

Souřadnicové systémy a stanovení magnetického severu

Luděk Krtilčka, Jan Langr

Workshop Příprava mapových podkladů
chata Junior, Kunčice u Starého Města pod Sněžníkem 24.-25. 1. 2015

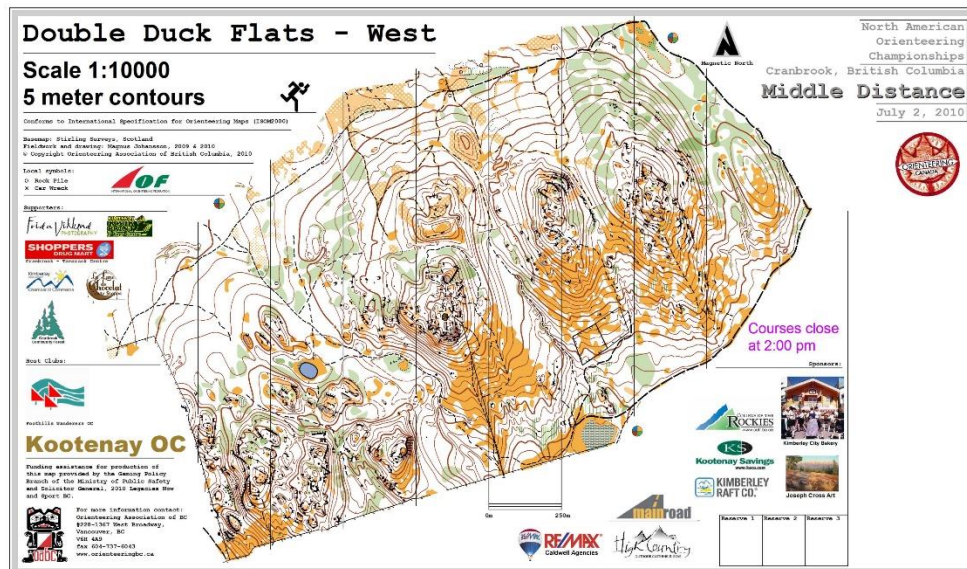
Upozornění

- Tato prezentace opomíjí některé důležité součásti související s geometrickou podstatou map – tvar země, matematické aproximace tvaru Země (referenční elipsoid/koule), typy zobrazovacích ploch, kartografická zobrazení, zkreslení atd.
- Na druhou stranu poskytuje minimální základ k pochopení principu souřadnicových systémů a jejich použití v kartografickém software (OCAD, OO Mapper)

Mapa

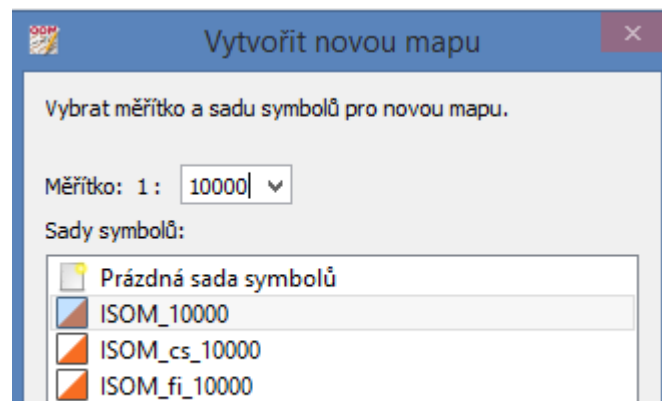
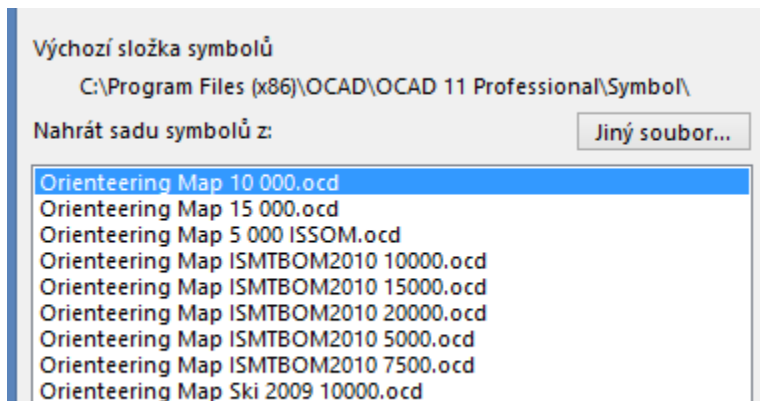
Vlastnosti mapy:

- Nese obraz skutečnosti
- Obraz je zmenšený (měřítko) a rovinný
- Mapa je zkonstruována na základě matematického vztahu
- Pro znázornění rozmístění objektů a jevů jsou použity mapové značky
- Mapa pro OB – speciální mapa středního nebo velkého měřítko určená pro orientaci a sport



Měřítko

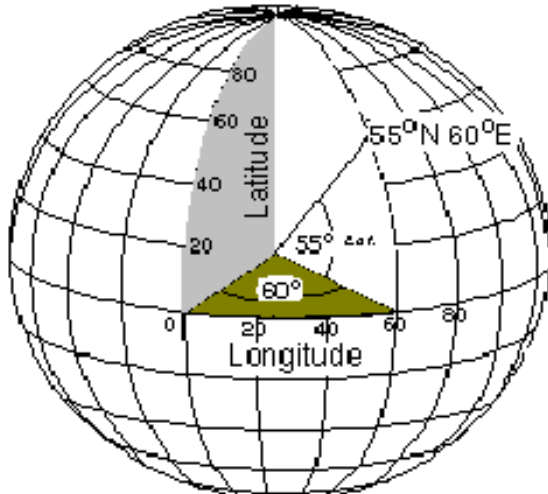
- Udává poměr nezakreslené délky na mapě ku délce ve skutečnosti
- např. 1:15 000 znamená, že
 - 1 metr na mapě = 15 000 metrů ve skutečnosti
 - nebo
 - 1 centimetr na mapě = 15 000 centimetrů ve skutečnosti (délkové jednotky jsou stejné na obou stranách)
 - nebo
 - 1 centimetr na mapě = 150 metrů ve skutečnosti



Souřadnice

- K vyjádření polohy se používají souřadnice

Na kulové ploše



Zeměpisné souřadnice

Příklad:

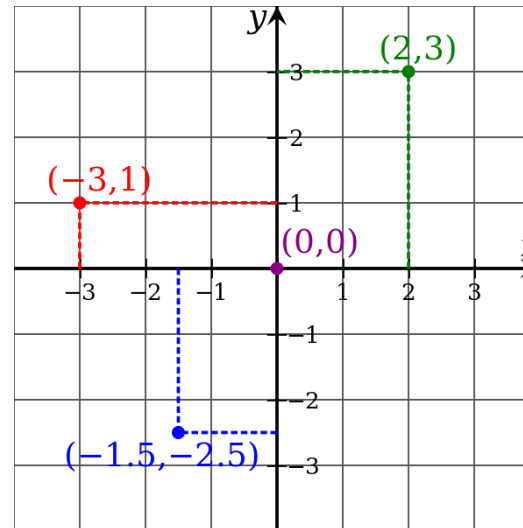
$49^{\circ}58'18.83''$ N

$16^{\circ}59'30.30''$ E

50.195657, 16.943283

-34.355459, 18.495584

V rovině



Pravoúhlé rovinné souřadnice

Příklad:

X=-43.04 mm

papírové souřadnice

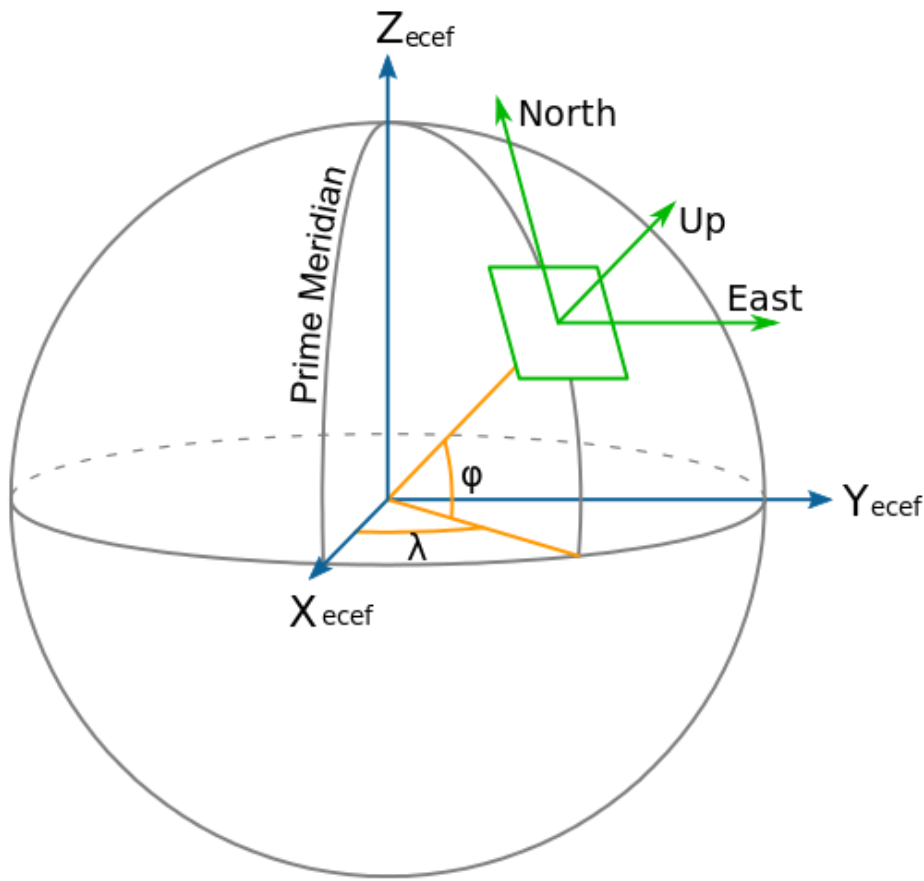
Y=173.16 mm

X=-562126.5 m

reálné souřadnice

Y=-1075220.2 m

Kulová plocha vs. rovina

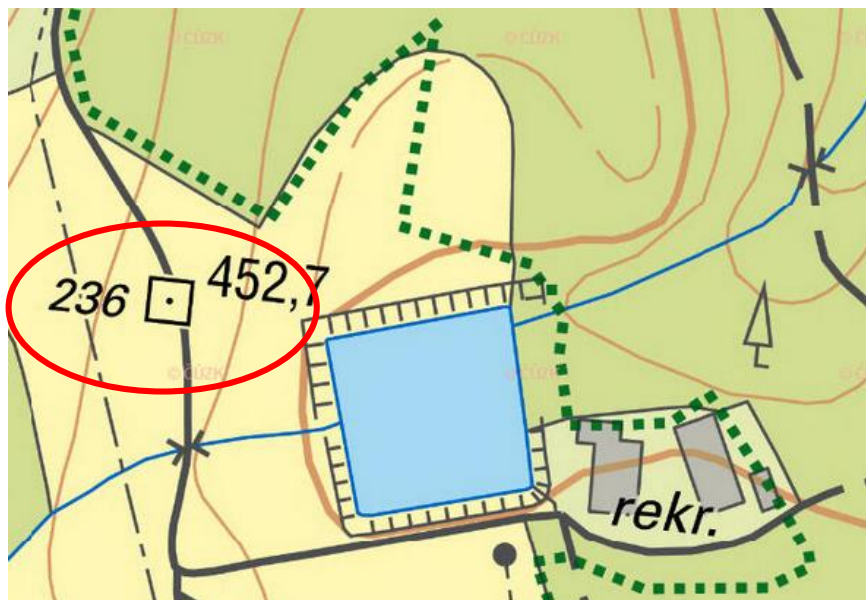


- Kulovou plochu nelze rozvinout do roviny bez zkreslení
- Pomocí různých ref. ploch a zobrazení se snažíme pro různá území odchylky minimalizovat

Souřadnicový systém

- Pozici objektů (jevů) určujeme pomocí souřadnic v rámci souřadnicového systému.
- Jednotlivé státy nebo skupiny států používají lokální souřadnicové systémy, které volbou referenční plochy (většinou elipsoid) a typu zobrazení nejlépe vyhovují danému území (odchyly/zkreslení apod. jsou minimalizovány).
- Souřadnicových systémů je celá řada, v současnosti se používají jak lokální (např. S-JTSK), tak i globální systémy (UTM, WGS-84)
- Každý systém má různě definovaný počátek souřadnic
- Každý systém se kromě názvu dá identifikovat i číselným kódem EPSG

Jeden bod a různé souřadnicové systémy



Výpis souřadnic bodu

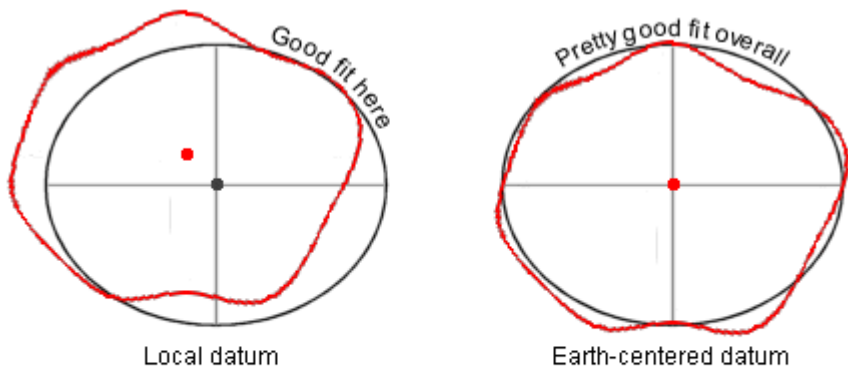
ETRS89 (geographic 2D): B=49°49'25" L=16°06'08"
S-JTSK / Krovak East North: X=-626798 Y=-1087224

Výpis souřadnic bodu

ETRS89 (geographic 2D): B=49°49'25" L=16°06'08"
WGS 84 / UTM zone 33N: E=579299.22 N=5519809.18

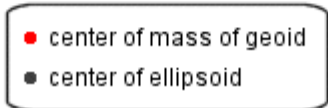
Výpis souřadnic bodu

ETRS89 (geographic 2D): B=49°49'25" L=16°06'08"
ETRS89 / LAEA Europe: Y=2986138.88 X=4759598.76



Local datum

Earth-centered datum



- tentýž bod bude mít rozdílné zeměpisné souřadnice na různých referenčních plochách (např. elipsoid WGS84 vs. Besselův použitý pro S-JTSK)

