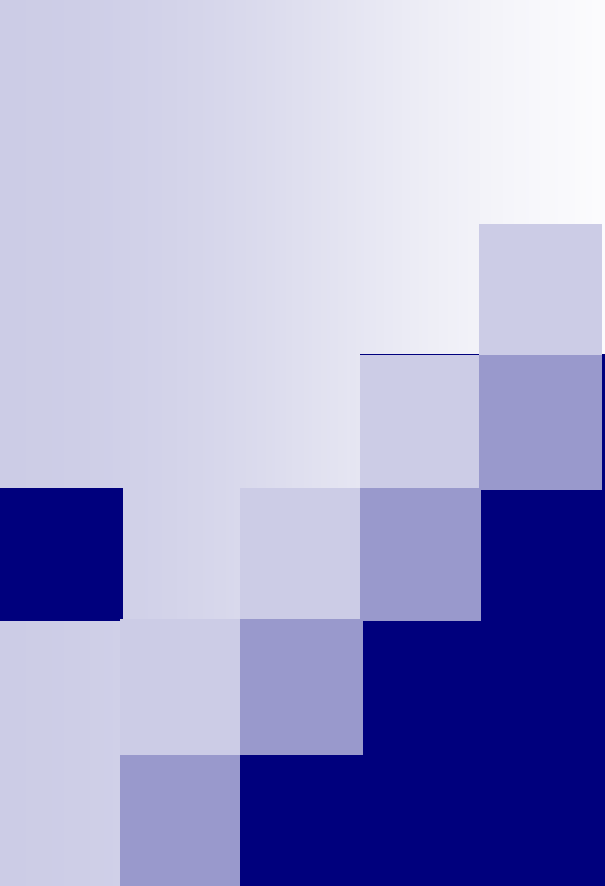




Zobrazení

Geografická kartografie
Přednáška 4

... kartografické zobrazení ...

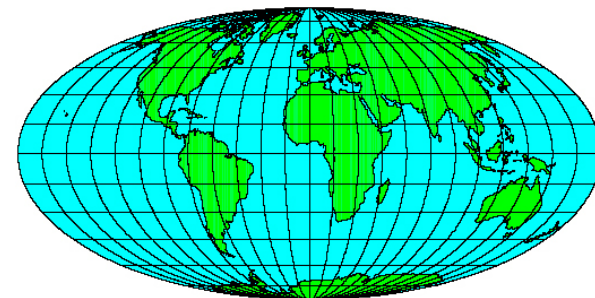
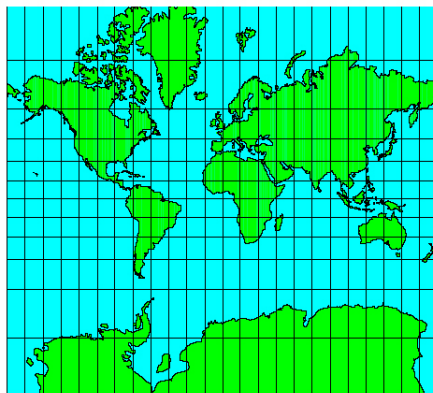
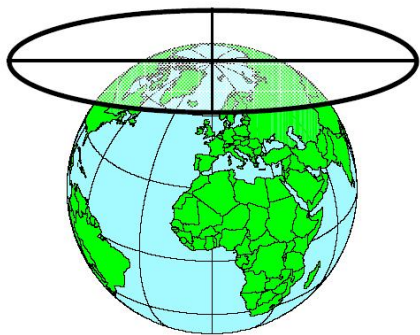
- *způsob, který každému bodu na referenční ploše přiřazuje právě jeden bod na zobrazovací ploše (výjimkou jsou ovšem singulární body)*
- *různá zobrazení jsou nevyhnutelná, aby se zkreslení (úhly, délky a plochy) neměnilo nahodile a vztah mapy k referenční ploše byl zákonitý a vytvářel vhodný obraz*
- *zobrazení jsou určeny pomocí zobrazovacích rovnic*
 - *vlevo bývají souřadnice v rovině mapy, vpravo funkce souřadnic na referenční ploše*
 - *tvar těchto funkčních závislostí se mění podle vlastností zobrazení*
 - *zobrazovací rovnice vznikly zpravidla odvozením z požadavků na zobrazení*
- *zobrazovací rovnice:*
 - $x=f(\varphi,\lambda), y=f(\varphi,\lambda)$
- *3 parametry: délky, plochy, úhly*
- *nelze sestavit mapu, kde by byly všechny parametry zachovány*

Kartografické zobrazení

- *převod referenční na zobrazovací plochu*
- *referenční plocha*
 - *elipsoid, rovina*
 - *koule (poloha bodu je vyjádřena v ϕ a λ)*
- *zobrazovací plocha (poloha obrazu bodu v x a y nebo ρ a ε)*
 - *rovina*
 - *plášť válce*
 - *plášť kužele*
- *celkem existuje asi 300 zobrazení (z toho asi 50 je jednoduchých a 250 obecných)*
- *v praxi se však používá jen několik desítek zobrazení*
- *v atlasech jich bývá 5-10*

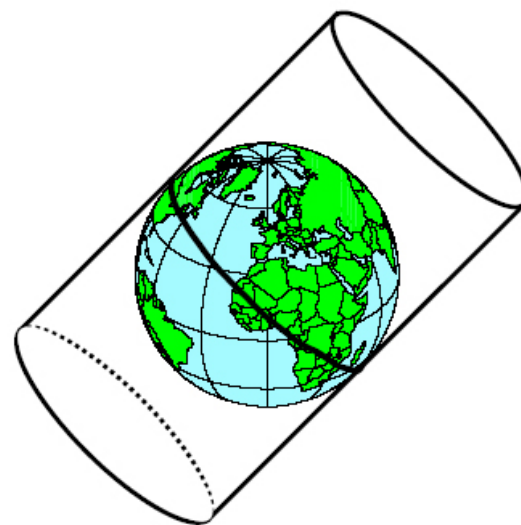
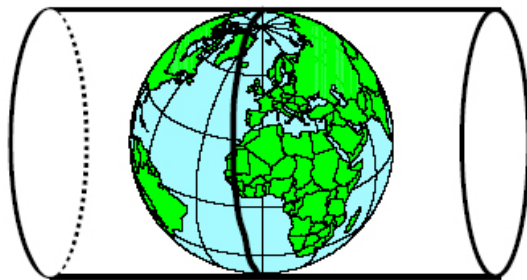
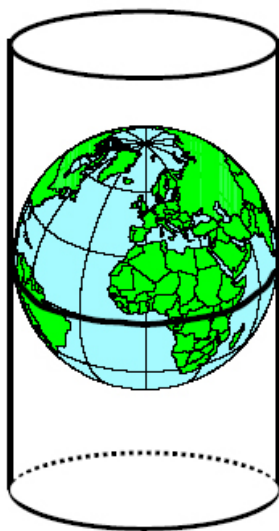
Klasifikace kartografických zobrazení

- 1) *podle zobrazovací plochy*
 - *jednoduchá (pravá, prostá)*
 - *převedení referenční roviny přímo do zobrazovací plochy*
 - *obecná (konvencionální, smluvní)*
 - *konstrukci nelze názorně vysvětlit prostřednictvím zobrazovací plochy*
 - *geodetická*
 - *speciální typy zobrazení se složitým matematickým výpočtem, používají referenční elipsoid*



Klasifikace kartografických zobrazení

- 2) podle polohy konstrukční osy
 - normální (polární) poloha
 - mapy světa, mapy polárních oblastí
 - příčná (transverzální) poloha
 - používá se nejméně, mapy polokoulí
 - šikmá (obecná) poloha



Klasifikace kartografických zobrazení

- 3) *podle vlastností z hlediska zkreslení*
 - *plochojevná (stejnoplochá, ekvivalentní)*
 - *úhlojevná (stejnoúhlá, konformní)*
 - *vyrovnávací (kompenzační)*
 - *včetně délkojevných (ekvidistatních) zobrazení*
 - *podle poledníků*
 - *podle rovnoběžek*

Jednoduchá kartografická zobrazení

- *společné vlastnosti*

- ☐ *převod referenční plochy na jednoduché zobrazovací plochy (viz výše rovina nebo plášť válce či kužele)*
- ☐ *v zobrazovacích rovnicích se vyskytuje pouze jedna proměnná*

- *tedy každá z rovinných souřadnic se dá vyjádřit funkcí jediné sférické (zeměpisné) souřadnice*

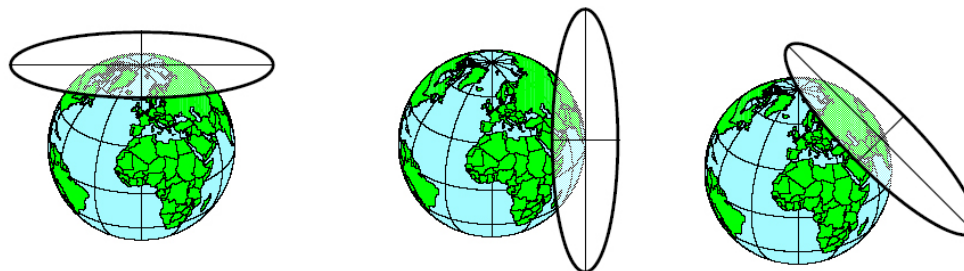
- ☐ *v normální poloze*

- *přímkové obrazy poledníků*
 - *kruhové či přímkové obrazy rovnoběžek*
 - *protínání těchto obrazů pod pravými úhly (tzv. ortogonální zobrazení)*

Jednoduchá kartografická zobrazení

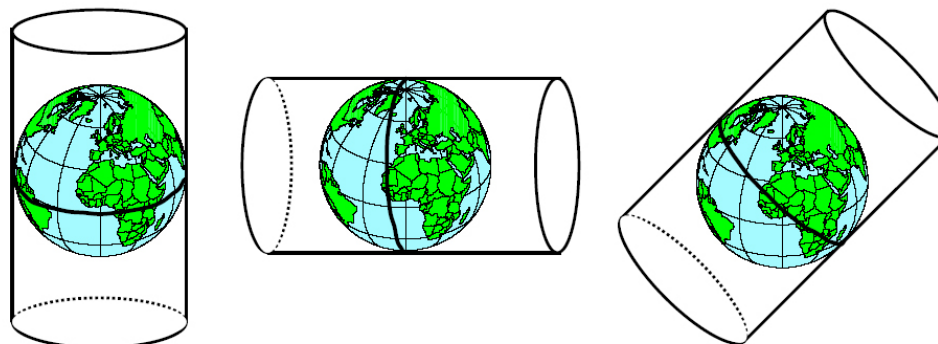
- azimutální

- *normální*
- *příčná*
- *šikmá*



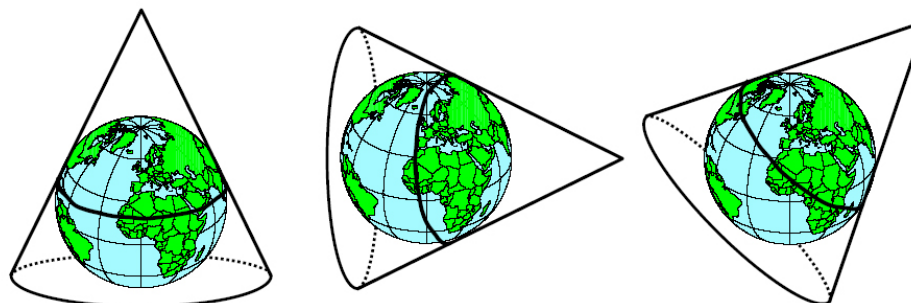
- válcová

- *normální*
- *příčná*
- *šikmá*



- kuželová

- *normální*
- *příčná*
- *šikmá*



Azimutální zobrazení

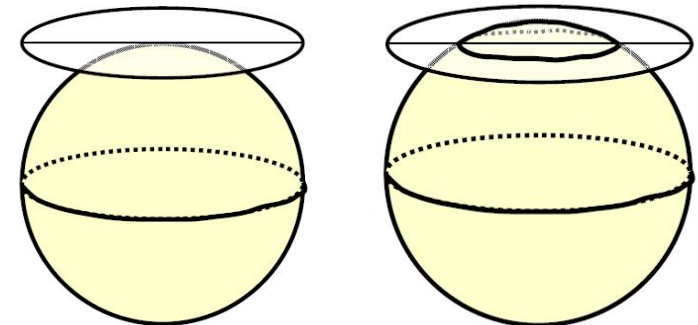
■ *společné vlastnosti:*

- *zobrazení referenční plochy do roviny (tečné či teoreticky i sečné v různých polohách)*
- *dotykový bod zároveň konstrukčním pólem*
- *souřadnicová osa v obrazu základního poledníku*
- *zobrazovací rovnice udávají polární rovinné souřadnice ρ a ε*
- *obrazy poledníků v normální poloze tvoří trs paprsků (polopřímek) vycházejících z pólu (úhel mezi poledníky je stejný v mapě jako na glóbu)*
- *obrazy rovnoběžek v normální poloze tvoří soustředné kružnice se středem v pólu (pól je zobrazen jako bod)*
- *pro území kruhového charakteru – nejvíce pro polární oblasti*

■ obecné rovnice

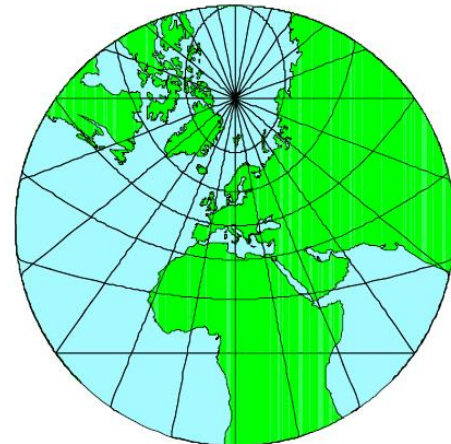
$$\rho = r^* f(\delta)$$

$$\varepsilon = \lambda$$

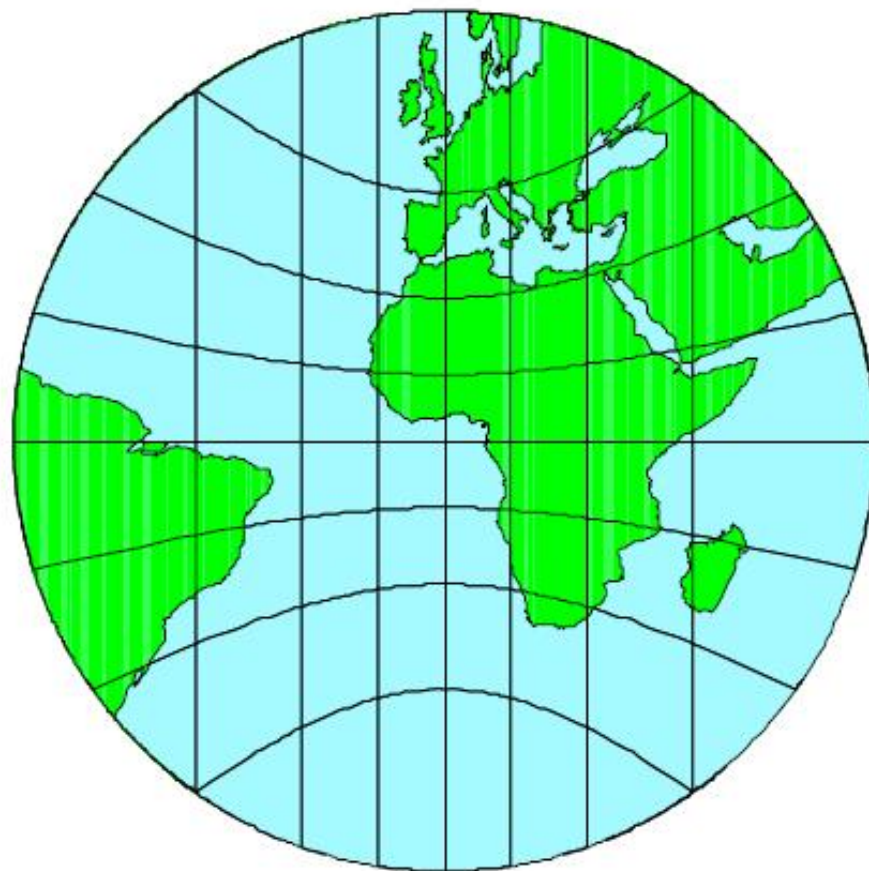
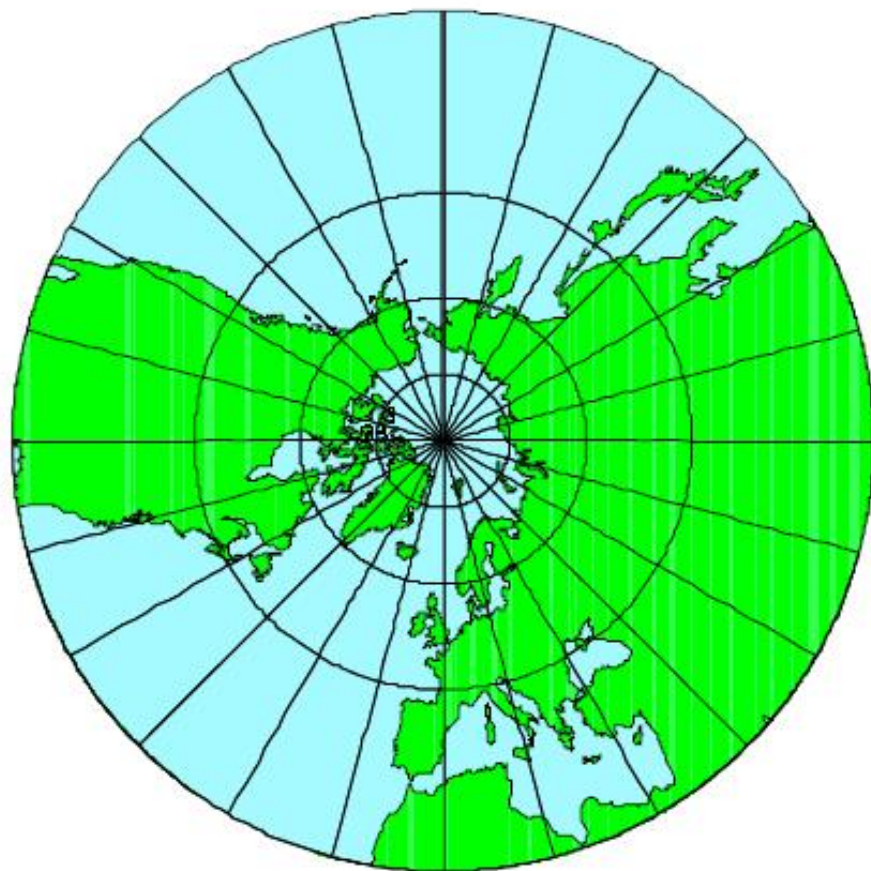


