

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Studijní program: *Z11060 Zemědělská specializace*

Studijní obor: *Pozemkové úpravy a převody nemovitostí*

Katedra: *Katedra krajinného managementu*

Vedoucí katedry: *doc. Ing. Pavel Ondr, Csc.*

Bakalářská práce

Souřadnicové systémy používané na území ČR pro evidenci nemovitostí

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Bc. Martin Pavel

Autor práce: Stradová Šárka

České Budějovice, duben 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci: Souřadnicové systémy používané na území ČR pro evidenci nemovitostí jsem vypracovala samostatně na základě poskytnutých materiálů s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 12. 4. 2014

Stradová Šárka

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Bc. Martinu Pavlovi za cenné připomínky, odborné rady a podněty k zamyšlení, jež mi během zpracování bakalářské práce poskytl. Mé díky rovněž patří zpracovateli oponentního posudku této bakalářské práce Ing. Miluši Dolanské, PhD.

Anotace

Tématem této bakalářské práce jsou souřadnicové systémy používané na území ČR pro evidenci nemovitostí. Hlavním cílem práce je popsat historii a současnost souřadnicových systémů používaných na území ČR, které jsou nezbytně nutné k vyhotovování mapových děl. Další cíl práce je zhodnocení transformací souřadnic. Práce obsahuje stručný vývoj kartografie a popis matematických základů pro tvorbu map. Dále je v práci popsán historický vývoj souřadnicových systémů na území ČR a souřadnicové systémy používané v současnosti na našem území. V poslední kapitole jsou popsány transformace souřadnic a jejich zhodnocení.

Klíčová slova

Souřadnicové systémy, transformace souřadnic, matematické základy, kartografie

Annotation

The topic of this thesis are coordinate systems using on area of the Czech republic for register properties. Main target of thesis is describe history and present coordinate systems using on area of the Czech republic, which are necessary to making map work. Another objective of the thesis is the evaluation of coordinate transformations. Thesis contains brief progress cartography and description of mathematical bases for making map work. Then is in the thesis described historical progress of coordinate systems on area of the Czech republic and coordinate systems using in present on our area. In the last kapitol are described transformation of coordinates.

Key words

Coordinate systems, transformation of coordinates, mathematical bases, cartography

Obsah

1 Úvod	7
2 KARTOGRAFIE	8
2.1 Vývoj kartografických zobrazení	9
3 EVIDENCE NEMOVITOSTÍ	12
3.1 Historický vývoj	12
3.2 Katastr nemovitostí České republiky.....	13
4 MATEMATICKÉ ZÁKLADY PRO TVORBU MAP	13
4.1 Referenční plochy	13
4.2 Zobrazovací plochy – kartografická zobrazení.....	16
4.3 Kartografické zkresení	19
5 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY	20
5.1 Zeměpisné souřadnice	20
5.2 Kartografické souřadnice.....	21
5.3 Prostorové pravoúhlé souřadnice	22
5.4 Pravoúhlé rovinné souřadnice	23
5.5 Rovinné polární souřadnice.....	23
6 VÝVOJ SOUŘADNICOVÝCH SYSTÉMŮ NA NAŠEM ÚZEMÍ	24
6.1 Katastrální triangulace 1821 – 1864	24
6.2 Vojenská triangulace 1862 – 1898	25
6.3 Československá jednotná trigonometrická síť (JTSK)	25
6.4 Souřadnicový systém 1942 (S-42).....	26
6.5 Souřadnicový systém 1952 (S-52).....	26
6.6 Souřadnicový systém 1942/83 (S-42/83).....	27
6.7 WGS84	27
7 Souřadnicové systémy	28
7.1 Světový geodetický referenční systém 1982 (WGS84).....	29
7.2 Evropský terestrický referenční systém (ETRS)	31
7.3 Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK)	31
7.4 Katastrální souřadnicový systém gusterbergský	33
7.5 Katastrální souřadnicový systém svatoštěpánský.....	33
7.6 Výškový systém baltský po vyrovnání	34
7.7 Tíhový systém 1995	34
7.8 Souřadnicový systém 1942 (S-42).....	35
8 TRANSFORMACE SOUŘADNIC	36
8.1 Základní postupy přepočtu mezi souřadnicovými systémy	37

8.2 Transformace souřadnic v rovině	37
8.3 Transformace souřadnic v prostoru	39
8.4 Transformace mezi souřadnicovými systémy	40
8.5 Transformace souřadnic ze systému WGS-84 do systému S-JTSK	40
9 Volba a identifikace zobrazení	42
10 Závěr	43
11 POUŽITÁ LITERATURA	45

1 Úvod

Atlasy a mapy jsou stále významnější součástí života, práce a rozvoje společnosti. Jsou nepostradatelným zdrojem poznávání a zkoumání skutečností kolem nás. Ta část kartografie, která se zabývá technologií zobrazování zakřiveného povrchu zemského tělesa do roviny, se nazývá matematická kartografie. Tak jako do jiných oborů tak i do kartografie začala pronikat počítačová technika, která rozšířila získávání, ztvárnění a využívání informací o Zemi.

Otázka souřadnicových systémů úzce souvisí s problémem lokalizace, to je určování polohy objektu na Zemi s různou mírou přesnosti. Již na základní škole jsme byli seznámeni se souřadnicemi, které se používají na mapách – zeměpisnou šířkou, zeměpisnou délkou a nadmořskou výškou. Vzhledem k tomu, že se Země v globálním pohledu podobá kouli, či přesněji rotačnímu elipsoidu, je zavedení výše zmíněných sférických nebo elipsoidických souřadnic přirozené. Již odedávna bylo snahou geografů určovat tyto souřadnice s co možná nejvyšší přesností, aby bylo možno vytvářet čím dál přesnější mapy (Kostelecký, 2011).

Práce je rozčleněna do několika kapitol. V první kapitole se uvádí co je to pojem kartografie a její historie, která je rozdělena na čtyři období vývoje. Po objasnění kartografie dochází ke zmínění pojmu evidence nemovitostí a stručnému popisu jejího dlouhého vývoje. Dále pro pochopení jednotlivých souřadnicových systémů se objasňují matematické základy pro tvorbu map, kterými jsou referenční plochy, kartografické zobrazení, kartografické zkreslení a především souřadnice. Vývoj a vytváření souřadnicových systémů na území České republiky je popsán v další kapitole. Kde je zaznamenán zásadní vývoj souřadnicových systému a to s nástupem družicové geodézie a GPS. Po historii jsou uvedeny souřadnicové systémy, které se využívají dnes na našem území. Při práci s geografickými daty vytvořenými v různých souřadnicových systémech je častou úlohou transformace těchto dat z jednoho systému do druhého, proto je v poslední kapitole zmínka o transformaci souřadnic.

2 KARTOGRAFIE

Kartografie je vědní obor, který zkoumá znázornění zemského povrchu, nebeských těles, objektů a jevů na nich. Kartografie je široký vědní obor, proto jí lze rozdělit do mnoha oborů. Pro téma souřadnicové systémy je nejdůležitější matematická kartografie, která se zabývá zobrazováním referenční plochy zemského povrchu do roviny (Buchar, 2002).

Další definice kartografie:

Arnberger: Kartografie je věda o logice, metodice a technice konstrukce, tvorby a využití map a jiných kartografických vyjadřovacích forem, které jsou způsobilé vzbudit prostorově správnou představu (Arnberger, 1966).

Geoinformační definice: Kartografie je proces přenosu informací, v jehož středu je prostorová datová báze, která sama o sobě může být považována za mnohvrstevný model geografické skutečnosti. Taková prostorová datová báze je základnou pro dílčí kartografické procesy, pro něž čerpá data z rozmanitých vstupů a na výstupu vytváří různé typy informačních produktů (Morrison).

Definice OSN: Kartografie je věda o sestavování map všech druhů a zahrnuje veškeré operace od počátečního vyměřování až po vydání hotové produkce (United Nations, 1949).

Definice Mezinárodní kartografická asociace (*ICA*): definuje kartografii jako umění, vědu a technologie vytváření map, včetně jejich studia jako vědeckých dokumentů a uměleckých prací (Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography, 1973).

Matematická kartografie podává matematické základy vzniku těchto rovinných kartografických obrazů, neboli map (Pýšek, 1995). Definicí map je řada. Jedna z definic je: Mapa je kartografickým obrazem rozsáhlejšího území zakřiveného povrchu zemského na rovinu, případně jinou plochu, a to již s určitými deformacemi různých geometrických prvků, které nemohou být na ni zakresleny v pravé podobě, nýbrž omezenou přesností (Fiala, 1955). Další definice mapy podle (Huml a Michal, 2001) je: Mapa je zmenšený, generalizovaný, konveční obraz Země, kosmu, kosmických těles a jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů.

2.1 Vývoj kartografických zobrazení

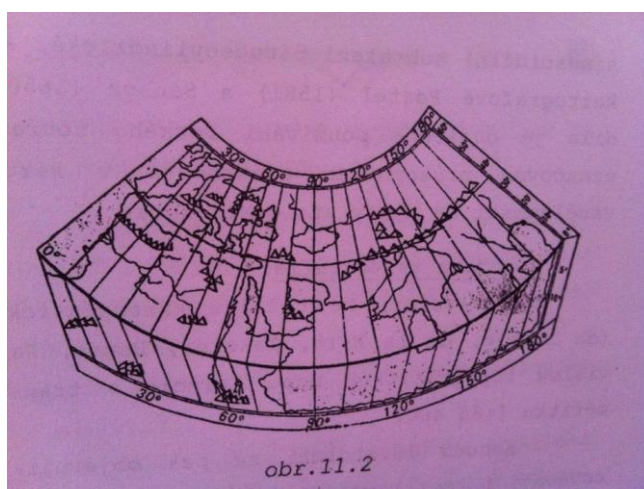
Podle Buchara (2007) ke vzniku kartografického zobrazení - podobně jako celé kartografie, je potřeba snaha člověka zachytit své poznatky o Zemi i o ostatních vesmírných tělesech. První záznamy o mapách se odvíjí již v nejstarších dobách. V těchto dobách byla Země považována za kruhovou nebo rovinnou desku, která je obklopena mořem.

Historické rozdělení období vývoje:

1) Řecká a římská kartografie

Pro vytváření map se využívala soustava čar na sebe vzájemně kolmých, které přibližně odpovídaly poledníkům a rovnoběžkám. Erathostenes Alexandrijský (276-194 př. n. l.) sestavil mapu tehdy známého světa a vypočítal obvod Země. Poté řecký astronom Hipparchos (180-125 př. n. l.) převzal jeho učení a zdokonalil - zavedl pojem zeměpisná šířka, délka a rozdělil svět na 360° . Jako první navrhoval určování polohy bodů na zemském povrchu pomocí zeměpisných souřadnic. Byl pravděpodobně první, kdo začal používat trigonometrii (Buchar, 2007).

Hipparchos rovněž navrhl zkonstruovat mapy světa způsobem, který odpovídá dnešnímu kuželovému zobrazení. Jeho dílo bylo následně zdokonalováno. Klaudius Ptolemaios (90-168 př. n. l.) je tvůrcem mapy, jejíž konstrukce odpovídá dnešnímu kuželovému ekvidistantnímu zobrazení. Základní rovnoběžka procházela ostrovem Rhodos a poledníky byly na rovníku zalomené. Zeměpisné délky nebyly však přesné a například Středozevní moře bylo asi 1,5 krát zvětšeno ve směru východ-západ. Ptolemaiovy práce sloužily jako podklad pro další vývoj kartografického zobrazení, především v 16. Století (Buchar, 2007).



