

Strategi för Lantmäteriets geodesiverksamhet 2026–2035



LANTMÄTERIET



Fredrik Holmberg
Generaldirektör Lantmäteriet

Förord

Ett av Lantmäteriets uppdrag är att möta samhällets behov av en enhetlig, hållbar geodetisk infrastruktur och se till att den är lättillgänglig och användbar.

Vad är då geodesi och varför är det viktigt?

Många känner till att geodata är viktiga i ett modernt samhälle, bland annat inom samhällsplanering, byggande, transporter, mobilapplikationer, jord- och skogsbruk, klimatforskning och totalförsvaret. Däremot är det mindre bekant att samhället är beroende av geodesi för att kunna ta fram och använda geodata på ett bra och enkelt sätt.

Geodetiska referenssystem gör det möjligt att noggrant beskriva läget på jordytan med hjälp av koordinater och höjder över havet. Dessutom behövs geodetiska referensnät, med fysiska markeringar och tjänster, för att referenssystemen ska vara lättillgängliga för samhällets olika aktörer och deras behov.

Lantmäteriet ser till att det finns en väl fungerande geodetisk infrastruktur på nationell nivå. Utöver referensnät och referenssystem ingår användarstöd,

forskning, samverkan, standardisering och teknikutveckling som bidrar till att göra infrastrukturen mer användarvänlig, effektiv och hållbar över tid.

Den här geodesistrategin är en sammanfattande beskrivning av den planerade inriktningen för Lantmäteriets geodesiverksamhet fram till 2035. Strategin visar geodesins roll och nytta i samhället idag, men lyfter också fram de trender och utmaningar som påverkar hur situationen kan se ut om tio år.

Strategin tar särskilt upp viktiga vägval och prioriteringar som behövs för att Lantmäteriets geodesiverksamhet ska kunna möta samhällets behov även i framtiden. Den kommer att vara vägledande för Lantmäteriets fortsatta förvaltning och utveckling av den nationella geodetiska infrastrukturen, och hur de geodetiska referenssystemen tillhandahålls till samhället.

Sammanfattning

Den geodetiska infrastrukturen består av referenssystem, referensnät och tjänster som gör det möjligt att entydigt bestämma lägen på jorden. Den möjliggör noggrann positionering, navigering och effektiv geodatanhantering inom bland annat samhällsbyggnad, klimat- och miljöarbete och totalförsvaret. Lantmäteriet har det nationella ansvaret för att tillhandahålla, förvalta och utveckla denna infrastruktur.

Geodesistrategin för perioden 2026–2035 beskriver hur Lantmäteriet ska möta framtida behov i en tid av snabb teknikutveckling, ökad användning av GNSS-baserad positionering och större krav på robusthet. Utgångspunkten är att den nuvarande geodetiska infrastrukturen i stort uppfyller dagens behov, men att förvaltning och utveckling måste fortsätta för att säkra tillförlitligheten över tid.

Ett centralt strategiskt ställningstagande är att behålla de nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 under hela strategiperioden. De bedöms hålla tillräcklig kvalitet och används idag för geodata i hela samhället. Lantmäteriet lägger därför resurser på förbättrade geoid- och landhöjningsmodeller för att säkerställa att referenssystemen är användbara över tid. Samtidigt är det viktigt att utveckla bra transformationssamband till internationella referenssystem för att möta behoven hos användare som arbetar i globala system.

Swepos, det nationella nätet av fasta referensstationer för GNSS, Global Navigation Satellite Systems, fortsätter att vara en hörnsten i infrastrukturen.

Lantmäteriet ska även fortsättningsvis driva och utveckla Swepos med fokus på kvalitet, övervakning av störningar och stöd till både professionella användare och massmarknadstillämpningar. Efterfrågan på GNSS-baserade positioneringstjänster, inklusive säkerhetskritiska tillämpningar, bedöms öka.

Lantmäteriet höjer ambitionsnivån för tyngdkraftsmätning och geoidbestämning under perioden. Förbättrade geoidmodeller ska ge bättre höjdbestämning med GNSS och samtidigt skapa förutsättningar för ett framtida geoidbaserat nationellt höjdsystem, som bedöms kunna bli aktuellt omkring år 2045. Det kräver mer heltäckande tyngdkraftsdata, metodutveckling och långsiktig kompetensförsörjning.

Ett tydligt samhällsbehov är robusthet och beredskap. Det ökade beroendet av satellitpositionering och det förändrade säkerhetsläget innebär sårbarheter som kräver samverkan med kommuner och andra myndigheter för att höja kunskapen om alternativa geodetiska metoder. Utveckling av integritetsinformation – i betydelsen att användaren får information om tjänstens tillförlitlighet – och övervakning av GNSS-data som stöd för säkerhetskritiska tillämpningar är också viktiga delar.

Slutligen betonas vikten av internationellt samarbete och forskning. Den nationella infrastrukturen är en del av en global geodetisk försörjningskedja som är sårbar och i behov av långsiktig samordning. Lantmäteriet ska fortsätta att bidra aktivt till internationella organisationer, datautbyten och forskningssamarbeten samt stödja kompetensuppbyggnad inom geodesi.





Den geodetiska infrastrukturen

Den nationella geodetiska infrastrukturen är nödvändig för effektiv mätning, kartläggning och utbyte av geodata inom till exempel samhällsbyggnad. Den bidrar även till de globala geodetiska referenssystemen som är en förutsättning för bland annat klimatforskning och noggrann mätning av havsnivåer över hela jorden. Infrastrukturen behöver också kunna utvecklas i takt med nya behov, där exempelvis noggrann positionering med GNSS blir alltmer integrerad i fordon, smarta enheter och annan teknik.

För att ange läget för punkter på jordytan behöver vi geodetiska referenssystem, som är stommen i den geodetiska infrastrukturen. I Sverige används referenssystemen SWEREF 99 i plan och tre dimensioner, RH 2000 i höjd och RG 2000 för tyngdkraft. Referenssystemen kompletteras av geoidmodeller för att omvandla höjder i SWEREF 99 till "höjder över havet" i RH 2000. För den långsiktiga förvaltningen av referenssystemen krävs också landhöjningsmodeller av hög kvalitet för att hantera effekten av den postglaciala landhöjningen i Norden. I de allra flesta fall behöver inte användarna själva göra landhöjningskorrektion, utan den görs automatiskt i de positioneringstjänster där den behövs.

Geodetiska referensnät behövs för att referenssystemen ska gå att använda i praktiken. Referensnäten kan vara antingen passiva eller aktiva, och de består av punkter som används som utgångspunkter för till exempel mätning och kartläggning. De passiva näten består av fysiska markeringar, till exempel metalldubbar, på marken med noggrant bestämda koordinater, som användaren själv besöker för att ansluta sina mätningar. Ett aktivt nät består i stället av permanenta referensstationer för mätning med GNSS, som hela tiden samlar in data som används för bland annat olika positioneringstjänster.

