

# **Systemy souřadnic**

**Kde jsme / kam jdeme?**

# Agenda

- 1) Základní problém zeměpisu
- 2) Zeměpisné × rovinné systémy

# Základní problém



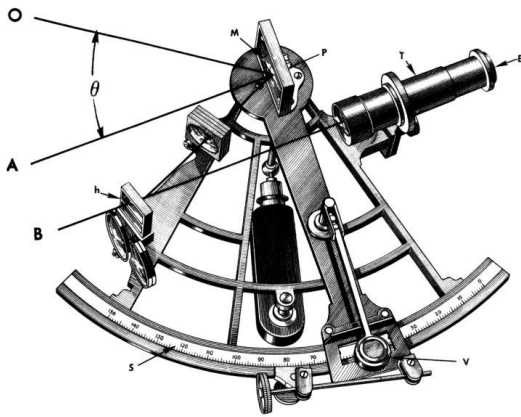
- Země je kulatá
- Mapa je placatá
- Rozvinout kouli do plochy nejde (bez zkreslení)

# Divné stavy na kouli



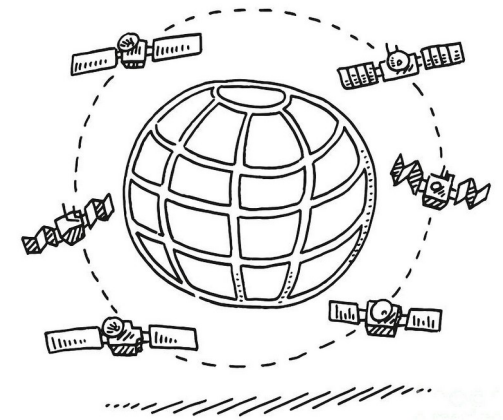
- Trojúhelník:
  - 0° poledník + rovník
  - 90° poledník + rovník
  - severní točna
- Všechny tři úhly jsou pravé
- Součet úhlů =  $270^\circ$
- Maximální vzdálenost dvou bodů = 20 037 Km  
( $6\,378\text{ km} \times \pi$ )

