

Geodesi 2010



Strategisk plan för Lantmäteriets geodesiverksamhet 2011 - 2020

Vår vision

- är att tillgodose samhällets behov av en enhetlig, hållbar geodetisk infrastruktur samt säkerställa dess tillgänglighet och användning.

Förord

Lantmäteriet har av regeringen fått det nationella samordningsansvaret för geodata. I uppdraget ingår att ansvara för de nationella, geodetiska referensnäten och verka för en nationell enhetlig geodetisk infrastruktur. Geodesin är en av våra nyckelverksamheter.

Geodata, det vill säga data med någon form av lägesanknytning, blir allt viktigare för samhällsutvecklingen. Den nationella geodatastrategin ska vara vägledande för alla aktörer i Sverige när det gäller att åstadkomma en effektivare hantering av geodata. Föreliggande tioårsplan utgör ett av flera steg i ett långsiktigt arbete med att åstadkomma en nationell infrastruktur för geodatoområdet.

Under det senaste decenniet har vi i Sverige – och i världen – bevittnat ett skifte från traditionell geodesi till rymdbaserad geodesi. Därför är lägesbestämning relativt enkel och överkomlig i dag. För att kunna fortsätta skapa mervärde, måste Lantmäteriets geodesiverksamhet hålla jämna steg med teknikutvecklingen.

Geodesienheten ska framför allt inrikta sig på att tillhandahålla tillförlitliga geodetiska och gravimetriska referensnät för att stödja hög noggrannhet i lägesbestämning samt utföra geodetiska mätningar av den dynamiska jorden. Sådana mätningar bidrar även till forskning om klimatförändringar, naturkatastrofer och andra händelser som påverkar samhället.

Lantmäteriets strategiska plan för geodesiverksamheten sträcker sig fram till år 2020 och är avstämd med vår omvärld. Detta är en efterföljare till våra tidigare strategiska planer Geodesi 90 och Geodesi 2000, som har varit lyckosamma och drivit den svenska geodesin framåt.

Stig Jönsson, generaldirektör Lantmäteriet

PRODUKTION: Lantmäteriet 2011

FOTO OCH MONTAGE:

ESA-P-Carril sid 1 och 12. Lantmäteriet sid 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 13, 14 och 16. Peter Åberg sid 3. IBL Bildbyrå sid 5 och 6. Malm Reklam & Bild sid 8. Lennart Rehnman/SCANPIX sid 8. EPN Bureau sid 9. Roger Hammargren sid 10. Thomas Hammarklint sid 10. Sjöfartsverket sid 13.

V. Yakobchuk/Fotolia sid 15.

TRYCK: Davidsons Tryckeri AB

Lantmäteriets geodesiverksamhet

Lantmäteriets Geodesienhet är den största aktören i Sverige inom geodesiområdet. Förutom förvaltning av våra referensnät bedriver vi en omfattande utvecklings-, forsknings-, stöd- och supportverksamhet inklusive drift och utveckling av referensstationsnätet SWEPOS®. Lantmäteriet har en samordnande roll i Sverige och representerar den svenska geodesin även i internationella sammanhang. Geodesienheten, som tillhör division Informationsförsörjning, har 35 medarbetare och omsätter 58 miljoner kronor (2010).

Våra styrkor

- Våra medarbetare, deras kunskap och kompetens.
- Vi ligger i frontlinjen och är innovativa inom flera FoU- och teknikområden.
- Vårt goda anseende. Vi betraktas som en oberoende, kunnig och betrodd aktör – utan egna vinstintressen.
- Vårt breda kontaktnät i Sverige, Norden och internationellt. Användarna ger oss ett bra stöd och god insyn i deras verksamhet.

Våra utmaningar

- Att även fortsättningsvis kunna attrahera och rekrytera kunniga medarbetare.
- Att förstärka vårt externa fokus.
- Att tillgodose de växande kraven från befintliga och nya användargrupper.
- Att klara av vår samordningsroll på ett bra sätt och utföra en effektiv teknikbevakning utan egen produktion.

Viktiga framgångsfaktorer är ett ytterligare utvecklat samarbete med systerorganisationer, användare, instrumentleverantörer och utbildningsanstalter. För fortsatt framgång är det också nödvändigt att vi bidrar till utveckling av den vetenskapliga kompetensnivån inom geodesiområdet.

Våra mål

– är att förse samhället och omvärlden med:

- referenssystem som är framtagna och förvaltade enligt internationell praxis och över tiden håller den kvalitet som motsvarar användarnas behov
- en geodetisk infrastruktur med både aktiva och passiva riksnät, som möjliggör god tillgänglighet till våra referenssystem
- stödåtgärder för ett effektivt nyttjande av den geodetiska infrastrukturen, exempelvis i form av metodstöd och rådgivning
- geodetiska observationer och kunskap för att säkerställa utveckling, forskning och samordning nationellt och internationellt.



Vår samordningsroll

Lantmäteriet har av regeringen fått ett nationellt samordningsansvar för geodata. Med detta följer Geodesienhetens samordnande roll inom geodesiområdet.

Utvecklingen och det framgångsrika nyttjandet av den geodetiska infrastrukturen är frukten av samverkan mellan Lantmäteriets experter och företrädare inom andra statliga myndigheter, kommuner, privata företag, universitet och högskolor. Till skillnad från situationen i många andra europeiska länder har vi utan styrande lagregler introducerat såväl nya referenssystem som ett nationellt aktivt referensnät, SWEPOS, till gagn för alla användare. Detta har åstadkommits tack vare god samordning och ett gott samarbete.

Samordningsrollen kommer i framtiden att vara än viktigare – bl.a. genom införandet av Inspire-direktivet, där målet är en gemensam, europeisk infrastruktur för geografisk information. För att uppnå ännu bättre samarbete och samordning i geodesifrågor har Lantmäteriet för avsikt att komplettera SWEPOS referensgrupp med ett GeodesiForum, för intressenter från den offentliga sektorn.

Vår internationella roll

Geodesi som vetenskap är global. Utvecklingen inom geodesin påverkas av vår omvärld, vilket gör internationell samverkan betydelsefull. De svenska aktörerna, främst Lantmäteriet och de tekniska högskolorna, bidrar redan idag till den internationella utvecklingen.