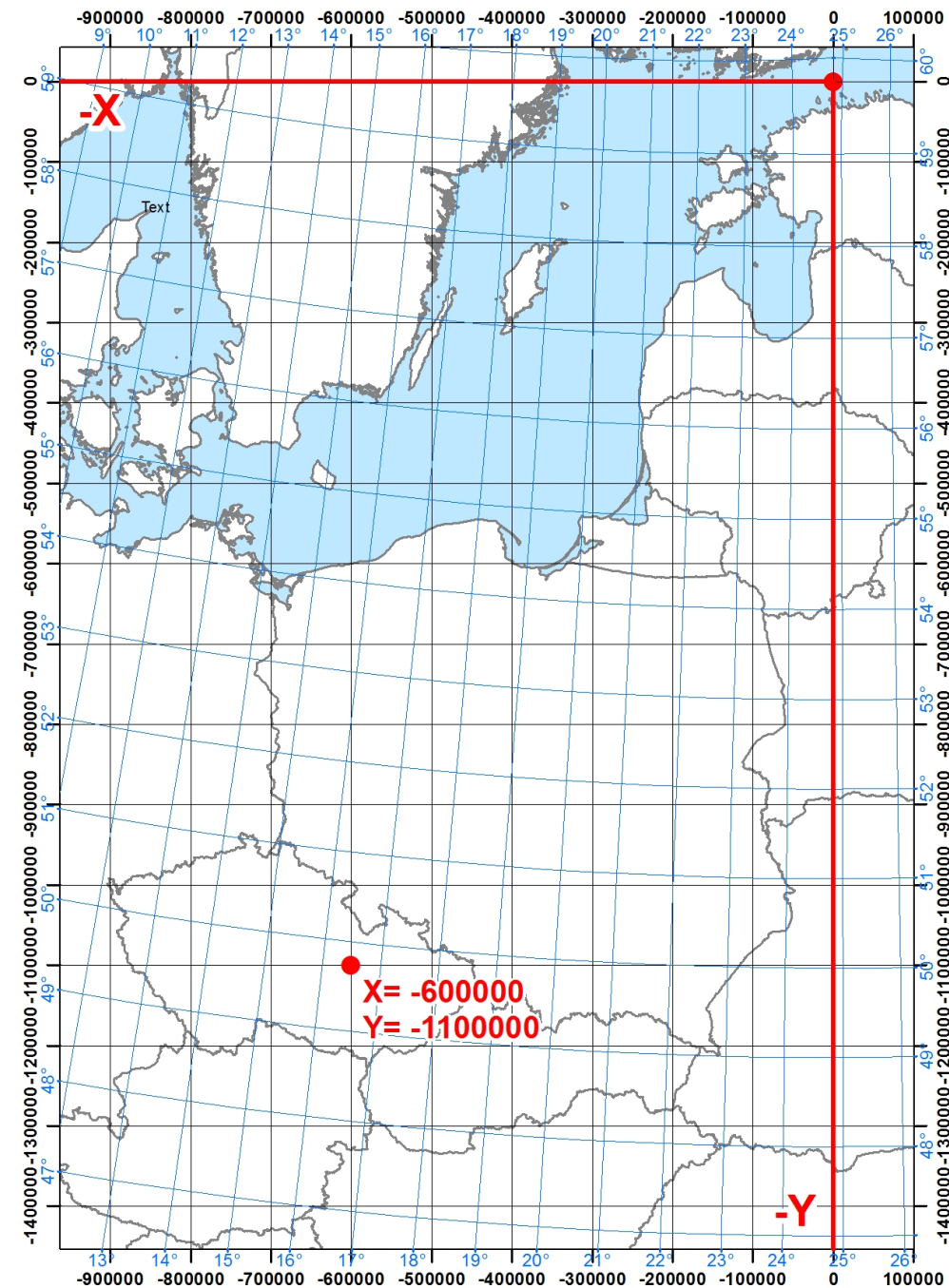
Nejčastěji používané souřadnicové systémy v ČR

- S-JTSK (S-JTSK / Krovak East North)
- WGS 84 / UTM zone 33N

V těchto systémech jsou také nejčastěji k dispozici podkladová data:

- **DMR 4G, 5G** – pouze S-JTSK Krovak EN
- **Ortofoto** - S-JTSK Krovak EN, WGS 84/UTM zone 33N

S-JTSK/Krovak East North EPSG:5514 (ESRI:102067)



- modrá síť – zeměpisné souřadnice v Křovákově zobrazení
- černá síť – rovinné souřadnice S-JTSK
- existuje více variant souřadnicového systému S-JTSK, v kartografických a GIS aplikacích je však S-JTSK/Krovak East North (EPSG: 5514) nejpoužívanější

Souřadnicové systémy používané pro výdej souborů rastrových a vektorových dat ČÚZK

Název	Kód EPSG *
S-JTSK / Krovak East North	5514**
WGS 84 (geographic 2D)	4326
WGS 84 / UTM zone 33N	32633
ETRS89 (geographic 2D)	4258*****
ETRS89 / TM33	3045*****

* EPSG = European Petroleum Survey Group - společnost spravující databázi informací o souřadnicových systémech.

** Nahrazuje dosud užívaný Esri kód **102067**, který je rovněž podporován.

OpenLayersSphericalMercator, které jsou rovněž podporovány. Tyto systémy jsou užívány pro kombinaci mapových služeb s Google Maps.

***** souřadnicový systém stanovený pro datové sady INSPIRE

Souřadnice a kartografický software

Z hlediska nastavení souřadnic lze v kartografickém software (OCAD, OO Mapper) pracovat ve 4 režimech:

1. Papírové (grafické) souřadnice v mm
2. Reálné (místní, lokální) souřadnice v m bez nastavení posunu vůči rovinným souřadnicím
3. Reálné (světové) souřadnice v m bez nastavení souřadnicového systému
4. Reálné (světové) souřadnice v m s nastavením souřadnicového systému

Kvalita práce, přesnost a možnosti:

1, 2 – nejnižší, 3 – standardní, 4 - nejvyšší

Papírové (grafické) souřadnice

- Není nutné vždy pro vytvoření mapy pracovat v určitém definovaném souřadnicovém systému (i když tak ztrácíme řadu výhod)
- Lze pracovat pouze v tzv. Papírových souřadnicích (mm), jedná se o interní systém pravoúhlých souřadnic daného software
- Rozlišení (max. přesnost souřadnic) je 0.01 mm (OCAD)
- Souřadnice 0,0 je většinou v blízkosti středu mapy
- Nastavení: OCAD (Papírové souřadnice), Mapper (Souřadnice mapy = žádné nastavení souř. systému)
- Mapový podklad je nutné ručně adjustovat na čtvercovou síť (mřížku) – pracné, problematické z hlediska přesnosti
- 3 základní účely použití papírových souřadnic:
 - příprava grafického layoutu mapy
 - export a tisk
 - adjustace skenu na čtvercovou mřížku

Měřitko a souřadnicový systém

Měřitko mapy: 1 : 10000

Souřadnice

Papírové souřadnice
Vzdálenost mřížky: 10.0000 mm

Reálné souřadnice
Východně-měřená vzdálen: 0 m
Severně-měřená vzdálenos: 0 m
Úhel: 0.00 stupňů
Vzdálenost mřížky: 1000 m

Souřadnicový systém
Souřadnicový systém není definován
Vybrat...

Přídavné lokální posunutí
Horizontální: 0.00 m
Vertikální: 0.00 m

OK

OCAD

Nastavení souřadnicového systému

Souřadnicový systém

Soustava souřadnic: - žádná -

Referenční bod

Souřadnice mapy: 0,00 mm X 0,00 mm Y Vybrat na mapě
Reálné souřadnice: 0,00 m V 0,00 m S
Zeměpisné souřadnice: 0,00000000 ° S 0,00000000 ° V (Datum: WGS84)

Ukázat referenční bod v:
Při změně souřadnicového systému zachovat: Reálné souřadnice (m)
 Zeměpisné souřadnice

Sever na mapě
Úhel místního zeměpisného a magnetického poledníku (deklinace): 0,00 ° Vyhledat...
Úhel svíraný svislicemi pravouhého souřadnicového systému a místním zeměpisným poledníkem + deklinace (grivace): 0,00 ° (locked)

Vrátit OK Zrušit Nápověda

OO Mapper

Papírové souřadnice - sken mapového podkladu (fotogrammetrie) před adjustací na síť

OCAD Verze 11.5.8 Professional - University of Ostrava (5267) - [Bez názvu]

Soubor Zobrazit Vybrat Úpravy Symbol Mapa Rozvržení Databáze Podklad DEM GPS Možnosti Okno Nápověda

-1125 -750 -375 0

1500

1125

750

139 1 387

Normální režim (Vyhlazení čar)

1.7X

Photogrammetric base map of:

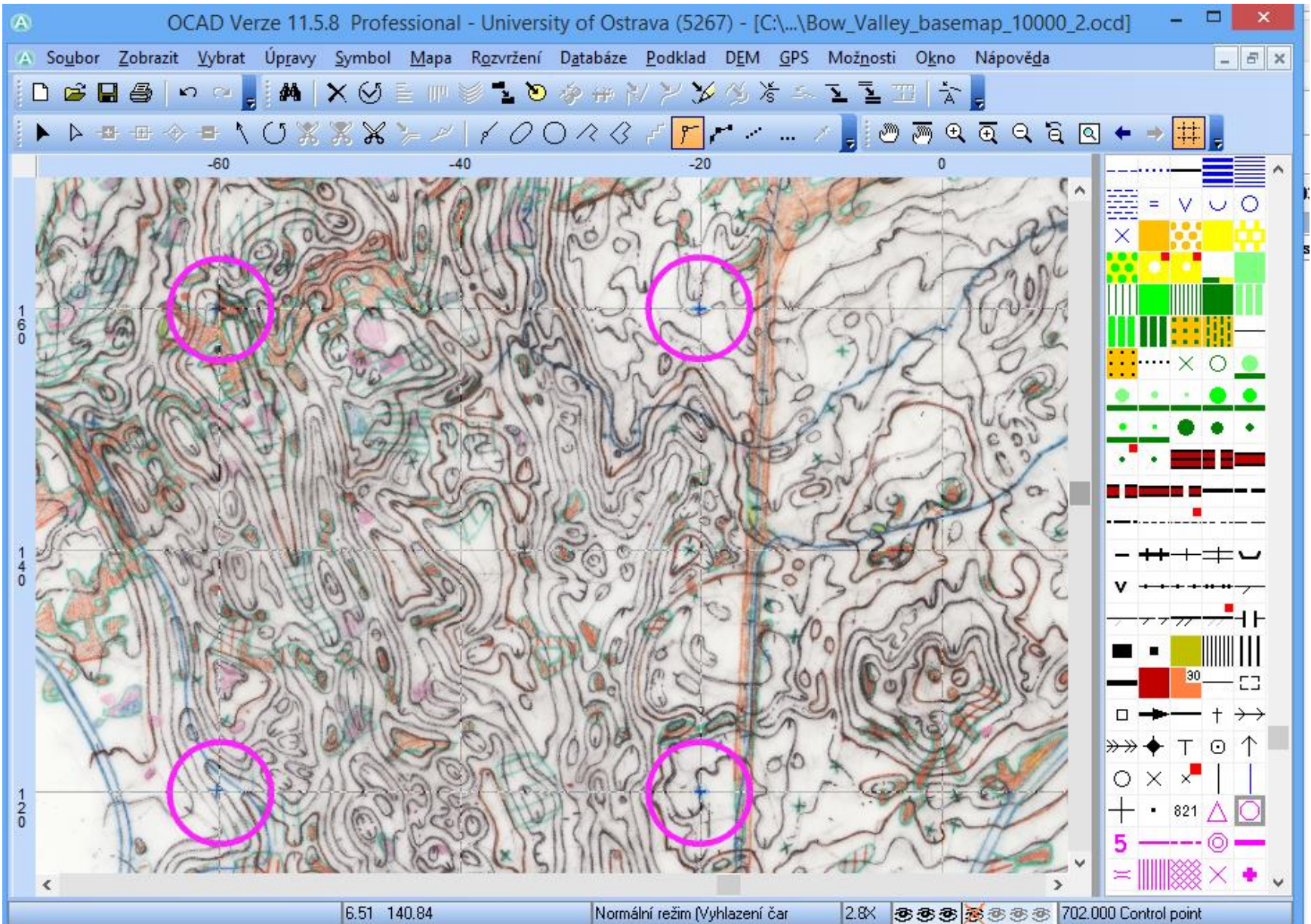
Mount Nemo

Scale: 1:7500
Contour interval: 5m
Photographs: 04/18/97
North: magnetic
Date: Sept 2005



Unit 87, Stirling Enterprise Park, Stirling FK7 7RP Scotland
Tel: (+44) 01786 479866 Fax (+44) 01786 472914
e-mail: pat@stirlingsurveys.co.uk

Papírové souřadnice - sken lesního originálu adjustovaný na síť



Reálné (místní, lokální) souřadnice v m bez nastavení posunu vůči rovinným souřadnicím

- Není definován referenční bod resp. je ponechán jako referenční bod o grafických souřadnicích (0,0), jsou použity reálné jednotky – zpravidla metry (přepočítané z papírových souřadnic grafickým měřítkem mapy)
- Běžný způsob vytváření OB map v OCADu od počátků dodnes, tj. sken topografického originálu se umístí kamkoli na pracovní plochu (zpravidla se středem mapy v blízkosti bodu o souřadnicích (0,0)) a se zachováním měřítka
- Mapové podklady je nutné adjustovat ručně na mřížku
- Je možné nastavit rotaci souřadnicové sítě a vzdálenost mřížky
- Nelze jednoduše prostorově napojit na sousední mapy
- Nelze exportovat prostorově umístěné výstupy

Reálné (místní, lokální) souřadnice v m bez nastavení posunu vůči rovinným souřadnicím

Měřtko a souřadnicový systém

Měřtko mapy: 1 : 10000

Souřadnice

Papírové souřadnice

Vzdálenost mřížky: 100.0000 mm

Reálné souřadnice

Východně-měřená vzdálenost: 0 m

Severně-měřená vzdálenost: 0 m

Úhel: 0.00 stupňů

Vzdálenost mřížky: 1000 m

Souřadnicový systém

Souřadnicový systém není definován

Přídavné lokální posunutí

Horizontální: 0.00 m

Vertikální: 0.00 m

OK

Nastavení souřadnicového systému

Souřadnicový systém

Soustava souřadnic: - místní -

Referenční bod

Souřadnice mapy: 0,00 mm X 0,00 mm Y Vybrat na mapě

Místní souřadnice: 0,00 m V 0,00 m

Zeměpisné souřadnice: 0,00000000 ° S 0,00000000 ° V (Datum: WGS84)

Ukázat referenční bod v: [OpenStreetMap](#) | [Svět map](#)

Při změně souřadnicového systému zachovat:

Reálné souřadnice (m)

Zeměpisné souřadnice

Sever na mapě

Úhel místního zeměpisného a magnetického poledníku (deklinace): 0,00 ° Vyhledat...

Úhel svíraný svislicemi pravouhého souřadnicového systému a místním zeměpisným poledníkem + deklinace (grivace): 0,00 ° (locked)

Vrátit OK Zrušit nápověda

Reálné (světové) souřadnice v m bez nastavení souřadnicového systému

- Není zde přímo definován určitý souřadnicový systém, ale jsou použity reálné jednotky souřadnicového systému (zpravidla metry), je shodné prostorové umístění
- Umožňuje již pracovat s georeferencovanými mapovými podklady v rámci jednoho souřadnicového systému (mapové podklady se otevírají ve správné pozici a velikosti, není nutné je adjustovat ručně na mřížku)
- Je nutné definovat souřadnice **referenčního bodu**
- Je možné nastavit rotaci souřadnicové sítě a vzdálenost mřížky v metrech

Měřítka a souřadnicový systém

Měřítka mapy: 1 :

Souřadnice

Papírové souřadnice

Vzdálenost mřížky: mm

Reálné souřadnice

Východně-měřená vzdálenost: m

Severně-měřená vzdálenost: m

Úhel: stupňů

Vzdálenost mřížky: m

Souřadnicový systém

Souřadnicový systém není definován

Přídavné lokální posunutí

Horizontální:

Vertikální:

OCAD

Nastavení souřadnicového systému

Souřadnicový systém

Soustava souřadnic:

Referenční bod

Souřadnice mapy: X Y

Místní souřadnice: V S

Zeměpisné souřadnice: S V (Datum: WGS84)

Ukázat referenční bod v:

Při změně souřadnicového systému zachovat:

Reálné souřadnice (m)

Zeměpisné souřadnice

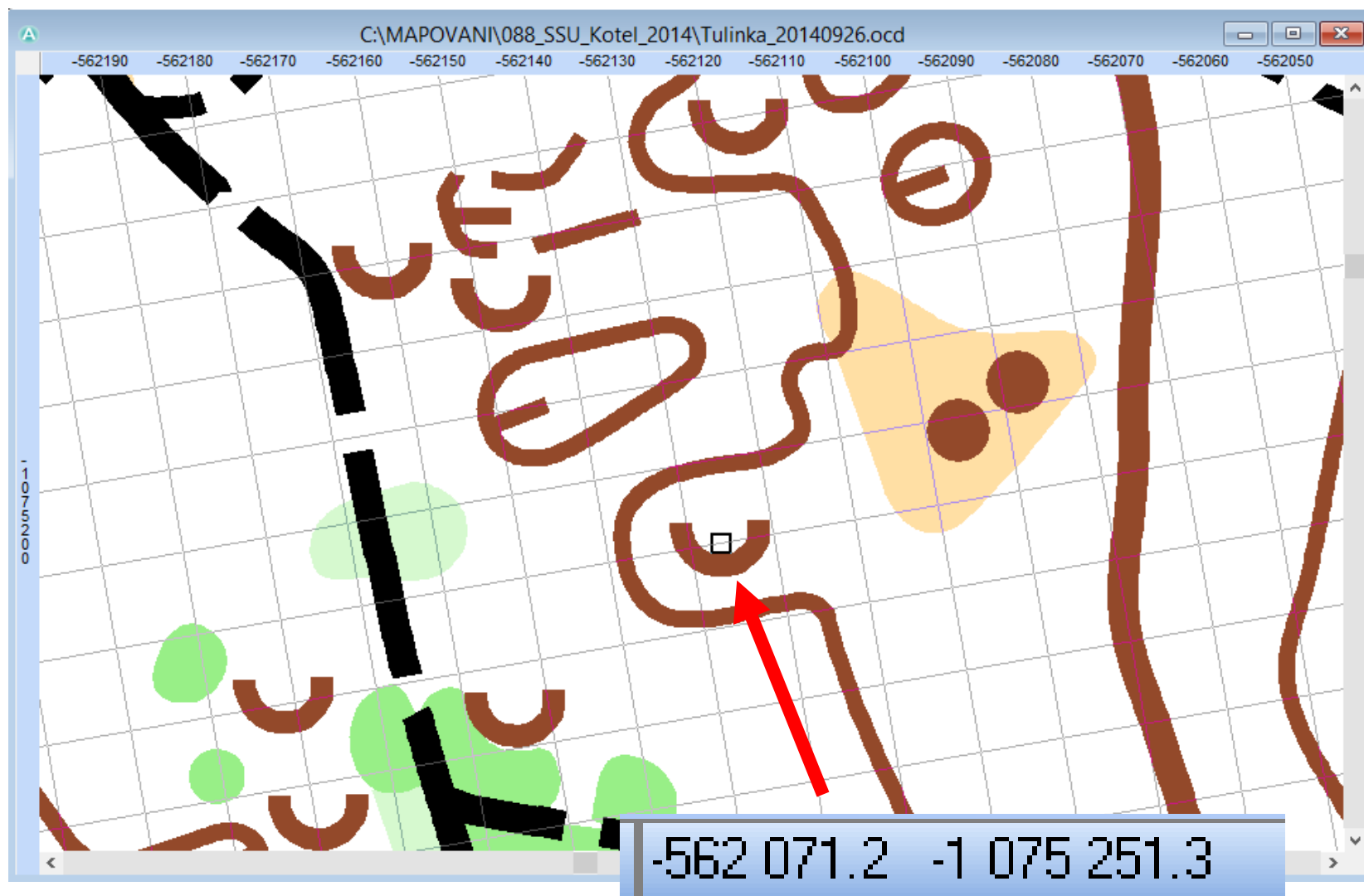
Sever na mapě

Úhel místního zeměpisného a magnetického poledníku (deklinace):

Úhel svíraný svíslými pravouhly souřadnicového systému a místním zeměpisným poledníkem + deklinace (grivace):

OO Mapper
označeno jako
Místní souřadnice!

Reálné souřadnice



Referenční bod (offset, posun)

- OCAD a OO Mapper interně pracují v papírových (grafických) souřadnicích
- Aby bylo možné pracovat s georeferencovanými podklady, je potřeba přiřadit počátku papírových souřadnic 0,0 místní hodnotu použitého souřadnicového systému
- Většinou se jedná o zaokrouhlenou hodnotu km sítě v blízkosti středu mapy
- Hodnotu lze vyplnit ručně nebo lze odsouhlasit navržené hodnoty (navrženy jsou hodnoty posunu pro první otevřený georeferencovaný podklad)

Referenční bod (offset, posun)

Měřítko a souřadnicový systém

Měřítko mapy: 1 : 10000

Souřadnice

Papírové souřadnice

Vzdálenost mřížky: 25.0000 mm

Reálné souřadnice

Východně-měřená vzdálenost: -562000 m

Severně-měřená vzdálenost: -1077000 m

Úhel: 9.90 stupňů

Vzdálenost mřížky: 10 m

Souřadnicový systém

Czech Republic S-JTSK / KROVAK

Přídavné lokální posunutí

Horizontální: 0.00 m

Vertikální: 0.00 m

OK

Nastavení souřadnicového systému

Souřadnicový systém

Soustava souřadnic: - místní -

Referenční bod

Souřadnice mapy: 0,00 mm X 0,00 mm Y Vybrat na mapě

Místní souřadnice: -544000,00 m V -1107000,00 m S

Zeměpisné souřadnice: 49,72610155 ° S 17,27474153 ° V (Datum: WGS84)

Ukázat referenční bod v: [OpenStreetMap](#) | [Svět map O](#)

Při změně souřadnicového systému zachovat:

Reálné souřadnice (m)

Zeměpisné souřadnice

Sever na mapě

Úhel místního zeměpisného a magnetického poledníku (deklinace): 0,00 ° Vyhledat...

Úhel svíraný svislicemi pravouhého souřadnicového systému a místním zeměpisným poledníkem + deklinace (grivace): 0,00 °

Vrátit OK Zrušit Nápověda

Zjištění hodnoty ref. bodu

- Vyhledání souřadnic přibližného středu mapy nad ZM10 v Geoprohlížeči ČÚZK

Podkladová mapa (georeferencovaná) ✕

Podkladová mapa je georeferencovaná (souřadnicový systém).

Velikost podkladové mapy
X (V-Z): -562306...-562172, 0.40 m/Pixel
Y (S-J): -1076742...-1076597, 0.40 m/Pixel

Posunutí

Nové posunutí

X (V-Z):

