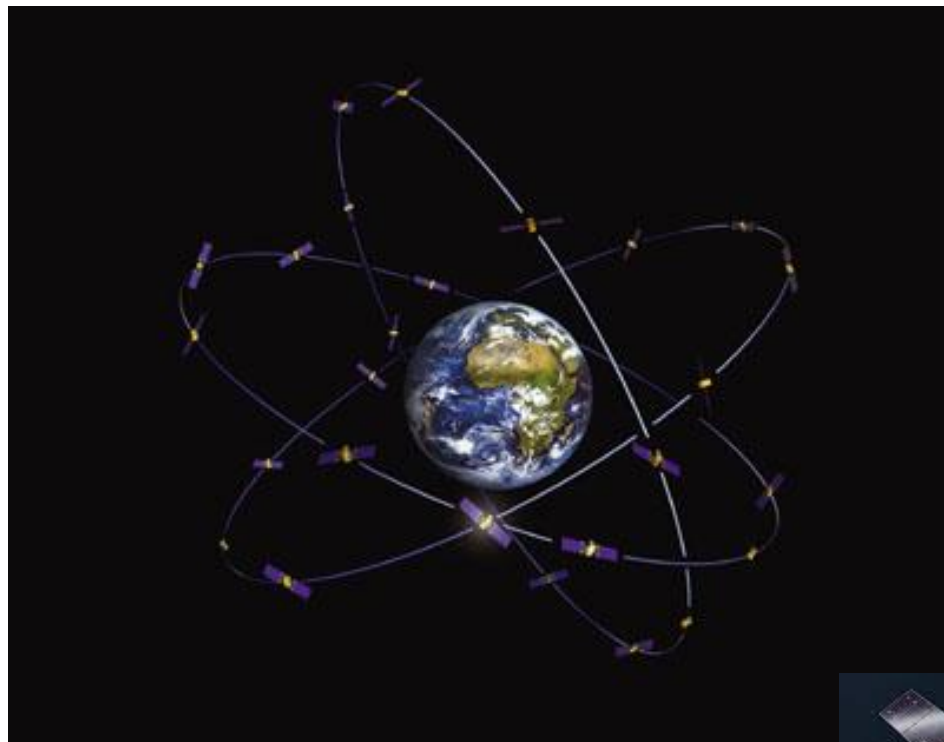


1) IOC : Počáteční operační schopnost
2) FOC : Úplná operační schopnost



Galileo

Kosmický segment

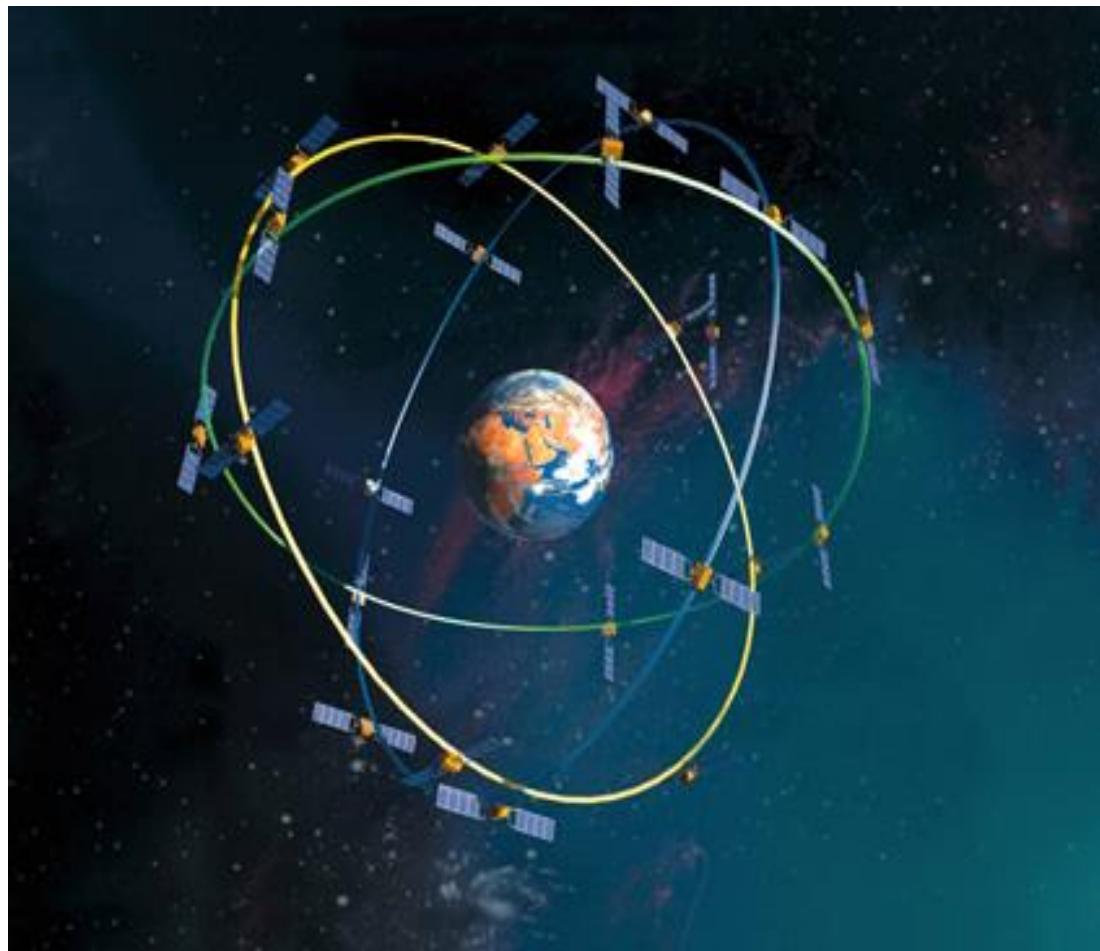


- výška dráhy 23 222 km
- sklon dráhy 56°
- 3 různé roviny dráhy
- 30 družic
včetně 6-ti záložních