Swepos är det nationella nätet av fasta referensstationer, som bland annat utgör grunden för SWEREF 99 och är ett viktigt sätt att ge användarna tillgång till referenssystemet. Data från Swepos används också för olika GNSS-baserade tjänster. Lantmäteriets egen tjänst, Swepos Nätverks-RTK, ger möjlighet till positionsbestämning i realtid i SWEREF 99 och RH 2000 med en osäkerhet på ett par centimeter. Användare kan skicka in sina egna GNSS-mätningar till en efterberäkningstjänst, och rådata från Swepos distribueras även till andra GNSS-baserade tjänster.

De svenska referenssystemen är nationella representationer av de internationella referenssystemen, och det finns beroenden mellan dem. De nationella systemen är anslutna till de internationella systemen, som i sin tur behöver observationer från de nationella referensnäten för sin realisering. Den starka kopplingen innebär att utvecklingen i Sverige påverkas av den internationella utvecklingen.

För noggrann lägesbestämning och nationell referenssystemsförvaltning är det avgörande att den globala geodetiska infrastrukturen fungerar. Utan insamling och analys av globalt täckande data skulle inte heller den nationella geodetiska infrastrukturen kunna upprätthållas.

Den globala geodetiska försörjningskedjan består av flera delar. Geodetiska observatorier och fasta referensstationer världen över observerar jordens och satelliternas rörelser. Data samlas in och kvalitetskontrolleras vid datacenter som också gör dem tillgängliga för beräkning. Analyscenter beräknar och bearbetar rådata, vilket ger geodetiska produkter som globala geodetiska referenssystem, parametrar för jordens orientering i rymden och modeller för satelliternas banor runt jorden.

Alla dessa delar är nödvändiga för noggranna och tillförlitliga satellittjänster, till exempel för positionering med GNSS, tid och kommunikation.

En annan del av den geodetiska infrastrukturen är de reflektorer för InSAR som finns vid utvalda Sweposstationer. InSAR är en satellitbaserad radarteknik som gör det möjligt att mäta mycket små markrörelser. Reflektorerna ger väldefinierade mätpunkter med starka signaler, och deras lägen vid Sweposstationerna ger möjlighet att jämföra InSAR-baserade markrörelsetjänster med hastigheter som bestämts ur GNSS-data.

Lantmäteriets ansvar

Det huvudsakliga uppdraget för Lantmäteriets geodesiverksamhet är att uppfylla samhällets behov av geodetisk infrastruktur.

Enligt regeringens instruktion för Lantmäteriet ska myndigheten

- verka för en enhetlig nationell geodetisk infrastruktur
- ansvara för de nationella geodetiska referensnäten
- verka för enhetlighet, samordning och kvalitet inom mätningens område
- bedriva forsknings- och utvecklingsverksamhet inom sitt verksamhetsområde.

Lantmäteriet ska inom ramen för sitt verksamhetsområde även bland annat

- bevaka Sveriges intressen i det internationella arbetet
- samverka med myndigheter och organisationer i andra länder
- ge råd och stöd.

Lantmäteriet driver och utvecklar det aktiva referensnätet Swepos som realiserar SWEREF 99. Myndigheten förvaltar även de passiva referensnäten som realiserar RH 2000 och RG 2000, och utvecklar geoid- och landhöjningsmodeller.

För att kunna förse samhället med en tillförlitlig och hållbar geodetisk infrastruktur i enlighet med internationell praxis bedriver Lantmäteriet forskning inom de områden som är relevanta för uppgiften. Forskningen görs i nära samarbete med universitet och högskolor. Samverkan sker också med myndigheter, kommuner, internationella organisationer och andra aktörer i branschen. Den nationella infrastrukturen är en del av den globala, och genom internationellt engagemang följer Lantmäteriet utvecklingen för att kunna möta framtidens behov.

I den här strategin anses även användarstöd och olika former av rådgivning ingå i begreppet geodetisk infrastruktur. Lantmäteriet ger råd och stöd inom geodesiområdet framför allt genom bidrag till konferenser och seminarier, artiklar i tidskrifter, kurser i egen regi, information på Lantmäteriets webbplats och – inte minst – genom HMK, Handbok i mät- och kartfrågor.

Lantmäteriet bidrar också till det svenska biståndet. Tillsammans med myndigheter i mottagarlandet byggs den geodetiska infrastrukturen upp och utvecklas i en rad länder i världen.

Andra aktörers bidrag

Utöver Lantmäteriet finns andra aktörer som bidrar till den geodetiska infrastrukturen på olika sätt.

Universitet och högskolor bidrar med både utbildning och forskning. Civilingenjörs- och doktorandutbildningar med inriktning mot geodesi finns idag (2026) vid KTH – Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, Chalmers tekniska högskola i Göteborg och Högskolan i Gävle, HiG. Treårig högskoleutbildning erbjuds exempelvis vid Karlstad universitet och HiG. Dessutom bidrar akademien till den geodetiska infrastrukturen genom sin forskning. Lantmäteriet har ett etablerat samarbete med framför allt Chalmers, KTH och HiG.

Onsala rymdobservatorium ligger utanför Göteborg och drivs av Chalmers. Observatoriet är en fundamen-

talstation i både den globala och den nationella geodetiska infrastrukturen. Där finns bland annat radioteleskop för VLBI, det vill säga observation av signaler från astronomiska radiokällor, referensstation för GNSS, instrument för tyngdkraftsmätning och en mätstation för havsvattenstånd. VLBI används till exempel för att studera jordskorpans dynamik och jordens orientering i rymden. Det är vidare en mycket viktig del när det internationella referenssystemet, ITRF, ska realiseras och är en förutsättning för att GNSS-mätning ska fungera.

Vid Sveriges forskningsinstitut Rise bedrivs forskning och utveckling relaterad till geodesi, GNSS inklusive tillämpningar, och tyngdkraft. Rise är en så kallad riksmätplats för kalibrering av olika fysikaliska storheter som tid, frekvens, längd och massa.

Sjöfartsverket har det nationella ansvaret för att införa BSCD2000 för djupangivelser i de svenska sjökorren. BSCD2000 är det gemensamma referenssystemet för djupangivelser i Östersjön. Genom att BSCD2000 är ett geoidbaserat höjdsystem kan GNSS användas för noggrann navigering och sjömätning till havs. BSCD2000 är identiskt med de nationella geodetiska höjdsystemen på land runt Östersjön. Till exempel är RH 2000 och BSCD2000 samma sak längs svenska kusten, men BSCD2000 fortsätter även ut i Östersjön med hjälp av GNSS och en geoidmodell.