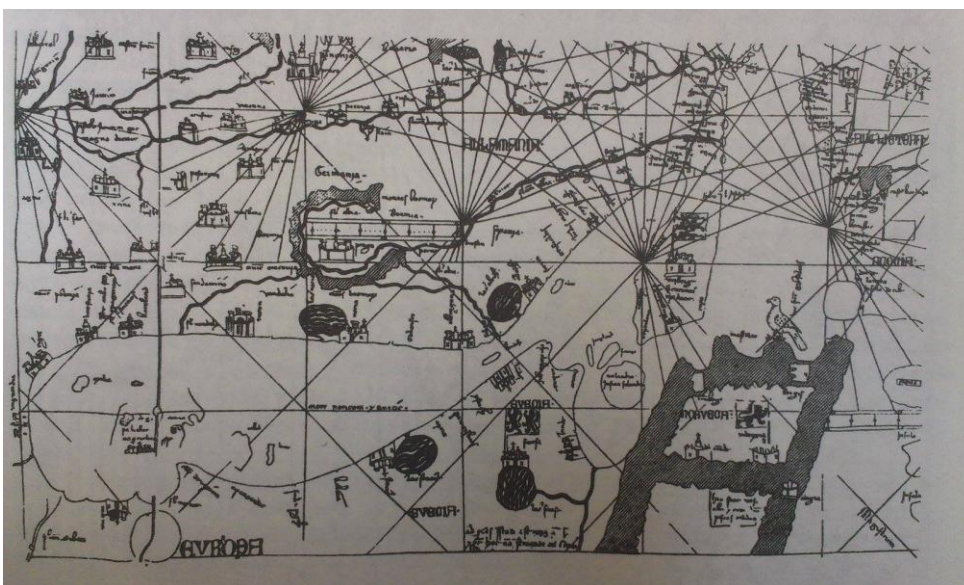
Obr. 1: Ptolemaiova mapa

Zdroj: Buchar, Matematická kartografie, 2007

2) Středověká kartografie a renesanční kartografie

V dobách středověku byly nesprávné informace o tvaru země. Mapy světa byly vyhotovovány v kruhu, jehož střed představoval Jeruzalém. Obsahově mapy nedosahovaly vyšších kvalit. Především mořeplavci se svými objevy zasloužili o vznik nových map, které obsahovaly stále přesnější polohové vazby zobrazovaných území. Werner (1514) oživuje mapování svým srdcovitým zobrazením a zahajuje éru ekvivaletních zobrazení. V první řadě se však o rozkvět matematické kartografie zasloužil Gerardus Mercator (1512-1594), vlastním jménem Kremer. Jeho hlavním dílem bylo konformní válcové zobrazení, které při plavbách umožňovalo zakreslit do mapy přímočarý kurs napříč kulatou zeměkoulí (Buchar, 2007).

V Portugalsku, se kromě námořních map také rozvíjely tzv. portolánové mapy (portugalsky portolano). Byly to mapy s přesně zakresleným pobřežím a přístavy (Klíma, 2007).



Obr. 2: Část portulánu z poloviny 14. století
Zdroj: Kovařík a Veverka, Kartografická tvorba, 1980

3) Novodobá kartografie

Nejvýznamnější kartograf 18. století byl Johan Henrich Lambert (1728-1777), který přispěl ke studiu kartografických zobrazení po stránce zkreslení. Roku 1822 Gauss dovršil stavbu teorie konformních zobrazení. Jeho teorie bohužel předběhla dobu a byla doceněna až ve 20. Století. Hlavní důvod neocenění byla nedostačující technika. V druhé polovině 19. století se matematická kartografie rozvíjí již na vědeckých základech (Buchar, 2007).

Mapování byla uskutečňována různými státy, ale za nejdokonalejší je možno považovat mapování Francie, pod vedením rodu Cassiniů. V té době dochází ke zpřesňování rozměrů Země. Je vypočtena řada elipsoidů (Bessel 1841, Hayford 1910, Krasovskij 1940). Vznikají nová zobrazení, studují se zákony zkreslení a vyhotovují se podrobnější mapy (Hojovec a kolektiv, 1987).

4) Současnost

Pro současnou kartografii je charakteristické užití konformního zobrazení. Převládá transverzální válcové zobrazení označováno podle modifikace jako Gaussovo, Gauss-Krügerovo nebo Transverzální Mercatorovo. Řídčeji je používáno kuželové zobrazení v jednom, či více pásech. Jako referenční plochy jsou použity elipsoidy podle geografické polohy (Buchar, 2007).

Gauss – Krügerovo zobrazení

Toto zobrazení bylo u nás zavedeno po roce 1950 pro vojenské topografické mapy středních měřítek. Po určitou dobu, přibližně do roku 1969, bylo toto zobrazení používáno i pro mapy civilních velkých měřítek. Gaussovo zobrazení je konformní válcové zobrazení v příčné poloze, kdy válcový plášť obepíná podél zvoleného základního poledníku (například 6°) přímo rotační elipsoid. Jako referenční elipsoid byl zvolen elipsoid Krasovského (Maršíková a Maršík, 2006).

Je nedílnou součástí souřadného systému S-42, který se používal do 31. prosince roku 2005 pro vojenské topografické mapy. Po tomto datu je nahrazen souřadným systémem WGS84. Obecnou teorii konformního zobrazení referenčního elipsoidu do roviny vytvořil Gauss v první polovině 19. století. Na počátku 20. století Krüger tuto teorii doplnil a upravil pro praktické využití. Válcové konformní zobrazení v příčné poloze se nazývá Gauss – Krügerovo, v nepatrné úpravě pak univerzální příčné Mercatorovo (Hanzl, 1997).

Elipsoid bývá rozdělen nejčastěji na 6° poledníkové pásy (může být i na 3° poledníkové pásy), každý pás je samostatně zobrazen do roviny. Více obrázek číslo 3 (Hanzl, 1997).



Obr. 3: Šestistupňové poledníkové pásy v Gaussově zobrazení
Zdroj: Hanzl, Matematická kartografie, 1997

3 EVIDENCE NEMOVITOSTÍ

Soubor informací o nemovitostech je označován jako evidence nemovitostí. V institucionální podobě fungovala evidence nemovitostí od 1. 4. 1964 do 31. 12. 1992 (evidenci nemovitostí vedla tehdejší střediska geodzie). Od 1. 1. 1993 jsou informace o nemovitostech vedeny v katastru nemovitostí (Sagit, <http://www.sagit.cz>).

3.1 Historický vývoj

Nejstarším českým katastrem je z roku 1653-55 *I. berní rula*, která zahrnovala jen půdu poddanskou (rustikál). Moravskou obdobou jsou tzv. lánové rejstříky. *Druhá rula*, tzv. *tereziánský katastr* (1747-57) kromě rustikálu zahrnoval i daňově zvýhodněnou panskou půdu (dominikál). Josefský katastr z roku 1789 zavedl katastrální obec, jednotně evidoval veškerou půdu podle polohy pozemku. *Tereziánsko-josefský katastr* ponechal formu josefského katastru a znovu zavedl daňový systém tereziánský. V roce 1860 byl založen jednotný *stabilní katastr*, jehož graficky vznikající mapy v základním měřítku 1:2 880 byly založeny na vědeckých základech měření (trigonometrický síť katastrální 1826- 43). V letech 1928- 56 byl uzákoněn víceúčelový tzv. pozemkový katastr, který byl definován jako geometrické zobrazení, soupis a popis veškerých pozemků v Československé republice. Od roku 1957- 63 platila *Jednotná evidence půdy*, reagující na změněné politické a hospodářské reálie a evidující především uživatelské vztahy. Po roce 1964 až do roku 1992 byla používána *Evidence nemovitostí*, která zahrnovala řadu změn.

Nemovitost definuje jako pozemek, který je spojen se zemí pevným základem. Na počátku roku 1993 byl založen *katastr nemovitostí ČR* (Hánek a kolektiv, 2007).

3.2 Katastr nemovitostí České republiky

Katastrální operát tvoří soubor geodetických informací - SGI (zahrnující katastrální mapu a ve stanovených katastrálních územích i její číselné vyjádření), soubor popisných informací - SPI (zahrnující údaje o katastrálním území, parcelách, stavbách, vlastnictví a jiných právních vztazích), souhrnné přehledy o půdním fondu, dokumentace výsledků šetření a měření a sbírka listin. KN při svém začátku zcela převzal operát předchozí EN. Její zásadní obsahovou neúplnost (o soukromé pozemky dříve užívané socialistickými organizacemi) bylo třeba překlenout založením zjednodušené evidence pozemků. Zjednodušená evidence pozemků obsahuje alespoň parcelní číslo podle dřívější pozemkové evidence, původní nebo zbytkovou výměru a údaj o vlastníku. Zakládání zjednodušená evidence byla prováděna souběžně s digitalizací SPI v letech 1994-1998. V letech 1997-1998 byl KN jednorázově doplněn o údaje o vztahu bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) k parcelám. A v roce 1998 byla zahájena digitalizace SGI (Český úřad zeměměřický a katastrální, <http://www.cuzk.cz/>).

4 MATEMATICKÉ ZÁKLADY PRO TVORBU MAP

4.1 Referenční plochy

Referenční plocha je označení pro plochu, která se svým tvarem a velikostí přibližuje skutečnému tvaru Země a při konstrukci mapy nahrazuje zemské těleso nebo jeho část. Tvar zemského tělesa a jeho proměnlivost je způsobena především vlivem přitažlivé síly a odstředivé síly v důsledku dlouhého vývoje planety Země. Výslednicí obou sil je tíhová síla, jejíž hodnoty, směr a velikost jsou proměnné s daným místem na Zemi (Voženílek, 2001).

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 i pod kontinenty. Plocha geoidu je v každém bodě kolmá na směr tíhové síly Země (Brázdil, 1988).

Geoid je matematicky nedefinovatelné těleso. Proto se nahrazuje pro většinu kartografických úloh elipsoidem. Na rozdíl od geoidu je elipsoid kolmý k normálám. V praktické kartografii se využívá rotační referenční elipsoid, který je jednodušeji matematicky vyjádřen než geoid, aniž by vznikaly podstatnější chyby (Voženílek, 2001).

Referenční elipsoid

Nejbližší aproximací geoidu je trojosý referenční elipsoid. Trojosý elipsoid je vyjádřen v soustavě pravoúhlých prostorových souřadnic rovnicí:

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

Kde a je hlavní, b vedlejší poloosa rovníkové elipsy, a hlavní a c vedlejší poloosa poledníkové elipsy. Přestože trojosý referenční elipsoid dobře vystihuje tvar geoidu, nevyužívá se ani v kartografii ani v geodezii. V praktické kartografii se užívá rotační elipsoid, který je jednodušeji matematicky vyjádřen (Voženílek, 2001).

Výchozí referenční plochou v matematické kartografii je rotační elipsoid (dvouosý elipsoid). Ten je určen co do tvaru i velikosti dvěma konstantami, což mohou být různé kombinace veličin: a -velká (hlavní) poloosa elipsoidu, b -malá (vedlejší) poloosa elipsoidu, e -numerická výstřednost (excentricita) elipsoidu, i -zploštění elipsoidu (Buchar a Hojovec 1996).

Rotační elipsoid je vyjádřen tímto vztahem:

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

Excentricita e je dána vztahem:

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Zploštění i je dáno vztahem:

$$i = \frac{a-b}{a}$$

Mezi nejznámější referenční elipsoidy patří (Brázdil, 1988):

- Besselův elipsoid

Odvozený F. W. Bessel (1841) byl určen na základě výpočtu poledníkových oblouků stanovených z 10 různých stupňových měření především v evropských zemích. Používá se ve všech státech střední Evropy i některých dalších zemí jako například SSSR (do roku 1942).

- Krasovského elipsoid

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

- 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.

- WGS 1984

Elipsoid WGS 1984 je určený pro moderní metody měření podporované technikou GPS. Původně definován Ministerstvem obrany USA (Cimbálník, 1995). V geodetické a kartografické praxi se dnes u nás používají dva referenční elipsoidy - Besselův elipsoid a Krasovského elipsoid. Z důvodu, že má referenční elipsoid velmi malé zploštění, lze jej pro některé účely nahradit koulí (Buchar, 2007).

