

# Galileo

## GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ A POLOHOVÉ SYSTÉMY

Prezentace 6

David Vojtek

Institut geoinformatiky

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

22.03.2024



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Obsah

- Historie Galileo
- Kosmický segment Galileo
- Pozemní segment Galileo
- Uživatelský segment Galileo
- Prostorový referenční systém a čas Galileo



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Historie vývoje, současnost a budoucnost **HISTORIE GALILEO**

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Základní charakteristiky GLONASS

- Civilní systém  
*plánované komerčním financováním až bude systém v plném provozu*
- Pasivní dálkoměrný systém
- Globální pokrytí
- 24/7/365
- **Ve fázi budování**  
plánovaný rok dokončení 2024



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Historie Galileo

**1990** EU formuluje požadavek na vybudování nezávislého GNSS  
Iniciativa k vybudování **EGNOS** (GNSS-1)  
European Geostationary Navigation Overlay Service

*EGNOS nezajišťuje potřebnou nezávislost*

**2001** EU rozhoduje o budování Galileo (GNSS-2)

Byl zahájen provoz EGNOS

**2009** EGNOS dosáhl FOC



22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# EGNOS

- Jeden z regionálních zpřesňujících systémů typu **SBAS** (*Satellite-based augmentation system*)
- cílem SBAS je zvýšit přesnost, dostupnost a spolehlivost služeb poskytovaných samotnými GNSS
- Na základě observací pozemních monitorovacích stanic jsou počítány korekce palubních produktů (efemeridy družic, korekce chyb hodin na družicích, vliv ionosféry a troposféry) a přes **geostacionární** družici poskytovány pozemním uživatelům – vše prakticky v reálném čase



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



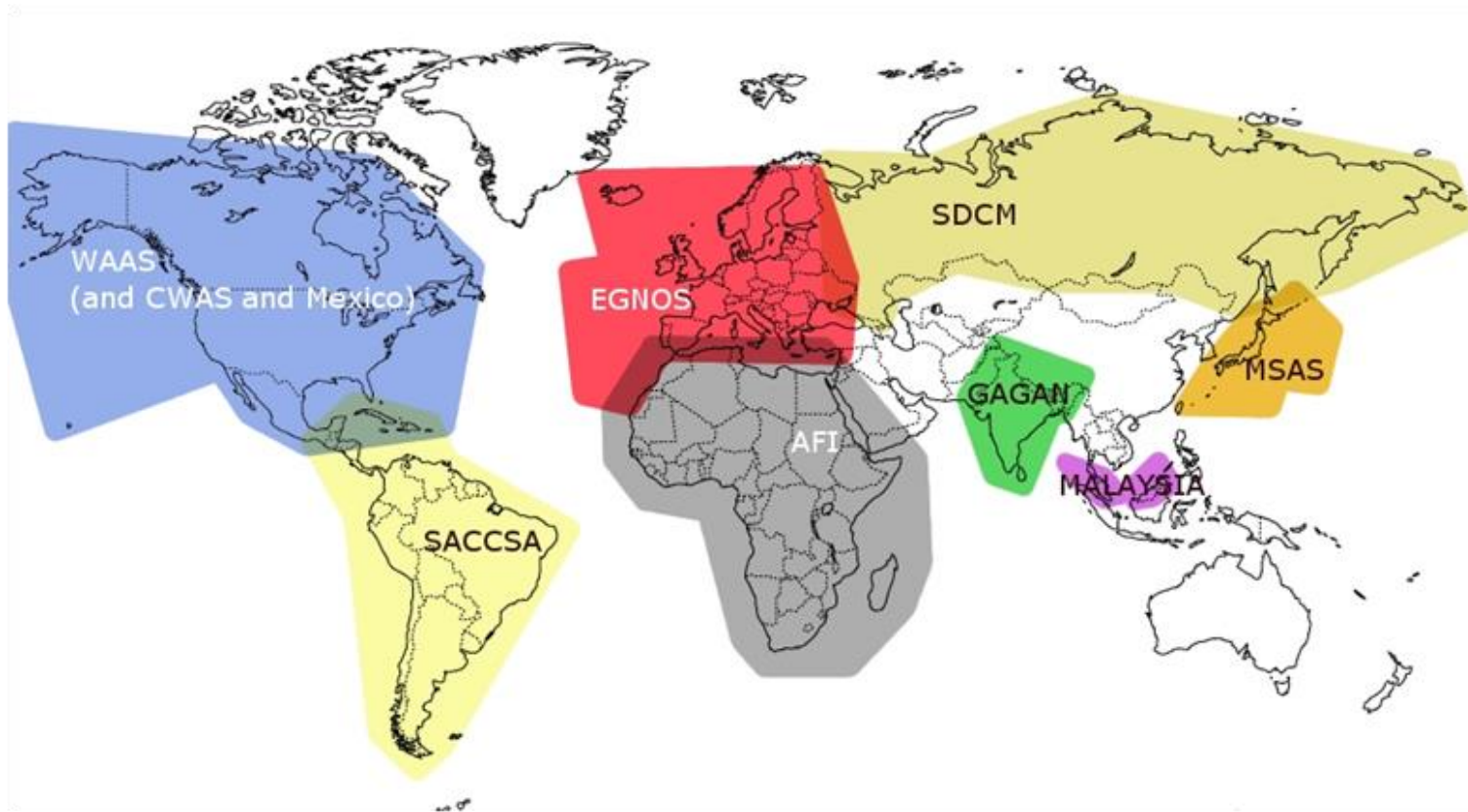
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Některé SBAS systémy