SMHI och Sjöfartsverket delar på ansvaret för mätning av havsvattenstånd. Längs svenska kusten finns totalt ett 60-tal mätstationer, vilka också är en betydelsefull del av den geodetiska infrastrukturen. De svenska tidsserierna av vattenståndsobservationer är upp till 250 år långa, och hör därmed till världens längsta.

Sveriges geologiska undersökning, SGU, gör tyngdkraftsmätningar främst för kartläggning av berggrunden, men dessa observationer är också ett värdefullt komplement till Lantmäteriets egna tyngdkraftsmätningar för geoidbestämning.

Sveriges kommuner kompletterar den geodetiska infrastrukturen med sina lokala referensnät – stornät – som förtätar de nationella referensnäten. Även Trafikverket har egna stornät i anslutning till vägar och järnvägar.

Samhällets behov

Lantmäteriet bedömer att den nationella geodetiska infrastrukturen och referenssystemen idag uppfyller behoven för de flesta användargrupper. Stora investeringar har gjorts i den geodetiska infrastrukturen under lång tid, och det är viktigt att förvaltning och utveckling



fortsätter så att infrastrukturen ger största möjliga nytta även i framtiden. Allt eftersom förbättrad mätningsteknik blir allmänt tillgänglig och ger nya möjligheter, behöver den geodetiska infrastrukturen förändras och utvecklas på ett motsvarande sätt.

De flesta som använder den geodetiska infrastrukturen kommer att fortsätta arbeta i de nationella referenssystemen så som de gör idag. Bland dem finns till exempel Lantmäteriets och kommunernas fastighetsbildningsverksamhet, kommunala mätavdelningar, myndigheter och privata företag inom bygg, anläggning, infrastruktur och konsultverksamhet.

Lantmäteriet bedömer dock att vissa användargrupper i framtiden kommer att vilja arbeta i globala referenssystem, även inom Sverige, och de behöver då enkelt kunna transformera mellan nationella och globala referenssystem med låg osäkerhet. Det ställer krav på Lantmäteriet att fortsätta erbjuda transformationssamband av hög kvalitet för att användare ska ha möjlighet att arbeta med ungefär samma osäkerhet i både de nationella och internationella referenssystemen, en så kallad two-frame approach.

Bland de användare som kan vilja jobba i internationella referenssystem finns de som arbetar med massmarknads- och säkerhetskritiska GNSS-tillämpningar, till exempel för autonoma fordon. För att möta deras

krav krävs också utveckling och standardisering av integritetsinformation för GNSS-data. Dataintegritet är ett begrepp för att säkerställa och informera om data och tjänsters tillförlitlighet, tillgänglighet och kontinuitet.

Typiskt för många tillämpningar är att mätinstrumenten, som totalstationer och GNSS-mottagare, blir allt smartare och mer användarvänliga. Mätningssingenjörens arbete underlättas, och det går snabbt att samla in stora mängder data genom bland annat laser-skanning från både stillastående och rörliga plattformar, till exempel drönare.

Georeferering, det vill säga anslutning till ett referenssystem, av insamlade data görs med GNSS-teknik i realtid eller i efterhand genom inmätning av kompletterande markstöd eller tydliga detaljer i datamängden. Ur exempelvis punktmoln skapas modeller och ritningar – ibland med hjälp av AI – och data delas effektivt mellan olika aktörer i molnbaserade tjänster. En väldefinierad koppling till referenssystemet ger dessutom ökade möjligheter att kunna återanvända redan insamlade data, vilket är i linje med samhällets förväntningar på ökad digitalisering.

Tillämpningar av den typen ställer inga nya krav på de geodetiska referenssystemen, men kan däremot ge nya förväntningar på Lantmäteriets rådgivningsverksamhet.



Strategiska ställningstaganden

De strategiska ställningstagandena ska ses som beslutsunderlag i ett antal särskilt betydelsefulla frågor för geodesiverksamheten vid Lantmäteriet. De kommer att vara vägledande för stora delar av verksamheten under strategiperioden.

Swepos positioneringstjänster

Vi fortsätter att driva och utveckla Swepos som också i fortsättningen finansieras av användaravgifter. Målet är att även 2035 kunna erbjuda en nationell GNSS-infrastruktur med robust leverans av tjänster och rådata till användarna och andra aktörer.

Noggrann positionering med GNSS är idag en självklar teknik inom geodetisk mätning, maskinguidning av entreprenadmaskiner och automatisk styrning av jordbruksmaskiner. Uppbyggnaden och utvecklingen av Swepos har varit en förutsättning för införandet av effektiva mätmetoder i Sverige. Swepos är idag en mycket betydelsefull del av den nationella geodetiska infrastrukturen, och utöver egna tjänster för bland annat noggrann GNSS-mätning i realtid, levererar Swepos rådata till andra tjänsteleverantörer, internationella organisationer och för olika typer av forskning.

Vi anser att Lantmäteriet fortsatt är rätt aktör att ta ansvar för GNSS-rådata som en del av den geodetiska infrastrukturen. Efterfrågan på rådata kommer att fortsätta öka under kommande tioårsperiod, liksom den samhällsnytta dessa data ger. Swepos infrastruktur och tjänster förvaltas på ett stabilt och långsiktigt sätt och det minimerar risken att tillgången till rådata eller systemets drift hamnar bortom nationell kontroll eller styrs från utlandet. Med avgiftsfinansiering utan vinstintresse gör vi det möjligt att hantera de teknik- och metoanpassningar som kommer att behövas fram till 2035.

Omfattande kontroller av data från Swepos säkerställer tjänsternas kvalitet. Vi övervakar och analyserar påverkan på GNSS-data från såväl jonosfärsaktivitet som andra störningar och Swepos bidrar idag till det nationella säkerhetsarbetet. Allt detta kommer vi att fortsätta med under strategiperioden.

Vi måste fortsätta att ha en god och väl fungerande dialog med användarna av våra data och tjänster. Även

framöver måste vi kraftsamla för att vårda samarbeten och kontakter, och även sprida erfarenheter och resultat till andra myndigheter och användare.

Vi behöver därför under strategiperioden

- kontinuerligt arbeta för att höja kvaliteten för Swepos; till exempel förebygga och åtgärda eventuella problem på referensstationerna, vidareutveckla kvalitetskontrollerna av GNSS-rådata och övervakningen av Swepos Nätverks-RTK
- genomföra en förnyad studie av olika felkällors påverkan på resultaten från GNSS-mätning i realtid, för att vi ska kunna fortsätta ta kunskapsbaserade beslut om utveckling av Swepos, och för att få uppdaterat underlag till vår rådgivning om mätning med GNSS-teknik
- ge stöd för noggrann GNSS på massmarknaden, genom att leverera GNSS-rådata från Swepos till leverantörer av massmarknadstjänster
- följa utvecklingen inom GNSS och hybridpositioneringstekniker, till exempel positioneringssatelliter i lägre omloppsbana, LEO-PNT, som vi tror kan få stort genomslag på några års sikt
- fortsätta utveckla våra tjänster så att vi kan tillgodose behoven hos gamla och nya användargrupper
- fortsätta de internationella åtagandena inom forskning, utveckling och standardisering.