Gnómonická projekce

- *Thales z Milétu, 7. stol. př. n. l.*
- *jedná se o projekci ze středu Země*
- *poledníky a ortodromy (tedy všechny hlavní kružnice) se zobrazují jako přímky*
- *rovnoběžky se zobrazují jako kuželosečky (v normální poloze – kružnice)*
- *nelze zobrazit rovník – promítá se do nekonečna*
- *vzdálenosti rovnoběžek od středu rychle narůstají*
- *zkreslení od pólů k rovníku narůstá*
- *využívá se pro navigační účely a pro zákres ortodrom – do jiných zobrazení se překreslí průsečíky se zeměpisnou sítí*
- *zobrazovací rovnice*
 $\varepsilon = \lambda$
 $\rho = \operatorname{tg} \delta$

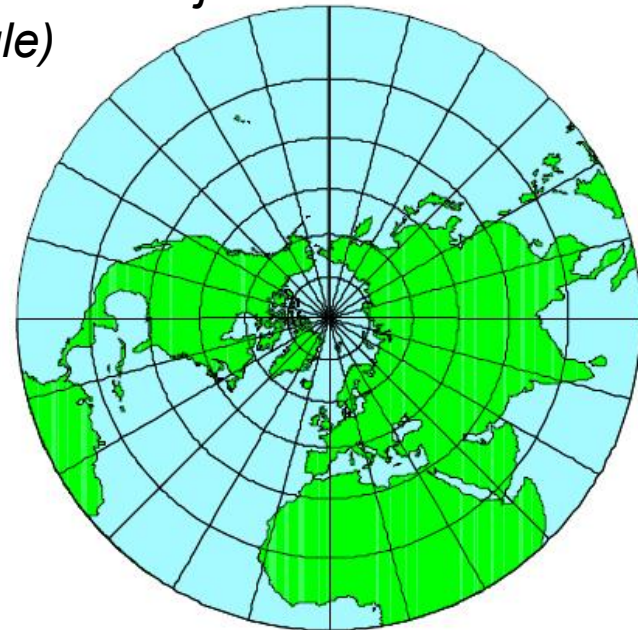


Gnómonická projekce



Stereografická projekce

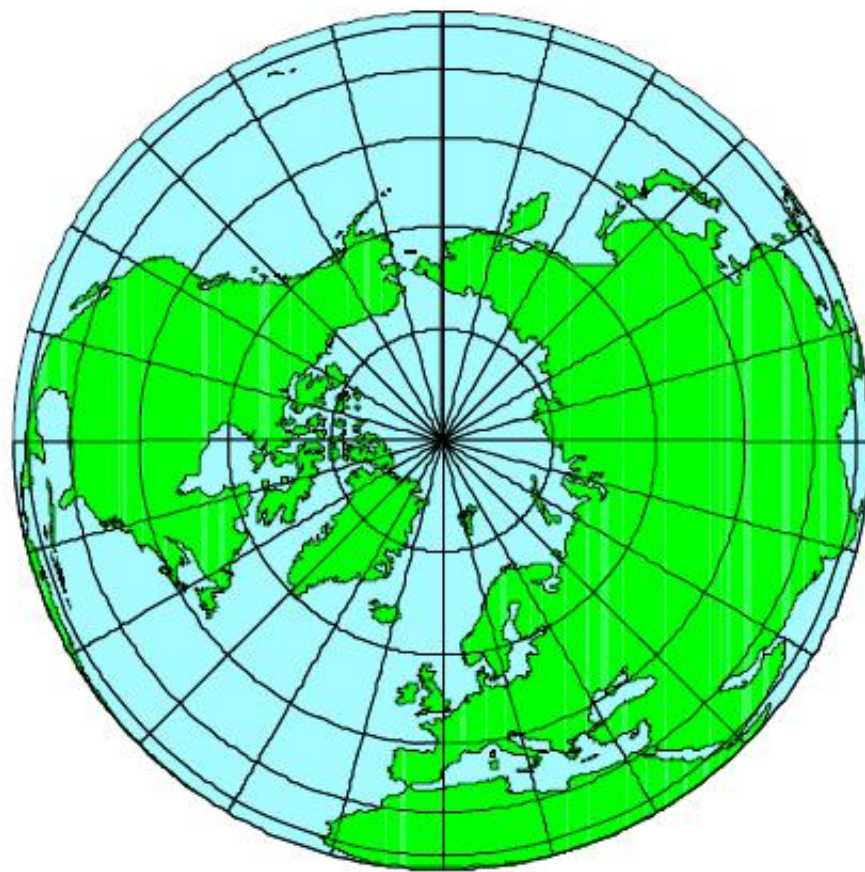
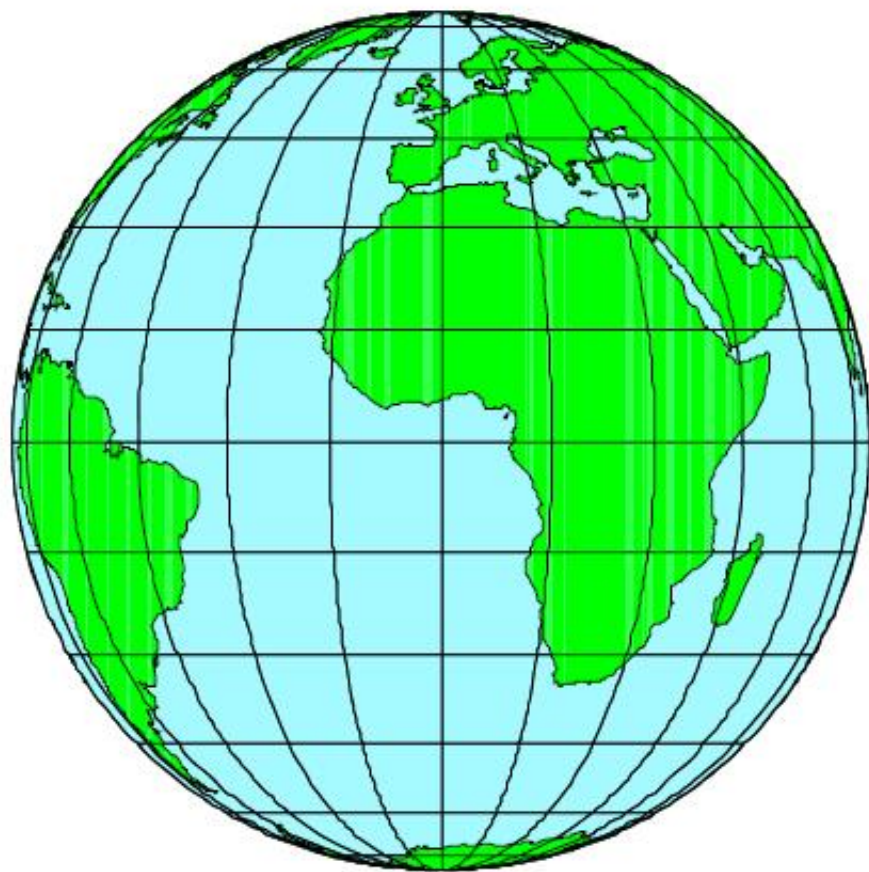
- Hipparchos z Nikeje, 2. st. př. n. l.
- jedná se o projekci z bodu protilehlého dotykovému
- úhlojevné
- všechny kružnice na glóbu se zobrazují opět jako kružnice (přímkové obrazy hlavních kružnic, které procházejí dotykovým bodem, jsou speciální případy nekonečného poloměru kružnice)
- vzdálenosti rovnoběžek se od středu mapy postupně zvětšují
- poloměr obrazu rovníku je $2r$ (r je poloměr polokoule)
- nelze zobrazit celý svět
- využití v geodézii a astronomii
- zobrazovací rovnice
 $\rho = 2r * \tan \delta/2$
 $\varepsilon = \lambda$



Ortografická projekce

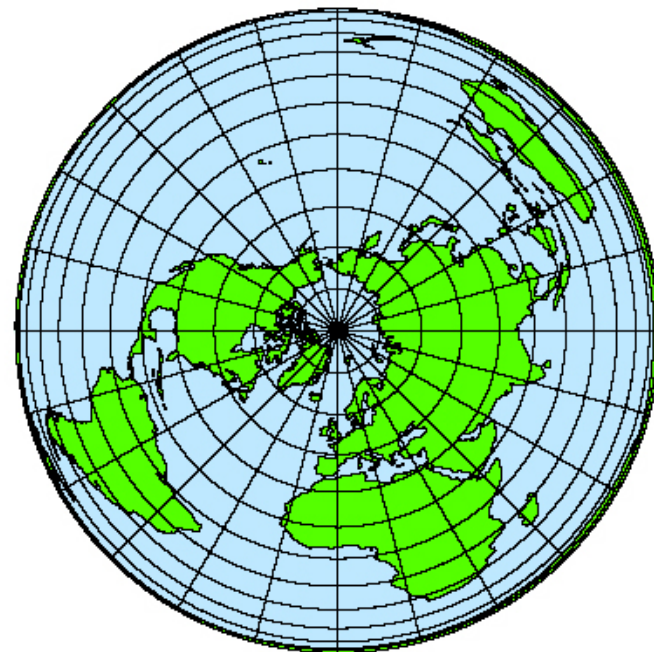
- *Appollonius, 3. stol. př. n. l.*
- *jedná se o projekci z nekonečně vzdáleného bodu*
- *délkojevné podle rovnoběžek*
- *plošné zkreslení narůstá k rovníku*
- *v příčné poloze poledníky jako části elips a rovnoběžky jako rovnoběžné přímky*
- *v obecné poloze obojí jako elipsy*
- *vzdálenosti mezi obrazy rovnoběžek se rychle zmenšují od středu k okrajům*
- *lze zachytit maximálně jednu polokouli*
- *pro zobrazení jiných vesmírných těles – zobrazení je podobné pohledu pozorovatele ze Země*
- *zobrazovací rovnice*
$$\rho = r * \sin \delta$$
$$\varepsilon = \lambda$$

Ortografická projekce



Lambertovo zobrazení

- *Johann Heinrich Lambert (1772)*
- *plochojevné*
- *často užívané ve školních atlasech (15% map)*
- *v příčné a obecné poloze mají obrazy poledníků i rovnoběžek složité křivky*
- *lze zobrazit celou Zemi, obvykle se však zobrazuje pouze polokoule, dále je obraz již značně zkreslený*
- *vzdálenosti mezi obrazy rovnoběžek se pozvolna zmenšují od středu k okrajům*
- *zobrazovací rovnice*
$$\rho = 2r * \sin \delta/2$$
$$\varepsilon = \lambda$$



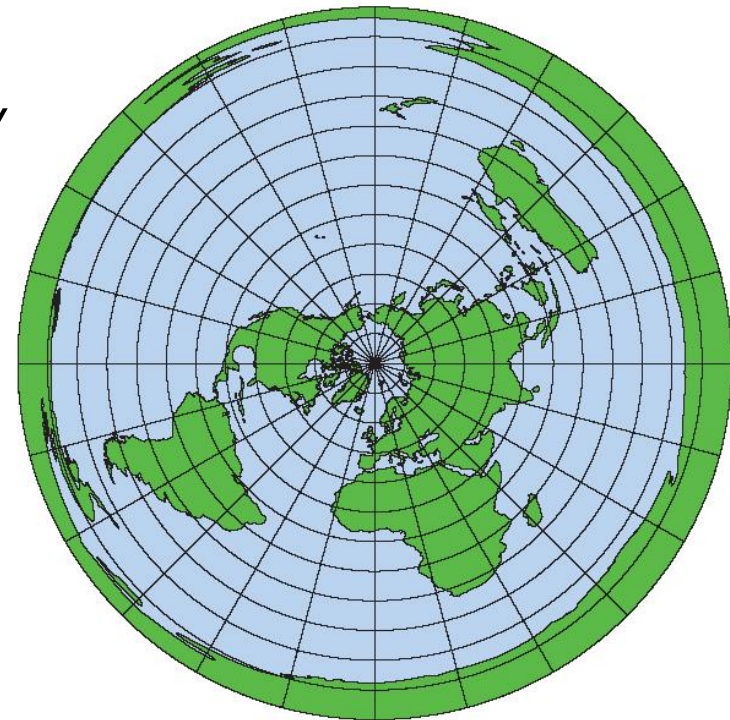
Postelovo zobrazení

- *Guillaume Postel (1581)*
- *konstrukčně nejjednodušší*
- *délkojevné podle poledníků*
 - *tedy vzdálenosti rovnoběžek jsou v jakékoliv poloze zobrazovací plochy na středním poledníku stejné*
- *umožňuje zobrazit celou Zemi*
- *v jiné než normální poloze jsou poledníky a rovnoběžky velmi složité křivky*

- *zobrazovací rovnice*

$$\rho = r * \arccos \delta$$

$$\varepsilon = \lambda$$

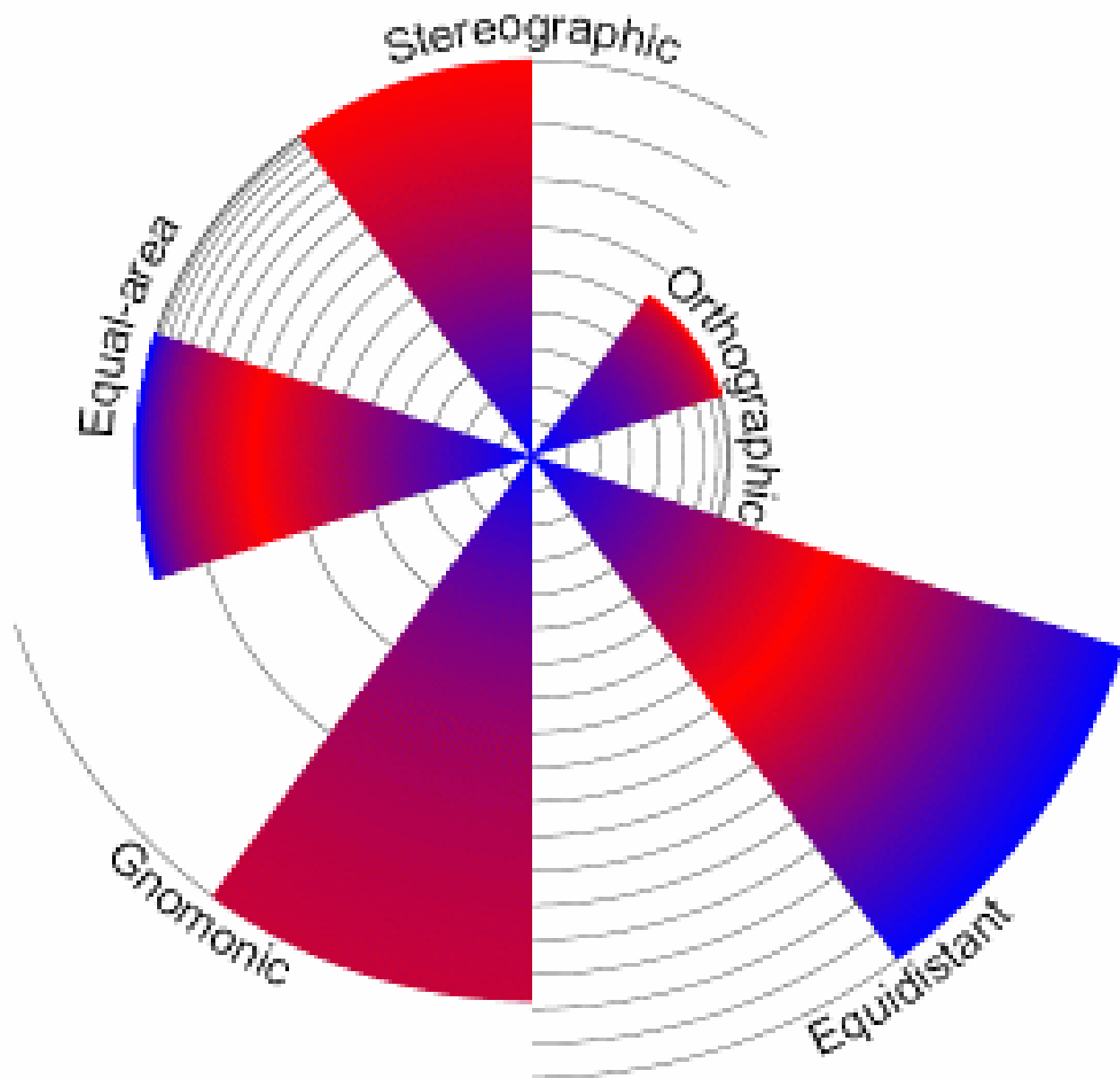


Breusingovo zobrazení

- *Arthur Breusing, 1892*
- *geometrický průměr Lambertova (plochojevné) a stereografického zobrazení (úhlojevné) – z rovnic pro ρ*
- *typické vyrovnávací (kompenzační) zobrazení*
- *úhlové zkreslení je menší než u Postelova, ale plošné zkreslení větší užití u map malých měřítek*