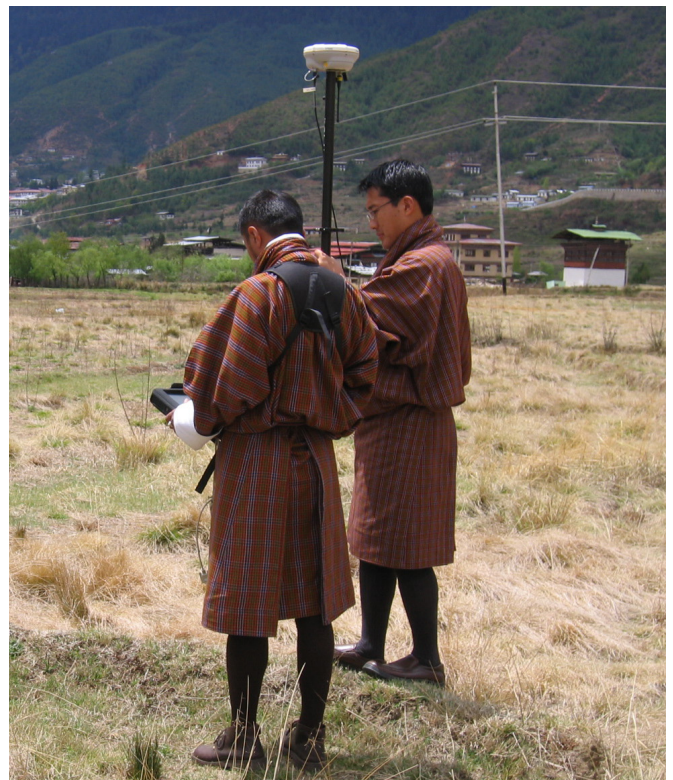
Lantmäteriets Geodesienhet har ett omfattande internationellt samarbete. Detta sker genom direkta myn-

dighetsuppgifter, som exempelvis att företräda Sverige som nation i vissa internationella organisationer. Samverkan sker också med mer fackmässiga kontakter – oftast organiserade i form av intresseföreningar.

Mellan nationella och internationella referensnät finns ett ömsesidigt beroende. De nationella näten är realiseringar av de internationella systemen, som i sin tur behöver observationer från de nationella näten. Detta beroende har intensifierats under det senaste decenniet, och utvecklingen fortsätter i samma riktning. Arbetet bygger på frivillig medverkan (egenfinansiering) från alla involverade organisationer.

Det internationella engagemang som Lantmäteriets Geodesienhet har kommer därigenom att öka under de kommande åren och till stor del styra vår inriktning. Den viktigaste samarbetspartnern är IAG (den internationella geodesiassociationen) och dess undergrupp i Europa. IAG:s primära globala projekt är för närvarande GGOS (Global Geodetic Observing System). Det finns även andra globala eller regionala organisationer som är viktiga att delta aktivt i för att kunna bedriva en effektiv geodesiverksamhet i Sverige. Det nordiska samarbetet har traditionellt bestått i samordning av mätkampanjer. Ambitionen nu är att få NKC (Nordiska Kommissionen för Geodesi) att bli en plattform där vi kan samordna våra resurser i fler gemensamma projekt samt stärka Nordens roll inom det europeiska geodesiarbetet.

Genom deltagande i bistandsprojekt bidrar Lantmäteriet också till utveckling av mottagarländernas geodesiverksamhet, vilket i sin tur är en förutsättning för att det totala projektet ska bli framgångsrikt.



FoU-verksamheten

Ett stort antal utvecklingssteg inom många olika teknikområden kommer troligen att innebära en stor och genomgripande förändring under 2010-talet. Inom geodesiområdet karaktäriseras denna utveckling av värdeord som mindre, fler, enklare, snabbare, noggrannare, flexiblare, billigare och mer integrerade.

Vi tror exempelvis att övergången mellan utomhusmätning med GNSS (samlingsbeteckning för olika satellitsystem) och en begränsad tid i satellitskugga kommer att ske helt automatiskt med bibehållen noggrannhet. Vi tror också att höjdmätning med GNSS-teknik till stor del har ersatt avvägning mot slutet av perioden 2011 - 2020. På det hela taget håller GNSS på att bli en massmarknad som ingår som en naturlig del i de flesta mätsystem. Vi tror också att geodesins bidrag till exempelvis miljö- och klimatforskningen har tydliggjorts och stärkts.

Lantmäteriets FoU-verksamhet har sin grund i referenssystemens förvaltning, användning och hållbarhet över tiden samt teknik och metoder för lägesbestämning.

Därutöver sker i varierande omfattning forskning vid Kungliga Tekniska Högskolan, Chalmers Tekniska Högskola och SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Ett nära samarbete med forskningen är en viktig del i det nationella ansvar som Lantmäteriet har.

Rådgivning och stöd

De som sysslar med praktisk samhällsmätning behöver opartiska och objektiva råd om vilken mätteknik de ska välja och hur den ska användas baserat på den aktuella tillämpningen.

Övergången till SWEREF 99 och RH 2000 i såväl kommuner som myndigheter kräver en stor insats av råd och stöd om uppsatta mål ska nås. Den mätningstekniska kompetensen inom kommunerna har urholkats samtidigt som den nya tekniken ger stort utrymme för enkla billiga lösningar med risk för osäkra resultat. Många nya aktörer har också dykt upp på marknaden.

Vi tror därför att behovet av råd och stöd i olika former och via olika media kommer att vara minst lika stort under perioden fram till år 2020.

Ett exempel är omarbetning av "nya HMK" (Handbok i mät- och kartfrågor) där den fackmannamässiga hanteringen av mättings- och kartteknik beskrivs. Syftet är liksom tidigare att bidra till en mer standardiserad hantering av mät- och kartfrågor i landet.

FoU-verksamheten tillsammans med praktisk erfarenhet är förutsättningar för att Lantmäteriet även fortsättningsvis ska kunna vara aktivt inom detta område.

Generations- och teknikskiftet

Geodesiområdet liksom många andra branscher i Sverige genomgår för närvarande ett genomgripande generationsskifte. Samtidigt pågår ett mätningstekniskt metodskifte baserat på positionsbestämning med satellitteknik och integrerade tekniklösningar.

Nya medarbetare och ny arbetsmetodik kommer därför att introduceras parallellt, och detta ska genomföras i en tidsperiod som kännetecknas av ett minskande intresse bland ungdomar för tekniska utbildningar.

Både bredd och expertiskunskap behövs

Kompetensfrågorna finns på olika nivåer och bör ses ur flera perspektiv. För att upprätthålla och utveckla den geodetiska infrastrukturen finns behov av djup kunskap inom geodesins olika områden.

En effektiv svensk mättningsverksamhet behöver både expertkunskap och bredd. Dessutom måste det finnas insiktsfulla beslutsfattare och duktiga beställare, men också kompetenta utförare.

Teknikspridningen kräver såväl målmedvetna utvecklare som utåtriktade teknikkommunikatörer. Användarna behöver även få möjlighet till påbygg-



nadsutbildning. En särskild utmaning är introduktionen av GNSS-mätning i helt nya branscher.

För en framgångsrik kompetensförsörjning krävs branschens intresse och engagemang – med Lantmäteriet som en aktiv pådrivare.