V operačním provozu: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN

Ve vývoji: SACCSA, AFI, SDCM, Malaysian SBAS, SNAS (Čína), SouthPAN (Austrálie, NZ)

Zdroj: [https://gssc.esa.int/navipedia/images/8/8c/SBAS\\_in\\_the\\_world.png](https://gssc.esa.int/navipedia/images/8/8c/SBAS_in_the_world.png)

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# EGNOS

- *European Geostationary Navigation Overlay Service*
- Signály volně dostupné všem
- Využívá síť přibližně 40 pozemních stanic a 3 geostacionárních družic (2 v operačním režimu, 1 testovací)
- Podpora GPS L1 pouze (v budoucnu i Galileo E1 a E5)
- Elevační úhel geostacionárních družic ve střední Evropě cca 30 ° (a dále klesá směrem na sever)
- Podpora aplikací v zemědělství, letectví, obecně tam, kde je k dispozici dobrý výhled na oblohu
- Standardní dosažitelná úroveň přesnosti = 1 m (C/A kódová autonomní měření)

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ



# EGNOS – pozemní segment



INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Země s účastí v projektu Galileo

Mimo země EU se připojily:

- **2004** Izrael (červen)  
Čína
- **2005** Ukrajina (červen )  
Maroko (listopad )
- **2006** Jižní Korea (leden )
- **2009** Norsko (duben )
- **2013** Švýcarsko (prosinec)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ



22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Tři fáze budování Galileo



## 2012 **Fáze 1 - IOV (In Orbit Validation)**

- 2 experimentální družice
- 4 navigační družice
- řídicí segment v rozsahu potřebném pro testy

## 2015 **Fáze 2 – IOC (Initial operational capability)**

- Aktivních 18 navigačních družic
- Dokončen řídicí segment
- Spuštění OS (Open Service)
- IOC dosaženo v lednu 2016

## 2020 **Fáze 3 – FOC (Full operational capability)**

- aktivních 24 navigačních družic
- v provozu pět služeb Galileo
- reálně zpoždění, zřejmě 2024 (vypuštění družic aktuálně plánováno na duben a červen 2024)

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Konstelace družic kosmického segmentu a popis družic

# KOSMICKÝ SEGMENT GALILEO

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Aktuální konstelace družic

<b>Označení:</b>	<b>24+6</b>
<i>Počet družic:</i>	4/2023: 23 aktivních (4 mimo provoz)
<i>Orbitálních rovin:</i>	3
<i>Sloty v orbitě:</i>	<b>8+2</b> (záloha)
<i>Rozestup:</i>	120°
<i>Inklinační úhel:</i>	<b>56°</b>
<i>Tvar orbity:</i>	<b>kruhová</b>
<i>Typ / výška orbity:</i>	MEO / <b>23222 km</b>
<i>Oběžná doba:</i>	<b>cca 14 hodin 15 minut</b>
<i>Aktivní bloky družic:</i>	IOV, FOC