- *zobrazovací rovnice*

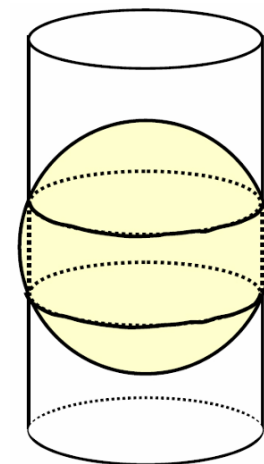
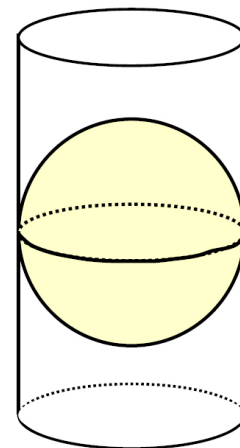
$$\rho = \sqrt{2r \times \sin \frac{\delta}{2} \times 2r \times \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}}$$
$$\varepsilon = \lambda$$



Válcová zobrazení

■ *společné vlastnosti:*

- *zobrazovací plochou je plášť válce*
- *válec buď ovíjí referenční plochu podél některé hlavní kružnice (tečný válec) nebo jej protíná ve dvou vzájemně paralelních vedlejších kružnicích téhož poloměru (sečný válec)*
- *dříve pro mapy světa, avšak u pólů většinou velká zkreslení, nahrazena v atlasech obecnými zobrazeními*
- *dotyková kružnice se volí tak, aby tvořila osu zobrazovaného pásu území*
- *většinou v normální poloze, v příčné poloze pro zobrazení dvojúhelníků na glóbu a pro geodetická zobrazení*



Válcová zobrazení

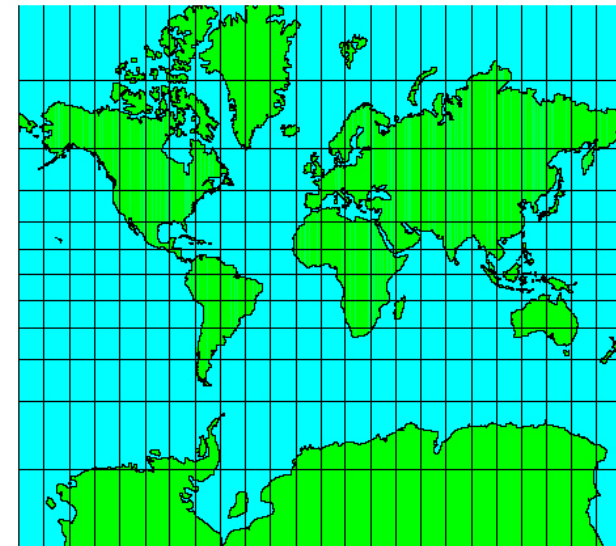
- *válcovým projekcím se říká perspektivní zobrazení válcová*
- *používá se pravoúhlých rovinných souřadnic x a y*
- *rovník jako přímka (osa x) a základní poledník jako přímka (osa y) kolmá na rovník*
- *obrazy poledníků v normální poloze tvoří úsečky rovnoběžné s osou y , obrazy rovnoběžek v normální poloze tvoří úsečky rovnoběžné s osou x a jejich délka je rovna délce obrazu rovníku či zachované rovnoběžky*
- *v příčné a šikmé poloze vytvářejí obraz zeměpisné sítě složité křivky*

- *obecné rovnice*

$$x = r * \arcl \text{ (tečný válec)}$$

$$x = r * \arcl * \cos \phi_0 \text{ (sečný válec)}$$

$$y = r * f(\phi)$$



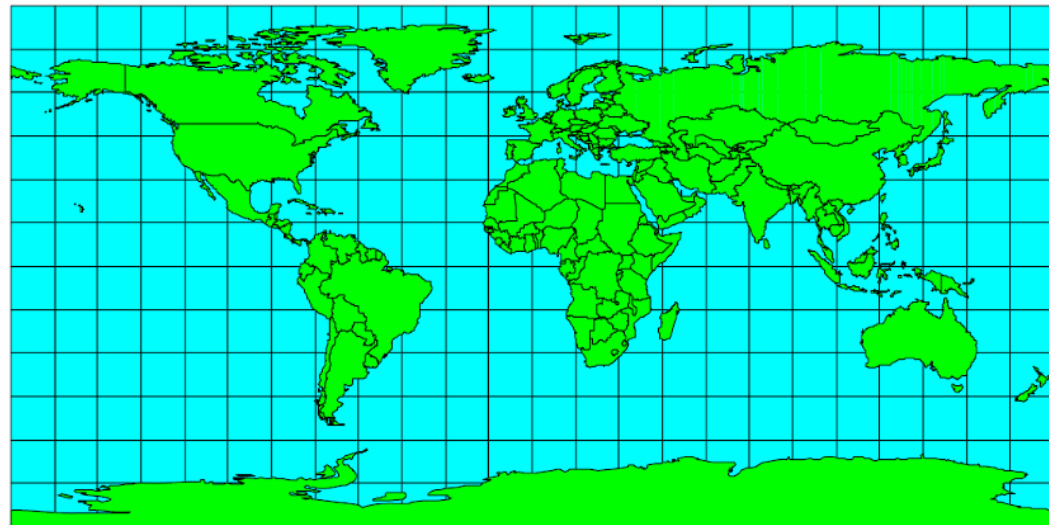
Marinovo zobrazení

- *Marinos z Tyru (120) – použito však již Archimédem ve 3. st. př.n.l.*
- *někdy nazýváno čtvercové zobrazení*
- *tečný válec*
- *délkojevné podél poledníku a rovníku*
- *velké zkreslení u pólů*
- *v příčné poloze se používá pro glóbové pásy*

- *zobrazovací rovnice*

$$x = r * \text{arc } \lambda$$

$$y = r * \text{arc } \varphi$$



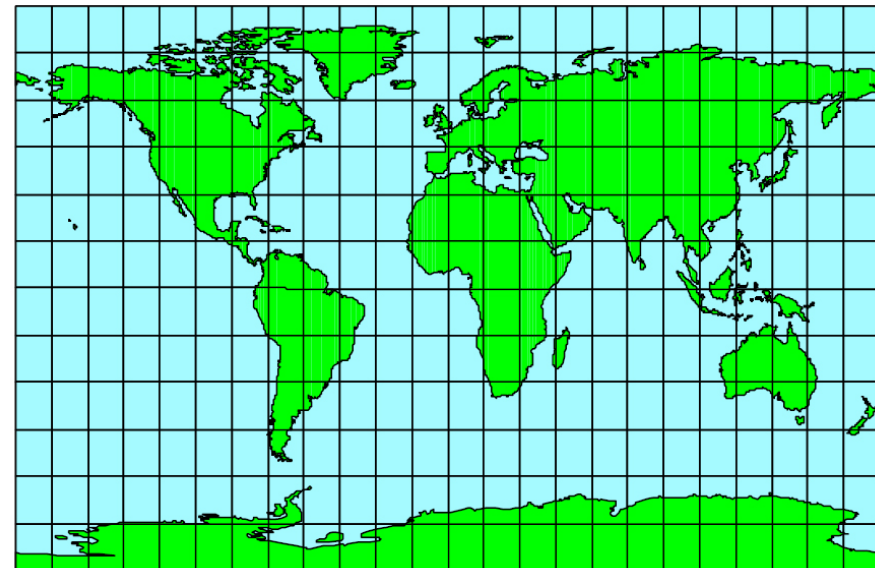
z Marinova zobrazení jsou odvozeny

■ Cassiniho-Soldenerovo

- vznik 1745
- pomocí Marinova zobrazení v příčné poloze na elipsoidu byly vytvořeny katastrální mapy (v měřítku 1 : 2 880) českých zemí v 19. stol., použito několik válců (tedy tzv. víceplošné zobrazení)

■ Obdélníkové zobrazení

- sečný válec ($\varphi_0 = \pm 40^\circ$)
- délkojevné v polednících a ve dvou sečných rovnoběžkách
- tedy obrazy rovnoběžek se zkrátí, ale obrazy poledníků zůstanou zachovány
- kompenzační



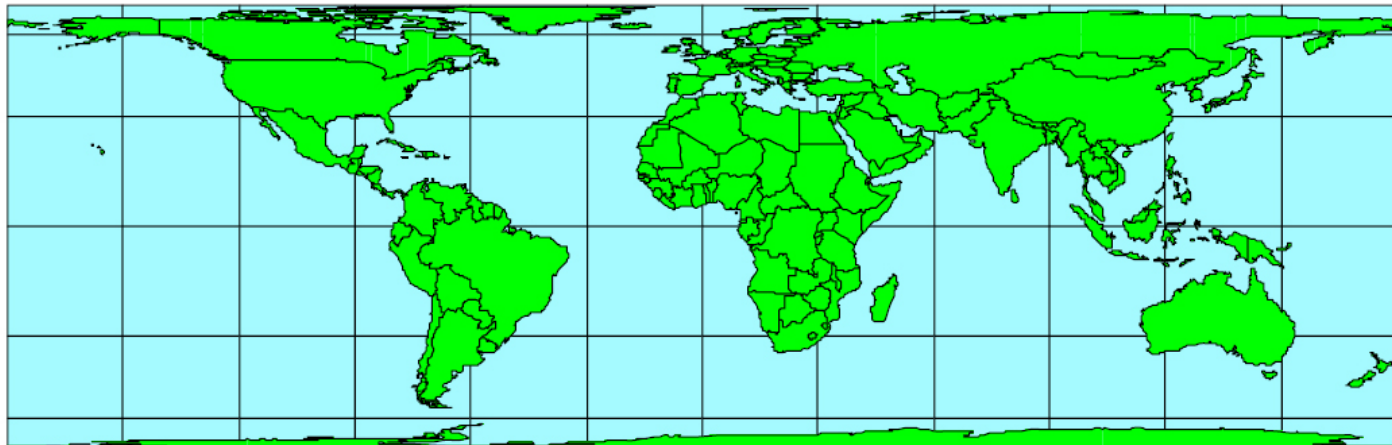
Lambertovo zobrazení

- *Johann Heinrich Lambert (1772)*
- *jedná se o ortografickou projekci na plášť válce*
- *plochojevné*
- *délkojevné podél rovníku*
- *nepoužívá se, protože má u pólů velké úhlové zkreslení*

- *zobrazovací rovnice*

$$x = r * \arccos \lambda$$

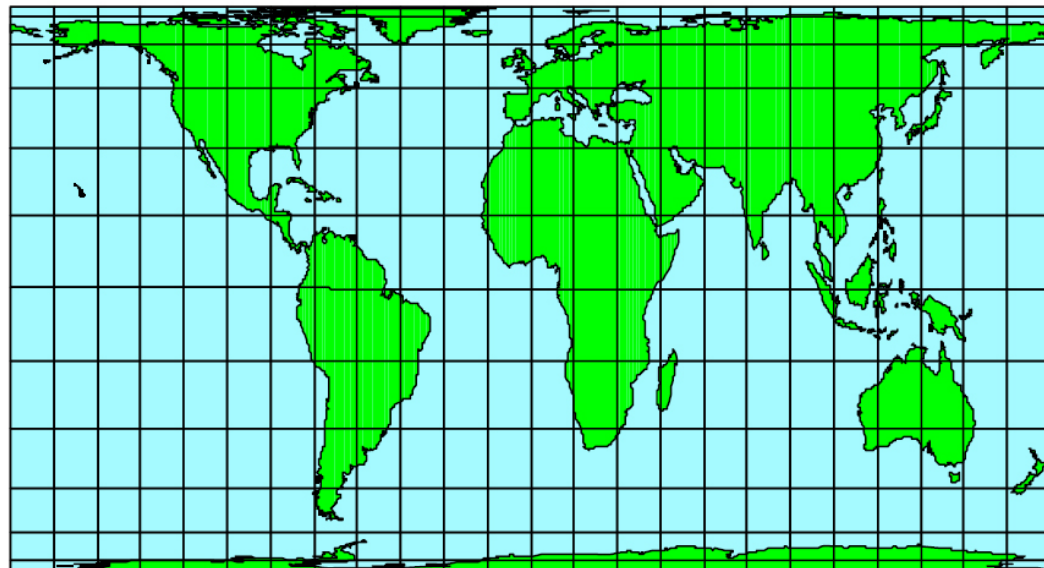
$$y = r * \sin \varphi$$



- plochojevnost v Lambertově zobrazení se zachová, jestliže afinně zkreslíme mapu tak, že souřadnici x násobíme koeficientem n a souřadnici y hodnotou $1/n$
- položíme-li se $n = \cos \varphi_0$, budou délkově zachovány rovnoběžky $\pm \varphi_0$.
- tedy zobrazovací rovnice jsou
$$x = r * \text{arc}\lambda * n$$
$$y = r * \sin\varphi * 1/n$$
- vzniknou tak další zobrazení:
Behrmannovo, Čtvercové plochojevné, ...

Behrmannovo zobrazení

- *Walter Behrmann (1909)*
- *aplikace Lambertova zobrazení pro $\varphi_0 = \pm 30^\circ$*
- *získá se početní úpravou Lambertova zobrazení, kdy se rovnoběžky $\cos \varphi_0$ – krát zkrátí a poledníky $1/\cos \varphi_0$ – krát prodlouží*
- *mapa světa je oproti Lambertovu zobrazení užší a vyšší*
- *zůstává tedy plochojevnost*
- *délkojevnost podél sečných rovnoběžek ($\varphi_0 = \pm 30^\circ$)*
- *úhlové zkreslení menší než u Lambertova z.*
- *zobrazovací rovnice*
$$x = r * \arcl \lambda * \cos \varphi_0$$
$$y = r * \sin \varphi / \cos \varphi_0$$



Čtvercové plochojevné válcové zobrazení

- *aplikace Lambertova zobrazení pro $n = \sqrt{\frac{2}{\pi}}$*
- *hodnota zhruba odpovídá $\varphi_0 = \pm 37^\circ$ z.š.*
- *tedy také plochojevné*
- *polokoule se zobrazí do čtverce, mapa světa je tedy obdélník s poměrem stran 2:1*

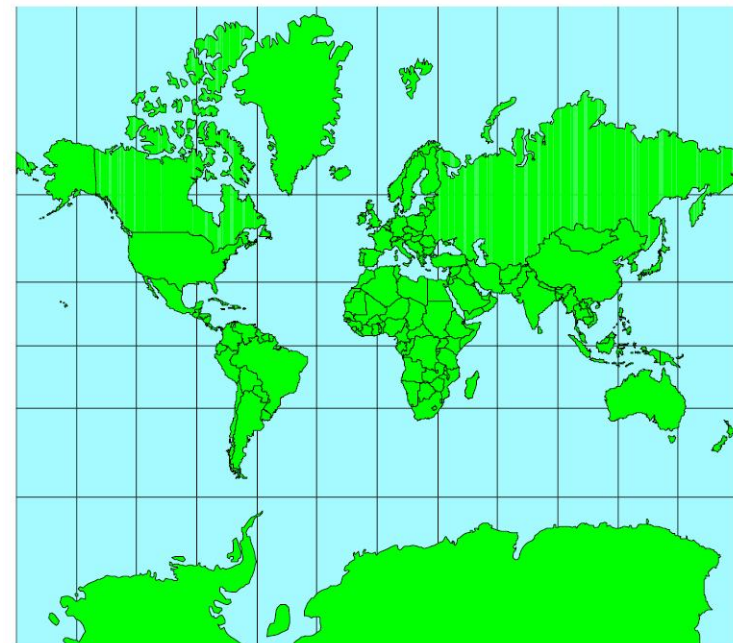
Mercatorovo zobrazení

- *Gerhard Mercator (1569)*
- *úhlojevné, využívá se mj. pro geodetické mapy*
- *velké plošné zkreslení*
- *loxodroma jako přímka, ortodroma jako oblouk*
- *póly nelze zobrazit, kompletní zobrazení by zabralo nekonečně dlouhý pás o šířce zobrazeného rovníku*
- *vzniklo z potřeb námořní dopravy*
 - *námořní mapy*
 - *navigační letecké mapy*

- *zobrazovací rovnice*

$$x = r * \arclambda$$

$$y = \frac{r}{\log e} \times \log \cot g \frac{\delta}{2}$$



Wetchovo zobrazení

- *středové promítání (gnómonická projekce) na tečný válec*
- *vzdálenosti rovnoběžek prudce narůstají směrem od rovníku*
- *nelze zobrazit póly*
- *na pohled podobné Mercatorovu*

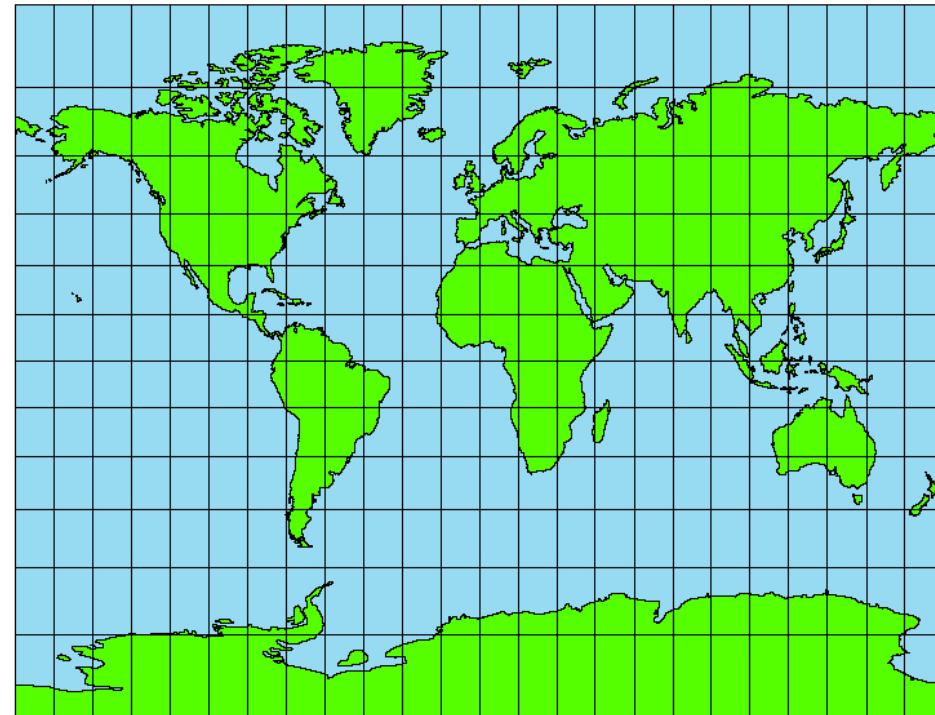
- *zobrazovací rovnice*

$$x = r * \arclambda$$

$$y = r * \operatorname{tg}\varphi$$

Gallovo zobrazení

- James Gall (1885)
- délkojevné v sečných rovnoběžkách $\varphi_0 = \pm 45^\circ$
- vzniká promítáním na sečný válec ($\varphi_0 = \pm 45^\circ$) z protilehlého bodu na rovníku (tedy obdoba stereografické projekce)
- vyrovnávací (kompenzační)
- zobrazovací rovnice
$$x = r * \arcl \cdot \cos \varphi_0$$
$$y = r * (1 + \cos \varphi_0) * \operatorname{tg} \varphi / 2$$