Den geodetiska infrastrukturen



Grunden för den geodetiska infrastrukturen utgörs av referenssystemen, inklusive definitioner, konventioner och regler för deras användning. I Sverige gäller SWEREF 99 och RH 2000. Referenssystemen realiserar i form av referensnät, som kan vara passiva eller aktiva.

Passivt referensnät representeras av markeringar; som exempel realiserar RH 2000 av ett nät omfattande 50 000 punkter.

Aktivt referensnät är SWEPOS, referensstationsnätet för mätning med GNSS som realiserar SWEREF 99 och distribuerar korrektioner för realtidsmätning i SWEREF 99 och RH 2000.

Till den geodetiska infrastrukturen hör också våra system för tillhandahållande och support beträffande SWEPOS och det digitala Geodetiska arkivet. Denna infrastruktur stödjer infrastrukturerna för väg- och järnvägskommunikation, elförsörjning etc. Den är också en grundläggande del av den tekniska infrastrukturen för geodata.

Våra referensnät är inte bara sammanlänkade inom Norden utan är också realiseringar av de europeiska referenssystemen ETRS89 respektive EVRS. Lantmäteriets verksamhet med bl.a. dataleveranser och analys av geodetiska data är av väsentlig betydelse för hela Europas geodetiska infrastruktur.

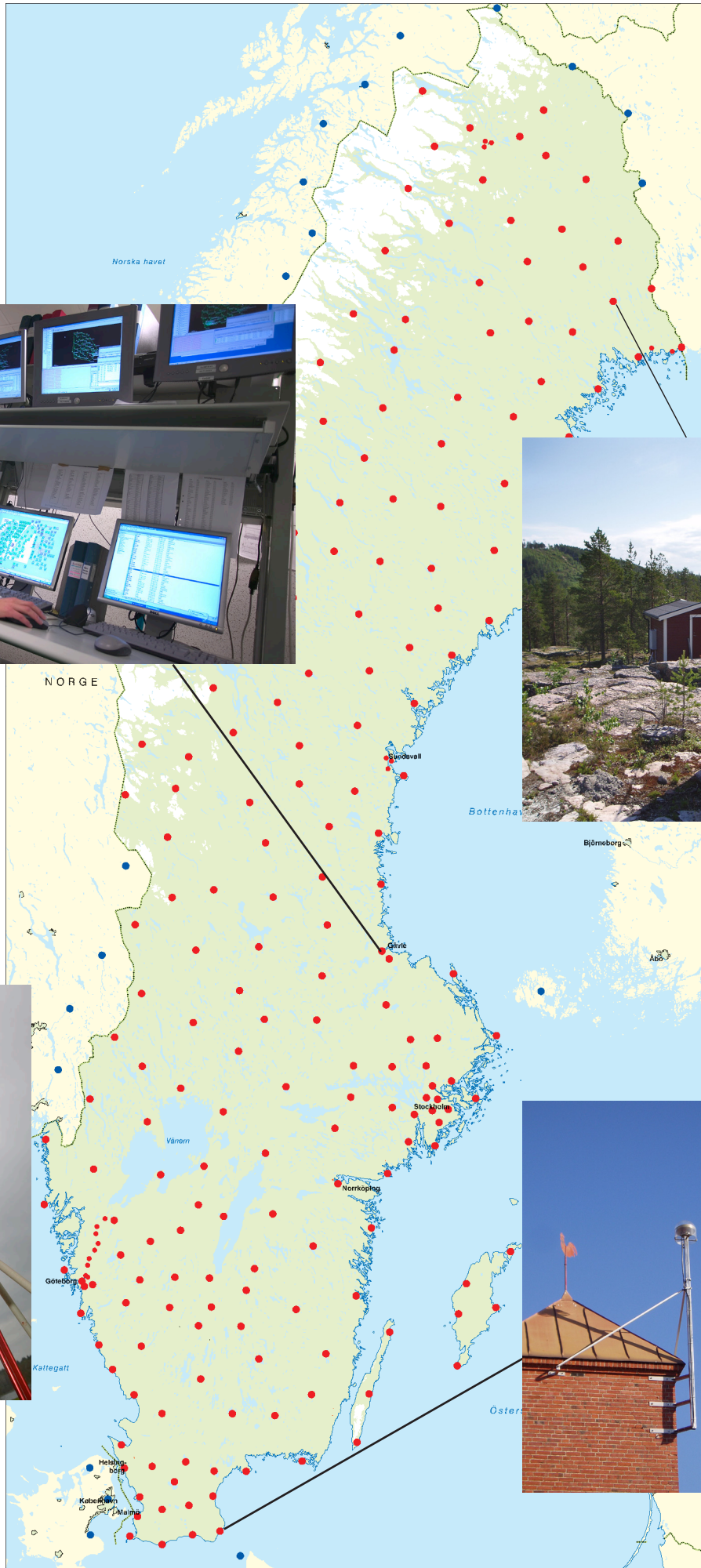
I den geodetiska infrastrukturen ingår även den globalt betydelsefulla fundamentalstationen Onsala Rymdobservatorium och SMHI:s mareografer, vattenståndsmätare.

Med den geodetiska infrastrukturen som grund kan olika aktörer i samhället, var för sig, insamla lägesbundna data som sedan kan användas, bearbetas och analyseras tillsammans. Flera olika områden är idag beroende av denna infrastruktur som exempelvis:

- all form av inmätning, positionering och navigering
- kartläggning och sjömätning
- utbyte, användning och kvalitetssäkring av geodata
- effektiv användning av modern mätteknik som GNSS
- mätning av vattenstånd och rörelser i jordskorpan
- stöd för samhällsbyggnad och ett rättssäkert plan genomförande baserat på dokumenterade och över tiden säkra lägesangivelser
- lagar, förordningar, andra författningar och domslut som innehåller koordinatangivelser, även då referens saknas till ett geodetiskt referenssystem.

I förvaltningen av den geodetiska infrastrukturen ingår, för att säkerställa dess hållbarhet över tiden, såväl mätningar för ajourhållning av passiva nät som kontinuerliga observationer i det aktiva nätet.

SWEPOS



Nätet av fasta referensstationer för GNSS, dess driftledningscentral samt exempel på referensstationer



Geodesiverksamheten i Sverige

Geodesiverksamheten i Sverige omfattar förutom Lantmäteriets Geodesienhet även experter i landets kommuner, andra statliga myndigheter (främst Sjöfartsverket och Trafikverket), privata företag samt universitet och högskolor. Tillsammans verkar de, var och en inom sitt område, för att skapa en enhetlig och hållbar geodetisk infrastruktur och för att åstadkomma ett effektivt nyttjande av denna.

Geodesins uppgifter

Geodesins bidrag till samhället är betydande, vilket omvärlden många gånger är omedveten om. Över 80 procent av all information som finns på Internet är idag lägesrelaterad, dvs. har en position i ett referenssystem. Minst 70 procent av alla sökningar på Google är lägesrelaterade. Andra sammanhang där information kopplas till en position är t.ex. i klimat- och miljödebatten, där havsytans variation över tiden diskuteras eller där observationers läge behöver beskrivas.