Nationella referenssystem

Vi behåller de nuvarande nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 under hela strategiperioden 2026–2035.

De nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 är väsentliga delar av den geodetiska infrastrukturen. De lanserades i början av 2000-talet, och därefter krävdes ytterligare ungefär 15 års arbete för att införa dem i hela samhället, för all mätning, kartläggning och geodatahantering. Framför allt bytet från de många kommunala referenssystemen krävde stora resurser. I och med det fick Sverige enhetliga geodetiska referenssystem som följer internationella konventioner i både plan, 3D och höjd. Enhetliga och hållbara referenssystem är till exempel en mycket viktig förutsättning för att kunna införa koordinatbestämda fastighetsgränser i framtiden.

Lantmäteriet bedömer att SWEREF 99 och RH 2000 fortfarande är två mycket bra referenssystem. Genom kontinuerlig förvaltning förväntas SWEREF 99 hålla måttet hela strategiperioden. Den interna osäkerheten för stabilt markerade höjdfixar i RH 2000 fortsätter också att vara tillräckligt låg. Båda systemen följer fortfaran-

de de internationella konventionerna och vår avsikt är därför att behålla dem under strategiperioden. Eftersom alla geodata i Sverige numera redovisas i SWEREF 99 och RH 2000 är det fördelaktigt att vänta så länge som möjligt med att införa nästa generations referenssystem. Ett referenssystemsbyte är en mycket stor sak eftersom i stort sett alla koordinater och höjder i samhället då behöver bytas ut.

För att göra det möjligt att ha kvar RH 2000 under strategiperioden kommer vi att förbättra den gravimetriska geoidmodellen. Det gör vi dels för att ge möjlighet till bättre höjdbestämming med GNSS i RH 2000, dels för att skapa förutsättningar för att kunna byta ut RH 2000 mot ett nytt geoidbaserat nationellt höjdsystem med uppdaterad landhöjningsepok om ungefär 20 år, det vill säga runt 2045. En viktig faktor som talar för att det är lämpligt med ett höjdsystemsbyte vid den tidpunkten är den snabba utvecklingen av höjdbestämming över långa avstånd med optiska atomklockor. Omkring 2045 kan vi förvänta oss att det är möjligt att direkt bestämma höjdskillnader med låg osäkerhet över mycket långa avstånd, vilket mer eller mindre kommer att kräva ett geoidbaserat nationellt höjdsystem.

Att den gravimetriska geoidmodellen ännu inte är tillräckligt bra, är också ett argument för att behålla det avvägningbaserade RH 2000 under strategiperioden och inte införa ett geoidbaserat höjdsystem just nu. Vi behöver därför förbättra den gravimetriska geoidmodellen, och vill också ha möjlighet att förbättra anpassningen till SWEREF 99 och RH 2000 med hjälp av fler GNSS- och avvägningsobservationer.

En begränsning med att leva kvar i SWEREF 99 och RH 2000 är att deras postglaciala landhöjningsepoker är 1999,5 respektive 2000,0, vilket innebär att de beskriver hur landet ”såg ut” då. För att undvika problem vid till exempel mätning över långa avstånd och vid tolkning av havsnivåer och vattenstånd i de stora sjöarna, kommer vi att behöva förbättrade landhöjningsmodeller.

Att stanna kvar i de nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 kräver även att vi har bra transformations samband till de internationella motsvarigheterna ITRF respektive IHRF. Fler användare kommer i framtiden att mäta och arbeta i de globala systemen, till exempel när globala positioneringstjänster utnyttjas av sjöfarten i Östersjön. De behöver då kunna transformera till och från de nationella referenssystemen med så låg osäkerhet som möjligt.

Vi behöver därför under strategiperioden

- ajourhålla höjdnätet som realiserar RH 2000
- fortsätta bestämningen av de passiva försäkringspunkterna med GNSS vart sjätte år
- fortsätta arbetet med landhöjningsmodellering
- informera berörda användare om hur landhöjningskorrektions behov görs i ett ökat antal tillämpningar, till exempel vid beräkning av avvägning över långa avstånd och för prognoser av framtida havsnivåer
- fortsätta att utveckla och erbjuda så bra transformations samband som möjligt mellan SWEREF 99 och RH 2000, och de internationella motsvarigheterna ITRF respektive IHRF.

Geoidbestämning och tyngdkraftsmätning

Vi höjer ambitionsnivån för geoidbestämning och relativ tyngdkraftsmätning för att förbättra både höjdbestämming med GNSS under strategiperioden och det gravimetriska underlaget för framtidens höjdsystem.

Höjdbestämming med GNSS är ett effektivt sätt att bestämma höjder i RH 2000, till exempel genom att använda Swepos Nätverks-RTK med den nationella geoidmodellen. Om geoidmodellen kan förbättras kommer den typen av höjdbestämming att kunna användas för betydligt fler tillämpningar, vilket sparar tid och pengar jämfört med att använda avvägning eller andra konventionella mätningsmetoder. Att förbättra den gravimetriska geoidmodellen kommer även att förbättra förutsättningarna för nästa generations nationella höjdsystem som vi bedömer kan bli aktuellt att lansera omkring 2045 och som i så fall med mycket stor sannolikhet kommer att bli geoidbaserat.

Lantmäteriet släpper nya, förbättrade svenska geoidmodeller ungefär vart tionde år. De beräknas genom att kombinera GNSS- och avvägningsobservationer med en gravimetrisk geoidmodell som tas fram i internationellt samarbete inom Nordiska kommissionen för geodesi, NKG, baserat på data i NKG:s tyngdkraftsdatabas. Nästa modell planeras till 2027 och på ungefär 20 års sikt är målet att den gravimetriska geoidmodellen på land ska ha en osäkerhet på 5 mm med hög tillförlitlighet.





Den höjda ambitionsnivån innebär att vi under strategiperioden behöver:

- Kontrollera, uppdatera och komplettera den svenska databasen med detaljtyngdkraftsdata från ca 5 till 3 km täthet, och förtäta svenska GNSS- och avvägningdata. Vi behöver också delta i beräkningar av nya nordiska gravimetriska geoidmodeller baserat på data från NKG:s tyngdkraftsdatabas och ta fram nya nationella geoidmodeller.
- Utveckla förbättrade metoder för gravimetrisk geoidbestämning och höjdsystemsrealisering. En viktig fråga att lösa är hur osäkerheten kan valideras med oberoende data och metoder. Vi behöver även utreda i vilken utsträckning nya metoder kan utnyttjas, till exempel optiska atomklockor och bestämning av lodavvikelser med stjärnkamera.
- Aktivt verka för att utbilda nästa generation inom geoid- och tyngdkraftsområdet.
- Fortsätta det internationella samarbetet inom området. Det är särskilt viktigt att NKG:s tyngdkraftsdatabas bibehålls och utvecklas.

