



UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Petra Grulová

**Vybrané souřadnicové systémy, jejich transformace a využití
pro potřeby GIS**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Aleš Létal, Ph.D.

Olomouc 2012

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce RNDr. Aleši Létalovi, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost a laskavý přístup. Také bych chtěla poděkovat Mgr. Petru Přidalovi za motivaci a informace ke sběru potřebných dat.

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem
požitou literaturu a zdroje uvedla v seznamu na konci práce.

V Olomouci, dne 14.5.2012

.....

Podpis

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra GRULOVÁ**
Osobní číslo: **R09030**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Regionální geografie**
Název tématu: **Vybrané souřadnicové systémy, jejich transformace a využití pro potřeby GIS.**
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je zvolit nejpoužívanější souřadnicové systémy vybraných zemí případně regionů, zjistit jejich definiční parametry a charakteristiky. Na základě zjištěných informací autorka vybere nebo vytvoří přesné definice pro potřeby ARGIS případně jiné aplikace tak aby bylo možné je využít při zobrazování digitálních dat z jiných zemí. Autorka ověří správnost definic na zvoleném souboru dat.

Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**
Rozsah pracovní zprávy: **5 000 - 8 000 slov**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

VOŽENÍLEK, V. (2001): Aplikovaná kartografie I tematické mapy. Olomouc, Vydavatelství UP, 168 s.
ČAPEK, R. a kol. (1992): Geografická kartografie. Praha, SPN, 373 s.
Buchar P., Hojovec V.: Matematická kartografie, ČVUT Praha (Zdi 1984)Slovník Geodetického a kartografického názvosloví, Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, Zdi 1984, 249 s.
Cimbálník, M., Mervart, L.: Vyšší geodézie 1., Vydavatelství CVUT, Praha 1999.
(Dem 2005)Geographic information Systems, M. N. DEMERS, United States of America, 3 rd. edition, 2005, 465 s.
(Wor 2004)GIS A Computing Perspective, M. WORBOYS, United States of America, 2 nd. edition, 2004, 426 s.

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Aleš Létal, Ph.D.**
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: **10. listopadu 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2012**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 10. listopadu 2011

Obsah

1.	ÚVOD	1
	Cíle práce	3
	Metodika	3
2.	MATEMATICKÉ ZÁKLADY PRO TVORBU MAP	4
	2.1. Referenční plochy.....	4
	2.2. Zobrazovací plochy – kartografická zobrazení.....	6
	2.3. Souřadnicové systémy.....	10
3.	VÝVOJ SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ NA NAŠEM ÚZEMÍ	16
	3.1. Katastrální triangulace 1821 – 1864.....	16
	3.2. Vojenská triangulace 1862 – 1898	16
	3.3. Československá jednotná trigonometrická síť (JTSK).....	17
	3.4. Souřadnicový systém 1952 (S-52)	17
	3.5. Souřadnicový systém 1942 (S-42)	18
	3.6. Souřadnicový systém 1942/83 (S-42/83)	18
	3.7. WGS84	19
4.	SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY A GIS	20
	4.1. Nejčastější parametry pro definice souřadnicových systémů pro GIS	20
	4.2. EPSG kódy.....	23
	4.3. Zvláštnost S-JTSK v GIS.....	24
5.	CHARAKTERISTIKA SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ VYBRANÝCH ZEMÍ 25	
	5.1. Česká republika.....	25
	5.2. Slovensko.....	29
	5.3. Německo	30
	5.4. Rakousko.....	33
	5.5. Polsko	36
6.	TRANSFORMACE A PRAKTICKÉ POUŽITÍ DEFINIC SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ V GIS	38
	6.1. Program pro transformaci mezi souřadnicovými systémy v kódech EPSG.....	38
	6.2. Transformace v rámci ArcGIS	39
	6.3. Data distribuovaná elektronickými zdroji v rámci zemí EU	40
7.	ZÁVĚR	41
	SUMMARY	42
	ZDROJE	43

1. ÚVOD

Pro potřeby různých softwarů nebo internetových aplikací je potřeba zajistit dostatečné informace o jednotlivých souřadnicových systémech, které byly používány v minulosti nebo jsou používány dodnes. V případě této práce jsem zvolila vybrané souřadnicové systémy České republiky a také zemí s ní sousedících.

Toto téma jsem si vybrala, protože úzce souvisí s praxí, kterou mi nabídl Mgr. Petr Přidal v rámci projektu MapTiler. Pro lepší a přesnější fungování této aplikace je nutné vytvořit souhrnnou databázi souřadnicových systémů, které se v jednotlivých regionech světa používaly v minulosti nebo jsou používány dodnes. Díky specifikaci daného souřadnicového systému budou moci uživatelé aplikace lépe zobrazit jakékoliv nově pořízené letecké snímky nebo staré mapy (historické mapy převedené do digitální podoby) a bez problému je umístit na určité místo v Google Maps, Yahoo Maps a dalších moderních mapových internetových aplikacích.

Téma souřadnicových systémů a jejich využití mě zajímá a proto jsem se rozhodla právě pro tuto bakalářskou práci, abych získala lepší znalosti v oblasti kartografie a GIS. Práci jsem rozdělila na několik kapitol. V nich postupně rozebírám jednotlivá témata, která jsou důležitá pro celkové pochopení souřadnicových systémů a jejich využití.

Pro pochopení problematiky jednotlivých souřadnicových systémů nejdříve objasňuji matematicko-kartografické základy při tvoření mapových děl. Tímto se zabývám v kapitole druhé, kde jsem vysvětlila základní referenční a zobrazovací plochy, typy kartografických zobrazení a zkreslení, konstrukční kartografické souřadnice a jejich transformace. Vývoj a průběh vytváření souřadnicových systémů na našem území jsem popsala v kapitole třetí. V GIS jsou jednotlivé souřadnicové systémy upravovány tak, aby bylo možné s nimi pracovat právě v digitální podobě. Jakým způsobem jsou použity konkrétně v ArcGIS a jaké parametry jsou pro určení souřadnicových systémů v ArcGIS stěžejní, jsem popsala v kapitole čtvrté. Dále jsem v této kapitole zařadila část o EPSG kódech a také zvláštnost systému S-JTSK v GIS. V páté kapitole se zabývám samotnými souřadnicovými systémy vybraných zemí. Konkrétně jsou to: Česká republika, Slovensko, Německo, Rakousko a Polsko. V každé z těchto zemí se používá několik různých systémů pro různé účely. Podrobněji jsem

vždy popsala jednotlivé parametry systému, který slouží pro zobrazení celého území a dále zmiňuji další používané systémy a jejich využití. V páté kapitole se zabývám praktickým využitím transformací a definic souřadnicových systémů. Ukazují zde využití programu na transformaci souřadnic mezi souřadnicovými systémy a také způsob, jakým pracuje s transformacemi program ArcGIS. Problém používání jednotných souřadnicových systémů pro celou Evropskou unii ukazují na konkrétním případu v poslední části této práce.

Cíle práce

Hlavní cíle při tvoření této práce mám dva. Pochopit základy fungování souřadnicových systémů v kartografii a následně jejich transformace v GIS a také vytvořit alespoň zlomek z již zmíněné databáze souřadnicových systémů. V každé z vybraných zemí se používá souřadnicových systémů několik. Hlavně ve využití GIS se tento počet ještě několikrát zvýšil kvůli optimalizaci a přesnějšímu pracování v mapových softwarech. Mým cílem je vybrat v každé zemi ty nejpoužívanější systémy a zjistit o nich základní informace, aby bylo možné je použít pro účely projektu Map Tiler.

Metodika

Základní informace o souřadnicových systémech, jejich vlastnostech a o tvoření map matematickými metodami jsem získala z přednášek o kartografii v rámci předmětu Základy kartografie a následnou rešerší literatury. Čerpala jsem především z knih, které se zabývají kartografií, geodézií a tvořením mapových děl. Všechny tyto knihy jsem uvedla v seznamu literatury na konci práce. Velmi cenné informace jsem získala z dokumentu od Clifford J. Mugniera, který je dostupný z <http://www.asprs.org/a/resources/grids/>.

Dále jsem pro zjištění konkrétních souřadnicových systémů a jejich kódů používala věrohodné internetové zdroje. Hlavním zdrojem informací o EPSG kódech pro mě byly internetové portály <http://www.epsg-registry.org/> (oficiální databáze EPSG kódů) a <http://spatialreference.org>, kde jsou nahromaděny informace o všech známých souřadnicových systémech podle EPSG kódů. Cenné informace mi také poskytli uživatelé internetového portálu Gislist (<http://lists.geocomm.com/mailman/listinfo/gislist>), který sdružuje akademiky, pracovníky s GIS nebo jen nadšence pro GIS. Pomocí Gislist jsem dostala odpovědi na otázky preferovaných souřadnicových systémů daných zemí. V neposlední řadě jsem také mnoho informací získala díky portálům katastrálních a geodetických úřadů vybraných zemí a také rešerší univerzitních webů oborů geoinformatiky.

2. MATEMATICKÉ ZÁKLADY PRO TVORBU MAP

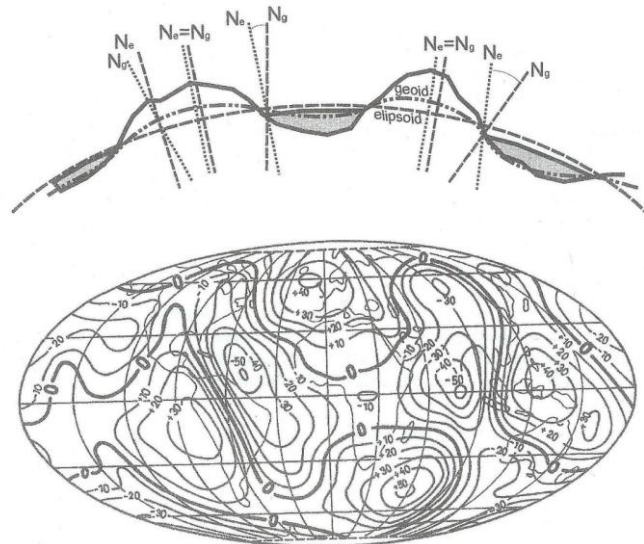
2.1. Referenční plochy

Protože má zemské těleso velmi nepravidelný tvar, je kvůli vytváření co nejpřesnějších map potřeba najít těleso, které by co nejlépe odpovídalo skutečnému tvaru Země. Takové těleso se označuje jako referenční plocha.

Geoid

Pojem geoid zavedl do odborné terminologie J.B. Listing v roce 1872. Jedná se o těleso, omezené vzhledem k atmosféře střední hladinou moří a oceánů, probíhající myšleně i pod kontinenty. Plocha geoidu je v každém bodě kolmá na směr tíhové síly Země. (Brázdil, 1988, s. 250)

Geoid je matematicky nedefinovatelné těleso. Proto se nahrazuje pro většinu kartografických úkolů elipsoidem. Na rozdíl od geoidu je elipsoid kolmý k normálám. V praktické kartografii se využívá rotační referenční elipsoid, který je jednodušeji matematicky vyjádřen, aniž by vznikaly podstatnější chyby.



Obr. 1: Rotační referenční elipsoid- a) řez elipsoidem a geoidem, b) izolinie odchylek elipsoidu od geoidu

Zdroj: Voženilek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy

Rotační elipsoid

Vzniká rotací elipsy kolem vedlejší osy. Rovníkové poloosy rotačního elipsoidu jsou stejně dlouhé a třetí poloosa, která leží v ose rotace je kratší. Jeho velikost a tvar určují dva parametry, a to buď poloosy(a,b) nebo jedna poloosa a excentricita (e^2) nebo jedna poloosa a zpolštění (i). (Voženílek, 1999, s. 25)

Rotační elipsoid je vyjádřen tímto vztahem:

$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

Rotační referenční elipsoid se v praxi používá pouze při tvoření velmi přesných topografických map velkých měřítek.