Referenční koule

Kulová plocha má konstantní křivost a poskytuje tudíž některé jednodušší vztahy. Je proto výhodné, pokud to přesnost dovolí (například pro mapy velmi malých měřítek), nahradit referenční elipsoid referenční koulí. Referenční koule je dána jediným vhodně zvoleným parametrem, a to poloměrem R . Pro účely geodzie a mapování je zpravidla vhodné nejdříve zobrazit referenční elipsoid na referenční kouli a tu následně zobrazit do roviny (Buchar, 2007).

Poloměry referenčních koulí se pohybují od 6 366 743 m do 6 371 291 m. V české kartografické tvorbě se nejčastěji používá referenční koule, která má poloměr 6 371,11 km (Voženílek, 2001).

Referenční rovina

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

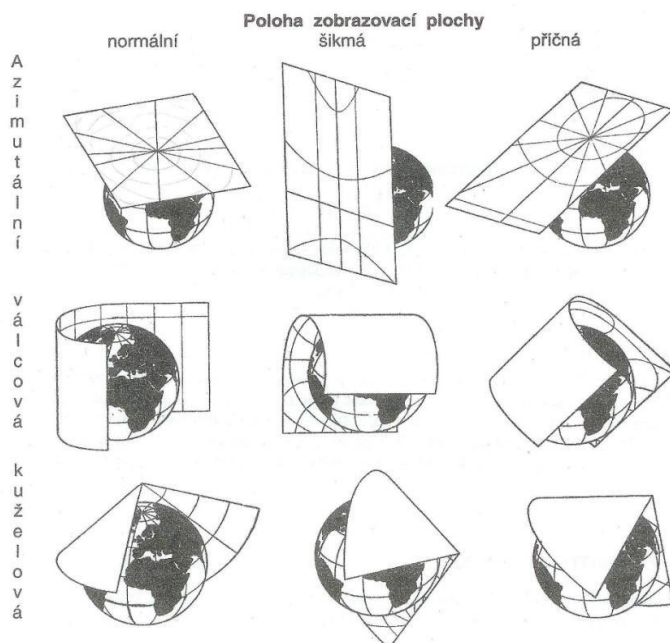
4.2 Zobrazovací plochy – kartografická zobrazení

Kartografické zobrazení je způsob, který každému bodu na referenční ploše přiřadí právě jeden bod na zobrazovací ploše. Kartografická zobrazení se dělí podle polohy zobrazovací plochy na následující (Voženílek, 2001):

a) Normální (polární) – osa zobrazovací plochy je shodná se zemskou osou, tj. osou referenční plochy

c) Šikmá (obecná) – osa zobrazovací plochy prochází středem referenční plochy, ovšem v jiném směru než u normální a příčné polohy.

b) Příčná (transversální) – osa zobrazovací plochy leží v rovině rovníku



Obr. 4: Polohy zobrazovacích ploch

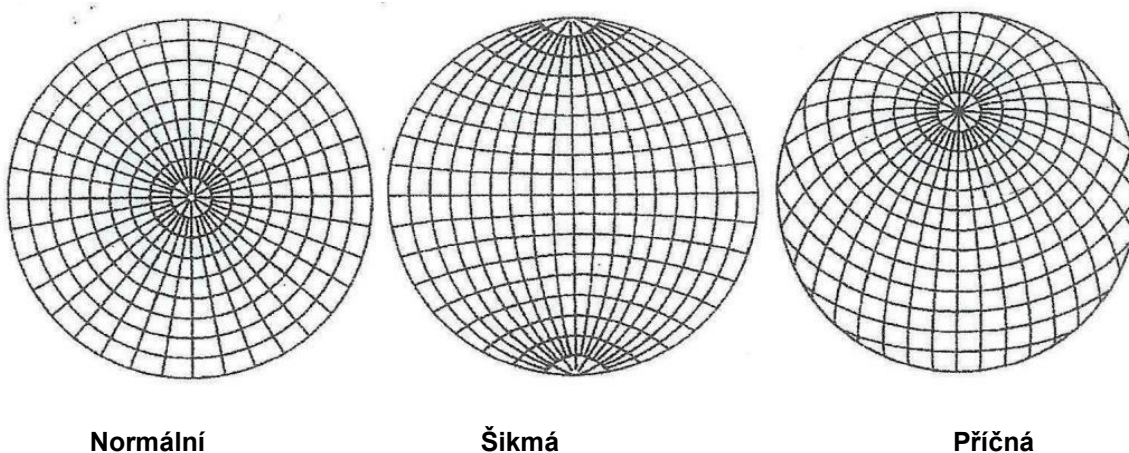
Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy, 2001

Podle typu zobrazovací plochy se kartografická zobrazení dělí na:

Jednoduchá zobrazení

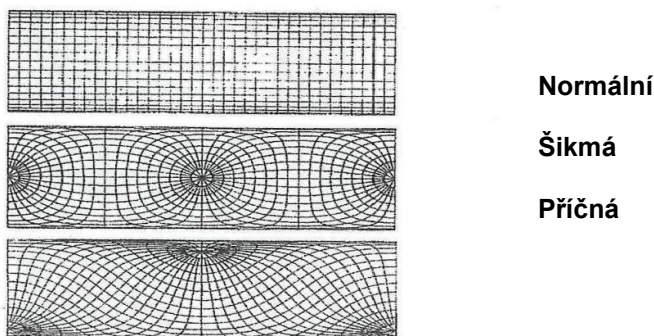
Každé kartografické zobrazení je určeno zobrazovacími rovnicemi, kterými je dán vztah polohy bodu na originále a v obraze. Jednoduchými tzv. jednoduše definovanými se budou nazývat taková zobrazení, pro něž je možno napsat zobrazovací rovnice, podle nichž každá z rovinných souřadnic lze vyjádřit funkcemi pouze jedné souřadnice na referenční ploše (Buchar, 2007).

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



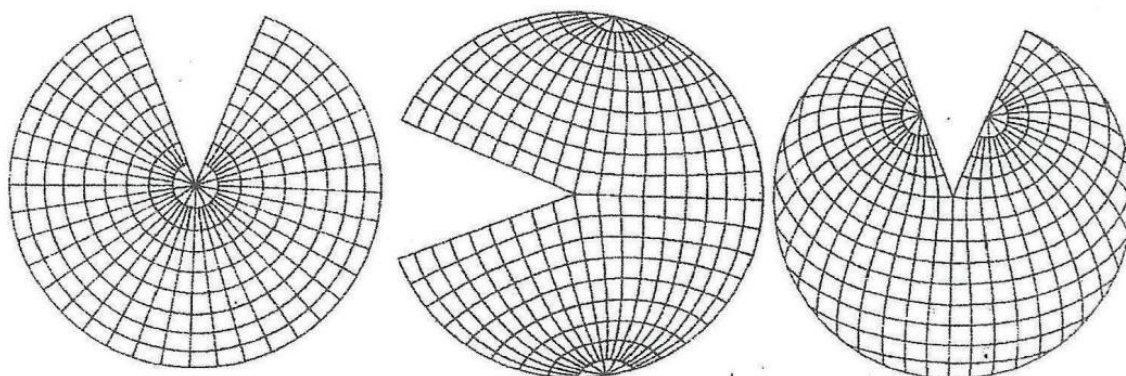
Obr. 5: Azimutální zobrazení
Zdroj: Čapek, Geografická kartografie, 1992

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



Obr. 6: Válcová zobrazení
Zdroj: Čapek, Geografická kartografie, 1992

c) Kuželová – zobrazovací plochou je plášť kužele, který se poté rozvine do roviny; vhodný pro mapy území protáhlých podél vedlejší kružnice (Čapek, 1992).



Normální

Šikmá

Příčná

Obr. 7: Kuželová zobrazení

Zdroj: Čapek, Geografická kartografie, 1992

Obecná zobrazení

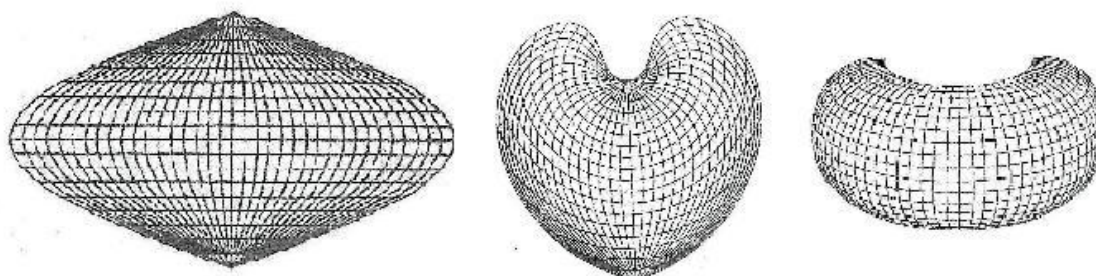
Všechna ostatní zobrazení, která nelze zobrazit pomocí jedné zobrazovací plochy.

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 – veškerá ostatní zobrazení, která se nepodařilo začlenit do předchozích skupin (Voženílek, 2001).



Obr. 8: Příklady obecných zobrazení

Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy, 2001

4.3 Kartografické zkreslení

Při tvorbě map nelze nikdy dosáhnout naprosté přesnosti. Mapa je vždy tvarově zkreslená, 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 (Srňka, 1986).

Podle vlastností zkreslení rozlišujeme:

a) Délkové zkreslení

Je poměr délkového elementu na zobrazovací ploše k jeho obrazu na referenční ploše. Délkové zkreslení je závislé nejen na poloze bodu, ze kterého délkový element vychází, ale i na jeho směru. Proto se délkové zkreslení vyšetřuje ve dvou základních směrech- poledníkovém a rovnoběžkovém. Kartografická zobrazení, ve kterých se nezkreslují v určitém směru délky, se nazývají délkojevná (Srňka, 1986).

b) Plošné zkreslení

Je poměr plošného elementu na zobrazovací ploše k jeho obrazu na referenční ploše. Zobrazení, ve kterých se nezkreslují plochy, se nazývají plochojevná. Plochojevná zobrazení mají uplatnění hlavně v geografických mapách, kde se kladou značné nároky na vzájemnou srovnatelnost velikostí různých států (Voženílek, 2001).

c) Úhlové zkreslení

Je definováno jako rozdíl velikosti úhlu na zobrazovací ploše a jeho obrazu na referenční ploše. Maximální zkreslení úhlů nastává pro čtyři základní směrníky, tzn. pro každý kvadrant elipsy zkreslení. Zobrazení, ve kterých nedochází ke zkreslení úhlů, se nazývají úhlojevná. Úhlojevná zobrazení se nejčastěji používají v topografii a pro námořní a leteckou navigaci (Voženílek, 2001).

5 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY

Základní úlohou matematické kartografie je jednoznačné, přesné určené polohy bodů na referenční ploše i jeho kartografického obrazu. Polohu libovolného bodu, a to jak na referenční ploše, tak i v jejím kartografickém obraze (nejčastěji zobrazovací ploše- v mapě), umožňují jednoznačně určit souřadnicové systémy pomocí zvolených geometrických prostředků, kdy dvojice souřadnic udává polohu daného bodu (Voženílek, 2001).

V prvním případě se tyto souřadnice většinou označují [X,Y] (v Evropě) nebo [N,E] (Northing, Easting, v USA). Sférické souřadnice na elipsoidu, zeměpisná šířka nebo délka se značí řeckými písmeny [φ , λ], v geodézii se občas používá označení [B, L] z německého Breite (šířka) a Länge (délka), (Veverka a Čechurová, 2008).

