

Referenssystem och projektioner

Thomas Gumbricht
thomas@karttur.com
www.karttur.com

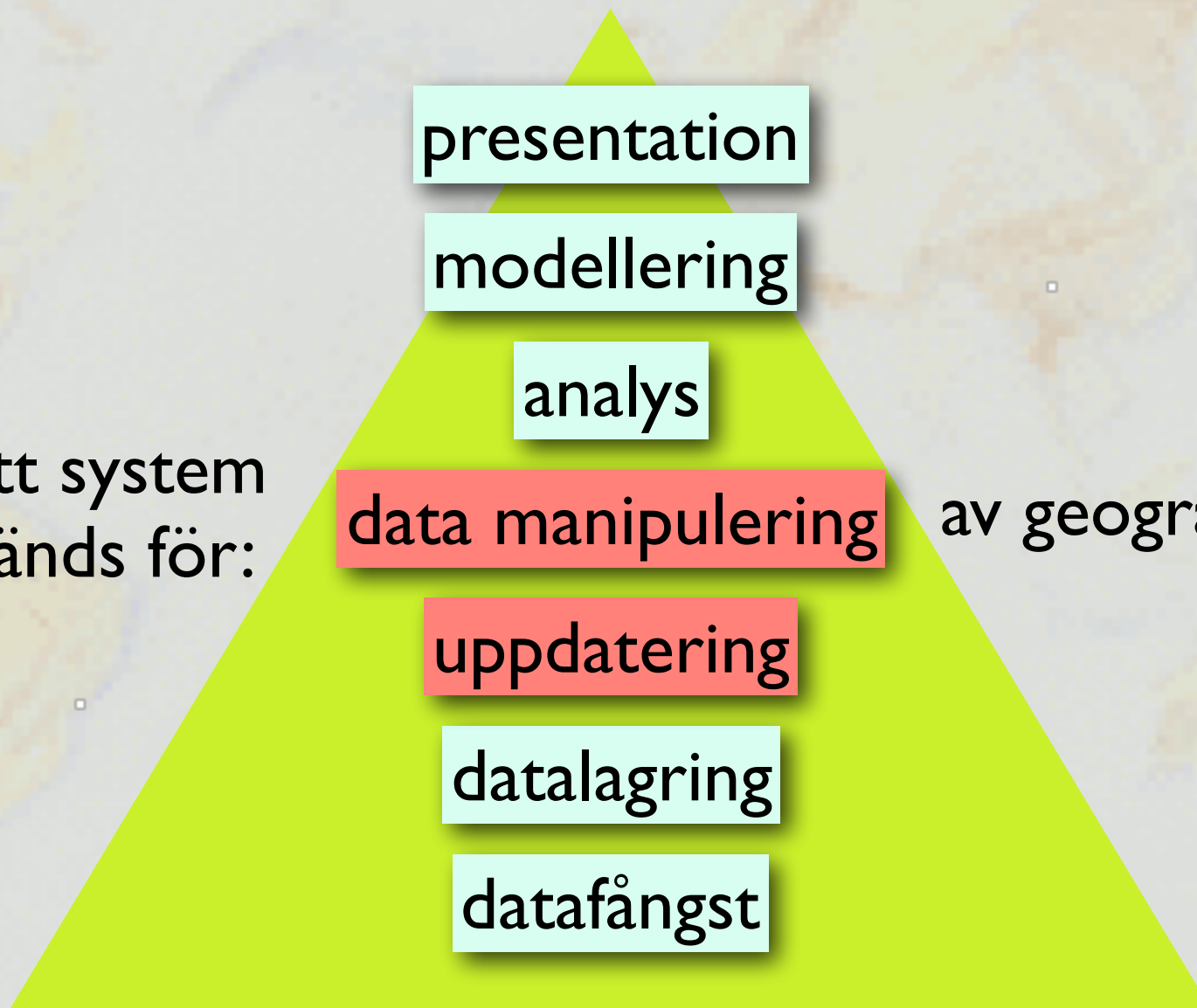
Föreläsningens innehåll och syfte

Föreläsningen ger en introduktion till geografiska referenssystem och projektioner

- Geografiska koordinater
- Projicerade koordinater
- Ellipsoid och geoid

Komponenter i GIS

GIS är ett system
som används för:

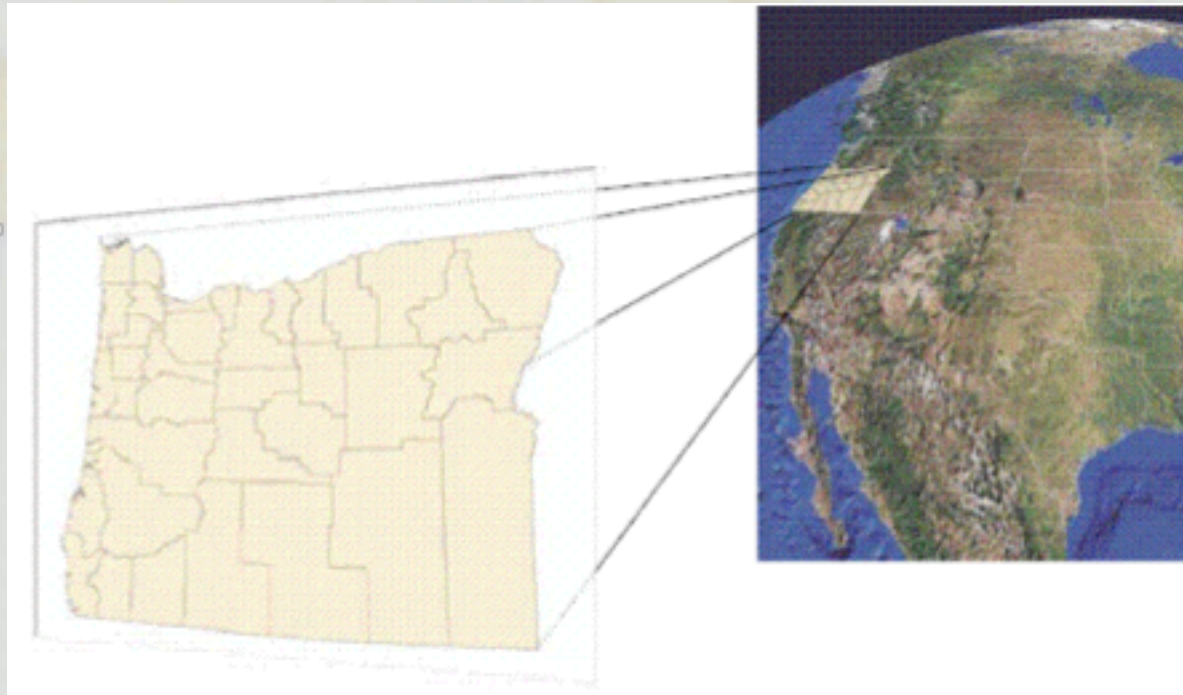


av geografiska data

Referenssystem och projektioner

Georeferering - geografisk referering av en karta till positioner på jordens yta

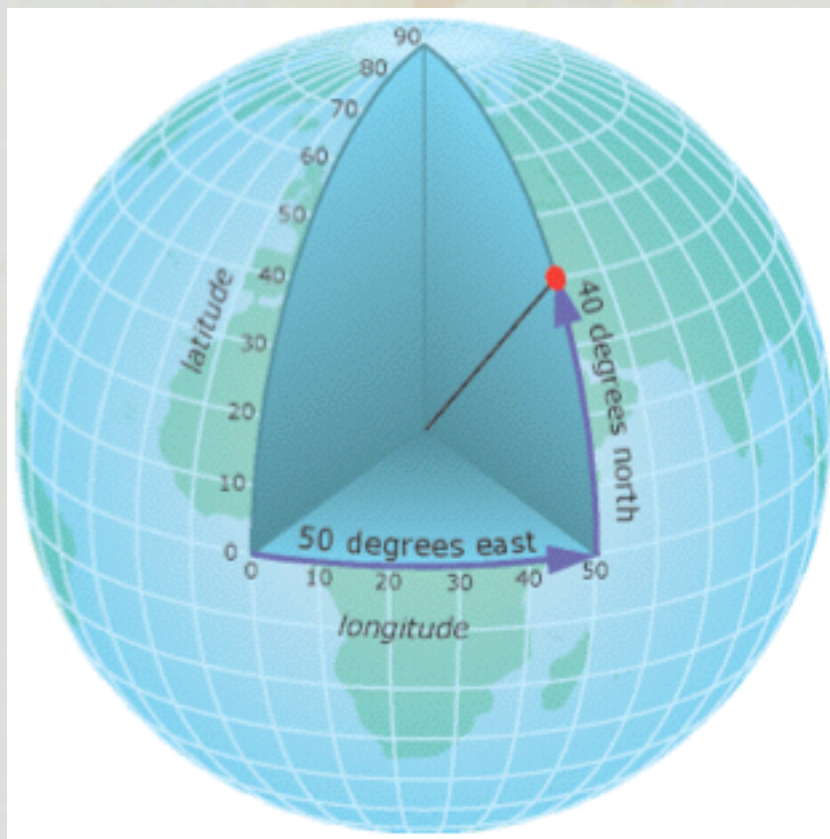
- Nödvändigt för all kartpublicering och arbete med GIS
- Positionen kan sättas i geografiska koordinater (latitud-longitud - oprojicerad data), eller
- Kartesiska koordinater som är relaterade till geografiska projektioner (projicerad data)



Geografiska koordinater - latitud och longitud

I ett geografiskt koordinatsystem mäts positioner som sfäriska vinklar utifrån jordens medelpunkt. Positionen anges i grader (exv. $58^{\circ} 2' 4,5''$) eller i decimalgrader (58.037896).

Latitud mäts som den sfäriska vinkel mellan ekvatorn och en punkt på jordytan. Vinkelvärdet varierar mellan -90 (sydpolen) och +90 (nordpolen).

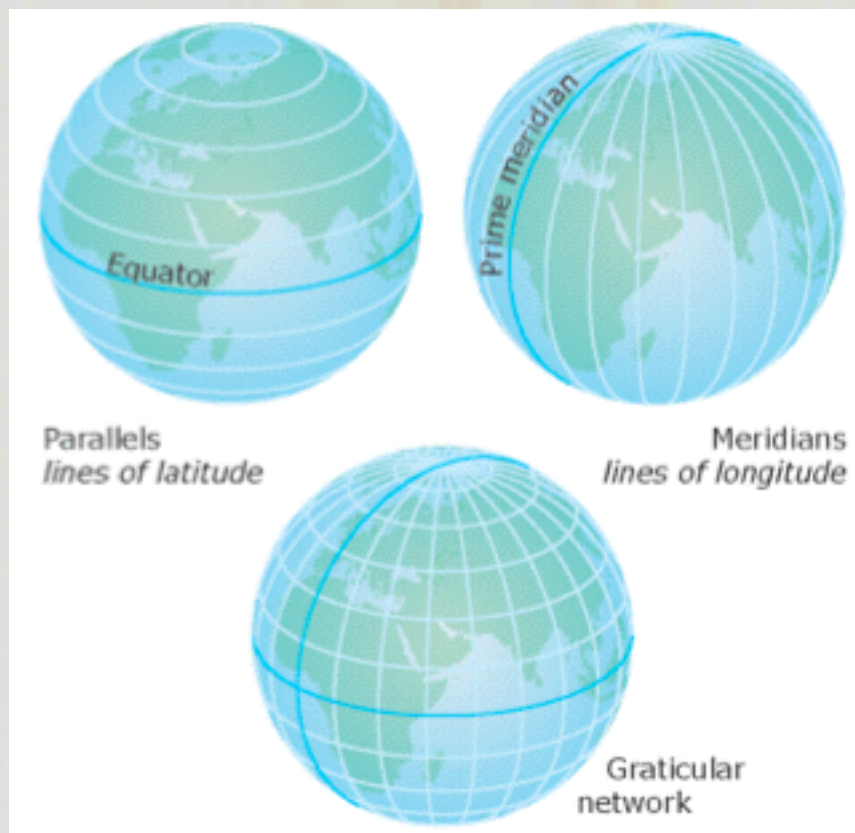


Longitud mäts som den sfäriska vinkel mellan Greenwich meridianen och en och en punkt på jordytan. Vinkelvärdet varierar mellan -180 (W) och +180 (E).

Geografiska koordinater - latitud och longitud

En position på jordytan kan anges exakt med latitud och longitud. Men geografiska positioner är inte jämförbara avseende distanser. Bara vid ekvatorn motsvarar 1 latitud samma distans som en longitud (cirka 110 km). I exempelvis Stockholm motsvarar en longitud ungefär endast 55 km.

Eftersom longitud och latitud minskar i absolut längd när man rör sig bort från ekvatorn kan de inte användas för att göra plana kartor (för tryck eller i GIS).

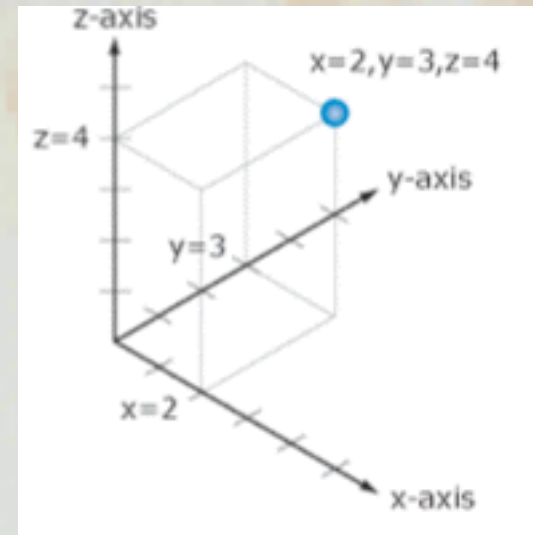
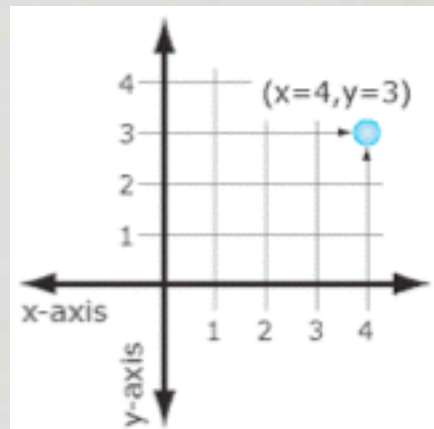


För att trycka kartor och använda kartor i GIS krävs därför att man har ett mer konsistent koordinatsystem. Kartan måste projiceras till ett akrtesisikt system.