Braunovo zobrazení

- *jedná se o Gallovo zobrazení pro tečný válec ($\varphi_0 = 0$)*
- *stereografická projekce na plášť válce*
- *délkojevné podél rovníku*
- *v porovnání s Gallovým je zobrazení širší a nižší*
- *zobrazovací rovnice*
$$x = r * \text{arc}\lambda$$
$$y = 2r * \text{tg}\varphi/2$$

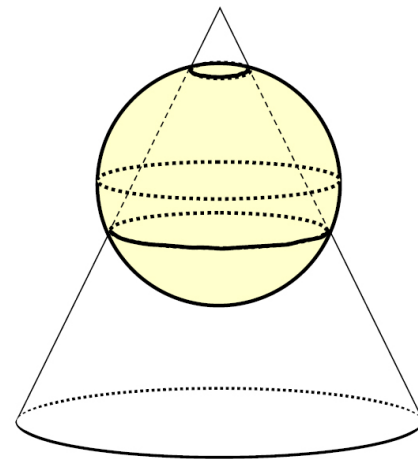
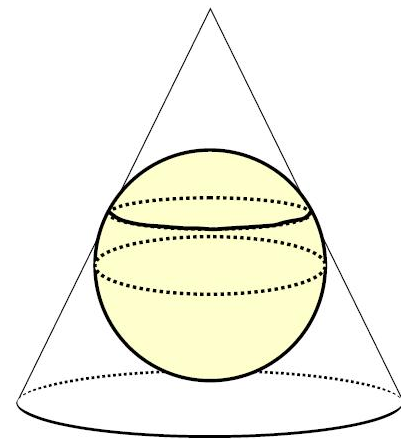
další válcová zobrazení

- ***Gauss – Krügerovo***
- ***UTM***

Kuželová zobrazení

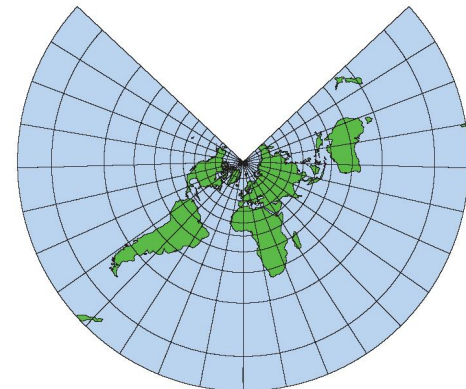
- *společné vlastnosti:*

- *vznikají zobrazením referenční plochy na plášť kužele (zobrazovací plocha), přičemž mají s referenční plochou společnou buď jednu nebo dvě vzájemné soustředné vedlejší kružnice*
- *tyto kružnice mohou a nemusí být dotykové, v případě dvou zachovaných kružnic se nemusí jednat o sečný kužel*
- *v normální poloze*
 - *je délkově zachovaná nějaká rovnoběžka*
 - *obrazy poledníků tvoří trs paprsků (polopřímek) procházejících počátkem souřadnicového systému (kartografickým pólem)*
 - *obrazy rovnoběžek tvoří části soustředných kružnic se středem v počátku souřadnic*



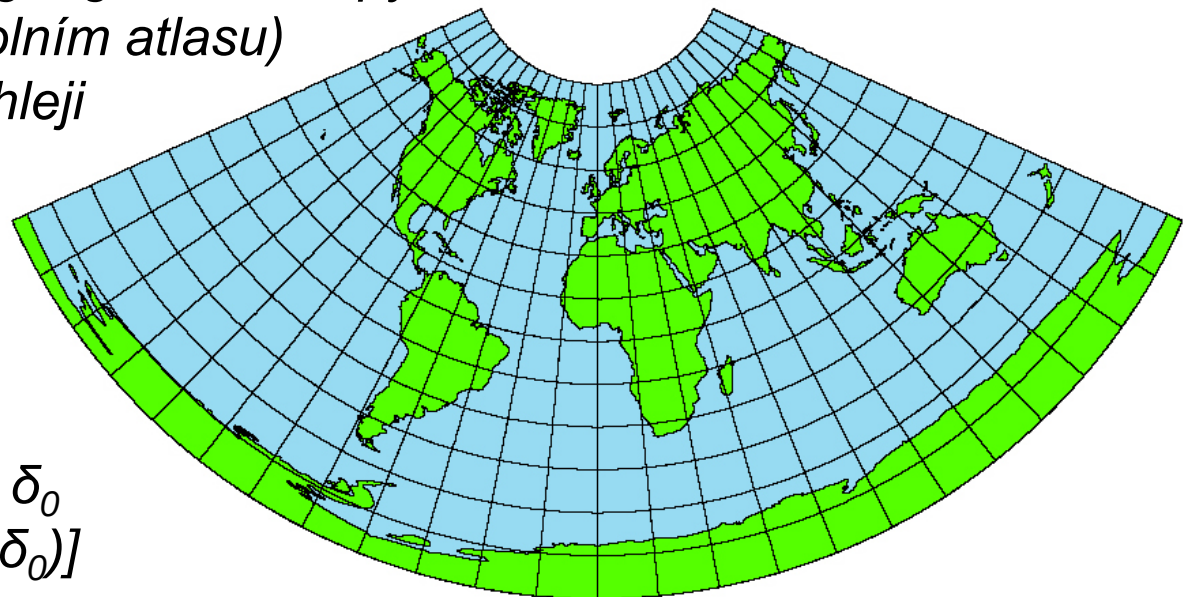
Kuželová zobrazení

- *v příčné (nepoužívá se) a šikmé poloze jsou obrazy poledníků a rovnoběžek složité křivky*
- *používají se poměrně často (v normální poloze), především pro mapy částí světadílů ve středních zeměpisných šířkách*
- *v obecné poloze pro protáhlá území podél vedlejších kružnic (ČSR, Japonsko)*
- *zobrazovací rovnice udávají polární rovinné souřadnice ρ a ε bodu v mapě tak, že osu souřadnice tvoří polopřímka ležící v obrazu základního poledníku, ovšem počátek souřadnic nemusí ležet v pólu (leží v obrazu vrcholu kužele - kartografický pól)*
- obecné rovnice
- $\rho = r * f(\delta)$
- $\varepsilon = n * \lambda$
 - *kde $0 < n < 1$*
 - *n závisí na parametrech zobrazení*



Ptolemaiovo zobrazení

- *Ptolemaios (1. stol. př. n. l.)*
- *tečný kužel*
- *obrazem pólu je část kružnice*
- *délkojevné podél poledníků*
- *délkojevné podle dotykové rovnoběžky φ_0*
- *velmi používané pro geografické mapy (až 40 % map ve Školním atlasu)*
- *zkreslení přibývá rychleji k pólu než k rovníku*

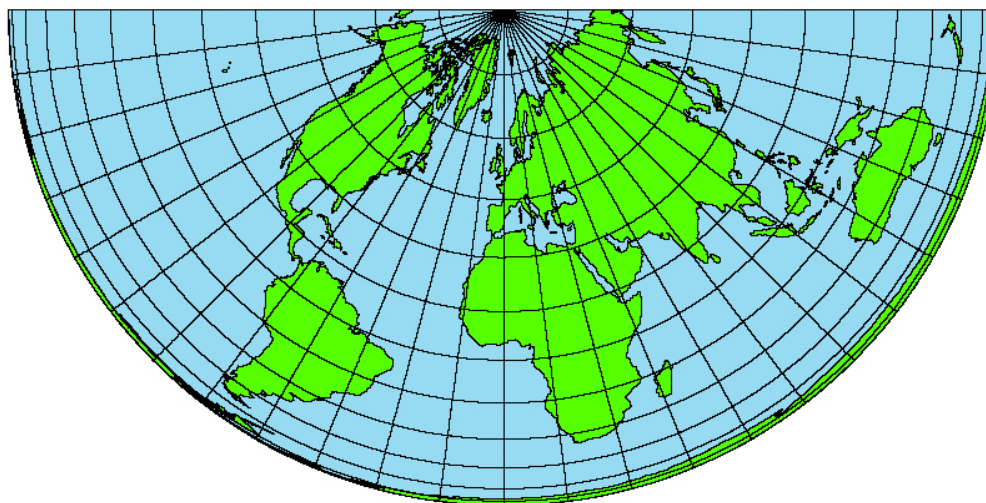


- *zobrazovací rovnice*
- $\varepsilon = n * \lambda$, kde $n = \cos \delta_0$
- $\rho = r * [\operatorname{tg} \delta_0 - \operatorname{arc}(\delta - \delta_0)]$

Lambertovo zobrazení

- *Johann Heinrich Lambert (1772)*
- *plochojevné*
- *obrazem pólu je bod*
- *délkojevné v rovnoběžce φ_0 (není však dotyková)*
- *velké úhlové zkreslení, proto se využívá málo*
- *vzdálenosti rovnoběžek se směrem od bodového obrazu zmenšují*

$$\varepsilon = \lambda \cdot \cos^2 \frac{\delta_0}{2}$$
$$\rho = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\delta}{2} : \cos \frac{\delta_0}{2}$$
$$n = \cos^2 \frac{\delta_0}{2}$$

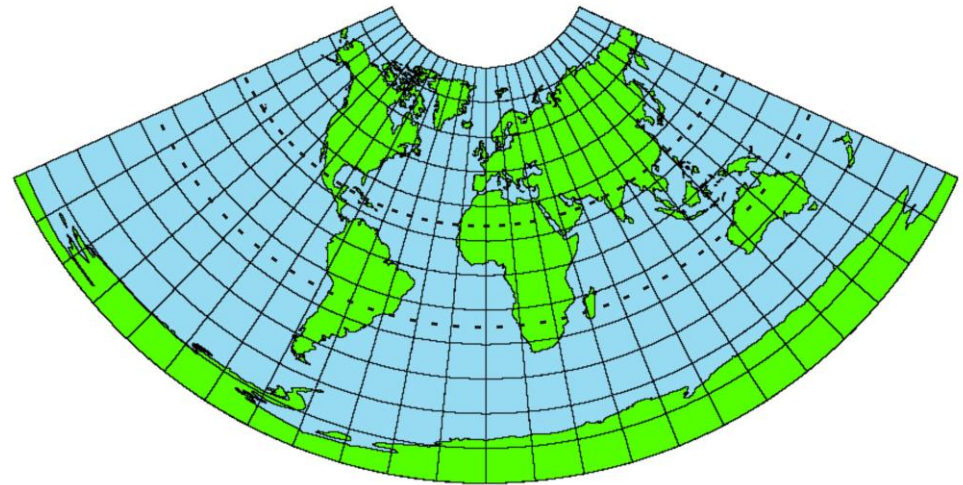


Delisleovo zobrazení

- *Josef Nicholas de l'Isle (1745)*
- *2 délkojevné rovnoběžky (φ_1 a φ_2), nejsou ale sečné*
- *délkojevné podle poledníků*
- *a tedy vzdálenosti mezi rovnoběžkami stejné*
- *obrazem pólu je část kružnice*
- *vyrovnávací*
- *plochy a úhly zkresluje méně než Ptolemaiovo*

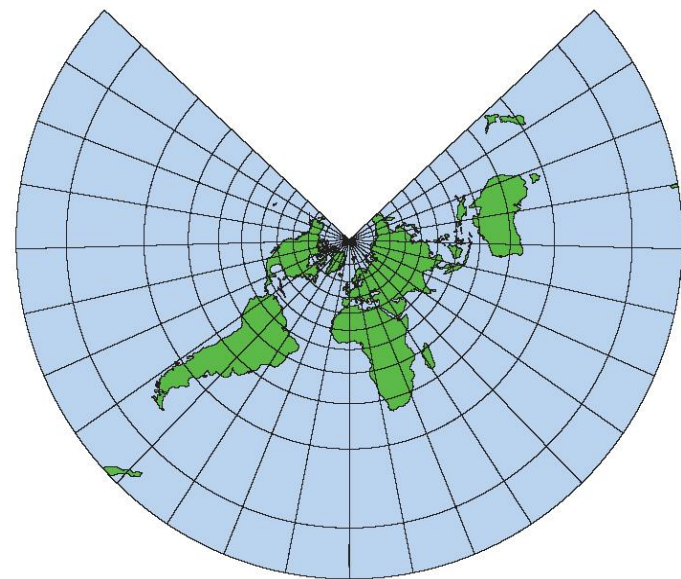
$$\varepsilon = \lambda \cdot \frac{\sin \delta_1 - \sin \delta_2}{\arccos(\delta_1 - \delta_2)}$$

$$\rho = r \cdot \left(\frac{\arccos \delta_2 \cdot \sin \delta_1 - \arccos \delta_1 \cdot \sin \delta_2}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1} + \arccos \delta \right)$$



Gaussovo zobrazení

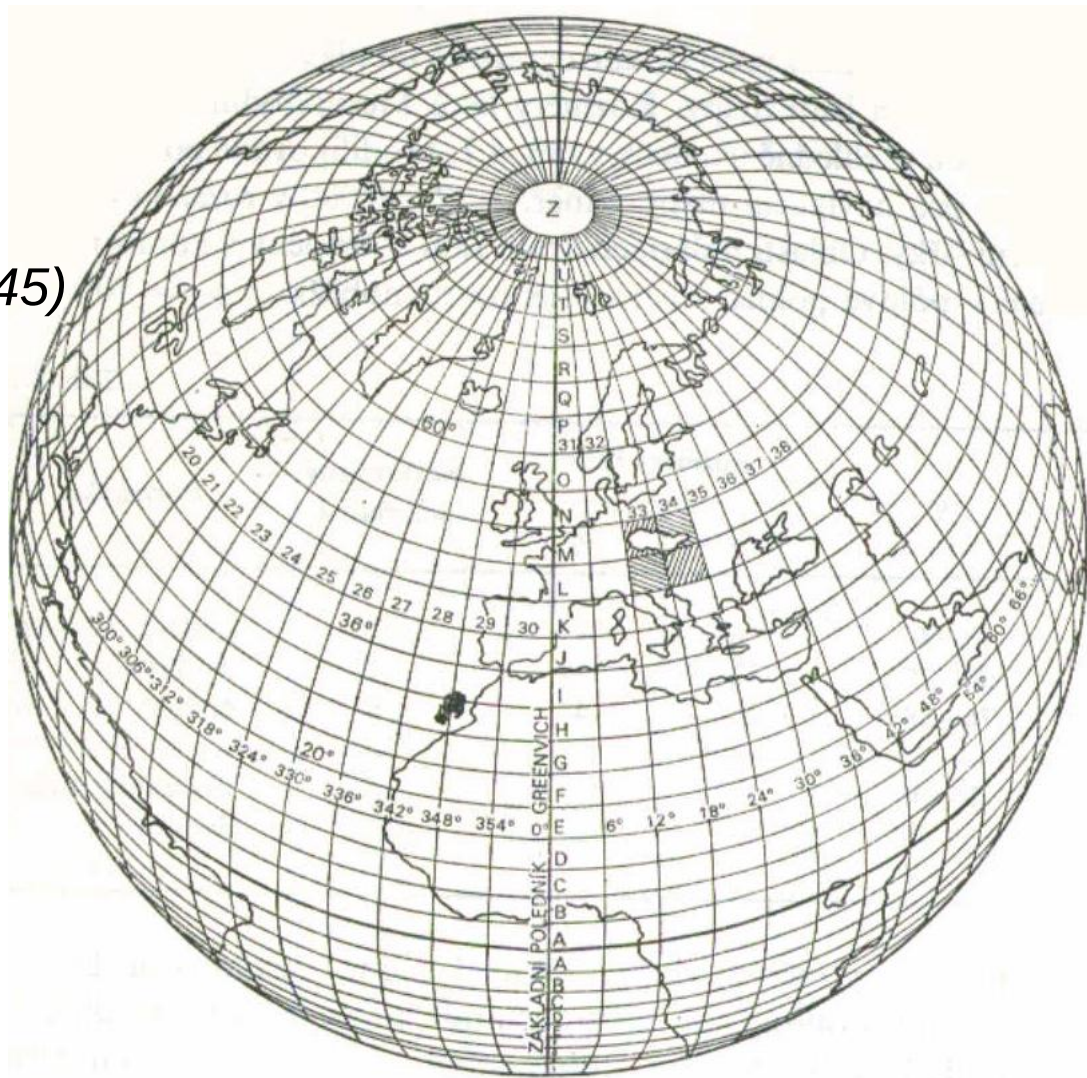
- *Karl Friedrich Gauss (publikováno Lambertem v r. 1772, zavedeno 1822)*
- *úhlojevné*
- *obrazem pólu je bod*
- *délkojevné podél φ_0 (dotyková)*
- *široké využití:*
 - *v geodézii a v letectví (na elipsoidu)*
 - *v šikmé poloze bylo použito pro podrobné topografické mapy našeho území (tzv. Křovákovo zobrazení)*
 - *Mezinárodní letecká (aeronavigační) mapa 1 : 1 000 000*
 - *Mezinárodní mapa světa 1 : 1 000 000*