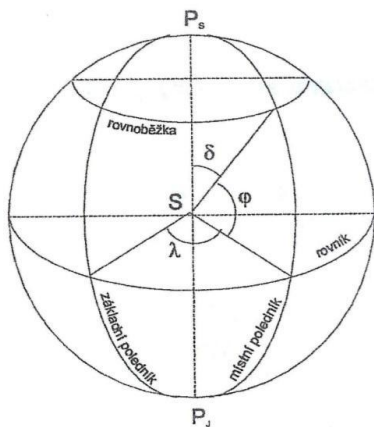
5.1 Zeměpisné souřadnice

Polohu bodu udáváme nejčastěji pomocí zeměpisných souřadnic. Těmi jsou zeměpisná šířka a zeměpisná délka (Buchar, 2007).

Zeměpisná šířka (φ) – úhel, který svírá normála ke kulové referenční ploše s rovinou rovníku referenční koule; měří se od rovníku směrem k pólům; na severní polokouli je kladná (0° až 90°) a na jižní polokouli záporná (0° až -90°), (Hojovec, 1991).

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).

V současnosti je za základní poledník mezinárodně považován místní poledník hvězdárny Old Royal Observatory v Greenwich (Londýn). Hodnota zeměpisné délky se pohybuje ve směru na východ kladně (0° až $+180^\circ$) a ve směru na západ od nultého poledníku záporně (0° až -180°). V minulosti se používaly různé základní (nulté) poledníky, zejména: Ferrský (též ptolemaiovský) procházející ostrovem Ferro na Kanárských ostrovech, pařížský procházející Paříží a pulkovský z roku 1932, procházející hvězdárnou Pulkovo v Sankt Petěburgu (Voženílek, 2001).



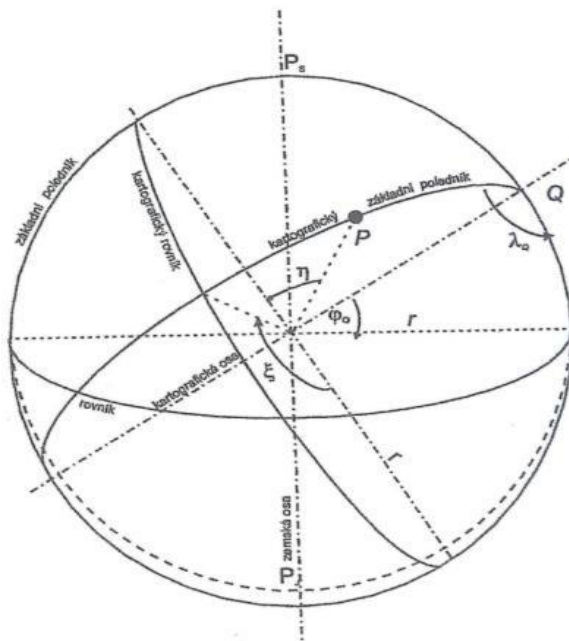
Obr. 9: Zeměpisné souřadnice

Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I.–tematické mapy, 2001

5.2 Kartografické souřadnice

Aby se mapový obraz co nejlépe přimyká k referenční ploše, nemusí být osa zobrazovací soustavy totožná se zemskou osou. Na takto zvolené referenční ploše se odvozují nové souřadnice, které odpovídají umístění kartografické pólu. Kartografické souřadnice (též konstrukční souřadnice) jsou souřadnice na referenční ploše, které slouží k vyjádření poloh jednotlivých bodů k nově zvolenému pólu. Používají se při konstrukci map v příčné a šikmé poloze zobrazovací plochy. Jedná se v podstatě o řešení sférického trojúhelníku. Kartografické souřadnice jsou definované kartografickým pólem Q , kartografickou šířkou η a kartografickou délkou ζ .

Kartografický pól je bod o zeměpisných souřadnicích φ_Q a λ_Q . Je umístěný tak, aby se zobrazovací plocha přimykla zobrazovanému území pokud možno co nejlépe. Kartografická šířka je úhel v nově vytvořené kartografické síti odpovídající zeměpisné šířce a je odvozen z referenční koule (sinovou větou). Kartografická délka je úhel ve vytvořené zeměpisné síti, který odpovídá zeměpisné délce a je odvozen z referenční koule (Voženílek, 2001).



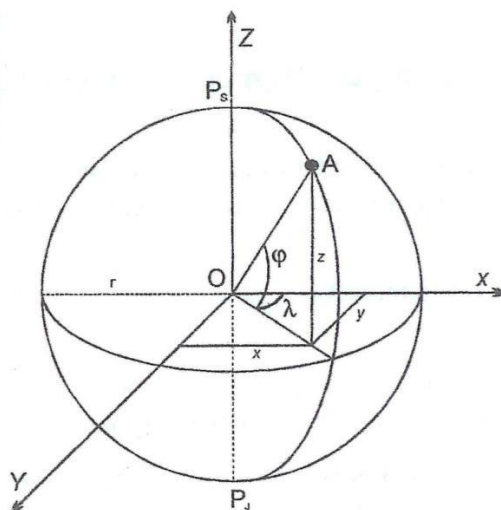
Obr.10: Kartografické souřadnice

Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I. –tematické mapy, 2001

5.3 Prostorové pravoúhlé souřadnice

Prostorové pravoúhlé souřadnice se dříve využívaly v kartografické praxi jen velmi zřídka. V současné době však jejich význam vzrostl s využitím umělých družic Země pro geodetické, geofyzikální a kartografické účely (Buchar, 2007).

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 (Voženílek, 2001).



Obr. 11: Prostorové pravoúhlé souřadnice

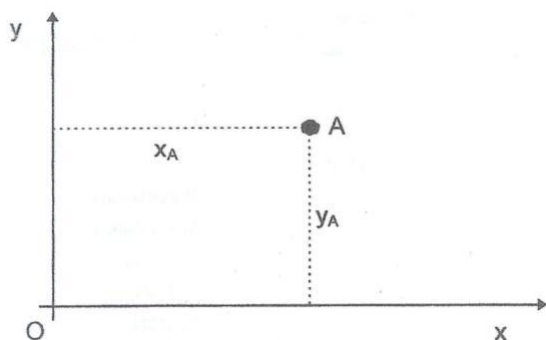
Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy, 2001

5.4 Pravoúhlé rovinné souřadnice

Pravoúhlé rovinné souřadnice se zavádějí pro určení polohy bodu v rovině. Udávají kolmé vzdálenosti od souřadnicových os x a y .

Pravoúhlé souřadnice jsou dány počátkem O a osami x a y . Počátek O je bod, který leží nejčastěji v průsečíku rovníku a základního poledníku. Osa x leží v obrazu rovníku a osa y v obrazu základního poledníku.

Pravoúhlé souřadnice se používají při válcových a obecných kartografických zobrazeních. Počátek souřadnicové soustavy se umísťuje do středu mapy (Voženílek, 2001).



Obr. 12: Pravoúhlé rovinné souřadnice

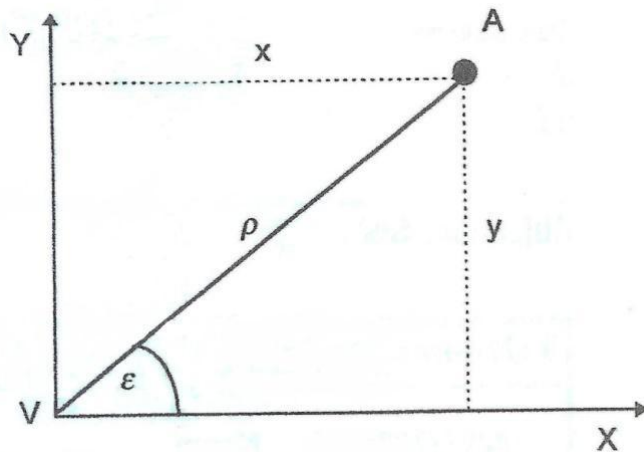
Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy, 2001

5.5 Rovinné polární souřadnice

Rovinné polární souřadnice se vztahují k zeměpisnému, resp. kartografickému pólu a osám. Jsou definovány následovně:

Počátkem V , je zvolený bod, obecně konstrukční pól, nejčastěji bod dotyku referenční a zobrazovací plochy nebo obraz zemského pólu. Osa Y leží v obrazu základního poledníku.

Souřadnicemi jsou v tomto případě průvodič bodu od počátku p , a úhel průvodiče ϵ . Polární souřadnice se používají při azimutálních a kuželových zobrazeních (Voženílek, 2001).



Obr. 13: Rovinné polární souřadnice

Zdroj: Voženílek, Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy, 2001

6 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.

Československé geodetické polohové základy byly podle publikace Geodetické referenční systémy v České republice (1998), vydané kolektivem autorů, budovány v sedmi etapách:

6.1 Katastrální triangulace 1821 – 1864

Území Čech, Slezska a Moravy bylo v letech 1821 – 1864 pokryto souvislou trigonometrickou sítí. V rámci mapování celého Rakouska-Uherska bylo i toto území zmapováno v měřítku 1 : 2 880.

Aby nedocházelo k velkým deformacím, bylo území rozděleno na více samostatných souřadnicových soustav. Pro území bývalého Rakouska celkem 7 souřadnicových soustav a další 3 pro země uherské. Osa x byla položena do poledníku, vedoucího významným trigonometrickým bodem. Pro Čechy byla zavedena souřadnicová soustava s významným bodem Gusterberg (Horní Rakousy). Při mapování země Moravskoslezské se vycházelo z triangulačního bodu Sv. Štěpán (věže zvonice katedrály sv. Štěpána ve Vídni). Mapování Slovenska bylo započato až později, roku 1853. Jako triangulační bod byla východní kopule hvězdárny v Budapešti (Gellérthegy), (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998).

6.2 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 v našich zemích prakticky nejvíce ovlivněn jednou geodetickou základnou u Josefova. Síť byla zpracována na referenčním elipsoidu Besselově se základním bodem Hermannskogel. Geodetické souřadnice celé sítě byly vypočítány metodou rozvinovací, a to bez korekcí z odchylky tížnice, která byla zjištěna později. Jejím podstatným nedostatkem byla chybná orientace až 10“ v azimutu (Geodetické referenční systémy v České republice, 1998).

6.3 Československá jednotná trigonometrická síť (JTSK)

Budování sítě JTSK probíhalo v letech 1920-27 ve třech základních etapách. V roce 1920-27 došlo k zaměřování základní trigonometrické sítě. Zaměření a zpracování „JTSK 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).

První etapa se vyznačuje snahou co nejrychleji vybudovat spolehlivý základ pro další zhušťování, jednotně pro celé území nově vzniklé republiky. Z časových a technických důvodů se 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. V Čechách to činilo 42 bodů a na Podkarpatské Rusi 22 bodů. 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. Kvalita vojenské triangulace byla posouzena podle výsledků Helmertovy transformace v 6 skupinách, do kterých byly identické body rozděleny. Ukázalo se, že rozměr, poloha a orientace sítě I. řádu JTSK budou nejlépe určeny tak, že se použijí k výpočtu transformačního klíče pouze 42 bodů v Čechách, týčž, na nichž byly převzaty osnovy směrů z rakouské vojenské triangulace, neboť v jiných částech sítě byly nesouhlasy až několik metrů. Na základě těchto 42 identických bodů byly vypočteny koeficienty Helmertovy

transformace a jejich prostřednictvím definitivní pravoúhlé souřadnice všech trigonometrických bodů I. řádu v rovině Křovákova zobrazení. Po tomto dlouhém procesu vznikl souřadnicový systém: Jednotné trigonometrické sítě katastrální – S-JTSK (Cimbálník, 1992).