Kartesiska koordinater - X och Y

Projicerade koordinater behövs för att skapa en platt karta av jordytan, som kan användas för att trycka kartor eller i GIS.

I ett kartesiskt koordinatsystem kan en position anges i 2 dimension med X och Y koordinater.

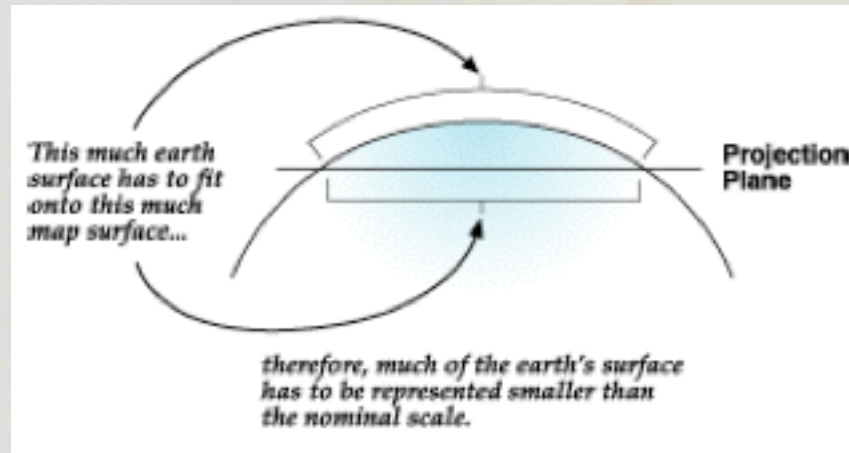


Positioner kan också anges i 3 dimension med X,Y och Z koordinater.

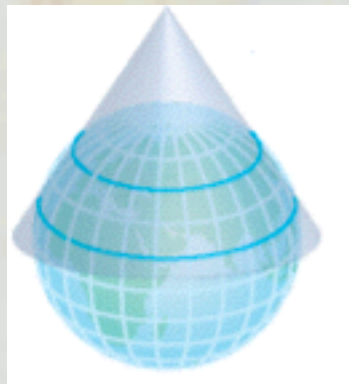
Eftersom jorden är sfärisk kommer en platt projektion alltid att vara behäftad med fel. Beroende på vad kartan skall användas till är det därför en utmaning att välja ett koordinatsystem som bibehåller det viktigaste för just det ändamål kartan var tänkt för.

Projicerade koordinater

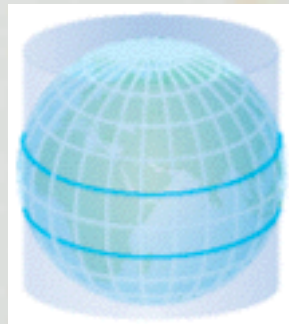
Den matematiska transformationen för att skapa ett platt kartesiskt koordinatystem för vår sfäriska planet kallas projicering.



Det finns tre huvudsakliga projiceringar för att överföra en sfär till ett plan.



Konisk projicering



Cylindrisk projicering



Azimutal (pol eller plan) projicering

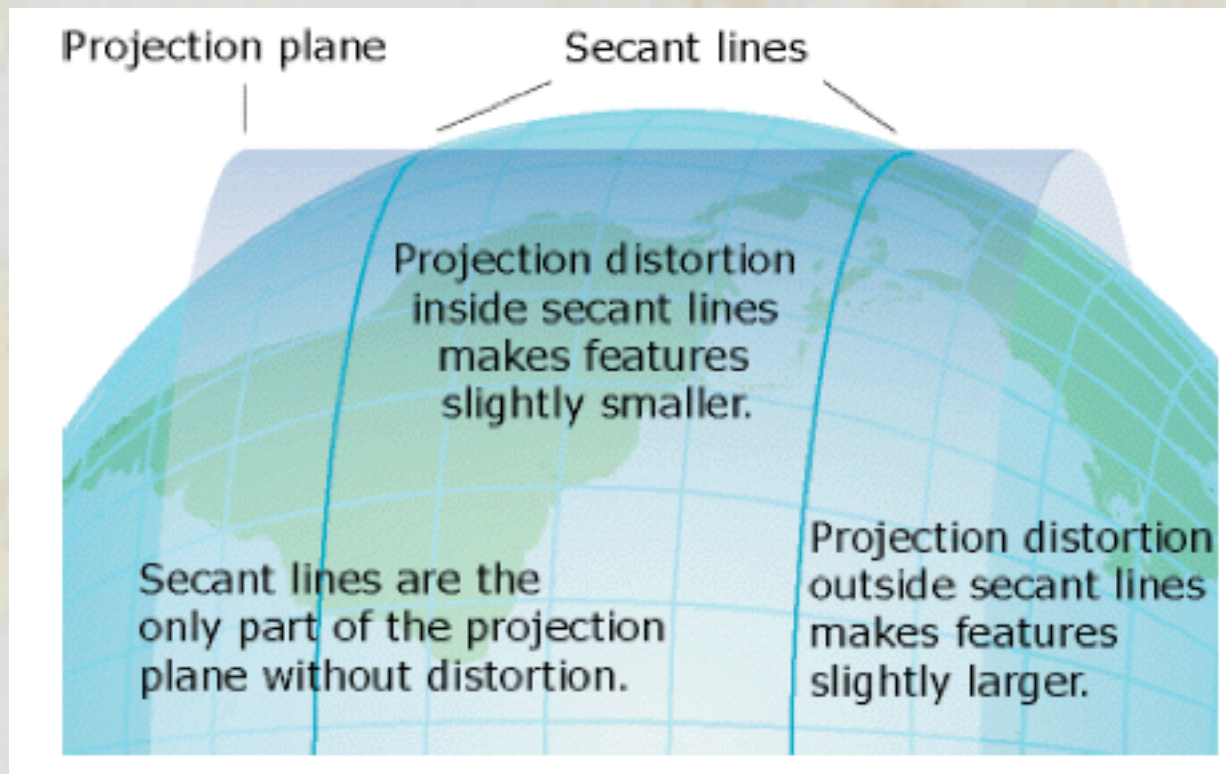
Projicerade koordinater

Förutom att dela in projektioner i hur de överförs till ett plan, kan projektioner också delas in efter hur de representerar

- vinklar (vinkelriktiga projektioner)
- ytor (ytriktiga projektioner)
- längder (längdriktiga projektioner)
- former (formriktiga projektioner)

Projicerade koordinater

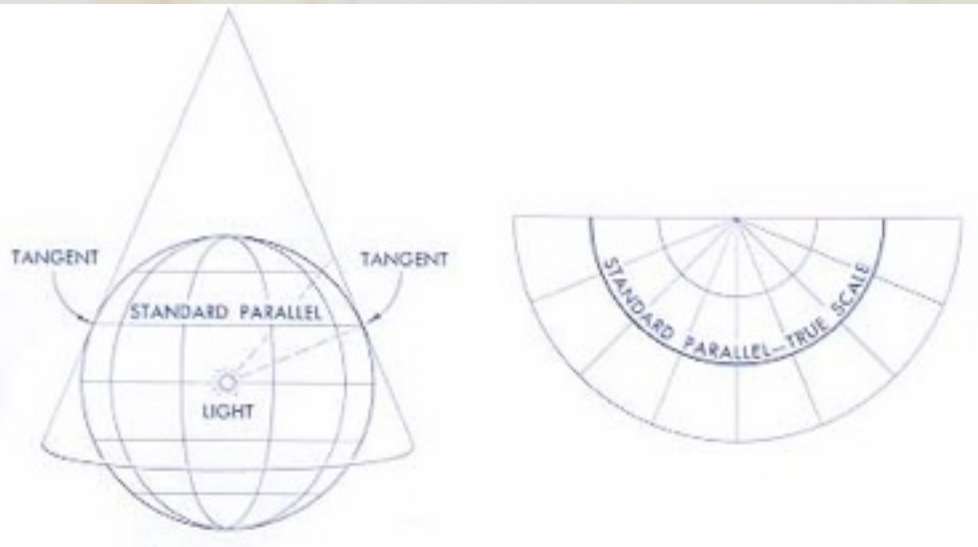
Skillnaden mellan att använda en eller två tangenter för en projektion.



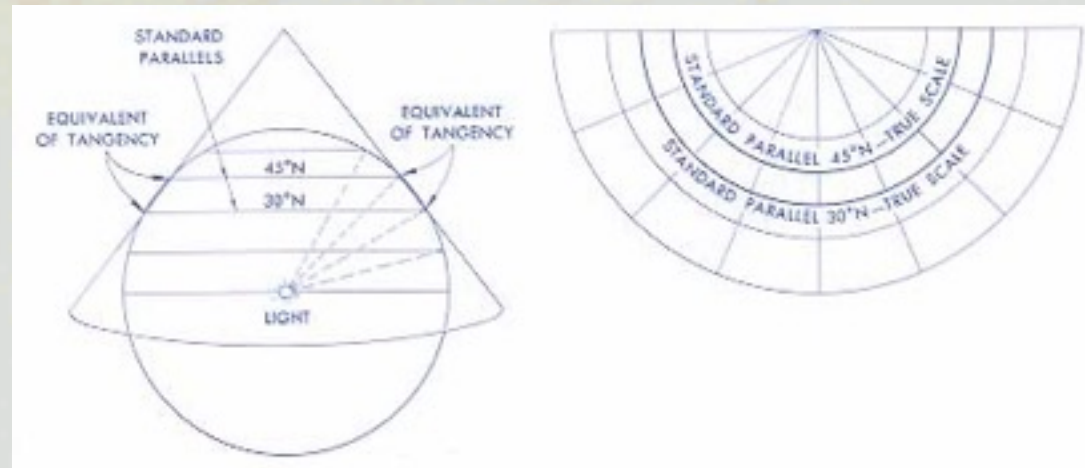
Konisk projicering

Koniska projektioner kan vara av två huvudtyper

- Med en tangent - konen vilar på jordytan
- Med två tangenter, delar av jordytan är inuti konen, medan området mellan tangenterna är utanför



Konisk projicering med 1 tangent



Konisk projicering med 2 tangenter

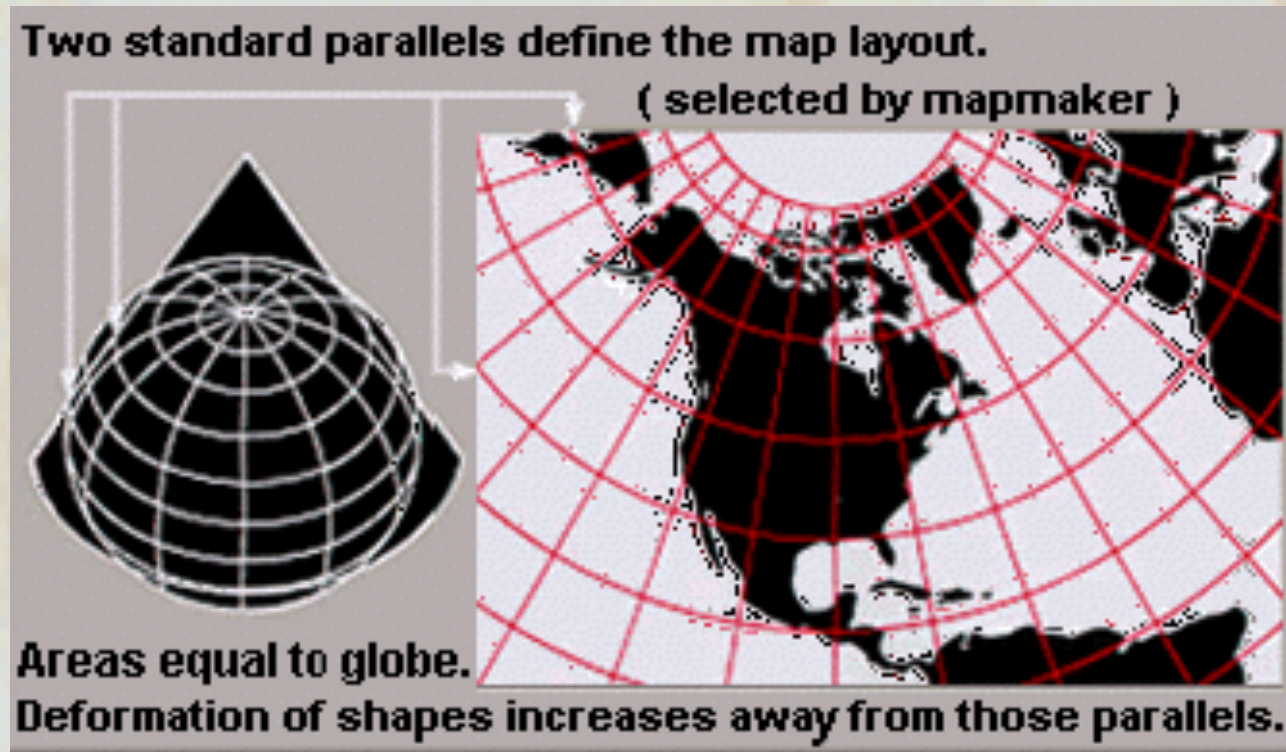
Konisk projicering

Exempel på koniska projektioner:

- Lambert's conformal conic projection
- Albers' equal area conic projection

Användningsområden:

- Projektioner av en hemisfär (exv kontinent).

