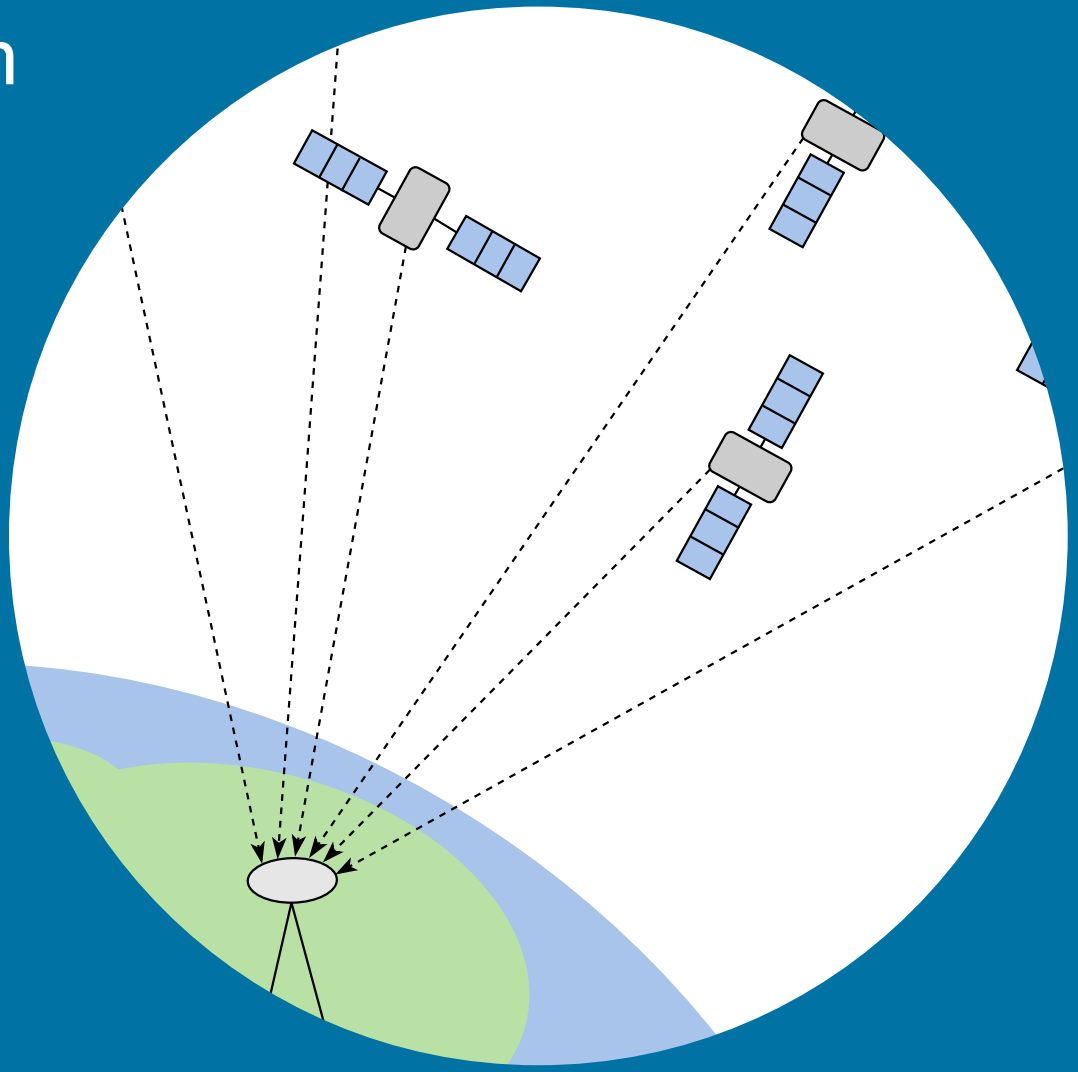
Klimadatastyrelsen

Ofte stillede spørgsmål om geodæsi



Generel geodætisk information

GeoNotes 15
Version 1
2026-11-24

GeoNotes 15. Version 1, 2026-11-24

Generel geodætisk information:

Ofte stillede spørgsmål om geodæsi

Udarbejdet af: Thomas Knudsen, KDS (tekst) & Johanne Søe Naldal, KDS (illustrationer)

Forsiden: Stedbestemmelse med GNSS.

The *GeoNotes Series* is published by Klimadatastyrelsen/Agency for Climate Data (KDS), Copenhagen, Denmark.

The publications in this series include working papers and preliminary reports from ongoing projects.

Hence, results and conclusions reported may be tentative and subject to change. Opinions expressed do not necessarily reflect the position of KDS.

Copyright by the Agency for Climate Data and the author(s). This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Indhold

Klimadatastyrelsens svar på ofte stillede spørgsmål om geodæsi 3

Hvad er geodæsi? 4

Hvad er forskellen på GPS, Galileo og GNSS? 5

Hvad betyder “geodætisk infrastruktur”? 7

Hvad er trilateration og triangulation? 8

Hvad er referencesystemer, referencerammer, koordinatsystemer 9

Hvad er et datumensemble? 10

Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84? 11

Hvad er en koordinattransformation? 13

Hvad er DVR90, og hvad er forskellen på koter og højder? 17

Hvad er forskellen på en ellipsoide og en geoide? 19

Hvordan får jeg fat i geoidemodellen? 21

Hvordan får jeg adgang til Klimadatastyrelsens GNSS-data? 23

Hvad er sammenhængen mellem et CRS og en EPSG-kode? 24

Hvilket koordinatsystem skal jeg vælge? 26

Jeg har brug for yderligere oplysninger 30

Klimadatastyrelsens svar på ofte stillede spørgsmål om geodæsi

Klimadatastyrelsens *Kontor for Geodæsi og Landmåling* står for udvikling og vedligeholdese af Danmarks geodætiske infrastruktur. Derfor modtager vi også løbende spørgmål fra brugere om den rette anvendelse af geodæsien og dens tilhørende infrastruktur.

De fleste spørgsmål er korte og konkrete, og får derfor også et kort og konkret svar, men zoomer man lidt ud fra det konkrete, viser der sig en vis systematik: Det er tydeligt, at nogle emner har særlig interesse og bliver behandlet gentagne gange, med lidt forskelligt fokus fra gang til gang.

Det fører naturligt til overvejelser, om det ikke ville være til nytte for både styrelsen og brugerne, hvis vi identificerede et udsnit af disse emner af særlig interesse, og sammenredigerede mere udførlige svar, delvist inspireret af de mange, mere specifikke svar vi har givet i årenes løb.

Det har vi derfor gjort i denne lille publikation, hvor vi giver svar, af varierende detaljeringsgrad, på 15 bredt formulerede geodætiske spørgsmål.

Ingen brugere har stillet spørgsmålene i præcist den form, de er formuleret her, og ingen af de tidligere svar er citeret direkte i teksten. Men det er håbet at de foreliggende, mere omfattende, svar kan være til nytte, dels som svar på eventuelt kommende brugerforespørgsler, dels som perspektivering, hvor en henvendelse ellers er af typen “korte og konkrete spørgmål, der får korte og konkrete svar”.

Specielt ser vi en værdi i at vi her kan underbygge svarene med illustrationer - noget, der ellers sjældent er tid til i den sædvanlige korte form.

Kommentarer til publikationen, ønsker om yderligere svar, eller fx forslag til yderligere illustrationer, er altid velkomne. Send dem til styrelsens geodætiske postkasse på `gdl@kds.dk`

København, november 2026

Thorbjørn Kjærshøj Nielsen

Kontorchef, Klimadatastyrelsens Kontor for Geodæsi og landmåling.

Hvad er geodæsi?

Geodæsi er videnskaben om jordens form, størrelse, tyngdekraft og deres variationer i tid og sted. Men ud over at være en både teoretisk og empirisk videnskab, leverer geodæsien også et praktisk grundlag for vigtige samfundsfunktioner:

- Uden viden om jordens form og størrelse ("geometrisk geodæsi"), kan man hverken kortlægge eller navigere
- Uden viden om tyngdekraftens variationer ("fysisk geodæsi"), risikerer man at spildevand i kloakkerne og regnvand på jordoverfladen løber den gale vej og oversvømmer både kældre og veje
- Uden viden om jordens bevægelser er klimatilpasning og anlægsarbejde vanskeligt

Geodæsi er, ligesom meteorologi, en gren af geofysikken. Og ligesom meteorologi, har geodæsi stor indvirkning på de flestes dagligdag.

Men **meteorologien** beskæftiger sig med atmosfæren, som både kan ses og mærkes. Derfor har vejrudsigter stor indvirkning på den daglige planlægning: "skal jeg cykle på arbejde idag?", "skal vi tage på stranden i weekenden?".

Geodæsien derimod, beskæftiger sig med det, vi kan observere nær jordoverfladen, men som er en effekt af alt det, der foregår længere nede. Og da den faste jord ikke er nær så let bevægelig som atmosfæren, så udvikler de fleste geodætiske effekter sig meget langsommere end de meteorologiske.

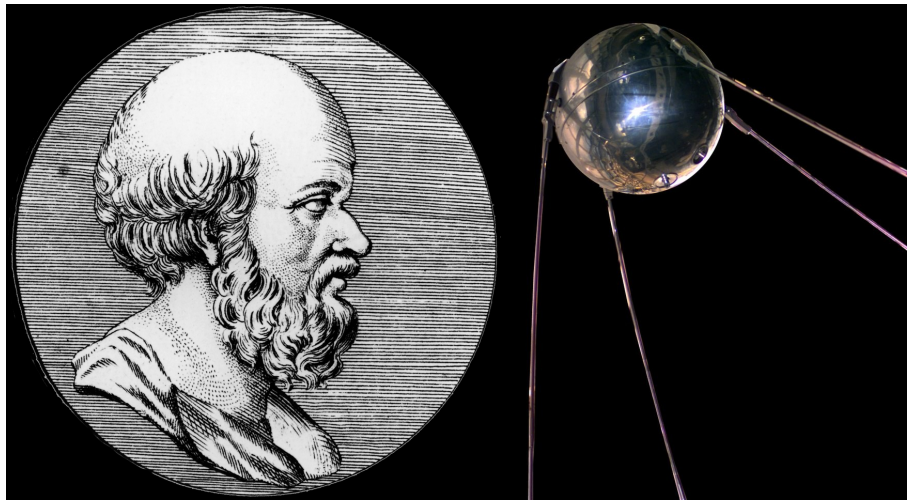
Derfor er det ikke nær så nyttigt med en tyngdekraftudsigt for de næste par dage, som det er med en vejrudsigt for den samme periode. Og derfor arbejder geodæter med en lang tidshorisont: KDS opbygger i dag den geodætiske infrastruktur, som skal dække næste årtis behov for nøjagtig stedbestemmelse. Det er nødvendigt, fordi det i geodæsien er de lange tidsrækker af observationer, der giver den høje nøjagtighed. Så infrastrukturen skal typisk være på plads et årti før anvendelsernes behov dukker op.

Det betyder dog ikke, at det vil være uden øjeblikkelig konsekvens, hvis geodæsien pludselig forsvandt. Først og fremmest fordi GNSS (geodætiske navigationssatellitsystemer, fx GPS) bidrager til synkronisering af IT-infrastruktur og derigennem til al samfundsaktivitet, der er afhængig af adgang til nøjagtig tid, fx banker, børser, mobilnet og kraftværker.

Uden GNSS ville al væsentlig IT-infrastruktur meget hurtigt komme til at marchere ude af takt, og derfor være nødt til at lukke ned. Så geodæsien er også en del af den teknologiske infrastrukturs store metronom.

Se også:

- Hvad betyder "geodætisk infrastruktur"?
- Hvad er forskellen på GPS, Galileo og GNSS?



Eratosthenes (276-194 f.Kr.) var den første, der målte jordens størrelse, og anses derfor for at være geodæsiens grundlægger. Satellitten Sputnik (1957) markerede rumalderens start, og lagde grunden til store geodætiske fremskridt: Geodæsi er i dag først og fremmest en rumbaseret disciplin.

