

GNSS-baserad detalj- mätning

2021



Förord till version 2021

HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 är resultatet av en mindre översyn som genomförts av medarbetare på enheten för geodetisk infrastruktur, Lantmäteriet. Noterbara förändringar i version 2021 är bl.a. att

- ett antal krav och rekommendationer har omformulerats, främst för att underlätta förståelse
- avsnittet om geodetisk infrastruktur har flyttats till tidigare plats i kapitel 3 vilket medfört justering av övrig avsnittsnumrering, inklusive krav och rekommendationer
- avsnittet om satellitgeometri och GNSS-konstellationer i kapitel 3 har skrivits om något för att bättre återspegla att mätning med flera GNSS är normen.
- en dokumentspecifik ordlista har lagts till som en bilaga
- hänvisningar (länkar) till annan plats i handboken inte längre är blåmarkerade.

I övrigt är version 2021 i stora delar identisk med version 2020 som ingick i en större revidering av geodesihandböckerna inom HMK. Revideringsarbetet utfördes av en arbetsgrupp bestående av Ronny Andersson (Sweco), Matti Horn (Trafikverket), Clas-Göran Persson (Lantmäteriet), Kent Ohlsson (Lantmäteriet) och Lars Jämnäs (Lantmäteriet). Liselotte Lundgren (då verksam i Lidingö stad) deltog i utvärderingen av de befintliga handböckerna inför revideringen

Version 2021 har varit tillgänglig för granskning via öppen remiss på Lantmäteriets webbplats under perioden 2021-11-15 till 2022-01-15. Information om remissen har delgivits i nyhetsbrev och i HMK:s grupper för intressentsamverkan.

Gävle 2022-03-15

Lars Jämnäs, Lantmäteriet

Innehållsförteckning

1 Inledning	7
1.1 Om dokumentet	7
1.2 Om Handbok i mät- och kartfrågor	9
2 Om GNSS-baserad detaljmätning	11
2.1 Vad är GNSS-baserad detaljmätning?	11
2.2 Mätosäkerhet vid GNSS-baserad detaljmätning	13
2.3 Arbetsprocessen vid detaljmätning	14
3 Planering inför detaljmätning	17
3.1 Mättningsinstruktioner	19
3.2 Användning av geodetisk infrastruktur och kontrollpunkter ...	21
3.2.1 Vid mätning med nätverks-RTK	21
3.2.2 Vid mätning med enkelstations-RTK	22
3.2.3 Kontrollpunkter för GNSS-mätning	23
3.3 Den lokala mätmiljön	24
3.4 Satellitgeometri och GNSS- konstellationer	27
3.5 Atmosfärs- och väderförhållanden	29
3.5.1 Jonosfärens påverkan	29
3.5.2 Troposfärens påverkan	30
3.6 Mätutrustning	31
3.6.1 Användning av antennmodeller	32
3.6.2 Inställningar för datafångst och datafiltrering	33
3.6.3 Instrumentservice och funktionskontroll	37
3.6.4 Tillbehör vid mätning	38
3.7 Bedömning av förväntad mätosäkerhet	40
4 Genomförande av detaljmätning	43
4.1 Innan detaljmätningen inleds	43
4.1.1 Centrering och höjdbestämmning	43
4.1.2 Anslutning och initialisering	45
4.2 Mätmetodik	45
4.2.1 Registrering och medeltalsbildning	46
4.2.2 Upprepad mätning med tidsseparation	47
4.3 Egenkontroller vid detaljmätning	48
4.3.1 Toleransbaserade kontroller	49
4.3.2 Faktorer att beakta under RTK-mätning	50

4.4 Exempel på tillämpningar	51
4.4.1 Inmätning med varierande krav på lägesosäkerhet	51
4.4.2 Utsättning.....	52
4.4.3 Etablering av totalstation med RTK.....	53
4.4.4 Inpassningstransformationer	55
5 Referenser/Läs mer	59
5.1 Referenser i löptext	59
5.2 Lästips.....	60
Bilaga A : Krav och rekommendationer.....	61
A.1 Krav och rekommendationer	62
A.2 Grundutförande	70
Bilaga B : Produktionsdokumentation.....	71
B.1 Planering	71
B.2 Genomförande och resultat	74
Bilaga C : Leveranskontroll	77
C.1 Komplet leverans	77
C.2 Produkt.....	77
C.3 Fördjupad kontroll vid behov	81
Bilaga D : Mätosäkerhet i Swepos.....	83
D.1 Antaganden och förutsättningar	83
D.2 Förtätningsgrader i aktivt referensnät	84
D.3 Schablonvärden på mätosäkerhet	85
D.3.1 Mätosäkerhet i 70 km-nät	85
D.3.2 Mätosäkerhet i 35 km-nät	85
D.3.3 Mätosäkerhet i 10 km-nät	85
Bilaga E: Ordlista till handboken.....	87
Bilaga F: God mätsed	91

1 Inledning

1.1 Om dokumentet

Syfte och avgränsningar

”HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021” innehåller riktlinjer för geodetisk detaljmätning som utförs med s.k. RTK-teknik. Handbokens primära målgrupp är utförare av detaljmätning, men även beställare av detaljmätning kan hitta visst stöd i handboken – främst i avsnitt 3.1 samt i bilagorna A, B och C.

Syftet med handboken är att belysa fackmannamässiga aspekter av ”mätning på stång”, dvs. sådana tillämpningar och processer som är vanligt förekommande inom kommunal MBK-verksamhet, fastighetsbildning och viss bygg- och anläggningsverksamhet.