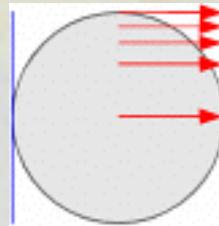
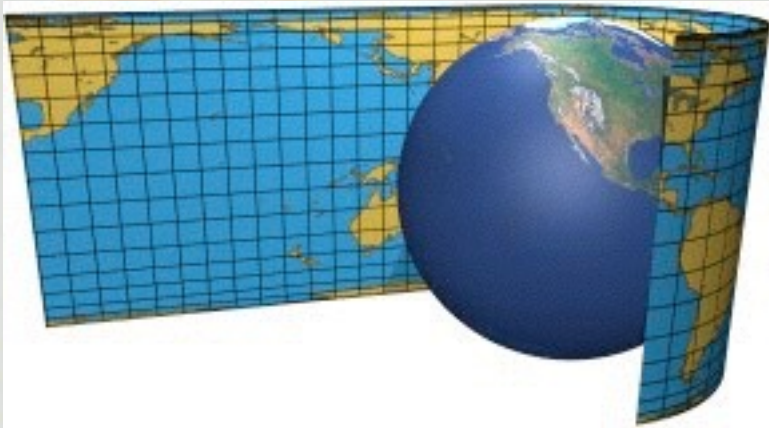


Exempel på Albers conformal conic projection - visar korrekta ytor (exv för beräkning av jordbruksproduktion eller vattenbalans)

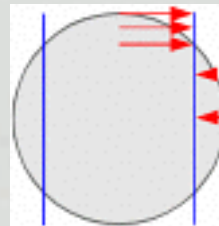
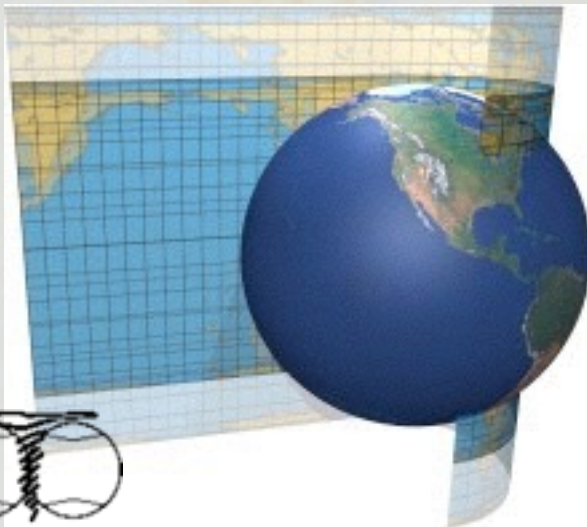
Cylindrisk projicering

Cylindriska projektioner kan vara av tre huvudtyper

- Normal - vertikal cylinder
- Transverse - horisontell cylinder
- Oblique - vinklad cylinder (mindre vanlig)
- Även cylindriska projektioner kan ha en eller två tangenter



Normal cylindrisk projektion
med en tangent



Normal cylindrisk projektion
med två tangenter

Normal cylindrisk projicering

Exempel på normala cylindriska projektioner:

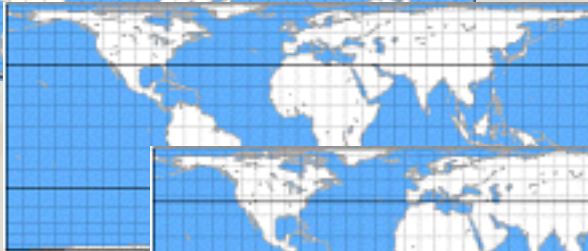
- Lambert's cylindriska projektion
- Behrmanns cylindriska projektion

Användningsområden:

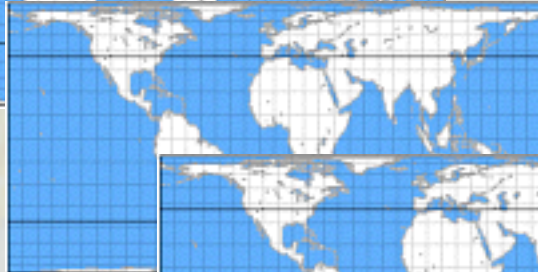
- Världskartor och kartor över regioner med horisontell utsträckning



Lambert (1772);
standard latitude 0°



W.Behrmann (1910);
standard latitudes 30°



Trystan Edwards (theoretical constraint, 1953);
approximate standard latitudes $37^\circ 24'$

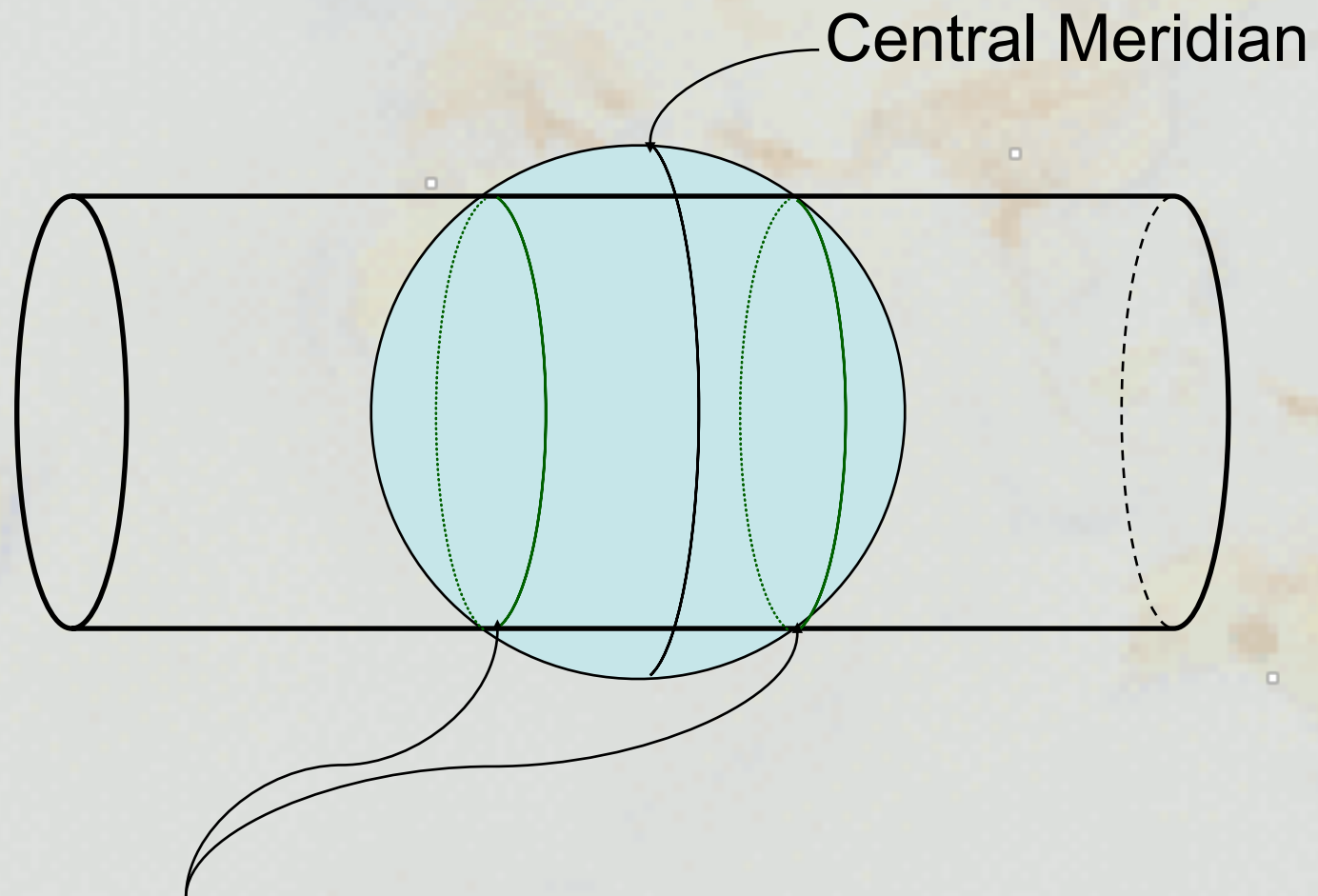


Hobo-Dyer (2002);
standard latitudes $37^\circ 30'$



Gall (1855), Peters (1967);
standard latitudes 45°

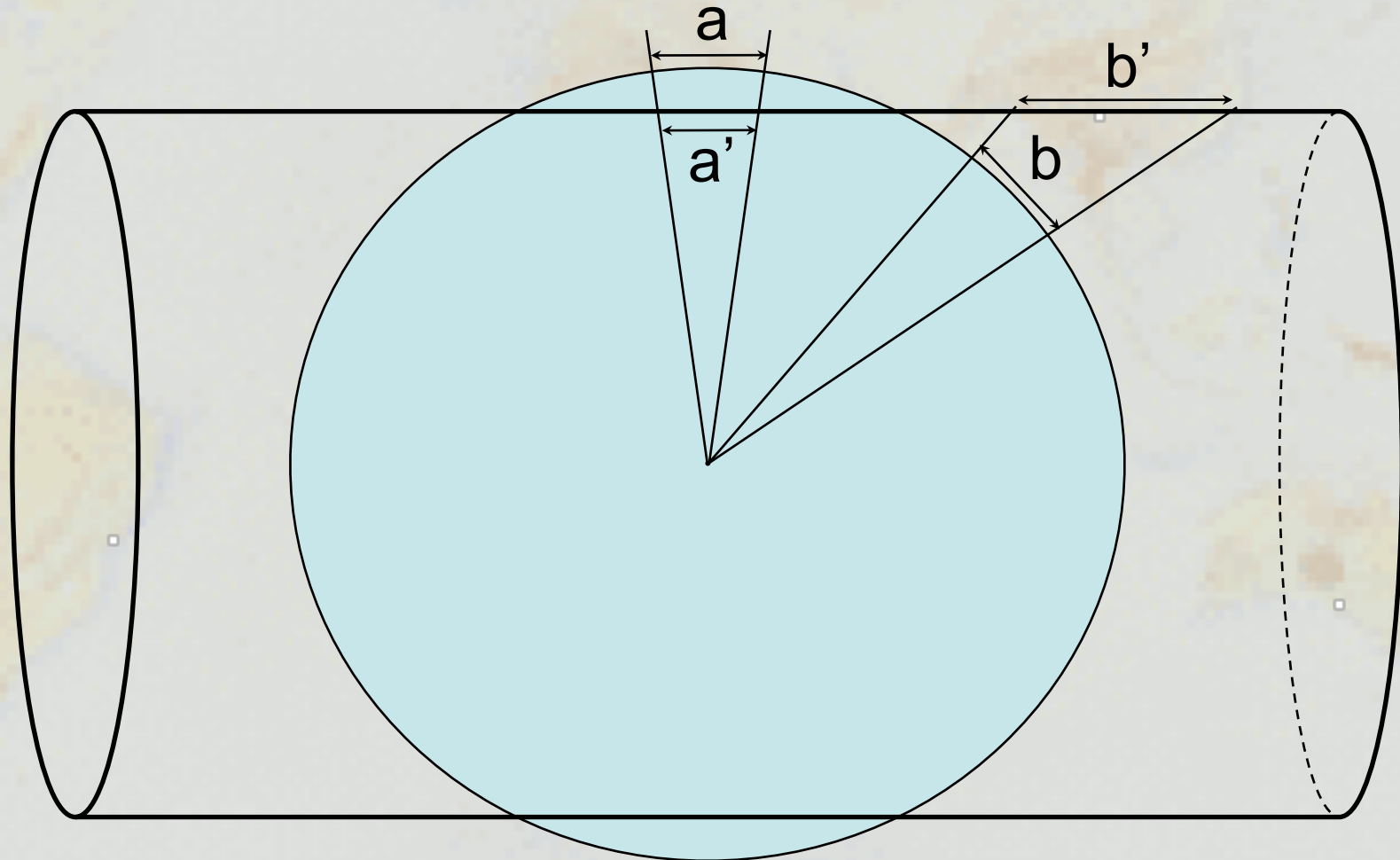
Transversal cylindrisk projicering (Gauss-Kruger)



Linjer med korrekt skala (tangente ellips)

