

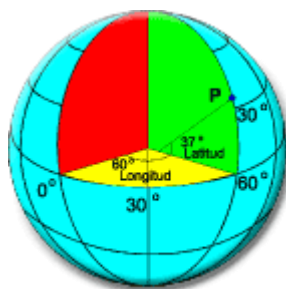
Geodesi

2017-12-14

Vad är geodesi?

Geodesins huvouduppgift är att bestämma punkters koordinatläge på jordytan, deras höjd över havsytan och deras tyngdkraftsvärden. För att utföra dessa uppgifter finns i Sverige så kallade geodetiska riksnät med markerade punkter, som via noggranna mätningar bestäms i plan, höjd och med tyngdkraft.

Modern kartläggning, det vill säga uppbyggnad av geografiska databaser, kräver en geodetisk infrastruktur i form av referenssystem och geodetiska nät. Lantmäteriet ansvarar för infrastrukturen på nationell nivå genom att svara för uppbyggnad och underhåll av såväl de rikstäckande geodetiska näten som de nationella referenssystemen. De senare är SWEREF 99 i tre dimensioner och plan, RH 2000 i höjd, RG 2000 för tyngdkraft samt SWEN17_RH2000 för geoidhöjder.



Inledning

En betydande del av vårt lands ekonomiska utveckling, sociala och miljömässiga välbefinnande – det hållbara samhället – är starkt beroende av lägesrelaterade aktiviteter. Exempelvis kan nämnas transporter, samhällsplanering, miljöövervakning, totalförsvaret, byggande, turism, jord- och skogsbruk.

Mycket av vad vi behöver göra inom dessa områden kan endast åstadkommas genom tillgång till information, om såväl geografin som de mänskliga aktiviteter som utövas i den. Informationen måste även vara lätt tillgänglig för samhället i stort, det vill säga såväl offentlig och privat sektor som enskilda medborgare.

Den lägesrelaterade eller rumsliga informationen beskriver företeelser som kan relateras till jordytan vare sig det är på land, i vatten eller i luften. Vegetation, naturtillgångar, markägande, jordart, luftkvalitet och befolkningsfördelning är exempel på rumslig informa-

tion. Det är få områden av ekonomin som inte förlitar sig direkt eller indirekt på denna typ av information för planering, förvaltning eller rationalisering av verksamheten. Den lägesrelaterade informationen utgör idag cirka 80 % av all information i samhället (ULI, U1998/4107/F).

Listan på användningsområden kommer att utökas under kommande år eftersom informationen mer och mer anpassas för användning inom nya områden, som exempelvis realtidstillämpningar inom trafikstyrning, miljöövervakning etc.

Tillförlitlighet, bland annat aktualitet, är en förutsättning för användning av lägesbunden information från olika databaser. Med möjligheten att hämta information i realtid, till exempel via Internet, och lokalt kombinera information från olika databaser uppkommer kravet på en gemensam (rumslig) referens hos såväl uppgiftslämnare (producenter) som användare (konsumenter).

Ytterligare en förutsättning för att hålla databaser kontinuerligt uppdaterade är att förändringar registreras vid källan. Om denna registrering inte görs direkt i ett gemensamt geodetiskt referenssystem krävs en process med en eller flera transformationer, vilket oftast leder till en försämring av lägesnoggrannheten och vad värre är, risk för fatala fel (felaktig eller glömd transformation). Exempelvis måste trafik hinder rapporteras in snabbt och i "rätt" system för att ett bilnavigeringssystem skall vara tillförlitligt.

Möjligheten att hämta information från olika databaser via Internet och sedan göra analyser av samvariation, såväl i rummet som över tiden, kan både ge ny kunskap och utgöra ett underlag i planerings-sammanhang. För att dessa analyser skall kunna genomföras är det nödvändigt att alla uppgifter är redovisade i samma referenssystem. I annat fall krävs dessutom att varje användare själv rätt transformerar koordinatuppgifterna till ett gemensamt referenssystem.

I de flesta samhällssektorer kan man dra nytta av geografisk information och rumsliga analyser. Med hjälp av satellit teknik (GPS¹ etc., även kallat GNSS²) eller mobiltelefoni kommer även privatpersoner i stor utsträckning att kunna bestämma sitt läge i ett geodetiskt referenssystem, vilket betyder att övrig information, som är intressant, också bör finnas lägesbestämd i samma system.