Robust geodetisk infrastruktur

Vi verkar för ökad robusthet i den nationella geodetiska infrastrukturen. Dels behöver vårt eget bidrag vara robust, dels behöver vi öka medvetenheten om behovet av alternativa metoder för att komma åt de geodetiska referenssystemen. På det viset kan vi – tillsammans med kommuner och andra myndigheter – skapa förutsättningar för att referenssystemen ska vara tillgängliga även i kritiska situationer.

Det förändrade säkerhetsläget ger anledning att förstärka den geodetiska infrastrukturen ur ett risk- och sårbarhetsperspektiv. För Lantmäteriet som är beredskapsmyndighet innebär det att se över vår egen verksamhet, såväl som de tjänster vi har utvecklat. Våra tjänster som ger tillgång till referenssystemen ska vara robusta och fungera även vid kriser och höjd beredskap.

Lantmäteriets tjänster för positionsbestämning bygger på Swepos och har under lång tid förenklat och effektiviserat tillgången till de geodetiska referenssystemen. Historiskt sett har kommunerna varit ansvariga för

stomnät för mätning på lokal nivå, och infrastrukturbyggande myndigheter har i stor utsträckning haft sina egna stomnät. De lokala näten som har krävt underhåll och översyn, har med tiden prioriterats ner eftersom georefererade mätningar kan göras direkt med hjälp av Swepos tjänster, framför allt Nätverks-RTK. Ur ett nationellt perspektiv är Swepos det mest effektiva sättet att få åtkomst till referenssystemen, och många aktörer har ett stort beroende av Swepos idag. Lantmäteriet har under lång tid arbetat med att förbättra driftsäkerheten för Swepos, men det finns faktorer som står utanför teknikens och Lantmäteriets kontroll.

Effekter av det förändrade säkerhetsläget går idag att se i form av påverkansoperationer, till exempel att navigering i luften och till sjöss försvåras som en följd av störningar av GNSS-signalerna. Den här typen av yttre påverkan kan degradera positionering med GNSS, oavsett om Swepos används eller inte, och försvåra geodatainsamling, positionsbestämning på land och geodetisk mättningsverksamhet. Om det inte skulle vara möjligt att fullt ut använda satellitpositionering som grund för insamling av viktiga grundläggande geodata, måste alternativa geodetiska metoder finnas tillgängliga och användarna ha kompetens att använda dem.

Lantmäteriet är förvaltningsmyndighet för de nationella geodetiska referenssystemen, och tillsammans med ansvaret för samordning och kvalitet inom mättningsområdet, innebär det att vår uppgift är att ansvara för att de nationella referenssystemen är åtkomliga, även i situationer när nationella tjänster inte kan upprätthållas. Lantmäteriet har kunskaper och erfarenheter från att ha byggt upp dagens nationella geodetiska infrastruktur.

Vi planerar att, i dialog med kommuner och myndigheter, ta fram en beredskaps- och handlingsplan för krissituationer. Vi behöver ha en geodetisk infrastruktur som är anpassad för de behov som finns i samhället, i såväl normalläge som krisläge. På nationell och lokal nivå behöver metodik, utrustning och underhåll säkerställas för att ha en mät- och geodesiverksamhet som ger rätt kvalitet i alla situationer.

De kommunala stomnäten kompletterar de nationella referensnäten och positioneringstjänsterna, och bidrar till robustheten i den geodetiska infrastrukturen. Utformningen av dem kan behöva anpassas till det förändrade säkerhetsläget i världen.

För att användare ska kunna få en förståelse för hur, och med vilken säkerhet, positioneringsdata kan användas i exempelvis autonoma system och säkerhetskritiska

tillämpningar, behöver dataintegritet för satellitdata definieras. Idag är dataintegritet ett allmänt begrepp för att beskriva potentiella begränsningar som beror på osäkerhet, tillgänglighet och trovärdighet för data, men det är inte tillräckligt. Det behövs standardisering av hur dataintegritet för satellitdata kan uttryckas och vilka parametrar som behöver ingå. Lantmäteriet behöver fortsätta att bidra inom området, dels på övergripande nivå, som i standardiseringsarbeten, dels som leverantör av störningsövervakning av det frekvensområde som GNSS använder.

Vi övervakar GNSS för våra egna tjänsters skull, men bidrar också med Swepos infrastruktur för att övervaka GNSS-funktionalitet i Sverige, i samverkan med andra berörda myndigheter. Det här arbetet behöver fortsätta och kommer att vara en del i det nationella säkerhetsarbetet.

För att uppnå detta behöver vi arbeta med följande under strategiperioden:

- Diskutera behov och åtgärder tillsammans med kommuner, myndigheter och andra intressenter, och ta fram handlingsplaner, för att säkerställa tillgången till de geodetiska referenssystemen över tid, även vid kris.
- Medverka till att ta fram en nationell strategi för positionering, navigation och tid, PNT.
- Samverka med andra myndigheter och inventera behovet av övervakning av frekvensområdet för GNSS, och vid behov medverka till att ta fram en handlingsplan med tänkbare åtgärder. Kvalitetskontroller av data från Swepos bidrar till sådan övervakning redan idag.
- Genomföra en strategisk analys av behovet av integritetsinformation och vilka möjligheter Swepos kan erbjuda för olika användargrupper.
- Analysera hur befintliga kvalitetskontroller och tjänster kan vidareutvecklas för att möta framtida krav på information om GNSS-integritet.

Den globala geodetiska försörjningskedjan

Under strategiperioden bidrar vi aktivt till arbetet med att stärka den globala geodetiska försörjningskedjan.

Geodetisk mätning i Sverige, och uppbyggnaden av den geodetiska infrastrukturen, baseras till stora delar på att GNSS fungerar. Vi är därför beroende av den globala geodetiska försörjningskedjan. Utan en pålitlig försörjningskedja med ständiga uppdateringar av data och produkter skulle noggrann positionering och tidssynkronisering med GNSS-teknik eller kartläggning från satellitdata försämrats eller sluta att fungera.

Fram till idag har utvecklingen av den geodetiska försörjningskedjan i stort sett drivits av vetenskapliga behov och forskning inom området, men stora delar av samhället har med tiden blivit beroende av den. Därför behöver försörjningskedjan nu tas vidare till en produktionsfas så att de bidrag som idag till stora delar är ideella, säkras genom till exempel avtal och formella överenskommelser.