6.4 Souřadnicový systém 1942 (S-42)

Jakmile byly po první světové válce zabezpečeny aktuální potřeby praxe, byla vedle JTS (jejíž zhušťování dále probíhalo) od roku 1931 budována tzv. Základní trigonometrická síť. Tato síť obsahovala větší trojúhelníky, s nejvyšší dosažitelnou přesností a byla podle nejnovějších vědeckých poznatků. 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)

Zaměřeno bylo 227 trojúhelníků se 144 vrcholy. Astronomicky bylo naměřeno 53 bodů a 6 základů a rozvinovacích sítí. Gravimetricky bylo zaměřeno 108 bodů I. řádu a 499 bodů II. řádu. Proběhlo i částečné napojení na sousední země. V roce 1955 byl tento měřičský materiál shromážděn a v dalších třech letech byla tato síť vyrovnána společně s dalšími sítěmi zemí Východní Evropy. Vyrovnání proběhlo na Krasovského elipsoidu a pro rovinné souřadnice (x, y), 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. Pracovní název tohoto systému byl "S -52 po vyrovnání", definitivně pak byl Souřadnicový systém 1942 (S-42), (Cimbálník, 1992).

6.5 Souřadnicový systém 1952 (S-52)

Po druhé světové válce byla geodetická síť na našem území postupně začleňována do jednotné soustavy, jejímž jádrem byla astronomicko-geodetická (AGS) síť západní části SSSR. Před napojením bylo požadováno urychleně vytvořit pro topografické mapy předběžný systém, přesný natolik, aby se od pozdějšího lišil jen velmi málo a bez nepříznivých důsledků pro započaté topografické mapy.

V roce 1952 byly ze SSSR dodány rovinné souřadnice několika desítek bodů, které byly vypočítány pro naše území v sovětském souřadnicovém systému 1942 (Krasovského elipsoid, Gaussovo zobrazení). Československá jednotná trigonometrická síť byla přetransformována kubickou konformní transformací v rovině Křovákova zobrazení. Pro hromadný 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, S-JTSK), náleží rovinné pravoúhlé souřadnice Gaussova zobrazení v S-52. JTS byla tedy převedena z elipsoidu Besselova na Krasovského elipsoid a posléze přibližně převedena do sovětského souřadnicového systému 1942. A tím byla z části napravena její poloha na zemském elipsoidu, její orientace a rozměr. Současně byla JTS převedena z lokálního (národního) zobrazení Křovákova do všeobecně zaváděného zobrazení Gaussova.

S-52 obsahuje tedy síť tvarem v malých částech prakticky shodnou s JTS, protože souřadnice daných identických bodů bylo použito k výpočtu transformačního "klíče" a jeho prostřednictvím ke zlepšení polohy, orientace a rozměru sítě. Šlo o transformaci stejnorodých souřadnic. S-52 má prakticky stejné lokální deformace jako JTS (Cimbálník, 1992).

6.6 Souřadnicový systém 1942/83 (S-42/83)

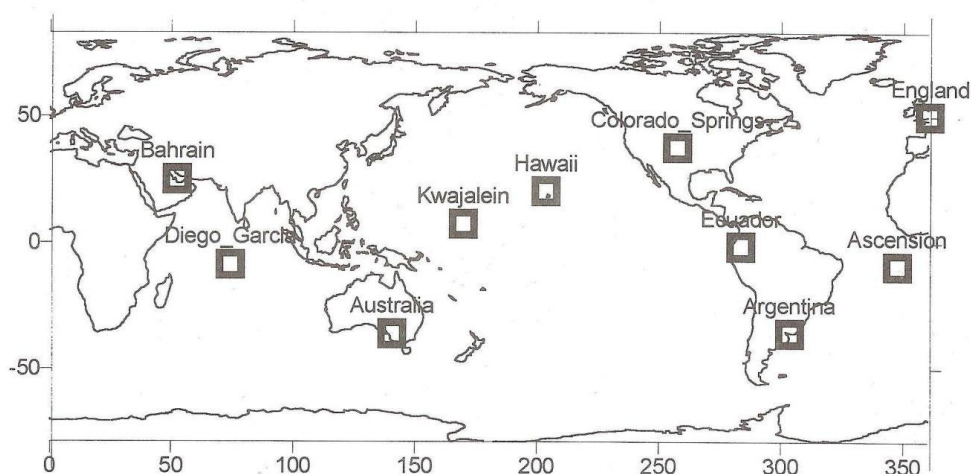
Tento systém sloužil opět ke zpřesnění a doplnění naměřených hodnot AGS. Elektronickými dálkoměry bylo zaměřeno 12 délek stran AGS pro Základnu kosmické triangulace (ZKT). Nově byly zaměřeny astronomické souřadnice některých bodů AGS. Bylo doplněno souvislé spojení se sítěmi NDR, Polska, SSSR a Maďarska. 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).

6.7 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).

WGS 84 je konvenční terestrický systém, realizovaný na základě modifikace Námořního navigačního družicového systému (Navy Navigation Satellite System, NNSS). Počátek má 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).



Obr. 14: Rozmístění sledovacích stanic pozemního systému GPS

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

7 Souřadnicové systémy

Každý stát nebo skupina států si volí vhodný souřadnicový systém (soustavu) pro souvislé zobrazení celého území. Závaznými geodetickými referenčními systémy na celém území ČR dle nařízení vlády č. 430/2006 Sb. v platnosti od 1. 9. 2006 o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání jsou:

- a) Světový geodetický referenční systém 1984 (WGS84)
- b) Evropský terestrický referenční systém (ETRS)
- c) Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK)

- d) Katastrální souřadnicový systém gusterberský
- e) Katastrální souřadnicový systém svatoštěpánský
- f) Výškový systém baltský - po vyrovnání (Bpv)
- g) Tíhový systém 1995 (S-Gr95)
- h) Souřadnicový systém 1942 (S-42/83)

Zásady používání geodetických referenčních systémů a státních mapových děl:

Závazné geodetické systémy podle § 2 odst. 1 písm. a) až g) se užívají na celém území státu pro zeměměřické činnosti ve veřejném zájmu. Závazný geodetický systém podle § 2 odst. 1 písm. h) lze užít pouze pro vyměřování, udržování a vedení dokumentárního díla státních hranic s Polskou republikou (nařízení vlády č. 430/2006 Sb.).

Souřadnicový systém – v oboru zeměměřictví je určen pomocí těchto údajů:

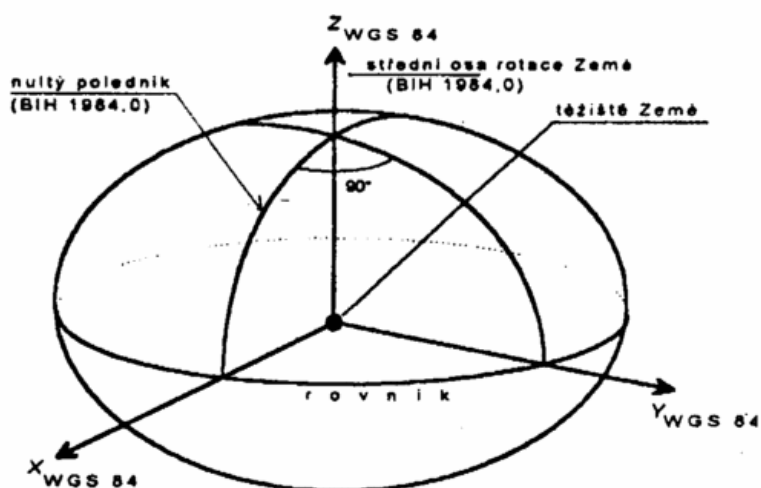
- 1) Geodetické datum (elipsoid, jeho referenční bod, datum určení)
- 2) Souřadnicový systém geografických souřadnic φ , λ , (včetně volby základního poledníku)
- 3) Zobrazovací rovnice (včetně voleb v nich použitých konstant)
- 4) Souřadnicový systém rovinných souřadnic X, Y (včetně umístění počátku systému X, Y do obrazu geografické sítě, orientace os a matematických úprav souřadnic X, Y v rovině zobrazení (Veverka, 2006).

7.1 Světový geodetický referenční systém 1982 (WGS84)

Jak již bylo zmíněno, jedná se o vojenský souřadnicový systém používaný státy NATO. Použité kartografické zobrazení se nazývá UTM (Univerzální transverzální Mercatorovo). Počátek tohoto systému je v hmotném středu Země – jedná se o geocentrický systém. V roce 1984, osa Z byla totožná s osou rotace Země. Osy X a Y leží v rovině rovníku. Počátek a orientace jeho os X, Y, Z jsou realizovány pomocí pozemských stanic se známými přesnými souřadnicemi, které nepřetržitě monitorují dráhy družic systému GPS (Geomatika., <http://www.gis.zcu.cz/>).

The Global Positioning System (GPS), poskytuje pozice, které jsou uvedeny na WGS84 elipsoidu. Předpokládá se, že GPS bude použit pro většinu lokalizačních a navigačních aplikací v budoucnosti. Například Mezinárodní námořní organizace používá WGS84 pro své navigačních mapy (Kumar, 1993).

Schéma geocentrického souřadného systému WGS84



Obr. 15: Schéma geocentrického souřadného systému WGS84

Zdroj: Geomatika, ZČU v Plzni (online)

Dostupné z: <http://www.gis.zcu.cz/>

Technické parametry:

WGS84 je na území České republiky určen technologiemi kosmické geodézie, které jsou neustále monitorovány. Dále je však určen souborem rovinných souřadnic bodů vztažených ke světovému geodetickému referenčnímu systému 1984. WGS84 je určen elipsoidem z roku 1984 – elipsoid nemá referenční bod, byl určen na základě družicových pozorování (nařízení vlády č. 430/2006 Sb.).

UTM (Universal Transverse Mercator)

V systému UTM, který pro topografické mapy užívají státy NATO a jehož sítě jsou do stávajících map doplňovány, je použito zobrazení, které je velice blízké zobrazení Gaussovu. Výchozí referenční plochu zde tvoří elipsoid Hayfordův a střední poledník pásu vykazuje délkové zkreslení 0,9996. Dochází tak k zmírnění délkového zkreslení na okrajích pásu.

Pravoúhlé souřadnice jsou označeny N (North) a E (East). Zobrazení UTM je použito pro kartografické vyjádření zemského povrchu mezi rovnoběžkami 84° s.š. a 80° j.š. Pro polární oblasti je využito konformní azimutální zobrazení, čili

stereografická projekce v polární poloze, označována zkratkou UPS (Universal Polar Stereographic), (Huml a kolektiv, 2001).

7.2 Evropský terestrický referenční systém (ETRS)

Je závazný geodetický referenční systém na celém území státu. Vychází z technologií kosmické geodezie, které jsou součástí programů mezinárodních zpracovatelských center, referenčním rámcem vybraných bodů Jednotné trigonometrické sítě katastrální a elipsoidem geodetického referenčního systému 1980 (Voříšek, 2008).

7.3 Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK)

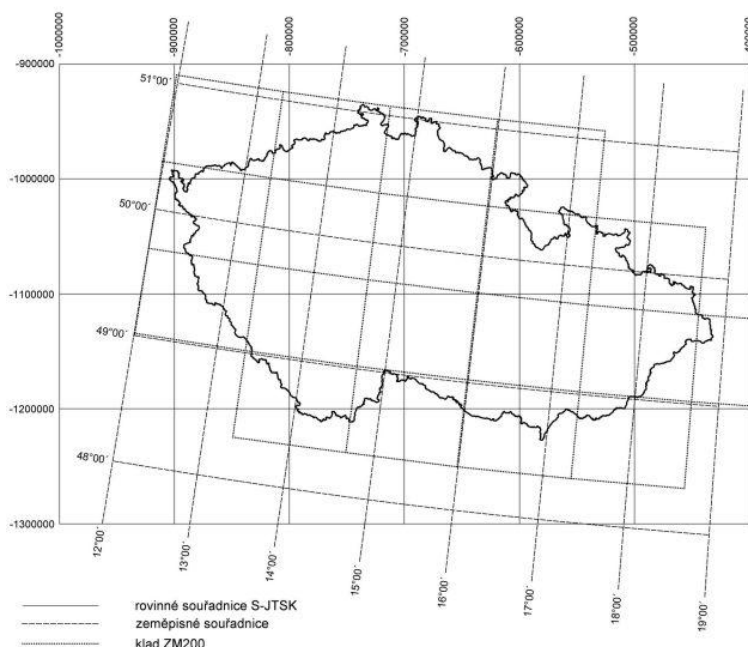
Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) byl použit na našem území pro nově vyhotovované katastrální mapy. Pro jeho zobrazení do rovinných souřadnic bylo použito Křovákovo dvojité konformní kuželové zobrazení v obecné poloze. Nejprve se Besselův elipsoid konformně zobrazí na Gassovu kouli a ta se konformně zobrazí na kuželovou plochu. Orientace sečného kužele byla zvolena tak, aby se tyto sečny co nejvíce přiblížily s tvarem tehdejšího Československa, a velikost zkreslení byla minimální. Pro celé státní území byla definována jediná souřadnicová soustava tak, že osou X je obraz poledníku o zeměpisné délce 42° 30' východně od Fera.