Galileo

Kosmický segment



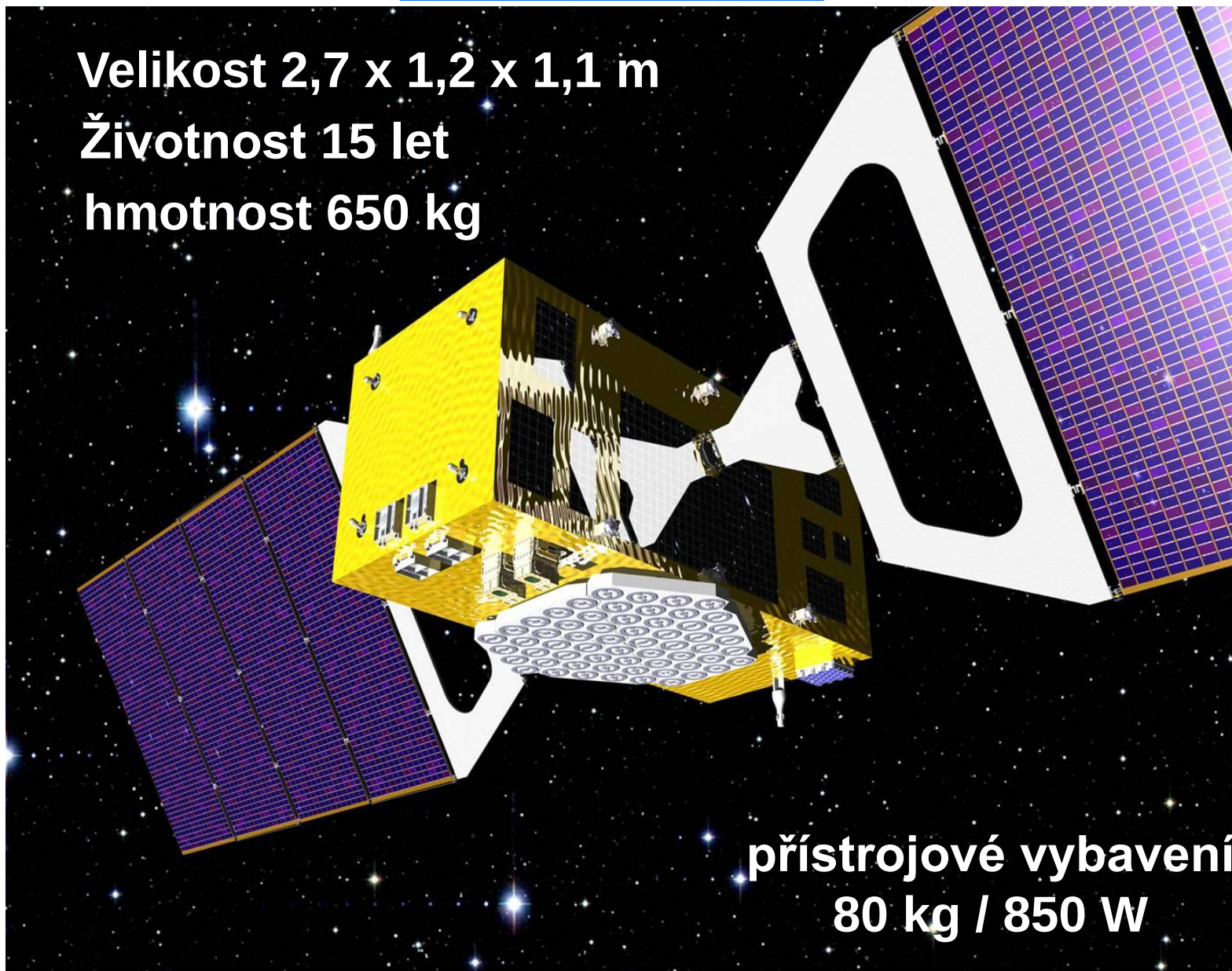
Družice Galileo

Velikost 2,7 x 1,2 x 1,1 m

Životnost 15 let

hmotnost 650 kg

**přístrojové vybavení
80 kg / 850 W**



Galileo

Komponenty družice Galileo

L-band anténa – vysílání navigačních signálů v pásmu 1200 – 1600 MHz.

S&R anténa – bude zachycovat nouzové signály ze Země a předávat je pozemním stanicím.

C-band anténa – příjem signálů od přenosových stanic Galileo.

S-band antény – součást telemetrického, sledovacího a řídicího subsystému.

IR Earth sensors – infračervené senzory zemského záření.

Laserový odražeč – měření výšky družice s přesností několika cm.

Vesmírné zářiče – výměníky, vyzařující přebytečné teplo do vesmíru

Galileo

Komponenty družice Galileo

Hydrogen passive maser clocks – vodíkové (pasivní) maser hodiny

Rubidium atomic clocks – rubidiové hodiny.

Generátor navigačního signálu – generátor frekvence.

Dálkově řízený terminál – rozhraní mezi všemi komponenty družice a palubním počítačem.

SADM – hnací mechanismus spojující solární panely s tělem družice.

Gyroskopy – sledují a zaznamenávají rotaci družice.

Setrvačníky – budou řídit rotaci družice.

Galileo

Komponenty družice Galileo

Palubní počítač – řídí všechny funkce družice a jejích komponent.

Magnetická tyč – regulace rychlosti rotace strvačníků.

Rozdělovací energetická jednotka – kontrola a regulace energie ze solárních panelů.