Hvad er forskellen på GPS, Galileo og GNSS?

GNSS er en forkortelse for Global Navigation Satellite System, eller "globalt navigationssatellitsystem" på dansk. Det er en overordnet betegnelse, der dækker både GPS, Galileo og flere andre systemer. I daglig tale bruges ordet GPS ofte i flæng til at betegne GNSS.

Traditionelt har man siden 1990'erne beskrevet GNSS, ved at skelne mellem tre overordnede segmenter:

1. **Rumsegmentet:** Satellitterne og de ombordværende instrumenter
2. **Kontrolsegmentet:** Den organisation, der kontrollerer og vedligeholder satellitkonstellationen
3. **Brugersegmentet:** Brugerne, som, med deres GNSS-modtagere, modtager og anvender signalerne fra satellitterne, til at bestemme positioner på (eller over) jordoverfladen

Denne måde at betragte GNSS giver stadig god mening, hvis man står i ødemarken med en enkelt GNSS-modtager, og ikke har andet at gå ud fra end de signaler, man modtager fra satellitterne: Her er man selv brugersegmentet, der udnytter rumsegmentet til at modtage information fra kontrolsegmentet. Det vil i de fleste tilfælde resultere i en koordinat med et par meters nøjagtighed.

Men i dag må man, i de fleste professionelle sammenhænge, splitte brugersegmentet op i (mindst) 3:

1. **Geodætiske myndigheder**, der fastlægger nationale koordinatsystemer, og driver den overordnede infrastruktur, der gør dem tilgængelige
2. **Tjenesteudbydere**, der supplerer infrastrukturen med yderligere installationer, som fortætter infrastrukturen og distribuerer korrektionssignaler til slutbrugerne
3. **Slutbrugerne**, der fx på en byggeplads, med brug af tjenesteudbydernes korrektionssignaler, på få sekunder, kan måle en koordinat med et par centimeters nøjagtighed



De mange systemer: GPS, Galileo, GLONASS, Beidou etc.

GPS, Global Positioning System, er et af mange GNSS'er.

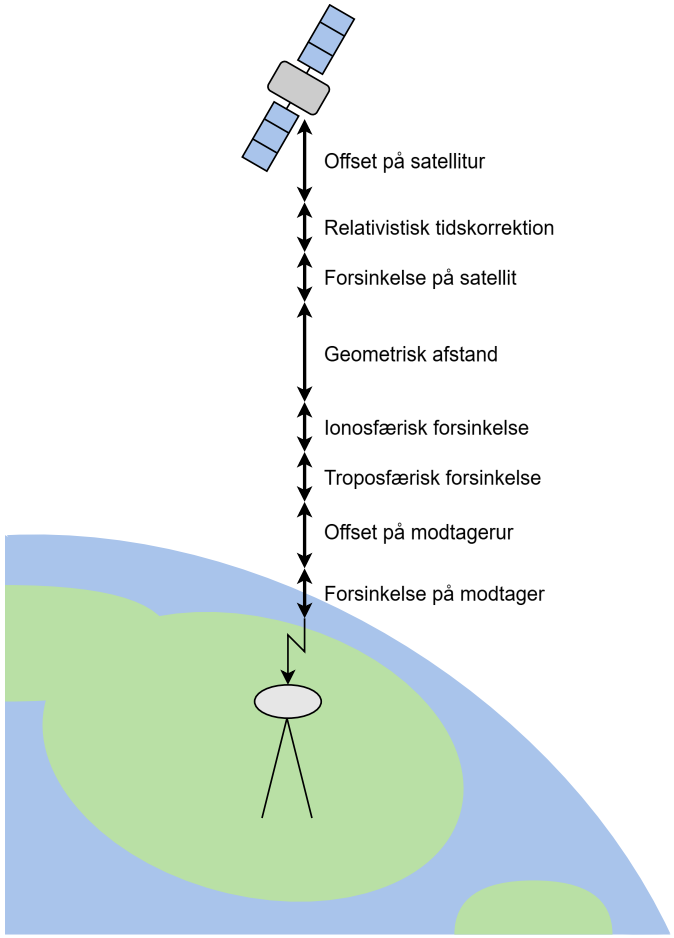
- GPS er etableret og drives af USA's militær
- Rumsegmentet fornyes jævnligt, men består altid af mindst 24 satellitter
- Typisk er 31 satellitter ad gangen aktive, mens et yderligere antal er opsendt, men holdes i reserve
- Første GPS-satellit blev opsendt i 1978, og systemet har været fuldt operationelt (dvs. med mindst 24 satellitter aktive) siden 1993

Galileo er et europæisk GNSS, udviklet og drevet af EU og ESA, den europæiske rumfartsorganisation

- I modsætning til GPS, er Galileo et civilt system
- Klimadatastyrelsen deler myndighedsansvaret for Galileo i Danmark med Rumkontoret i Uddannelses- og Forskningsstyrelsen
- Første Galileosatellit var en prøvesatellit, som blev opsendt i 2005
- Første operationelle satellit blev opsendt i 2011
- Konstellationen har været operationel siden 2018
- Næste generation af Galileosatellitter forventes opsendt fra 2026 og frem

De væsentligste øvrige GNSS'er er **Beidou, GLONASS, NavIC** og **QZSS**

- Beidou er et kinesisk GNSS med global dækning. Første opsendelse skete i 2000 og p.t. har systemet ca. 35 aktive satellitter



Afstanden mellem målepunkt og satellit beregnes ved at gange satellitsignalets tidsforsinkelse med signalets udbredelseshastighed. For at få en nøjagtig måling skal der dog tages højde for mange faktorer: Dels forsinkelser gennem elektronikken i begge ender af systemet, dels refraktion, dvs. de naturlige variationer i lysets, og dermed signalets, udbredelseshastighed, på vejen fra det næsten tomme rum ved satellitten, gennem atmosfærens mange lag, hvor ladede partikler, luftens tæthed, og indholdet af vanddamp forsinker signalet på hver deres måde.

- GLONASS er et russisk GNSS, som historisk er udviklet af Sovjetunionen sideløbende med USA's GPS. Ligesom GPS er GLONASS oprindeligt etableret udelukkende med militære formål
- NavIC er et indisk GNSS med primær dækning over Indien
- QZSS er et japansk GNSS med primær dækning over Japan

De to sidste er ikke GNSS'er i streng forstand, da de ikke har fuldt global dækning.

Kort fortalt er en GNSS-satellit et "flyvende atomur" (et ultrapræcist ur baseret på frekvensen af rene grundstoffers naturlige svingninger). Satellitterne udsender radiosignaler, der dels fortæller hvad klokken er på atomuret, dels angiver satellitternes baneparametre. Med den information kan en GNSS-modtager bestemme sin position ved en (i princippet) enkel beregning i tre trin:

1. Beregn, med brug af baneparametrene, positionerne for hver satellit over horisonten
2. Beregn hvor lang tid signalerne har været undervejs, ved at sammenligne hver satellits tidssignal med modtagerens interne ur. Tidsforskellen afspejler afstanden fra hver satellit til GNSS-modtageren
3. Når man ved hvor satellitterne er, og hvor langt man er fra hver af dem, kan man regne sig frem til hvor man befinder sig - se *Hvad er trilateration og triangulation?*



Fysisk infrastruktur: Frem til 1990'erne udgjorde fikspunkter i form af granitpostamenter (venstre) den bærende geodætiske infrastruktur. Siden da har permanent opererende GNSS-jordstationer (højre) taget over.

Hvad betyder "geodætisk infrastruktur"?

Geodætisk infrastruktur er alt det der gør geodæsien anvendelig i praksis. Klimadatastyrelsens "Strategi for Danmarks geodætiske infrastruktur" definerer tre kategorier:

- **Fysisk infrastruktur:** Fikspunkter, automatiske GNSS-observatorier og opmålingsudstyr.
- **Logisk infrastruktur:** Administrative IT-systemer, autoritative referencemodeller, transformationer og dokumentation.
- **Organisatorisk infrastruktur:** Geodætisk viden, nationale og internationale samarbejdsrelationer.

Geodæsi er et globalt fænomen, så den nationale geodætiske infrastruktur, som Klimadatastyrelsen vedligeholder, opnår størst værdi gennem global integration. Derfor er den organisatoriske infrastruktur vigtig. Udover at etablere og drive net af fikspunkter, udvikle transformationer og dokumentere sammenhængen, engagerer Klimadatastyrelsen sig derfor også i organisatoriske samarbejder, for at styrke den globale geodætiske infrastruktur. Væsentlige samarbejdspartnere inkluderer:

- **DTU Space**, som Klimadatastyrelsen har en fast samarbejdsaftale med, især med henblik på forskningsbaseret myndighedsbetjening.
- **Nordisk Kommission for Geodæsi (NKG):** Koordinerer nordisk samarbejde, særligt om transformationer, geoidemodeller og modeller for landskabets deformation efter istiden.
- **Reference Frame Sub-Commission for Europe (EUREF):** Koordinerer vedligeholdelsen af det primære europæiske referencesystem, ETRS89.
- **FN's geodætiske kompetencecenter (UN-GGCE):** Arbejder for at styrke den globale geodætiske infrastruktur.

Den organisatoriske infrastruktur omfatter også den ekspertise, der findes hos fagfolk, der arbejder med geodæsi. Uden denne viden er den geodætiske infrastrukturs nytteværdi begrænset. Derfor er det afgørende at sprede relevant viden til alle dele af samfundet og erhvervslivet, hvor koordinater anvendes. For uden grundlæggende geodætisk forståelse er en koordinat blot et tal uden nogen relation til det fysiske landskab.

Klimadatastyrelsens strategi for den geodætiske infrastruktur lægger derfor vægt på at understøtte rekruttering af fremtidens geodæter (defineret bredt som enhver med kompetencer til at anvende geodætisk information). Den geodætiske infrastruktur bliver først fuldt udnyttet, når den rette viden er tilgængelig, der hvor der er behov for den. Derfor er geodæter (i bred forstand) en essentiel del af infrastrukturen – et net af faglig viden, der forbinder alle anvendelsesområder, ligesom de geodætiske net forbinder landet gennem koordinatbaseret stedbestemmelse.

Se i øvrigt Klimadatastyrelsens hovedside om geodæsi, hvor der indgår en kort beskrivelse af den fysiske infrastruktur. Den væsentligste eksternt tilgængelige logiske infrastruktur er Danmarks Fikspunktsregister, som leverer koordinatoplysninger, gennem den brugerrettede webapplikation Valdemar og de tilsvarende udviklerrettede tjenester, på Dataforsyningen.

Hvad er trilateration og triangulation?

Trilateration er en metode til stedbestemmelse, hvor man fastlægger positionen af et nyt punkt, ved at opmåle *afstandene* fra punktet til (mindst) tre andre punkter med allerede kendte koordinater.

Triangulation er en metode til stedbestemmelse, hvor man fastlægger positionen af et nyt punkt, ved at opmåle *vinklerne* fra punktet til (mindst) tre andre punkter med allerede kendte koordinater.

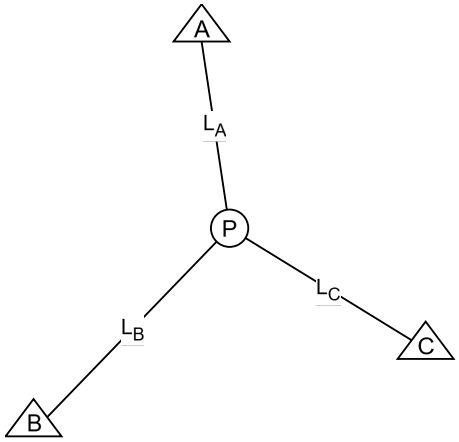
Med traditionelle, jordbaserede opmålingsinstrumenter, er det enklere at måle en nøjagtig vinkel, end en nøjagtig afstand. Derfor var triangulation, helt frem til 1990'erne, den dominerende metode til opbygning af geodætisk infrastruktur. Trilateration var begrænset til opmåling på lille skala, fx inden for et sammenhængende, ikke alt for stort areal - eksempelvis på byggepladser.