Transversal cylindrisk projicering

Skalvariation



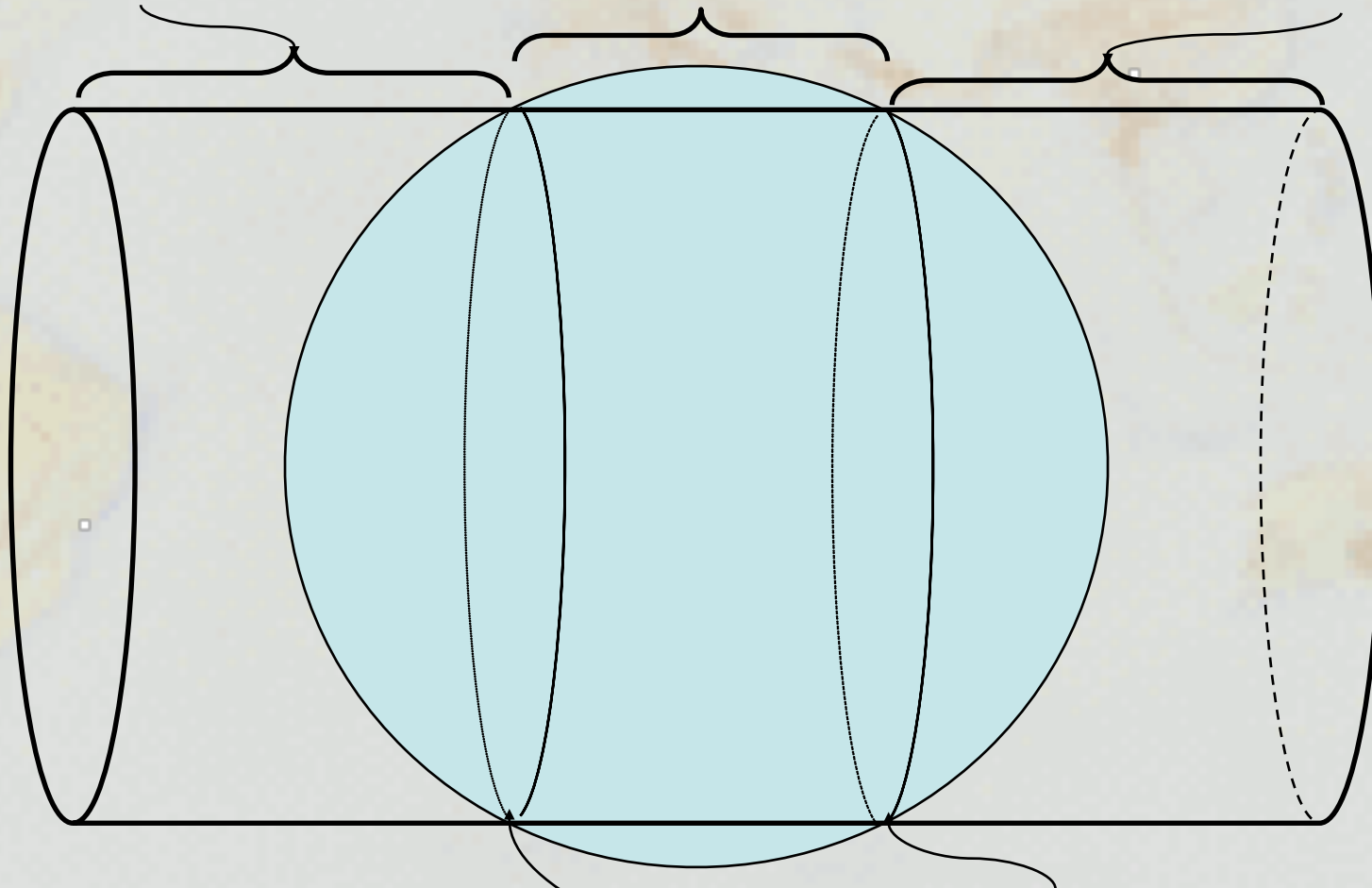
Transversal cylindrisk projicering

Skalvariation

Projected distance
> earth distance

Projected distance
< earth distance

Projected distance
> earth distance



Projected distance
= earth distance

Transversal cylindrisk projicering

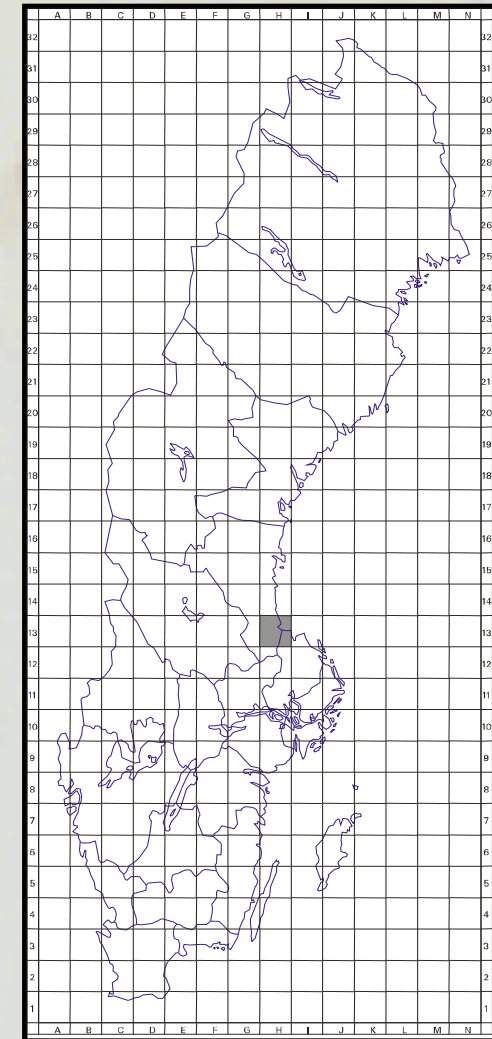
Exempel på transversa cylindriska projektioner:

- Transversal Mercator (eller Gauss-Kruger) (RT90)

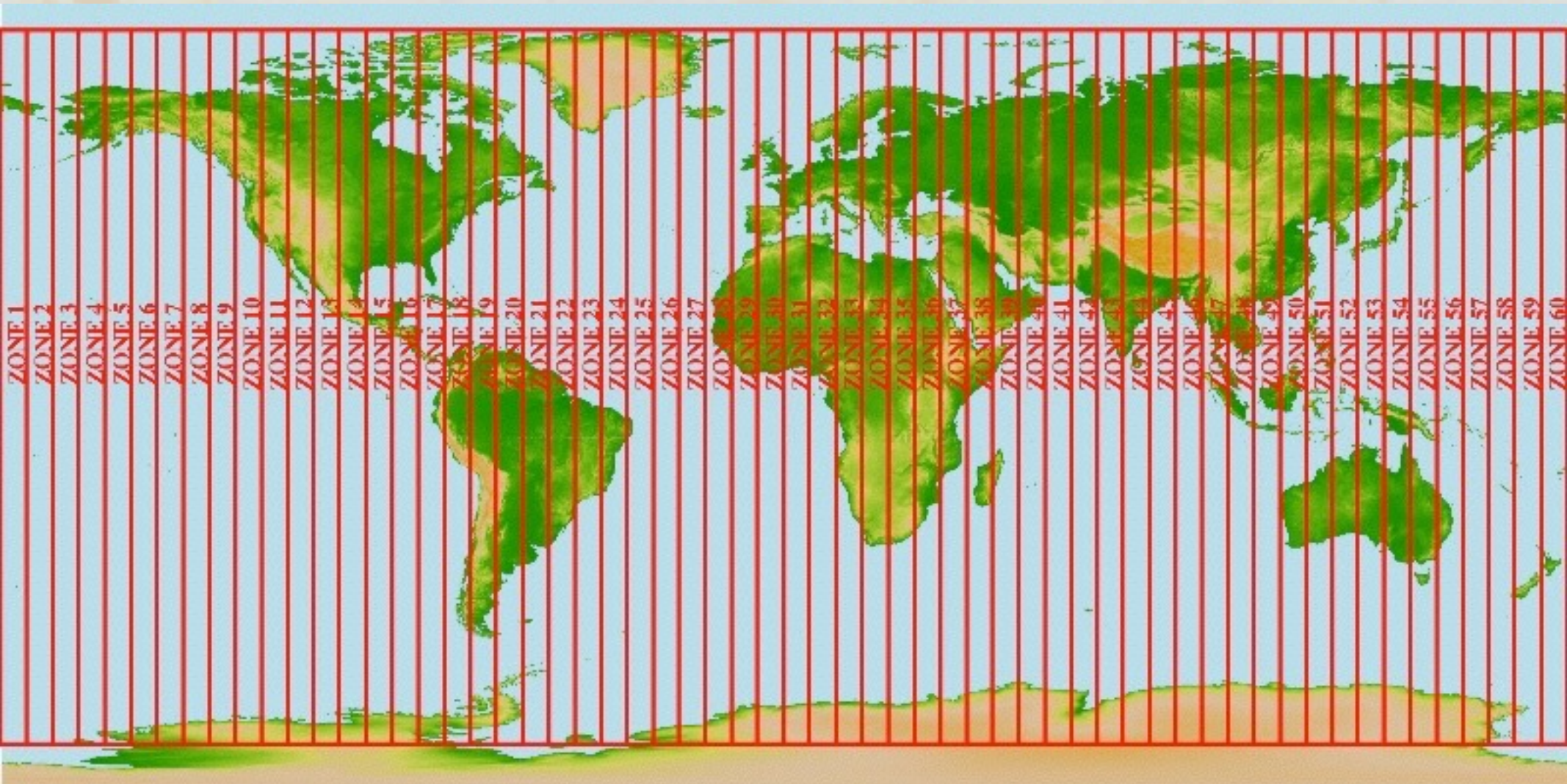
Användningsområden:

- Regioner med vertikal utsträckning (Sverige)
- Transverse Mercator existerar som standard projektioner med 60 olika tangenter (var 6e longitud)

Gauss-Kruger eller Transversal Mercator är sannolikt den vanligaste projektioner, och används som nationellt system i många mindre länder.

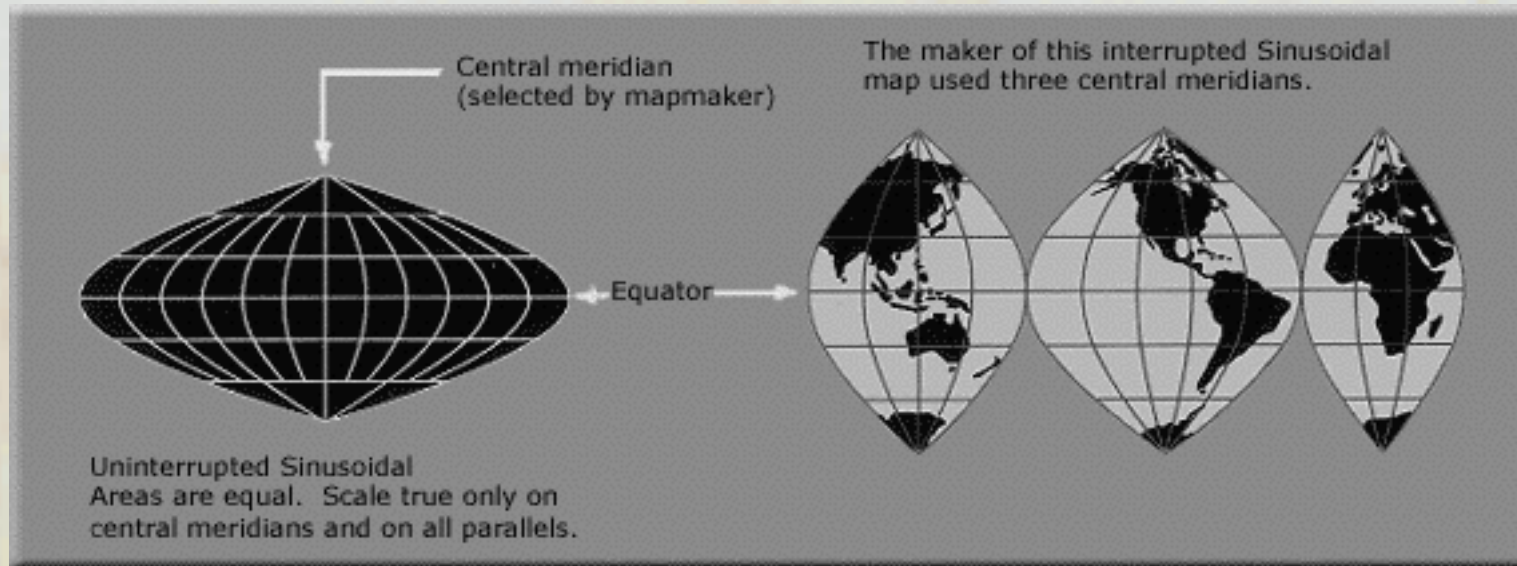


Universal Transversal Mercator (UTM) zoner



Pseudocylindrisk projektion

En pseudocylindrisk projektion representerar central meridianen och alla longituder som raka linjer.



Pseudocylindrisk projektion

Exempel på pseudocylindriska projektioner:

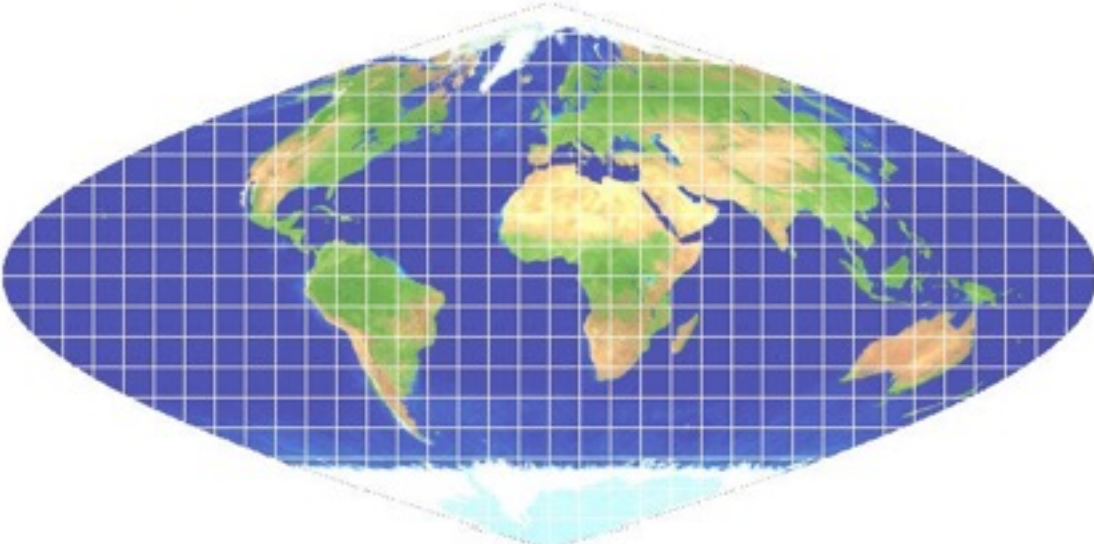
- Sinuisodal projektion

Användningsområden:

- Världskartor
- NASA använder numer sinuisodal projection som standard för att leverera satellitbilder

Select a map region:
Click on a tile to select it, or click and drag the mouse to select multiple tiles. Right click on the image to clear any selections.