¹ Global Positioning System

² Global Navigation Satellite Systems

Situationen har varit synnerligen diversifierad på referenssystemsidan. Varje kommun har, i princip, haft sitt eget system. I många kommuner har det till och med funnits fler än ett system, vilket är en konsekvens av kommunsammanslagningarna på 1970-talet. De flesta av Sveriges kommuner har dock idag gått över till det nationella referenssystemet i plan, SWEREF 99, och det nationella höjdsystemet, RH 2000.

Nationellt kan vi också identifiera ett flertal olika äldre system, som använts i olika sammanhang. Även de statliga myndigheterna har idag ersatt de olika systemen med SWEREF 99. Ett av de strategiska målen i den Nationella Geodatastrategin är att *"Alla aktörer som producerar, förvaltar, tillhandahåller och använder geodata ska göra detta i de nationella geodetiska referenssystemen SWEREF 99 respektive RH 2000."*

Lägesangivelse

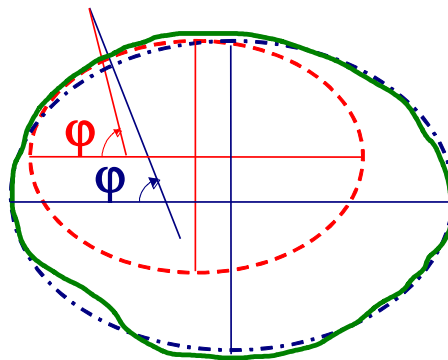
En väsentlig del av den rumsliga informationen, det vill säga informationen om vår tredimensionella omgivning, är läget. I dessa sammanhang har jordytans form en central betydelse eftersom informationen – på ett eller annat sätt – är knuten till denna. När läget i rummet skall bestämmas är det egentligen läget på eller invid jordytan som söks.

Med en väl utbyggd och kontinuerligt underhållen nationell infrastruktur med bland annat geodetiska referenssystem kan läget bestämmas entydigt. De möjligheter som dagens och morgondagens satellitnavigationssystem öppnar, att bestämma punkters lägen just där behovet finns, är av utomordentligt intresse. Det ställer dock väsentligt högre krav på den geodetiska infrastrukturen.

Geodetiska referenssystem med tillhörande geodetiska referensnät är en grundläggande beståndsdel i en nations infrastruktur. Nyttan av referenssystemet bestäms genom att identifiera de processer och produkter som är beroende av referenssystemets unika egenskaper, till exempel att i en process eller applikation integrera geografiska data från flera olika källor eller med olika ursprung.

När den krökta jordytan skall avbildas på ett plan – som en karta på ett papper eller en dataskärm – måste avbildningen ske genom projektion på en yta som kan omvandlas till ett plan. Projektionen kan ske på olika ytor, som till exempel en kon (Lambert med flera) eller cylinder (Gauss-Krüger, Mercator).

Innan jordytan över huvud taget kan projiceras på en yta måste den mätas upp och punkterna koordinatsättas (latitud, longitud och höjd). Själva uppmätningen måste göras relativt en fast och väldefinierad modelljord – en matematisk beskrivning av jorden och dess yta – ett så kallat geodetiskt datum. På grund av jordens oregelbundna form och ojämna fördelning av bergsmassiv och havsdjup har det inte varit möjligt att göra en enkel matematisk beskrivning av jorden, som passar lika bra överallt – och det är fortfarande inte möjligt.



Olika datum med olika referensellipsoider

- - - - - *lokal anpassning*
- · - · - *global anpassning*

Det har därför arbetats med många olika geodetiska datum – globala såväl som lokala – för att dels få en sammanhängande beskrivning, dels uppnå den bäst möjliga lokala anpassningen. Den moderna globala mätningstekniken (GNSS) kräver globalt anpassade datum. Därför behöver vi i Sverige, liksom i alla andra länder, ett globalt anpassat tredimensionellt referenssystem, ett höjdsystem och i vissa fall behövs en geoidmodell (höjdkorrektionsmodell) för att kunna konvertera rent geometriska höjder till fysikaliska höjder.

Referenssystem

Det ökande utbytet av data och de universella mätmetoderna medför krav från aktörer på gemensamma referenssystem, som alla använder. Dagens krav på de geodetiska referenssystemen är att de är globala och inte lokala.