Mezi nejznámější referenční elipsoidy patří (Brázdil, 1988, s. 253) :

a) Besselův elipsoid

Byl určen F.W.Besselem (1841) na základě 10stupňových měření hlavně v Evropě. Byl zaveden hlavně pro mapování oblastí střední Evropy a některých dalších zemí jako například SSSR (do roku 1942).

b) Hayfordův elipsoid

Byl odvozen v roce 1909 J.F.Hayfordem z astronomicko-geodetické sítě na území USA. V roce 1924 byl vyhlášen mezinárodním elipsoidem, ale plně nevyhovoval pro oblast střední Evropy, proto nebyl v ČSR přijat.

c) Krasovského elipsoid

K určení tohoto elipsoidu byla poprvé použita měření gravimetrická. Byl určen na základě měření v SSSR, západní Evropy a USA. F.N.Krasovskij určil předběžné parametry tohoto elipsoidu v roce 1936.

d) IAG 1967

Jedná se o geodetický referenční systém, který byl doporučen IUGG (Mezinárodní geodetická a geofyzická unie) v roce 1967.

WGS 1984

Elipsoid WGS 1984 byl původně definován Ministerstvem obrany USA. (Cimbálník, 1995, s. 36) Byl přijat IUGG v Hamburku v roce 1983. (Voženílek, 1999, s. 25)

Referenční koule

Referenční koule se používá při tvoření map, u kterých lze zanedbat větší odchylky než je tomu u elipsoidu. Proto se referenční koulí nahrazuje elipsoid ve chvíli, kdy se jedná o mapování malého území (do průměru 200km) nebo naopak při konstrukci map malých měřítek (1:1000000 a menších), které jsou používány například ve školních atlasech.

Poloměry referenčních koulí se pohybují od 6 366 743 m do 6 371 291 m. V české kartografické tvorbě se používá referenční koule, která má poloměr 6 371,11 km. Tato referenční koule je odvozena od Krasovského elipsoidu. (Voženílek, 1999, s. 27)

Referenční rovina

V okrouhlém území do průměru cca 700 km² lze plochu zemského povrchu považovat za rovinu. Vodorovné délky a úhly jsou v tomto případě téměř stejné na zakřivené ploše i její tečné rovině. (Hojovec, 1991, s.10)

2.2. Zobrazovací plochy – kartografická zobrazení

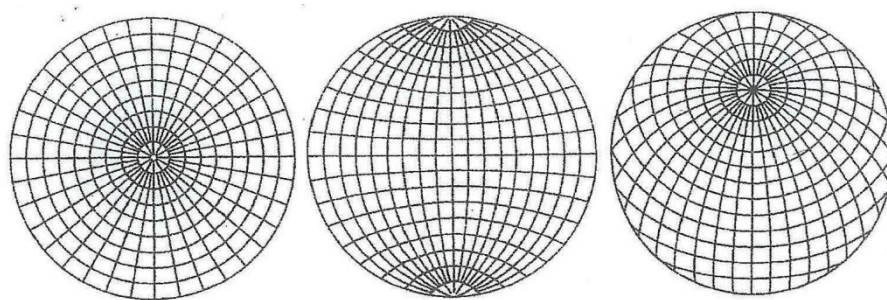
Na zobrazovací plochu se přenáší body z plochy referenční. Každý bod na referenční ploše má přiřazený právě jeden na ploše zobrazovací.

Podle typu zobrazovací plochy se kartografická zobrazení dělí na (Čapek, 1992, s.41) :

Jednoduchá zobrazení

Vznikají převedením glóbu do roviny a to následovně:

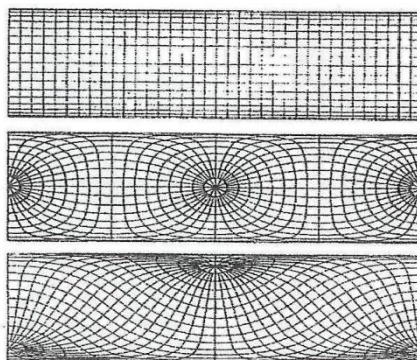
- a) *Azimutální* – zobrazovací plocha je přímo rovina; vhodné pro mapy území tvaru kulového vrchlíku



Obr. 2: Azimutální zobrazení

Zdroj: Čapek, R. (1992): Geografická kartografie (upraveno v programu: Microsoft Office Picture Manager)

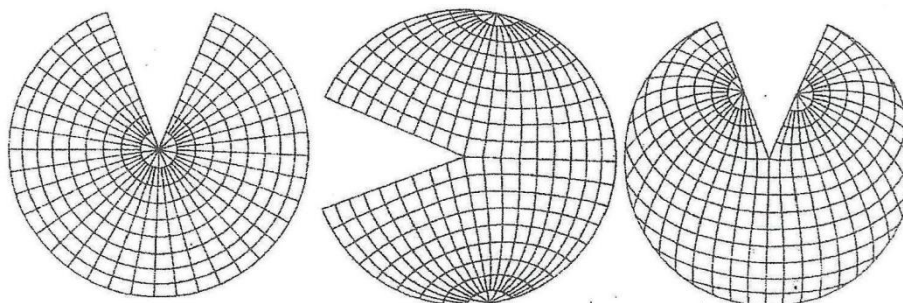
- b) **Válcová** – zobrazovací plochou je plášť válce, který se posléze rozvine do roviny; vhodné pro mapy území protáhlých podél hlavní kružnice



Obr. 3: Válcová zobrazení

Zdroj: Čapek, R. (1992): Geografická kartografie (upraveno v programu: Microsoft Office Picture Manager)

- c) **Kuželová** – zobrazovací plochou je plášť kužele, který se poté rozvine do roviny; vhodný pro mapy území protáhlých podél vedlejší kružnice



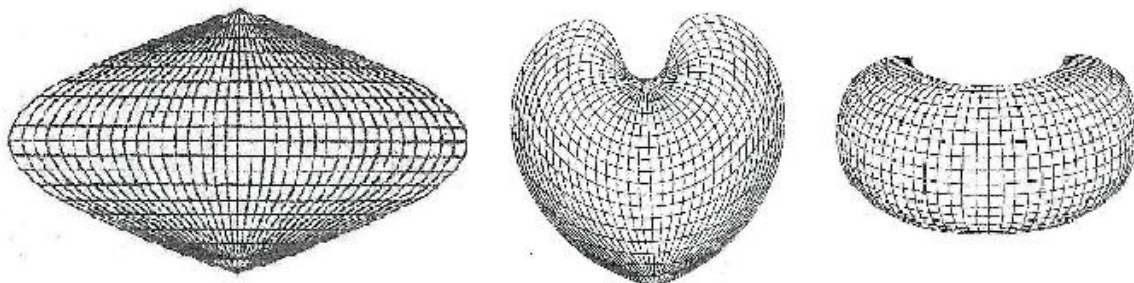
Obr. 4: Kuželová zobrazení

Zdroj: Čapek, R. (1992): Geografická kartografie (upraveno v programu: Microsoft Office Picture Manager)

Obecná zobrazení

Všechna ostatní zobrazení, která nelze zobrazit pomocí jedné zobrazovací plochy.

- a) **Nepravá** – odvozena z jednoduchých (nepravá azimutální, válcová a kuželová)
- b) **Polykónická** – používají nekonečné množství kuželů
- c) **Víceplošná** – využívají konečného počtu zobrazovacích ploch (polyedrická, mnohoválcová a pankónická)
- d) **Neklasifikovaná** – všechna ostatní zobrazení, která nemají společné znaky s předchozími

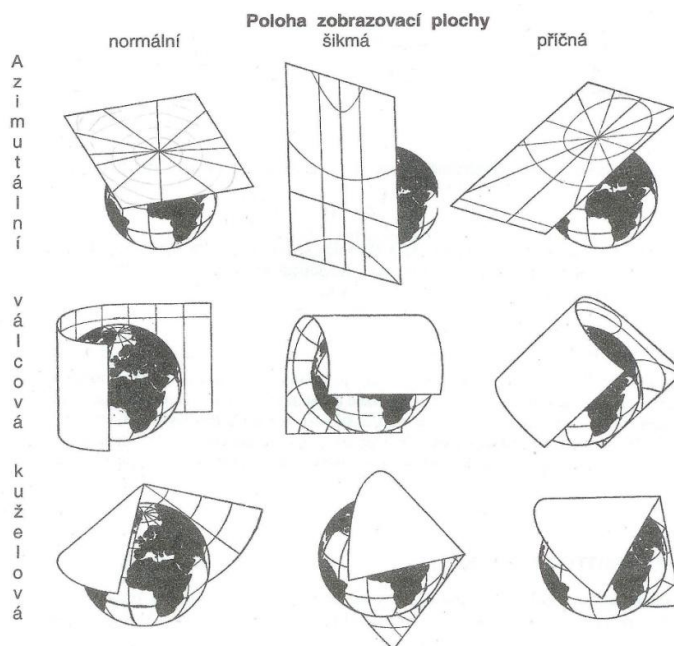


Obr. 5: Příklady obecných zobrazení

Zdroj: Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy (upraveno v programu: Microsoft Office Picture Manager)

Kartografická zobrazení se dělí podle polohy zobrazovací plochy na následující:

- a) **Normální** – konstrukční osa roviny, válce nebo kužele je shodná s osou Země
- b) **Příčná** – konstrukční osa je v rovině rovníku
- c) **Šikmá** – konstrukční osa prochází středem glóbu v jakémkoli jiném směru



Obr. 6: Polohy zobrazovacích ploch azimutálních, válcových a kuželových zobrazení

Zdroj: Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy

Kartografické zkreslení

Při tvorbě map nelze nikdy dosáhnout naprosté přesnosti. Mapa jako taková je vždy tvarově zkreslená (není tvarovějná), protože referenční plochou je vždy buď elipsoid nebo koule. Proto zobrazení na mapě nikdy nezachovává zároveň plochy, úhly i délky. Zkreslení nedosahuje na celé mapě stejných hodnot. Kartografická zobrazení, ve kterých je úhlové i plošné zkreslení sníženo se nazývají kompenzační zobrazení.

Podle vlastností zkreslení rozlišujeme (Srška, 1986, s. 22,31,44) :

a) *Délkové zkreslení*

Jde o poměr délkového elementu v obraze k délce jeho originálu. Vyšetřuje se v poledníkovém a rovnoběžkovém směru. Zobrazení, která nejsou v určitém směru délky zkreslená, se nazývají délkojevná. (Voženílek, 1999: s. 33)

b) *Plošné zkreslení*

Je poměr ploch dvou sobě odpovídajících obrazců v obraze a originále. Zobrazení, ve kterých se nezkrslují plochy, se nazývají plochojevná. Plochojevná zobrazení mají uplatnění mají hlavně v geografii, kde je potřeba zachovat pro srovnání například rozlohy států. (Voženílek, 1999: s. 33)

c) *Úhlové zkreslení*

Je rozdíl úhlu na obraze a jeho velikosti na originále. Zobrazení, ve kterých nedochází ke zkreslení úhlů, se nazývají úhlojevná. Úhlojevná zobrazení se nejčastěji používají v topografii a námořní letecké navigaci. (Voženílek, 1999: s. 33)

Volba vhodného kartografického zobrazení

Volba vhodného kartografického zobrazení závisí na mnoha faktorech. Existuje přibližně 300 kartografických zobrazení, z nichž je asi 50 jednoduchých a 250 obecných. V praxi se jich používá však jen několik desítek. Samostatné mapy používají na rozdíl od atlasů jen jedno zobrazení. Výběr vhodného kartografického zobrazení se mnohdy neřídí kvalitou daného zobrazení, ale tvůrci mapového díla nejčastěji použijí stejné zobrazení, které má podkladová mapa. (Čapek, 1992, s. 43)

Při výběru kartografického zobrazení pro konkrétní mapové dílo je třeba brát v úvahu, jak velké je území, jaký má tvar, jaká je geografická poloha území, jaký je účel a užití mapy a jaký má být obsah mapy. (Voženílek, 1999, s. 34)

2.3. Souřadnicové systémy

Správné určení polohy bodu na referenční a zobrazovací ploše je v matematické kartografii nejdůležitější. Za tímto účelem se používají dvojice souřadnic, které udávají právě přesnou polohu daného bodu.