Positioner kopplade till digital karta

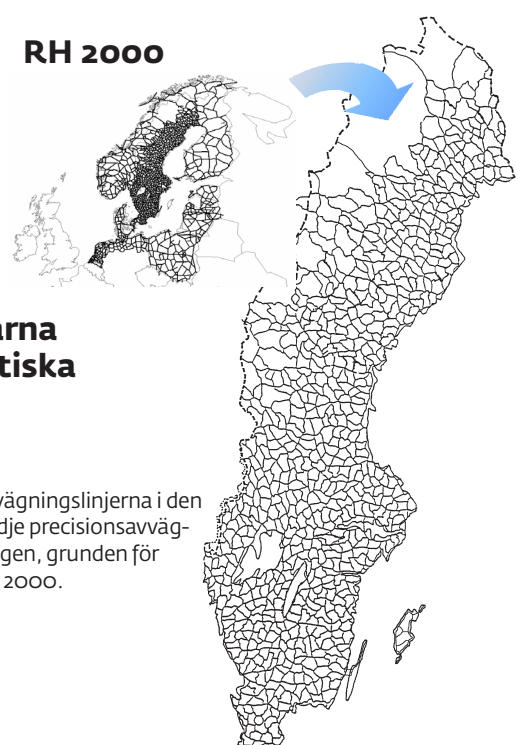
En typisk vardaglig frågeställning från allmänheten kring positioner från en GPS-navigator och hur det går att koppla dessa till en digital karta. Inom näringslivet kan frågeställningen komma från exempelvis en grävmaskinist vars arbete idag styrs av ett system som talar om var och hur djupt han ska gräva, men hur går det till? Detta är några exempel där det krävs bra positioneringssystem både i plan och i höjd. Geodesin tillhandahåller detta och mer därtill.

Den geodetiska infrastrukturen är en viktig del av den svenska krisberedskapen. Tillgång till enhetliga koordinat- och höjdsystem säkerställer utbytet av geodata mellan de aktörer som agerar i krissituationer.



SWEREF 99

De 21 fundamentalpunkterna som ingår i definitionen av SWEREF 99.



RH 2000

Avvägningslinjerna i den tredje precisionsavvägningen, grunden för RH 2000.

De svenska realiseringarna av de europeiska geodetiska referenssystemen

Europeiska referenssystem

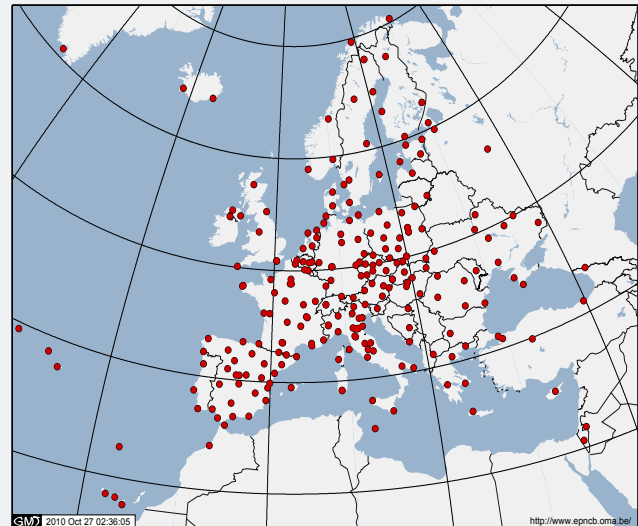
Det tredimensionella referenssystemet, ETRS89, används inom hela Europa. Med stöd av EuroGeographics och EU utgör detta referenssystem ryggraden i alla geografiska och geodetiska projekt på europeiskt territorium, såväl på nationell som på internationell nivå.

ETRS89 förvaltas av den internationella geodesi-associationen IAG:s underkommission EUREF och det nås genom EPN (EUREF:s permanenta nät), ett forskningsstyrt nätverk av kontinuerligt registrerade GNSS-stationer med kända koordinater i ETRS89.

Alla bidrag till EPN är frivilliga, men fler än 100 europeiska universitet och kartmyndigheter deltar, bland annat Lantmäteriet.

Tillförlitligheten i nätet bygger på redundans och omfattande riktlinjer garanterar kvaliteten från råa GNSS-data till stationens nya koordinater. Utöver dess nyckelroll för underhåll av ETRS89 kan data från EPN också användas för en lång rad vetenskapliga tillämpningar – såsom rörelser i jordskorpan (geodynamik), havsnivåövervakning, rymdväder och numeriska väderprognoser.

EUREF Permanent Tracking Network



Fler än 200 EPN-stationer bidrar i realtid med GNSS-observationer tillgängliga via lokala och regionala datacentra.

EVRS (det europeiska höjdsystemet) förvaltas också av EUREF. Systemet är uppbyggt på nationella avväggnings- och landhöjningsdata för att underlätta utbyte av höjdinformation inom Europa.

Geodesin i klimatforskningen

Vad är skillnaden mellan väder och klimat? Den korta versionen lyder: "Klimat är vädret i medeltal". Med litet fler ord kan man uttrycka det som att klimatdata beskriver variationer i vädrets egenskaper under en längre tid och över ett större område.

Geodesin kan bidra såväl till väderprognoser som till klimatforskningen. Några effekter av människans påverkan på klimatet är högre temperatur, snabbare glaciäravsmältning och en höjning av havsnivån. Havsnivåhöjningen "maskeras" av landhöjningen, en faktor som alltså måste bestämmas och elimineras vid beräkningen.

Vattenånga låter ofarligt, men är en av de starkaste växthusgaserna. Vid noggrann GPS-mätning är vattenånga ett hinder, som måste bestämmas och korrigeras bort. Men för väderprognoser och studier av klimatförändringar är gasen en viktig ingångsparameter. Så det som är oväsentligheter för den ene är värdefull information för den andre.

GNSS-data från SWEPOS-stationerna används för att kontinuerligt beräkna innehållet av vattenånga i atmosfären. Lantmäteriets Geodesienhet samarbetar i dessa frågor med Onsala Rymdobservatorium vid Chalmers Tekniska Högskola, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och SMHI.



Många scenarier inom klimatforskningen förutspår en ökning av antalet situationer med extremt väder, såsom stormar och skyfall. Beredskapsarbetet består bl.a. i att göra riskbedömningar, exempelvis översvämninganalyser. För detta krävs ett detaljerat geodetiskt och geografiskt underlag. Lantmäteriet har därför inlett ett arbete med att ta fram en ny nationell höjdmodell (NNH). Databasinsamlingen utförs med laserskanning från flygplan och höjderna i modellen redovisas i höjdsystemet RH 2000.