De referenssystem som definieras idag bygger på internationella, globala system. Eftersom jordklotet inte är en statisk kropp kommer absolutläget för punkter att förändras med kontinentalplattornas rörelser; i Norden har vi även, på grund av den tidigare nedisningen, en betydande landhöjning. Det blir därför nödvändigt att kontinuerligt följa (monitorera) dessa rörelser och beräkna deras påverkan på de olika referenssystemen.

Referensnät

Ett geodetiskt referenssystem realiseras i ett referensnät – ett nät av punkter med koordinater bestämda i referenssystemet.

Hittills har de geodetiska referensnäten, det vill säga näten av noggrant lägesbestämda punkter, varit passiva. Användarna har måst söka upp de markerade punkterna för att ansluta sina egna mätningar och på så sätt bestämma läget i det geodetiska referenssystemet.

Användningen av satellitnavigationsteknik har lett till att en ny typ av nät – aktiva referensnät – etablerats. Karaktäristiskt för det aktiva nätet är att referenspunkterna i nätet permanent är försedda med mätutrustning och att mätdata överförs till användaren. De aktiva näten utgör också en nödvändig förutsättning för kontinuerlig kontroll av jordskorpans rörelser.

Satellitnavigation

Satellitnavigation, eller GNSS, är ett hjälpmedel som kan användas för att bestämma läge, rörelse och noggrann tid. Tjänsten kan användas på land, till sjöss, i luften och även i rymden. GNSS är ett samlingsnamn för olika satellitnavigeringssystem som det amerikanska GPS, det ryska Glonass eller det europeiska Galileo. Även i länder som Kina, Japan och Indien sker utveckling av satellitsystem.

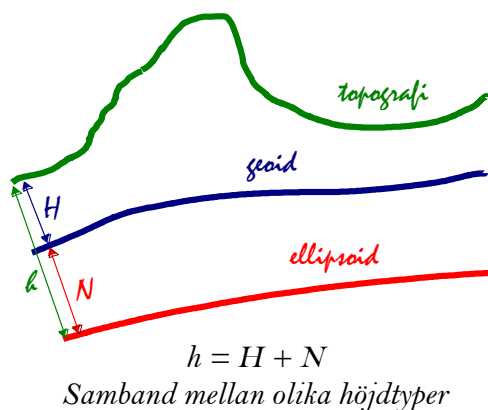
Satellitesystemet kan sägas vara ett slags dynamiskt aktivt referensnät. Signaler från flera satelliter fångas upp av en mottagare och används för att beräkna läge, hastighet och tid. Användarens mottagare "mäter" avståndet mellan mottagarens antenn och satelliten. Avståndet till varje satellit beräknas ur gångtiden för signalen. Mätning mot fyra satelliter ger det tredimensionella läget (läget i rummet) och tiden (den fjärde dimensionen).

Vid absolutmätning bestäms positionen, i satelliternas referenssystem, enbart genom avståndsmätning direkt mot satelliterna. Noggrannhetsnivån är 5-10 meter (medelfel i plan; sämre i höjd) efter att SA-störningen i GPS-systemet togs bort (2000-05-02). Genom att använda sig av relativ mätning kan positionsnoggrannhet på några centimeter eller bättre erhållas.

De farhågor som har funnits beträffande den framtida tillgängligheten till signalerna från GPS-satelliterna är till stor del obefogade. Policyuttalanden från USA:s regering rörande framtiden för GPS-systemet, den stora civila användningen i USA och även borttagandet av SA-störningen visar att systemets tillgänglighet är garanterad.

Höjdsystem

Vatten är av central betydelse för de flesta mänskliga aktiviteter och rinner, som alla vet, från en punkt med högre höjd till en punkt med lägre höjd. Höjden är inte alltid en strikt geometrisk storhet utan oftast en fysikalisk storhet beroende av tyngdkraften.



Vi anger höjden "över havet" och havet utgörs i dessa sammanhang av en nivåyta, den så kallade geoiden. Oregelbundenheterna i jordens tyngdkraftsfält gör även att geoidens form är oregelbunden.

Genom att utnyttja satellitnavigationstekniken erhålls tredimensionella positioner där den vertikala komponenten beskriver punktens geometriska höjd över referensellipsoiden. Denna typ av höjd kan avvika från höjden över havet med flera tiotals meter.

För att kunna omvandla höjder över ellipsoiden till höjder över havet krävs kännedom om geoidens form.