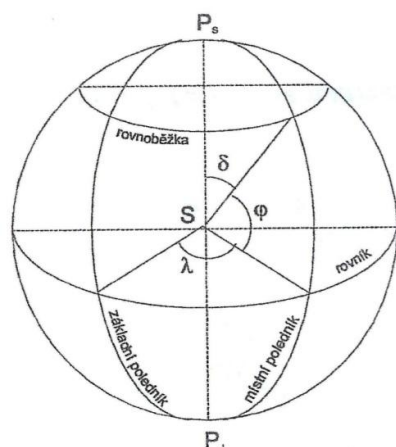
Zeměpisné souřadnice

Poloha bodů na zemském povrchu (referenční elipsoid nebo koule) se udává pomocí zeměpisných souřadnic. Těmi jsou zeměpisná šířka a zeměpisná délka.

Zeměpisná šířka (φ) – úhel, který svírá normála referenční plochy v uvažovaném bodě s rovinou zemského rovníku; měří se od rovníku k pólům; na severní polokouli je kladná (0° až 90°) a na jižní polokouli záporná (0° až -90°). (Hojovec, 1991, s. 11)

Zeměpisná délka (λ) – úhel, který svírá rovina určená zemskou osou a uvažovaným bodem s rovinou, zvolenou za základní (procházející zvoleným základním bodem- například Greenwich); měří se od zvolené základní roviny kladně směrem na východ (0° až 360°). (Hojovec, 1991, s. 11)

V současnosti je za základní poledník mezinárodně považován místní poledník hvězdárny Old Royal Observatory v Greenwich (Londýn). Hodnota zeměpisné délky se tedy pohybuje ve směru na východ kladně (0° až $+180^\circ$) a ve směru na západ od nultého poledníku záporně (0° až -180°). (Voženílek, 1999, s. 39)



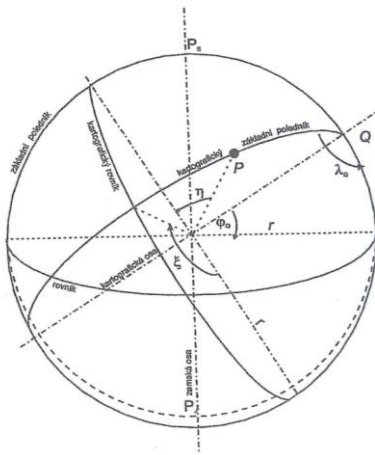
Obr. 7: Zeměpisné souřadnice

Zdroj: Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy

Prostorové pravoúhlé souřadnice

Prostorové souřadnice se dříve využívaly méně než je tomu dnes. S vývojem umělých družic se začaly využívat pro geodetické, geofyzikální a kartografické účely. (Voženílek, 1999, s. 39)

Jsou dány počátkem O, který leží ve středu referenční koule. Dále osou x, která je dána průsečnicí roviny rovníku se základním poledníkem. Osa y leží v rovině a svírá s osou x pravý úhel a osa z leží v zemské ose.



Obr. 9: Kartografické souřadnice

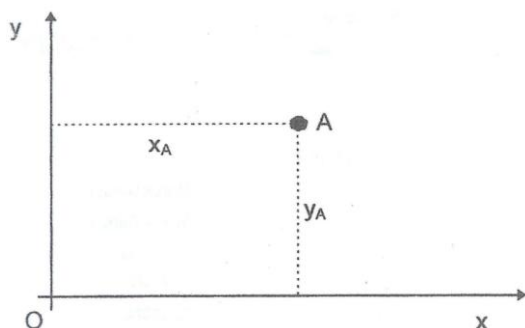
Zdroj: Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy

Pravouhlé rovinné souřadnice

V rovině rozvinutých zobrazovacích ploch (např. válce, kužele) se nejčastěji pracuje s rovinnými souřadnicovými systémy. Pro určení polohy bodu v rovině se udávají rovinné souřadnice X a Y. tyto body jsou definovány pomocí kolmých os x a y.

Pravouhlé souřadnice jsou dány počátkem O a osami x a y. Počátek O je bod ležící v průsečíku rovníku a základního poledníku. Osa x leží v obrazu rovníku a osa y v obrazu základního poledníku.

Pravouhlé souřadnice se používají při válcových a obecných kartografických zobrazeních. Počátek souřadnicové soustavy se umísťuje do středu mapy. (Voženílek, 1999, s. 41)



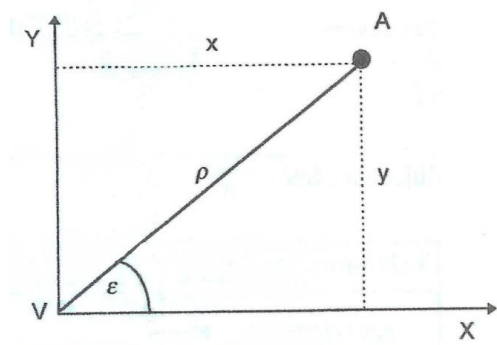
Obr. 10: Pravouhlé rovinné souřadnice

Zdroj: Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy

Rovinné polární souřadnice

Rovinné polární souřadnice jsou definovány kartografickým pólem a osou y . Počátek V je konstrukční pól, který je bodem dotyku referenční a zobrazovací plochy nebo obrazem zemského pólu. Osa y leží v obrazu základního poledníku. (Voženílek, 1999, s.41)

Souřadnicemi jsou v tomto případě průvodič bodu od počátku ρ , a úhel průvodiče ε . Polární souřadnice se používají při azimutálních a kuželových zobrazeních.



Obr. 11: Rovinné polární souřadnice

Zdroj: Voženílek, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy

2.4. Transformace souřadnic

Souřadnice (x, y) bodu kartézské soustavy, které v mapě odkazují na pozici daného místa na zemském povrchu, jsou vyjádřeny pomocí zeměpisných souřadnic (φ, λ) . Existuje několik základních metod transformací mezi jednotlivými druhy souřadnic. (MALING, 2001, s. 139)

Analytické transformace

Transformují zeměpisné souřadnice na pravoúhlé rovinné souřadnice. Tyto transformace mají velkou tradici v kartografii.

Numerické transformace

Transformují hodnoty souřadnic mezi rovinnými pravoúhlými souřadnicovými systémy. Transformace jsou založeny na poznání přesné polohy vybraných bodů v obou souřadnicových systémech. (Tuček, 1998, s. 213)

Lineární konformní transformace (Helmertova)

Vhodné pro transformaci mezi souřadnicovými systémy, které jsou vzájemně potočeny, posunuty a mají ve stejném poměru změněné měřítko. Pro výpočet se používá více referenčních bodů. (Tuček, 1998, s. 213)

Polynomická transformace

Nejjednodušší polynomickou transformací je transformace afinní. Je vhodná v případě, že změna měřítka není ve všech směrech stejná. Tento případ nastává například u kontaktních kopií leteckých snímků, kdy jsou v každém směru snímku deformovány náhodným způsobem. (Tuček, 1998, s. 214)

3. VÝVOJ SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ NA NAŠEM ÚZEMÍ

Vývoj geodetických systémů a mapování je úzce spjat s vývojem a úrovní technologií. Díky nástupu družicové geodézie a GPS byl zaznamenán velký pokrok. Čeští geodetové a kartografové si tento pokrok nenechali ujít a díky jejich vytrvalé práci a inovacím se česká geodézie a kartografie může srovnávat s evropskou úrovní.

Československé geodetické polohové základy byly podle publikace Geodetické referenční systémy v České republice (1998), vydané kolektivem autorů, budovány v sedmi etapách, které zmiňují v této kapitole.

3.1. Katastrální triangulace 1821 – 1864

Území Čech, Moravy a Slezska bylo v letech 1821 – 1864 pokryto trigonometrickou sítí. V rámci mapování celého Rakousko-Uherska bylo i toto území zmapováno v měřítku 1 : 2880.

Území bylo rozděleno na více samostatných souřadnicových soustav. Osa x byla položena do poledníku, vedoucího významným trigonometrickým bodem. Pro Čechy byl významným bodem Gusterberg (Horní Rakousy). Mapování země Moravskoslezské vycházelo z triangulačního bodu věže zvonice katedrály sv. Štěpána ve Vídni. (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998, s.13)

3.2. Vojenská triangulace 1862 – 1898

Jedná se o první systematicky budovanou trigonometrickou síť I.řádu, která byla poměrně přesná. Protože šlo o druhou triangulaci, nazývá se také „II. Vojenská triangulace“.

Rozměr sítě byl na našem území nejvíce ovlivněn jednou geodetickou základnou u Josefova. Síť byla zpracována na Besselově elipsoidu se základním bodem

Hermannskogel. Geodetické souřadnice celé sítě byly vypočítány metodou rovinovací, ale nebyla provedena korekce z odchylky tížnice. Podstatným nedostatkem této sítě tedy byla chybná orientace až 10“ v azimutu. (Cimbálník, 1995, s. 11)

3.3. Československá jednotná trigonometrická síť (JTŠK)

Budování sítě JTŠK probíhalo ve třech etapách. V letech 1920-27 probíhalo zaměřování základní trigonometrické sítě. Zaměření a zpracování „JTŠK I. řádu“ proběhlo v letech 1928-37. Zpracování souřadnic a zaměření ostatních bodů (II., III., IV. a V. řádu) proběhlo v letech 1928-57. (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998, s.16)

Při první etapě se z časových důvodů neprovedla nová astronomická měření, nebyly měřeny geodetické základy a síť nebyla napojena na síť sousedních států. Na části území byla také převzata měření z předchozí vojenské triangulace. Vyrovnáním sítě po roce výpočtů byl určen její definitivní tvar. Po připojení sítě na západním Slovensku síť obsahovala celkově 456 trojúhelníků a 268 bodů I. řádu. Souřadnice všech 268 bodů byly vypočítány z převzatých souřadnic bodů ležících uprostřed sítě a z nich byly vypočteny rovinné souřadnice v Křovákově zobrazení. Poté byly vypočteny směrníky stran, prozatímní souřadnice a bylo provedeno zpřesnění sítě. Po tomto dlouhém procesu vznikl souřadnicový systém *Jednotné trigonometrické sítě katastrální – S-JTŠK*. (Cimbálník, 1995, s. 12)

3.4. Souřadnicový systém 1952 (S-52)

Po druhé světové válce byla geodetická síť na našem území postupně začleňována do jednotné soustavy astronomicko-geodetické sítě západní části SSSR. Před napojením bylo potřeba rychle vytvořit předběžný systém pro topografické mapy, který se měl co nejpřesněji navázat na pozdější systém.