Rymdgeodesi och geodynamik

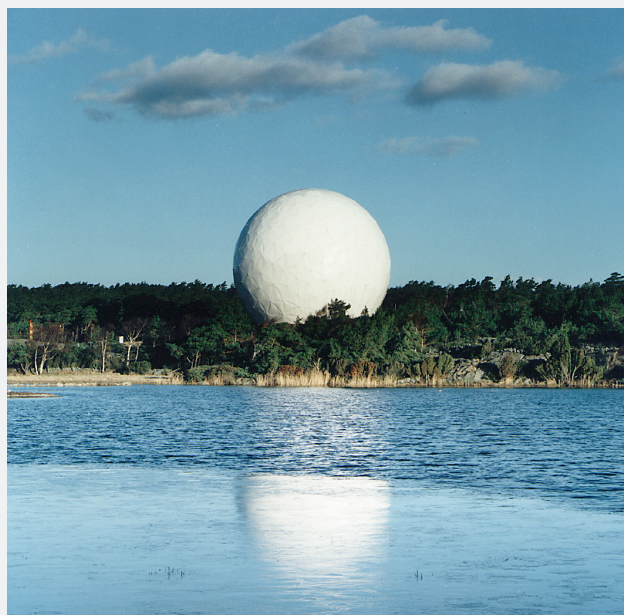
Lantmäteriets geodesiverksamhet har ett starkt och genuint intresse av ett fortsatt och utökat, samarbete med Onsala Rymdobservatorium.

Rymdobservatoriet är den svenska nationella anläggningen för radioastronomi. Målsättningen för observatoriet är att tillhandahålla observationsresurser av världsklass för de svenska och internationella astronomiska samfundet. Institutionen för rymd- och geovetenskap på Chalmers Tekniska Högskola är värd för observatoriet, och verksamheten drivs på uppdrag av Vetenskapsrådet.

I Onsala finns två stora radioteleskop som används för astronomiska observationer både som fristående teleskop och tillsammans med radioteleskop i övriga världen. Den senare tekniken benämns VLBI (högupplösande långbasinterferometri).

VLBI-tekniken används även för geodetiska observationer för att studera till exempel jordskorpans dynamik.

Vid observatoriet finns också annan utrustning för rymdgeodesi (t.ex. GPS/GLONASS-mottagare) och gravimetri (supraledande gravimeter), vilket gör anläggningen till en fundamentalstation av global betydelse som aktivt bidrar till geodesins fortsatta utveckling.



Onsala Rymdobservatorium.

Inom forskningsverksamheten görs mätningar för att bestämma rörelser i jordskorpan, samt jordens rotationsparametrar och mängden vattenånga i atmosfären, huvudsakligen med hjälp av GPS och VLBI.

Onsala är ett av de radioastronomiska observatorier som har den längsta historiken för mätning av jordens rörelser. Observationer av globala rörelser (plattetektonik) är av väsentlig betydelse bl.a. vid realisering av ITRS (det internationella referenssystemet).

Observationer av havsvattenstånd

SMHI:s mareografdata är mycket värdefulla i förvaltningen av den geodetiska infrastrukturen.

Information om förändring av havsvattenståndet är exempelvis nödvändig för att Lantmäteriet ska kunna göra en bestämning av landhöjningen.

Det officiella svenska nätet för mätning av havsvattenstånd består idag av 23 stationer med mareografer. SMHI har ansvaret för stationerna samt data från och avvägning av dessa.

I länderna kring Östersjön finns flera långa, obrutna serier av sådana observationer. De svenska tillhör några av världens längsta tidsserier.

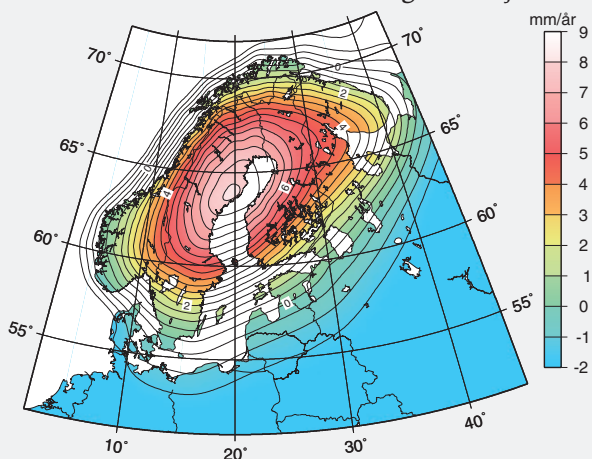


Mareografen i Stockholm.

Jordens dynamik

Jordklotet är inte en stel kropp utan står i ständig förändring under påverkan från yttre och inre krafter. Kontinentaldrift och jordbävningar är bekanta fenomen. I vårt område märker vi av landhöjningen som är ett resultat av senaste istiden. Jordskorpan som trycktes ned av den kilometertjocka isen är på väg upp för att återta sitt jämviktsläge.

De dynamiska processerna deformerar jordskorpan och detta resulterar i att inbördes lägen mellan objekt på marken faktiskt förändras över tiden. Utöver den vetenskapliga användningen är denna kunskap av stor betydelse för underhållet av våra nationella referenssystem. Landhöjningen har sitt maximum på 10 mm/år i Umeåtrakten medan de horisontella rörelserna gör Sverige cirka 1 mm bredare per år. Från att ha varit stabil under lång tid började havs-

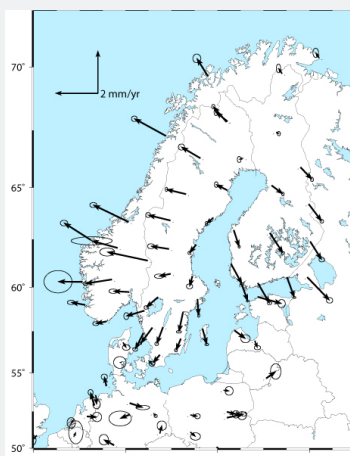


nivån långsamt att höjas i och med industrialismens intåg i mitten på 1800-talet. För närvarande beräknas förändringen i vårt område uppgå till ett par millimeter per år.

Komplicerad process

Växelverkan mellan ökning alternativt minskning av mängden is i glaciärer, landhöjning/landsänkning, och förändring i havsnivån är en komplicerad process där det pågår mycket aktiv forskning. Landhöjningen i Norden är en viktig del i detta eftersom den har observerats under lång tid (>100 år) och för att det inom området idag inte finns pågående avsmältning från glaciärer i någon omfattning att tala om som påverkar jämvikten i jordskorpan. Dessutom är de smältvattenmängder som lämnar de skandinaviska glaciärerna en försvinnande liten del i den observerade havsyttehöjningen.