ULH ULV LRH LRV



Acquisition Dates:
(Recommended for faster search) From (mm/dd/yyyy): To (mm/dd/yyyy):

Number Of Results To Display Per Page:

mapjourney.com

NASAs DATA POOL
verktyg för satellitdata

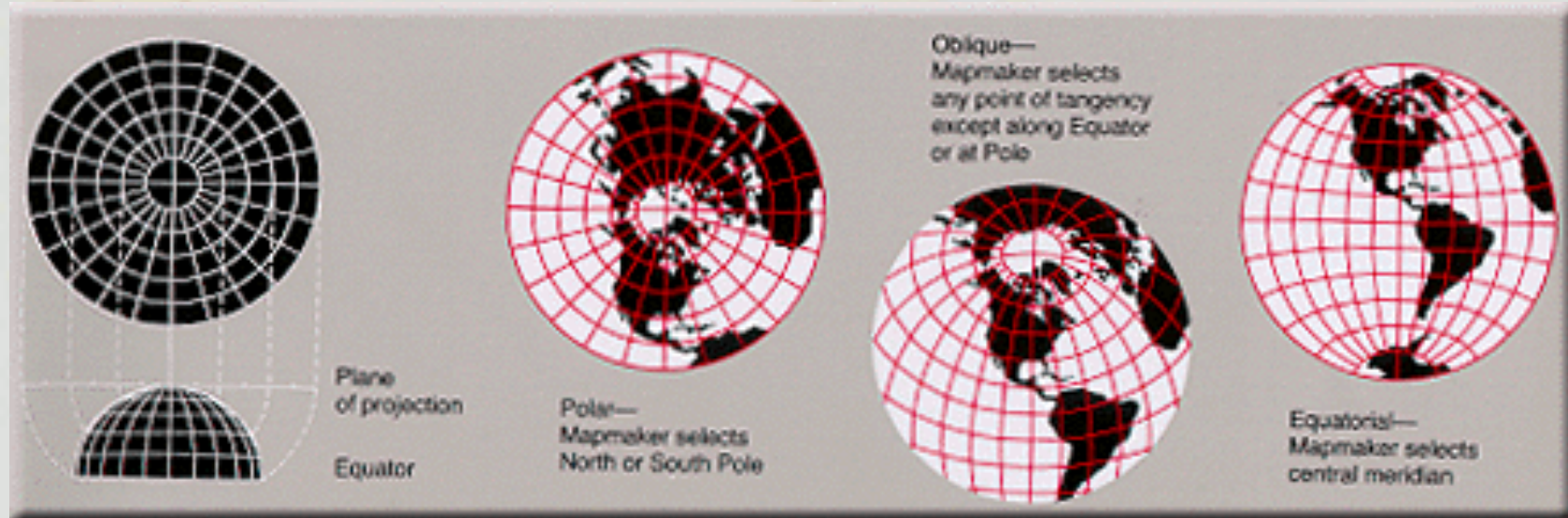
Azimutal projicering (centralprojektion)

Azimutala projektioner kan vara av tre huvudtyper

- Gnomisk - med räta longituder
- Stereografisk - projiceringen från motstätt sida av sfären
- Ortografisk - vertikal projektion i nadir (från rymden)

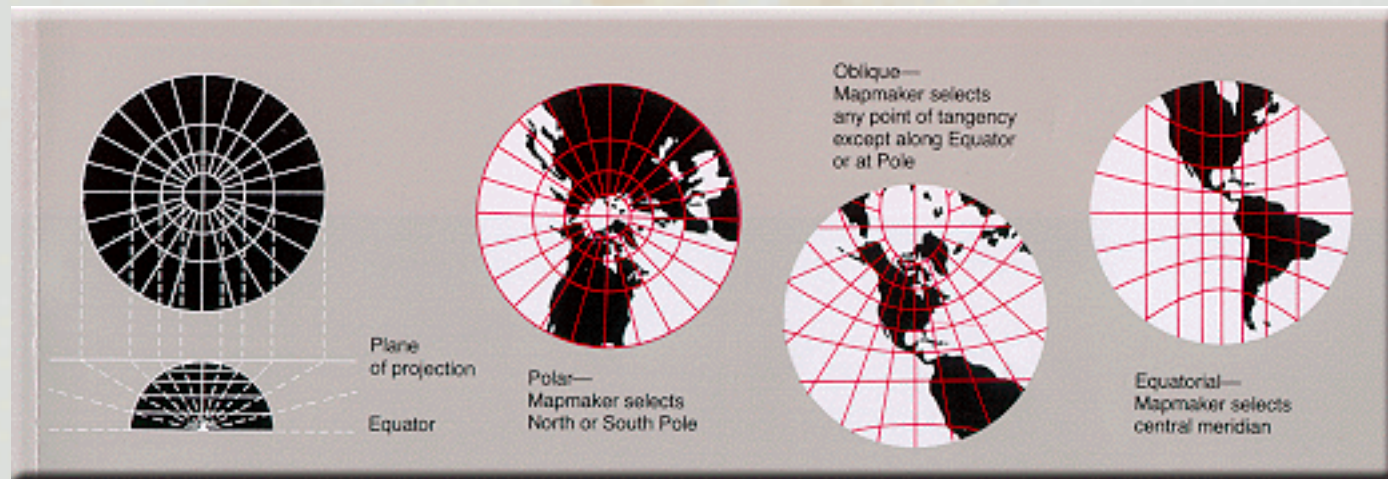
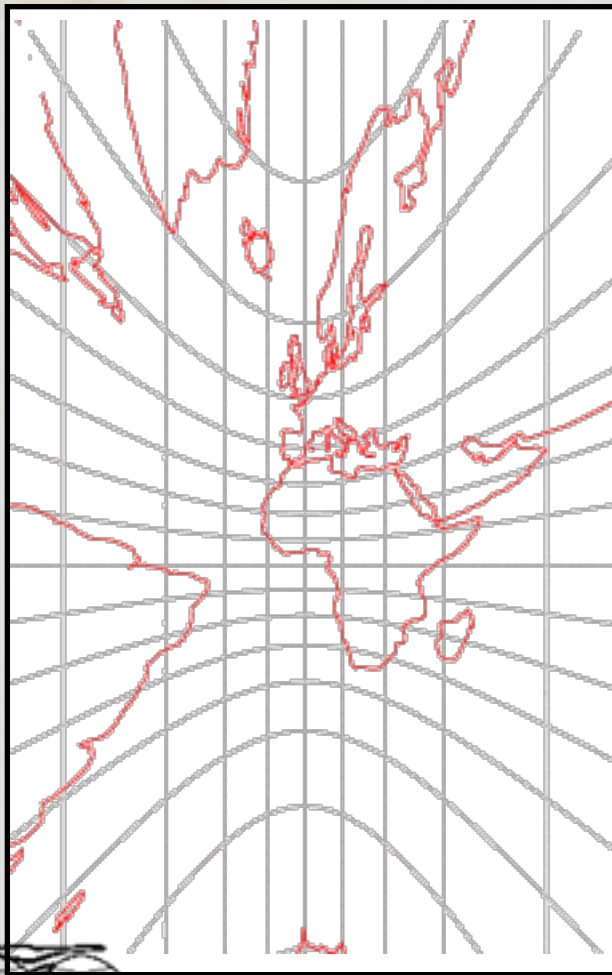
Azimutala projektioner kan också delas in efter tangentpunkten

- Pol
- Ekvatorn
- Lutande



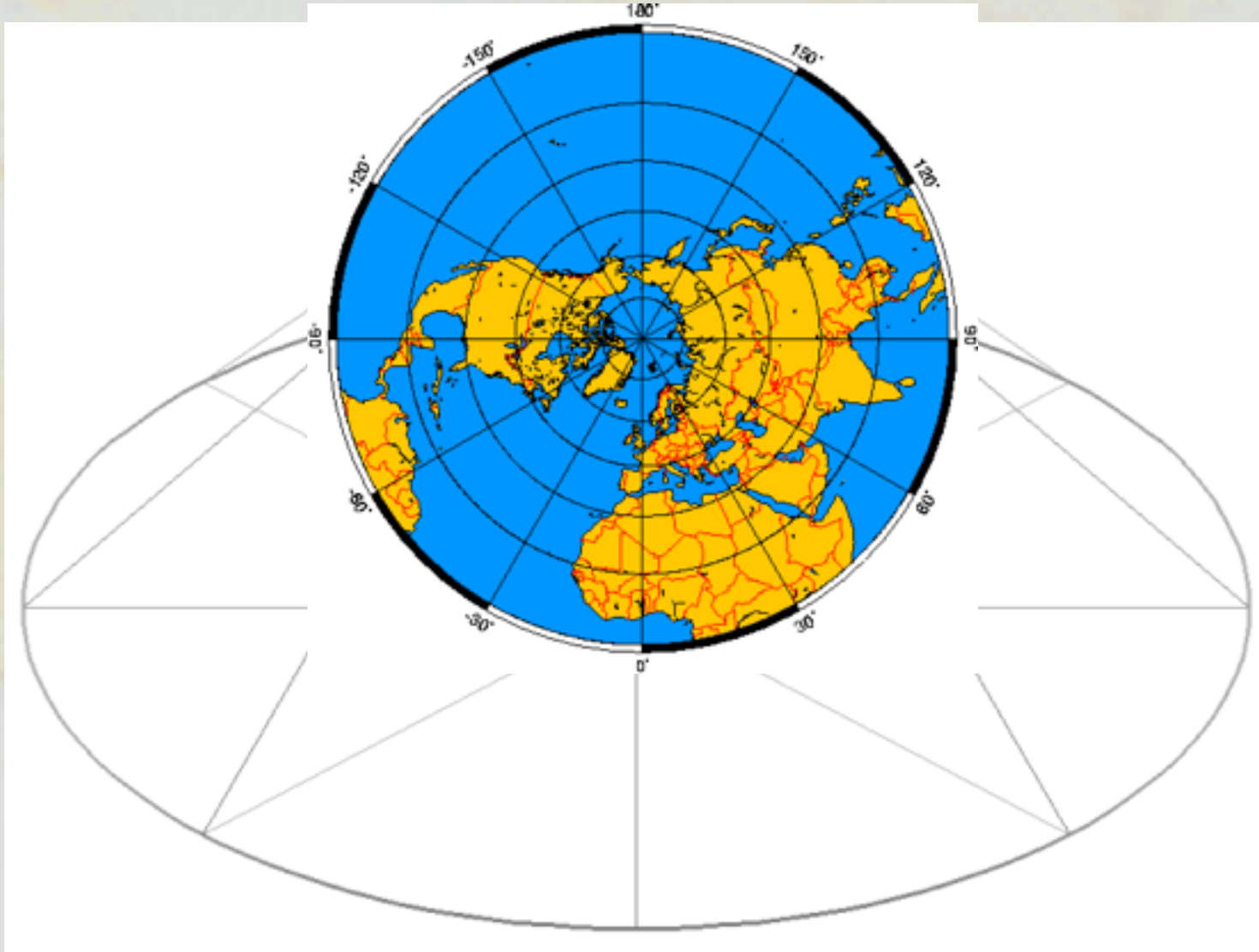
Azimutal projicering (centralprojektion)

En gnomisk centralprojektion projicerar alla longituder som räta linjer.



Azimutal projicering (centralprojektion)

Stereografisk projektion projicerar en hemisfär av en sfär på en yta som tangerar motsatt sida av sfären.