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



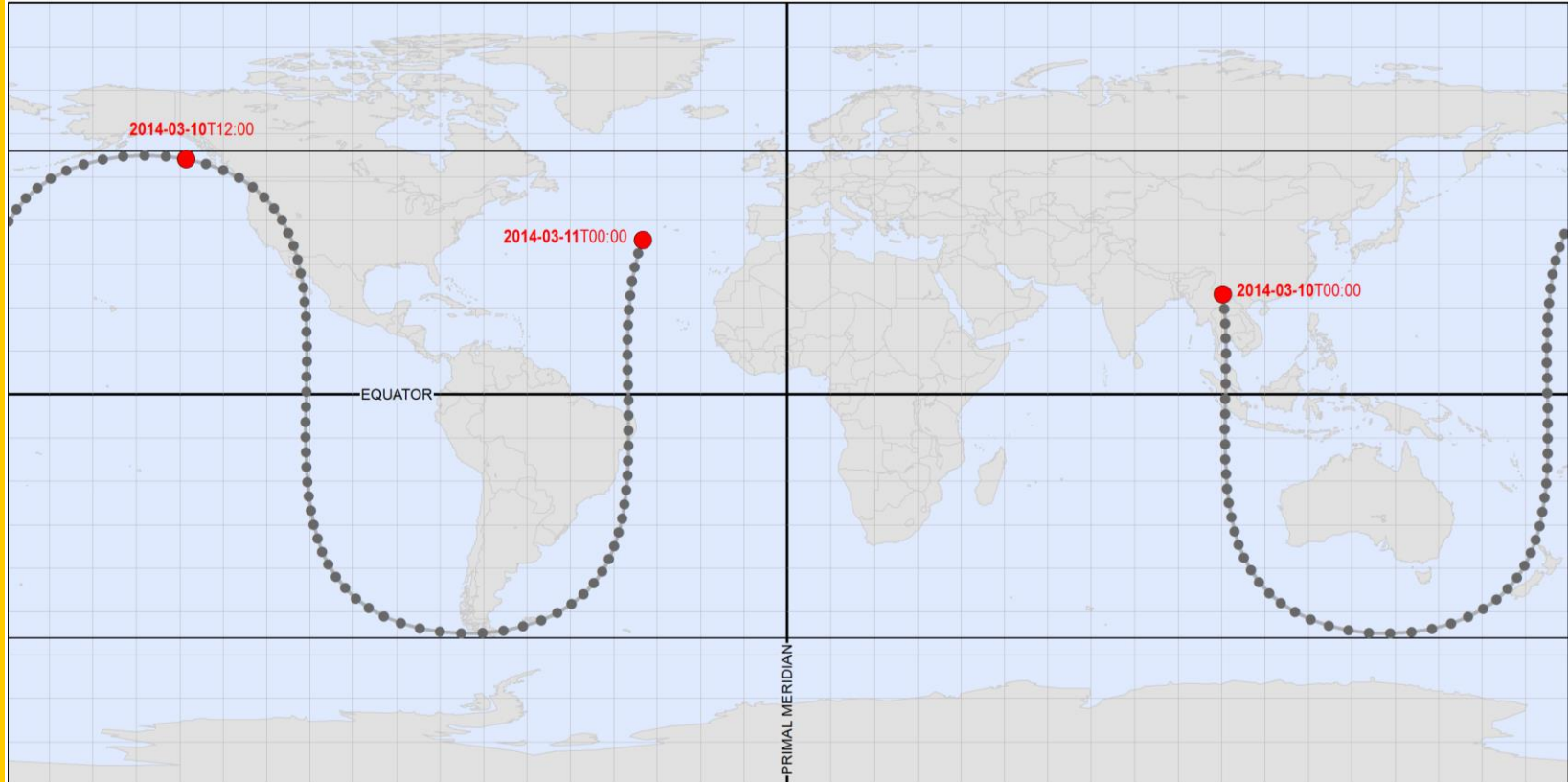
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ





#### Galileo Satellite Position

- GSAT0101 (PRN E11) at 00: UTC and 12:00 UTC
- GSAT0101 (PRN E11) in 10 minutes intervals

#### Galileo Satellite Track

- GSAT0101 (PRN E11)

## Dráha družice GSAT0101 (PRN E11) pro 24 hodin (2014/03/10)

Predikce polohy družice systému Galileo  
z almanachu TLE.