Trilateration og GNSS

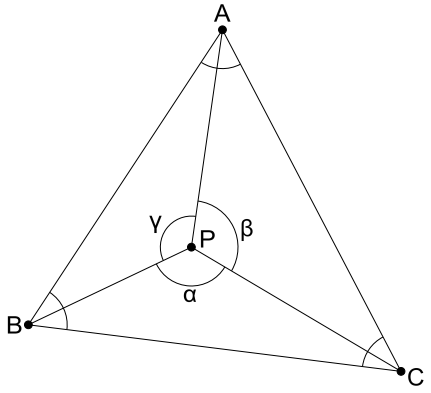
Med indførelsen af GNSS blev trilateration mere vigtigt: Stedbestemmelse med GNSS sker ved at man måler afstandene fra det punkt, man er interesseret i, til mindst fire satellitter, med kendte koordinater.

Når der er behov for mindst fire målinger, i modsætning til de mindst tre i det klassiske tilfælde, så skyldes det, at det ikke direkte er en afstandsmåling, man foretager, men derimod en måling af den tid, det tager for satellitsignalet at nå frem til GNSS-modtageren. Og da modtagerens indbyggede ur ikke er helt så nøjagtigt som de ure, der er ombord i satellitterne, så er man også nødt til at bestemme den tidslige afstand mellem urenes gang (*synkronisering*). Det svarer til at bestemme en ekstra tidslig koordinat, oven i de tre rumlige. Og for at bestemme fire koordinater skal man foretage mindst fire observationer.

Pseudorange og refraktion: Tidsforskellen regnes om til en afstand ved at gange med GNSS-signalets udbredelseshastighed, dvs. lysets hastighed. Men da lysets hastighed varierer gennem de forskellige lag af atmosfæren (*refraktion*), så er det ikke helt enkelt. I praksis ignorerer man i første omgang refraktionen, og bestemmer en tilsyneladende afstand, *pseudorange*. Derefter korrigerer man i flere trin, for urfejl og refraktion.



Trilateration: Koordinaterne for punktet *P* findes ved måling af afstandene til tre punkter med kendte koordinater, *A*, *B* og *C*



Triangulation: Koordinaterne for punktet *P* findes ved måling af vinklerne til tre punkter med kendte koordinater, *A*, *B* og *C*

Hvad er forskellen på referencesystemer, referencerammer og koordinatsystemer?

På dansk bruger vi ordet "koordinatsystem" i flæng, til at betegne alt, hvad der kan hjælpe os med at få fysisk mening ud af en koordinat. Så ordet kan dække både referencesystemer og referencerammer - oftest uden at det giver forståelsesproblemer, selv om de to ord dækker meget forskellige ting:

- En **referenceramme** er løst sagt et sæt af afmærkede punkter, med tilhørende koordinater.
- Et **referencesystem** er et sæt af definitioner, der beskriver hvordan man opbygger ("realiserer") og anvender en referenceramme hørende til det pågældende referencesystem

Så en reference**ramme** er en koordinatliste, mens et reference**system** er en publikation.

Ved at måle ud fra et (eller flere) af en referencerammes punkter, kan man bestemme koordinater til ethvert andet punkt inden for referencerammens dækningsområde.

Så hvis man har en liste med koordinater, refereret til en given reference**ramme**, så kan man finde frem til de fysiske steder, koordinaterne er knyttede til, ved at følge reference**systemets** definitioner.

- Fx kan et givent reference**system** definere at en tilhørende reference**ramme**s koordinater anføres som (breddegrad, længdegrad). Det er fx tilfældet for Europæisk Datum af 1950 (ED50), og mange andre ældre systemer.
- Et andet reference**system**, fx det aktuelt gældende ETRS89, og andre nyere GNSS-baserede systemer, kan specificere at referencerammens koordinater skal anføres som retvinklede koordinater (X, Y, Z) afsat ud fra jordens massemidtpunkt.

Geodæsi er en mere end to tusind år gammel videnskab, så terminologien er naturligvis løbende tilpasset tidens viden og behov. Derfor er det blandt andet historiske forhold, der fører til nutidens terminologiske uklarheder og inkonsistenser. Fx har man historisk ikke skelnet mellem begreberne datum og referenceramme: Indtil 1990'erne brugte man ordet datum, til at betegne det, vi i dag kender som en referenceramme.

Men da geodæsi er en empirisk videnskab, kan man ofte slippe afsted med at bruge relativt løse betegnelser. For i en konkret situation er der sjældent tvivl om, hvad det er, der er tale om: Naturfænomener afhænger ikke af, hvad mennesker kalder dem!

Se også:

- Hvad er et datumensemble?
- Hvad er sammenhængen mellem et CRS og en EPSG-kode?

Hvad er et datumensemble?

Kort fortalt er et datumensemble en gruppe af referencerammer, der kan anses for at være identiske, hvis man ikke har alt for høje nøjagtighedskrav.

Den mere detaljerede forklaring er kompliceret. Så start gerne med at læse eller genlæse svaret på spørgsmålet “Hvad er forskellen på referencesystemer, referencerammer og koordinatsystemer?”, som beskriver hvordan en referenceramme er en liste med koordinater til fikspunkter, mens et referencesystem er en beskrivelse af hvordan man konstruerer en referenceramme i overensstemmelse med systemet.

Typisk er en referenceramme resultatet af en omfattende beregning (en *udjævning*), hvor store mængder af geodætiske observationer bringes i bedst mulig overensstemmelse med hinanden, under hensyntagen til hver observations nøjagtighed.

Det betyder også at der kan beregnes mere end en referenceramme til et givent referencesystem: Hver dag foretager geodæter over hele verden nye observationer, og næsten hver dag udvikler de også forbedrede beregningsmetoder. Derfor laver man med jævne mellemrum en ny beregning, baseret på de forbedrede metoder og de opdaterede observationssæt. Det fører til en mere aktuel og mere nøjagtig referenceramme, som også kaldes en ny *realisering* af det tilhørende referencesystem.

Med en ny og mere nøjagtig referenceramme, kan man lave endnu mere nøjagtige observationer og bedre forstå detaljer i de eksisterende observationer. Tilsammen skaber det grundlaget for den næste, endnu mere nøjagtige, realisering.

Ofte skelner man mellem de forskellige realiseringer, ved at indbygge et årstal i realiseringens navn. Reference**systemet** ITRS (International Terrestrial Reference **System**) har fx tilknyttet en lang række referencerammer, der har det fælles fornavn ITRF (International Terrestrial Reference **Frame**), efterfulgt af et årstal: ITRF88, ITRF89, ITRF90, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005, ITRF2014, ITRF2020. Tilsvarende har referencerammer for det europæiske system ETRS89. fornavnet ETRF, efterfulgt af et årstal.

Efterhånden er forskellen fra én realisering til den næste nede på nogle få millimeter, og selv fra de ældste til de nyeste realiseringer er forskellen kun på nogle decimeter. Så hvis nøjagtighedskravene til en given opgave fx er på meter-niveau, så er det unødvendigt at skelne mellem de mange realiseringer, og man kan i stedet behandle dem under et som *et datumensemble*.

Typisk navngives et datumensemble efter det tilhørende referencesystem—altså ITRS i tilfældet ITRFyyyy.

Når vi i Danmark ofte omtaler aktuelle koordinater som “givet i ETRS89”, så er det også et datumensemble vi har fat i: Hvert europæisk land har sin egen realisering af ETRS89, med udgangspunkt i den referenceramme, der var aktuel, da realiseringen blev indført. Det betyder at der er nogle centimeters forskel på realiseringerne i nabolande – en forskel, der kan negligeres i mange praktiske tilfælde.

Også WGS84, systemet bag GPS-koordinater, er grundlæggende et datumensemble. Her er de enkelte realiseringer ikke navngivet efter publikationsår, men efter ugenumre i GPS-kronologien, som starter 6. januar 1980: WGS84(G730), WGS84(G873) etc.

Se også Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84?

Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84?

Løst sagt er **ITRS**, International Terrestrial Reference System, en abstrakt model for et geodætisk koordinatsystem: Man forestiller sig tre vinkelrette akser (X, Y, Z) med nulpunkt (*origo*) i jordens massemidtpunkt. Z-aksen er sammenfaldende med jordens rotationsakse og stikker derfor ud gennem nordpolen, X-aksen stikker ud, hvor ækvator skærer Greenwich-meridianen, og Y-aksen stikker ud gennem ækvator 90 grader øst for X-aksen (se figur).

Det er denne abstrakte model, der ligger bag alle moderne geodætiske koordinatsystemer, så principielt er alle moderne geodætiske koordinatsystemer ens. Men den beskrevne model er, som nævnt, rent abstrakt. Hvis man skal gøre den konkret, må man starte med at banke et søm i jordens massemidtpunkt, for at kunne måle alting derudfra.

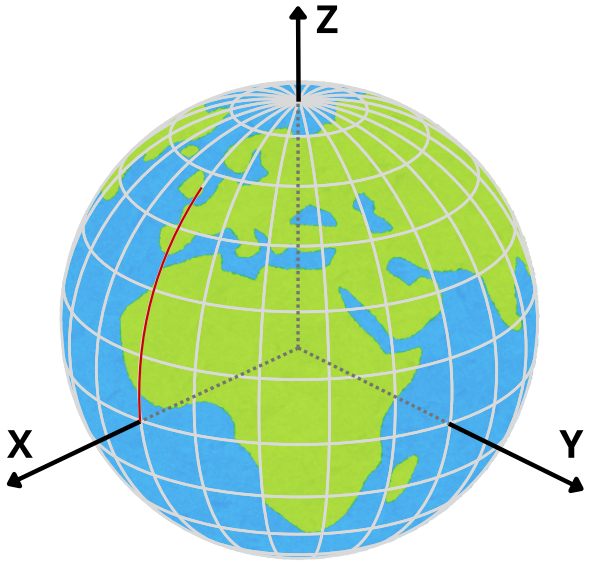
Men massemidtpunktet ligger omtrent 6400 kilometer under jordens overflade. Så for at slå sømmet i, skal man, for det første, grave et hul cirka lige så dybt som afstanden fra Danmark til ækvator. For det andet skal man finde et søm, der kan modstå et tryk på flere millioner atmosfære. Og for det tredje skal sømmet kunne klare en temperatur lige så høj som på solens overflade.

Den slags søm findes ikke—og desuden er det upraktisk at være nødt til at stikke en 6400 kilometer lang lineal ned i et hul, hver gang man skal måle en koordinat. Den mere praktiske løsning er at repræsentere koordinatsystemet i form af søm (eller andre faste afmærkninger) på jordens overflade, med koordinater beregnet ved metoder og målinger i overensstemmelse med ITRS' abstrakte model.

En sådan samling af faste afmærkninger, med tilhørende koordinater, kaldes en *referenceramme*, eller en *realisering af systemet*. Men ingen målinger er perfekte, så forskellige realiseringer, baseret på forskellige målinger vil også have små forskelle i koordinaterne.

ITRS har siden 1980'erne været realiseret gennem en lang række af referencerammer med fællesnavnet ITRF, startende med ITRF88, og med ITRF2020 som indtil videre seneste (se Hvad er et datumensemble?).

ETRS89, European Terrestrial Reference System 1989, er en regional europæisk udgave af ITRS, men med den i praksis vigtige tilføjelse, at alle koordinater er fastholdt ved deres værdier pr. 1. januar 1989. Da jordens kontinenter bevæger sig med en hastighed på nogle centimeter pr. år, så vil faste punkter på jordens overflade også skifte koordinater, efterhånden som kontinentet flytter sig. Med ETRS89 holder man koordinaterne fast, ved at korrigere for kontinentets drift: Man har, så at sige, skruet koordinatsystemet fast på kontinentet. For at kunne det, skal der holdes øje med driften. Klimadatastyrelsens geodætiske infrastruktur indgår i globale samarbejder med det formål.