V roce 1952 byly do SSSR dodány souřadnice několika desítek bodů, které byly vypočítány pro naše území v sovětském souřadnicovém systému 1942 (Krasovského elipsoid, Gaussovo zobrazení). Studie ale ukázaly, že tento podklad je méně přesný než

JTS. Československá jednotná trigonometrická síť byla tedy přetransformována kubickou konformní transformací v rovině Křovákova zobrazení. Pro převod bodů z S-JTSK (Křovákovo zobrazení) do S-52 (Gaussovo zobrazení) se použily tabulky, ve kterých každému bodu čtvercové sítě 10 x 10 km Křovákova zobrazení, náleží rovinné pravoúhlé souřadnice Gaussova zobrazení S-52. JTS byla tedy převedena z elipsoidu Besselova na Krasovského elipsoid a posléze přibližně převedena sovětského souřadnicového systému 1942. (Cimbálník, 1995, s. 13, 14)

3.5. Souřadnicový systém 1942 (S-42)

Od roku 1931 byla vedle JTS budována Základní trigonometrická síť. Měřičské práce byly dokončeny v roce 1954. Tato síť byla později podle mezinárodně zavedeného termínu označena jako astronomicko-geodetická síť (AGS). (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998, s. 20)

Zaměřeno bylo 227 trojúhelníků ($s = 36$ km) se 144 vrcholy. Astronomicky bylo naměřeno 53 bodů a 6 základen a rozvinovacích sítí. Proběhlo i částečné napojení na sousední země. V roce 1955 proběhlo vyrovnání na Krasovského elipsoidu a pro rovinné souřadnice bylo použito Gaussova zobrazení. Od roku 1958 byly do AGS převáděny všechny body polohově určené v S-JTSK, aby se vyrovnaly místní deformace (hlavně délkové), ale aby byla zachována lokální přesnost S-JTSK. (Cimbálník, 1995, s. 14)

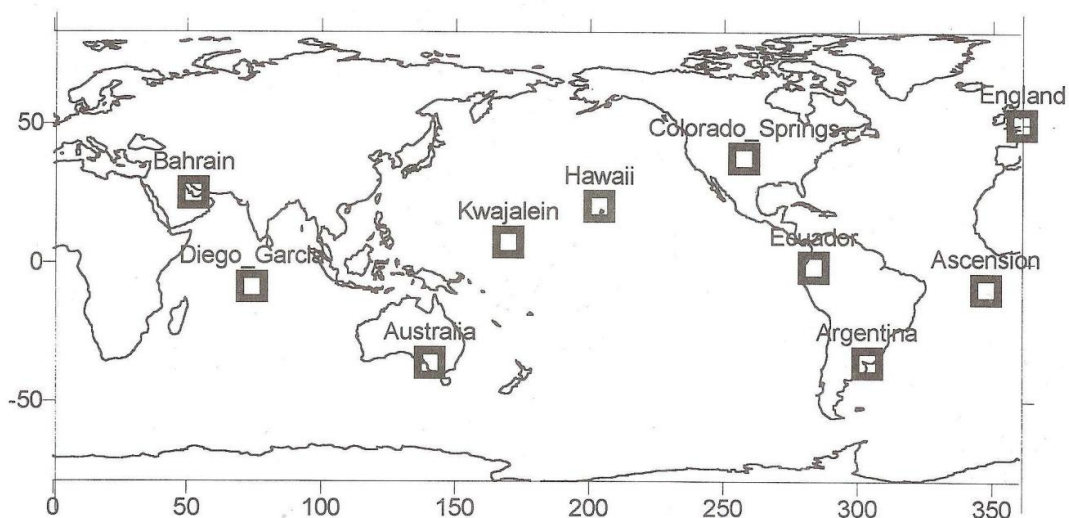
3.6. Souřadnicový systém 1942/83 (S-42/83)

Tento systém sloužil opět ke zpřesnění a doplnění naměřených hodnot AGS. Elektronickými dálkoměry bylo zaměřeno 12 délek stran AGS pro Základnu kosmické triangulace (ZKT). Nově byly zaměřeny astronomické souřadnice některých bodů AGS. Bylo doplněno souvislé spojení se sítěmi NDR, Polska, SSSR a Maďarska. Tímto došlo hlavně k významnému zlepšení tvaru sítě a její orientace. Vyrovnaná JAGS byla ve své době nejkvalitnějším a v podstatě jediným základem pro zpřesnění geodetických základů. (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998, s. 73)

3.7. WGS84

Teprve kosmická geodézie umožnila praktické využití „3-D“ kartézského systému, který pro výpočet nepotřebuje referenční elipsoid. Výsledky kosmické geodézie jsou vztaženy ke geocentru.

Systém WGS84 (World Geodetic System 1984) je geodetický geocentrický systém armády Spojených států amerických, ve kterém pracuje globální systém určování polohy GPS. Jedná se o standardizovaný geodetický systém armád NATO (Cimbálník, 1995, s.36). WGS 84 je konvenční terestrický systém, který má počátek v těžišti Země a základní poledník definovaný Bureau International de l'Heure (BIH). V roce 1994 byly souřadnice systému zpřesněny díky 10 (později 12) sledovacím stanicím a byly připojeny přesným měřením pomocí technologie GPS k systému ITRF-91. I přes různé odchylky způsobené převážně chybou v realizaci počátku souřadnicového systému, je WGS84 stále využíván převážně armádami včetně armády ČR. (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998, s. 73)



Obr. 12: Rozmístění sledovacích stanic pozemního systému GPS

Zdroj: Geodetické referenční systémy v České republice: vývoj od klasických ke geocentrickým souřadnicovým systémům, 1998

4. SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY A GIS

Souřadnicový systém je sada matematických pravidel, která specifikuje způsob, jakým jsou v prostoru přiřazovány souřadnice určitým bodům. Zpravidla je definován svým počátkem, souřadnicovými osami, jednotkami, polohou a orientací os.

Tyto systémy slouží k hlavnímu úkolu geoinformatiky jako takové – určení prostorových dat a jejich reference na polohu v prostoru. Využívají přímého určení polohy, které je realizováno zobrazením části nebo celého zemského povrchu do roviny. Rovinné souřadnicové systémy, které se pro tyto účely využívají, jsou česky nazývány kartografická zobrazení a jejich úzká podmnožina projekce.

Znalost souřadnicového systému je důležitá pro pracování v jakékoliv programové GIS aplikaci. Většina těchto aplikací, jako je například ArcGIS, dokáže převádět data mezi souřadnicovými systémy automaticky. Je možné převádět i data, která jsou v různých souřadnicových systémech v jednom pracovním prostoru, ale to pouze za předpokladu, že jsou tyto systémy správně nadefinovány. V každé GIS aplikaci se pracuje na minimálně dvou úrovních. První úroveň je definice souřadnicového systému vlastních datových sad. Každá datová sada by měla mít svou vlastní definici souřadnicového systému. V druhé úrovni je pak definice provedena pro pracovní prostor, ve kterém se data zobrazují při práci na displeji nebo při vytváření mapy.

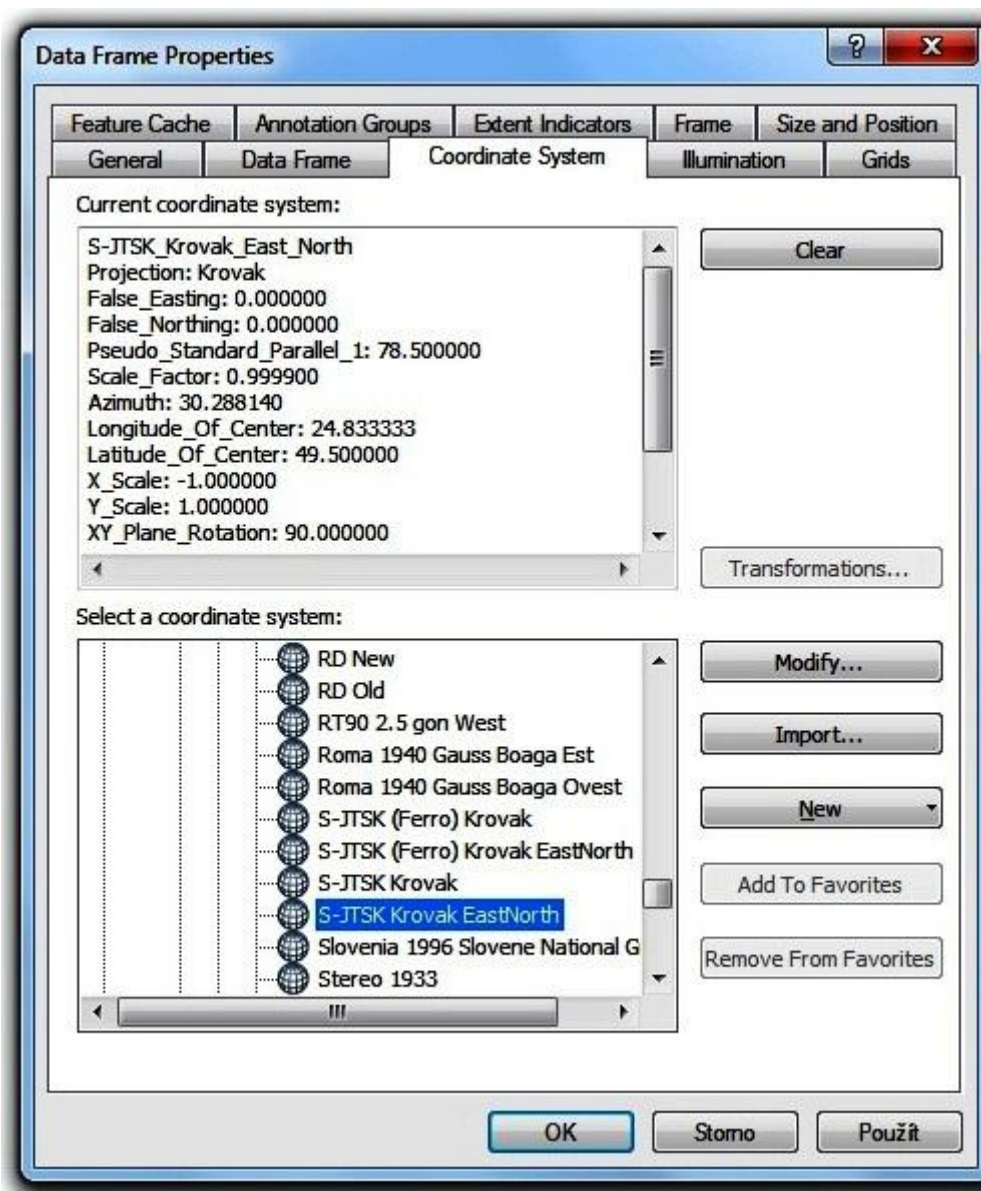
4.1. Nejčastější parametry pro definice souřadnicových systémů pro GIS

Každý souřadnicový systém je v GIS aplikaci – v tomto případě v ArcGIS – definován několika parametry. Tyto parametry jsou stěžejní pro transformace mezi určitými systémy, aby se data v pracovním prostoru zobrazovala korektně.