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



2014 © David  
Vojtek  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

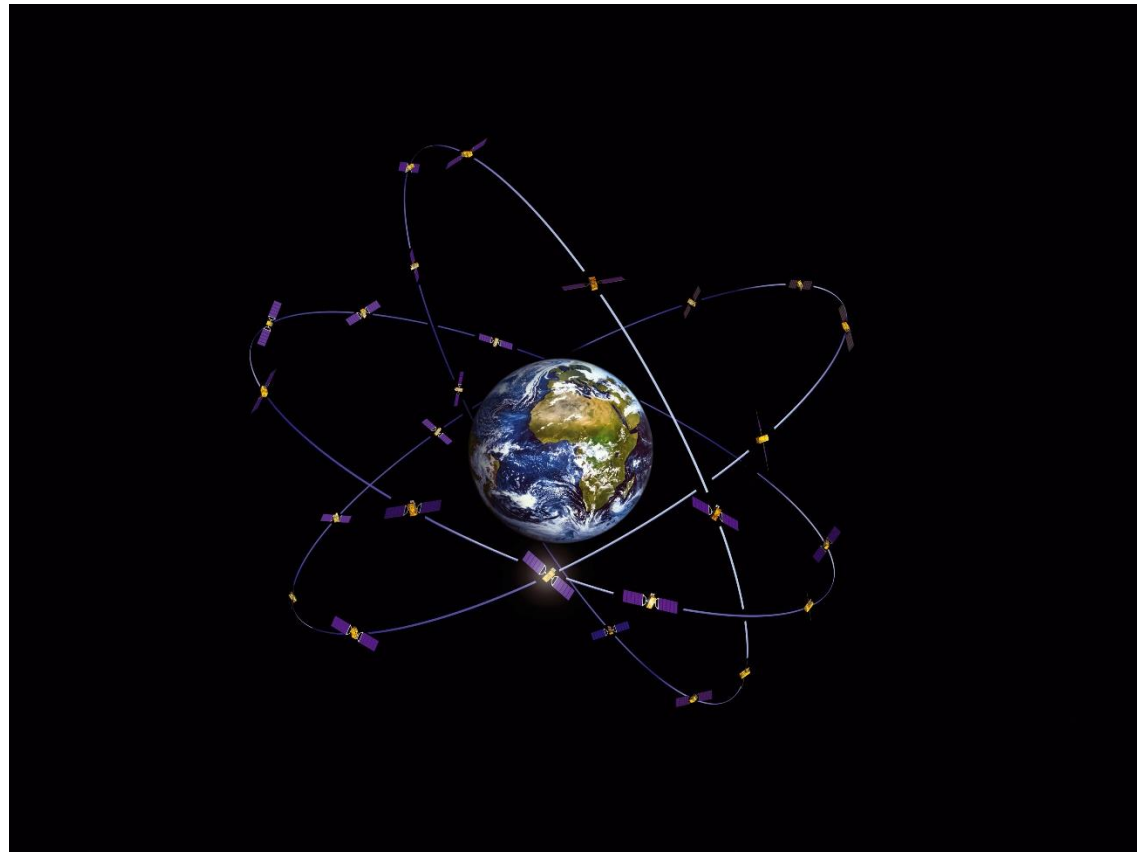


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Družice

- Družice používají CDMA schéma



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Družice GSAT - IOV

- In-Orbit Validation
- 700 kg
- Životnost 12 let
- Dvoje atomové hodiny  
(pasivní hydrogenový maser nebo rubidiové hodiny)
- **Vysílají signály E1 a E5**
- Vyslány celkem 4 družice (2011, 2012)
- 3/2024: tři aktivní družice v konstelaci



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



# Družice GSAT - FOC

- Full Operational Capability
- cca 720 kg
- Životnost 12 let
- Dvoje atomové hodiny  
(primární pasivní hydrogenový maser,  
sekundární rubidiové hodiny)
- **Vysílají signály E1, E5, E6**
- 3/2024: 20 aktivních družic v konstelaci



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Popis a funkce pozemní segmentu Galileo

# ŘÍDÍCÍ SEGMENT (POZEMNÍ SEGMENT)

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Stanice pozemního segmentu

**Dvě redundantní řídicí centra (Galileo Control Center, GCC)**  
Oberpfaffenhofen (Německo), Fucino (Itálie)  
**Galileo Control System (GCS) / Galileo Mission System (GMS)**

## GCS

- řízení a správa konstelace družic
- řízení a správa jednotlivých družic
- na starost telemetrii družic
- zajišťuje povelové i řídicí funkce družic
- TT&C stanice
- GSS stanice

Zařízení pro:

- řízení kosmických prostředků a konstelace
- plánování kosmických prostředků a konstelace
- letovou dynamiku
- přípravu operací
- centrální monitorování & řízení
- správu šifrovacích klíčů
- simulace konstelace

## GMS

- sestavování obsahu navigačních zpráv družici
- nahrávání navigačních dat s daty o integritě signálů na družice.
- ULS stanice
- GSS stanice

Zařízení pro:

- určení orbit a synchronizaci
- správu integrity
- přesný čas
- monitorování pozemní částí
- řízení nahrávání klíčových dat na družice
- podporu mise
- správu šifrovacích klíčů
- údržby a výcviku a pro předávání produktů

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Dílčí role stanic

## Stanice pro telemetrii, sledování a řízení

5 x TT&C

- Předávání povelů družicím.
- Sběr telemetrických dat co 10 až 14 oběhů.
- Měření třech až pěti 10-15 minut dlouhých blocích.
- Měření vzdálenosti k družicím radarem.

## Stanice pro komunikaci

5 x ULS

- Nahrávají navigační zprávy do paměti družic.
- Podle plánu spojení nahrávají navigační zprávy na družice každých 100 minut.

## Galileo senzorové stanice

14 x GSS

- Sledují všechny signály.
- Určují dlouhodobě předvídatelné změny v orbitech družic.
- Monitorují krátkodobá nečekaná selhání signálů.
- Jejich data jsou zpracovávána každých 10 min.