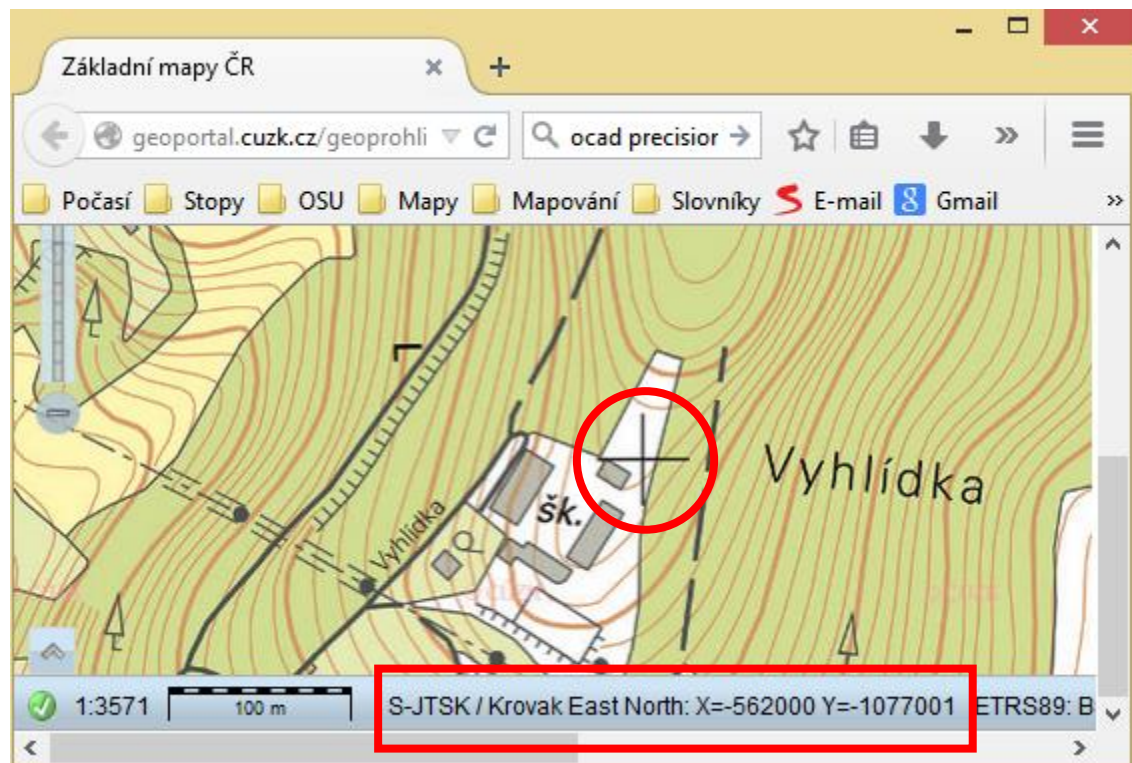
Y (S-J):

Úhel: ↻ stupňů

Měřítko mapy: 1 : ▾

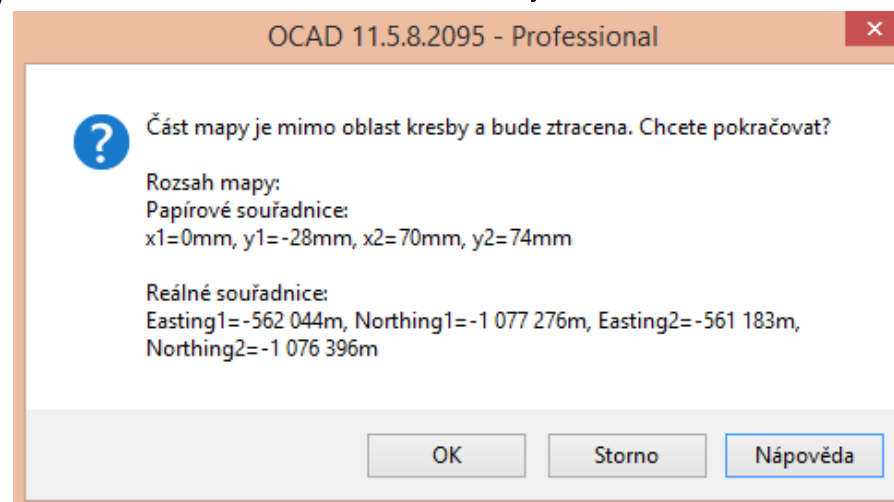
Současné posunutí a natočení
(0 / 0 / 9.90)

- Návrh na použití souřadnic získaných při otevření georef. podkladu (OCAD)



Referenční bod (offset, posun)

- Rotace mapy probíhá se středem v papírových souřadnicích 0,0, respektive se středem v ref. bodu
- Hodnota referenčního bodu by měla být blízka středu mapy – toto je důležité především v OCADu Standard edition, kde max. velikost mapy je 4×4 m (v měřítku 1:10 000 se jedná o plochu 40×40 km) → není vhodné nechávat hodnoty ref. bodu nulové, problémy při importu dat



Reálné (světové) souřadnice v m s nastavením souřadnicového systému

Použití určitého souřadnicového systému navíc umožňuje:

- Kombinovat mapové podklady z různých systémů (OO Mapper)
- Transformovat do jiného souřadnicového systému (OCAD)
- Používat webové mapové služby (WMS) (OCAD)
- Mapovat pomocí GPS
- Exportovat mapu nebo výběr prvků ve formě georeferencovaných rastrových či vektorových formátů (geoTIFF, Esri shapefile) (OCAD)

Nastavení souř. systému v OCADu

Měřítko a souřadnicový systém

Měřítko mapy: 1 : 10000

Souřadnice

Papírové souřadnice
Vzdálenost mřížky: 25.0000 mm

Reálné souřadnice

Východně-měřená vzdálenost: -562000 m

Severně-měřená vzdálenost: -1077000 m

Úhel: 9.90 stupňů

Vzdálenost mřížky: 250 m

Souřadnicový systém

Czech Republic S-JTSK / KROVAK

Přídavné lokální posunutí

Horizontální: 0.00 m

Vertikální: 0.00 m

Souřadnicový systém

Souřadnicový systém: Czech Republic

Zóna: S-JTSK / KROVAK

Mapové datum: S-JTSK

Elipsoid: Bessel_1841

Poloha: Czech Republic

EPSG: 102067 spatialreference.org

Odstranit OK Storno Nápověda

Vybrat...

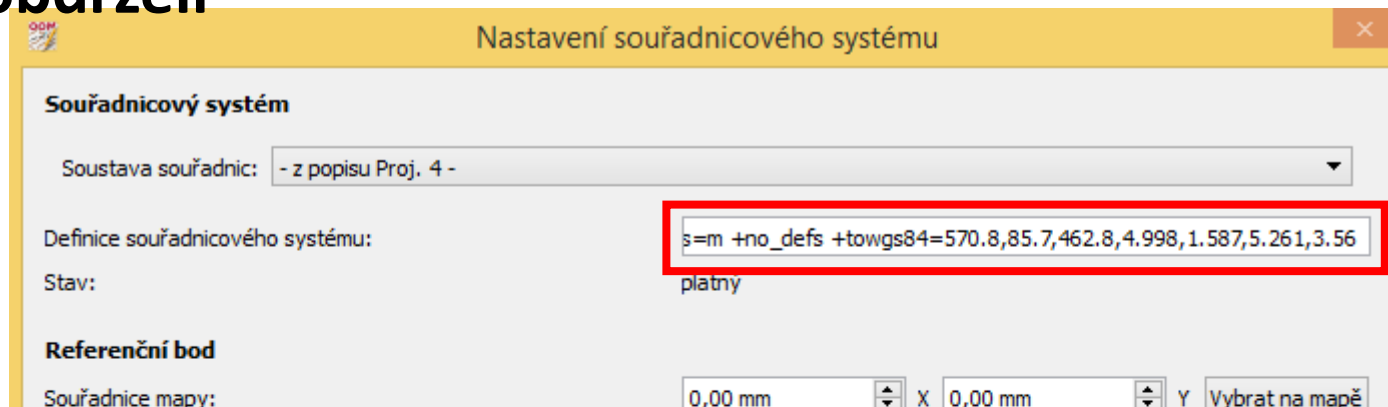
OK Storno Nápověda

Nastavení souřadnicového systému v OO Mapperu

- V základu je zabudováno nastavení pro UTM
- S-JTSK (nebo jakýkoliv další souř. systém) je možné definovat pomocí knihovny PROJ4
- Definice S-JTSK/Krovak East North včetně transformačního klíče:

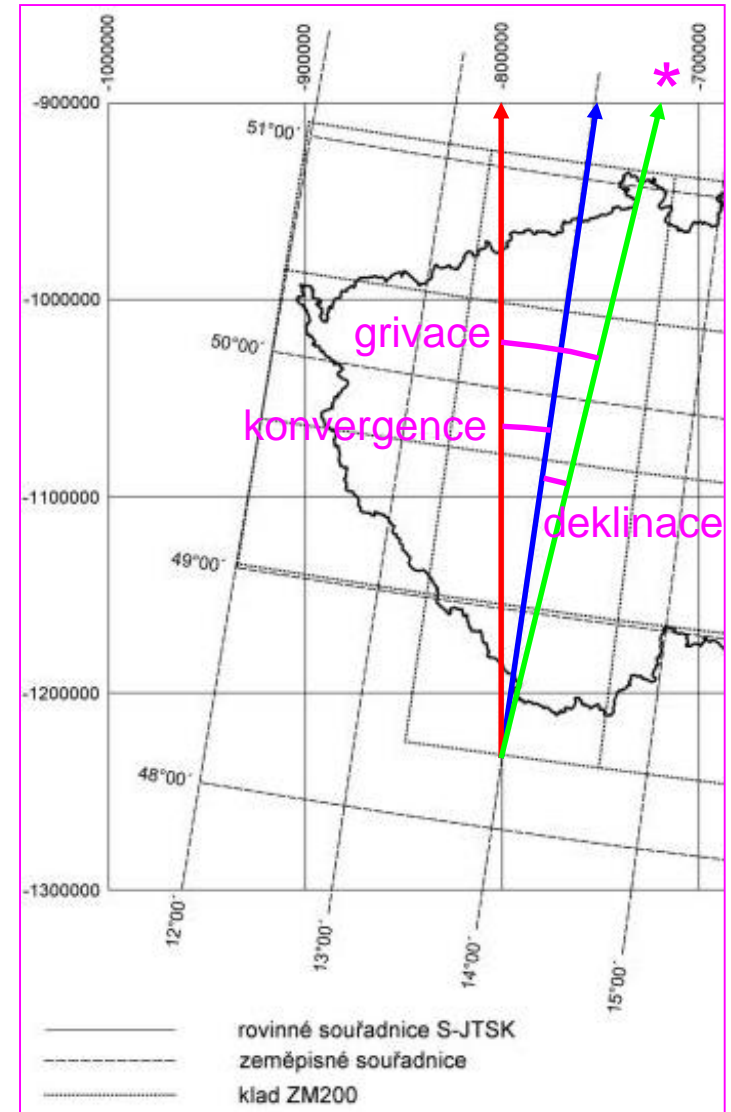
```
+proj=krovak +lat_0=49.5 +lon_0=24.83333333333333 +alpha=30.28813972222222  
+k=0.9999 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=bessel +pm=greenwich +units=m +no_defs  
+towgs84=570.8,85.7,462.8,4.998,1.587,5.261,3.56
```

- Není nutno přepisovat, stačí zkopírovat, dostupné na webu, v CRS definicích QGISu, **zde v prezentaci, v datech která jste obdrželi**




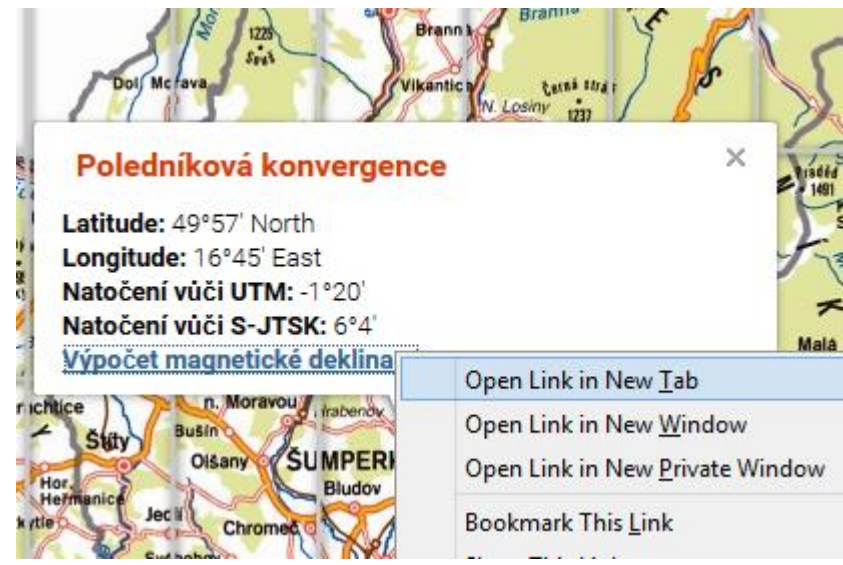
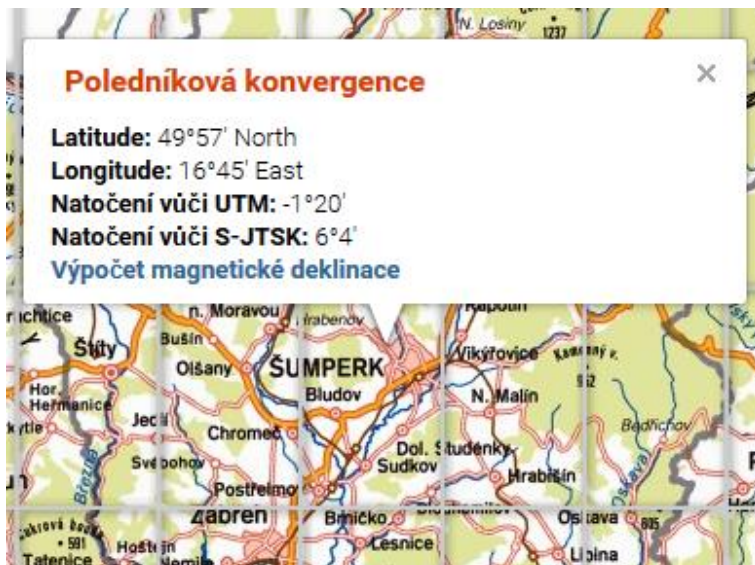
Určení magnetického severu

- stanovení směru magnetického severu
- *magnetická deklinace* – úhel **místního zeměpisného** a **magnetického poledníku**
- *poledníková konvergence sítě S-JTSK* – úhel, který svírají **svislice souřadnicového systému S-JTSK** a **místní zeměpisný poledník**
- *grivace* - úhel, který svírají svislice souřadnicového systému S-JTSK a místní magnetický poledník
- **grivace = konvergence + deklinace**



Určení magnetického severu

- Mapový portál ČSOS  <http://csos.tmapserver.cz/>
- kliknout na horní liště „Pro kartografy“ – načte se zjištění poledníkové konvergence a magnetické deklinace
- najít řešenou oblast a kliknout na buňku do mapy
- objeví se bublina s hodnotami poledníkové konvergence vůči UTM, S-JTSK a hodnoty Latitude a Longitude
- otevřete „Výpočet magnetické deklinace“ do nové záložky → otevře se kalkulátor magnetické deklinace

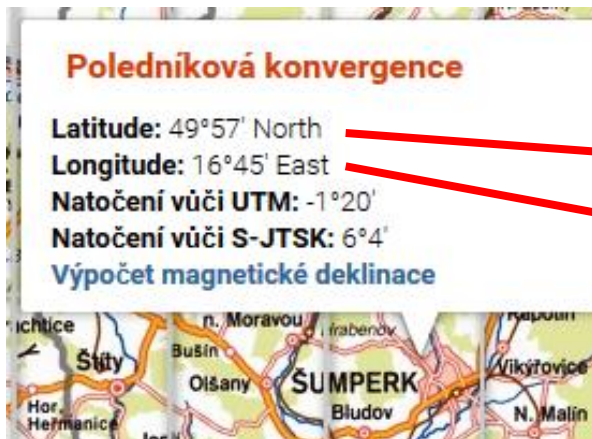


Určení magnetického severu

- na stránce [geomagnetického kalkulátoru](#)
 - zvolte datum (polovina předpokládaného období mapování)
 - nastavte hodnotu Latitude a Longitude z infotabulky a zvolte Calculate

Magnetic declination calculator

Note that the updated IGRF-12 (2015) model has been implemented in the magnetic field ca