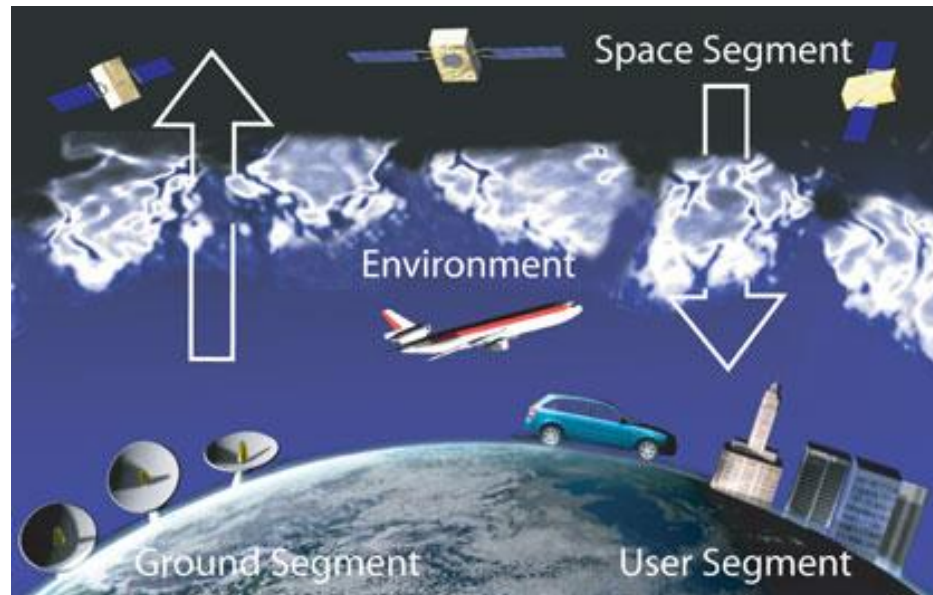


Galileo

Pozemní segment

Dvě kontrolní centra + 30 měřících a kontrolních stanovišť

Kontrolní centra budou mít kontrolní a řídící funkci a budou starat o údržbu družic a kontrolu navigačních funkcí celého systému.



Galileo

Pozemní segment

Dvě řídicí centra

- kontrolují a řídí pozemní kontrolní systém (**GCS**, Ground Control System)
- kontrolují a řídí letecké funkce, které jsou podporovány specializovaným pozemním leteckým segmentem (Ground Mission Segment, **GMS**).

GCS, Ground Control System (Oberpfaffenhofen, Německo)