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# World Ground Stations

ring Centre  
ntre

itic Support Centre  
Command

h Orbit Local User Terminal  
: Beacons



- HQ: Headquarters
- GCC: Galileo Control Centre
- GSMC: Galileo Security Monitoring Centre
- SGSC: SAR/Galileo Service Centre
- GSC: GNSS Service Centre
- GRC: Galileo Reference Centre
- GILSC: Galileo Integrated Logistic Support Centre
- TTCF: Telemetry, Tracking and Command
- ULS: Uplink Station
- GSS: Ground Sensor Station
- MEOLUT: Medium Altitude Earth Orbit Local User Terminal
- REFBE: Galileo/SAR Reference Beacons
- IOT: In-Orbit Testing station

## Řídící segment Galileo

Zdroj: <https://www.gsc-europa.eu/galileo/system>

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a pod

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Popis signálů vysílaných družicemi Galileo

# SIGNÁLY

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Galileo signály

- Tři části
  - Nosná vlna (frekvence)
  - Dálkoměrný kód
  - Navigační zpráva



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Frekvence signálů

Označení	Frekvence (MHz)	Vlnová délka (cm)	Poznámka
E1	1 575.42	19.0	identické s GPS L1
E5a	1 176.45	25.5	identické s GPS L5
E5b	1 207.14	24.8	
E6	1 278.75	23.4	



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Popis uživatelského segmentu GPS

# UŽIVATELSKÝ SEGMENT GALILEO

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Uživatelský segment Galileo

- Uživatelé vybavení Galileo přístrojem
- Získávají informace  $[x,y,z,t] + [v,a]$
- OS **otevřená služba**
- HAS (CS) **služba vysoké přesnosti**  
komerční autorizace
- PRS **veřejná regulovaná služba**  
nekomerční autorizace
- SaR **pátrací a záchranná služba**
- SoL (EGNOS) **služba vysoké bezpečnosti**  
vysoká integrita signálů

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Galileo služby

- **Otevřená služba (OS):** volně dostupná, frekvence E1, E5a, E5b; již k dispozici
- **Veřejná regulovaná služba (PRS):** šifrovaná, frekvence E1, E6; již k dispozici



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Služba vysoké přesnosti

- **HAS – High Accuracy Service** (dříve označovaná CS)
- Spuštěna v testovacím režimu 1/2023
- Aktuálně po registraci zdarma
- Po dokončení vývoje placená služba
- Umožní příjemci přímo dosáhnout decimetrové úrovně přesnosti bez potřeby diferenčních technik
- Poskytování korekcí pro pokročilou autonomní techniku PPP (Precise Point Positioning) na internetu a frekvenci E6-B signálu)



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost








INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Služba vysoké přesnosti

## ■ Plánované cílové parametry HAS

	Service Level 1 (SL1)	Service Level 2 (SL2)
 Coverage	Global	European Coverage Area (ECA)
 Corrections	Orbit, clock, biases (code and phase)	Orbit, clock, biases (code and phase) + atmospheric corrections
 Horizontal Accuracy (95%)	<20cm	<20cm
 Vertical Accuracy (95%)	<40cm	<40cm
 Converge Time	<300s	<100s
 Availability	99%	99%
 User HelpDesk	24/7	24/7

Zdroj: <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/services/galileo-high-accuracy-service-has>