Mezi nejčastější parametry patří:

- a) **Projekce (Projection)** - způsob, jakým se převádí zobrazení povrchu Země z dvojrozměrného zakřiveného povrchu referenčního tělesa
- b) **Vymezení území (Bounds)** - jedná se o číselné (souřadnicové) ohraničení území, pro které je zobrazení (projekce) používáno
- c) **Datum (Datum)** - geodetické datum vyjadřuje vztah souřadnicového systému k Zemi. Většinou obsahuje i informace o elipsoidu
- d) **Typ referenční plochy (Spheroid)** - informace o typu elipsoidu (referenční plochy), který je použit pro zobrazení
- e) **Počáteční poledník (Primer Meridian)** – poledník, který je určen jako výchozí pro dané zobrazení
- f) **Jednotky (Units)** – základní jednotky, ve kterých je zobrazení uváděno (například metry). Popřípadě uvádí, v jakých jednotkách je definován počáteční poledník
- g) **Azimut (Azimuth)** – orientovaný úhel zobrazení
- h) **Parametry (Parametr)** – upřesnění odchylek, orientace, pootočení souřadnicového systému, nebo umístění souřadnicového systému v kartézské soustavě (poloha os x a y)

Formát zápisu kódování je různý podle použitého softwaru. Na obr. 13 ukazují prostředí aplikace ESRI ArcMAP na příkladu souřadnicového systému S-JTSK_Krovak_East_North.



Obr. 13: Parametry S-JTSK Krovak_East_North v prostředí ArcMAP (ArcGIS 9.3)

Ve skutečnosti je formát definice usnadněn uživatelům přímo v prostředí ArcMAP pomocí zjednodušeného zápisu v souborech formátu .prj (obr.14). Tyto soubory jsou ve složkách ArcGIS a jsou dostupné pro každý souřadnicový systém použitelný v prostředí ArcMAP.

U vybraných souřadnicových systémů vždy ukazují na upraveném obrázku (příklad viz obr. 14) formu zápisu ze souboru .prj zobrazeném v programu „Poznámkový blok.“

```

PROJCS["S-JTSK_Krovak_East_North",
GEOGCS["GCS_S_JTSK",
DATUM["D_S_JTSK",
SPHEROID["Besse1_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Greenwich",0],
UNIT["Degree",0.0174532925199432955]],
PROJECTION["Krovak"],
PARAMETER["False_Easting",0],
PARAMETER["False_Northing",0],
PARAMETER["Pseudo_Standard_Parallel_1",78.5],
PARAMETER["Scale_Factor",0.9999],
PARAMETER["Azimuth",30.28813975277778],
PARAMETER["Longitude_Of_Center",24.83333333333333],
PARAMETER["Latitude_Of_Center",49.5],
PARAMETER["X_Scale",-1],
PARAMETER["Y_Scale",1],
PARAMETER["XY_Plane_Rotation",90],
UNIT["Meter",1]]

```

Obr. 14: Parametry souřadnicového systému S-JSK_Krovak_East_North ve zjednodušeném zápisu ze souboru .prj

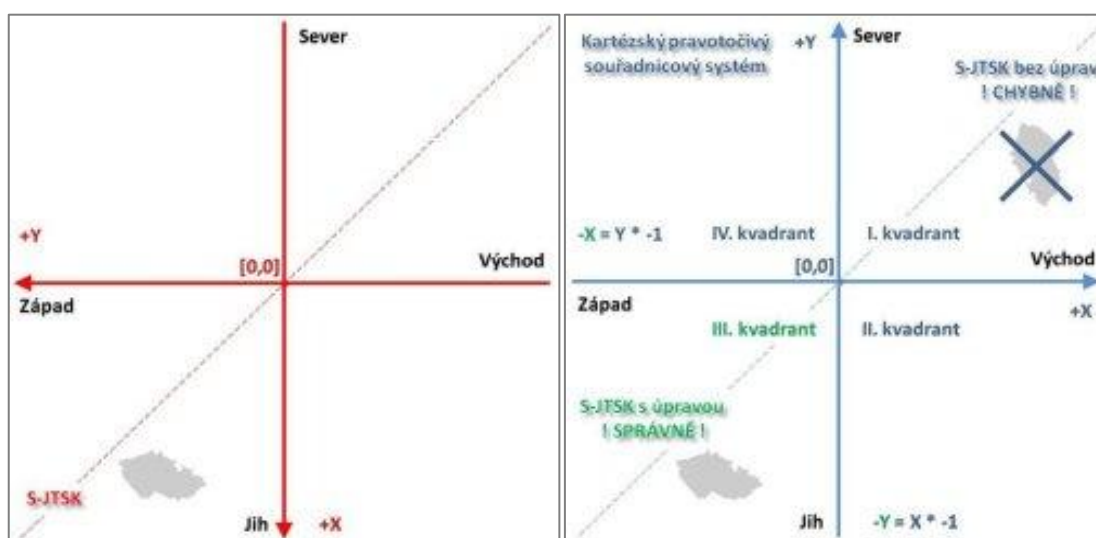
4.2. EPSG kódy

Jedná se o databázi souřadnicových systémů, kterou vytvořila v roce 1986 European Petroleum Survey Group. Společnost ale zanikla a databázi převzala v roce 2005 nástupnická organizace The International Association of Oil & Gas producers (OGP). (OGP [online], 2012)

Dnes se pod názvem EPSG rozumí samotná databáze Geodetic Parametr Set. Každé kartografické zobrazení má vlastní jedinečný kód, který se skládá z neopakujících se kladných čísel (kromě nuly). Například EPSG:4326 vyjadřuje standardní zeměpisnou projekci WGS84. Jedná se o projekci se souřadnicemi zeměpisné šířky a délky v celých stupních s Greenwichem jako nultým poledníkem. EPSG: 102067 je kód pro Křovákovo zobrazení (S-JTSK_Krovak_East_North), které není v databázi zařazeno mezi standardní EPSG kódy, ale na území České republiky se používá, jako by kód byl součástí datasetu EPSG. (EPSG Geodetic Parametr Registry [online], 2009)

4.3. Zvláštnost S-JTSK v GIS

Nezvyklá orientace os systému S-JTSK neodpovídá zažitému pravoúhlému kartézskému souřadnicovému systému, tak jak je používán ve většině GIS aplikací a matematice. Kartézský souřadnicový systém má kladnou orientaci os ve směrech sever a východ, ale S-JTSK má kladnou orientaci os ve směrech jih a západ. Proto je nutná úprava originálních souřadnic tak, aby se správně zobrazily ve IV. kvadrantu kartézského souřadnicového systému.



Obr. 15: Orientace os souřadnicového systému S-JTSK, kartézského souřadnicového systému. Vlevo orientace os v S-JTSK, vpravo chybné zobrazení S-JTSK v kartézském souřadném systému bez úprav a správné zobrazení S-JTSK po úpravách

Zdroj: Institut geoinformatiky [online], dostupný z: <http://gis.vsb.cz/>

5. CHARAKTERISTIKA SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ VYBRANÝCH ZEMÍ

V každé z vybraných zemí je využíváno několik souřadnicových systémů. Stejně jako v České republice se na Slovensku, v Rakousku, Německu a Polsku používají souřadnicové systémy, které jsou buď využívány pro určité části území, pro území celé nebo pro různé typy map. Specifikaci použití jsem dále upřesnila v následujícím textu.

Pro účely práce jsem vybrala souřadnicové systémy, které jsou používány ve vybraných zemích s ohledem na možné použití těchto dat v České republice. Charakteristiku souřadnicových systémů řeším formou popisu a definicí jednotlivých položek. V rámci názvu je uvedeno i platné kódování v EPSG kódu (vždy v závorce).

5.1. Česká republika

Podle nařízení vlády 116/1995 Sb. ze dne 19. dubna 1995 se na území České republiky používá šest geodetických referenčních systémů. Všechny jsem uvedla v tabulce níže. Podrobně se dále zabývám nejčastěji využívanými souřadnicovými systémy na našem území. (ČÚZK [online], 2009)

Tab.1 Geodetické referenční systémy České republiky

Název	EPSG
S-JTSK- Krovak_East_North	5514
ETRS	4258
WGS84	32633/4
S-42	28404
BpV (Výškový sys. baltský)*	
S-Gr95 (Tíhový sys. 1995)*	

* Odlišné systémy bez vazby na EPSG (výškový, gravimetrický)

Zdroj: NAŘÍZENÍ VLÁDY 116/1995 Sb. ze dne 19. dubna 1995

S-JTSK_Krovak_East_North [ESRI: 102067/ EPSG: 5514]

```
PROJCS["S-JTSK_Krovak_East_North",  
GEOGCS["GCS_S_JTSK",  
DATUM["D_S_JTSK",  
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],  
PRIMEM["Greenwich",0],  
UNIT["Degree",0.0174532925199432955]],  
PROJECTION["Krovak"],  
PARAMETER["False_Easting",0],  
PARAMETER["False_Northing",0],  
PARAMETER["Pseudo_Standard_Parallel_1",78.5],  
PARAMETER["Scale_Factor",0.9999],  
PARAMETER["Azimuth",30.28813975277778],  
PARAMETER["Longitude_Of_Center",24.83333333333333],  
PARAMETER["Latitude_Of_Center",49.5],  
PARAMETER["X_Scale",-1],  
PARAMETER["Y_Scale",1],  
PARAMETER["XY_Plane_Rotation",90],  
UNIT["Meter",1]]
```

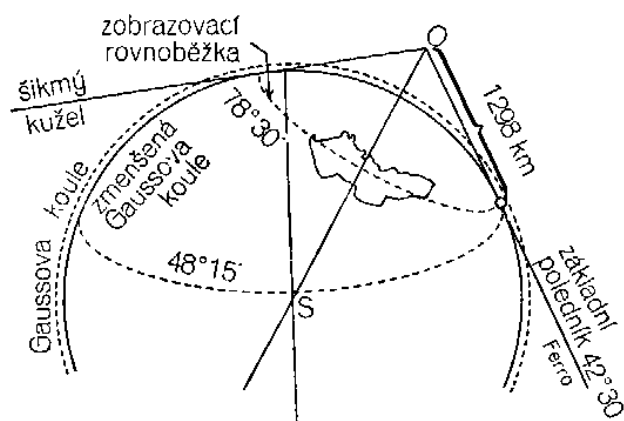
Obr. 16: Parametry souřadnicového systému S-JSK_Krovak_East_North

Jedná se o souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální. Je definován Besselovým elipsoidem s referenčním bodem Hermannskogel. Používá Křovákovo zobrazení (dvojitě konformní kuželové zobrazení v obecné poloze) s převzatými prvky sítě vojenské triangulace (orientací, rozměrem i polohou na elipsoidu). Křovákovo zobrazení je jednotné pro celý stát.

Po nastoupení lepších technologií jako je GPS, bylo možné tento systém zpřesnit. Systém jako takový zůstal nepozměněn, ale pro různé účely byly pozměněny pracovní názvy, jako je například S-JTSK/95.

V ESRI ArcGIS se používá nejčastěji systém S-JTSK_Krovak_East_North [ESRI: 102067]. Tento kód je využíván pro účely aplikací ESRI, pro jiné aplikace se používá kód [EPSG: 5514]. Všechny souřadnice vymezení jsou záporné. Zobrazení je založeno na Besselově elipsoidu, Křovákově zobrazení a základním Greenwichském poledníku. Osa x směřuje k východu a osa y na sever.