Den idealiserede forestilling om et jordcentreret koordinatsystem, ITRS.

På de mere end 30 år, der er gået siden indførelsen af ETRS89, har Europa flyttet sig cirka en meter. Det er ikke vigtigt, hvis opgaven er at fortælle hvor i landet en by ligger. Men det er meget vigtigt, hvis man eksempelvis benytter en GNSS-styret gravemaskine til at grave et højspændingskabel fri: Uden korrektion for kontinentaldriften risikerer man i stedet at grave kablet over.

For hver af de mange realiseringer af ITRS er der en tilsvarende realisering af ETRS89. Disse realiseringer har fællesnavnet ETRF, efterfulgt af et årstal for realiseringen. Realiseringerne afviger nogle få centimeter, og da ETRS89 ikke blev indført samtidigt af alle lande i Europa, så er der også små afvigelser i de enkelte landes realiseringer, fordi de er baseret på den ETRF, der var den aktuelle, da systemet blev indført. I de fleste tilfælde kan denne forskel negligeres, men ved nøjagtige anvendelser, og specielt ved nøjagtige anvendelser, der krydser landegrænser (fx bro-, tunnel- eller vejforbindelser) kan det være nødvendigt at tage højde for forskellene.

WGS84 er GPS-satellitsystemets eget globale koordinatsystem: Det er det system, GPS-satellitternes baneparametre udtrykkes i forhold til. Så hvis man måler en koordinat direkte med GPS, uden nogen form for hjælpesystemer eller efterprocessering, så vil koordinaten være udtrykt i den aktuelle realisering af WGS84. WGS84 nyrealiseres typisk med et par års mellemrum, og hver nyrealisering tilpasses, så den er i overensstemmelse med den aktuelle realisering af ITRS.

Sammenfattende kan man sige at ETRS89, WGS84, og ITRS alle er systemer, der historisk og aktuelt har været realiseret af et antal referencerammer. ETRS89 er specifikt europæisk, og tilpasset, så faste punkter på jorden ikke skifter koordinater, efterhånden som kontinentet flytter sig. Realiseringerne af WGS84 og ITRS er derimod globale, og ikke sat fast til noget kontinent. Derfor ændrer koordinaterne for et givent punkt på jordens overflade, sig med tiden, hvis det er givet i forhold til en af disse referencerammer. En ITRS eller WGS84-baseret koordinat er derfor ikke komplet uden en tidsangivelse.

I mindre krævende tilfælde, hvor man er tilfreds med nogle få meters nøjagtighed, er det ikke nødvendigt at skelne mellem ETRS89, WGS84, ITRS, og deres respektive realiseringer.

Se også:

- Hvad er forskellen på referencesystemer, referencerammer og koordinatsystemer?
- Hvad er et datumensemble?

Hvad er en koordinattransformation?

Kort fortalt er en koordinattransformation en koordinatomregning, der bringer koordinater, givet i forhold til én referenceramme, i overensstemmelse med koordinater, givet i forhold til en anden referenceramme.

Men i modsætning til andre koordinatomregninger, fx kortprojektioner, som er eksakte matematiske operatorer, så er transformationer baserede på empiriske observationer, og derfor ikke entydige. Det gør koordinattransformationer til et af de vanskeligste geodætiske emner at få styr på. Så hvis man har brug for en forståelse, der går dybere end ovennævnte "kort fortalt er en koordinattransformation en koordinatomregning", så må man træde et par skridt tilbage, og starte med en omfattende mængde nødvendige forkundskaber.

Nødvendige forkundskaber

Spørgsmålet "Hvad er en koordinattransformation?" lyder simpelt, men det er i virkeligheden et af geodæsiens vanskeligste emner, både konceptuelt og praktisk. Svaret er derfor omfattende og kræver kendskab til materialet fra (mindst) disse fire opslag:

1. Hvad er forskellen på referencesystemer, referencerammer og koordinatsystemer?
2. Hvad er et datumensemble?
3. Hvad er sammenhængen mellem et CRS og en EPSG-kode?
4. Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84?

Med disse forkundskaber på plads burde det være muligt at komme igennem teksten nedenfor. Men som sagt, er emnet vanskeligt, så forvent, at læsningen tager tid, og kræver megen overvejelse undervejs.

Indledning

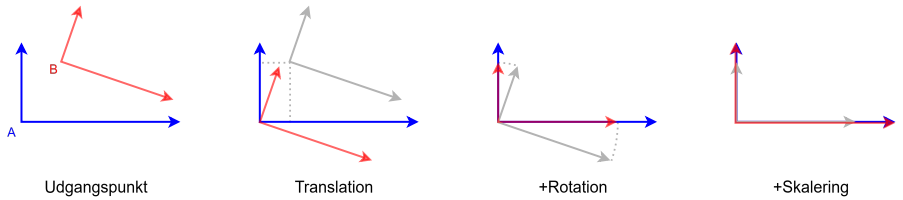
En koordinattransformation (ofte blot kaldet en *transformation*) er en koordinatomregning, der bringer koordinater, givet i forhold til én referenceramme, i overensstemmelse med koordinater, givet i forhold til en anden referenceramme.

Umiddelbart udføres transformationer på samme måde som enhver anden form for koordinatomregning, fx kartesisk til geografisk, eller geografisk til projiceret. Forskellen er, at mens disse koordinatomregninger ændrer koordinat*typen*, så ændrer transformationer, løst sagt, *referencerammen*, og bevarer (i de fleste tilfælde) koordinattypen.

Men forbeholdet "løst sagt" i foregående sætning er væsentligt. For selv om man ofte kan slippe afsted med at *behandle* en transformation som enhver anden koordinatomregning, så er der forskelle, som er vigtige ved mere krævende anvendelser, og ekstraordinært vigtige ved arkivering og kuratering af koordinatmateriale.

Det skyldes, at hvis man behandler en koordinattransformation som enhver anden koordinatomregning, så behandler man dermed de involverede referencerammer som ideelle matematiske koordinatsystemer.

Og ethvert (geodætisk relevant) matematisk koordinatsystem kan transformeres til at matche ethvert andet (geodætisk relevant) matematisk koordinatsystem *eksakt*. Det kan gøres ved en kombination af drejning, forskydning og skalering, som i mange tilfælde kan udtrykkes som en *Helmerttransformation*.



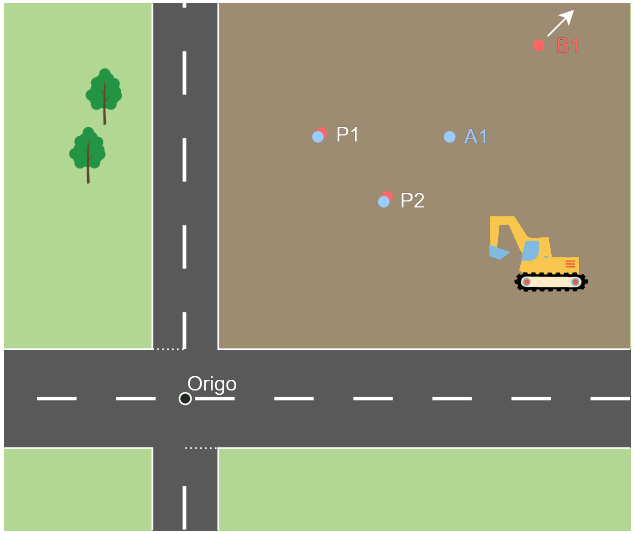
Helmerttransformationen. To matematiske koordinatsystemer bringes i overensstemmelse med hinanden ved en kombination af translation, rotation og skalering.

Men selv om en transformation mellem matematiske koordinatsystemer er eksakt, så gælder det samme *ikke* for en transformation mellem reference-

rammer. For referencerammer er empiriske indretninger, ikke matematiske abstraktioner.

Derfor kan en transformation, mellem to referencerammer, ganske vist baseres på samme slags matematiske operationer som i det abstrakt matematiske tilfælde (dvs. drejning, forskydning og skalering). Men de vinkler, afstande og skalafaktorer, der indgår, må bestemmes ad empirisk vej, ved at sammenligne koordinater for punkter, der indgår i begge referencerammer.

For at anskueliggøre dét, starter vi med et eksempel.



Udpluk af punkter målt i **CRS-A** og **CRS-B**

To forskellige referencerammer for samme referencesystem

Eksempel

I dette eksempel betragter vi et referencesystem, med to tilhørende referencerammer. I virkeligt geodætisk arbejde kunne der være tale om to forskellige realiseringer af ITRS, fx ITRF2014 og ITRF2020. Men for overblikkets skyld reducerer vi eksemplet til to dimensioner.

Tænk på det som et byggepladssystem, hvor bygherrens systemdefinition siger, at nulpunktet er givet som den geometriske midte af nærmeste vejkryds, og orienteringen er givet ved at førsteaksen er parallel med den største af vejene, mens andenaksen er ortogonal. Lige som ved ITRS har vi altså et nulpunkt, som ikke er fysisk tilgængeligt, men må realiseres—i dette tilfælde, ved at identificere vejmidter, og regne sig frem til deres skæringspunkt.

Vi antager nu, at to forskellige entreprenører har lavet hver deres opmåling, *realisering*, af systemet. Vi kalder koordinatsystemerne hørende til realiseringerne for CRS-A og CRS-B

Hver entreprenør har derefter afsat et stort antal punkter på byggepladsen, med udgangspunkt i hver deres referenceramme:

- Et antal af disse punkter, P1, P2, P3..., er fælles for de to referencerammer
- Punkterne A1, A2, A3..., har kun tilknyttede koordinatpar i CRS-A
- Punkterne B1, B2, B3..., har kun tilknyttede koordinatpar i CRS-B

§1: Punktet P1 har koordinatparret (100.01 m, 200.02 m) i CRS-A og (100.12 m, 200.12 m) i CRS-B. Ved at trække de to koordinatpar fra hinanden, fås en forskydning på (11 cm, 10 cm). Så det er et godt første gæt, at de to realiseringer ikke har ramt eksakt samme nulpunkt.

Men vi kan *antage*, at der er tale om en ren forskydning mellem CRS-A og CRS-B, og at den beregnede forskel, er identisk med forskydningen. Med den antagelse, kan vi transformere fra CRS-A til CRS-B, ved at lægge **(11 cm, 10 cm)** til koordinatpar fra CRS-A.

§2: Punktet A1 har koordinatparret (200.00 m, 200.00 m) i CRS-A, men intet koordinatpar i CRS-B. Vi benytter transformationen fra §1, og får det beregnede koordinatpar i CRS-B til (200.11 m, 200.10 m)

§3: Ved nærmere gennemgang af opmålingsmaterialet, opdager vi, at punktet P2, har koordinatparrene (150.02 m, 150.02 m) i CRS-A og (150.15 m, 150.12 m) i CRS-B. Her fås forskydningsvektoren **(13 cm, 12 cm)**.

De to forskydningsvektorer er i nogenlunde overensstemmelse med hinanden, så vi fastholder antagelsen om, at forskellen på de to rammer er en ren forskydning. Vi opdaterer derfor vores transformation, ved at tage gennemsnittet af de to observerede forskydninger, med resultatet **(12 cm, 11 cm)**.

§4: Med den opdaterede transformation, får punktet A1, fra §2, koordinatparret (200.12 m, 200.11 m) i CRS-B

§5: Punktet B1 har koordinatparret (2000.00 m, 2000.00) i CRS-B. Med transformationen fra §3 får vi det tilsvarende (1999.88 m, 1999.89 m) i CRS-A.

§6: Da B1 ligger temmelig langt fra P1 og P2, kontrollerer entreprenøren bag CRS-A transformationen, ved at foretage en direkte opmåling af B1. Opmålingen giver koordinatparret **(1999.86 m, 1999.91 m)**, som ikke er i helt tilfredsstillende overensstemmelse med den transformerede værdi.