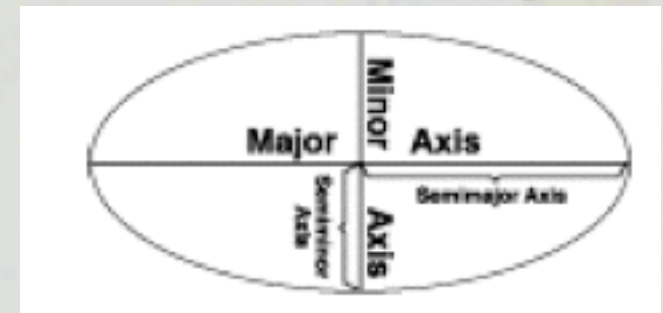
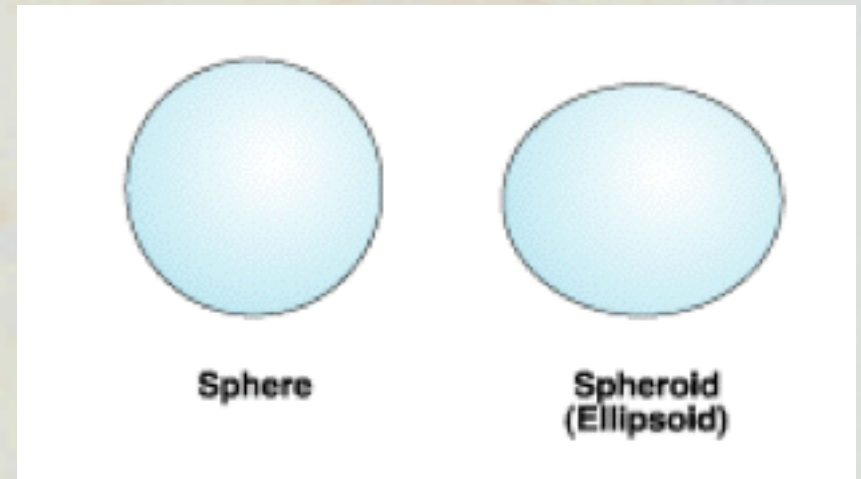
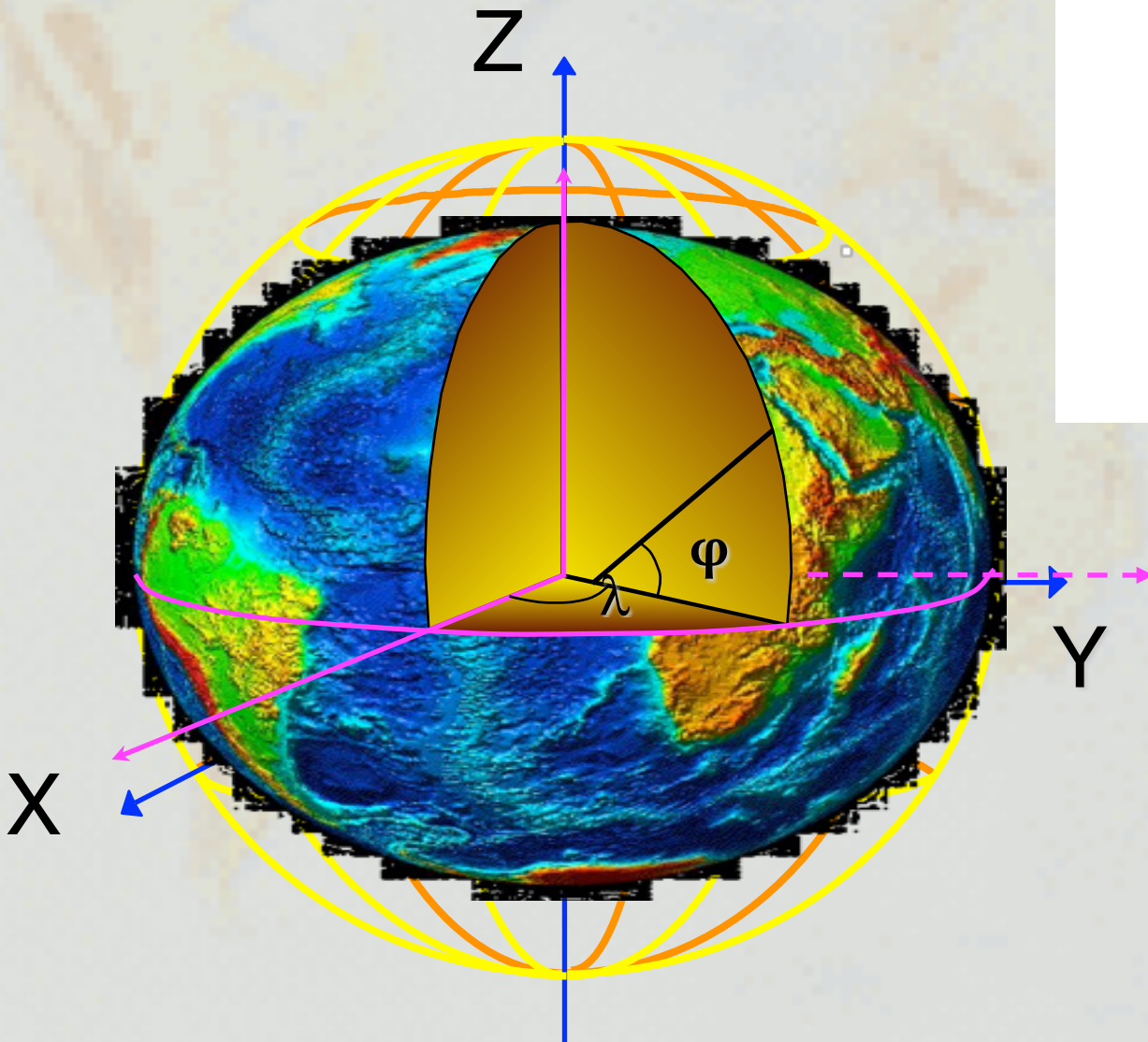
Azimutal projicering (centralprojektion)

En ortografisk centralprojektion är liktydig med ett fotografi taget i nadir. Flygbilder och satellitbilder har således en gnomisk projektion när de fångas in.

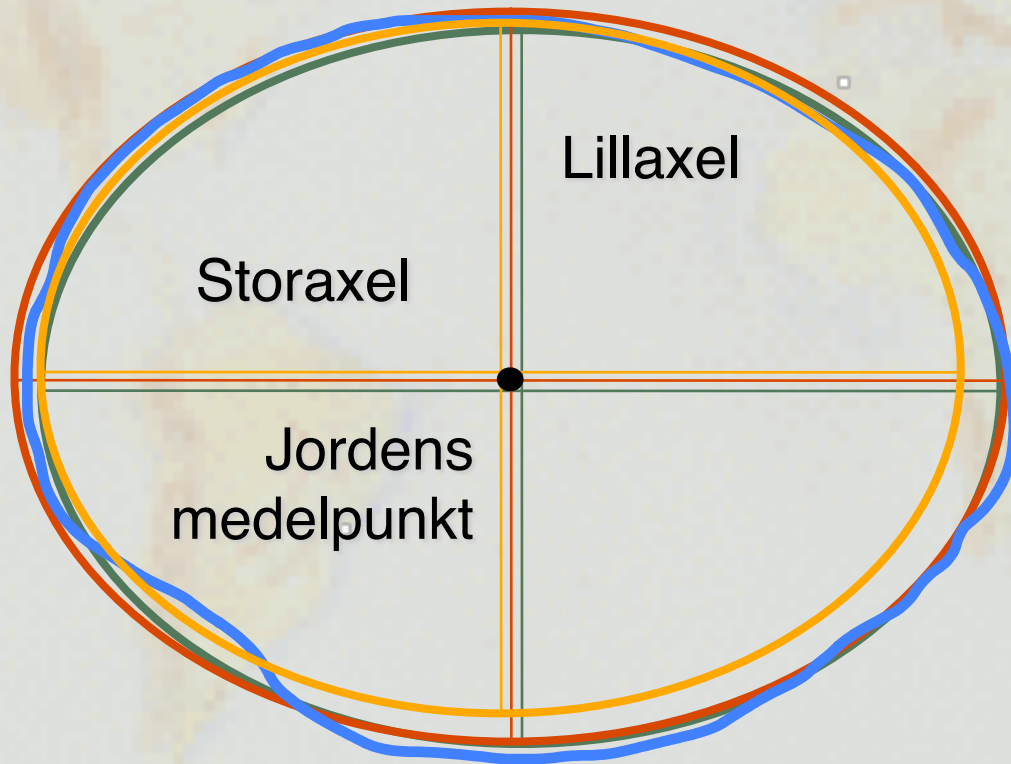


Rotationsellipsoid (speroid) och datum

blabla



Rotationsellipsoid



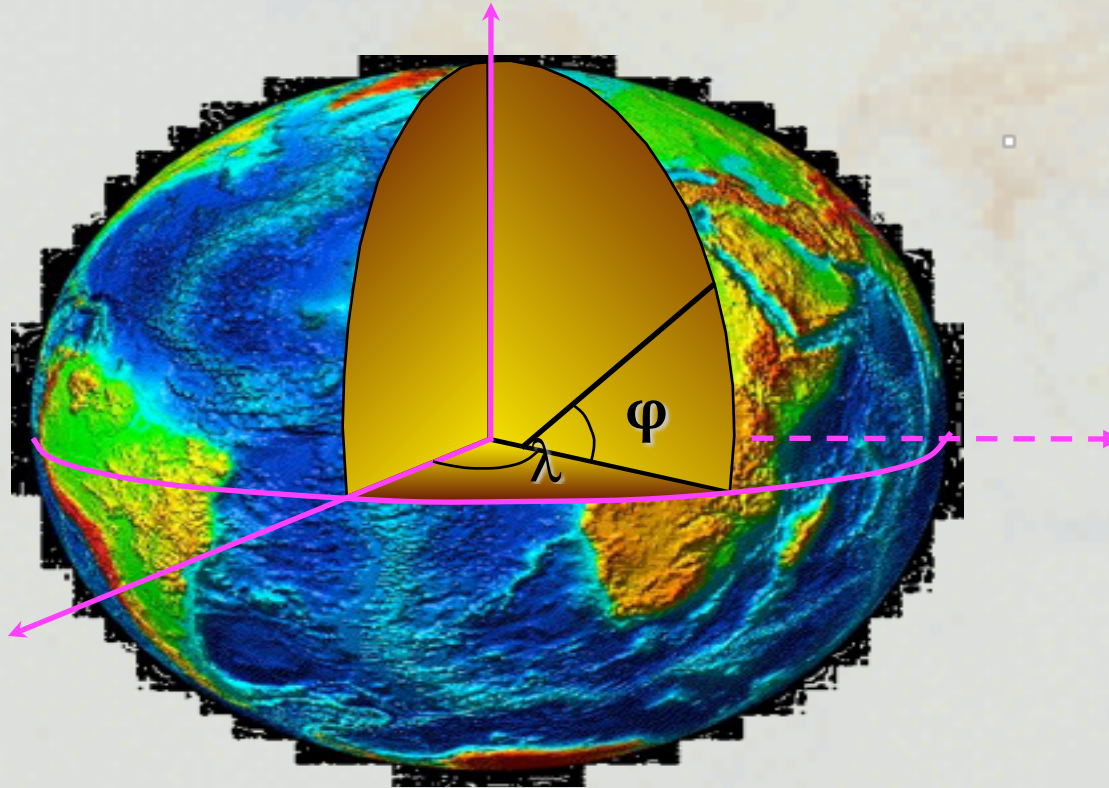
Lokala och regionala datum bygger på en rotationsellipsoid som är anpassad till jordytans form på just den platsen.

Med globalisering och GPS krävs det istället en global rotationsellipsoid som kan användas överallt, och som har origo i jordens medelpunkt

WGS84 = 6378137.0

Datum

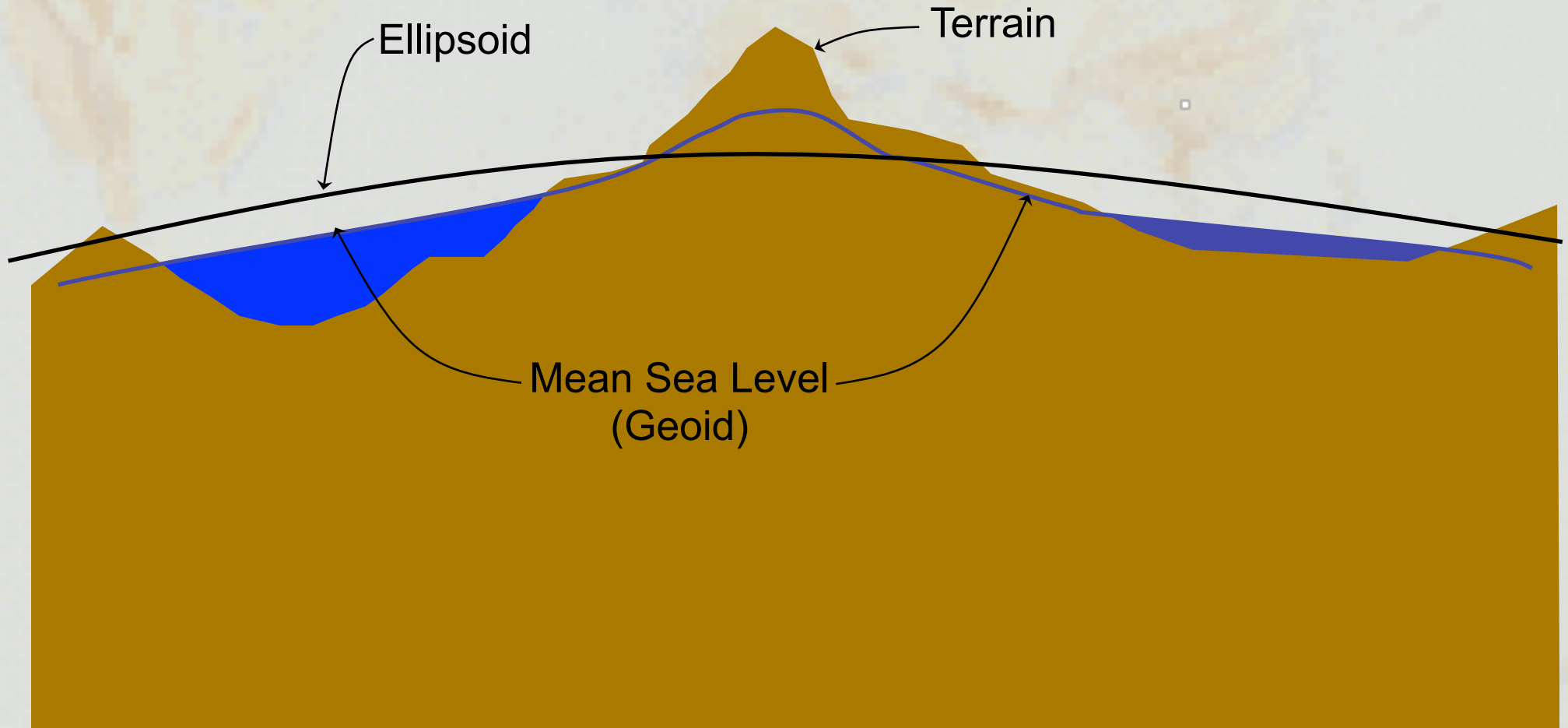
Ett geodetiskt datum är en referensellipsoid med en geografisk ankarpunkt utifrån vilket rotationen beräknas (vanligtvis i grader).