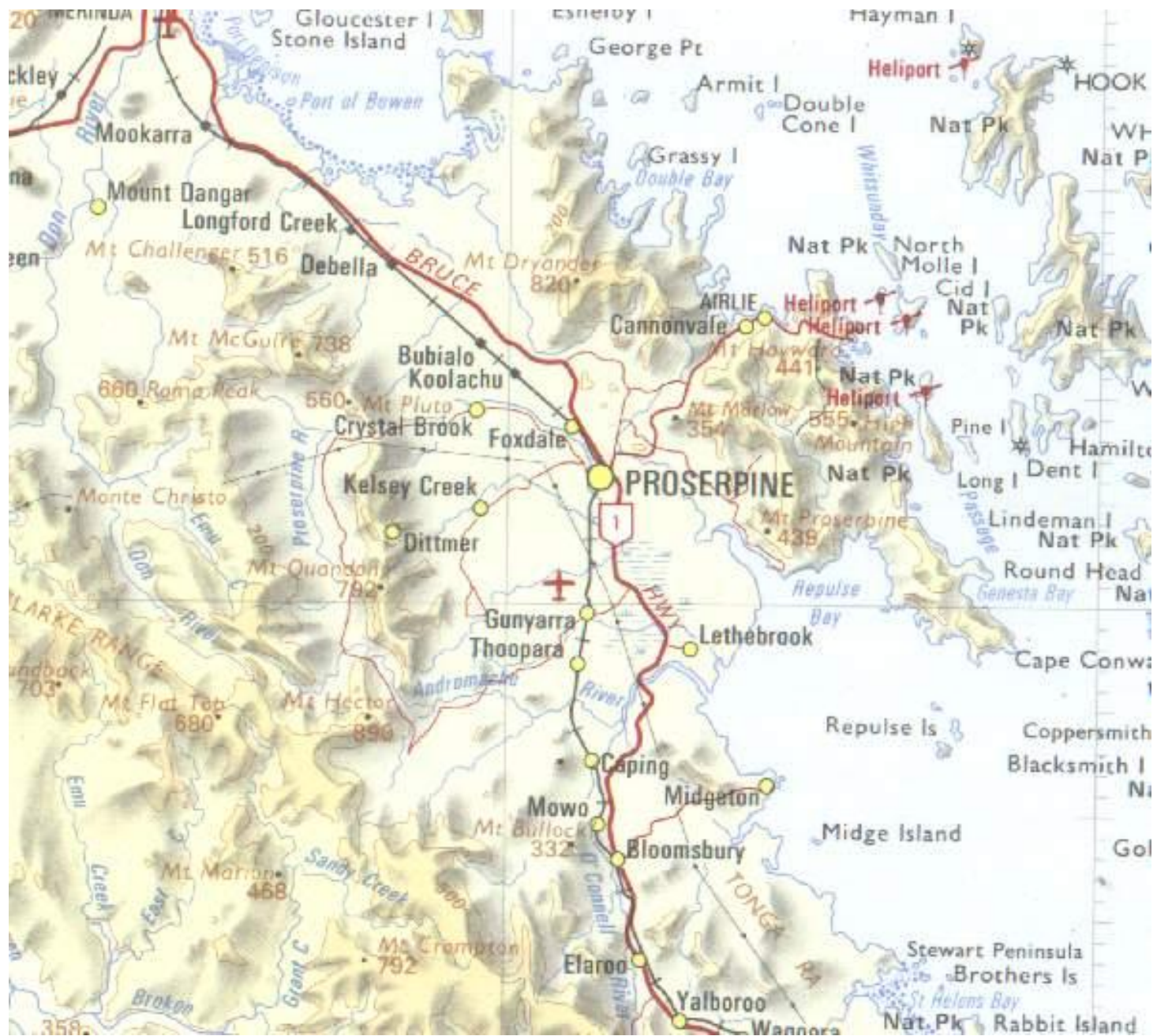


$$\varepsilon = \lambda \cdot \cos \delta_0$$
$$\rho = r \cdot \operatorname{tg} \delta_0 \left(\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} \cdot \cot g \frac{\delta_0}{2} \right)^{\cos \delta_0}$$

Mezinárodní mapa světa

- 1891 - 5. mezinárodní geografické konference
- Albrecht Penck (1858-1945)
- 2500 mapových listů
v měřítku 1 : 1 000 000
- v r. 1913 vytvořena
pravidla pro tvorbu
- od roku 1980 už není
tvorba požadována
- nedokončena

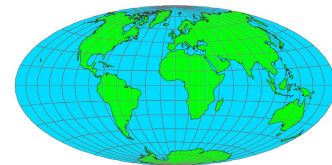




Obecná kartografická zobrazení

■ *společné vlastnosti:*

- *zobrazovací plochou nemusí být rovina, plášť válce ani plášť kužele*
- *převod referenční plochy do roviny se provádí matematicky nebo geometricky tak, že se jednoduché plochy buď vůbec nepoužije nebo se použije více takových ploch současně*
- *v normální poloze obsahuje alespoň jedna zobrazovací rovnice dvě proměnné, a to ϕ a λ*
- *některá nemají zobrazovací rovnice vůbec*
- *používají se nejčastěji pro mapy světa na jednom listu a většinou v normální poloze*
- *většinou se jedná o plochojevná, vyrovnávací zobrazení*
- *v normální poloze bývají obrazy rovníku a středního (základního) poledníku přímkové, navzájem kolmé*



Obecná zobrazení

■ *I. Nepravá*

□ *Pseudoazimutální*

- *vznikají z azimutálních afinní transformací*
- *křivkové obrazy poledníků a rovnoběžek*

□ *Pseudocylindrická (pseudoválcová)*

- *přímkové obrazy rovnoběžek a křivkové poledníků*

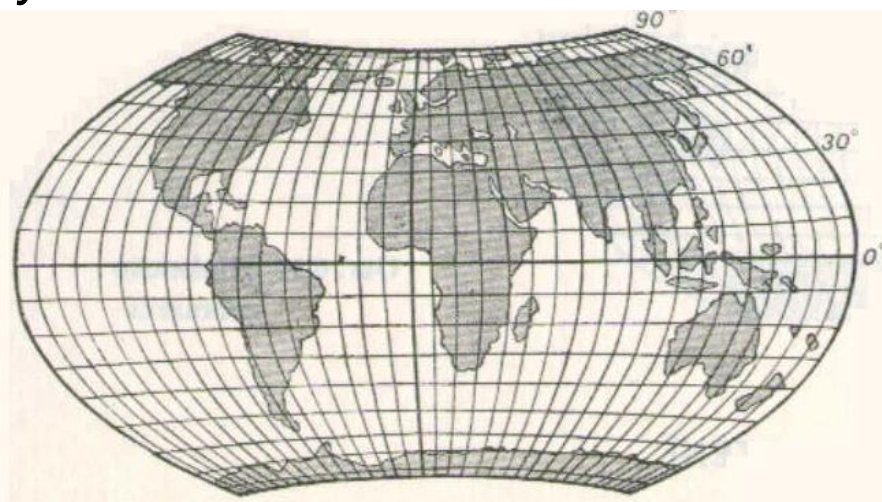
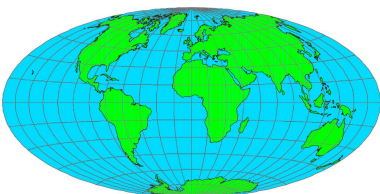
□ *Pseudokonická (pseudokuželová)*

- *kruhové obrazy rovnoběžek a křivkové poledníků*

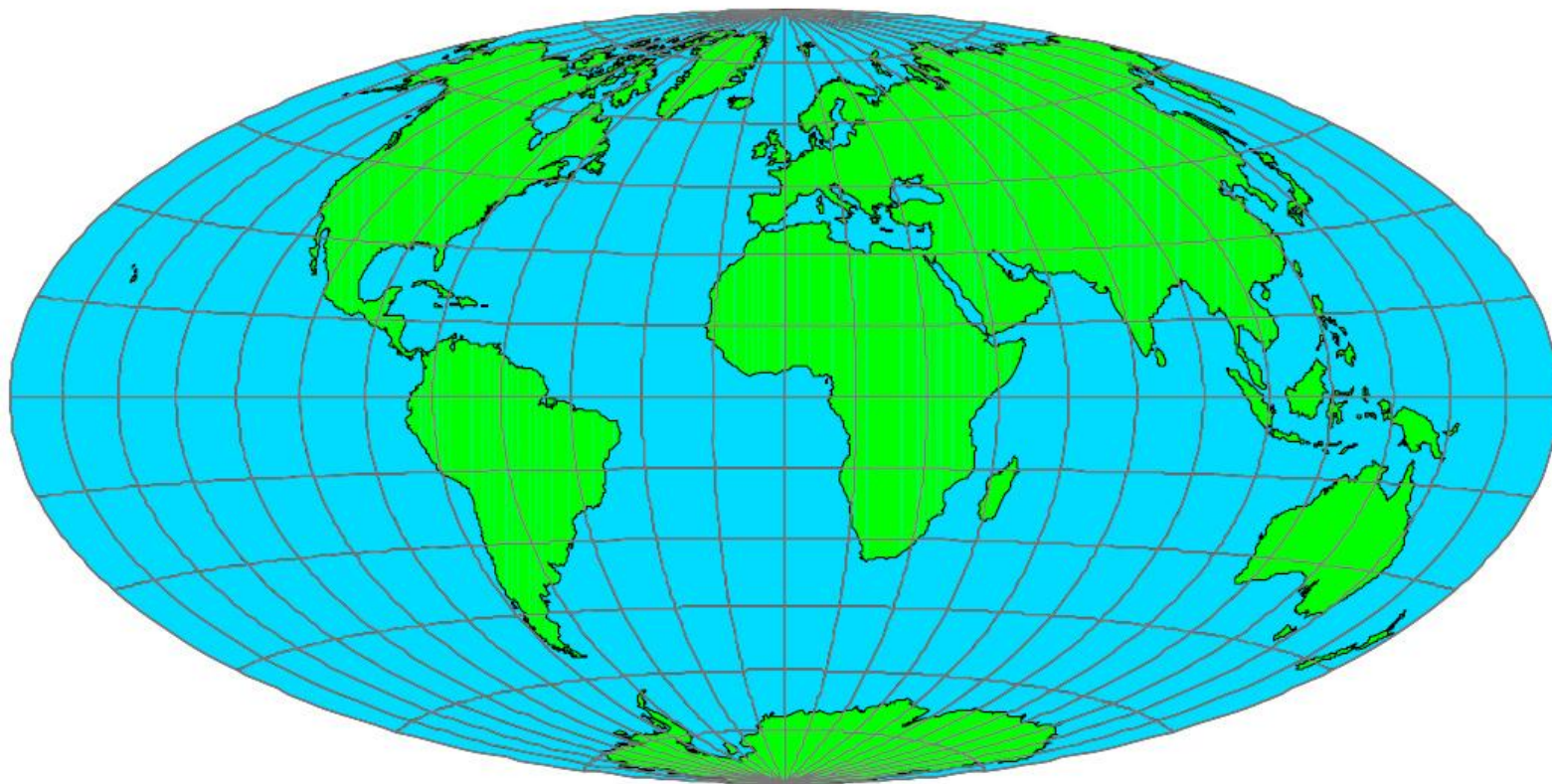
Hammerovo zobrazení

- Ernest von Hammer (1892)
- pseudoazimutální
- z Lambertova zobrazení v příčné poloze
- *y*-souřadnice průsečíků sítě se ponechají a *x*-souřadnice se dvojnásobí (obrazy poledníků se přechísľují na dvojnásobek)
- plochojevné – vzájemný poměr poloos je možné měnit
- svět zobrazen do elipsy
- rovnoběžky se zobrazují jako křivky
- modifikace, kde póly se zobrazí jako křivky se nazývá Wagnerovo zobrazení

$$x = \frac{2 \cdot \sqrt{2} \cdot r \cdot \cos \varphi \cdot \sin \frac{\lambda}{2}}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cdot \cos \frac{\lambda}{2}}}$$
$$y = \frac{\sqrt{2} \cdot r \cdot \sin \varphi}{\sqrt{1 + \cos \varphi \cdot \cos \frac{\lambda}{2}}}$$



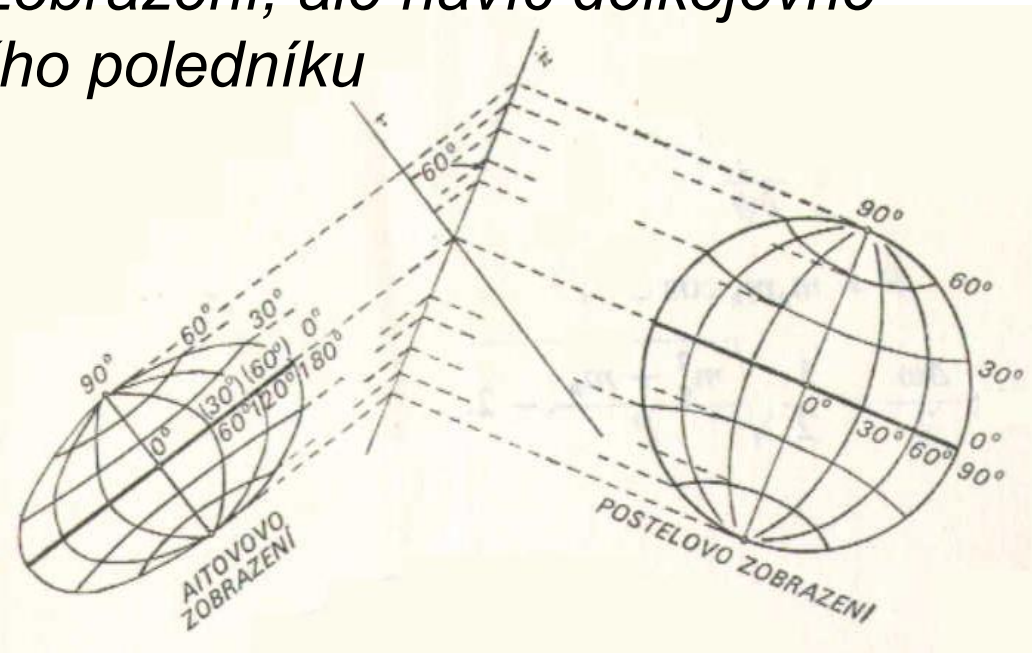
Hammerovo nepravé azimutální zobrazení



Aitowovo zobrazení

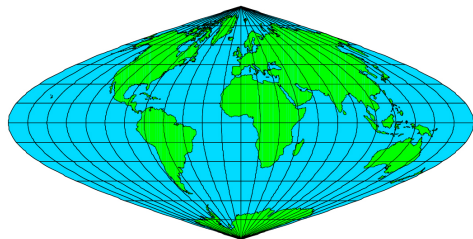
- *David Aitow, Rusko, 19. stol.*
- *pseudoazimutální*
- *afinní transformace Postelova zobrazení*
- *podobné Hammerovu zobrazení, ale navíc délkojevné podél rovníku a středního poledníku*
- *vyrovnávací*

$$x = r \cdot \arccos \left[\cos \varphi \cdot \cos \frac{\Delta \lambda}{2} \right] \cdot \cos D$$
$$y = 2 \cdot r \cdot \arccos \left[\cos \varphi \cdot \cos \frac{\Delta \lambda}{2} \right] \cdot \sin D$$



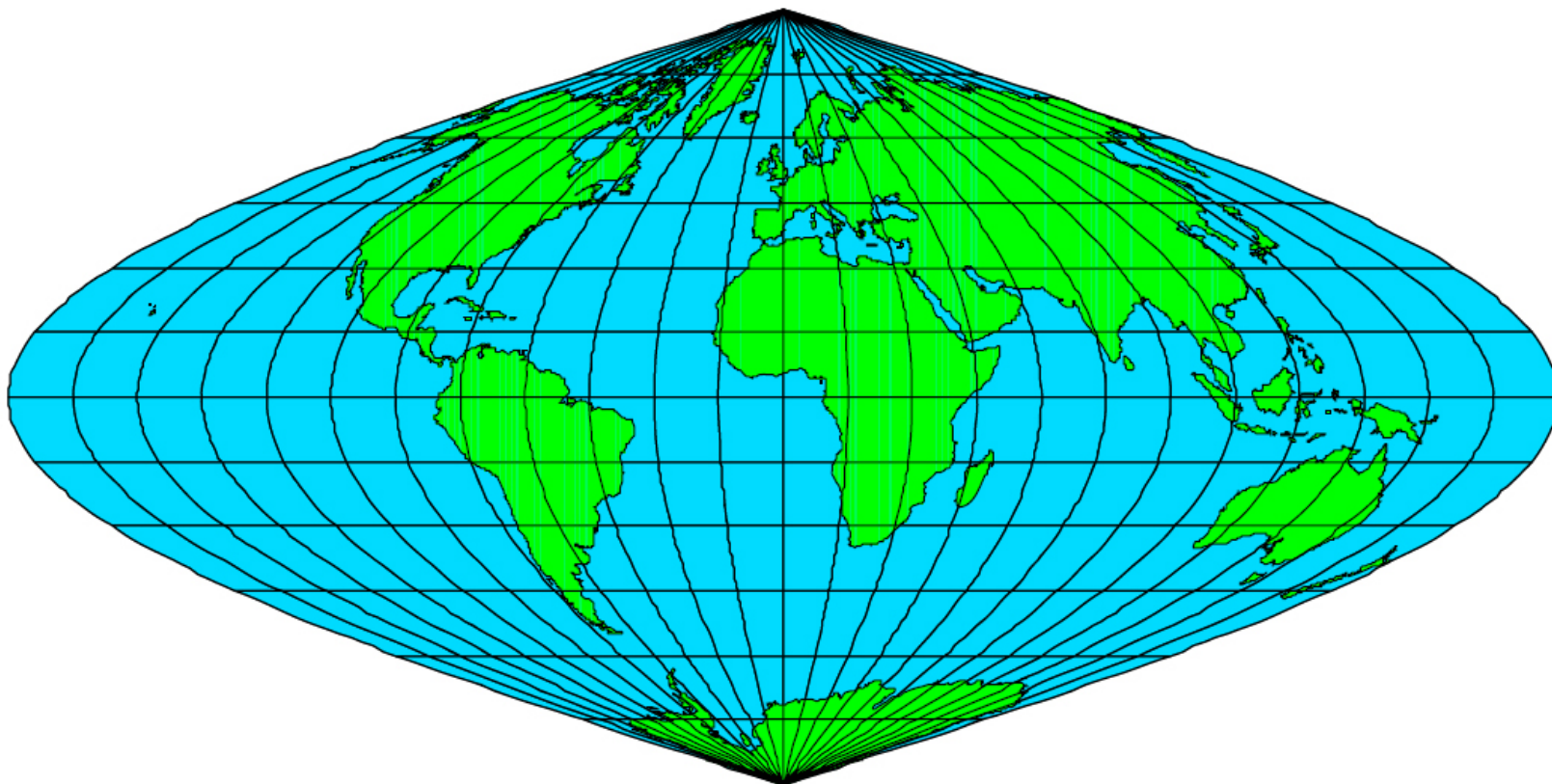
Sansonovo nepravé válcové zobrazení

- *Nicolas Sanson (velké užití), ale autor Jean (Johan) Cossin*
- *pseudocylindrické*
- *vychází z Marinova zobrazení tak, že se přímkové obrazy rovnoběžek zkrátí po obou stranách, aby byly zachována délkojevnost*
- *jejich rozdělením na stejné díly se dosáhne průsečíků s poledníky*
- *obrazy poledníků jsou poloviny sinusoid (Sinusoidální zobrazení)*
- *plochojevné*
- *délkojevné podél všech rovnoběžek a středního poledníku*
- *u pólu velké úhlové zkreslení, používají se většinou pouze výřezy*



$$x = r \cdot \arccos \lambda \cdot \cos \varphi$$
$$y = r \cdot \arcsin \varphi$$