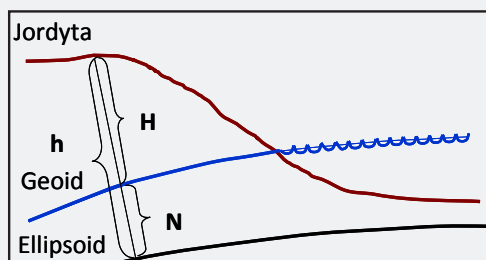
Därför har vi ett internationellt ansvar för att förse forskarvärlden med så bra geodetiska observationer som möjligt - främst GNSS-observationer på fasta referensstationer och uppmätning av tyngdkraftens förändring.



Uppmätta horisontella rörelser på fasta referensstationer i norra Europa.

Geoiden

Geoiden är den nivåyta (ekvipotentialyta) i jordens tyngdkraftsfält som bäst ansluter till havsytans medelnivå. En sådan nivåyta är en sluten yta som överallt är vinkelrät mot tyngdkraftens riktning (lodlinjen); en ostörd vätskeyta utgör en del av en nivåyta. Geoiden är den referensyta över vilken avvägda höjder (H) mäts som "höjd över havet".



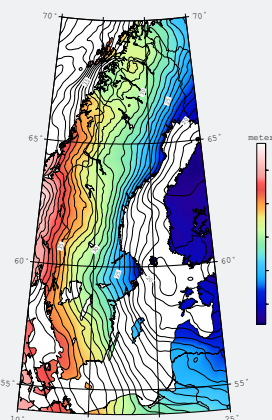
Geoidens höjd (N) relativt en elliptisk jordmodell varierar ungefär +/- 100 meter globalt och mellan +19 och +37 meter i Sverige. Geoiden är av fundamental betydelse för att bestämma höjder med GNSS i RH 2000. Förändringar av havsytans medelnivå påverkar geoiden, vilket medför att även geoiden förändras över tiden.

Geoidmodellering

Vid geoidmodellering behövs mätningar av tyngdkraft både globalt och lokalt, inom Sverige med en täthet av minst 5 km. Genom satellitprojekt som GOCE får vi tillgång till avsevärt förbättrade globala data. Över havet tillämpas även satellitaltimetri (avståndsmätning mot havsytan). Dessutom behövs bl.a. information om terrängens höjdförhållanden.

Vår nuvarande svenska geoidmodell SWENo8 har i medeltal en osäkerhet på cirka 15 mm. Behoven är dock mycket högre, varför vår målsättning är att nå en osäkerhet på nivån 5 mm senast år 2020.

För att åstadkomma detta krävs bl.a. en total genomgång och komplettering av Lantmäteriets arkiv av tyngdkraftobservationer, en upprustning av referenssystemet för tyngdkraft samt utveckling av teori och metodik för beräkning av geoidmodeller.



Mätning med GNSS-teknik



GPS/GNSS-tekniken är nu fungerande för praktisk lägesbestämning med centimeternoggrannhet, och är på väg att ta över en allt större del av vardagsmätningen. Exempel på tillämpningar är detaljmätning, förrättningsmätning, maskinstyrning i anläggningsprojekt och i jordbruket, inmätning av olika typer av ledningar i mark och insamling av data för databaser som innehåller geodata.

Under åren fram till år 2020 kommer nya satellitsignaler i de befintliga systemen GPS och GLONASS att tas i drift, vilket innebär att dessa system år 2020 har signaler på tre frekvenser vardera.

Med Galileo får vi ett nytt satellitsystem med tre frekvenser. Det planeras bli operationellt med 16 satelliter år 2014 och fullt utbyggt år 2016 eller år 2018, beroende på tillgängliga anslag. Vad som händer med det kinesiska satellitsystemet Compass är i dagsläget svårbedömt.

Snabbare och säkrare positionsbestämning

Med nya satellitsystem blir satellittekniken ännu mer användbar för lägesbestämning i miljöer med begränsad sikt till satelliterna, typ stadsmiljö med höga byggnader samt i skogbevuxen terräng. De nya satellitsystemen i kombination med nya satellitsignaler för GPS och GLONASS gör positionsbestämningen snabbare och mera tillförlitlig.

Vägen fram till produktionsmätning med nya GNSS-signaler och nya satellitsystem är lång. Det krävs t.ex. en omfattande standardisering för att få kompatibilitet mellan olika mjukvaror och användarterminaler.

Olika kombinationer av de minst nio tillgängliga satellitsignalerna kommer att ha skilda egenskaper från användarens synpunkt. För att ta hand om alla dessa nya satellitsignaler krävs stora utvecklingsinsatser för såväl mjukvara som hårdvara, både på användarterminalsidan och hos dem som tillhandahåller positionstjänster, t.ex. SWEPOS.

Förhållandet att Sverige genom EU är delägare i Galileosystemet påkallar ett extra svenskt engagemang i utformningen

av satellitsystemets prestanda och framför allt i utformningen av de tjänster som kommer att tillhandahållas.

Förbättrade möjligheter att mäta

GNSS-mottagare kombinerade med MEMS-teknik (mikroelektromekaniska system för tröghetspositionering) innebär förbättrade möjligheter att mäta med GNSS-teknik i "satellitskugga" och inomhus.

Utveckling av MEMS-tekniken för tillämpningar inom olika områden, som t.ex. krocktester, navigering inomhus och positionering av borrhutrustning pågår. För att få fram lämplig utrustning för kombination med yrkesmässig GNSS-mätning krävs separata utvecklingsinsatser i form av projekt som stöds av svenska forskningsorgan, t.ex. Nutek.

En annan viktig förutsättning för att olika användargrupper ska kunna nyttja satellittekniken effektivt är att information om nuläget för teknik och satelliter förmedlas "direkt från källan" genom seminarier och användarmöten.

Lantmäteriets roll som samordnare och pådrivare

För att Sverige även fortsättningsvis ska ligga i frontlinjen beträffande användning av satellitteknik bör Lantmäteriet fortsätta att driva på och vara samordnande vad gäller utveckling av GNSS-teknikens användning.

Vidare bör Lantmäteriet stödja tillskapandet av standarder för lägesbestämning inom olika tillämpningsområden och ha en fortlöpan dialog med olika användargrupper.

Infrastruktur för GNSS

Den nationella infrastrukturen för GNSS-mätning består idag av dels det nationella nätet av fasta referensstationer, SWEPOS, dels lokala referensstationer som drivs i användarregi. Dessutom finns Sjöfartsverkets DGPS-nät, den satellitbaserade Starfix-tjänsten från Fugro, samt det europeiska stödsystemet EGNOS.

SWEPOS är unikt i ett globalt perspektiv eftersom det tillhandahåller data för såväl produktionsmätning i form av precisionsnavigering, detaljmätning och maskinstyrning som vetenskapliga studier av rörelser i jordskorpan.