# Měření: dříve a dnes

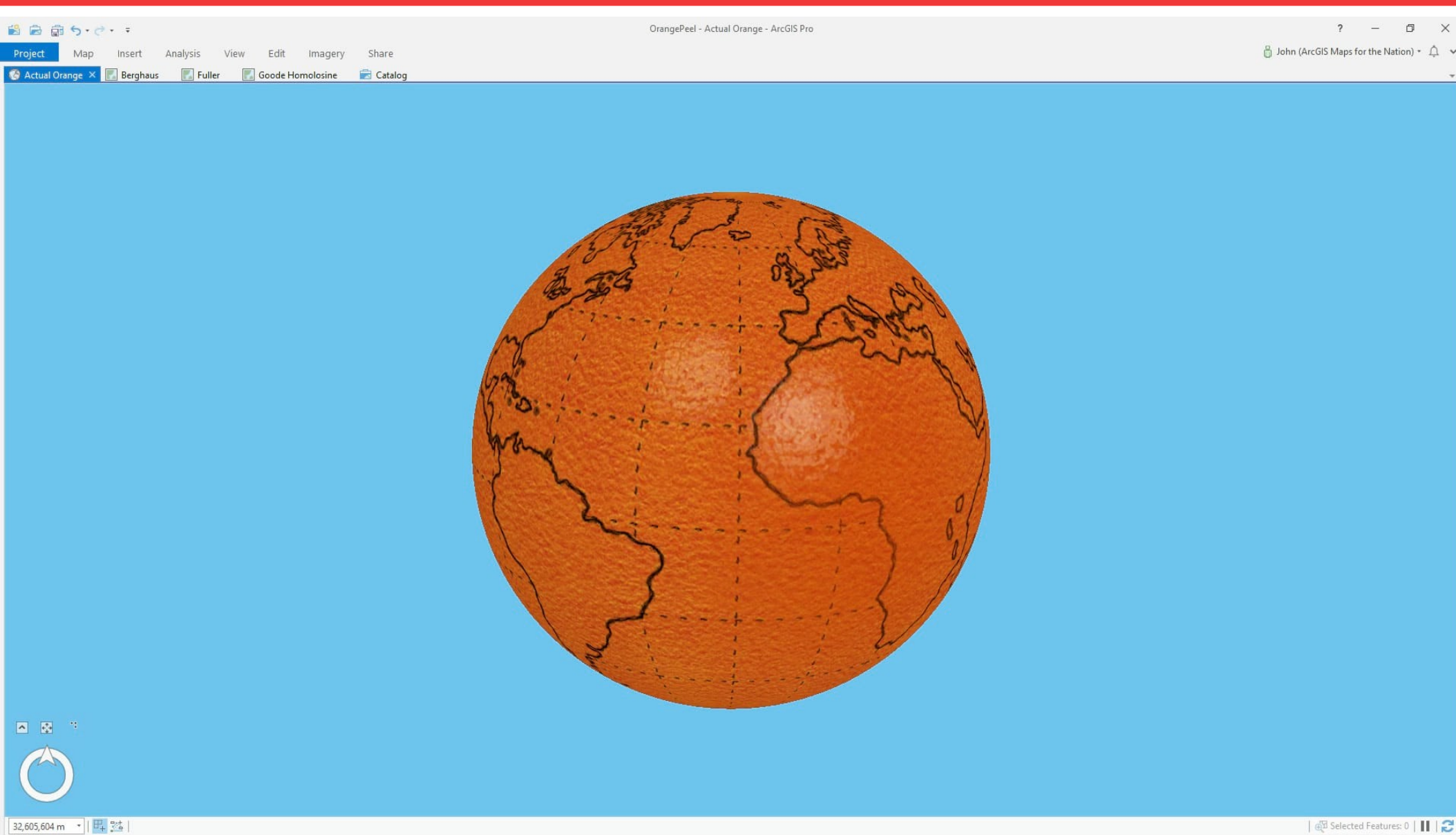


- Dříve problém:
  - Krátké vzdálenosti: přímo
  - Velké vzdálenosti: úhly

- Dnes měříme čas:
  - Krátké vzdálenosti: laser
  - Dlouhé vzdálenosti: GPS

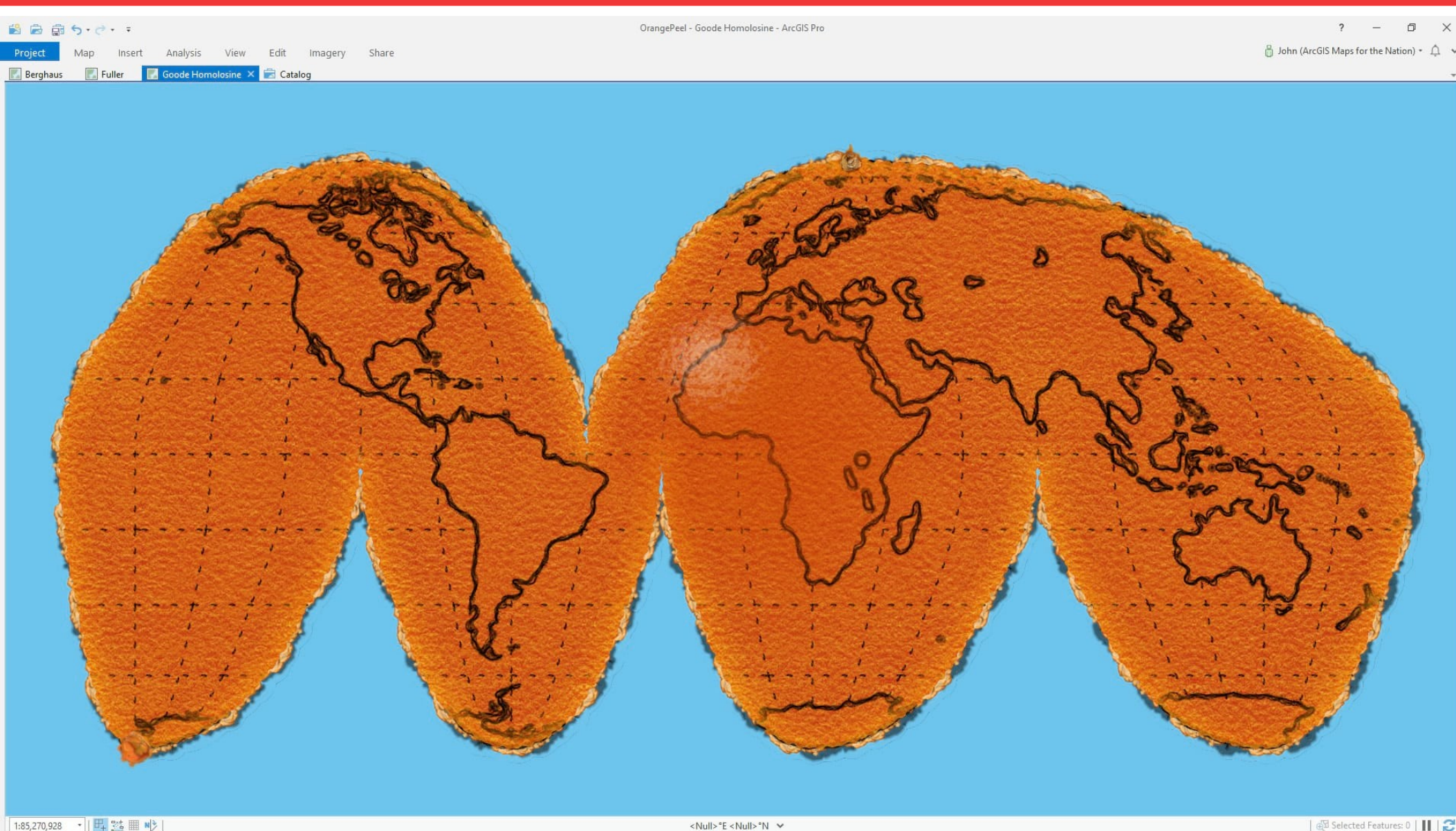


# Pomeranč



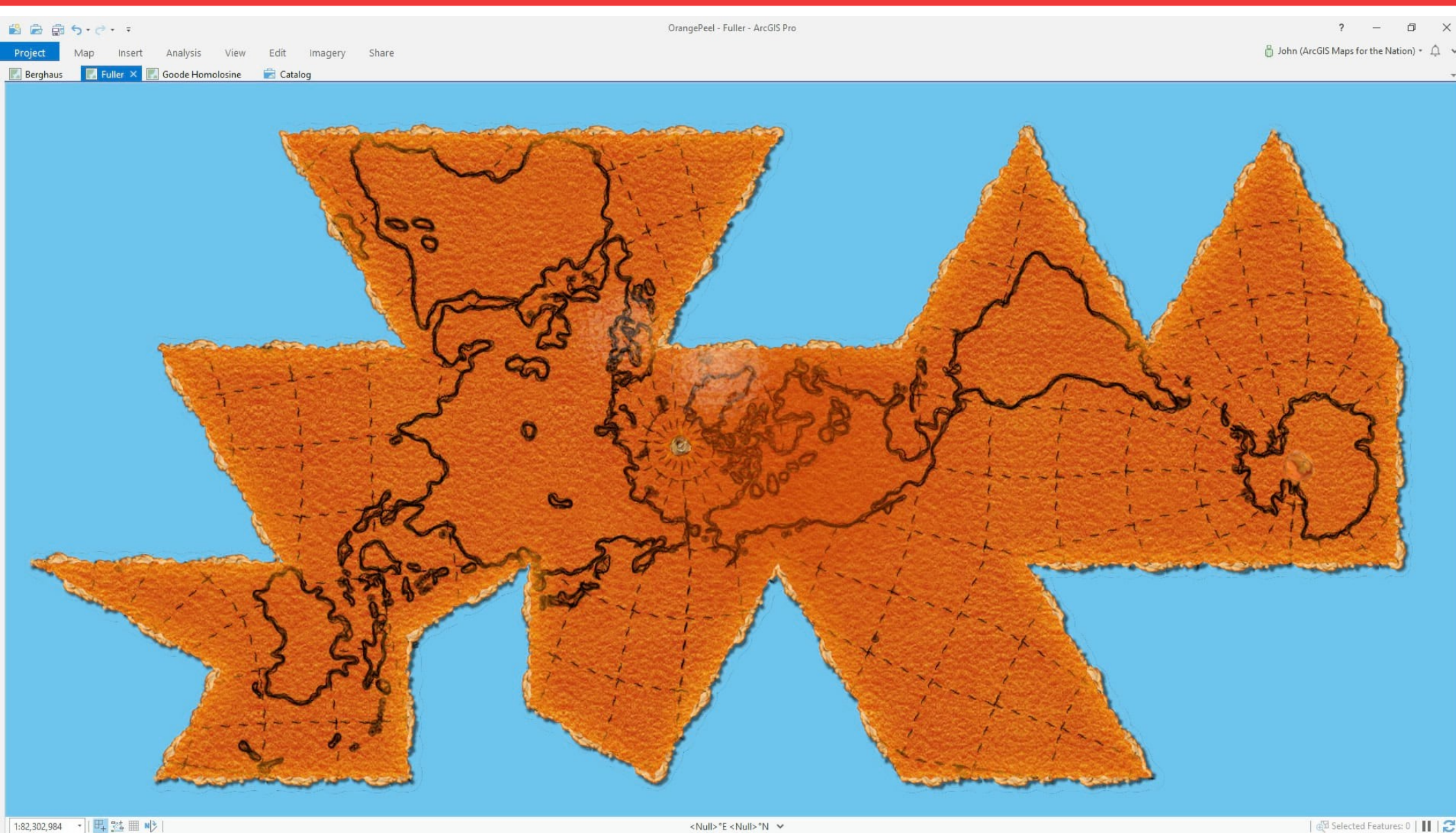