I ArcMap kallas ett geodetiskt datum för “Geographic Coordinate System” (GCS) och innehåller förutom datum och ankarpunkt även gradberäkningsformat (grader, radianer).

Ellipsoid vs Geoid

Geoiden är den verkliga havsytan över havet och den teoretiska havsytan under land, medan ellipsoiden är en teoretisk sferoid.



Projicera data

En fullständig projektion måste innehålla följande:

- Rotationsellipsoid
- Storaxeln
- Inversal tillplattning
- Ankarpunkt för rotationseelipsoid
- vinkelenhet för rotationsellipsoid
- Projektionstyp
- Enhet för distans

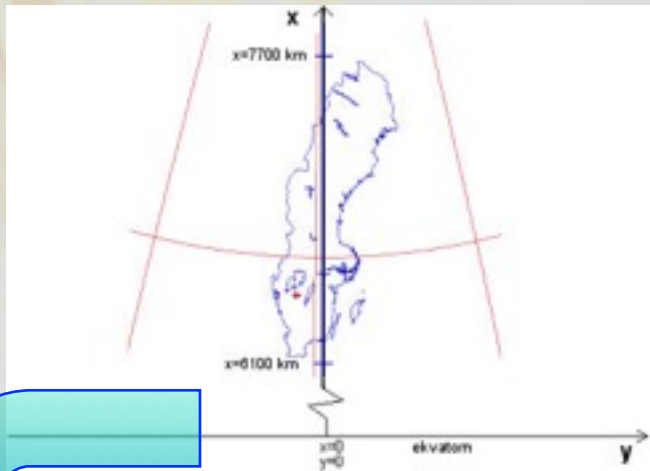
Beroende av projektion krävs följande:

- Ursprungslatitud
- Falsk östlig nollposition
- Falsk nordlig nollposition
- Skalfaktor
- Longitud(er) eller latitud(er) för tangent(er)

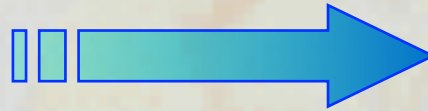
RT90

RT90 är en transversal cylindrisk projektion baserad på Gauss-Kruger (Transversal Mercator)

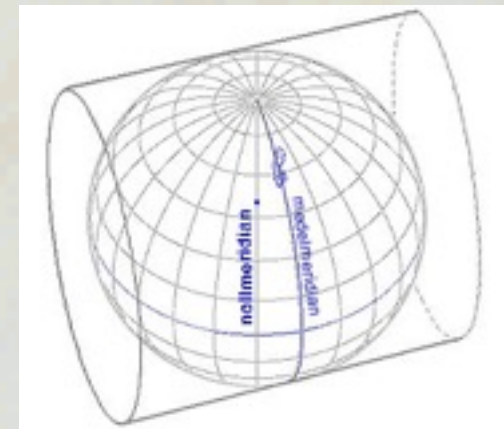
RT 90 2.5 gon V



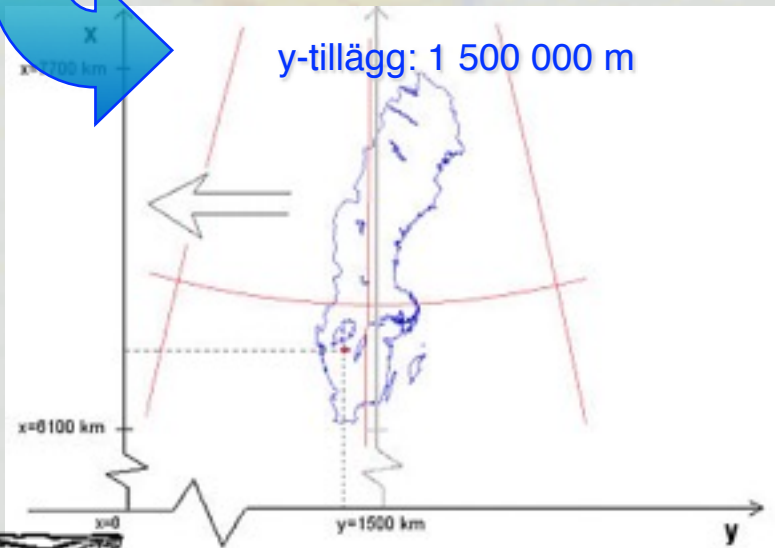
Transversal Mercator
Medelmeridian 2,5 gon V
Skalreduktionsfaktor: 1



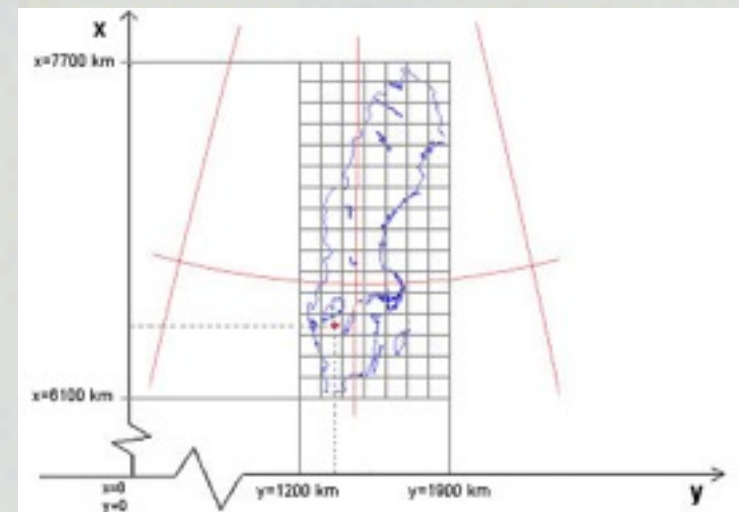
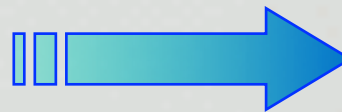
RT 90



RT 90 2.5 gon V 0:-15



Kartbladsindelning
etc.



RT90

Definition av RT90 projektionen

Parameter	Värde
Referens ellipsoid	Bessel 1841
Semi storaxel	6377397,155
Invers tillplattning	299,1528128
Projektion	Gauss-Kruger (TM)
Central meridian	E15°48'29.8" *
Ursprungslatitud	0°
Skalfaktor	1
Falsk nord	0
Falsk öst	1 500 000

* 2.5 gon Väst om Stockholms gamla observatorium

Globalt anpassade referenssystem

”GRS 80-familjen”

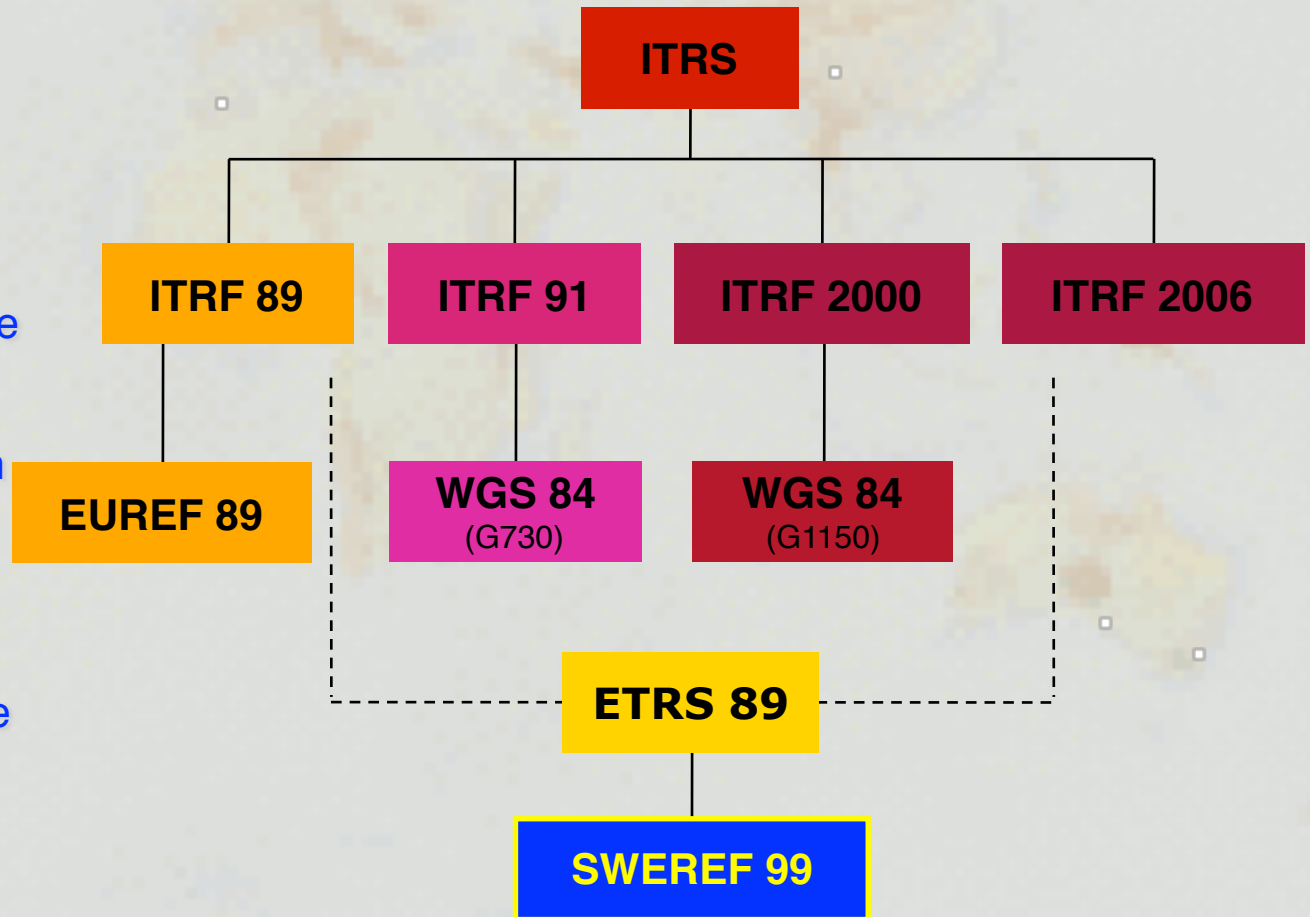
? ITRS – International Terrestrial Reference System

? realiseras genom
ITRF – International Terrestrial Reference Frame

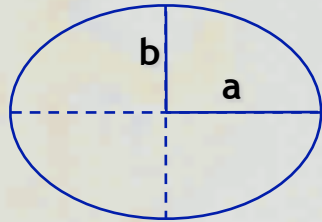
? WGS – World Geodetic System

? ETRS – European Terrestrial Reference System

? SWEREF – Swedish Reference Frame



Globalt anpassade referenssystem



$$f=(a-b)/a$$

SWEREF 99

Referensellipsoid: GRS 80

- ♦ halva storaxeln: $a=6\,378\,137\text{ m}$
- ♦ avplattning: $f=1/298,257222101..$

Mätetik: 1999.5

Plattetik: 1989.0

Noggrannhet, internt: centimeternivå

Definieras av de 21 nationella
fundamentalpunkterna, som också ingår i
SWEPOS-nätet

SWEREF 99 är en certifierad EUREF-lösning och
sammanfaller med andra europeiska ETRS 89-
realiseringar på nivå 1-5 cm



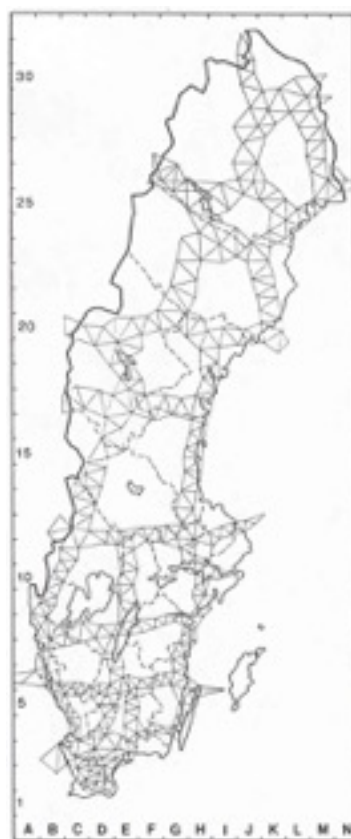
Gamla geodetiska nät/system

1:a rikstrianguleringen
1815 - 1890



RT 1817

2:a rikstrianguleringen 1903 - 1950
3:e rikstrianguleringen 1967 - 1982



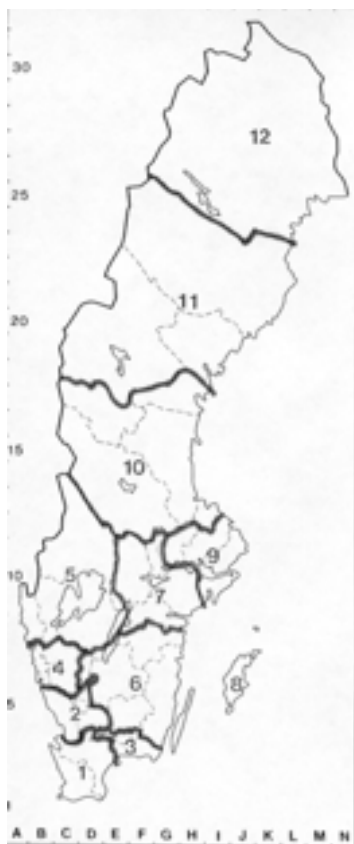
RT 38



RT 90

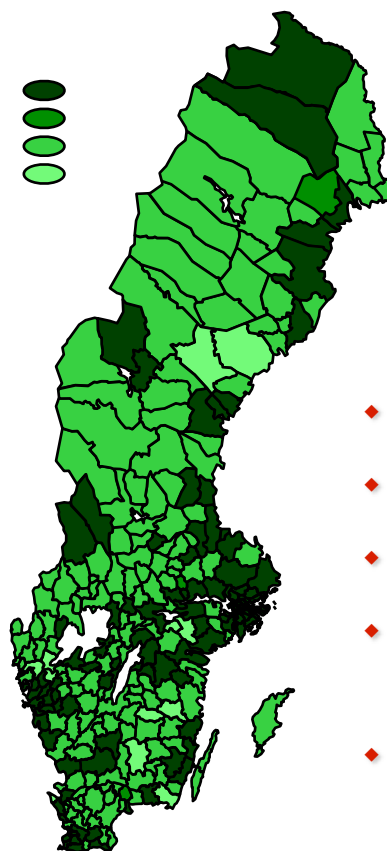
Gamla geodetiska nät/system

12 regionsystem
(RT R 01 - RT R 12)