- údržba polohy družic,
- využívá globální síť pěti stanic ke komunikaci s každým jednotlivým satelitem.

GMS, Ground Mission Segment (Fucino, Itálie)

- stará se o kontrolu navigační funkce celého navigačního systému.

Galileo

Regionální složka

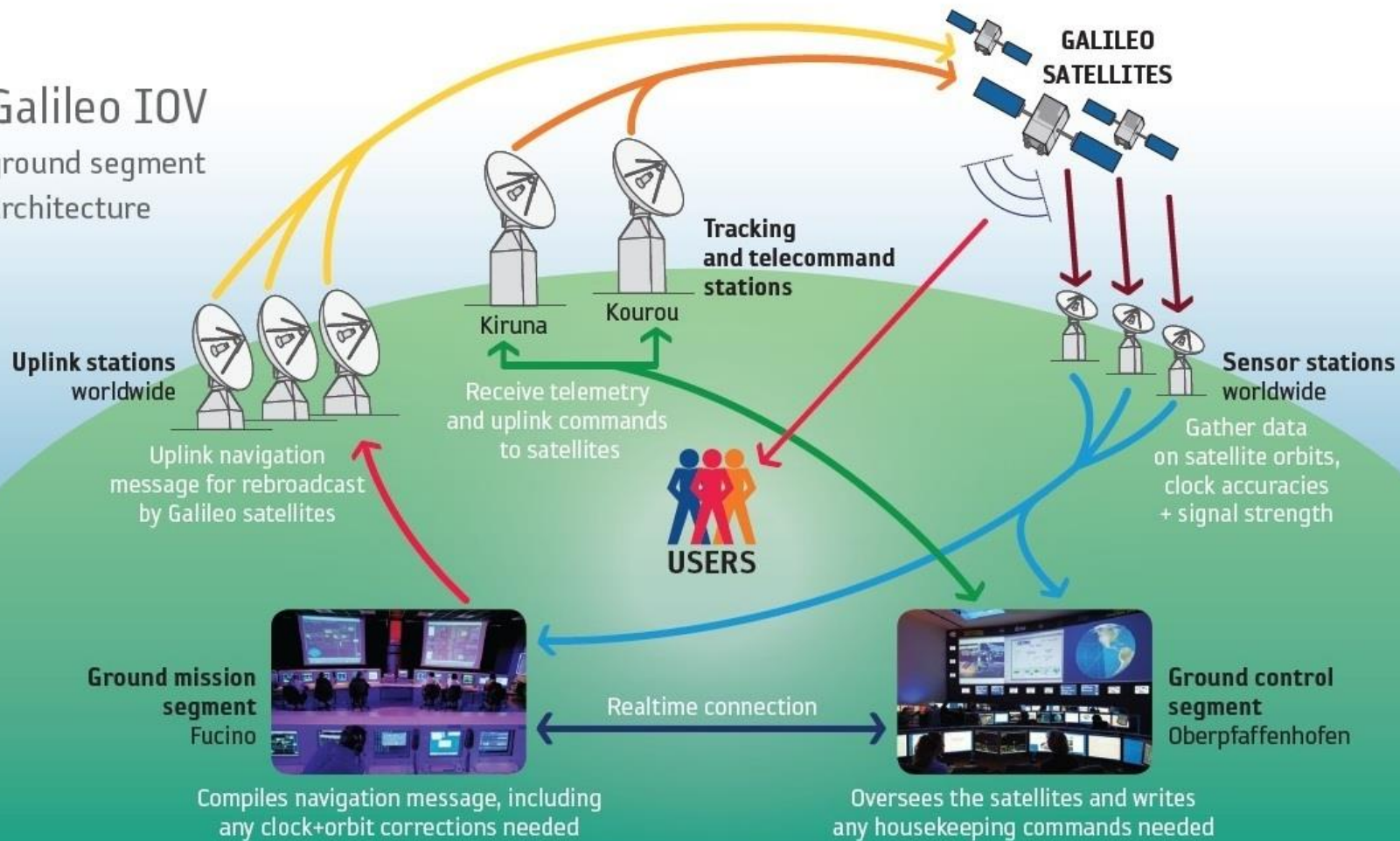
- Zajišťuje hlášení o integritě systému nezávisle na hlášení systému GALILEO.
- Tvořena z několika Externích Regionálních Integrovaných Systémů (External Region Integrity Systems, **ERIS**).
- ERIS jsou vytvořeny, spravovány a provozovány soukromými společnostmi, případně státy a skupinami států mimo EU.