# Slupka z pomeranče...





# Slupka z pomeranče...





# Zeměpisné souřadnice



- Body na kouli \*
- Souřadnice v *úhlových* mírách (stupně)
- Výpočty
  - Jsou přesné
  - Jsou složité

# Rovinné souřadnice



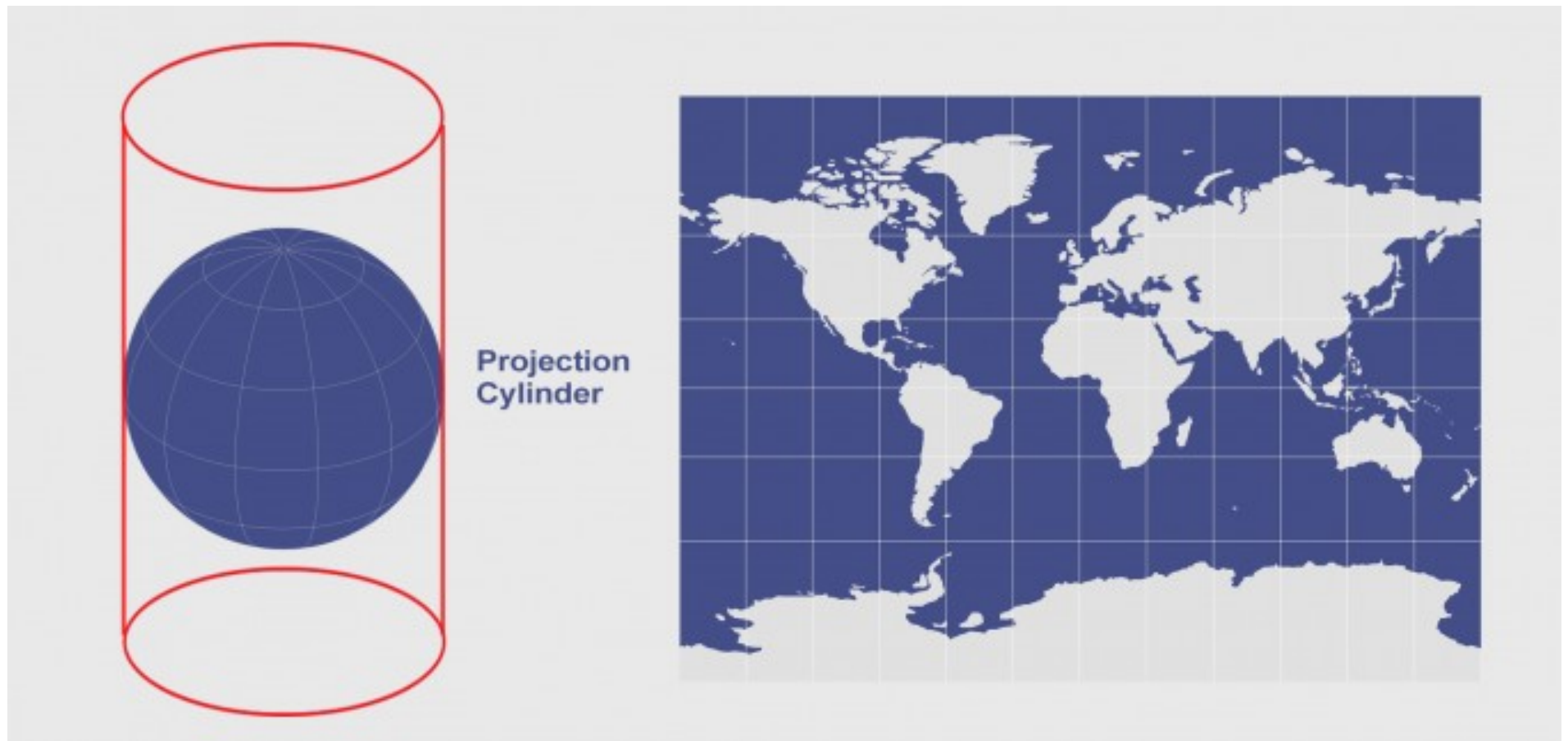
- Body v ploše
- Souřadnice v *délkových* mírách (metry, stopy...)
- Výpočty
  - Jsou zkreslené
  - Jsou snadné