FN har konstaterat att den globala geodetiska försörjningskedjan är sårbar och har svagheter som behöver uppmärksammas och åtgärdas. Arbetet grundar sig i en FN-resolution om vikten av de globala geodetiska referenssystemen för hållbar utveckling och har lett fram till bland annat bildandet av expertorganisationen United Nations Global Geodetic Centre of Excellence, UN-GGCE. Riskerna beskrivs i rapporten *Hidden Risks – How weaknesses in the global geodesy supply chain could have catastrophic impacts on critical infrastructure and national economies*.

Rapporten lyfter fram att beslutsfattare saknar tillräckliga och begripliga underlag för att förstå vikten av den globala geodetiska försörjningskedjan. Många delar i kedjan saknar formella överenskommelser och avtal, och är beroende av frivilliga bidrag. Det gör att det finns brister i samordning och styrning.

Det är en tydlig trend över stora delar av världen att antalet utbildningsplatser inom geodesi minskar, vilket medför att antalet personer med gedigen geodesikompetens sjunker. För vissa teknikområden är dessutom infrastrukturen föråldrad och analyskapaciteten för liten.

För att stärka den globala geodetiska försörjningskedjan har UN-GGCE börjat jobba med en gemensam utvecklingsplan för den globala geodesin. Syftet är att omsätta medlemsstaternas behov till konkreta, strategiska mål och aktiviteter. Lantmäteriet, och Sverige, bör följa de rekommendationer som UN-GGCE ger i sin 1st *Joint Development Plan for Global Geodesy*.

Lantmäteriet arbetar redan med flera aktiviteter som stödjer den globala försörjningskedjan. Vi bidrar med data från de fasta referensstationerna i Sweposnätet och analyser av bland annat GNSS-data. Vi delar data och geodetiska produkter med våra samarbetspartner i bland annat nationsöverskridande samverkan. Sådana datautbyten är avgörande för den kontinuerliga övervakning av jordskorpans deformationer som krävs för att göra de geodetiska referenssystemen hållbara över tid. Det är också viktigt att vi, med hög noggrannhet, vet var satelliter befinner sig relativt varandra och jorden. Information om jordens och satelliternas läge i rymden får vi genom produkter och tjänster från den globala geodetiska försörjningskedjan.

Genom vår samverkan med akademien bidrar vi med vår kompetens till högskole- och universitetsutbildningar i geodesi. Vi stödjer också de initiativ som tas för att locka studenter, så att utbildningarna kan fortsätta att existera och tillgodose branschens kompetensbehov i framtiden. Genom till exempel forskarutbildning av egen personal bidrar vi också till geodesiforskningen som sådan.

Under strategiperioden bör vi genomföra eller bidra till flera aktiviteter som stärker den globala försörjningskedjan:

- Verka för att Onsala rymdobservatorium får möjlighet att ta ansvar för fler delar i analyskedjan för VLBI. Idag är första steget i analysen av observationer med radioteleskopen, den så kallade korrelationen, en akut flaskhals. Genom att utöka observatoriets uppdrag stärker vi Sveriges och EU:s konkurrenskraft och oberoende, och det är ett strategiskt viktigt bidrag till den globala geodetiska försörjningskedjan.
- Sträva efter att förbättra tillgängligheten för geodetiska data och produkter enligt FAIR-principerna. FAIR står för findable, accessible, interoperable, reusable, det vill säga att data ska vara sökbara, tillgängliga, kunna användas tillsammans med andra data och att de är möjliga att återanvända.
- Stödja de internationella initiativ som tas till överenskommelser för att säkra produktionskedjorna, även om Lantmäteriet inte ensamt kan driva frågorna om formella avtal.
- Informera beslutsfattare om behoven av avtal och säkrad långsiktig finansiering av de olika delarna i den geodetiska försörjningskedjan.





Inriktning för andra viktiga delar av verksamheten

Utöver de strategiska ställningstagandena ser vi att det också finns andra områden vars inriktning behöver beskrivas, till exempel för att arbetet kommer att förändras jämfört med idag.

Forskning

Lantmäteriet har en väl etablerad forskningskultur inom geodesiområdet, med en lång historia av forskningssamarbeten med akademien och systerorganisationer i andra länder och forskarutbildning av personal. Forskningen har bidragit till ökad kunskap om hur man bygger och använder geodetisk infrastruktur.

Vi har för avsikt att fortsätta bedriva forskning inom relevanta områden för att stärka och förbättra den geodetiska infrastrukturen.

Exempel på relevanta framtida forskningsområden är

- GNSS för autonoma enheter – anpassning av infrastruktur och tjänster för framtida användare
- felkällors påverkan på GNSS-mätning i realtid – som underlag till beslut om utveckling av Swepos och vår rådgivning
- LEO-PNT, positionering med satelliter i lägre omloppsbanor
- kvantgravimetri – nästa generation av gravimetrar, med nya möjligheter
- höjdbestämmning med klockor – för noggrann höjdbestämmning över långa avstånd
- landhöjningsmodellering – för hantering av deformationer i våra referenssystem och öka deras livslängd
- geoidmodellering – för noggrannare höjdbestämmning med GNSS och som grund för ett framtida geoidbaserat höjdsystem
- VLBI – för bättre realisering av globala referenssystem och bestämning av jordorienteringsparametrar som tillsammans utgör grunden för vår nationella geodetiska infrastruktur.

Eftersom geodesi av naturen är en global vetenskap och inte all forskning kan bedrivas i Sverige är deltagande i internationella forskningssamarbeten viktigt ur flera aspekter, till exempel för att

- förstå trender och se ny utvecklingspotential
- ta del av forskning som inte bedrivs i Sverige
- själva bidra till den internationella forskningen och därigenom stärka den globala geodetiska försörjningskedjan
- dela data som är nödvändiga för att förstå och modellera fenomen som är nationsöverskridande.

Rådgivning och samverkan

Genom rådgivning och samverkan kan Lantmäteriet se till att den geodetiska infrastrukturen används på ett bra och effektivt sätt inom de verksamhetsområden och samhällssektorer där geodetisk mätning är ett vardagsbehov. Vi hjälper också mätningens bransch med stöd för mer enhetliga arbetsätt och tillförlitligare geodatakvalitet.

I dagsläget ger Lantmäteriet råd och stöd inom geodesi genom samverkan med användare, kurser och handböcker, samt information på Lantmäteriets webbplats. De olika typerna av rådgivning fyller olika behov och når olika målgrupper. Handbok i mät- och kartfrågor, HMK, har en särskilt viktig roll som branschneutralt kunskaps- och metodstöd. HMK används bland annat inom högskole- och yrkesutbildningar, vid upphandling av geodata, och när olika riktlinjer och specifikationer tas fram.

Lantmäteriets samverkan med mätningens bransch sker främst via samarbetsprojekt och genom att delta i olika intresseorganisationer. I dessa sammanhang bidrar vi till branschens långsiktiga kompetensförsörjning. Lantmäteriet får också bättre förutsättningar att följa branschutvecklingen, med avseende på både ny teknik och nya användarbehov.