§7: Det viser sig, at man kan få tilfredsstillende overensstemmelse mellem alle observerede og transformerede koordinatpar, ved at kombinere forskydningen på **(12 cm, 11 cm)** med en *drejning* på **2 bueminutter** omkring nulpunktet for CRS-A

Kommentarer til eksemplet

Eksemplet anskueliggør det, der kan kaldes **koordinatkuratorens dilemma**. For hvordan skal man håndtere registrering af transformerede koordinater?

Punkterne P1 og P2 er uproblematiske: De har indmålte koordinater i både CRS-A og CRS-B, så kuratoren kan roligt lægge begge dele i sin database, så længe det korrekte CRS også registreres for hvert koordinatpar.

For punktet A1 kan man roligt registrere koordinatparret for CRS-A, men hvad med CRS-B?

Når man får nye sammenhængende koordinatpar, kan man lave nye transformationer. Men hvis man lægger det transformerede koordinatpar i databasen, tager det sig ud som endnu et punkt med sammenhængende koordinatpar.

Det burde så kunne bidrage til en forbedret transformation, men det kan det naturligvis ikke: Det gentager bare information, der allerede indgik i den transformation, der blev benyttet ved dets beregning.

Så når der registreres transformerede koordinatpar, skal der også holdes øje med transformationshistorikken: Koordinatparret i §2 er forskelligt fra det i §4, fordi vi undervejs har fået ny viden, og har brugt den til at opdatere transformationen. Men vi har ikke fået nogen ny viden om hvor punktet rent fysisk befinder sig: Sammenhængen mellem koordinatparret og den fysiske verden, *georeferencen*, har stadig udgangspunkt i CRS-A.

Når der kommer opdaterede transformationer fra CRS-A til CRS-B, kan vi også opdatere de allerede registrerede CRS-B koordinatpar. Det er ligetil, så længe vi stadig har CRS-A koordinatparret.

Men hvis man fristes til at “forenkle” sin koordinatdatabase, ved at transformere alle CRS-A koordinatpar, og kun understøtte CRS-B i databasen, så mister man også muligheden for at drage nytte af opdaterede transformationer: For at kunne bruge en opdateret transformation, skal man kunne komme tilbage til det oprindelige CRS-A koordinatpar. Og hvilken transformation bragte hvert enkelt par til CRS-B? Uden den viden kan man ikke komme tilbage til CRS-A, og derfra benytte den opdaterede transformation fra §7

Så selv om det måske umiddelbart virker enklere, kun at understøtte ét CRS i en koordinatdatabase, så fører det til komplikationer på den lange bane. Derfor er det, for koordinatkuratoren, at foretrække at lagre koordinatmateriale i det CRS, som det er skabt i. Også selv om man så er nødt til at transformere, når der skal laves udtræk til praktiske opgaver: I den situation kan man altid udføre transformationen med brug af den mest aktuelle transformationsversion, og dermed sikre det bedst mulige koordinatgrundlag for opgaven.

Men hvad *er* en koordinattransformation så?

Som nævnt i indledningen, så ændrer en transformation løst sagt referencerammen for det indgående koordinatpar, så resultatet bliver et koordinatpar, der er i overensstemmelse med en anden referenceramme. Men læg mærke til de forsigtige formuleringer "løst sagt" og "i overensstemmelse med".

For som nævnt i kommentarerne til eksemplet, så *ændrer man ikke ved georeferencen, når man transformerer fra CRS-A til CRS-B!* Sammenhængen mellem koordinatparret og den fysiske verden er stadig givet ved CRS-A, men der er "skubbet lidt" til koordinatparret, så det kommer i bedre numerisk overensstemmelse med nabopunkter, hvis koordinatpar oprindeligt er målt i CRS-B.

En referenceramme er ikke det samme som et matematisk koordinatsystem. Men de metoder, som man bruger til at få to matematiske koordinatsystemer til at matche, kan man også bruge til at gøre koordinatmateriale, refereret til to forskellige referencerammer, praktisk anvendelige sammen.

Og selv om metoderne, matematisk set, er eksakte, så skal de fortolkes stokastisk, når de, som i geodæsien, baseres på empirisk bestemte konstanter: **Geodætisk betragtet, er en transformation et svar på spørgsmålet "Given et koordinatpar målt i CRS-A, hvilket koordinatpar ville jeg så *sandsynligvis* have målt, samme fysiske sted, hvis jeg i stedet havde målt i CRS-B?".**

En transformation er, med andre ord, **en prædiktion** af, hvad en måling i CRS-B vil føre til, givet en eksisterende måling i CRS-A.

Afsluttende bemærkninger

I det ovenstående har vi udelukkende betragtet transformationer baseret på drejning, forskydning og skalering. Vi har nævnt at disse elementer ofte kan forenes i en *Helmerttransformation*. Det er tilfældet, når skalafaktoren er den samme for alle referencerammens dimensioner.

Den ensartede skalafaktor, resulterer i en vinkelbevarende ("konform") transformation, som historisk har været fordelagtig, fordi det, før GNSS-tidsalderen, var betydeligt enklere at måle en nøjagtig vinkel, end en nøjagtig afstand.

I dag, hvor GNSS er geodæsiens hovedredskab, kan man langt bedre observere de *lokale spændinger*, dvs. variationer i forskydning og skalafaktor, i ældre geodætiske referencerammer. Men da Helmerttransformationen er begrænset til et enkelt parametersæt for hele dækningsområdet, så skal der anderledes metoder til at håndtere modellering af disse variationer. I praksis benyttes ofte gitterbaserede repræsentationer (*grids*) af spændingerne - eller, når tidslige variationer også er vigtige: af deformationerne.

Dette ændrer dog ikke på hovedkonklusionerne ovenfor: **En transformation er en prædiktion**—uagtet om den bagvedliggende model er baseret på Helmerts formulering, eller på en mere lokalt tilpasset gridmodel.

Hvad er DVR90, og hvad er forskellen på koter og højder?

Højde er et generelt udtryk, som kan dække både koter, ortometriske højder og geometriske højder. Koter er nært beslægtede med ortometriske højder, men mens ortometriske højder er strengt relaterede til en ækvipotentialflade i Jordens tyngdefelt (se Hvad er forskellen på en ellipsoide og en geoide?), så er koter tilpasset lokale forhold, og udtrykkes i forhold til et **kotesystem**.

I Danmark hedder det aktuelle kotesystem **DVR90**, Dansk Vertikal Reference 1990. Systemet blev fastlagt ved en landsdækkende opmålingskampagne, **Tredje Præcisionsnivellement**, fra 1986-1992. Den afsluttende efterbehandling ("udjævning") af alle de opsamlede data, førte til koter for flere tusind stabilt afmærkede punkter – de fleste af dem underjordiske. Nulpunktet for koterne blev valgt som gennemsnittet af middelvandstandene i 1990, for de vandstandsmålere, der indgik i nivellementet.

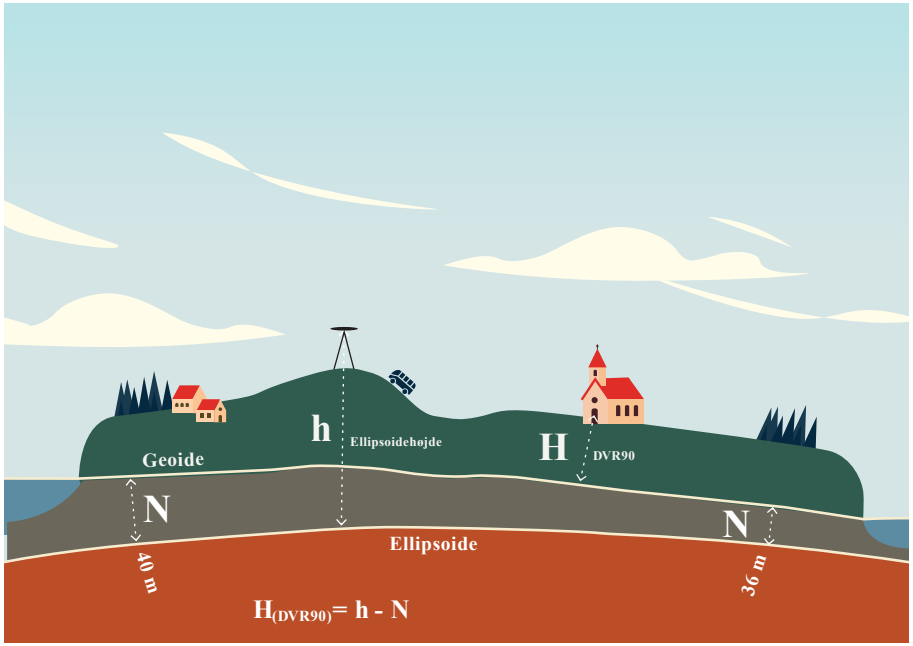
Men middelvandstanden afspejler både geoideundulationen og påvirkninger fra vind og strøm *(dynamiske effekter)*, og fra saltindhold og temperatur *(steriske effekter)*. Derfor er nulpunktet for DVR90 ikke eksakt sammenfaldende med den ækvipotentialflade, der benyttes som nulpunkt for globale geoidemodeller. Til gengæld er nulpunktet for DVR90 i bedre overensstemmelse med det faktiske vandniveau omkring Danmark (som det var i 1990).

DVR90 er som udgangspunkt kun defineret i de afmærkninger, der indgik i Tredje Præcisionsnivellement, men det er sidenhen gjort mere praktisk anvendeligt, ved fortætning med lidt mindre målenøjagtighed, ud til titusinder af lettere tilgængelige afmærkninger, typisk bolte indmuret i gamle, stabile bygninger.

Desuden er der, med ekstra høj nøjagtighed, overført koter fra præcisionsnivellementsnettet, til det nyere 5D-net. Det har den fordel at der for alle 5D-punkter også er målt en nøjagtig GNSS-position. Med både en kote, H, og en GNSS-målt (geometrisk) højde, h, tilgængelig, kan man beregne en geoideundulation, $N = h - H$, for en geoidemodel tilpasset kotesystemet. Og med en samling af disse værdier for alle de mere end 100 5D-punkter, fordelt over hele landet, kan man tilpasse et udsnit af en global eller regional geoidemodel, så den er konsistent med DVR90.

5D-punkterne genmåles med få års mellemrum, for at holde øje med landets bevægelser. Derfor publicerer Klimadatastyrelsen også jævnligt opdaterede geoidemodeller, der afspejler den nyeste viden om sammenhængen mellem geometriske højder og DVR90-koter. Dermed kan GNSS-målte højder gøres konsistente med kotesystemet DVR90.

Den tilpassede geoidemodel afspejler således ikke præcist en ækvipotentialflade, men dels en (lille) forskydning i forhold til den faktiske geoide, dels tilpasninger til lokale effekter og landskabsvariationer opstået siden kotesystemets definition med fastholdte 1990-værdier. Derfor er det ret beset forkert at kalde det en geoidemodel, men afvigelsen fra en egentlig geoidemodel er meget lille, så det er upraktisk at indføre en speciel terminologi:



Koter (H) måles i forhold til geoiden, højder (h) i forhold til ellipsoiden. Geoideundulationen (N) er forskellen mellem højden og koten

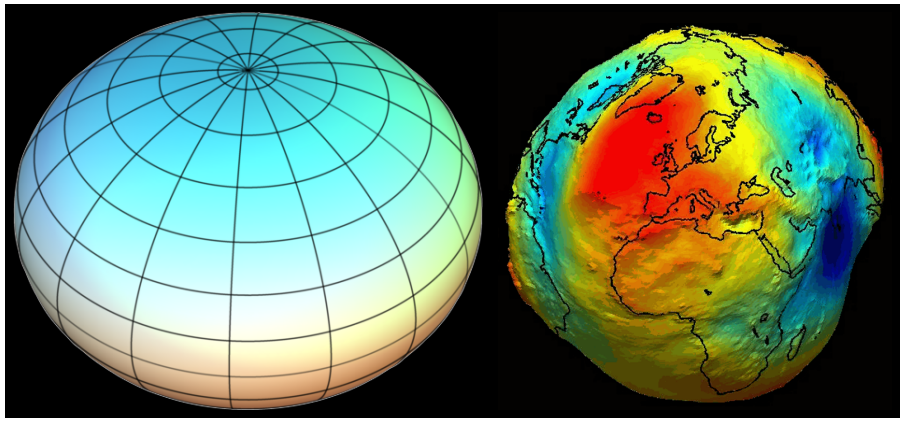
I konkrete situationer er der sjældent tvivl om, hvad der er tale om.