Date (YYYY-MM-DD)
(1900-01-01 to 2020-01-31)

► Information: Date

2015-01-16



► Information: Latitude and Longitude

Latitude
(between 0 and 90)

49 57

North

South

Longitude
(between 0 and 180)

16 45

West

East

► Information: Grid declination

Include grid declination

Calculate

Určení magnetického severu

Magnetic declination calculator - Results

IGRF-12 (2015) Model Results

Latitude: 49° 57.00' North (49.9500° North)

Longitude: 16° 45.00' East (16.7500° East)

Date: 2015-01-16

Magnetic declination: **4° 7.32' East**

Annual Change (minutes/year): 8.1 '/y East



- **grivace = konvergence + deklinace**
- spočteme hodnotu grivace = $6^{\circ}4' + 4^{\circ}7.32' = \mathbf{10^{\circ}11.32'}$
- převod na desítkovou soustavu = stupně + (minuty/60)
- $10 + (11.32/60) = \mathbf{10.1886^{\circ} \doteq \underline{10.19^{\circ}}$
- lze použít i online konvertor, např.
<http://www.fcc.gov/encyclopedia/degrees-minutes-seconds-tofrom-decimal-degrees>

Nastavení magnetického severu

- Zjištěnou hodnotu grivace zadáme do pole Úhel

Měřítko a souřadnicový systém

Měřítko mapy: 1 : 10000

Souřadnice

Papírové souřadnice

Vzdálenost mřížky: 50.0000 mm

Reálné souřadnice

Východně-měřená vzdálenost: -562000 m

Severně-měřená vzdálenost: -1077000 m

Úhel: 10.19 ↻ stupňů

Vzdálenost mřížky: 1000 m

Souřadnicový systém

Czech Republic S-JTSK / KROVAK Vybrat...

Přídavné lokální posunutí

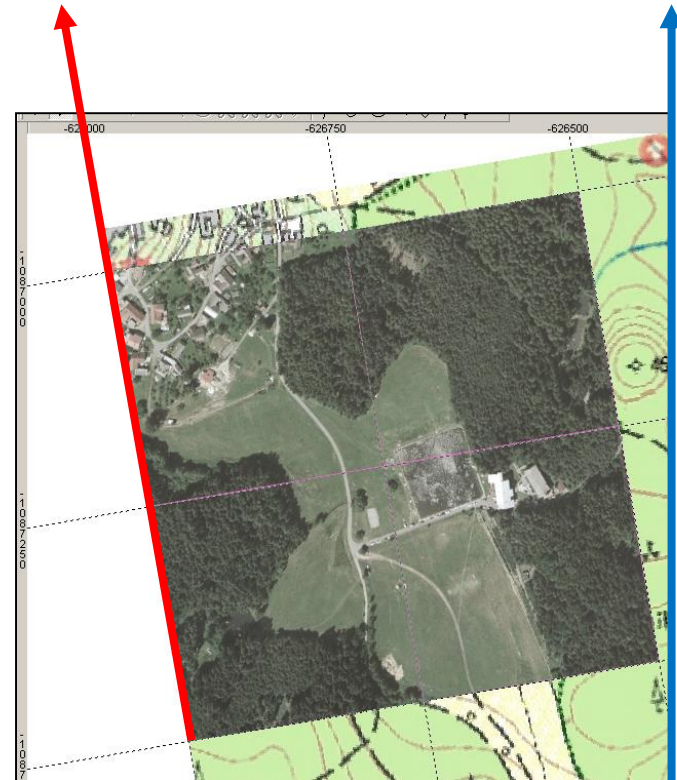
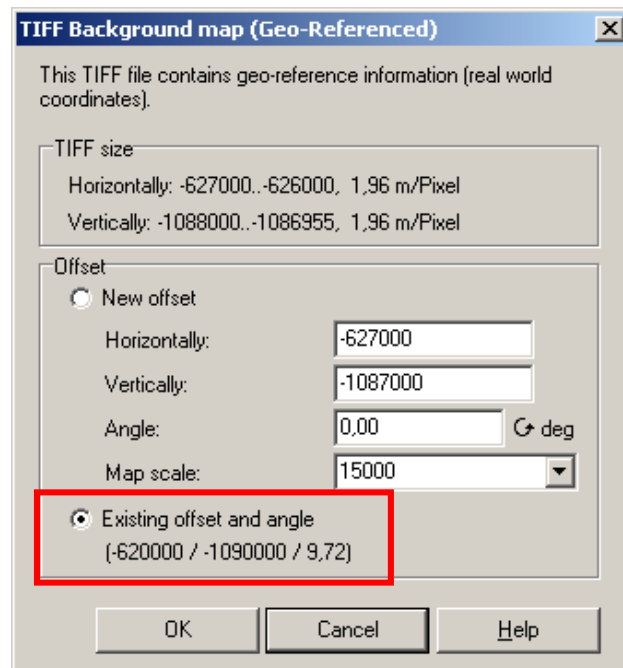
Horizontální: 0.00 m

Vertikální: 0.00 m

OK Storno Nápověda

Nastavení magnetického severu

- soubor je natočen do **směru magnetického poledníku**, reálné souřadnice jsou **stále v S-JTSK**
- jakýkoli referencovaný podklad (ortofoto, ZM10) padne na správné místo !!!
- přepnutím na Papírové souřadnice získám síť orientovanou na magnetický sever



Nastavení magnetického severu v OO Mapperu

The image shows the 'Nastavení souřadnicového systému' (Coordinate System Settings) dialog in OO Mapper. The 'Souřadnicový systém' (Coordinate System) is set to '- z popisu Proj. 4 -'. The 'Referenční bod' (Reference Point) section shows map coordinates (0,00 mm X, 0,00 mm Y), real coordinates (-562000,00 m V, -1077000,00 m S), and geographic coordinates (49,97817813 ° S, 16,98373674 ° V) using the WGS84 datum. The 'Sever na mapě' (North on Map) section has a declination of 0,00 °. A 'Vyhledat...' (Search...) button is visible next to the declination input.

Overlaid on top is a smaller dialog titled 'Vyhledat úhel místního zeměpisného a magnetického poledníku' (Search for the angle of the local geographic and magnetic meridian). It contains a question mark icon and the text: 'Magnetická deklinace pro referenční bod 49.9782° 16.9837° bude nyní načtena z <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>. Chcete pokračovat?' (Magnetic declination for reference point 49.9782° 16.9837° will now be loaded from http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/. Do you want to continue?). It has 'Ano' (Yes) and 'Ne' (No) buttons.

A red arrow points from the 'Vyhledat...' button in the main dialog to the 'Ano' button in the search dialog.

Doporučený postup při založení nového projektu

1. Nový projekt, zvolit odpovídající mapový klíč a měřítko
2. Nastavit souřadnicový systém (zvolte dle souř. systému dostupných mapových podkladů)
3. Nastavte referenční bod pro přibližný střed mapy
4. Určete magnetický sever (grivaci)
5. Nastavte grivaci v software
6. Potvrďte nastavení a uložte projekt.
7. Nyní je základní nastavení hotovo a je možno přidávat georeferencované podklady

Zdroje

- **What is a Coordinate System?**

http://edndoc.esri.com/arcscde/9.1/general_topics/what_coord_sys.htm

- **Tvorba map pro OB - Souřadnicové systémy**

<http://tvorbamap.shocart.cz/kartografie/systemy.htm>

- **Geoportál ČÚZK - Souřadnicové systémy**

http://geoportal.cuzk.cz/%28S%283uk1lf1ijf1p3eoynisy0cf%29%29/Default.aspx?mode=TextMeta&side=sit.trans&text=sourad_systemy

- **Mapový portál ČSOS**

<http://csos.tmapserver.cz/>

- **Natural Resources Canada – Magnetic declination calculator**

<http://geomag.nrcan.gc.ca/calc/mdcal-eng.php>