Lokální složka

- Slouží pro zkvalitnění lokálního příjmu signálu GALILEO.
- Např. jsou místa a oblasti, kde je příjem signálu z družic z různých důvodů problematický.
- Vytvořeny, spravovány a provozovány soukromými společnostmi.

Galileo

Galileo IOV ground segment architecture



Galileo

- Systém Galileo má stát 3,5 miliardy eur (asi 90 miliard Kč)
- Spuštění Galilea bylo neustále posouváno.
- Plně fungovat by měl začít v roce 2020/2021.
- Vybudování systému zajistily firmy z Itálie, Německa a Francie.
- Výstavbu prvních 14-ti satelitů zajistila německá OHB Systém AG.
- Vynesení do vesmíru zajistila francouzská Arianespace.
- Systémovou podporu pro systém zajistila italská ThalesAleniaSpace.



Galileo

Galileo a Česká republika

Česká republika, jako členský stát Evropské unie, má právo spolurozhodovat o budoucích krocích týkajících se programu GALILEO.

V ČR je kontaktem s ESA pověřena Česká kosmická kancelář. Ta má za úkol připravovat a koordinovat národní aktivity v rámci programu Galileo a posílit vztahy mezi státní a soukromou sférou.

Z popudu Ministerstva dopravy při České kosmické kanceláři funguje od 1. října 2005 kontaktní bod systému GALILEO.

Dne 23. 2. 2005 vytvořena Koordinační rada ministra dopravy pro globální navigační družicové systémy pro zajištění efektivní a komplexní participace České republiky na programu GALILEO.

Galileo

na YouTube

Služby GNSS Galileo: <https://youtu.be/n2CY6lbg0V4>

Satelity Galileo 13 a 14 míří na oběžnou dráhu:

http://video.idnes.cz/?idvideo=V160524_115753_techet_hey

Máme ji v mobilních telefonech, autech, letadlech, ale i zemědělských strojích. Proč potřebuje Evropa vlastní systém vysvětluje Karel Dobeš, vládní zmocněnec pro Galileo:

<https://www.youtube.com/watch?v=hrF60AQ2xeE>

Přímý přenos pokusu o start rakety Ariane 5 se čtyřmi družicemi evropského navigačního systému Galileo.

Zdroj videostreamu je čerpaný z kanálu Arianespace TV.

<https://www.youtube.com/watch?v=TQHMUEexvgM>

Galileo

na YouTube

GIOVE

<http://www.youtube.com/watch?v=JRLJOJnwl7o&feature=related>

GIOVE-B

<http://www.youtube.com/watch?v=Lw3z4HYg4nM&feature=relmfu>

Děkuji za pozornost

Ing. Miroslav Čábelka

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

cabelka@natur.cuni.cz