Systém S-JTSK Křovák East North s kódem [ESPG: 55144] je alternativa systému S-JTSK Křovák East North (Ferro) [ESPG: 5221]. Všechny tyto alternativy jsou stále založeny na stejném principu a jsou využívány podle konkrétních požadavků na přesnost a účel dané práce. (ČÚZK [online], 2009)



Obr. 17: Schéma Křovákova zobrazení

Zdroj: ČADA, Václav. Přednáškové texty z geodézie [online], dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>

WGS84 [EPSG: 32633, 32634]

<pre>PROJCS["WGS_1984_UTM_Zone_33N", GEOGCS["GCS_WGS_1984", DATUM["D_WGS_1984", SPHEROID["WGS_1984",6378137,298.257223563]], PRIMEM["Greenwich",0], UNIT["Degree",0.017453292519943295]], PROJECTION["Transverse_Mercator"], PARAMETER["False_Easting",500000], PARAMETER["False_Northing",0], PARAMETER["Central_Meridian",15], PARAMETER["Scale_Factor",0.9996], PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0], UNIT["Meter",1]]</pre>	<pre>PROJCS["WGS_1984_UTM_Zone_34N", GEOGCS["GCS_WGS_1984", DATUM["D_WGS_1984", SPHEROID["WGS_1984",6378137,298.257223563]], PRIMEM["Greenwich",0], UNIT["Degree",0.017453292519943295]], PROJECTION["Transverse_Mercator"], PARAMETER["False_Easting",500000], PARAMETER["False_Northing",0], PARAMETER["Central_Meridian",21], PARAMETER["Scale_Factor",0.9996], PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0], UNIT["Meter",1]]</pre>
--	--

Obr. 18: Parametry souřadnicového systému WGS84 pro Českou republiku

System WGS84 je geocentrický systém založený na datu WGS84. Pro přesnější zobrazení a menší zkreslení byl tento systém nahrazen systémem WGS84 UTM.

Na našem území se nachází dva pásy WGS84 UTM zobrazení. Pro Českou republiku lze tedy využít transversálního Mercátorova zobrazení a jeho šestistupňových poledníkových pásů UTM 33N a 34N.

S-42 Gauß – Krüger (Pulkovo 1942) [EPSG: 28403, 28404]

```
PROJCS["Pulkovo_1942_GK_Zone_3",  
GEOGCS["GCS_Pulkovo_1942",  
DATUM["D_Pulkovo_1942",  
SPHEROID["Krasovsky_1940",6378245,298.3]],  
PRIMEM["Greenwich",0],  
UNIT["Degree",0.0174532925199432955]],  
PROJECTION["Gauss_Kruger"],  
PARAMETER["False_Easting",3500000],  
PARAMETER["False_Northing",0],  
PARAMETER["Central_Meridian",15],  
PARAMETER["Scale_Factor",1],  
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0],  
UNIT["Meter",1]]  
PROJCS["Pulkovo_1942_GK_Zone_4",  
GEOGCS["GCS_Pulkovo_1942",  
DATUM["D_Pulkovo_1942",  
SPHEROID["Krasovsky_1940",6378245,298.3]],  
PRIMEM["Greenwich",0],  
UNIT["Degree",0.017453292519943295]],  
PROJECTION["Gauss_Kruger"],  
PARAMETER["False_Easting",4500000],  
PARAMETER["False_Northing",0],  
PARAMETER["Central_Meridian",21],  
PARAMETER["Scale_Factor",1],  
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0],  
UNIT["Meter",1]]
```

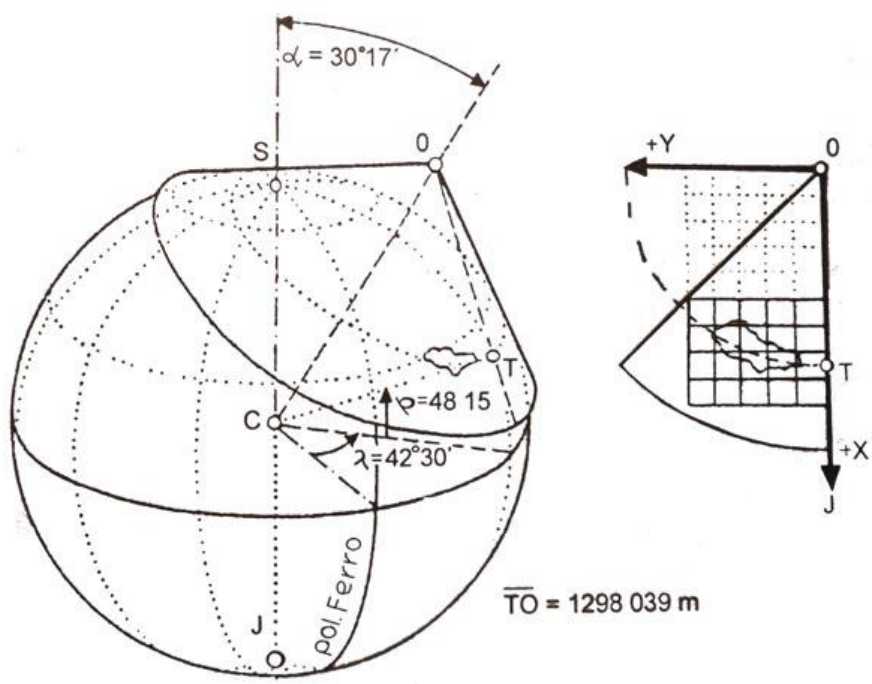
Obr. 19: Parametry souřadnicového systému S-42 pro Českou republiku

Systém S-42 byl až do roku 2005, kdy byl nahrazen UTM, využíván pro všechny vojenské topografické mapy a z nich odvozené mapy. Jedná se například o mapy Českého turistického svazu. Je založen na válcovém zobrazení poledníkových pásů, které jsou stejně jako WGS84 UTM šestistupňové. Pro Českou republiku je to pás 3. a část poledníkového pásu 4. (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998, s. 20)

5.2. Slovensko

Protože mají Česká a Slovenská republika dlouhou společnou historii, mají společné i souřadnicové systémy, které byly a jsou používány při tvorbě map. V době, kdy byly vytvářeny trigonometrické sítě, vypočítávány souřadnicové systémy a následně používány v praxi, používaly obě republiky stejné souřadnicové systémy.

Souřadnicové systémy S-42, S-JTK a WGS84 jsou stejně jako v České republice používány i na Slovensku. Jejich charakteristiku jsem zmiňovala již výše v podkapitole Česká republika, proto se o nich zde nebudu podrobně již dále zmiňovat. V případě S-42 a WGS84 se pouze jedná o vedlejší poledníkové pásy. Například S-42 GH Pulkovo 1942 používá Slovensko 4. Poledníkový pás.



Obr. 20: Křovákovo zobrazení pro území Slovenské republiky

Zdroj: <http://www.dkubinsky.sk/blog/gis/suradnicovesystemy>

5.3. Německo

Protože je Spolková republika Německo velmi rozlehlou zemí, je vhodnější pro mapování používat více kartografických zobrazení, která jsou určena pro jednotlivá území nebo jen pro určité spolkové země.

ETRS89 / LCC Germany (N-E) [EPSG: 4839]

Pro zobrazení celé Spolkové republiky Německo se nejnověji využívá kartografický souřadnicový systém ETRS89/ LCC Germany. Naposledy byl upraven v září 2010 a je určen pro tvorbu a zobrazování map v měřítku 1: 500 000 a menších. Systém je založen na ETRS89 (Evropský terestrický systém 1989) a Lambertově konformní kónické projekci. Základním poledníkem je poledník Greenwichský.

V žádné z verzí ESRI ArcGIS není tento souřadnicový systém zaveden. Proto uvádím parametry systému ETRS89/ LCC Europe [EPSG: 3034], jehož alternativou pro Německo je právě tento souřadnicový systém. (GeoRepository [online], 2010)

```
PROJCS["Europe_Lambert_Conformal_Conic",  
GEOGCS["GCS_European_1950",  
DATUM["D_European_1950",  
SPHEROID["International_1924",6378388,297]],  
PRIMEM["Greenwich",0],  
UNIT["Degree",0.0174532925199432955]],  
PROJECTION["Lambert_Conformal_Conic"],  
PARAMETER["False_Easting",0],  
PARAMETER["False_Northing",0],  
PARAMETER["Central_Meridian",10],  
PARAMETER["Standard_Parallel_1",43],  
PARAMETER["Standard_Parallel_2",62],  
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",30],  
UNIT["Meter",1]]
```

Obr. 21: Parametry souřadnicového systému ETRS89/ LCC Europe

DHDN / 3-degree Gauß – Krüger zone 2/3/4/5 EPSG: [31462, 31463, 31464, 31465]

```
PROJCS["DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_2",
GEOGCS["GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
DATUM["D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Gauss_Kruger"],
PARAMETER["False_Easting",2500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",6.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

PROJCS["DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3",
GEOGCS["GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
DATUM["D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Gauss_Kruger"],
PARAMETER["False_Easting",3500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",9.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

PROJCS["DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4",
GEOGCS["GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
DATUM["D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Gauss_Kruger"],
PARAMETER["False_Easting",4500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",12.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

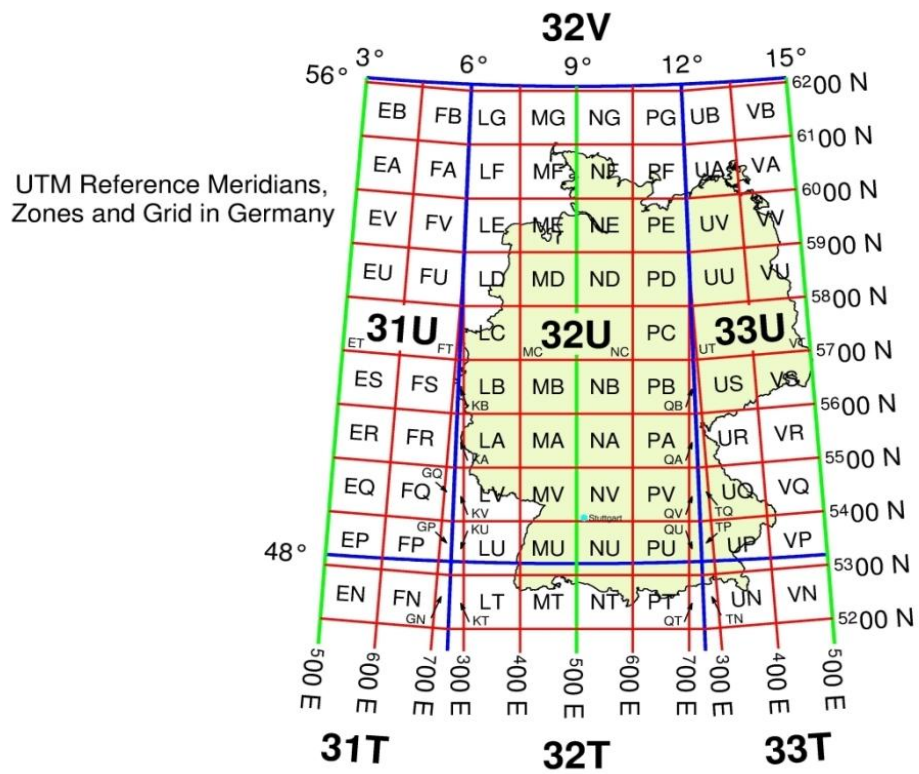
PROJCS["DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_5",
GEOGCS["GCS_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
DATUM["D_Deutsches_Hauptdreiecksnetz",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Gauss_Kruger"],
PARAMETER["False_Easting",5500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",15.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]
```

Obr. 22: Parametry souřadnicového systému DHDN/ 3-degree Gauß – Krüger zone 2/3/4/5

Pro tvorbu přesnějších topografických map území Německa se využívá Gauß – Krügerovo konformní válcové zobrazení na Besselově elipsoidu. Území je rozděleno na poledníkové pásy široké 3° zeměpisné délky. Systém poledníkových pásů širokých 3° zeměpisné délky byl zaveden v Německu již v roce 1927. (Srňka, 1986, s. 243)

Toto zobrazení se využívá pro topografické mapy měřítek 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000.

Jako další jsou, stejně jako v celé Evropě, využívány WGS84 UTM pásy. Pro Německo jsou to tři pásy 6° zeměpisné délky široké. Jedná se o poledníkový pás 31, 32 a 33, které jsou navíc ohraničeny rovnoběžkovými pásy od severu V, U a T (viz obr. 23).