Mere vigtigt er det at skelne mellem de forskellige **realiseringer** af kotesystemet DVR90. Fundamentalt er kotesystemet defineret i kraft af dets nulpunkt, middelvandstanden omkring Danmark, som den var i 1990. Den blev, som nævnt ovenfor, fastlagt ved Tredje Præcisionsnivellement, som også udgør første realisering af DVR90, DVR90(2000). De efterfølgende realiseringer udgøres af den række af tilpassede geoidemodeller, som er publiceret siden: DVR90(2002), DVR90(2013) og DVR90(2023).

Det er væsentligt at understrege, at alle realiseringerne afspejler det bagvedliggende **kotesystem DVR90**, selv om geoidemodellerne afviger på centimeterniveau: Det afspejler dels eventuelle landskabsbevægelser, dels den bedre viden og opmålingsteknik, der er blevet tilgængelig gennem de mere end 30 år, der er gået, siden Tredje Præcisionsnivellement.

Se også:

- Klimadatastyrelsens publikation **GeoNotes nr. 10: DVR90**, der kan tilgås fra siden Geofaglige Publikationer
- Hvad er forskellen på en ellipsoide og en geoide?



Ellipsoiden er en glat matematisk flade, egnet til kortlægning og navigation. Geoiden er langt mere kompleks, men er egnet som nulpunkt for kotesystemer. For tydelighedens skyld er både ellipsoidens fladtrykning og geoidens buler vist med en overdrivelse på flere hundrede gange: Reelt afviger geoiden højst omkring 100 m fra ellipsoiden.

Hvad er forskellen på en ellipsoide og en geoide?

En ellipsoide er en matematisk idealiseret repræsentation af Jordens overordnede form: En let fladtrykt kugle, som afspejler, at Jorden, på grund af sin rotation, har en radius, der er cirka 3 promille større ved ækvator, end ved polerne.

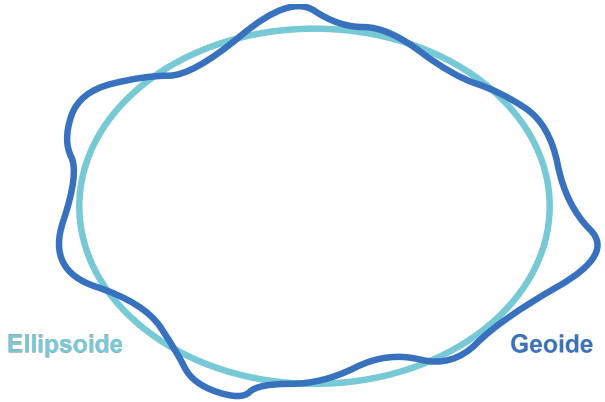
Ellipsoiden er en tilstrækkeligt god tilnærmelse af Jordens overflade, til de fleste anvendelser, inden for kortlægning og navigation. Men for anvendelser, hvor højder og lodlinjer spiller en væsentlig rolle, har man brug for en referenceflade, der i højere grad repræsenterer havoverfladens geometri, som den former sig under påvirkning af lokale variationer af Jordens tyngdefelt. Det er her geoiden kommer ind i billedet.

En geoide er en geofysisk idealiseret repræsentation af havoverfladen, som den ville forme sig, hvis man kunne forlænge havet ind under kontinenterne og fjerne alle effekter af vind, strøm, salt og temperatur.

Mere formelt udtrykt betyder det, at geoiden er en *ækvipotentialflade* i Jordens tyngdefelt: en tænkt flade med konstant beliggenhedsenergi. Nærmere betegnet den ækvipotentialflade, som falder bedst sammen med havets globale middelniveau. Dermed er det også klart, at den korrekte betegnelse ikke er "'**en** geoide", men snarere "geoid**en**", bestemt form, ental. For der findes kun den ene.

Problemet er så at gå ud og pege på den. Det kan man ikke uden videre, for tyngdepotentialet i ethvert punkt på Jorden afhænger af massefordelingen for *hele* Jorden. Man skal altså have global information, for at kunne udtale sig om geoidens placering blot et enkelt sted. Men naturligvis kan man, ved at bruge den begrænsede information man har tilgængelig, beregne en tilnærmet model af geoidens variationer, en *geoidemodel*. Geoidemodellen (som i daglig tale, men altså ikke helt korrekt, ofte blot kaldes "en geoide") kan derfor ses som en realisering af den idealiserede geoide.

Efterhånden som nye tyngdeobservationer og bedre beregningsmetoder bliver tilgængelige, kan man forbedre modellen. Derfor har der historisk været mange geoidemodeller i anvendelse, og der beregnes stadig nye.



Ellipsoiden afspejler jordens overordnede størrelse og fladtrykning: En middelradius på cirka 6400 km og en fladtrykning på cirka 1/300. **Geoiden** afspejler mere detaljeret hvordan jordens tyngdefelt ville påvirke formen af en helt vanddækket jord. Forskellen mellem ellipsoiden og geoiden, *geoideundulationen*, betegnes ofte *N* og er her antydet med en overdrivelse på flere hundrede gange: Reelt afviger geoiden højst omkring 100 m fra ellipsoiden. I Danmark varierer *N* fra ca. 40 m ved Vesterhavet til ca. 35 m ved Østersøen.

Historiske modeller

I tiden frem til starten af 1900-tallet var det ikke realistisk at beregne globale modeller, hverken for ellipsoide eller geoide. Man kunne få et rimeligt bud på ellipsoidens form og størrelse, ved at kombinere *gradmålinger* fra forskellige breddegrader (en gradmåling er en opmåling af, hvor langt man skal gå langs en meridian, for at have bevæget sig en grad mod nord). Men ellipsoidemodellens placering i forhold til den fysiske Jord måtte man stadig estimere ud fra lokale middelvandstande, lodlinjer og astronomiske observationer af længde- og breddegrader.

I løbet af første halvdel af 1900-tallet fik man efterhånden knyttet mange lokale systemer sammen på kontinentalt niveau, og i 1924 nåede IUGG, den internationale union for geodæsi og geofysik, til enighed om, at den ellipsoidemodel, som den amerikanske geodæt John Fillmore Hayford (1868-1925), havde publiceret i 1909, var af tilstrækkeligt høj kvalitet til, at den burde være grundlag for efterfølgende geodætiske arbejder. Hayfords ellipsoide blev derfor sidenhen omtalt som "den internationale ellipsoide".

Men med satellitgeodæsiens begyndelse i 1957 blev det hurtigt klart, at det var muligt at opnå en ellipsoidemodel, der var i betragteligt bedre overensstemmelse med Jordens faktiske form. Det førte til en hel række nye ellipsoidemodeller, publiceret op gennem 1960'erne og 1970'erne. Sidst i 1970'erne var nye ellipsoidemodeller i så god overensstemmelse med hinanden, at IUGG ved sit møde i Canberra i 1979 kunne anbefale en ny ellipsoide til generelt brug. Både ellipsoiden og de tilhørende jordparametre fik navnet GRS80 "Geodetic Reference System 1980".

GRS80 er nu, mere end 40 år senere, stadig den dominerende ellipsoidemodel. Den kan mest praktisk beskrives ved sin halve storakse, dvs. Jordens radius ved ækvator, a = 6 378 137 m, og fladtrykningen f = 1 / 298,257 222 101. Ganger man de to tal sammen får man forskellen på Jordens radius ved ækvator og ved polerne til 21 384,6859 m. Står man på nordpolen er man med andre ord ca. 20 km nærmere Jordens centrum, end hvis man står på ækvator.

Ved ækvator trækker Jordens rotation i modsat retning af tyngdekraften, mens den ingen indvirkning har på nordpolen. Derfor føles tyngdekraften svagere på ækvator. Oven i jordrotationens effekt kommer, at man på nordpolen er 20 km tættere på de tunge indre dele af Jorden, som derfor trækker lidt kraftigere på nordpolen end på ækvator. Begge disse effekter påvirker også geoidens overordnede form.

De mest benyttede globale geoidemodeller er afledt af den række af "Earth Gravimetric Models", EGM, som det amerikanske *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA) har publiceret siden 1980'erne.

Til nationalt brug tilpasser man dog ofte modellerne, så de passer bedst muligt med eksisterende højdereferencer. Det gælder også i Danmark, hvor Klimadatastyrelsen løbende publicerer modeller tilpasset det gældende kotesystem, DVR90.

Repræsentation

En geoidemodel repræsenteres typisk som et gitter *(grid)*, hvor hvert punkt i gitret repræsenterer den lokale afstand, mellem geoiden og en referenceellipsoide, hørende til en given referenceramme. En geoidemodel er derfor knyttet til en specifik referenceramme. Afstanden mellem geoiden og ellipsoiden kaldes **geoideseparationen** eller **geoideundulationen**, og betegnes sædvanligvis N.

Terminologi

Der bruges forskellige betegnelser for højder, afhængig af hvilken referenceflade de er målt i forhold til.

- GNSS-målte højder betegnes h og kaldes også **geometriske højder**, fordi de er angivet som den vinkelrette, geometriske afstand fra målepunktet til referencerammens tilknyttede ellipsoide (typisk GRS80). Geometriske højder er først blevet praktisk målelige med brug af GNSS.
- **ortometriske højder** betegnes H, og er højder målt fra målepunktet, langs lodlinjen, ned til geoiden. ortometriske højder måles skridtvis, fra punkt til punkt, med sigteinstrumenter (*nivellement*).
- Med brug af en geoidemodel, kan man med god nøjagtighed omregne geometriske højder til ortometriske, ved at fratrække geoideundulationen: $H = h - N$.
- **Koter** ligner ortometriske højder, men kan bl.a. have et andet nulpunkt.

Se også Hvad er DVR90, og hvad er forskellen på koter og højder?

Hvordan får jeg fat i geoidemodellen?

Klimadatastyrelsen vedligeholder, bl.a. i samarbejder med DTU Space og Nordisk Kommission for Geodæsi, en række geodætiske modeller:

- **Geoidemodeller**, til transformation mellem højdesystemer
- **Statiske deformationsmodeller**, til transformation mellem moderne og ældre koordinatsystemer.
- **Dynamiske deformationsmodeller**, til ekstra nøjagtig transformation mellem gloabale og kontinentale GNSS-baserede koordinatsystemer.

Modellerne distribueres i det TIFF-baserede GTG-format og kan hentes fra styrelsens websider. De indgår desuden i PROJ-transformationssystemets PROJ-data arkiv, som PROJ automatisk tilgår via webadgang, som beskrevet i PROJ-dokumentationens afsnit Network Capabilities. *Så i de fleste tilfælde er det ikke nødvendigt selv at hente disse data: PROJ henter dem automatisk ved behov.*

For tiden er følgende modeller aktuelle:

Danske højdesystemer

- **DVR90(2023)** er den seneste version af transformationen fra ellipsoidebaserede højder i ETRS89 til DVR90. Det er dette grid der i dansk sammenhæng, i daglig tale, ofte omtales som "geoidemodellen".
- **DKLAT(2023)**. Benyttes til oversættelse mellem ellipsoidebaserede højder i ETRS89 (EPSG:4937), til højder i forhold til laveste astronomiske tidevand
- **DKMSL(2023)**. Benyttes til oversættelse mellem ellipsoidebaserede højder i ETRS89 (EPSG:4937), til højder i forhold til lokal middelvandstand

Grønlandske højdesystemer

- **GVR2016(2016)** er den seneste (og indtil videre eneste) version af transformationen fra ellipsoidebaserede højder i GR96 til højder givet i det aktuelle kotesystem GVR2016.
- **GLLMSL(2022)**. Benyttes til oversættelse fra tidligere anvendte lokale højdesystemer til det aktuelle kotesystem GVR2016.
- **GLLAT(2023)**. Benyttes til oversættelse mellem ellipsoidebaserede højder i GR96 (EPSG:4909), til højder i forhold til laveste astronomiske tidevand

Ældre danske plane systemer

De fleste ældre danske systemer havde en nordgående og en vestgående akse. Dette har ofte voldt problemer med geospatialt programmel, der har forventet østgående koordinater. I de moderne reimplementeringer er den vestgående koordinat ganget med -1, så akseretningen formelt er roteret til at være østgående.