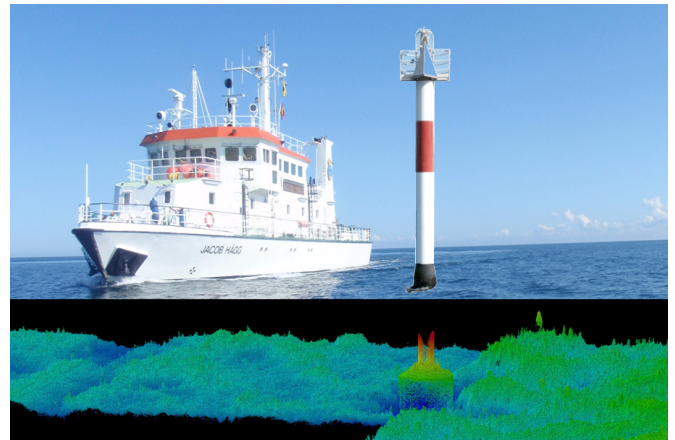
Förtätning av SWEPOS ger omedelbar effekt

Enligt en kundundersökning önskar användarna lägre osäkerhet vid höjdmätning med hjälp av GNSS. En förtätning av SWEPOS-nätet i Sverige, eventuellt i samverkan med lokala aktörer, ger omedelbar effekt. När nya satellitsignaler blir användbara för produktionsmätning kommer osäkerheten i höjdmätningen att sänkas ytterligare.

Idag distribueras SWEPOS-data av Lantmäteriet och Teracom via olika kanaler. Under åren fram till 2020 förväntas ytterligare europeiska samarbetspartners delta i denna distribution. Med fler distributörer kommer användningen av SWEPOS-data att öka.

Risk för lokala dialekter av referenssystem

Data från det nationella nätet av fasta referensstationer bör tillhandahållas under sådana förutsättningar att det är mer attraktivt att använda dessa data än att sätta upp en egen referensstation. Användning av lokala referensstationer innebär oftast en risk att vi får



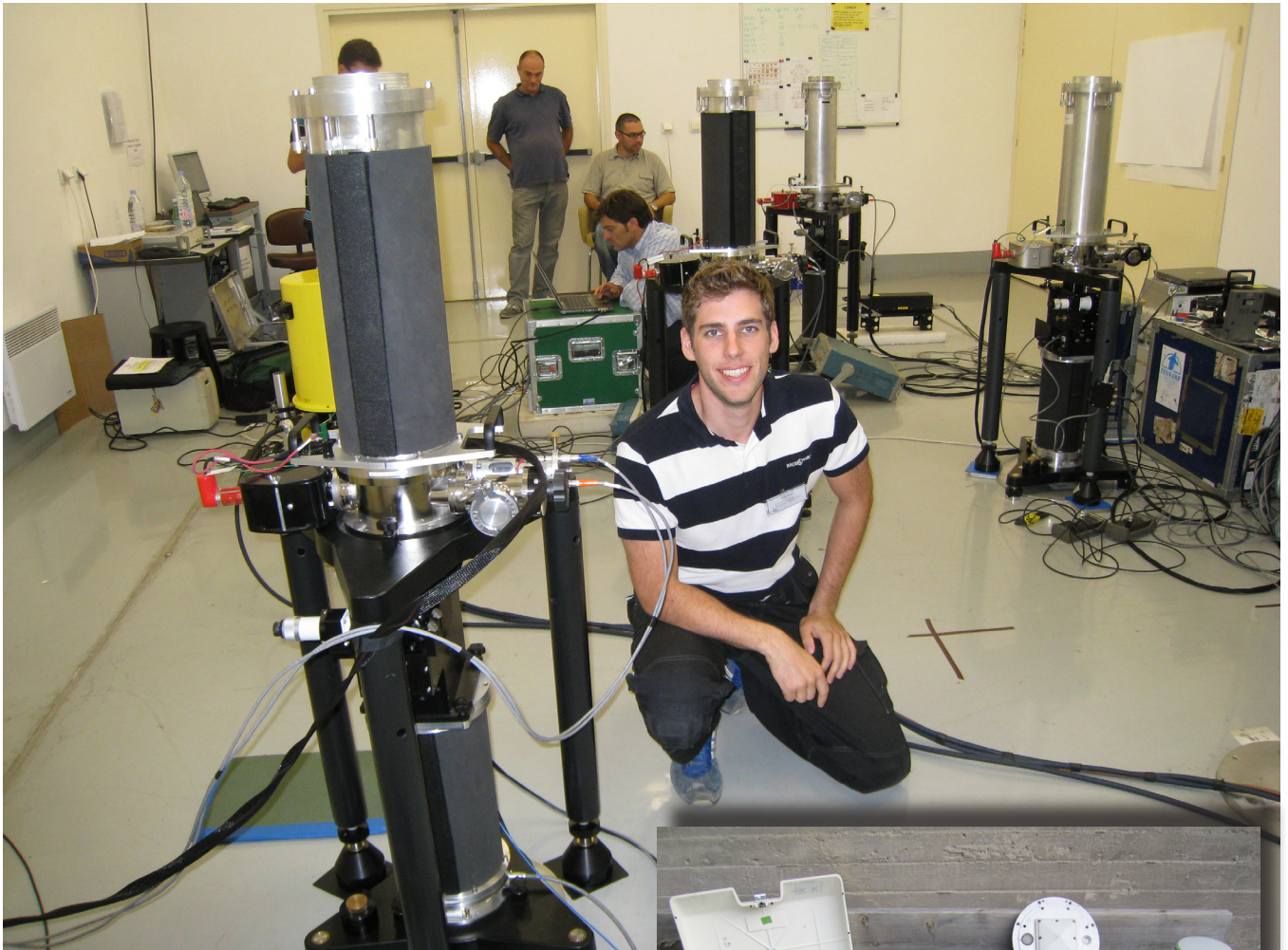
”lokala dialekter” av referenssystemen. Detta skulle vara ett steg tillbaka – när alla kommuner och övriga ägare av geodata gått över till SWEREF 99 och RH 2000.

Fortsatt samverkan

Lantmäteriet bör tillhandahålla data i form av såväl rådata för vidaredistribution av olika aktörer som positionstjänster direkt för slutanvändare. Lantmäteriet ska fortsätta med den samverkan som finns idag med användare, instrumentleverantörer, nordiska systerorganisationer och universitet/högskolor, för drift och utveckling av SWEPOS.



Våra planerade och mer omfattande FoU-insatser under åren fram till 2020



Den svenska absolutgravimetern under jämförelsemätning vid Internationella byrån för mått och vikt i Paris 2009.