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY

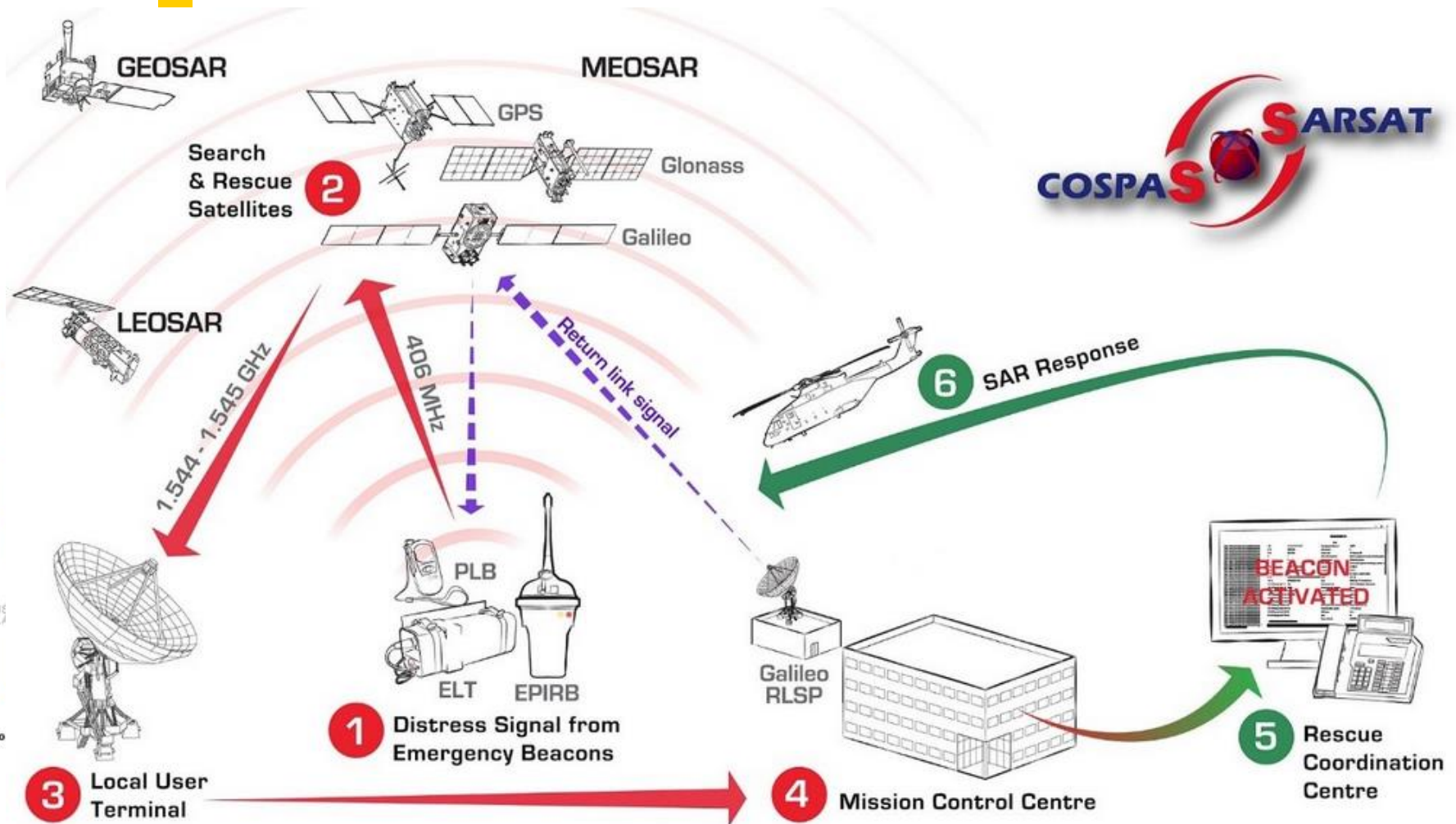


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Pátrací a záchranná služba (SaR)

- družice jsou schopné přijmout záchranný signál, určit polohu jeho vysílání a také uvědomit vysílaného o jeho přijetí. Součást Cospas-Sarsat systému. Aktivní od dosažení IOC.





MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Popis prostorového referenčního systému a systémového času  
Galileo