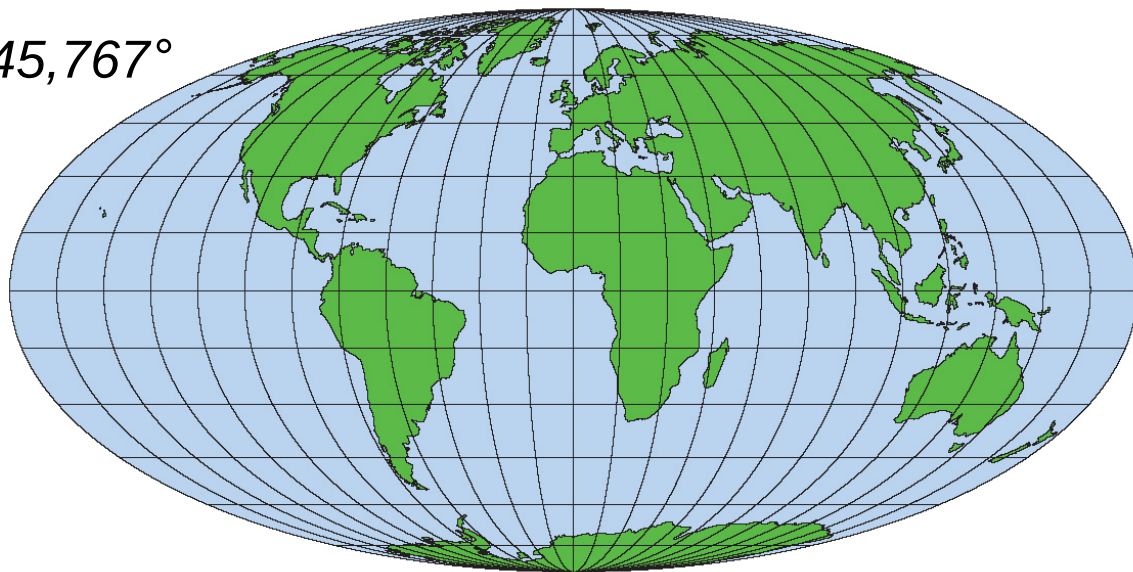
Sansonovo zobrazení



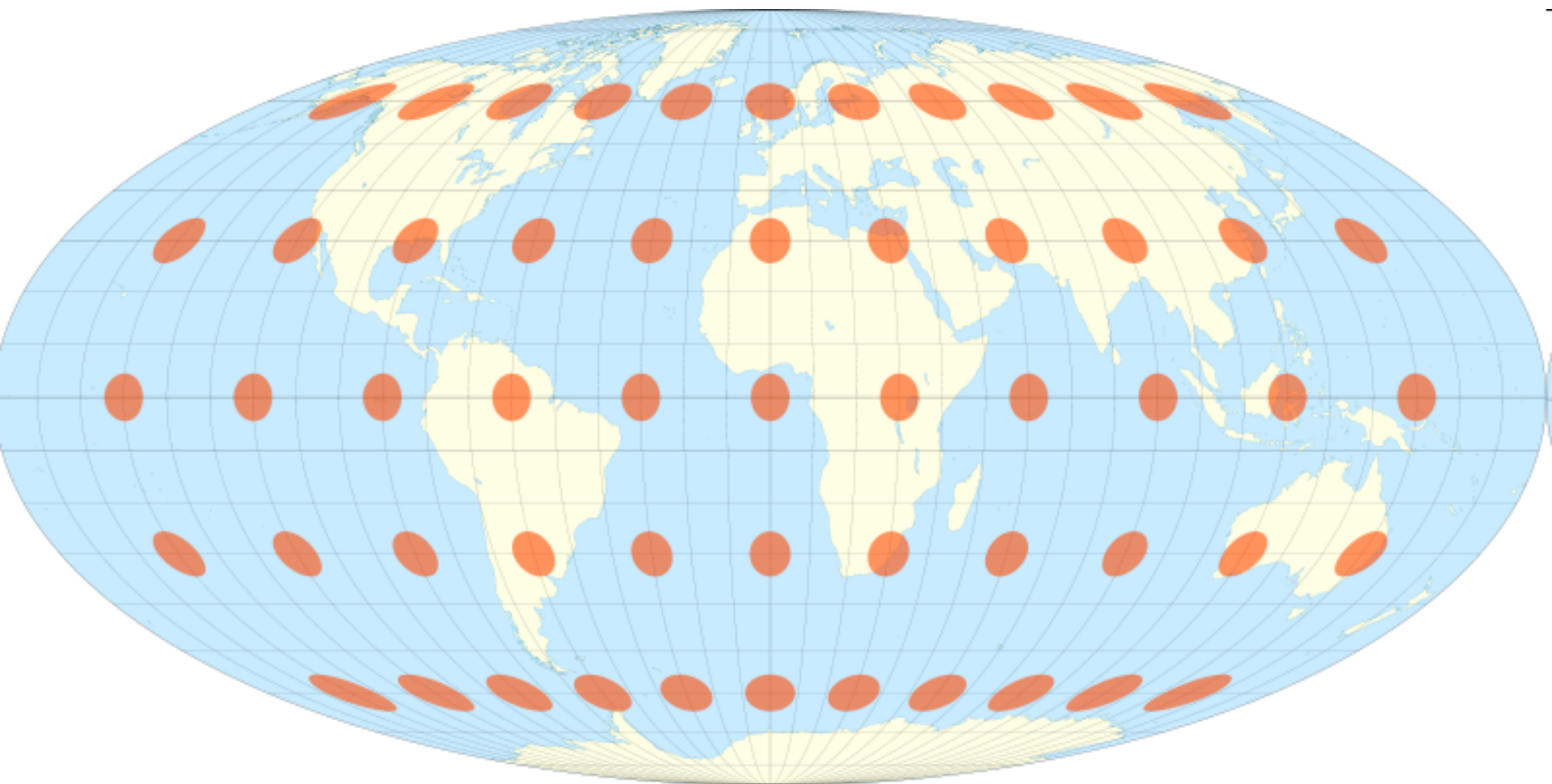
Mollweidovo nepravé válcové zobrazení

- *Karl Brandan Mollweide*
- *pseudocylindrické*
- *obrazy rovnoběžek jsou přímkové, kolmé na střední poledník, zhušťují se k pólům*
- *střední poledník je přímkový, ostatní eliptické*
- *plochojevné*
- *délkojevné podél $\varphi_0 = \pm 45,767^\circ$*
- *svět v elipse (2:1)*

$$x = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot r \cdot \cos \psi \cdot \arccos \lambda$$
$$y = r \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \psi$$



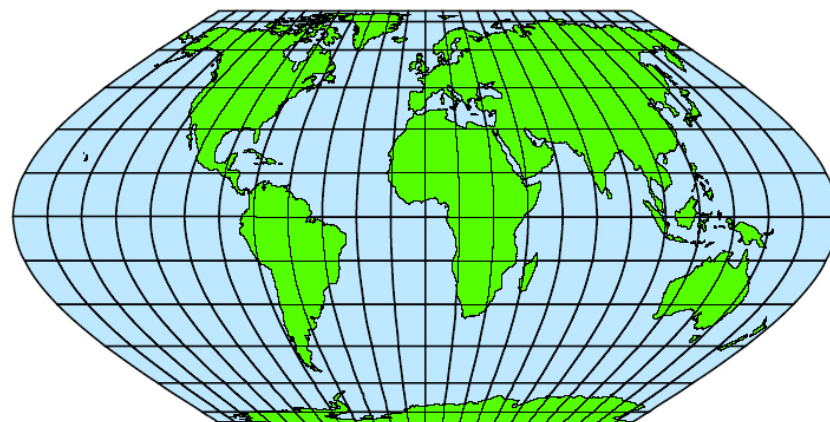
Mollweidovo nepravé válcové zobrazení



Eckertovo nepravé válcové zobrazení

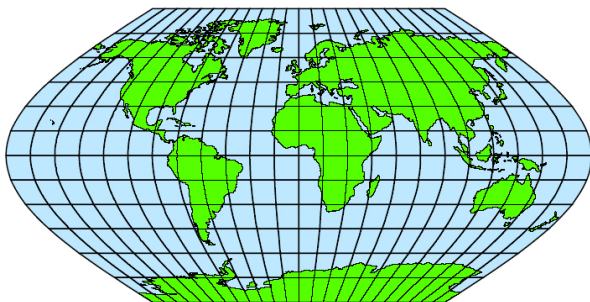
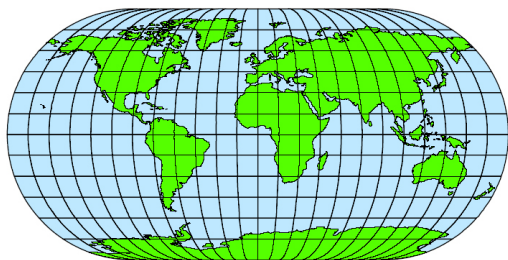
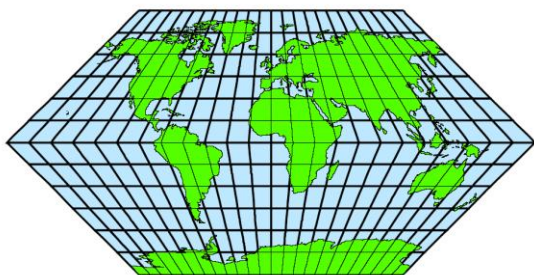
- Max Eckert, 1906 (celkově 6 zobrazení)
- pseudocylindrické
- základní poledník a oba póly se zobrazují jako úsečky o $\frac{1}{2}$ délce rovníku
- poledníky mají sinusoidální průběh a dělí od rovníku zhušťující se rovnoběžky na stejné díly (jako u Sansonova zobrazení)
- tvarem připomíná sud
- plochojevné
- délkojevné podél $\varphi_0 = \pm 49,268^\circ$

$$x = 0,882 \cdot r \cdot \arccos^2 \frac{\psi}{2}$$
$$y = 0,882 \cdot r \cdot \arccos \psi$$

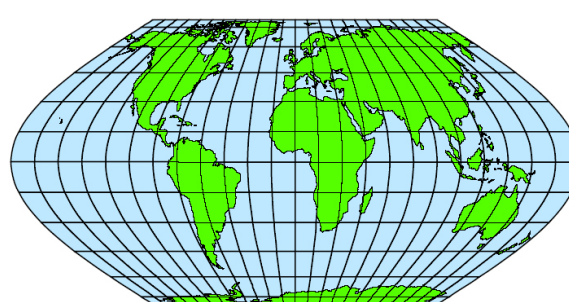
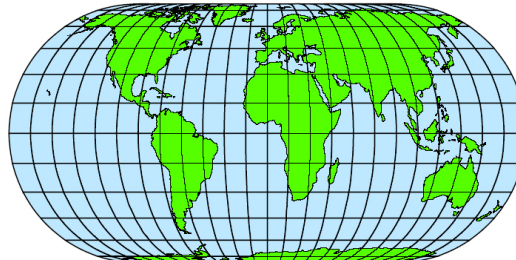


Eckertova nepravá válcová zobrazení

nejsou ekvivalentní



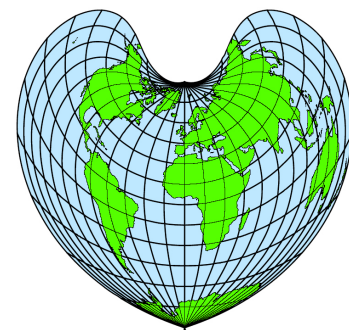
jsou ekvivalentní



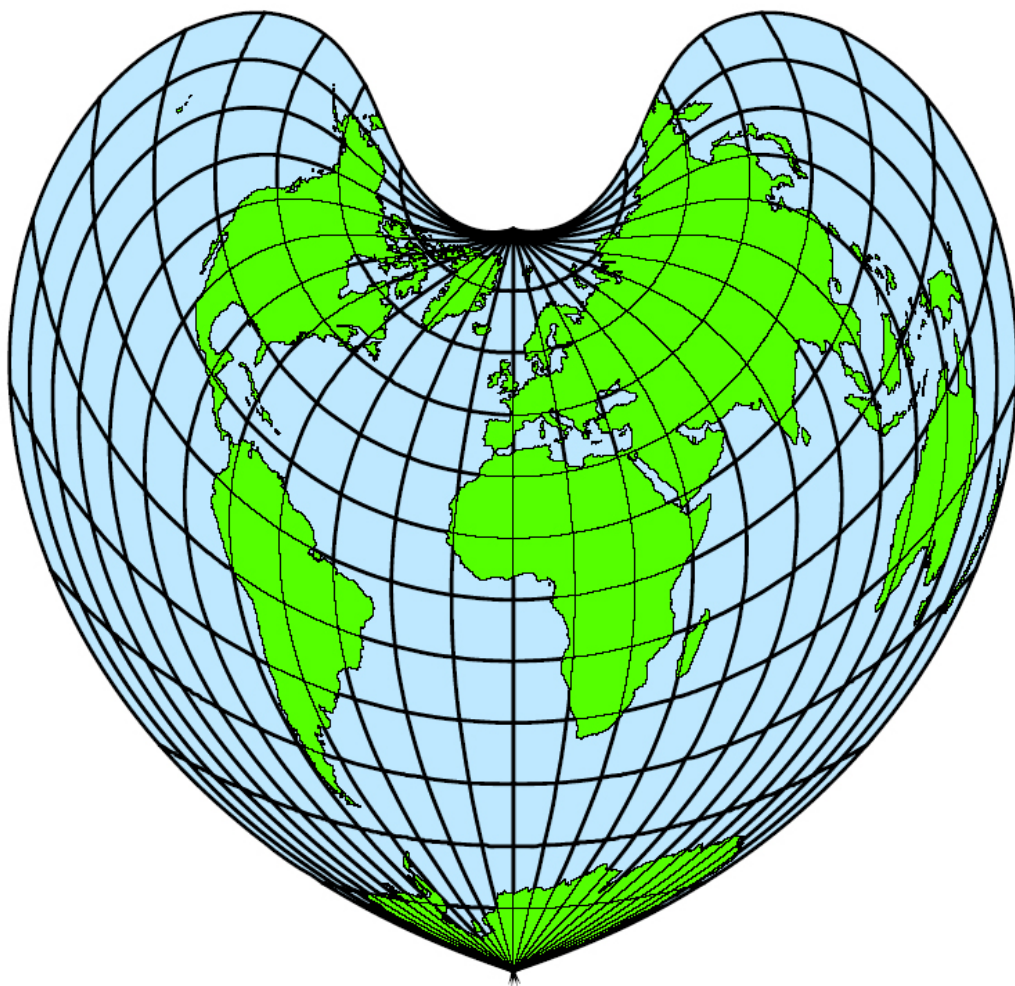
Bonneovo nepravé kuželové zobrazení

- *Rigobert Bonne, 1752*
- *pseudokonické*
- *vznikne z Ptolemaiova zobrazení zkrácením obrazů rovnoběžek tak, aby byly délkojevné*
- *jejich rozdělením na stejné části (viz Sansonovo zobrazení) vzniknou průsečíky s poledníky*
- *obrazy rovnoběžek jsou tedy délkojevné, poloměry podle Ptolemaiova vzorce*
- *střední poledník délkojevný, póly bodové*
- *plochojevné*
- *při φ_0 ve vyšších zeměpisných šířkách má tvar srdce a při $\varphi_0 = 0^\circ$ se jedná o Sansonovo zobrazení*
- *pro $\varphi_0 = 90^\circ$ se nazývá Wernerovo – Stabeovo*
- *dříve pro mapy světadílů*

$$\rho = r \cdot [\operatorname{tg} \delta_0 + \operatorname{arc}(\delta - \delta_0)]$$
$$\varepsilon = \frac{360^\circ \cdot \sin \delta}{\operatorname{tg} \delta_0 + \operatorname{arc}(\delta - \delta_0)}$$