# Základní projekce

- Azimutální – přímo na tečnou plochu
  - Polární oblasti
- Kuželová – na kužel, rozvinutý do plochy
  - Albers, střední šířky (Amerika, Evropa, Rusko + inž. Křovák)
- Válcová – válec rozvinutý do plochy
  - Mercator, IT svět
- Čistá matematika
  - Mollweide, Winkel tripel, Gall – Peters



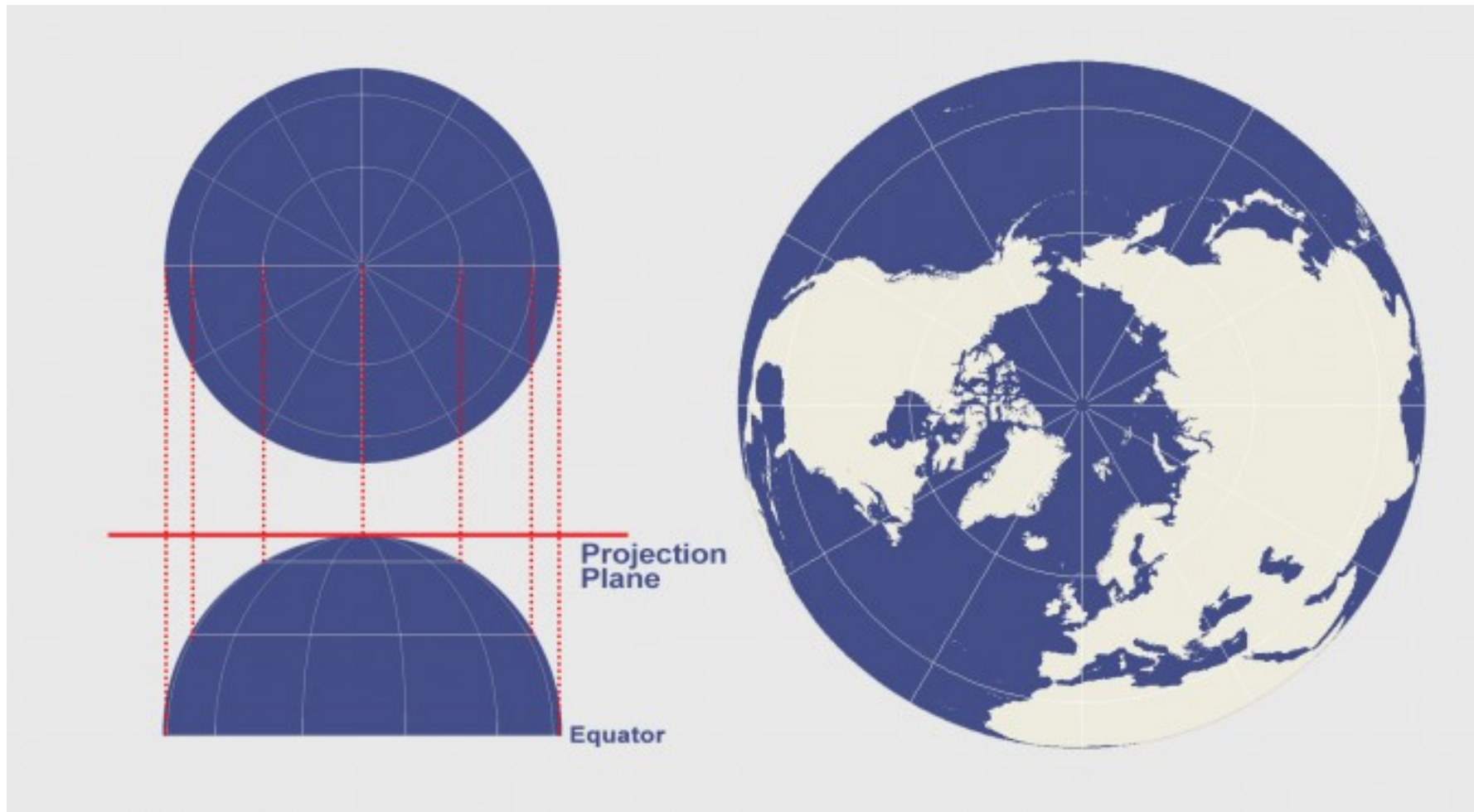
# Válcová projekce



# Kuželová projekce



# Azimutální projekce





# Výhody projekcí

- **Válcová:** *loxodroma* (mořeplavci) + čtvereček ve čtverečku (IT)
- **Kuželová:** tečna kužele a koule nezkreslená (lokální optimum)
- **Azimutální:** asi to jediné, co jde dělat kolem pólů...

# Řešený příklad

**3-projekce.R**

# Zápis souřadnic

Zeměpisný × Rovinný



# Popis souřadnic: WKT

```
PROJCS["S-JTSK / Krovak East North",  
  GEOGCS["S-JTSK",  
    DATUM["System_Jednotne_Trigonometricke_Site_Katastralni",  
      SPHEROID["Bessel 1841",6377397.155,299.1528128,  
        AUTHORITY["EPSG","7004"]],  
      TOWGS84[589,76,480,0,0,0,0],  
      AUTHORITY["EPSG","6156"]],  
      PRIMEM["Greenwich",0,  
        AUTHORITY["EPSG","8901"]],  
      UNIT["degree",0.0174532925199433,  
        AUTHORITY["EPSG","9122"]],  
      AUTHORITY["EPSG","4156"]],  
      PROJECTION["Krovak"],  
      PARAMETER["latitude_of_center",49.5],  
      PARAMETER["longitude_of_center",24.83333333333333],  
      PARAMETER["azimuth",30.28813972222222],  
      PARAMETER["pseudo_standard_parallel_1",78.5],  
      PARAMETER["scale_factor",0.9999],  
      PARAMETER["false_easting",0],  
      PARAMETER["false_northing",0],  
      UNIT["metre",1,  
        AUTHORITY["EPSG","9001"]],  
      AXIS["X",EAST],  
      AXIS["Y",NORTH],  
      AUTHORITY["EPSG","5514"]]
```

- Well Known Text
- Standard OGC
- Komplexní přístup (v dobrém i zlém)

# Popis souřadnic: PROJ

```
proj=krovak +lat_0=49.5  
+lon_0=24.833333333333333  
+alpha=30.288139722222222  
+k=0.9999 +x_0=0 +y_0=0  
+ellps=bessel  
+towgs84=589,76,480,0,0,  
0,0 +units=m +no_defs
```

- open source knihovna pro převod souřadnic
- Méně "ukecaná" / flexibilní než WKT
- Jeden z kamenů pod {sf}

# Popis souřadnic EPSG

EPSG:5514

- (původně)  
European  
Petroleum Survey  
Group
- Standardizace  
nejčastějších  
systémů výčtem
- Na EPSG se  
odkazuje WKT