# PROSTOROVÝ REFERENČNÍ SYSTÉM A SYSTÉMOVÝ ČAS GALILEO

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

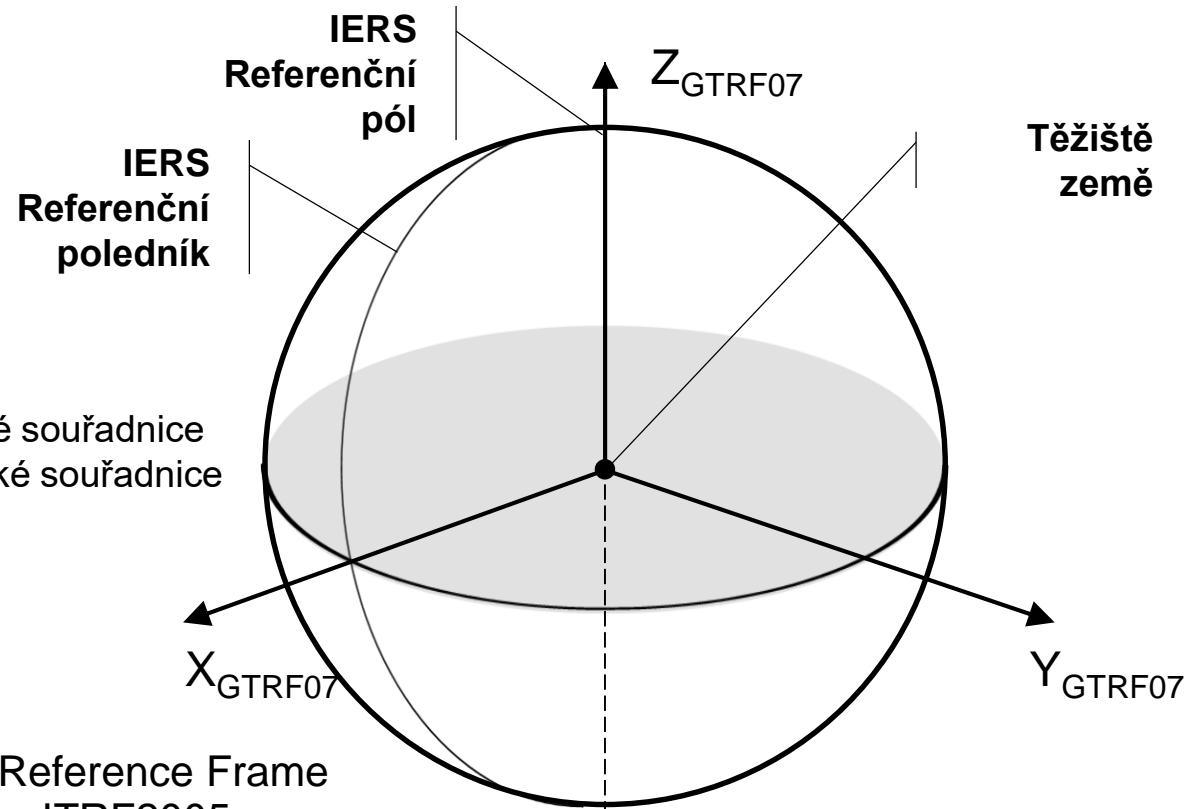
# GRS80

$$a = 6\,378\,137 \text{ m}$$

$$1/f = 298,257\,222\,100\,882\,771\,243$$

$$GM = (398,600\,44) \times 10^9 \text{ m}^3/\text{s}^2$$

$$\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$$



$\varphi, \lambda, h$  Geografické souřadnice  
 $X, Y, Z$  Geocentrické souřadnice

## GTRF

Galileo Terrestrial Reference Frame

Nezávislá realizace ITRF2005

ITRF2005 je odvozen z ITRF89 (referenční těleso je GRS80).

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ



# Galileo čas (GST – Galileo System Time)

- GST je odvozen od UTC
- Poskytovatel UTC je  
**Galileo Time Service Provider**
  - konsorcium evropských UTC laboratoří
- Atomový čas (průběžný čas)
- Počátek **UTC 00:00 v noci z 21. na 22. září 1990**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Galileo čas

- Hlavní hodiny GTS udržuje Precision Time Facilities (PTF)
- PTF je součástí Galileo Mission System řídicího centra Galileo
- Rozdíl mezi GST a  $UTC_{GTSP} < 50 \text{ ns}$



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Družicový čas

- Korekce družicového času na GST je součástí navigačních zpráv **F/NAV** a **I/NAV** každé družice



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# (Předběžná) hodnocení kvality GNSS

- SISRE – chyba určení *pseudovzdálenosti* mezi družicí a přijímačem způsobená nedostatky v palubních efemeridách družic a korekcích chyb hodin na družicích