Osa Y je kolmice k ose X procházející obrazem vrcholu zobrazovacího kužele, který je zároveň počátkem souřadnicové sítě. Kladná poloosa osy X je orientovaná na jih, kladná poloosa Y je orientovaná na západ. Ve výsledku to znamená, že pro celé území bývalého Československa jsou vždy hodnoty souřadnic X, Y kladné. Souřadnice se nedají zaměnit, neboť vždy platí $X > Y$. Z toho vyplývá, že kilometrová síť, která bývá na některých mapách zobrazena, bude totožná s poledníkem pouze v ose X (území na Ukrajině). Čím víc půjdeme na západ, tím více se bude kilometrová síť odklánět vůči obrazu doleva (tomuto jevu se říká meridiánová konvergence Lenhart, 2000).

Meridiánová konvergence se mění v závislosti na poloze. Na území ČR pro S-JTSK může dosahovat až 10°. V křovákově zobrazení se dá ale vypočítat, pro výpočet spřesností $\pm 1^\circ$ postačí použít řadu:
$$C = 0,008257 \cdot Y + 2,373 \cdot \frac{Y}{X}$$

Kde X, Y dosazujeme v km a dostaneme C ve stupních.

Nevýhodou systému je skutečnost, že je použitelný pouze pro bývalé Československo a nenavazuje na souřadnicové systémy okolních států (Ratiborský, 2002).



Obr. 16 : Zobrazení ČR v souřadnicovém systému S-JTSK
Zdroj: Lenhart, Tvorba map pro OB: Kartografie (online), 2000
Dostupné z: <http://tvorbamap.shocart.cz>

Technické parametry:

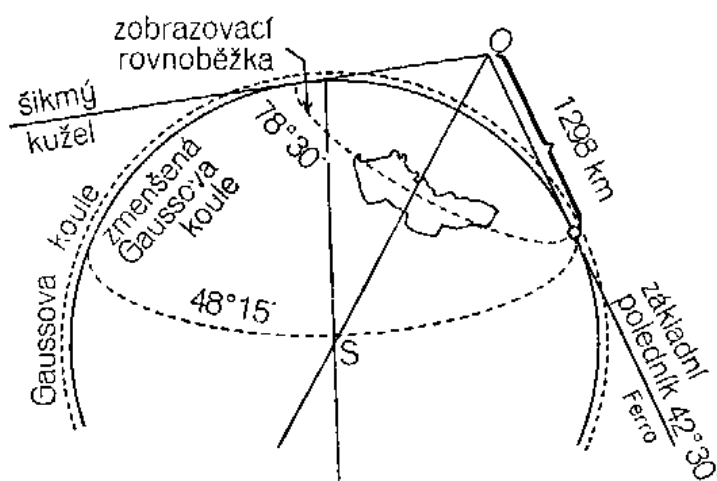
S-JTSK je určen Besselovým elipsoidem, Křovákovým konformním kuželovým zobrazením v obecné poloze. Za referenční bod se považuje Herrmanskogel (nařízení vlády č. 430/2006).

Křovákovo zobrazení

Křovákovo zobrazení bylo navrženo po vzniku Československé republiky tak, aby co nejlépe vystihovalo její tehdejší tvar (tedy vč. Podkarpatské Rusi) a poskytovalo co nejmenší zkreslení na celém území státu. I přes značné rozdíly v rozsahu a tvaru státního území je Křovákovo zobrazení kartografickým základem i pro geodetický souřadnicový systém České republiky (S-JTSK). Z hlediska matematické kartografie se jedná o zobrazení dvojité konformní kuželové v obecné poloze, které je pojmenováno po svém autorovi Ing. Josefu Křovákovi. Je používáno i v současné době (Buchar, 2007).

Vzhledem k tomu, že toto zobrazení je konformní, nezachovává velikost ploch zobrazených z elipsoidu do roviny a všechny plochy na mapě, resp. výměry parcel jsou ovlivněny kartografickým zkreslením. Na druhou stranu je Křovákovo zobrazení pro ČR velmi vhodné, dosahuje malých deformací a využívá se pro zobrazení katastrálních map (Skořepa, 1997).

Pravouhlá rovinná soustava je umístěna tak, že osu X tvoří přímý obraz základního poledníku ($\lambda = 42^\circ 30'$ východně od Ferra) a její kladný směr je orientován k jihu. Počátek byl vložen do obrazu vrcholu kužele. Tím byla celá republika umístěna do prvního kvadrantu (jedná se tedy jen o kladné souřadnice) a pro libovolný bod na území Československa platí relace $Y > X$ (Buchar, 2007).



Obr. 17: Křovákovo zobrazení

Zdroj: Čada-Robustní metody tvorby a vedení digitálních katastrálních map v lokalitách sáhových map, 2003

7.4 Katastrální souřadnicový systém gusterbergský

Katastrální souřadnicový systém gusterbergský je určen Cassiniovým (nebo Cassiniho)-Soldnerovým transversálním válcovým zobrazením, délkojevným v hlavních kružnicích, s plochou válce dotýkající se konvenčního základního poledníku a s osou válce ležící v rovině konvenčního rovníku. Počátek je v trigonometrickém bodě Gusterberg v Horním Rakousku (Voříšek, 2008).

7.5 Katastrální souřadnicový systém svatoštěpánský

Katastrální souřadnicový systém svatoštěpánský je určen stejně jako souřadnicový systém gusterbergský Cassiniovým nebo Cassiniho-Soldnerovým

transverzálním válcovým zobrazením, délkojevným v hlavních kružnicích, s plochou válce dotýkající se konvenčního základního poledníku a s osou válce ležící v rovině konvenčního rovníku. Počátkem v trigonometrickém bodě ve věži chrámu sv. Štěpána ve Vídni (nařízení vlády č. 430/2006 Sb.).

Cassini-Soldnerovo zobrazení

Toto zobrazení použil Cassini de Thury v 18. století pro mapu Francie, dále rozpracoval Soldner pro mapování Bavor počátkem 19. století. V Rakousku-Uhersku toto zobrazení bylo použito pro stabilní katastr (Hanzl, 1997).

Je to zobrazení příčné válcové ekvidistantní v polednicích. Válcová plocha se dotýkala ve zvoleném základním poledníku referenčního elipsoidu. Referenční elipsoid byl Zachův, později nazývaný katastrální (Maršíková a Maršík, 2006).

Základní poledník (kartografický rovník) a kartografické poledníky se nezakreslují. Základní poledník prochází středem území a leží v něm osa X. Použijeme-li k vyjádření polohy bodu na kouli pravouhlé souřadnice x , y , poté zobrazovací rovnice mají jednoduchý tvar $X = x$, $Y = y$ (Hanzl, 1997).

Mapy vyhotovené v příčném válcovém Cassini-Soldnerově zobrazení se nazývají také mapy čtvercové, jelikož zeměpisná síť poledníků a rovnoběžek se zobrazí jako čtvercová síť. Znamená to, že různě velké sférické lichoběžníky mezi poledníky a rovnoběžkami se zobrazují jako stejně veliké čtverce. Zobrazení je ekvidistantní v polednicích, kdy ve směru poledníku je délkové zkrácení nulové, zatímco ve všech ostatních směrech dochází ke zkrácení délek, největší ve směru kolmém na osu X (Maršíková a Maršík, 2006).

7.6 Výškový systém baltský po vyrovnání

Výškový systém baltský po vyrovnání je určen výchozím výškovým bodem, kterým je nula stupnice mořského vodočtu v Kronštadtu a souborem normálních výšek z mezinárodního vyrovnání nivelačních sítí (nařízení vlády č. 430/2006 Sb.).

7.7 Tíhový systém 1995

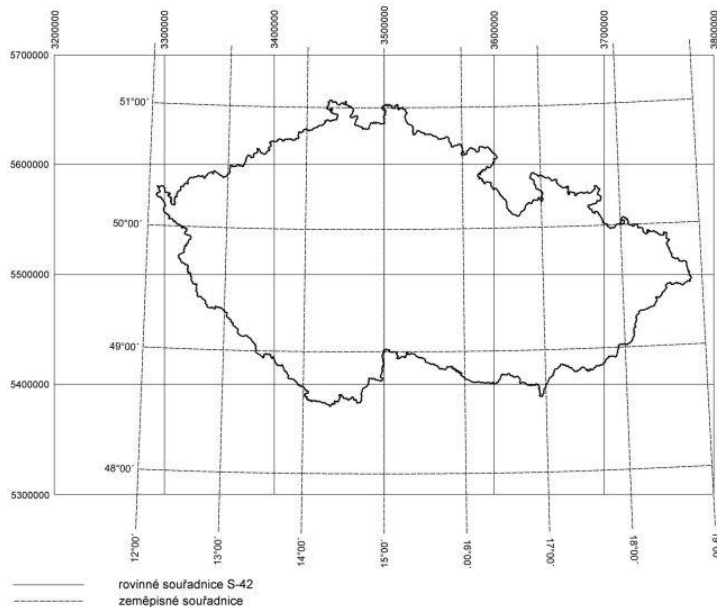
Tíhový systém 1995 je určen rozměrem a hladinou sítě, které jsou odvozeny z absolutních tíhových měření v mezinárodní gravimetrické síti. Dále je určen

souborem hodnot tíhového zrychlení z vyrovnání mezinárodní sítě (nařízení vlády č. 430/2006 Sb.).

7.8 Souřadnicový systém 1942 (S-42)

Systém 1942 (S- 42) byl poprvé použit pro vojenské topografické mapy po roce 1953 a je využíván ve vojenském sektoru dodnes. Pro tento souřadnicový systém bylo použito příčné válcové zobrazení konformní Gass-Krügerovo, zobrazení poledníkových pásů na Krasovského elipsoidu. V tomto zobrazení se povrch celého zemského elipsoidu rozděluje na poledníkové pásy a každý takto vzniklý pás se konformně zobrazí na samostatný válec, který se dotýká elipsoidu podél středního poledníkového pásu, tzv. základního poledníku. Jelikož se válec dotýká elipsoidu podél celého středního poledníku, ten se nezkrusluje a je zvolen za osou X. Ostatní poledníky se zkruslují a zobrazují se jako křivé čáry symetrické vůči základnímu poledníku. Obraz rovníku se volí za osou y a průsečík obou os je počátkem rovinné soustavy souřadnic. Obrazy rovnoběžek jsou vůči rovníku symetrické zakřivené čáry.