Under strategiperioden kommer behovet av noggrann geodetisk mätning med avvägning, totalstation och GNSS-teknik troligen att kvarstå på ungefär samma nivå som tidigare. Sådan mätning fyller en viktig funktion inom samhällsbyggnad, men också i Lantmäteriets egen verksamhet. Att bibehålla kompetens och andra förutsättningar för fortsatt rådgivning inom dessa teknikområden är därför väl motiverat.

Efterfrågan på Lantmäteriets rådgivning inom geodesi drivs bland annat av nya teknikplattformar, hantering av stora datamängder och behov av att kunna röra sig sömlöst mellan olika detaljnivåer och referenssystem – från nationella geodata i plan och höjd till lokala eller

objektsspecifika CAD- och BIM-data i 3D. Det gäller inte minst inom samhällsbyggnadsprocessen som successivt blir alltmer digital.

Vi bedömer att rådgivning och stöd från Lantmäteriet i geodesifrågor framför allt behövs när det gäller koordinattransformationer, georeferering och kvalitetskontroll av olika slags geodata, och i större omfattning än tidigare.

Det befintliga HMK-konceptet med handböcker och kurser är en logisk plattform för rådgivning och samverkan kring de områden som nämnts ovan. För att nå nya generationer av yrkesverksamma behöver formerna för rådgivning och samverkan utvecklas vidare. Publiceringen av HMK bör under strategiperioden ha övergått helt eller delvis till digital plattform, med maskinläsbara format och tjänster som underlättar för användarna att söka och välja ut stödjande information utifrån sina behov. Dessa behov – och god praxis – förankras bäst i dialog med tänkta HMK-användare.

Syftet med att utveckla rådgivning och samverkan är att även fortsättningsvis kunna utveckla, sprida och förankra väl fungerande arbetssätt – och därmed bidra till ökad enhetlighet, samordning och kvalitet inom geodataområdet.

Vårt behov av internationellt samarbete

Geodesin är global till sin natur. Till exempel definieras de geodetiska referenssystemen så långt som möjligt med samma konventioner för hela jorden. Det medför bland annat att de olika nationella realiseringarna eller referenssystemen kan stämma överens med varandra längs nationsgränserna, och att samma referensnivå kan användas för att övervaka globala förändringar av havsnivån. Det är viktigt att Sverige bidrar till den internationella geodesin genom att aktivt delta i samarbeten. På så sätt kan vi även dra nytta av kompetensen i andra länder och följa den pågående utvecklingen. Samarbete med omvärlden är en naturlig del av Lantmäteriets geodesiverksamhet.

Det tätaste samarbetet har vi inom Norden och Baltikum, framför allt genom NKG. NKG är en samarbetsorganisation för geodetiska frågeställningar och datautbyte över nationsgränserna, som gör att vi tillsammans kan leverera produkter av hög internationell klass. Samarbetet inom NKG är särskilt viktigt för exempelvis studier av landhöjningen, insamling och analys av data för utveckling av modeller för jordskorpans deformation och beräkning av geoidmodeller. Det har även bidragit till förbättrade geoidmodeller över Östersjön. Genom

det täta samarbetet inom NKG kan vi dra största möjliga gemensamma nytta av den samlade nordiska och baltiska kompetensen.

Inom Europa medverkar Lantmäteriet till Eurefs arbete genom att delta i arbetsgrupper, göra regelbundna dataanalyser och bidra med GNSS-data från Swepos till det europeiska nätet av fasta referensstationer. Euref är den organisation som förvaltar det europeiska referenssystemet ETRS89 och det europeiska höjdsystemet EVRS, som de svenska referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 är nationella realiseringar av. Euref är en underavdelning till den internationella associationen för geodesi, IAG. Lantmäteriet bidrar även med data och analyser till EPOS som är en europeisk infrastruktur för att samordna och göra geodynamiska data tillgängliga för forskare.

IAG arbetar för utvecklingen av den globala geodesin genom internationellt samarbete och forskning. Bland annat ansvarar IAG för det överordnade och mest noggranna globala geodetiska referenssystemet, ITRF, som de europeiska ETRS89-realiseringarna är anslutna till. IAG arbetar också med att utveckla det internationella höjdsystemet, IHRF, och det internationella referenssystemet för tyngdkraft, ITGRS. IAG driver dessutom ett antal tjänster vars syfte är att samla in data från observatorier världen över, göra dem tillgängliga och dessutom analysera dem. Dessa tjänster är viktiga bidrag till den globala geodetiska försörjningskedjan.

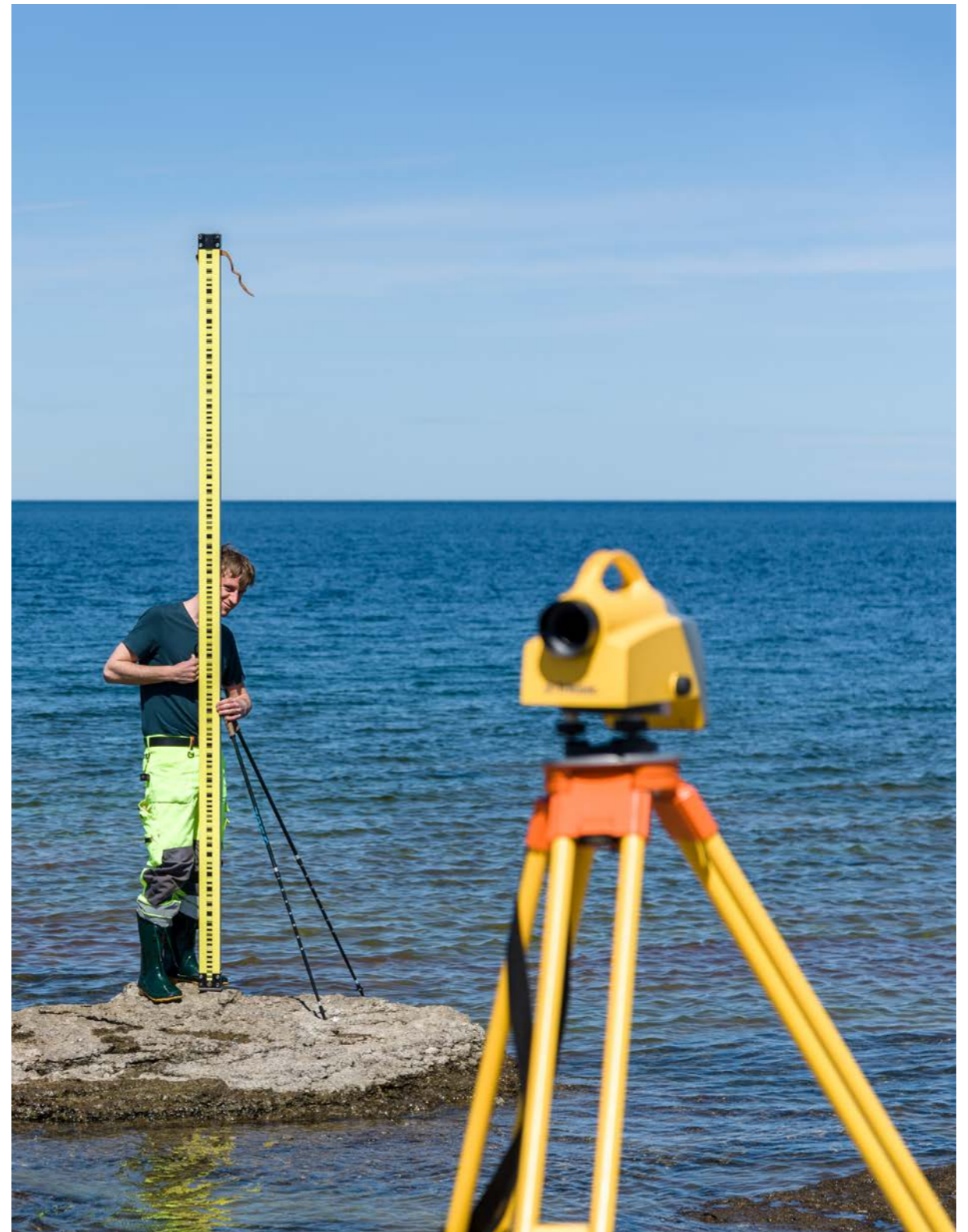
Lantmäteriet är aktivt i arbetet inom IAG:s undergrupper och levererar dessutom GNSS-data från Swepos till det internationella nätet av fasta referensstationer, som drivs av den internationella tjänsten för GNSS, IGS.