Vi ska:

- bedriva fortsatt FoU rörande teorier och metoder för geoidbestämning
- utvidga vår FoU beträffande geofysiskt baserade modeller för landhöjningen
- vidareutveckla teorier och metoder för att implementera modeller av jordskorpans deformationer vid förvaltning av våra referenssystem
- stärka vår FoU kring tillämpad GNSS – bl.a. vad gäller effekterna av fler satellitsystem, för att öka tillgängligheten och minska mätosäkerheten
- initiera FoU rörande integration av GNSS-mottagare med MEMS-teknik
- vara aktiva i metodutvecklingen för att på effektivaste sätt utnyttja ny teknik och nya kombinationer av modern och traditionell teknik
- delta i FoU kring exempelvis rymdväder för att nå målet lägre mätosäkerhet vid mätning med nätverks-RTK
- genom aktiv FoU bidra till att ta fram metoder och mått för att ange mätsystemens kvalitet och tillförlitlighet, för att hjälpa användarna att ha kontroll över sin mätprocess



Exempel på GPS-utrustning från de senaste 20 åren.

- ha 1-2 egna industridoktorander igång kontinuerligt. Forskningsområdet GNSS står näst i tur, med tillämpningar och felkällor i fokus
- sträva efter att få ett sektorsansvar för området geodesi, så att vi mera aktivt kan driva utvecklingen framåt genom att lägga beställningar på universitet och högskolor
- medverka vid bildandet av ett svenskt kompetenscentrum för GNSS
- öka antalet projekt som bedrivs i samarbete med andra (universitet, högskolor, systerorganisationer med flera).

Våra nyckelaktiviteter



Lantmäteriet ska kontinuerligt:

- förvalta och ajourhålla de geodetiska referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000
- fortsätta förtätningen av referensstationsnätet SWEPOS enligt fastställd plan för att säkerställa tillgängligheten och utveckla användningen av GNSS i realtid
- bedriva FoU-verksamhet för referenssystemens förvaltning och hållbarhet över tiden samt metod- och teknikutveckling för lägesbestämning
- aktivt följa och stödja utvecklingen inom såväl GNSS- som geodesiområdet i övrigt samt vara drivande och ständigt med i frontlinjen
- verka för ett tidigt nyttjande av moderniseringen av GPS och GLONASS samt Galileo i Sverige
- bidra till det internationella geodetiska samarbetet genom såväl dataleveranser som aktivt deltagande i arbetsgrupper
- aktivt delta i och vid behov initiera standardiseringsarbete inom vårt område
- ha en aktiv stöd- och rådgivningsverksamhet.

År 2011 ska vi särskilt inrikta arbetet på:

- att ta fram en samlad plan för ajourhållning av referensnäten
- att varje SWEPOS A-station ska ha minst två fundament för GNSS-antennerna, för att säkerställa tidsseriernas konsistens samt SWEPOS-tjänsternas utveckling
- införandet av nästa generations nätverks-RTK-mjukvara
- att färdigställa geodesidelen av Nya HMK för att därefter kontinuerligt förvalta den.

År 2012 ska vi särskilt inrikta arbetet på:

- att slutföra förberedelserna i referensstationsnätet för att kunna ta emot signaler från Galileo och de moderniserade GPS/GLONASS

- att påbörja mätningen av relativ tyngdkraft, för komplettering och utvärdering av äldre mätdata inför användning vid geoidbestämning
- att tillsammans med andra intressenter verka för utveckling av kombinerade mätsensorer, som bygger på GNSS och MEMS
- att formalisera den geodetiska samordningsrollen samt förankra ett GeodesiForum i Sverige.

År 2013 ska vi särskilt inrikta arbetet på:

- att fortsätta mätningen av tyngdkraft för geoidbestämning
- att genomföra pilotprojekt för mätning med Galileo.

År 2015 har vi:

- genom en förtätning av SWEPOS säkerställt användningen av GNSS i realtid ned till en mätosäkerhet på centimeternivå i både plan och höjd
- tagit fram en ny tredimensionell modell för den postglaciala landhöjningen och landtöjningen
- aktivt verkat för att kommuner och myndigheter har slutfört sin övergång till de nationella systemen SWEREF 99 och RH 2000
- definierat och tagit fram ett nytt tyngdkraftssystem, RC 2000, samt i detta arbete etablerat ett nytt tyngdkraftsnät
- mätt relativ tyngdkraft på ca 4 000 detaljpunkter
- möjlighet att utnyttja resultat från genomförda satellitprojekt, som GOCE, för bestämning av jordens globala tyngdkraftsfält
- tagit fram en geoidmodell med en osäkerhet mindre än 10 millimeter
- utvecklat NKG:s analyscentrum till att omfatta alla permanenta referensstationer i Norden.

År 2020 har vi:

- genom aktiv förvaltning säkerställt över tiden hållbara, gränslösa och sammanhållna referenssystem som uppfyller användarnas krav
- skapat en geodetisk infrastruktur som ger användarna tillgänglighet till referenssystemen i realtid med en osäkerhet mindre än en centimeter
- tagit fram en geoidmodell över hela landet med en osäkerhet mindre än 5 millimeter
- genom aktiv medverkan säkerställt att de europeiska referenssystemen ETRS 89 och EVRS fortlever för tekniska tillämpningar.

Scenario

Referenssystem och infrastruktur

År 2020:

- har vi en gränslös, sammanhållen geodetisk infrastruktur med enhetliga, globalt anpassade referenssystem
- har utvecklingen möjliggjort att positionsosäkerheten i realtid minskat med en 10-potens
- har vi fler satellitsystem, vilket innebär ett minskat behov av fysiskt markerade stomnätspunkter
- har tätheten för permanenta stationer ökat
- är SWEREF 99 och RH 2000 införda i samtliga kommuner och myndigheter
- har GNSS-tekniken tagit över all vardagsmätning
- är GNSS tillräckligt noggrann för höjdmätning.

Användarna

År 2020:

- har den geodetiska infrastrukturen fått ökad och breddad användning
- behöver användarna tillgång till Sveriges referenssystem – sekundsnabbt, överallt och alltid, ofta utan att vara medvetna om det
- har komplexiteten i byggnad och mätning accelererat och allt hanteras i tre dimensioner.

Geodesins roll och ställning

År 2020:

- har Lantmäteriet, genom dess Geodesienhet, fortfarande en aktiv roll i att upprätthålla och utveckla såväl den nationella som den internationella geodetiska infrastrukturen – inklusive metodikutveckling och standardisering
- har Lantmäteriets samordnings- och rådgivningsroll beträffande lägesbestämning och lägesangivning utökats, bl.a. genom EU-aktiviteter som exempelvis Inspire och Galileo
- har geodesin förstärkt sin roll inom geodynamiken och som en vetenskap i miljö- och klimatforskningens tjänst
- har Lantmäteriet aktivt verkat för att säkerställa kompetensförsörjningen inom geodesiområdet.

LANTMÄTERIET



Lantmäteriet, 801 82 Gävle

BESÖKSADRESS Lantmäterigatan 2, TELEFON 0771-63 63 63

E-POST lantmateriet@lm.se, www.lantmateriet.se