Obr. 23: Referenční zóny UTM Německé spolkové republiky

Zdroj: Universität Stuttgart, Institute of Geodesy (dostupný z: <http://www.uni-stuttgart.de/gi/geoengine/mappro/index.html>)

5.4. Rakousko

V Rakousku se používají souřadnicové systémy, které jsou založeny na MGI datu. MGI (Military Geographic Institute nebo Militärisches-Geographisches-Institut) je založen na výpočtech z třetího topografického průzkumu, který byl proveden už v letech 1869 – 1896. Tento výzkum byl založen právě na Vídeňském datu a Besselově elipsoidu 1841 ($a = 6\,377,397.15$ m; $1/f = 299.1528$). Od roku 1872 bylo toto datum používáno pro topografické mapy v měřítku 1:25 000. (Mugnier, 2004, s. 265)

ETRS /89 Austria Lambert [EPSG: 3416]

```
PROJCS["ETRS_1989_Austria_Lambert",  
GEOGCS["GCS_ETRS_1989",  
DATUM["D_ETRS_1989",  
SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],  
PRIMEM["Greenwich",0.0],  
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],  
PROJECTION["Lambert_Conformal_Conic"],  
PARAMETER["False_Easting",400000.0],  
PARAMETER["False_Northing",400000.0],  
PARAMETER["Central_Meridian",13.33333333333333],  
PARAMETER["Standard_Parallel_1",46.0],  
PARAMETER["Standard_Parallel_2",49.0],  
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",47.5],  
UNIT["Meter",1.0]]
```

Obr. 24: Parametry souřadnicového systému ETRS/ 89 Austria Lambert

Jedná se o projekci, která byla naposledy upravena v únoru 2011. Používá se pro zobrazení celého území Rakouska. Projekce je založena na 2D geografickém systému ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) a právě Lambertově kónické konformní projekci.

ETRS/89 Austria Lambert je projekce využívána pro mapy malého a středního měřítka a pro GIS. Tato projekce nahradila po roce 2006 starší projekci MGI / Austria Lambert [EPSG 31287]. (GeoRepository [online], 2010)

MGI/ Austria GK M28/ M31/ M34 EPSG: [31257, 31258, 31259]

```
PROJCS["MGI_Ferro_M28",
GEOGCS["GCS_MGI_Ferro",
DATUM["D_MGI",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Ferro",-17.66666666666667],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",150000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",28.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

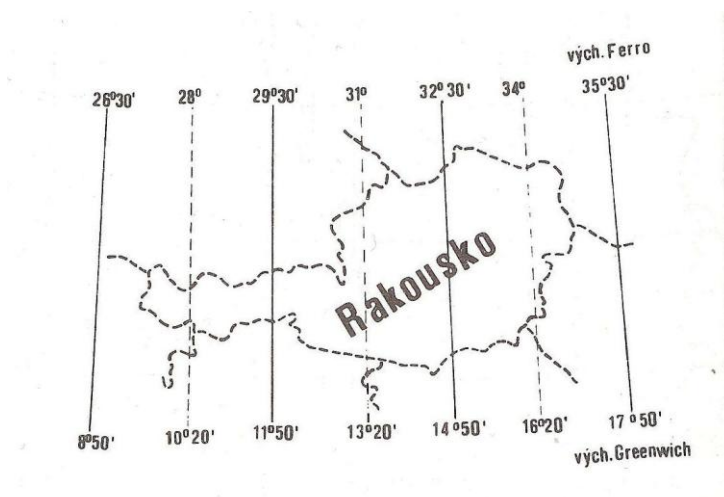
PROJCS["MGI_Ferro_M31",
GEOGCS["GCS_MGI_Ferro",
DATUM["D_MGI",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Ferro",-17.66666666666667],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",450000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",31.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

PROJCS["MGI_Ferro_M34",
GEOGCS["GCS_MGI_Ferro",
DATUM["D_MGI",
SPHEROID["Bessel_1841",6377397.155,299.1528128]],
PRIMEM["Ferro",-17.66666666666667],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",750000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",34.0],
PARAMETER["Scale_Factor",1.0],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]
```

Obr. 25: Parametry souřadnicového systému MGI/ Austria GK M28/M31/M34

Pro vytváření topografickým map velkých a středních měřítek se v Rakousku využívá Gauß – Krügerovo zobrazení na Besselově elipsoidu v soustavě třístupňových poledníkových pásů. (Srška, 1986, s. 246)

Třístupňové poledníkové pásy byly ale odvozeny od nultého poledníku Ferro. Jejich zeměpisné délky jsou 28°, 31° a 34° východní délky Ferro.



Obr. 26: Rozložení poledníkových pásů Ferro a Greenwich

Zdroj: Srška, E. (1986): Matematická kartografie

Dalšími projekcemi, které se v posledních letech začaly využívat v Rakousku jsou dva pásy UTM (Universal Transverse Mercator) M09 a M15. Projekce založené na UTM mohou jako datum použít WGS nebo ETRS.

5.5. Polsko

Stejně jako na našem území a celém území bývalého socialistického bloku byl v Polsku od roku 1952 požíván pro topografické mapy měřítek 1 : 25 000 – 500 000 systém S-42. Jelikož byl tento systém používán pro vojenské účely, pro civilní účely byly mapy zhotovovány v měřítku 1 : 10 000 – 50 000 v systému 1965. (Mugnier, 2000, s. 1063)

Dále zmiňuji souřadnicové systémy, které jsou využívány v současnosti a hlavně pro potřeby GIS.

ETRS89 / Poland CS92 [EPSG: 2180]

```
PROJCS["ETRS_1989_Poland_CS92",  
GEOGCS["GCS_ETRS_1989",  
DATUM["D_ETRS_1989",  
SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],  
PRIMEM["Greenwich",0.0],  
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],  
PROJECTION["Transverse_Mercator"],  
PARAMETER["False_Easting",500000.0],  
PARAMETER["False_Northing",-5300000.0],  
PARAMETER["Central_Meridian",19.0],  
PARAMETER["Scale_Factor",0.9993],  
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],  
UNIT["Meter",1.0]]
```

Obr. 27: Parametry souřadnicového systému ETRS89/ Poland CS92

Jediným souřadnicovým systémem, který dovoluje zobrazit celé území Polska je Systém 1992. Systém je založen na elipsoidu GRS80 (Geodetic Reference systém 1980) za využití referenčního systému ETRS89. Právě díky Gauß – Krügerově zobrazení, které využívá poledníkového pásu širokého 10°, je možné zahrnout celé území Polska. Vzhledem k relativně vysokým hodnotám délkového zkreslení, není tento systém doporučován pro mapy velkých měřítek. (Baranová, 2006, s. 16)

ETRS89 / Poland CS2000 zone 5/6/7/8 [EPSG: 2176, 2177, 2178, 2179]

```
PROJCS["ETRS_1989_Poland_CS2000_Zone_5",
GEOGCS["GCS_ETRS_1989",
DATUM["D_ETRS_1989",
SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",5500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",15.0],
PARAMETER["Scale_Factor",0.999923],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

PROJCS["ETRS_1989_Poland_CS2000_Zone_6",
GEOGCS["GCS_ETRS_1989",
DATUM["D_ETRS_1989",
SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",6500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",18.0],
PARAMETER["Scale_Factor",0.999923],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

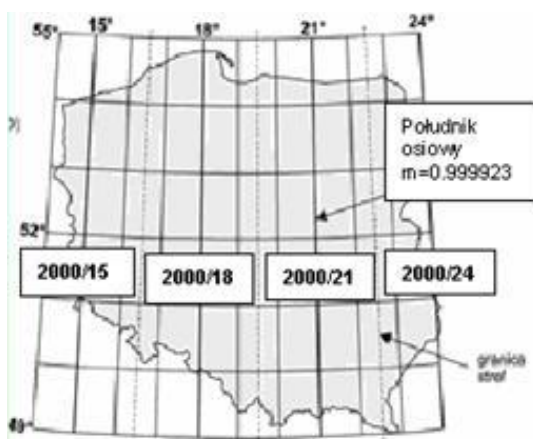
PROJCS["ETRS_1989_Poland_CS2000_Zone_8",
GEOGCS["GCS_ETRS_1989",
DATUM["D_ETRS_1989",
SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",8500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",24.0],
PARAMETER["Scale_Factor",0.999923],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]

PROJCS["ETRS_1989_Poland_CS2000_Zone_8",
GEOGCS["GCS_ETRS_1989",
DATUM["D_ETRS_1989",
SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],
PRIMEM["Greenwich",0.0],
UNIT["Degree",0.0174532925199433]],
PROJECTION["Transverse_Mercator"],
PARAMETER["False_Easting",8500000.0],
PARAMETER["False_Northing",0.0],
PARAMETER["Central_Meridian",24.0],
PARAMETER["Scale_Factor",0.999923],
PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],
UNIT["Meter",1.0]]
```

Obr. 28: Parametry souřadnicového systému MGI/ Austria GK M28/M31/M34

Od roku 2000 je tento souřadnicový systém oficiálním systémem pro kartografické a geodetické práce. Je využíván pro tvorbu základná mapy a hlavně pro velkoměřítkové hospodářské mapy.

Základem systému „2000“ je kartografické zobrazení Gauss-Krügerovo. Celé území je rozděleno na poledníkové pásy široké 3° zeměpisné délky. Na území Polska se jedná o pásy se základními středními poledníky 15°, 18°, 21° a 24° východní délky. (Baranová, 2006, s. 17)



Obr. 29: Zóny souřadnicového systému ETRS89 / Poland CS2000

Zdroj: <http://www.zememeric.cz/default.php?clanek.php?zaznam=2290>

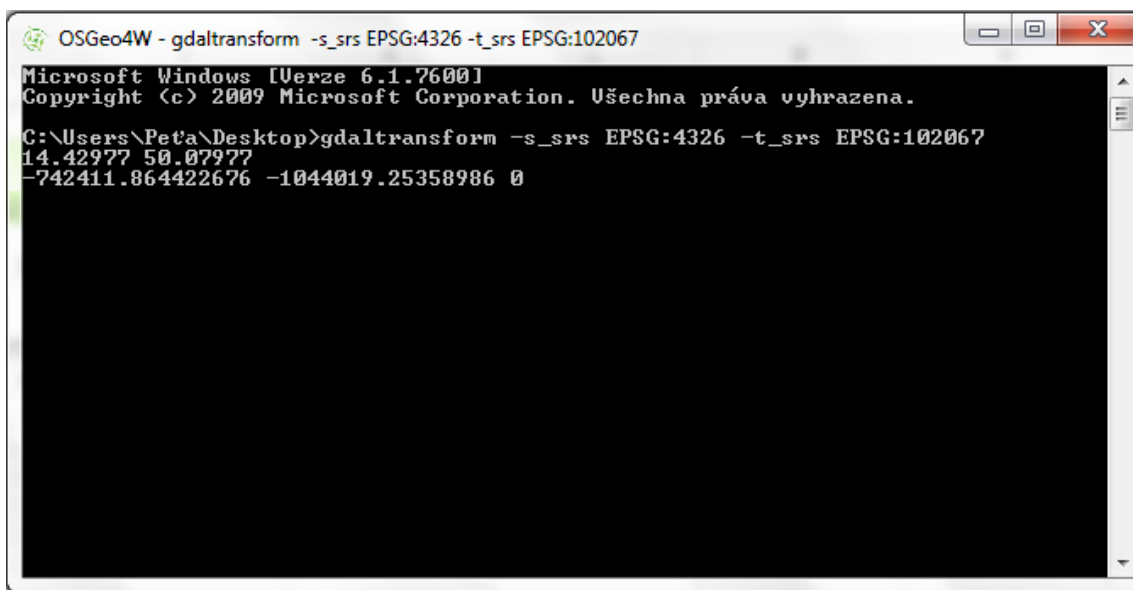
6. TRANSFORMACE A PRAKTICKÉ POUŽITÍ DEFINIC SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ V GIS

6.1. Program pro transformaci mezi souřadnicovými systémy v kódech EPSG

Existuje mnoho programů, které umožňují uživatelům různých GIS aplikací transformovat správně souřadnice pro korektní zobrazení map. Pro účely mé práce s databází souřadnicových systémů v projektu MapTiler využívám program OSGeo4W.