Även inom FN pågår arbete inom geodesiområdet, där Sverige representeras av Lantmäteriet. Till grund för detta arbete ligger FN-resolutionen om de globala geodetiska referenssystemen.

De motiv som har beskrivits här, visar att Lantmäteriet behöver fortsätta – och vid behov utveckla – det internationella samarbetet under hela strategiperioden. Det är helt väsentligt för att vi ska kunna genomföra vårt uppdrag.

Artificiell intelligens och maskininlärning

Utvecklingen av AI fortsätter och användningen väntas öka kraftigt under strategiperioden. AI och maskininlärning används redan idag för att skapa nya möjligheter och ökad effektivitet. För vetenskapliga tillämpningar



framträder AI som en världsomspännande trend. Det ger intressanta möjligheter inom geodesin, där forskning och tillämpningar ofta baseras på långa tidsserier och stora datamängder.

Lantmäteriet följer AI-utvecklingen och vi ser framför oss en satsning på kompetensuppbyggnad så att vi på sikt kan använda AI för att förbättra interna informationsflöden och optimera informationsstrukturer så att information blir mer sökbar, tillgänglig och återanvändbar. Det behöver ske genom lärande och testverksamhet innan det kan tas i produktion och användas för effektivisering.

Det finns en potential för AI som stöd i det långsiktiga arbetet att underhålla och utveckla den nationella geodetiska infrastrukturen. AI kan användas för att stärka kvalitetskontroller, automatisera arbetsflöden, för att integrera olika datamängder, och för olika typer av analyser, till exempel för att identifiera klimatpåverkan på geodynamiska processer.

Scenario 2035 – en säker geodetisk infrastruktur som fungerar bra

År 2035 är den geodetiska infrastrukturen en väl fungerande, robust och självklar del av samhällets grundläggande funktioner. Den används dagligen av myndigheter, kommuner, näringsliv och medborgare – ofta utan att uppmärksammas – men är avgörande för kommuner, myndigheter och privata aktörer som dagligen arbetar med geodata som enkelt kan kombineras, återanvändas och delas.

I praktiken innebär detta att referenssystemshanteringen görs i bakgrunden av myndigheter, systemleverantörer och i tjänster. SWEREF 99 och RH 2000 används fortfarande brett och upplevs som stabila och pålitliga. Samtidigt har det blivit vanligare att vissa tillämpningar – exempelvis inom sjöfart, autonoma fordon och internationella tjänster – arbetar direkt i globala referenssystem. Den vanliga användaren märker sällan skillnaden i vardagen, eftersom transformationerna mellan nationella och globala system sker automatiskt och med hög noggrannhet.

Swepos fortsätter att vara en ryggrad i den geodetiska infrastrukturen. För mätning, byggande, jordbruk och infrastruktur är tillgången till noggrann positionering i realtid en självklarhet. När tjänster används i säkerhetskritiska sammanhang finns tydlig information om kvalitet, tillgänglighet och begränsningar. Användarna är vana att ta hänsyn till integritetsinformationen i sina system och beslut.

Beroendet av satellitbaserad positionering är hanterat. När störningar uppstår finns rutiner, alternativ och kompetens för att hantera situationen. Kommunala stomnät, traditionella mätmetoder och nationella referensnät används mer medvetet som komplement. Den geodetiska infrastrukturen ses som en resurs som måste finnas även i kris.

Lantmäteriet uppfattas som en stabil förvaltare av den geodetiska infrastrukturen. Byten av referenssystem har undvikits, och kvaliteten i befintliga system har successivt förbättrats genom bättre geoidmodeller, landhöjningsmodeller och underhållna referensnät. För användarna märks detta i form av bättre noggrannhet – utan att arbetssätten behövt ändras. När diskussioner förs om nästa generations nationella höjdsystem sker det med framförhållning.

Lantmäteriet har tillsammans med andra myndigheter etablerat strukturer för samverkan kring positionering, navigation och tid, PNT. Övervakning av störningar av GNSS-signaler, kvalitetskontroller och integritetsinformation är en etablerad del av infrastrukturen och ger beslutsstöd för både civila och säkerhetsrelaterade tillämpningar.

Sverige bidrar med kunskap, data och analys till den globala geodetiska försörjningskedjan, och det ses som en naturlig del av att säkra den egna infrastrukturen. Samtidigt finns en större medvetenhet hos beslutsfattare om att geodesi inte är gratis eller självgående, utan kräver långsiktiga åtaganden och kompetens.

Den geodetiska kompetensen är fortsatt stark, trots internationella utmaningar inom utbildning och kompetensförsörjning. Detta har möjliggjorts genom långsiktiga forskningssamarbeten, internationellt engagemang och ett tydligt nationellt ansvarstagande.

År 2035 präglas den geodetiska infrastrukturen inte av stora rubriker eller teknikskiften, utan av förutsägbarhet, tillit och handlingsutrymme. Det är en infrastruktur som sällan syns – men som märks direkt den dag den inte fungerar.

LAN TM Ä T E R I E T



lantmateriet.se