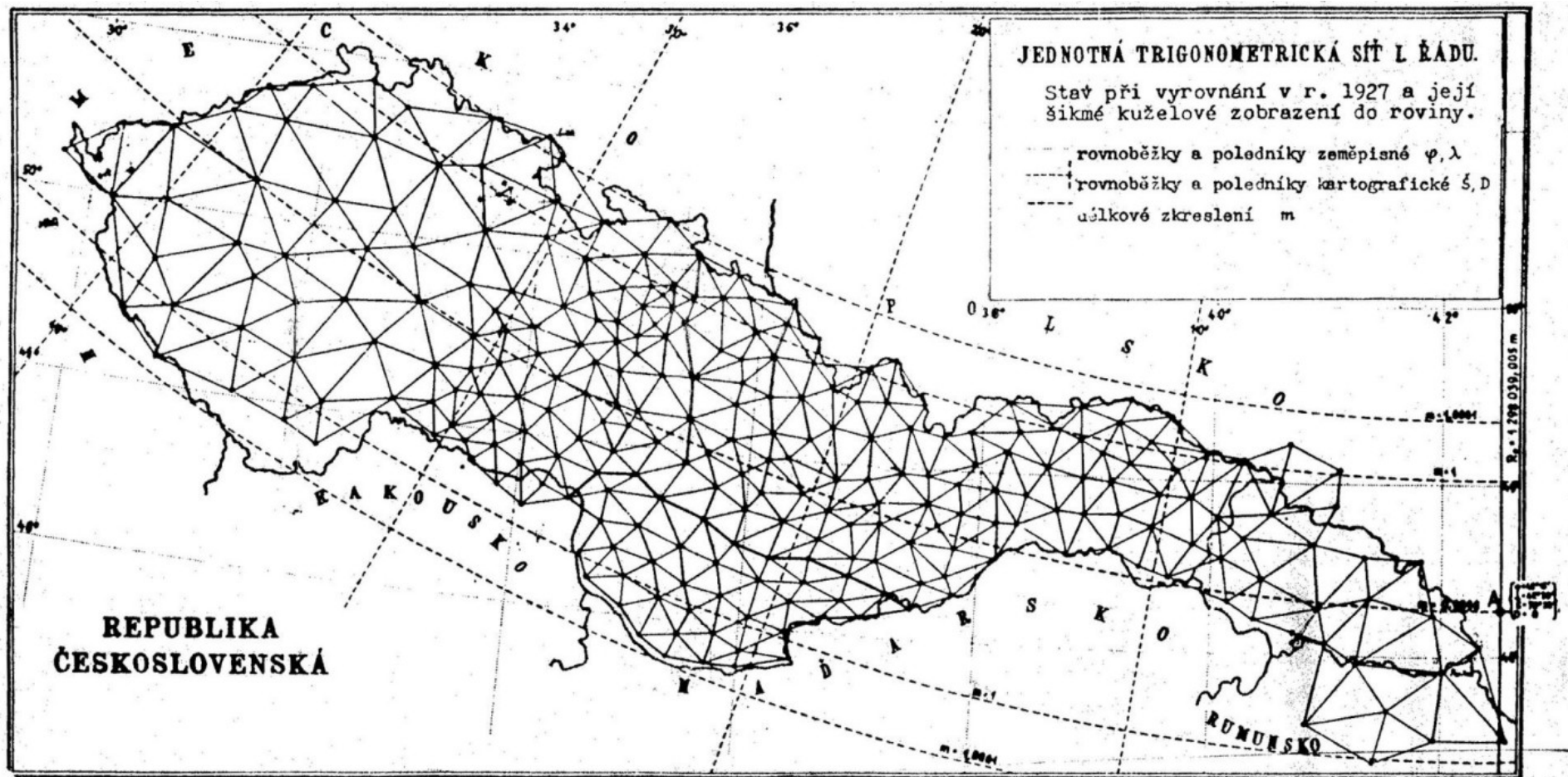
# Základní operace s CRS

- Jak zjistím, jaký CRS má můj objekt? `sf::st_crs()`
- Jak změním CRS objektu?  
`sf::st_transform()`

# Klíčové systémy

- WGS84 / EPSG:4326
  - Zeměpisný systém (ve stupních)
  - Základ pro ukládání dat
- Inž. Křovák / EPSG:5514
  - Rovinný systém (v metrech)
  - Obecně závazný v ČR

# System inž. Křováka



# Klíčové body

- Souřadnicové systémy
  - zeměpisné × plošné
  - převody mezi nimi