Délkové zkruslení se zvětšuje se čtvercem vzdálenosti od osy X. Proto se celý povrch elipsoidu rozděluje na 2°, 3° a 6° pásy. Důvodem je, aby zkruslení nepřevýšilo určité limity. Na našem území se používají 3° pro technickohospodářské mapy velkého měřítka (1:1000, 1:2000 a 1:5000) a 6° pásy pro topografické mapy středních a malých měřítek. Při 6° dělení se pásy číslovají arabskými číslicemi od 1 do 60. Území České republiky spadá do 33. a 34. poledníkového pásu se základními poledníky 15° a 21°. Přičemž do 34. patří jen malá část území. Při 3° dělení se pásy číslovají arabskými číslicemi od 1 do 120 počínaje 0° směrem na východ. Území naší republiky spadá do 4, 5. a 6 poledníkového pásu se základními poledníky 12°, 15° a 18°. Aby se poznalo, ve kterém pásu leží uvažovaný bod, připočte se k souřadnici Y hodnota vytvořená z čísla pásu počítaného od Greenwichského poledníku vynásobená hodnotou 106 (pro jednoduchost se přidá číslo pásu před číselnou hodnotu souřadnice y). Z praktických důvodu se počátek každé soustavy posunuje po ose Y o 500 km na západ, a tak všechny body severně od rovníku budou mít obě souřadnice kladné. V našem 33. šestistupňovém pásu bude tedy pro každý bod souřadnice Y zvětšena o hodnotu 3 500 000 metru (Lenhart, 2000).



Obr. 18 : Zobrazení ČR v souřadnicovém systému S-42
 Zdroj: Lenhart, Tvorba mop pro OB: Kartografie (online), 2000
 Dostupné z: <http://tvorbamap.shocart.cz>

8 TRANSFORMACE SOUŘADNIC

V geodézii je často nutné nebo vhodné změnit pravoúhle souřadnice polohově nebo prostorově určených bodů, ať jednotlivých nebo na určitém souvislém území, aniž se změní poloha bodu na fyzickém povrchu Země. Tato úloha se nazývá transformace souřadnic. Pod tímto pojmem se rozumí převod souřadnic z druhé souřadnicového systému do souřadnicového systému prvního. Podmínkou řešení je znalost souřadnic alespoň nutného počtu tzv. identických bodů v obou systémech (soustavách). Historicky starší jsou rovinné transformace, v nichž nejčastěji, ale ne vždy, je prvním systémem S-JTSK. Mnohdy byly náhradou za nové zpracování (například nové vyrovnání rozsáhlé sítě), které bylo při tehdejších výpočetních možnostech velmi pracné a časově náročné (Hánek a kolektiv, 2007).

Dnes tento problém prakticky odpadá, ale zato nastává nový. Máme z minulosti určeny polohové souřadnice mnoha stovek, tisíců i více bodů, které nechceme všechny znovu zaměřovat, ale máme nějaký nový podklad (například určité množství identických bodů, přesněji zaměřených), pomocí kterého chceme toto velké množství bodů do nových souvislostí převést (Cimbálník a Mervart, 1997).

8.1 Základní postupy přepočtu mezi souřadnicovými systémy

V případě, že chceme převádět data z jednoho systému do druhého, je to poněkud komplikovanější. Na našem území jsou závazné systémy S-JTSK, S-42 a WGS-84. Vzhledem k různé přesnosti polohových základů, na nichž jsou tyto systémy postaveny, neexistuje jednoznačně definovaná transformace pro přepočet mezi nimi. Každý systém byl vytvářen v jiné době, a tudíž pomocí jiných a různě přesných měřických metod. Z tohoto důvodu mají systémy různé umístění na elipsoidu i různé měřítko. Metody přepočtu se dají dělit podle různých kritérií.

Z pohledu pochopení základních rozdílů v aplikaci jednotlivých metod je vhodné rozdělit postupy na použití transformace v rovině a v prostoru. Především v GIS produktech se můžeme setkat se všemi způsoby transformacemi, především však s transformací v prostoru (Ježek a Sklenička, 2005).

U všech transformací je nejprve nutné vypočítat jejich parametry – konstanty v transformačních rovnicích, tzv. transformačních klíčích. Parametry transformačních klíčů se počítají z dostatečného množství identických bodů, u nichž jsou známy souřadnice v obou systémech. Minimální počet identických bodů a znalost jejich souřadnic jsou závislé na počtu proměnných v transformačních klíčích. Například pro tříprvkovou transformaci prostorových pravoúhlých souřadnic, kde jsou tři neznámé, je nutná znalost minimálně tří identických souřadnic. Teoreticky by stačilo mít pouze jeden identický bod se známými souřadnicemi X, Y a Z v obou systémech. Protože je však nutná kontrola správnosti výpočtu transformačního klíče, používají se vždy nadbytečné počty identických bodů, zpravidla vhodně rozmístěných po celém transformovaném území. Vypočtené parametry transformačního klíče se potom vyrovnávají vhodnou metodou, nejčastěji metodou nejmenších čtverců (MNČ), (Talhofer, 2007).

8.2 Transformace souřadnic v rovině

Tyto transformace se používají v případě, kdy máme k dispozici soubor souřadnicových údajů získaných z relativně malého území, který je třeba převést do jiného souřadnicového systému. Vstupní (získané, naměřené) souřadnice se označují příponou IN, zatímco výstupní (požadované, naměřené) s příponou OUT. Půjde zde o transformaci typu (Veverka a Zimová, 2008).

$$[X_{in}, Y_{in}] \rightarrow [X_{out}, Y_{out}]$$

U rovinných transformací jsou vstupem a výstupem rovinné pravoúhlé souřadnice. Z hlediska použití v matematické kartografii lze do tohoto typu transformací zařadit:

1. Shodnostní transformaci- zachovává měřítko (měřítkový koeficient $q= 1$); transformace má tedy tři parametry (dvě translace a rotaci); pro určení transformačního klíče jsou třeba alespoň dva identické body. Základní rovnice shodností transformace zní (Talhofer, 2007):

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} tx \\ ty \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega \\ \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix}$$

2. Podobnostní transformaci- transformace zachovává tvar (je konformní); q je různé od 1; pro tuto transformaci se používají dva a více identických bodů (Talhofer, 2007).
3. Afinní transformaci - je vhodná v případě, kdy je nutno použít dva rozdílné měřítkové faktory pro obě osy. Afinita nezachovává konformitu ani podobnost. Kružnice se transformuje na elipsu, čtverec na obdélník. Svazek rovnoběžných přímek se zobrazí opět jako svazek rovnoběžných přímek ale pod jiným úhlem. Pro určení transformačních koeficientů jsou nutné tři identické body (Veverka a Zimová, 2008).

Afinní transformace je jedna z nejpoužívanějších transformací pro nejrůznější účely v oborech geodézie, kartografie, GIS, DPZ, počítačová grafika apod. Její použití v určitém specifickém případě je však limitováno požadavky na přesnost polohy transformovaných bodů v dané zájmové oblasti (Soukup, 2006).

Helmertova rovinná lineární konformní transformace

Je vhodná pro rovinné systémy typu X, Y , jejichž počátky jsou vzájemně posunuty o hodnoty $\Delta x, \Delta y$, souřadné osy jsou vůči sobě stočeny o úhel β a ve směrech obou souřadnicových os platí měřítkový faktor m . Souřadnicové systémy mohou být mírně nestejnorodé (Veverka, 2006).

Helmertova transformace je residuální, to znamená, že na identických bodech, kterých může být mnoho, nezískáme identické souřadnice, ale souřadnice odlišené jako výstup z výpočtu. Tato rovinná transformace patří, mezi evropskými geodety, k jedné z nejoblíbenějších metod přepočtu souřadnic mezi dvěma nepříliš odlišnými souřadnicovými systémy. Transformační rovnice mají tvar: (Veverka a Zímová, 2008).

$$X_{out} = m (X_{in} \cos \beta - Y_{in} \sin \beta) + \Delta x$$

$$Y_{out} = m (X_{in} \sin \beta + Y_{in} \cos \beta) + \Delta y$$

8.3 Transformace souřadnic v prostoru

Řeší vztah mezi dvěma elipsoidy, jejichž centra jsou od sebe v prostoru posunuta o hodnoty ΔX , ΔY , ΔZ . Dále je potřeba uvažovat náklon osy X o úhel α , osy Y o úhel β a osy Z o úhel γ a „měřítkový“ faktor q zohledňující relaci zploštění obou elipsoidů relací $q = 1+m$, kde m je délkové měřítko. S ohledem na počet neznámých (jedna změna měřítko, tři posuny centra, tři úhlové rotace), se toto řešení označuje jako sedmiprvková či sedmiparametrická Helmertova prostorová transformace (Veverka a Zímová, 2008).

Prostorové transformace mezi souřadnicovými systémy jsou základem při převodu modelových souřadnic do systému geodetického. V geodetické praxi se dnes transformace souřadnic v prostoru používá více než před deseti či dvaceti lety. Příčinou je rozvoj metod kosmické geodézie (Cimbálník a Mervart, 2002).

Vstupem a výstupem prostorových transformací jsou buďto geocentrické souřadnice nebo zeměpisné souřadnice. V obou případech je možné v těchto transformacích uvažovat i výšky bodů – nadmořské nebo elipsoidické – nebo uvažovat polohu bodů pouze na povrchu referenčních elipsoidů, resp. referenčních koulí. Do tohoto typu transformací se zařazují:

1. Tříprvková transformace – Patří mezi nejjednodušší transformací mezi referenčními systémy. Rozdíl mezi původním a novým referenčním systémem geocentrických souřadnic je pouze v lineárním posunu počátků obou systémů.
2. Moloděnského transformace - Moloděnského transformace umožňuje přímou transformaci zeměpisných souřadnic definovaných v souřadnicových systémech, aniž je nutný jejich převod do prostorových pravoúhlých

souřadnic. K této transformaci je nutná znalost parametrů původního elipsoidu (Talhofer, 2007).

3. Sedmiprvková transformace - Přesnější a komplexnější transformace využívající prostorové pravoúhlé souřadnice. Někdy se tato transformace nazývá i jako prostorová podobnostní transformace. Vedle lineárních posunů je zde uvažováno i se třemi rotacemi kolem původních os (r_x , r_y a r_z) a se změnou měřítka - měřítkovým faktorem $m=1+\mu$. Transformační rovnice zní (Talhofer, 2007)

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = (1 + m)R \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}$$

8.4 Transformace mezi souřadnicovými systémy

Při transformaci mezi souřadnicovými systémy je nutno při volbě typu transformace uvážit vlastnosti zobrazení. V případě geodetických systémů, které jsou většinou konformní, použijeme podobnostní transformaci, která konformitu zachová. Na menším území (například 10x10 km) vystačíme s transformací lineární-Helmertova transformace. Na větších územích je nutno použít podobnostní transformaci vyššího řádu. Obecní transformační rovnice pro konformní zobrazení má tvar:

$$X + iY = f(x + iy)$$

Při transformaci mezi souřadnicovými systémy, kdy jeden nebo oba nejsou konformní je nutno uvážit velikost prostoru, pro který budeme transformaci provádět, typ zobrazení z hlediska zkreslení a přesnost souřadnic, kterou pro daný účel potřebujeme. Po zvážení těchto hledisek volíme některou z transformací: podobnostní, afinní nebo polynomickou (Hanzl, 1997).

8.5 Transformace souřadnic ze systému WGS-84 do systému S-JTSK

Jestliže chceme porovnávat údaje GPS s údaji v mapě, je nutné, aby tyto údaje byly vyjádřeny ve stejném souřadnicovém systému, ve kterém je zobrazena mapa. Poloha přijímače GPS je implicitně udávána v souřadném systému WGS-84. Přijímače pak zpravidla nabízejí určitý počet systémů, z nichž si uživatel může zvolit ten, do kterého bude poloha přepočtena (Cimbálník, 1995).

Jak již bylo zmíněno, systém WGS-84 je definován souborem pozemních stanic a polohami družic navigačního systému GPS a představuje tak geocentrický absolutní souřadnicový systém. Systém S-JTSK byl definován na bázi trigonometrické sítě a vykazuje nepravidelné měnící se lokální deformace. Z tohoto důvodu neplatí mezi oběma systémy přesný transformační klíč (Kostelecký, 1993).