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

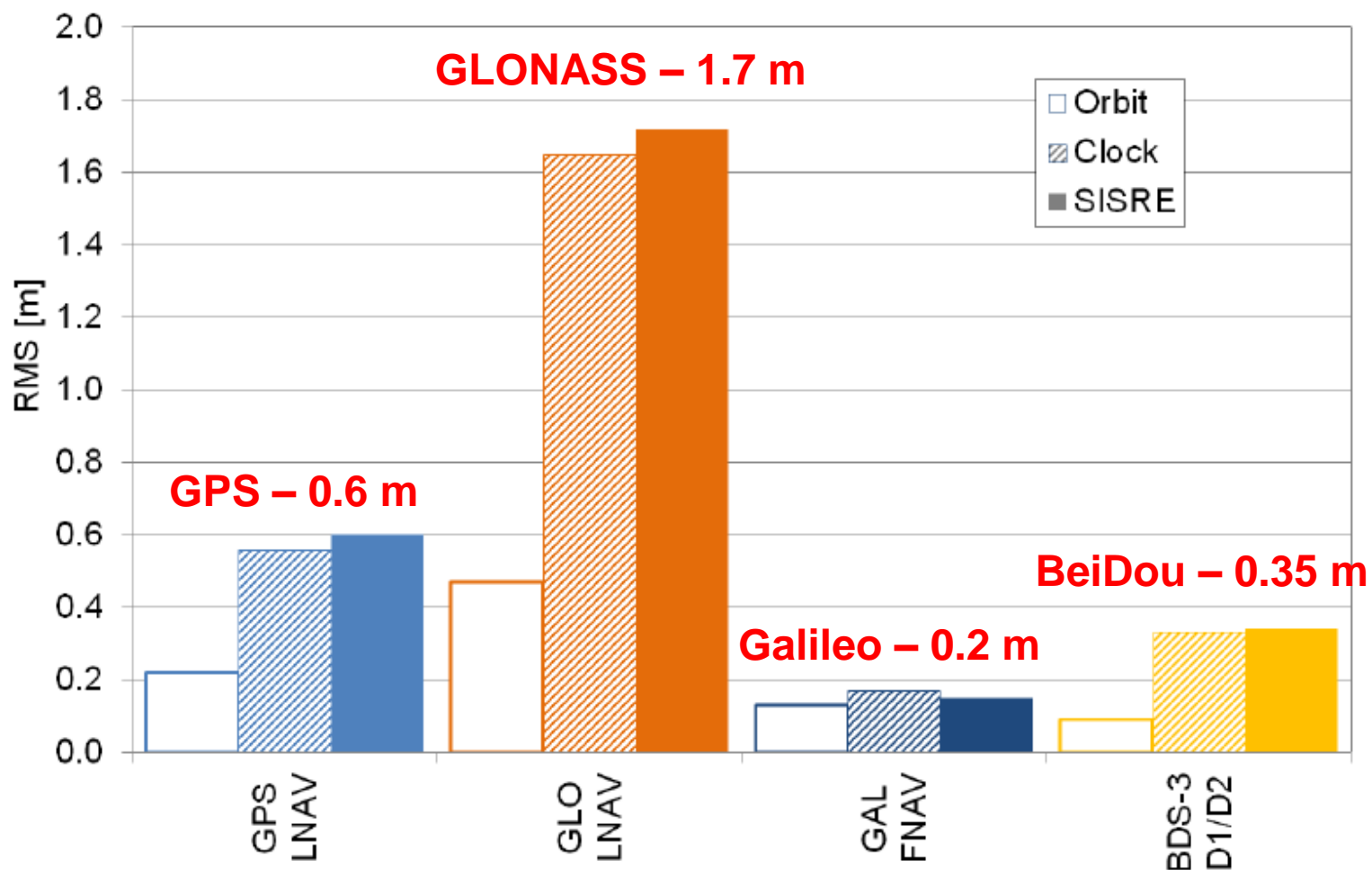


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# (Předběžná) hodnocení kvality GNSS



*Globální průměrné hodnoty SISRE za období 9/2019 až 11/2019 pro jednotlivé GNSS systémy, zdroj: Monterbruck et al. (2020)*

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# Multi-GNSS řešení

- přijímač nepoužívá pro určení polohy a času signály jen z jednoho GNSS, ale z kombinace více GNSS
- více družic => robustnější, přesnější řešení
- vzájemná interoperabilita



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY

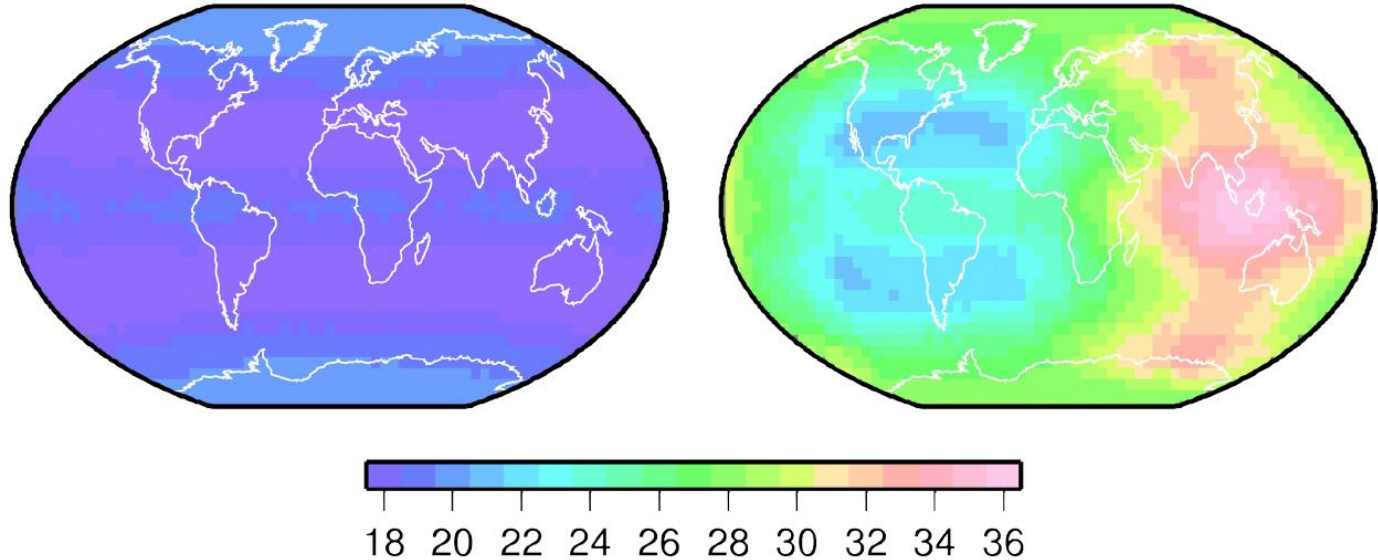


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.

# Multi-GNSS řešení



*Teoretický počet viditelných družic systémů GPS+GLONASS (vlevo) a GPS+GLONASS+Galileo+BeiDou+QZSS (vpravo), stav v srpnu 2016, zdroj: Fritsche (2016).*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽI A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE  
DO ROZVOJE  
VZDĚLÁVÁNÍ

# DĚKUJI ZA POZORNOST

22.03.2024

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.  
ESF napomáhá rozvoji lidských zdrojů a podnikatelského ducha.