- **GS**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle danske "Generalstabens System", GS (EPSG:10258). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10258`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10258`.
- **GSB**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle danske "Generalstabens System Bornholm", GSB (EPSG:10262). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10262`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10262`.
- **s45b**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle danske "System 45 Bornholm", s45b (EPSG:10254). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10254`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10254`.

– **s34j**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle danske "System 34 Jylland", s34j (EPSG:10160). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10160`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10160`.

– **s34s**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle danske "System 34 Sjælland", s34s (EPSG:10250). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10250`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10250`.

– **KK**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle "Københavns Kommunes System", KK (EPSG:10266). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10266`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10266`.

– **OS**, indgår i transformationen mellem aktuelle koordinater i ETRS89 (EPSG:4258) og koordinater i det gamle "System Ostenfeld", OS (EPSG:10270). Transformationen kan udføres med PROJ-udtrykket: `cs2cs EPSG:4258 EPSG:10270`. Detaljerne kan findes med `projinfo -s EPSG:4258 -t EPSG:10270`.

Se også "Hvad er en koordinattransformation?" for mere information om PROJ

Hvordan får jeg adgang til Klimadatastyrelsens GNSS-data?

Klimadatastyrelsens GNSS-data, i RINEX format, kan hentes fra Dataforsyningen. For adgang i realtid (NTRIP), er det nødvendigt at henvende sig direkte til Klimadatastyrelsens Kontor for Geodæsi og landmåling.

Hvad er sammenhængen mellem et CRS og en EPSG-kode?

Begrebet *Coordinate Reference System*, forkortet CRS, er defineret i ISO-19111, den internationale standard for koordinatreference.

Et CRS er, kort sagt, en kombination af en referenceramme og en tilhørende koordinattype. Men en fuldstændig beskrivelse af et CRS kan være omfattende. Derfor repræsenteres det ofte blot med et tal, der identificerer CRS'et i et register.

Det mest udbredte CRS-register hedder EPSG og CRS'er omtales derfor ofte som *EPSG-koder*. EPSG-koder har formen *EPSG:nnnn*, hvor "nnnn" er et specifikt tal, f.eks. EPSG:4326.

Begreber og sammenhænge

For at illustrere nytten af CRS'er og EPSG-koder, må vi starte med en overordnet beskrivelse af de relevante begreber og sammenhænge:

En referencerammes underliggende referencesystem specificerer bl.a. hvilken type koordinater den bruger. Historiske referencerammer anvender ofte geografiske koordinater (breddegrad: φ, længdegrad: λ), mens moderne GNSS-baserede rammer typisk benytter kartesiske koordinater (X, Y, Z).

Til navigation og stedbestemmelse nær jordoverfladen er geografiske koordinater mest praktiske. Så selvom GNSS-modtagere direkte bestemmer kartesiske koordinater, omregnes disse ofte til geografiske, før brug.

Heldigvis er der (bortset fra et lille område nær koordinatsystemets nulpunkt) en-entydig sammenhæng mellem kartesiske og geografiske koordinater, så omregningen kan ske uden informationstab. Dette kræver dog at de geografiske koordinater suppleres med højden over referenceellipsoiden (h), hvilket giver repræsentationen (φ, λ, h) og dermed tre dimensioner, ligesom (X, Y, Z). Højden kan udelades, hvis den ikke er relevant, men i så fald kan man ikke regne tilbage til kartesiske koordinater.

Indtil videre har vi altså tre måder at repræsentere en position: (X, Y, Z), (φ, λ, h) og (φ, λ). Den sidste er let genkendelig som todimensionel. At skelne mellem de to første kræver mere kontekst. Hvis positionen er nær jordoverfladen, har mindst én af (X, Y, Z) en størrelsesorden svarende til jordens radius (ca. 6400 km). Omvendt kan der ikke være tale om geografiske koordinater, hvis breddegraden overstiger 90° eller længdegraden overstiger 360°. En erfaren bruger vil sjældent være i tvivl, men det er en udfordring for IT-systemer.

Problemet forstærkes, når man tager i betragtning, at todimensionelle geografiske koordinater (φ, λ) er angivet på jordens krumme overflade. For at vise dem på en flad skærm eller et kort, skal de omregnes til plane koordinater ved hjælp af en projektion. Projicerede koordinater kaldes typisk northing (N) og easting (E) og angives som (E, N) eller (N, E). Der findes mange projektioner, og der er ingen generelle regler for at genkende, hvilken der er brugt.

Så samme position på jorden kan repræsenteres på mange forskellige måder inden for samme referenceramme. Uden information om både referencerammen og koordinattypen er koordinaterne blot tal uden relation til den fysiske verden. Men med information om det relevante CRS, f.eks. via dets EPSG-kode, kan man bestemme den fysiske placering og let omregne til andre CRS'er, da geografiske informationssystemer (GIS) generelt forstår, hvordan et CRS skal håndteres.

EPSG	Navn	Koordinattype	Koordinater
4936	ETRS89/XYZ	(X, Y, Z)	(3586525.761 m, 762339.584 m, 5201465.438 m)
4937	ETRS89/Geo 3D	(φ, λ, h)	(55°N, 12°Ø, 100 m)
4258	ETRS89/Geo 2D	(φ, λ)	(55°N, 12°Ø)
25832	ETRS89/UTM32	(E, N)	(691875.632 m, 6098907.825 m)
3044	ETRS89/UTM32	(N, E)	(6098907.825 m, 691875.632 m)
4095	ETRS89/DKTM3	(E, N)	(615998.195 m, 1097136.959 m)

Et enkelt punkt—mange forskellige koordinater (se næste side)

Eksempel

Som et specifikt eksempel kan vi betragte et punkt lidt øst for Vordingborg, med koordinaterne (φ, λ, h) = (55°N, 12°Ø, 100 m), refereret til den danske realisering af ETRS89, som i EPSG repræsenteres som EPSG:4936. Tabellen på foregående side viser punktets repræsentation i et par udvalgte CRS'er.

Bemærk især EPSG:25832 og EPSG:3044, som er samme projicerede koordinattype, men med henholdsvis easting (E) og northing (N) først. Uden så detaljeret specifikation af CRS'et er det ikke muligt at få et IT-system til at håndtere koordinaterne meningsfuldt, selv om en erfaren bruger, med det samme kan se hvilken koordinat, der er northing og hvilken, der er easting.

Afslutningsvis er det værd at bemærke, at de fulde beskrivelser af hvert af de seks anførte CRS'er, fylder mellem 30 og 50 linjer tekst i det dertil beregnede WKT-format. Det er derfor en substantiel lettelse blot at kunne referere til dem med en EPSG-kode.

Se også:

1. Hvad er forskellen på referencesystemer, referencerammer og koordinatsystemer?
2. Hvad er et datumensemble?
3. Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84?
4. Hvilket koordinatsystem skal jeg vælge?

Hvilket koordinatsystem skal jeg vælge?

Der er mange hensyn at tage, når man skal vælge koordinatsystem (CRS) til et nyt projekt. Men først og fremmest skal man overveje om det overhovedet er nødvendigt at vælge et specifikt system til alle projektets formål: I mange tilfælde kan man håndtere ad-hoc omregning af flere forskellige systemer til det system, der er mest egnet til hvert formål (i GIS kaldes dette ofte en "on-the-fly" omregning). I så fald er det væsentligste at holde styr på hver enkelt datasæts CRS.

Givet de mange relevante hensyn, så er valg af koordinatsystem i høj grad det muliges kunst, og det er ikke realistisk at give entydige, generelle regler. Men man kan komme svaret nærmere ved at opstille en liste over ofte forekommende formål, og koordinatsystemer, der er specifikt egnede til at understøtte det givne formål. Så kan man veje for og imod med hensyn til, hvor vigtigt hvert element er, og hvad det betyder for valg af koordinatsystem for det aktuelle projekt.

Men **først og fremmest skal man vælge den overordnede referenceramme** for projektet. Det er heldigvis nemt: Med mindre projektets hovedformål er at integrere med historiske baggrundskort, så er grundlaget som udgangspunkt **ETRS89** i Danmark og øvrige Europa og **GR96** i Grønland. **WGS84** anvendes til militære formål, til de fleste sø- og luftfartsformål (og i øvrigt når man kan klare sig med nogle få meters nøjagtighed).

I det følgende antager vi, at projektet er fokuseret på Danmark, og dermed benytter ETRS89

Ved dataopsamling med GNSS

Ved dataopsamling med GNSS er der især to vigtige elementer at holde for øje:

1. Om GNSS-modtageren er tilkoblet en GNSS-positioneringstjeneste (RTK). I så fald er grundlaget typisk ETRS89, ellers er det typisk WGS84.
2. Om GNSS-modtageren har en indbygget geoidemodel, om den reflekterer DVR90, om den er i brug, og hvilken realisering af DVR90, den reflekterer. I så fald er højderne givet med hensyn til den relevante realisering af DVR90 (koter). Ellers er der tale om geometriske højder, givet i forhold til ellipsoiden.

Kombinationen af bredde- og længdegrad i ETRS89, og koter i DVR90 hedder enten **EPSG:10486, EPSG:10487** eller **EPSG:10488**, afhængigt af om der er tale om 2002, 2013 eller 2023 realiseringen af DVR90.

ETRS89 i geografiske koordinater+geometrisk højde over ellipsoiden hedder **EPSG:4937** og er et godt udgangspunkt: Det repræsenterer den fulde geometriske nøjagtighed, opnåelig under de forhold målingen foretages (herunder GNSS-modtagerens og positioneringstjenestens kvalitet, de atmosfæriske forhold, operatørens omhu, etc.), og en EPSG:4937-koordinat er bredt anvendelig til videre bearbejdning (se "Hvad er en koordinattransformation?").

Udelader man den geometriske højde bliver EPSG:4937 til EPSG:4258, som er nyttig i forbindelse med fx projektion til kortlægning, men som begrænser mulighederne for videre transformation.

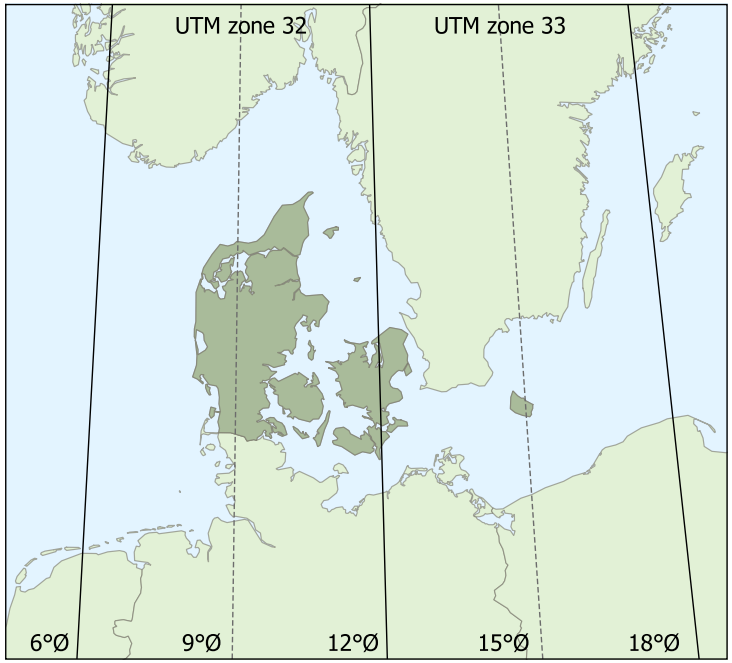
Når visualisering er væsentligt

Når projektet resulterer i kort eller lignende 2D-visualisering er **EPSG:25832** (ETRS89, UTM zone 32) et godt valg. Formelt er UTM zone 32 kun defineret i området 6°Ø - 12°Ø, dvs. hele landet vest for Roskilde. Resten af Danmark ligger i UTM zone 33 (EPSG:25833), men det er i de fleste tilfælde ikke nødvendigt at kombinere de to zoner: Man ignorerer simpelthen den formelle zonegrænse, og lader zone 32 gælde hele landet (se figuren **UTM-systemet**).