K transformaci souřadnic i jen jednotlivých určovaných bodů do S-JTSK se použije některý transformačních programů schválených ČÚZK. Pro určení transformačního klíče se zvolí vhodný počet identických bodů, nejméně však čtyři, z blízkého okolí určovaných bodů. Souřadnice těchto bodů nesmí být ani v jednom souřadnicovém systému, mezi kterými se transformace provádí, určeny s přesností nižší, než jaká je požadována u určovaných bodů. Z využitelných bodů je nutno volit ty, které jsou v zaměřované lokalitě rozmístěny rovnoměrně, a tak, aby jejich počet byl úměrný její velikosti a žádný určovaný bod nebyl vzdálen vně od spojnice k němu nejbližších identických bodů o více než je 1/10 délky této spojnice. Jestliže je lokalita tak rozsáhlá, že by vzhledem k její velikosti mohlo dojít k potlačení smyslu transformace, která vystihuje místní podmínky, je nutno lokalitu rozdělit na několik menších dílčích lokalit a při výběru bodů dodržet jejich překryt mezi jednotlivými dílčími lokalitami. Zvláštní pozornost volbě bodů transformačního klíče a jejich překrytu je třeba věnovat především u lokalit, jejichž tvar má liniový charakter. Nelze použít jeden transformační klíč pro lokality přesahující velikost území 4 triangulačních listů, u lokalit ve tvaru linie pak 3 triangulačních listů.

Pro udržení homogenity výsledků měřických prací se doporučuje v případech, kdy je to možné, používat v dané lokalitě pro veškeré měřické práce vždy tytéž transformační vztahy včetně volby matematického postupu transformace. Připojení do geocentrického souřadnicového systému shodného se systémem, ve kterém byly transformační vztahy určeny, se provede pomocí nejméně dvou společných bodů (Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod, 2007).

Převod mezi systémy S-JTSK a WGS-84

Při určování souřadnic pomocí GPS potřebujeme transformovat souřadnice ze systému WGS84 do S-JTSK. Nadmořské výšky není možné jednoduše přidat k rovinným souřadnicím X, Y jako souřadnici Z a pak provést prostorovou transformaci, protože tížnice nejsou rovnoběžné přímkami. Proto se volí následující postup. Souřadnice X, Y (S-JTSK) identických bodů se převedou na souřadnice φ , λ na Besselově elipsoidu. Od zeměpisné délky φ odečteme $17^{\circ}40'$, aby orientace os

obou elipsoidů byla blízka. Prostorové souřadnice na Besselově elipsoidu získáme z následujících vzorců:

$$X = (N + H) \cos \varphi \cos \lambda, Y = (N + H) \cos \varphi \sin \lambda, Z = (N (1 - e^2) + H) \sin \varphi$$

Transformační klíč prostorové podobnosti transformace mezi WGS-84 a S-JTSK má sedm parametrů: m , α , β , γ , t_x , t_y , t_z , tj. měřítkový koeficient, tři rotace kolem souřadnicových os a tři translace (Hanzl, 1997).

9 Volba a identifikace zobrazení

Při volbě kartografického zobrazení je třeba nejprve vzít v úvahu účel, ke kterému bude mapa sloužit, posoudit požadavky na vlastnosti mapy a uvážit kde se budou mapy používat. A pak vhodně zvolit kartografické zobrazení, kterých existuje přibližně 300, z nichž je 50 jednoduchých a 250 obecných. V praxi se jich používá jen několik desítek. Kartograf musí posoudit velikost, tvar a polohu území určeného k zobrazení, měřítko a rozměry map (Voženílek, 2001).

10 Závěr

Problematika souřadnicových systémů je složitá, protože existuje velké množství systémů. Každý systém má různé využití, avšak každý uživatel si díky transformacím může souřadnicové systémy kombinovat a upravovat tak, aby vyhovovaly co nejvíce danému účelu. Neustálý vývoj souřadnicových systémů ukazuje, že obor kartografie je velmi dynamický. S vypuštěním prvních umělých družic se naskytla možnost vytvářet první celosvětové (globální) souřadnicové systémy. S jejich přesností to nebylo zpočátku jednoduché, ale v současnosti se dostáváme na přesnost jednotek centimetrů. Zvýšení přesnosti bylo způsobeno zvýšením přesnosti původních, a vývojem nových, pozorovacích metod kosmické geodézie.

Souřadnicový systém je platný pro území celého státu, ve kterém se provádí mapování a vyhotovují se listy státních mapových děl. Na území jednoho státu může být zákonem povoleno užívání více souřadnicových systémů. Při této práci došlo k zjištění, že na území České republiky je používáno osm souřadnicových systémů. Nejvíce je využíván systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (JTSK), který je využíván již osmdesát let. V posledních dvaceti letech došlo k rozšíření i Světového geodetického referenčního systému (WGS-84), z důvodu NATO.

V poslední části bakalářské práce je uvedena transformace souřadnic. Transformace se provádí pro převádění souřadnic z jednoho systému do druhého. Podstata transformace souřadnic spočívá ve změně souřadnic bodů, aniž by došlo ke změně jejich polohy na zemském povrchu. Hlavní důvod pro transformaci souřadnic jsou rozdílné souřadnicové systémy a snaha vyhnout se novému přeměřování.

Zhodnocení transformací:

Rovinné transformace umožňují přímo transformovat rovinné pravoúhlé souřadnice z jednoho zobrazení do druhého. Použití rovinných transformací je však omezoováno územním rozsahem. V těchto transformacích není možné zahrnout vlivy všech druhů zkreslení a proto je jejich použití pro větší rozsah území nevhodné. Zejména se dají použít pro transformace na malých územích.

Dále jsem se zmiňovala o afinní transformaci, která je využívána pro digitalizaci z map s různou délkovou srážkou v různých směrech (např. mapy pozemkového katastru, xeroxové kopie map, které mají často velmi rozdílnou srážku v obou osách), další využití je poté ve fotogrammetrii. V současnosti vzrůstá význam prostorové transformace, jejíž užití nebylo v minulosti tak časté, zejména v souvislosti s rozmachem využití metod globálního polohového systému (GPS) v geodézii. V minulosti se především prostorová transformace využívala pro leteckou fotogrammetrii.

11 POUŽITÁ LITERATURA

1. ARNBERGER Erik: Handbuch der thematischen Kartographie, Wien 1966.
2. BUCHAR Petr a HOJOVEC Vladislav: Matematická kartografie 10, vydavatelství ČVUT 1996.
3. BUCHAR Petr: Matematická kartografie, Praha: Nakladatelství ČVUT 2007.
4. BRÁZDIL Rudolf: Úvod do studia planety Země. 1. vyd. Praha: SPN, 1988.
5. CIMBÁLNÍK Miloš: *Vyšší geodézie: souřadnicové soustavy: doplňkové skriptum*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT 1995.
6. CIMBÁLNÍK Miloš: *Vyšší geodezie geometrická a geodetické polohové základy: doplňkové skriptum*, vydavatelství ČVUT, Praha 1992.
7. CIMBÁLNÍK Miloš, MERVART Leoš: *Vyšší geodézie 1*, vydavatelství ČVUT 1997.
8. ČADA Vojtěch: *Robustní metody tvorby a vedení digitálních katastrálních map v lokalitách sáhových map*. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze 2003.
9. FIALA František: *Matematická kartografie*, NČSAV, Praha 1955.
10. *Geodetické referenční systémy v České republice: vývoj od klasických ke geocentrickým souřadnicovým systémům*. 1. vyd. Praha: VÚGTK 1998.
11. HÁNEK Pavel, HÁNEK Pavel ml., MARŠÍKOVÁ Magdaléna: *Geodézie pro obor pozemkové úpravy a převody nemovitostí*, Jihočeská univerzita v ČB, ZF 2007.

12. HANZL Vlastimil: Matematická kartografie, Fakulta stavební VÚT v Brně 1997.
13. HOJOVEC Vladislav: Matematická kartografie: Určeno pro stud. fak. stavební. 4. vyd. Praha: České vysoké učení technické 1991.
14. HOJOVEC Vladimír, KOVAŘÍK Jaroslav: Matematická kartografie, Praha, ČVUT 1997.
15. HOJOVEC Vladimír a kolektiv: Kartografie, Geodetický a kartografický podnik v Praze 1987.
16. HUML Milan, BUCHAR Petr, MIKŠOVSKÝ Miroslav, VEVERKA Bohuslav: Mapování a kartografie, vydavatelství ČVUT 2001.
17. HUML Milan, MICHAL Jaroslav: Mapování 10, Vydavatelství ČVUT 2001.
18. JEŽEK Jan, SKLENIČKA Radek: Transformace souřadnicových systému ve vybraných gis produktech, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2005.
19. KLÍMA Jan: Dějiny Portugalska. Nakladatelství Lidové noviny: Praha, 2007.
20. KOSTELECKÝ Jan: K převodu výsledků měření mezi aparaturami GPS do souřadnicového systému S-JTSK, Geodetický a kartografický obzor, ročník 39/81, 1993.
21. KOSTELECKÝ Jan: Souřadnicové systémy, Zákrytový zpravodaj – hvězdárna v Rokycanech, únor 2011.
22. KOVAŘÍK Jaroslav, Veverka Bohuslav: Kartografická tvorba, vydavatelství ČVUT 1980.
23. KUMAR Muneendra: World Geodetic System 1984: a reference frame for global mapping, charting and geodetic applications, Surveying and Land Information Systems, 1993.

24. MARŠÍKOVÁ Magdaléna, MARŠÍK Zbyněk: Kartografie, Jihočeská univerzita v ČB,ZF 2006.
25. MORRISON J., L.: bývalý prezident Mezinárodní kartografické asociace – ICA, Reston, Virginie, USA
26. Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography, Mnohojazyčný výkladový slovník technických termínů v kartografii, Mezinárodní kartografická asociace, Wiesbaden 1973.
27. Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání.
28. Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální 2007.
29. PÝŠEK Jiří: Matematická kartografie: třída jednoduchých, vyd. Plzeň: ZČU-Pedagogická fakulta 1995.
- RATIBORSKÝ Jan: Geodezie 20, ČVUT – fakulta stavební, v Praze 2002
30. SKOŘEPA Zdeněk: Řešení konformního zobrazení České republiky pomocí programu MATLAB, Geodetický a kartografický obzor, 1997.
31. SOUKUP Lubomír: Možnosti a limity použití afinní transformace pro georeferencování, GEOS 2006.
32. SRNKA Ekhart: Matematická kartografie. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie 1986.
33. TALHOFER Václav: Základy matematické kartografie, univerzita obrany - fakulta vojenských technologií, Brno 2007.

34. TUČEK Ján: Geografické informační systémy. Principy a praxe. 1. vyd. Brno: Computer Press 1998.
35. United Nations, Department of Social Affairs, 1949.
36. VEVERKA Bohuslav, ČECHUROVÁ Monika: Kartografické metody výzkumu a jejich uplatnění v geografii, Katedra geografie, ZČU v Plzni 2008.
37. VEVERKA Bohuslav: Souřadnicové transformace v geoinformatice, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mapování a kartografie 2006.
38. VEVERKA Bohuslav, ZÍMOVÁ Růžena: Topografická a tematická kartografie, Praha: ČVUT 2008.
39. VOŘÍŠEK Pavel: Geodetické referenční systémy, VOŠ a SŠS Vysoké Mýto 2008.
40. VOŽENÍLEK Vít: Aplikovaná kartografie I – tematické mapy, Olomouc: Univerzita Palackého 2001.

Internetové zdroje:

1. Cuzk: Český úřad zeměměřický a katastrální. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>.
2. Geomatika. [online]. ZČU v Plzni [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.gis.zcu.cz/>, fakulta aplikovaných věd.
3. Sagit. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://www.sagit.cz>, nakladatelství ekonomické a právnické literatury Ostrava.
4. ZDENĚK Lenhart, Tvorba map pro OB: Kartografie. [online]. 2000. vyd. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://tvorbamap.shocart.cz>.