Geoidmodeller

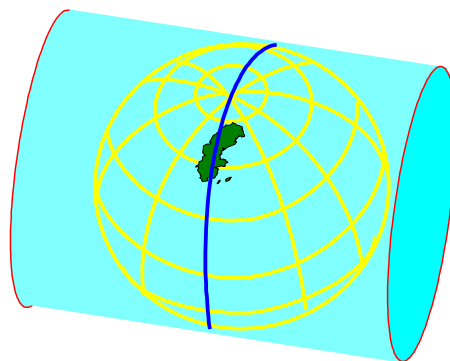
Kunskap om jordens tyngdkraftsfält är en förutsättning för att kunna beskriva geoiden i förhållande till en modelljord (referensellipsoid) eller annorlunda uttryckt – en förutsättning för att satellitnavigationstekniken skall kunna användas för bestämning av "höjder över havet".

En beskrivning av geoiden, i numerisk form, kräver insikter i såväl ren som tillämpad matematik och fysik för modellbildning och i numerisk analys för det praktiska utförandet.

Från att helt ha förlitat sig på terrestra observationer används numera en kombination av terrestra data och satellitdata.

Kartprojektion

Många tillämpningar kräver att den krökta jordytan (referensellipsoiden) avbildas på ett plan med en kartprojektion. Ingen projektion är fri från avbildningsfel; valet av projektion görs utifrån de olika egenskaper som dessa har. Varje kartprojektion orsakar deformationer som till sin storlek växer med avståndet från någon centralpunkt eller centrallinje. För att begränsa deformationernas storlek är det vanligt att göra en zonindelning, det vill säga ett system av projektioner.



Transversal cylinderprojektion

Geodetisk information

Geodetisk information är dels uppgifter om referenssystemen och deras samband med andra system, dels uppgifter om referensnäten i form av koordinatuppgifter, punktbeskrivningar, mätdata etc.

Dessa uppgifter görs idag tillgängliga via Internet.

Geodesins roll som vetenskap

Geovetenskaperna är ett samlingsbegrepp för de vetenskaper som utforskar jordklotets historia, struktur, sammansättning, egenskaper och resurser samt de processer som verkar på jordklotet.

Geodesi, som är en av geovetenskaperna, har flera uppgifter att lösa såsom uppmätning av jorden, lägesbestämning i stort, och kartläggning av jordens tyngdkraftsfält. För att kunna lösa dessa uppgifter på ett bra sätt krävs ett tvärvetenskapligt samspel med övriga vetenskaper. På samma sätt behöver andra vetenskaper geodesin för att lösa sina uppgifter.

Aktuella exempel är:

- samröre med *geodynamik* för studier kring rörelser i jordskorpan,
- *geofysik* för att förklara mekanismer kring landhöjningen,
- *meteorologi* för att dels öka mätnoggrannheten i GNSS-mätningar, dels använda GNSS för att kartlägga förhållanden i atmosfären.

Internationellt diskuteras det också i termer av global övervakning av vad som sker med vår planet (global change). 2015 antog FN en resolution om globala geodetiska referenssystem för hållbar utveckling. På detta sätt bidrar geodesin till studierna av förändringar i den globala miljön, exempelvis klimatförändringar.

Ansvar och roller idag

Enligt lantmäteriinstruktionen är Lantmäteriet "förvaltningsmyndighet för frågor om geodetiska referenssystem". Lantmäteriet skall också "ansvara för de nationella geodetiska referensnäten" och "verka för enhetlighet, samordning och kvalitet inom mätningområdet och inom det karttekniska området". För verksamhet under riksnätetsnivån är det inte angivet i någon författning vad kommunen eller respektive organisation eller projekt har för ansvar. Dock är underförstått att kommunen har ansvar för att de grundläggande stamnät som behövs för samhällsbyggandet har tillräcklig omfattning och kvalitet.

Övergång från användning av passiva till aktiva referensnät innebär dock att behovet av täta geodetiska stornät minskar. Flertalet användare bestämmer idag läget relativt det nationella referensstationsnätet SWEPOS[®], som drivs av Lantmäteriet.

Lantmäteriet hade tidigare enligt Mättningskungörelsen (MK) en tillsynsroll som under senare tid egentligen inte utövades annat än genom utgivning av Handbok till mättningskungörelsen (HMK). MK är dock sedan 2010 avskaffad och har inte ersatts av något annat regelverk. Sedan 2012 sker en nysatsning genom att ge ut nya HMK-dokument (Handbok i mät- och kartfrågor). I nya HMK ges stöd i mät- och kartfrågor i form av digitala handböcker som är tillgängliga via Internet.