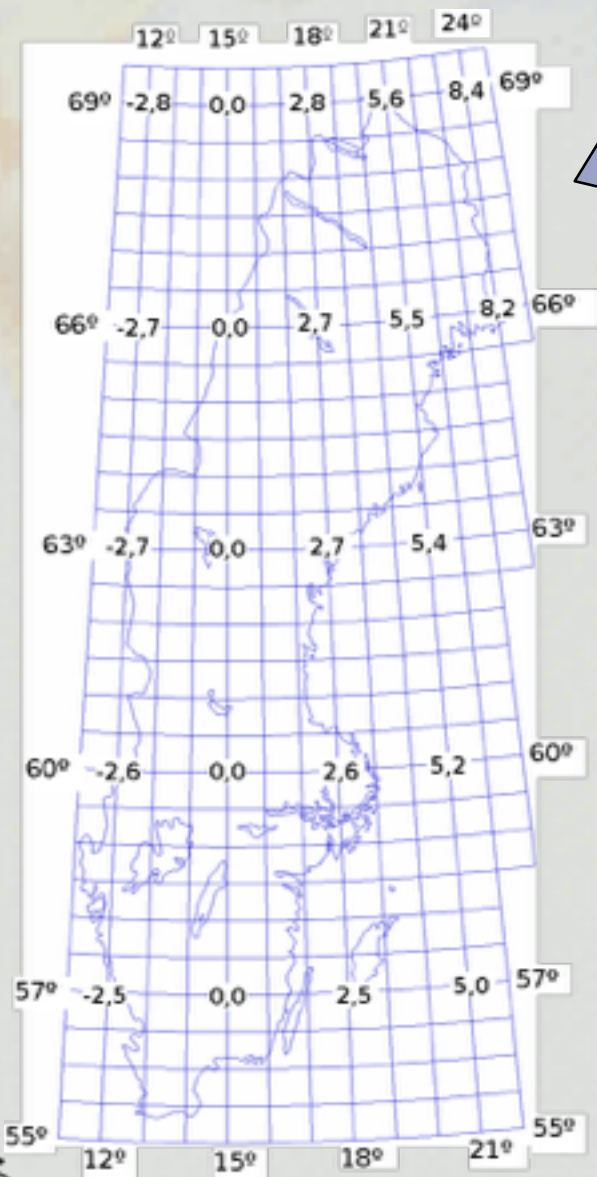
Kommunala system
1902 -

Lokalt
RT 38
RT R..
RT 90

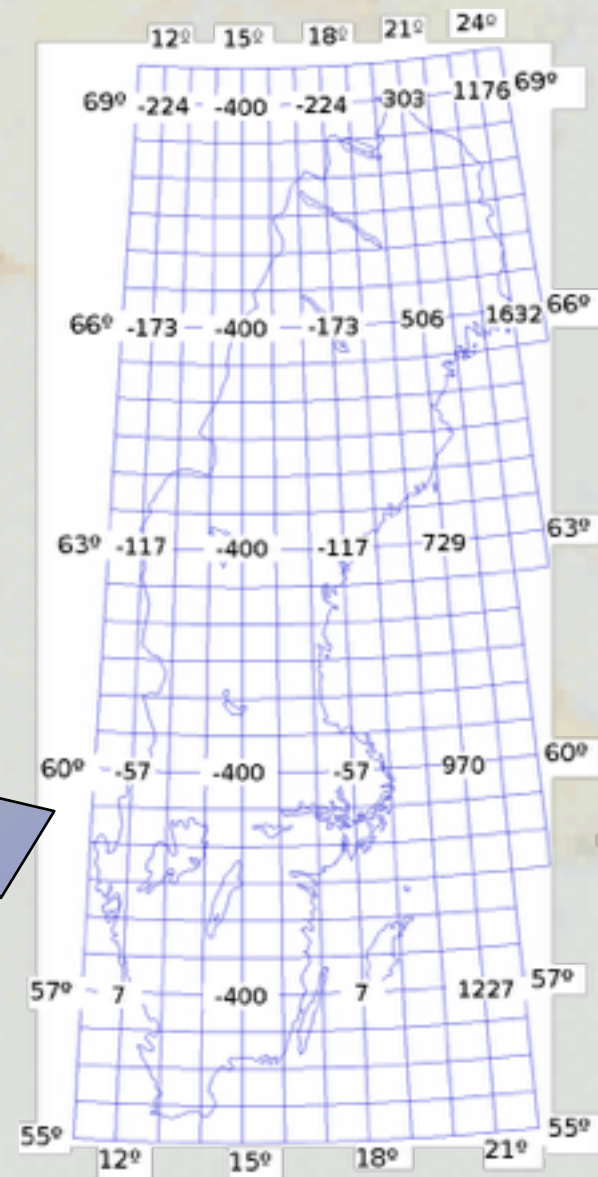
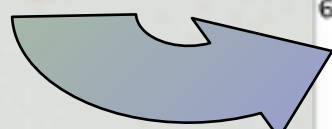


- ♦ Helt lokala system
- ♦ RT 38-baserade system
- ♦ Regionsystem RT R01-12
- ♦ Interkommunala system, t.ex. **ST 74**
- ♦ RT 90

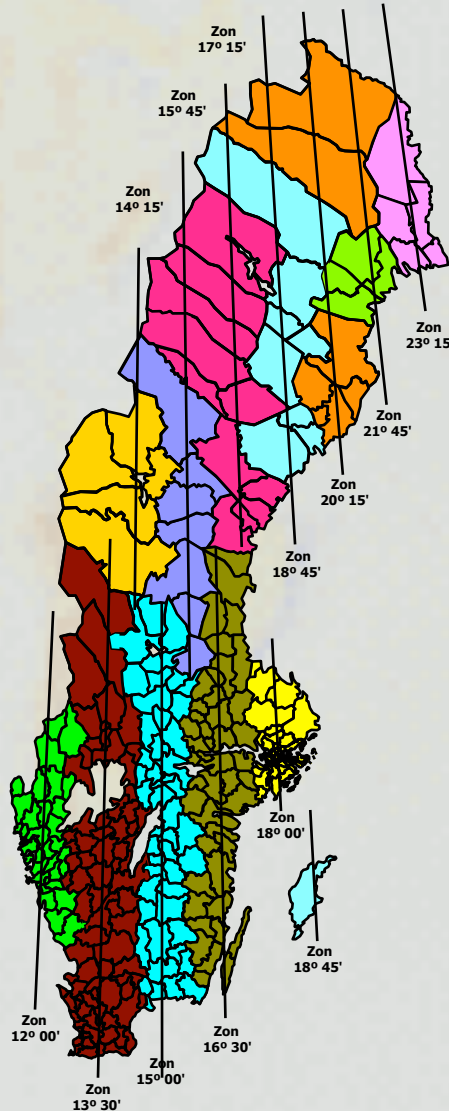
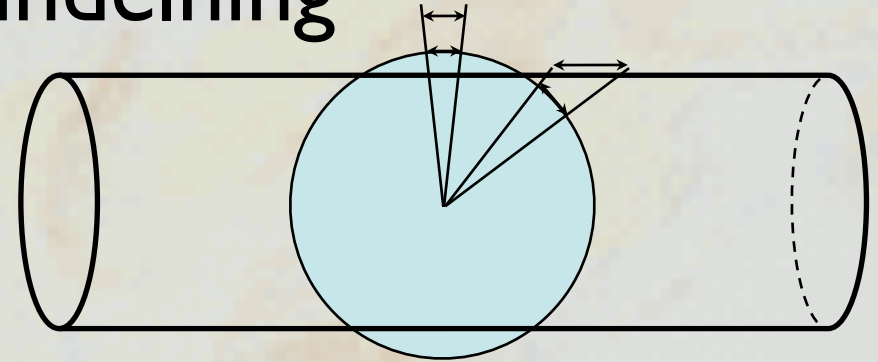
Från RT90 till SWEREF



Meridian-
konvergens
och
Förstorings-
faktor



SWEREF99 zonindelning



➤ 12 zoner:

➤ medelmeridianer:

12° 00'	14° 15'
13° 30'	15° 45'
15° 00'	17° 15'
16° 30'	18° 45'
18° 00'	20° 15'
	21° 45'
	23° 15'

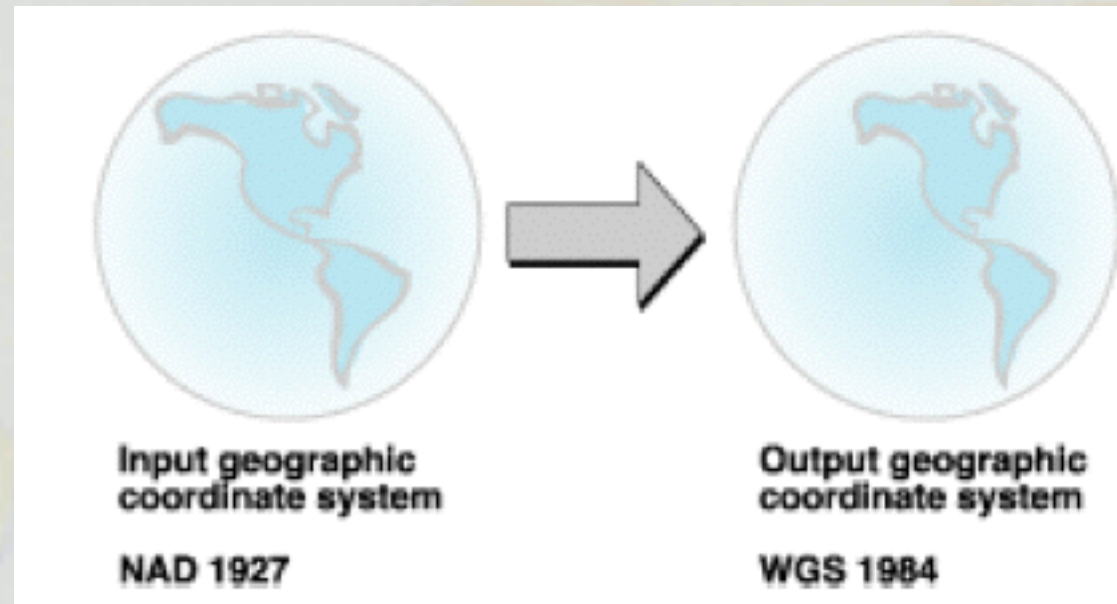
➤ skalreduktionsfaktor: $k_0 = 1$

➤ x-tillägg: 0 m

➤ y-tillägg: 150 000 m

Projicera data

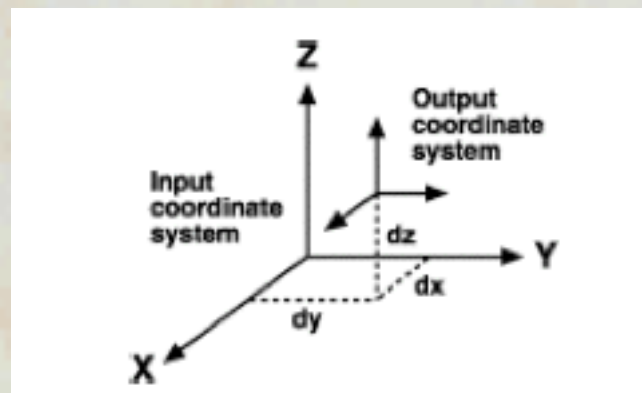
Att projicera data innebär att man transformerar data till ett kartesiskt koordinatsystem.



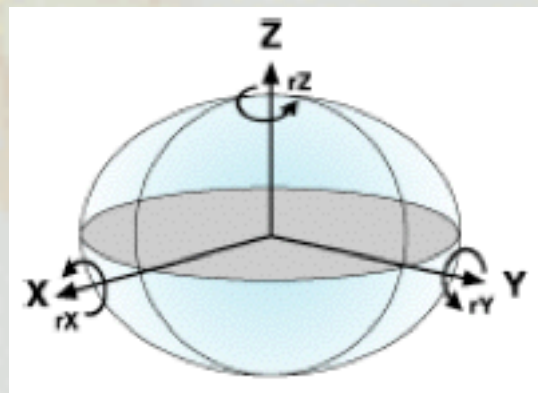
Om rotationsellipsoiden är densamma för den ursprungliga och den nya projektionen (exv. WGS84) så behövs ingen transformation för rotationsellipsoiden. Är rotationsellipsoiderna olika blir transformationen besvärligare.

Metoder för att projicera data

Vid projicering med samma rotationsellipsoid krävs tre parametrar för att skifta datum (X, Y och Z).



Vid projicering till annan rotationsellipsoid krävs sju parametrar för att skifta datum (XYZ, 3 vinkelrotationern och en skalfaktor).



Alla projiceringar är numeriska approximationer, inga analytiska lösningar existerar.