Bonneovo nepravé kuželové zobrazení



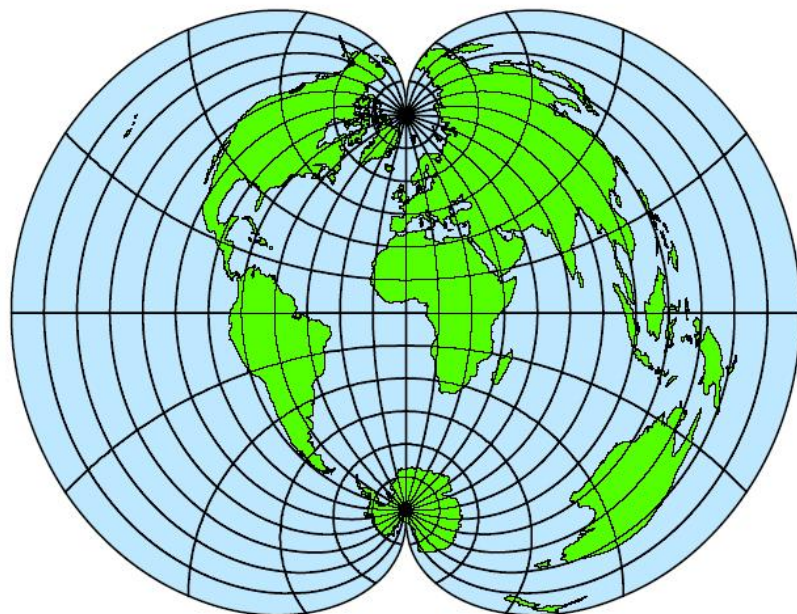
Obecná zobrazení

■ *II. Polykónická*

- *vznikla, protože u kuželových zobrazení není mimo jednu až dvě zachované rovnoběžky nic dalšího délkojevného*
- *obzvláště směrem k druhému pólu silně narůstá zkreslení*
- *polykónická zobrazení zobrazují každou rovnoběžku na samostatný kužel*
- *tedy více různých kuželů*
- *obrazy rovnoběžek tvoří nesoustředné kružnice*
- *základní poledník je přímkový*

Americké polykónické zobrazení

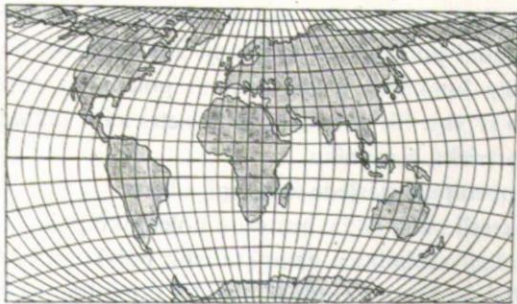
- *Ferdinand Rudolph Hassler, 19. stol.*
- *obrazy rovníku a středního poledníku jsou přímkové a délkojevné*
- *obrazy rovnoběžek (části kružnic) jsou délkojevné*
- *póly se zobrazí do bodu*
- *délkojevné podle všech rovnoběžek a středního poledníku*
- *velké zkreslení při okrajích, používá se jen střední část*
- *tvar jablka*
- *modifikace: anglické zobrazení, více zploštělá ve vertikálním směru*
- *použito pro Topografickou mapu GŠ ČSA 1 : 1 mil.*



$$\rho = r \cdot \operatorname{tg} \delta$$
$$y_0 = \rho + \operatorname{arc} \varphi$$

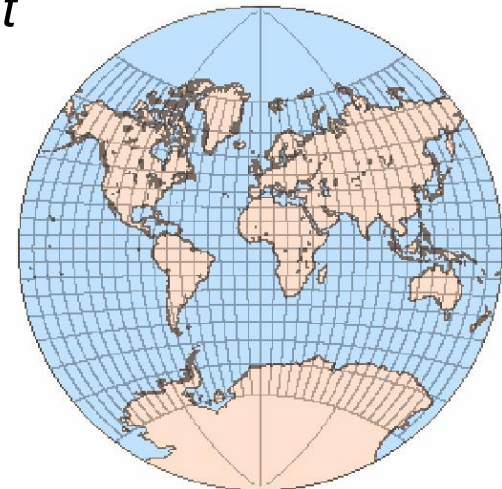
Zobrazení CNIIGAiK

- *G. A. Ginzburg (Centralnyj naučnoisledovatel'skij institut geodezii, aerofotosjomky i kartografii)*
- *vypočten na základě požadovaného zkreslení*
- *nemá zobrazovací rovnice, pouze tabulkové hodnoty souřadnic x, y , odpovídající obrazům průsečíků zeměpisné sítě*
- *póly i rovnoběžky křivkové*
- *použito v ŠAS v 70. letech, více variant*
- *nic jevného, kompenzační*



Grintenovo kruhové zobrazení

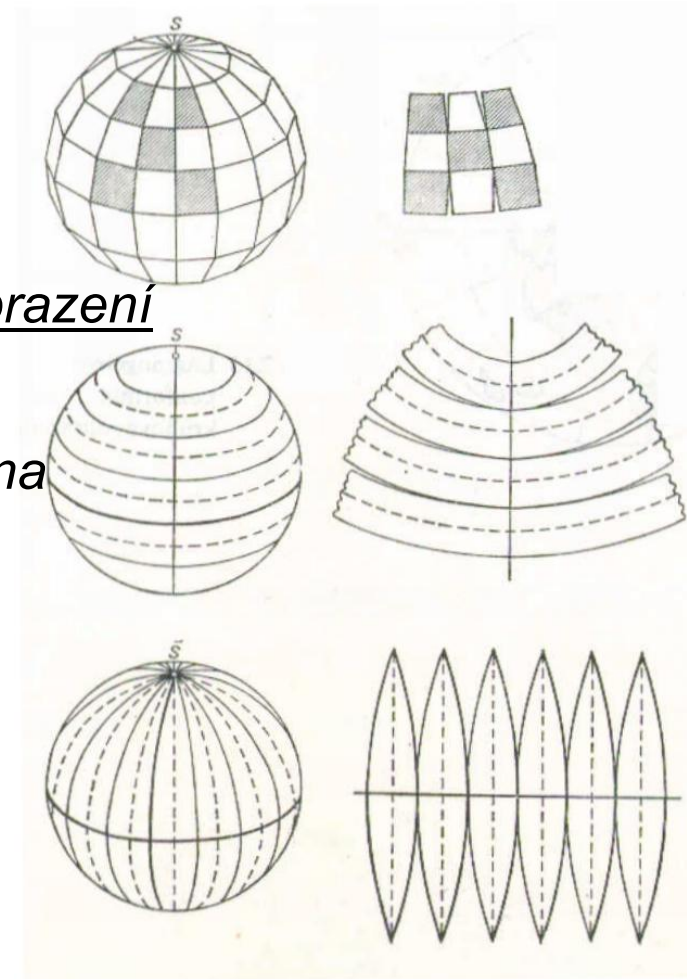
- *Alphons J. van der Grinten (1904)*
- *obraz světa do kruhu o poloměru $\pi \cdot r$*
- *rovník a střední poledník - v průměrech, vzájemně kolmé*
- *rovnoběžky i poledníky jsou části kružnic*
- *vyrovnávací*
- *zkreslené oblasti pólů se na mapách světa ořezávají a do obdélníku se naopak dokresluje zeměpisná síť (tedy např. Aljaška bývá zobrazena 2x)*



Obecná zobrazení

■ III. Víceplošná

- zmenšují zkreslení pomocí rozdělení zobrazovaného území na menší části
- na každý sférický lichoběžník je použito zobrazení se samostatnou souřadnicovou soustavou
- *např. glóbus rozdělen na rovnoběžkové či poledníkové pásy a každý pás je zobrazen na novou zobrazovací plochu*
- *mapy nelze sestavit vedle sebe bez mezer*
- *nejčastěji:*
 - ☐ *koule na mnohostěny*
 - ☐ *hvězdicové mapy (planisféry)*
 - ☐ *poledníkové pásy pro glóbus*
 - ☐ *sférický lichoběžník do roviny kuželu, válce*



Víceplošná zobrazení

- ***polyedrická*** – k tvorbě víceplošných glóbů, ze sférických lichoběžníků jejichž složením vznikne polyedr
- ***mnohoválcová*** – pro glóbusové pásy (Gauss-Krügerovo zobrazení, UTM)
- ***pankónická*** – např. 4 kužely (a tedy 4 kuželové pásy) Delislova zobrazení

Obecná zobrazení

■ *IV. Neklasifikovaná*

■ *smíšená*

- ☐ *průměry souřadnic u dvou různých zobrazení*

■ *dělené sítě*

- ☐ *různé polohy zobrazovacích ploch (více středních poledníků) tak, aby geografické celky (např. kontinenty) zapadly do částí sítě (mají společný například rovník)*
- ☐ *jedno zobrazení členěno na více částí*

■ *kombinované sítě*

- ☐ *založeny na dvou nebo více sítích sestrojených v různých zobrazeních tak, aby bylo možné přiložit mapy částí zemského povrchu k sobě podél některé části zeměpisné sítě*
- ☐ *dvě či více zobrazení na sebe spojitě navazují*

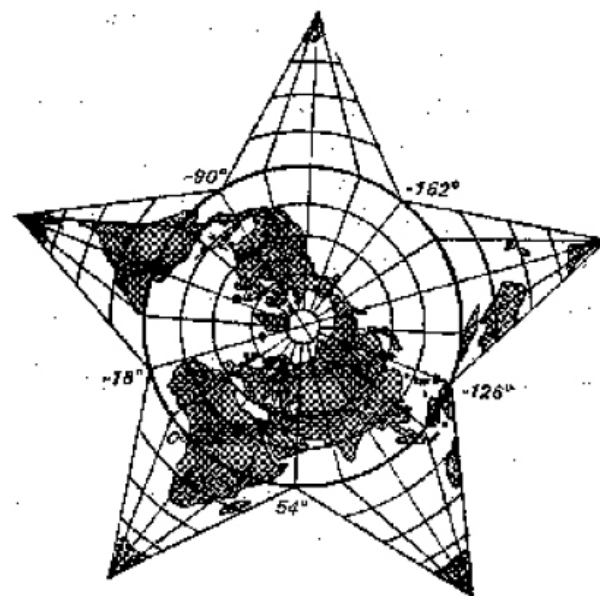
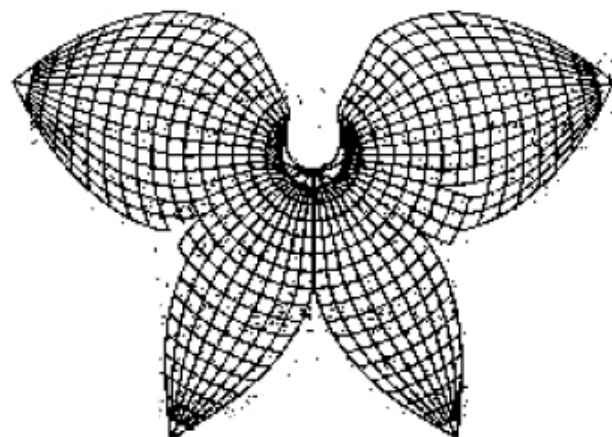
Neklasifikovaná zobrazení

■ Bartholomewovo

- kombinované a dělené
- vzniklo z Postelova a Bonneova zobrazení

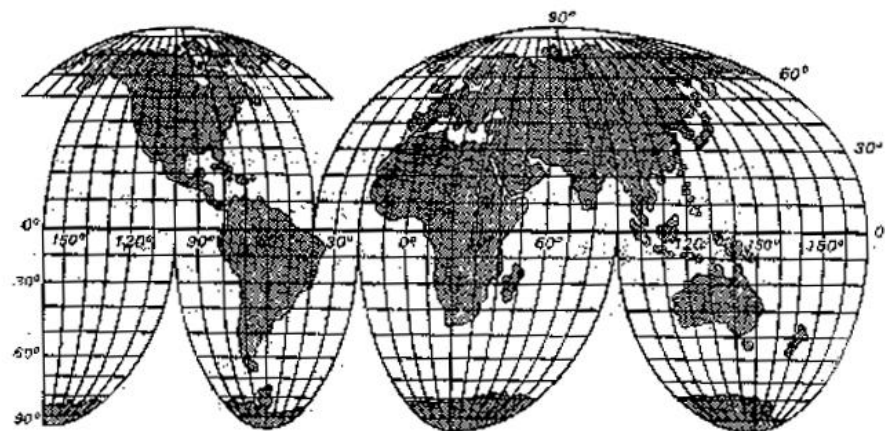
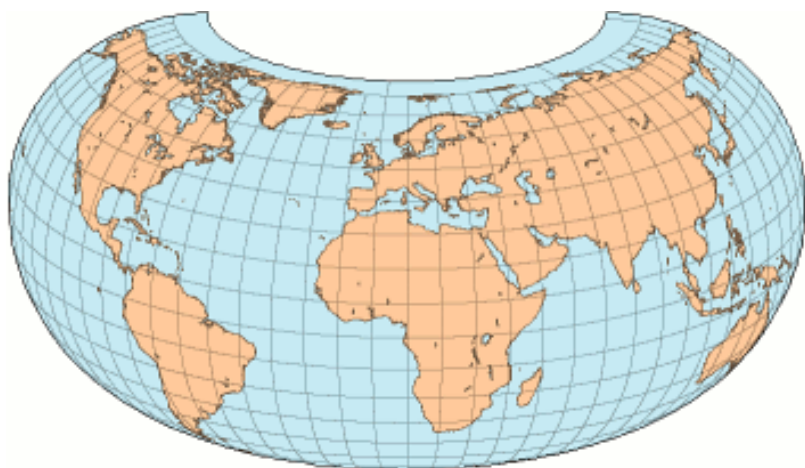
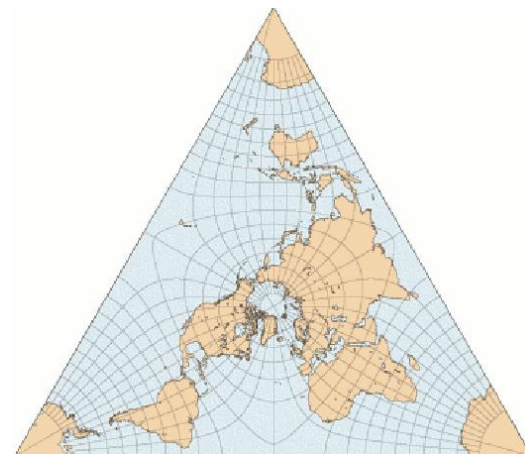
■ Berghaussovo hvězdicové zobrazení

- dělené
- střed tvoří Postelovo zobrazení
- podobné je Petermannovo zobrazení (8 cípů)



Neklasifikovaná zobrazení

- **Ortoapsidální zobrazení (armadillo)**
 - úhlojevné
 - ve znaku České kartografické společnosti
- **Leeovo zobrazení**
 - úhlojevné, svět do trojúhelníku
- **Mollweidovo zobrazení v Goodově úpravě**

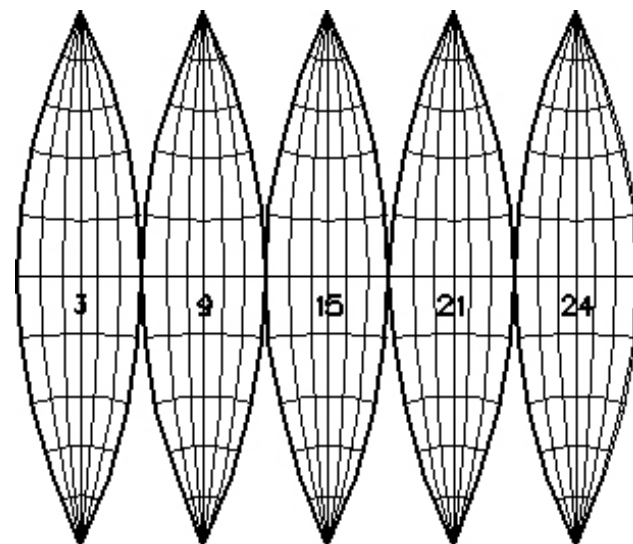


Geodetická zobrazení

- *slouží pro geodetické účely (tedy přesné vyměřování) a mapování velkých měřítek*
- *úhlojevná – aby nezkreslovala úhly jakožto základní měřičský prvek*
- *vycházejí z referenčních elipsoidů (nikoli z koule)*
- *zvláštnosti v označování souřadnic:*
 - *x má význam y, y má význam x*
- **Gaussovo-Krügerovo**
- **Křovákovo**
- **UTM**

Gauss-Krügerovo zobrazení

- *odvozeno Gaussem (19.stol.), propracováno Krügerem*
- *úhlojevné válcové příčné zobrazení elipsoidu do roviny*
- *bez použití referenční koule*
- *1952 pro Topografickou mapu ČSSR a státy Varšavské smlouvy (využívá Krasovského elipsoidu)*
- *na jeden válec se zobrazí úzký pás území, protáhlý podél dotykového poledníku*
- *systém sférických dvojúhelníků po 6° (od 1 válce dotýkajícího se podél poledníku)*

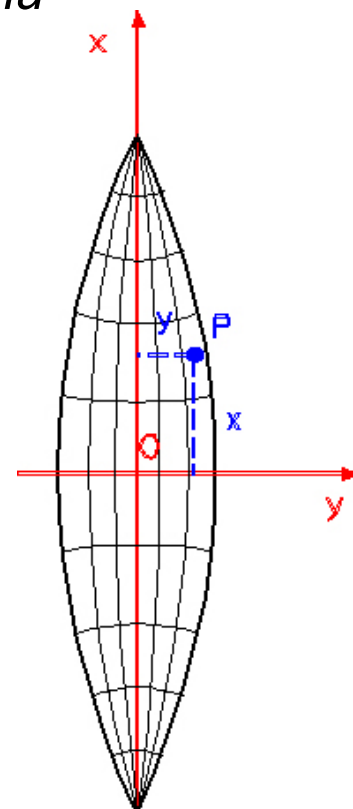


Gauss-Krügerovo zobrazení

- dvojúhelník je vymezený dvěma poledníky s intervalem 6°
- délkové zkreslení max 1,00057, na 1 : 10 000 se tedy neprojeví
- zeměpisné délky se udávají vzhledem ke greenwichskému poledníku
- základní poledník přímkový a délkojevný
- rovník nedélkojevný a přímkový
- obrazy poledníků sinusoidy, rovnoběžek paraboly
- v rovnicích značí x vzdálenost od obrazu rovníku, y od poledníku