Jedná se o dostupný otevřený software pro prostředí Win32 (Windows Vista, XP, atd.). Tento projekt zaštiťuje The Open Source Geospatial Foundation.

Pro transformaci souřadnic z jednoho souřadnicového systému do druhého používá tento software prostředí příkazového řádku. Na následujícím obrázku ukazují příklad transformace souřadnic ze souřadnicového systému WGS84 do S-JTSK. Konkrétními souřadnicemi je pozice sochy svatého Václava v Praze na Václavském náměstí.



```
OSGeo4W - gdaltransform -s_srs EPSG:4326 -t_srs EPSG:102067
Microsoft Windows [Verze 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Všechna práva vyhrazena.

C:\Users\Peťa\Desktop>gdaltransform -s_srs EPSG:4326 -t_srs EPSG:102067
14.42977 50.07977
-742411.864422676 -1044019.25358986 0
```

Obr. 30: Transformace souřadnic v prostředí softwaru OSGeo4W

Pro zadání transformace jsem použila příkaz, který obsahuje informaci o druhu příkazu (`gdaltransform`), dále kód souřadnicového systému, ze kterého chci souřadnice převádět (`-s_srs EPSG`) a kód druhého souřadnicového systému, do kterého souřadnice převádím (`-t_srs EPSG`). Dále jsem vložila souřadnice, které chci transformovat. Výsledek jsou transformované souřadnice.

6.2. Transformace v rámci ArcGIS

V případě řešení transformace souřadnicových systémů v ArcGIS jsou používány nástroje ArcTools (Project).

Pro praktické používání zdrojů dat ze zahraničí je nutné tyto zdroje transformovat do používaného souřadnicového systému dané země. To znamená, že pokud chci využívat data jiných zemí, musím správně transformovat tyto data tak, aby se korektně zobrazily v mapě. Problém se týká zejména tvorby map souvislého území nebo větší administrativních a regionálních celků (Alpy, povodí Dunaje atd.).

Transformace může být provedena přímo (podkladová data potom změni souřadnicový systém) nebo se použije výhodnější řešení, které nezmění definici souřadnicového systému, ale pouze použije režim tzv. *on the fly transformation*. Nevýhoda *on the fly transformace* spočívá v tom, že mapové výstupy lze použít pro tvorbu map, ale pro generování 3D modelů popřípadě jiných analytických funkcí může nastat problém.

Při využívání externích zdrojů dat ze zahraničí je důležité znát přesnou definici použitého souřadnicového systému, jinak se data nezobrazí korektně (například není návaznost na území České republiky a podobně).

Zajímavý problém byl řešen v souvislosti s daty pro EU. Definovaný souřadnicový systém sice byl uveden v popisu k datům, ale jeho zobrazení nebylo podle definice korektní. Proto bylo nutné předefinovat vybrané parametry tak, aby se data zobrazovala správně. Daný problém byl spojen s daty URBAN Atlasu EU a může se objevovat i v jiných datových sadách.

6.3. Data distribuovaná elektronickými zdroji v rámci zemí EU

Pro data používaná v rámci projektů EU nebo v rámci řešení agendy zemí EU, se používají jednotné souřadnicové systémy, aby se předešlo problémům s jednotlivými národními souřadnicovými systémy. Proto byl určen jednotný souřadnicový systém, který je používán pro zobrazování dat na úrovni celé EU.

Data pro většinu zemí EU bylo nutné zahrnout do jednotného souřadnicového systému. Proto byla v roce 1999 poprvé veřejně diskutována potřeba zavedení jednotných souřadnicových systémů pro země EU. Po dohodě v roce 2000 byl vydán dokument „Map Projection for Europe.“ (Institute for Environment and Sustainability, 2001) V rámci obsáhle dokumentace byla výsledkem řada doporučení, mezi něž patřilo používání jednotného souřadnicového systému pro mapy celé EU.

ETRS89 / LAEA Europe [EPSG 3035] a ETRS89/ LCC Europe [EPSG 3034]

Souřadnicová síť je založena na ETRS89 a Lambertově azimutálním stejnoplochém souřadnicovém referenčním systému (ETRS89-LAEA) se středem zobrazení v bodu 52° severní šířky, 10° východní délky, posunem východních souřadnic $x_0 = 4\,321\,000$ m a posunem severních souřadnic $y_0 = 3\,210\,000$ m.

7. ZÁVĚR

Využívání souřadnicových systémů v GIS aplikacích jde ruku v ruce s jejich zdokonalováním. Čím lépe a přesněji je možné zobrazit zemský povrch na mapách, tím lépe je možné zkoumané oblasti poznat a tato data využít pro širší spektrum projektů. V této práci jsem se zabývala především souřadnicovými systémy, které jsou využívány na území České republiky a jejích sousedních zemích. Postupně jsem tuto problematiku rozebrala v pěti kapitolách (kapitola 2-6).

V teoretické části jsem postupně vysvětlila matematické základy potřebné pro pochopení souřadnicových systémů. V druhé části práce jsem se pak zabývala souřadnicovými systémy a jejich využitím v GIS. Díky zjišťování potřebných informací o jednotlivých souřadnicových systémech jsem lépe pochopila fungování a používání souřadnicových systémů v GIS aplikacích.

Celkově je problematika souřadnicových systémů poměrně složitá v tom, že existuje opravdu velké množství systémů, které mají různé využití. Každá aplikace a každý uživatel si díky transformacím může tyto systémy upravovat podle potřeby a také kombinovat tak, aby souřadnicový systém vyhovoval danému účelu.

Během rešerše různých zdrojů a zjišťování informací o potřebných datech jsem narazila na problém týkající se hlavně zobrazování souhrnných dat zemí EU. Snaha o vytvoření souřadnicového systému, který by byl použitelný pro celou EU sahá až do roku 1999. Ovšem jak jsem zjistila, tento systém stále není dokonalý a i běžný uživatel může narazit na viditelné chyby a nekorektní zobrazování právě v tomto společném systému. Díky snadnému přístupu k těmto datům se již mnoho uživatelů snažilo pro konkrétní problémy najít řešení a individuálně tyto chyby odstranit vlastním nadefinováním daného souřadnicového systému.

Neustálé zdokonalování souřadnicových systémů ukazuje, jak dynamický obor je právě kartografie a geoinformatika. Proto budu i nadále pokračovat ve vytváření databáze souřadnicových systémů, aby měli uživatelé (nejen projektu Map Tiler) možnost využít tuto databázi pro korektní zobrazení dat v mapových internetových aplikacích.

SUMMARY

The use of coordinate systems in GIS applications goes hand in hand with its improvement. The better and more precise the display of the surface on the maps is, the better the identification of the surveyed area is. And then it can be used for a wide range of projects.

In this bachelor work I focus on the coordinate systems of chosen countries which are: the Czech republic, Slovakia, Germany, Austria and Poland.

The issue of the coordinate systems is quite complicated because of the large number of the systems that are used for different and specific tasks. Each user can edit and modify these coordinate systems thanks to the transformations that are generally included in the GIS softwares or other special programs. Thanks to these options it is possible to modify and combine the systems so the data used are displayed correctly according to the purpose.

The continuous improvement of the coordinate systems shows, how dynamic is the field of cartography and the geoinformatic systems. This thesis is closely linked to my practical work (Map Tiler project) , so I will continue in creating the database of all coordinate systems in use.

Key words: coordinate system, ellipsoid, transformation, EPSG dataset, ArcGIS, S-JTSK

ZDROJE

Literatura:

BRÁZDIL, Rudolf. *Úvod do studia planety Země*. 1. vyd. Praha: SPN, 1988, 365 s.

CIMBÁLNÍK, Miloš. *Vyšší geodézie: souřadnicové soustavy : doplňkové skriptum*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995, 66 s.

ČAPEK, Richard, Ludvík MUCHA a Miroslav MIKŠOVSKÝ. *Geografická kartografie: souřadnicové soustavy : doplňkové skriptum*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1992, 373 s.

Geodetické referenční systémy v České republice: vývoj od klasických ke geocentrickým souřadnicovým systémům. 1. vyd. Praha: VÚGTK, 1998, 186 s.

HOJOVEC, Vladislav. *Matematická kartografie: Určeno pro stud. fak. stavební*. 4. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1991, 199 s.

SRNKA, Ekhart. *Matematická kartografie*. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie, 1986, 302 s.

TUČEK, Ján. *Geografické informační systémy. Principy a praxe*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 1998, 424 s.

VOŽENÍLEK, Vít. *Aplikovaná kartografie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, c2001, 187 s.

Internetové zdroje:

ABOUT OGP. OGP. *OGP: The International Association of Oil & Gas producers* [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.ogp.org.uk/about-ogp/>

BARANOVÁ, Magdaléna. *Souřadnicové systémy na území Polska* [online]. Kraków, 2006. Dostupné z: http://home.zcu.cz/~baranov/KMA/articles/SS_Polsko.pdf. Západočeská univerzita v Plzni.

ČADA, Václav. *Přednáškové texty z geodézie* [online]. Plzeň, 2007. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>

ČÚZK. *Geoportál ČÚZK: Souřadnicové systémy* [online]. 2010. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/%28S%28nslncmijuygbkemmrgrbrtbar%29%29/Default.aspx?mode=TextMeta&side=sit.trans&text=souradsystemy>

GEOENGINE - Map Projections and Geodetic Coordinate Systems. UNIVERSITÄT STUTTGART. *Geodätisches Institut* [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.uni-stuttgart.de/gi/geoengine/mappro/index.html>

GEOMATIC SOLUTIONS. *GeoRepository* [online]. 2010. Dostupné z: <http://georepository.com/home.html>

INSTITUTE FOR ENVIROMENT AND SUSTAINABILITY. *Map Projecions for Europe* edited by: A. Anoni, C. Luzet, E. Gubler, J. Ihde. Italy 2001. 132 s.

INSTITUT GEOINFORMATIKY. *Institut geoinformatiky* [online]. Ostrava, 2012. Dostupné z: <http://gis.vsb.cz/>

MALING, D.H. *Coordinate systems and map projections for GIS* [online]. Oxford: Pergamon Press, 2001. Dostupné z: http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/Volume1/BB1v1_ch10.pdf

MUGNIER, Clifford J. *Grids & Datums* [online]. 1998. Dostupné z: <http://www.asprs.org/a/resources/grids/>

OGP. *EPSG Geodetic Parametr Registry* [online]. 2009. Dostupné z: <http://www.epsg-registry.org/>

OGP. *OGP: The International Association of Oil & Gas producers* [online]. London, 2012. Dostupné z: <http://www.ogp.org.uk/>

Spatial reference [online]. 2009. Dostupné z: <http://spatialreference.org/>

VOJTEK, David. Tvorba mapy v prostředí ArcGIS Desktop. In: *Úvod do GIT a Základy geoinformatiky* [online]. Ostrava, 2009. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/vojtek/index.php?page=git_c/cviceni02