Zoneinddelingen har primært til formål at reducere afstandskorrektionen (dvs. afvigelsen mellem afstand aflæst på kortet og afstand opmålt i landskabet). Men selv når man forlænger zone 32 helt til Bornholms østkyst ved 15°Ø, er denne forskel kun på 0,14%, dvs. 140 cm/km. På centermeridianen for zone 32, ved 9°Ø, nær Herning, er forskellen 40 cm/km, hvilket afspejler UTM-projektionernes formelle skalafaktor på 0,9996.

Historisk har man ønsket at afstandskorrektionen i trykte kort skulle være mindre end nøjagtigheden ved opmåling med båndmål, dvs. ca. 20 cm/km, hvilket udelukker UTM. I dag, hvor nøjagtige mål sjældent udtages fra papirkort er dette krav mindre vigtigt - men man skal naturligvis være opmærksom på hvordan digitalt aflæste afstande håndteres af det anvendte programmel.

Når man skal kombinere geodata med CAD-tegninger, kan det dog stadig være vigtigt med en meget lille afstandskorrektion - mere om det nedenfor.



UTM-systemet: I UTM-systemet inddeles jorden i 60 zoner, hver på 6 graders længde. Ved på den måde at begrænse størrelsen af hver zone, begrænser man også de tilhørende afstands- og arealkorrektioner, dvs. de faktorer afstande og arealer målt i kortet, skal korrigeres med for at svare til de tilsvarende i terrænnet. Danmark ligger i zonerne 32 og 33, men til mange anvendelser forlænger man zone 32 mod øst, så hele landet afbildes i en enkelt zone. Det gør anvendelsen af afbildningen mere bekvem, i de tilfælde, hvor man kan leve med de øgede korrektionsfaktorer.

Når man skal kombinere GIS og CAD

Ved bygge- og anlægsprojekter er det ofte nødvendigt at kombinere geodata med materiale fra ingeniører og arkitekters CAD-systemer. Her opstår det problem, at CAD-systemer typisk arbejder i et idealiseret kartesisk system, og derfor sjældent kan håndtere de nødvendige afstandskorrektioner i generelt anvendte kortprojektioner.

For at understøtte integration mellem GIS og CAD har Klimadatastyrelsen, i samarbejde med repræsentanter fra bl.a. landinspektørbranchen, etableret Dansk Transvers Mercator (DKTM) systemet, der reducerer afstandskorrektionerne til under 2 cm/km - en størrelsesorden, som i de fleste tilfælde kan ignoreres.

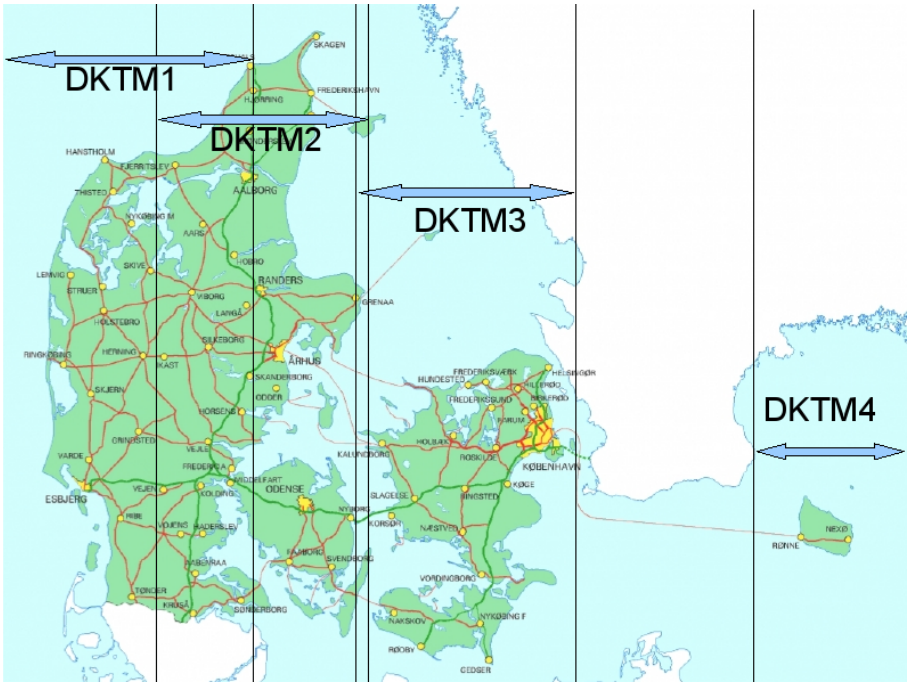
Prisen for den bekvemmelighed er at man ikke kan håndtere hele landet inden for en zone: DKTM består af fire zoner, nummereret 1 til 4, fra vest mod øst (se figuren **DKTM-systemet**). Zone 1 og 2 overlapper væsentligt, og dækker tilsammen Jylland. Zone 2 dækker endvidere hele Fyn og omkringliggende øer. Zone 3 dækker Sjælland og omkringliggende øer, mens zone 4 dækker Bornholm. Som vist nedenfor, findes hver af de 4 zoner i to varianter i EPSG: En, der er rent plan, og en der kombinerer plankoordinaterne med DVR90-koter.

Zone	Plankoordinater	Plankoordinater + DVR90
DKTM1	EPSG:4093	EPSG:4097
DKTM2	EPSG:4094	EPSG:4098
DKTM3	EPSG:4095	EPSG:4099
DKTM4	EPSG:4096	EPSG:4100

Detaljer om DKTM er beskrevet i publikationen “GeoNotes nr.2: DKTM”, som er tilgængelig fra Klimadatastyrelsens webside Geofaglige publikationer

Når der skal dækkes store områder

Valg af kortprojektion er altid et kompromis: Det kan ikke lade sig gøre at lave en perfekt afbildning af den krumme jord på en plan flade. Typisk må man vælge mellem at gengive arealer korrekt, men give køb på vinkler, eller



DKTM-systemet: DKTM benytter samme underliggende kortprojektion som UTM, men korrektionsfaktorerne gøres mindre ved at benytte snævrere zoner og skalafaktorer meget tæt på 1. Lige som for UTM, kan man ved mindre krævende opgaver formelt forlænge en zone mod øst eller vest, og dermed opnå at projekter, der går hen over en zonegrænse kan håndteres i et enkelt system. Lige som for UTM vil dette dog medføre øgede korrektionsfaktorer, der dog stadig vil være langt mindre end for UTM.

at gengive vinkler korrekt, men give køb på arealer. De to tilfælde kaldes henholdsvis *arealtro projektioner* (som ofte anvendes til tematiske kort) og *konforme projektioner* (som anvendes til topografiske kort).

Jo større områder, man vil dække med et kort, desto større bliver afvigelserne også, som det typisk ses når den konforme mercatorprojektion anvendes til verdenskort: For at bevare konformiteten i polare egne må man øge afstanden mellem parallellerne (strække meridianerne) mere og mere, efterhånden som man nærmer sig polerne. Det resulterer blandt andet i, at Grønland afbildes voldsomt forstørret.

Så det er aldrig let at vælge en projektion til et verdenskort. Men til dækning af hele Europa, findes der gode anbefalinger i overensstemmelse med EU's INSPIRE-direktiv, både for konforme og arealtro tilfælde.

- Til konforme afbildninger af Europa anbefales **EPSG:3034**, som i INSPIRE-sammenhæng kaldes ETRS89-LCC. Den anvendte projektion er Lamberts konformt-koniske (LCC: Lambert Conformal Conic)
- Til arealtro afbildninger af Europa anbefales **EPSG:3035**, ETRS89-LAEA. Her er den anvendte projektion baseret på Lamberts azimuthale arealtro projektion (LAEA: Lambert Azimuthal Equal Area)

Når Web-Mercator er grundlaget

I mange webkorttjenester er kortgrundlaget afbildet i et system, som i daglig tale kaldes "Web-Mercator". I EPSG-registret findes det som **EPSG:3857** med navnet "WGS 84 / Pseudo-Mercator". Pseudo-Mercator refererer til at systemet formelt benytter en WGS84-baseret referenceramme, og dermed ellipsoidiske koordinater, men at disse koordinater projiceres til planen *som om* de var givet på en rent kugleformet jord.

Det forenkler beregningerne væsentligt, og gør det meget hurtigt at kombinere forud producerede baggrundskort med tematiske elementer givet i WGS84 geografiske koordinater (EPSG:4326). Men EPSG:3857 er ikke en egentlig mercatorprojektion. Undgå derfor at forveksle EPSG:3857 "WGS 84 / Pseudo-Mercator" med den næsten ensbenævnte EPSG:3395 "WGS84 / World Mercator": Der kan være op mod 50 km forskel på de to.

Web Mercator er først og fremmest beregnet til kortvisning, når man skal finde vej eller have overblik. Derfor er den helt store nøjagtighed sjældent nødvendig: En afvigelse på 2 m kan sjældent skelnes på gengivelsen, så i de fleste anvendelser af Web Mercator kan man arbejde som om ETRS89 og WGS84 er identiske (se Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84?)

Hvad med Dansk Normal Nul?

Dansk Normal Nul (DNN) er et forældet kotesystem, som er erstattet af DVR90. Overgangen fra DNN til DVR90 skete gennem en komplet genberegning, snarere end en transformation.

Derfor findes der ikke nogen simpel måde at transformere stringent imellem de to systemer på: Det vil, for hvert punkt, der skal transformeres, kræve kendskab til både punktets kote og til de bagvedliggende observationer til det overordnede fikspunktnet.

I mindre krævende tilfælde kan man dog benytte de gennemsnitlige koteændringer for hver kommune, der er publiceret i Vejledning om højdesystemet. Den liste udgør den officielle transformation imellem DNN og DVR90.

Hvad med de alternative højdesystemer?

Ud over de almindeligt anvendte højdereferenceflader, DVR90 for Danmark og GVR2016 for Grønland, vedligeholder og publicerer Klimadatastyrelsen et antal meget specialiserede højdereferenceflader (DKLAT, DKMSL, GLLAT, GLMSL, GLLMSL). De er til helt specielle anvendelser, især inden for søopmåling, så de beskrives ikke nærmere her, men detaljer kan findes i rapporter i Klimadatastyrelsens publikationsserie GeoNotes.

Se også

1. Hvad er forskellen på referencesystemer, referencerammer og koordinatsystemer?
2. Hvad er et datumensemble?
3. Hvad er forskellen på ITRS, ETRS89 og WGS84?
4. Hvad er sammenhængen mellem et CRS og en EPSG-kode?

Jeg har brug for yderligere oplysninger

Valg af koordinatsystem er ofte relateret til systemudvikling eller håndtering af informationer fra ældre kort. I sådanne tilfælde kan en landinspektør eller en specialiseret geoinformatikrådgiver være det rette sted at henvende sig.
Når det drejer sig om systemdefinitioner er der hjælp at hente i Klimadatastyrelsens publikationsserie GeoNotes eller, hvis det ikke rækker, ved henvendelse til Klimadatastyrelsens Kontor for Geodæsi og landmåling

Klimadatastyrelsen

Sankt Kjelds Plads 11
2100 København Ø

https://www.kds.dk