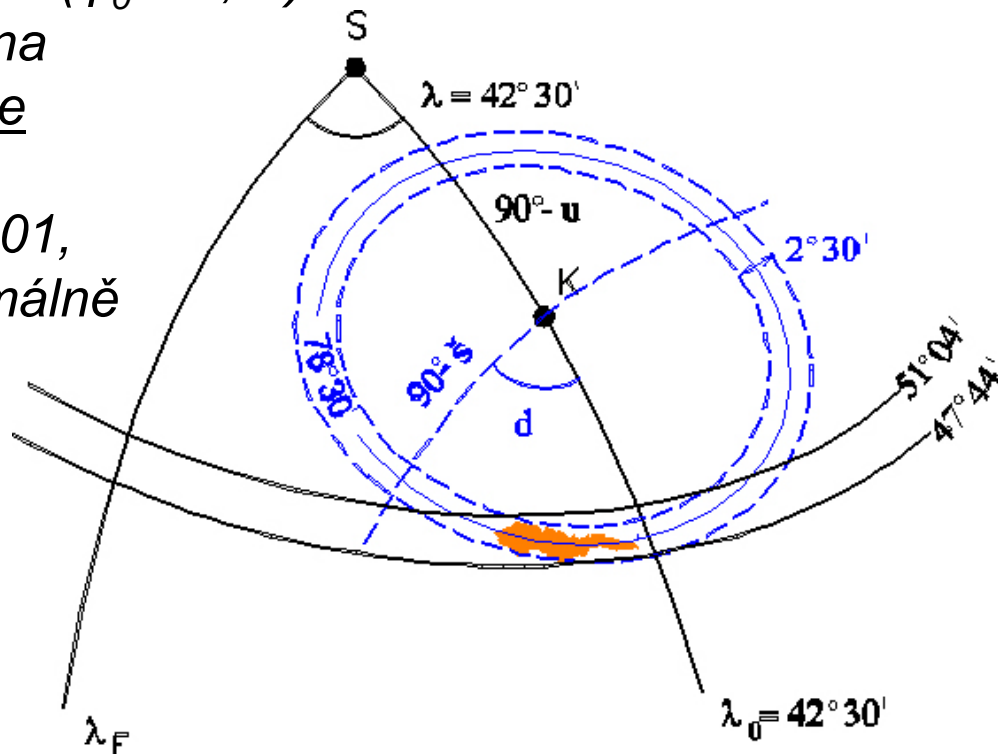
$$x = X_\varphi + N \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot \frac{\text{arc}^2 \Delta \lambda}{2} - k$$

$$y = N \cdot \cos \varphi \cdot \text{arc} \Delta \lambda + N \cdot \cos^3 \varphi \left(1 - \text{tg}^2 \varphi + \cos^2 \varphi \frac{a^2 - b^2}{b^2} \right) \cdot \frac{\text{arc}^3 \Delta \lambda}{6} - p$$



Křovákovo zobrazení

- Gaussovo úhlojevné kuželové zobrazení v šikmé poloze převádějící Besselův elipsoid na referenční kouli ($R = 6\,380,7\text{ km}$ - Gaussova koule)
- tato koule má s elipsoidem jediný dotykový bod, délkově je zachována rovnoběžka elipsoidu ($\varphi_0 = 49,5^\circ$)
- koule opět konformně zobrazena na sečný kužel v obecné poloze
- maximální délkové zkreslení od 0,9999 až po 1,0001, tedy délka 1 km se mění maximálně o 1 dm, což se např. v mapě s měřítkem 1:1000 prakticky neprojeví



Křovákovo zobrazení

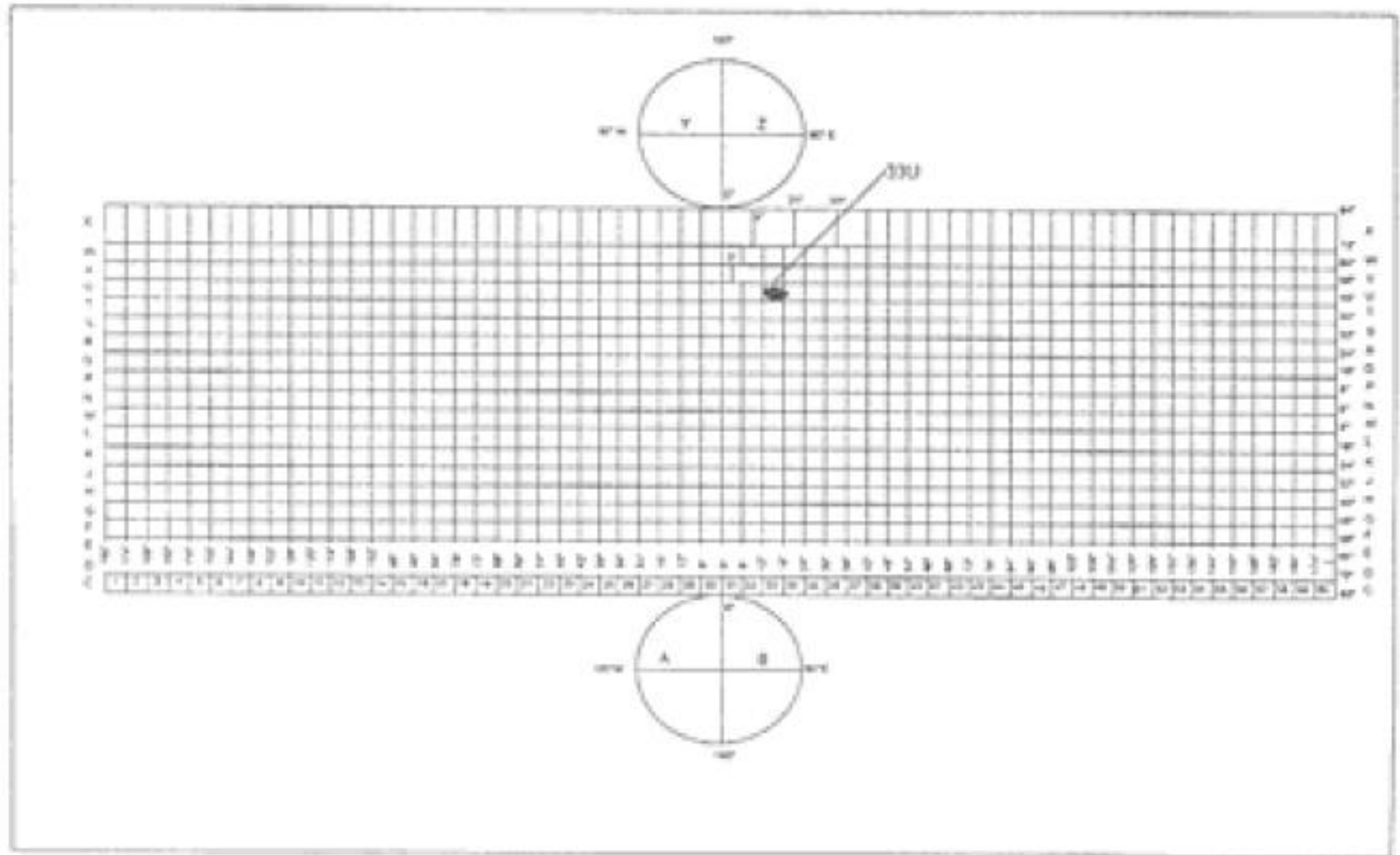
- v Československu zavedeno poprvé v roce 1922 nejprve pro katastrální mapy, později i pro mapy tzv. definitivního vojenského mapování
- zeměpisné délky se udávají vzhledem k Ferrskému poledníku
- kartografický pól: $\phi=59^{\circ}42'42,7''$, $\lambda=42^{\circ}31'31,4''$ (nad Tallinem)
- v mapách postačuje zobrazit poledníky přímkami a rovnoběžky soustřednými kružnicemi (správně se však jedná v obou případech o složité křivky)
- pomocí zobrazení se převáděly trigonometrické body I. řádu jednotné sítě československé do roviny – vznikla tedy soustava rovinných souřadnic pro tzv. československou jednotnou trigonometrickou síť katastrální (JTSK)
- od roku 1968 - Základní mapa ČSSR

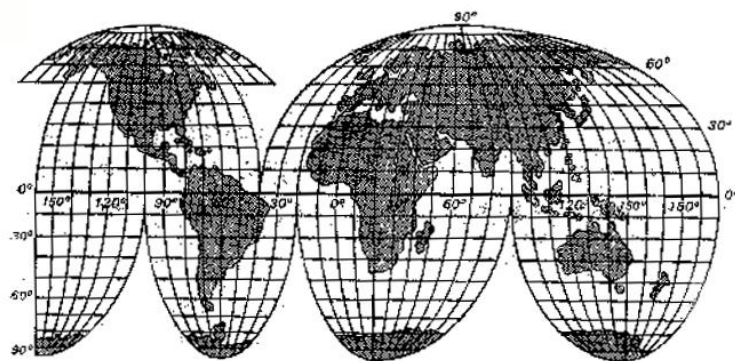
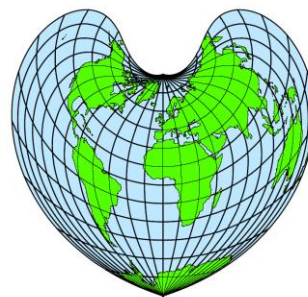
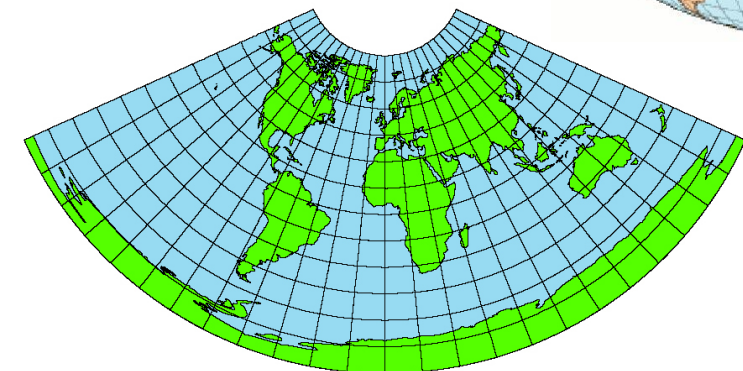
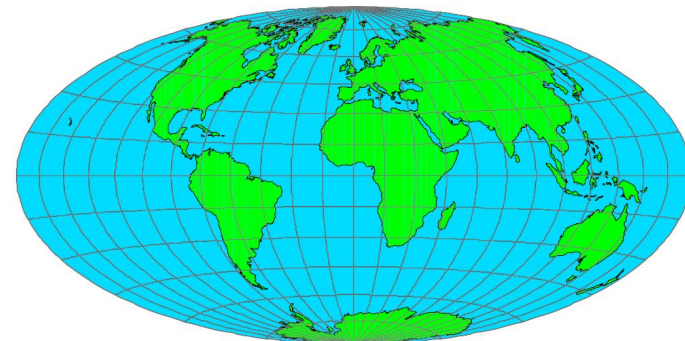
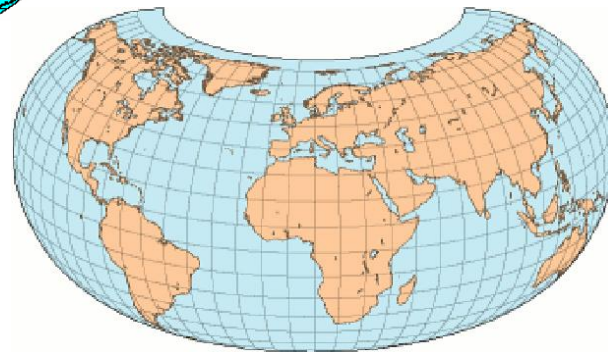
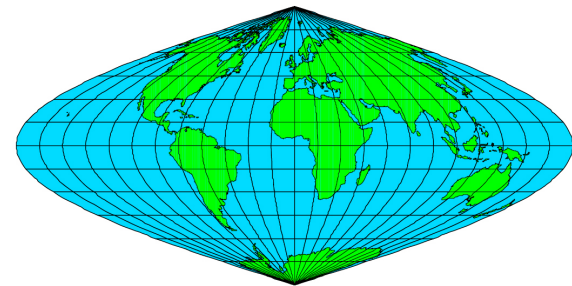
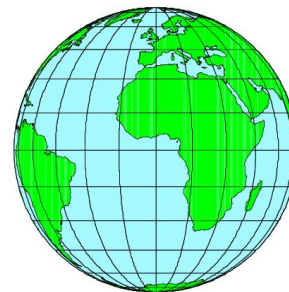
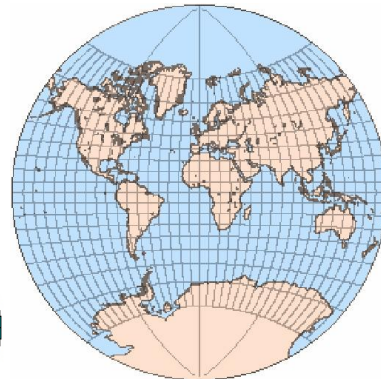
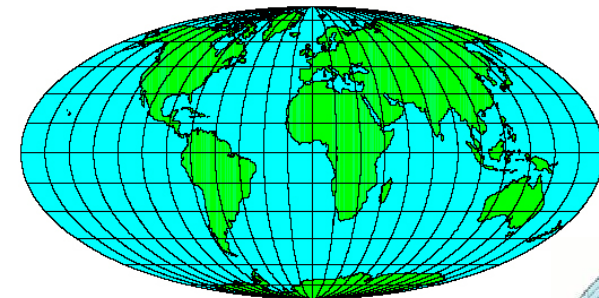
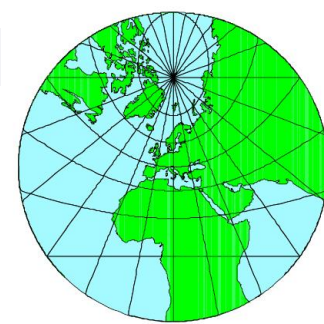
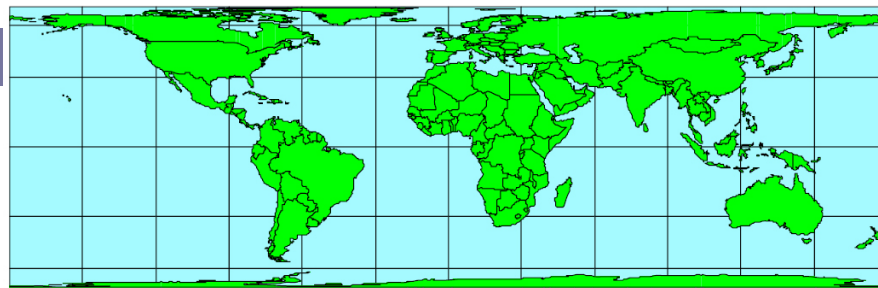
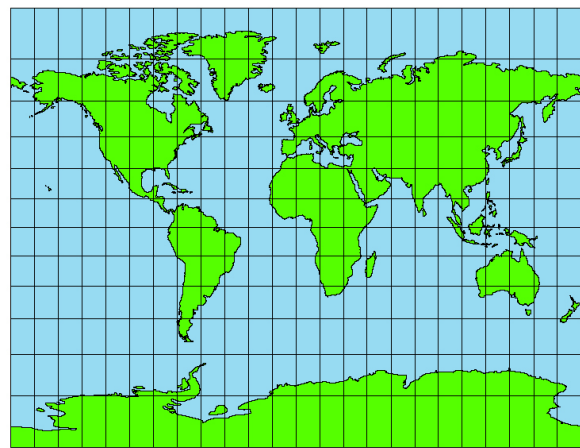
UTM

(Universal Transverse Mercator)

- *úhlojevné válcové příčné sečné Mercatorovo zobrazení*
- *dříve pro vojenské mapy USA a NATO, dnes běžné*
- *od Gauss-Krügerova se liší:*
 - *používá elipsoid WGS84*
 - *pro lepší rozdělení zkreslení nejsou základní poledníky pásů délkojevné (1,0004 × kratší)*
 - *používá se pouze pro území mezi 80. rovnoběžkami*
- *pro polární oblasti od 79°30 – UPS (Universal Polar Stereographic)*

UTM





Volba zobrazení

- **Velikost území** – s narůstající velikostí území se zvětšuje zkreslení v okrajových částech mapy
 - mapy menších území - jednoduchá zobrazení (azimutální nebo kuželová)
 - pro mapy Země - nepravá nebo mnohokuželová zobrazení
- **Tvar území** – malé hodnoty zkreslení jsou co nejblíže k dotykovým nebo sečným křivkám
 - okrouhlá území - azimutální zobrazení
 - protáhlá území - kuželová nebo válcová zobrazení
- **Geografická poloha území**
 - rovníkové oblasti - válcová v normální poloze
 - oblasti mírného pásu (zvláště jsou-li rozložena podél rovnoběžek) - kuželová v normální poloze
 - obecně geografické mapy - vyrovnávací zobrazení
 - polární vrchlíky - azimutální zobrazení v normální poloze

Volba zobrazení

■ **Obsah mapy**

- ☐ *topografické a navigační mapy - úhlojevná zobrazení*
- ☐ *automapy a dopravní mapy – délkojevná zobrazení*
- ☐ *kartogramy a mapy pro srovnání ploch - plochojevná zobrazení*

■ **Účel mapy**

- ☐ *mapy katastrální a topografické - úhlojevná zobrazení*
- ☐ *přehledné mapy - co nejméně zkreslený obraz referenční plochy*
- ☐ *atlasy a soubory tematických map - srovnatelné druhy zobrazení a nebo stejná zobrazení*