RTK-positionering som sker integrerat i jordbruks- och anläggningsmaskiner, drönare eller liknande fordonssystem tas inte upp, även om delar av handboken kan ha relevans även i dessa sammanhang.

För information om olika mätinstrument eller positioneringstjänster hänvisas till webbplatser, manualer, specifikationer m.m. från instrumenttillverkare och tjänsteleverantörer.

Disposition

Kapitel 2 ger en översiktlig beskrivning av GNSS/RTK-mätning och vilka vanliga felkällor som bidrar till mätosäkerhet.

Kapitel 3 tar upp olika moment som bör beaktas i planering och förberedelser inför detaljmätningen.

Kapitel 4 beskriver hur själva mätningen genomförs, samt vilka egenkontroller som bör tillämpas.

Kapitel 0 innehåller referenser och hänvisningar till relevanta dokument utanför HMK-serien.

Bilaga A innehåller en sammanställning av samtliga krav- och rekommendationsrutor som förekommer i handboken.

Bilaga B ger exempel på information som kan ingå i produktionsdokumentation, samt i leverans till en beställare.

Bilaga C ger exempel på kvalitetskontroll av detaljmätningen som kan utföras i samband med leverans, antingen av en beställare eller som del av ett uppdrag.

Bilaga D innehåller schablonuppskattningar av förväntad mätosäkerhet vid mätning med nätverks-RTK i rikstäckande tjänster.

0 innehåller en ordlista med de viktigaste termerna och förkortningarna i handboken.

0 ger några exempel på god mätsed, en sorts "grundfilosofi" för tillämpning av en fackmannamässig arbetsprocess.

Texttrutor i handboken

Tre olika typer av texttrutor kan förekomma i inledningen av numrerade handboksavsnitt:

- Ljusröda texttrutor med rubriken "Krav" motsvarar ett utförande som i HMK anses vara fackmannamässigt. I krav används ordet "ska".
- Ljusblå texttrutor med rubriken "Rekommendation" motsvarar ett utförande som är önskvärt, t.ex. för att det underlättar arbetsprocessen. I rekommendationer används ordet "bör".
- Vita texttrutor med rubriken "Information" innehåller beskrivningar eller sammanfattningar som inte är normerande.

I den här handboken har krav och rekommendationer utformats för att kunna hänvisa till *grundutförande* enligt Bilaga A.2. Läs mer om tillämpning av grundutförande under rubriken "Tillämpning av HMK" i avsnitt 1.2.

Terminologi

De viktigaste termerna och förkortningarna i handboken definieras i den ordlistan i 0. Dessa termer har också kursiverats vid första förekomst i löptexten. Fler termer som kan vara relevanta för ämnesområdet definieras i handboken [HMK – Ordlista och förkortningar](#), senaste version.

I övrigt följer HMK standardiserad eller vedertagen terminologi inom berörda områden, men det finns ingen ambition att HMK ska vara generellt normerande. Terminologin inom HMK har dock harmoniserats för att handböckerna ska kunna tolkas och användas på ett entydigt sätt.

GUM-terminologi [1] tillämpas genomgående inom HMK, med viss svenskspråkig anpassning till geodesi- och geografiområdet – exempelvis lägesosäkerhet.

1.2 Om Handbok i mät- och kartfrågor

Information

- Versioner av handböcker i HMK-serien betecknas med årtal.
- För eventuella justeringar av senaste dokumentversion, se [HMK-loggen \(pdf\)](#).

Publicering av HMK

HMK – Handbok i mät- och kartfrågor – är en samling handböcker och tekniska rapporter för ämnesfördjupning, omvärldsbevakning m.m.

Samtliga HMK-dokument publiceras i PDF-format och finns tillgängliga avgiftsfritt via lantmateriet.se/hmk.

Målgrupp

HMK riktar sig till yrkesverksamma eller studerande inom geodata- och samhällsbyggnadsområdet, särskilt som stöd vid kravställning/beställning eller genomförande av geodatainsamling, eller vid framtagande av geodataprodukter.

Vissa handböcker är skräddarsydda för att stödja utformning och användning av tekniska specifikationer vid upphandling. I övrigt är mycket av innehållet i HMK av allmän karaktär och kan användas i valfri utsträckning i egna/interna kravspecifikationer, regelverk eller arbetsrutiner.

Vid geodetisk mätning och övrig användning av geodetisk infrastruktur hänvisas till handböcker enligt Tabell 1.

Tabell 1. Senaste versionerna av HMK-handböckerna inom geodesi.

Fullständigt dokumentnamn	Kortform
HMK – Geodetisk infrastruktur 2021 (pdf)	HMK-GeInfra 2021
HMK – Stommätning 2021 (pdf)	HMK-Stom 2021
HMK – Terrester detaljmätning 2021 (pdf)	HMK-TerDet 2021
HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 (pdf)	HMK-GnssDet 2021
HMK – Terrester laserskanning 2021 (pdf)	HMK-TerLas 2021
HMK-Geodesi: Markering (publicerad 1996, med senaste aktualitetsbeskrivning från 2021)	HMK-Ge: M

Tillämpning av HMK

De krav som återfinns i HMK-handböcker kan tolkas och tillämpas på tre olika sätt:

- Kraven ingår i *grundutförande* enligt HMK. Detta motsvarar en allmän/branschgemensam syn på fackmannamässig yrkesutövning. Tillämpning sker genom hänvisning till grundutförande i en eller flera handböcker. Grundutförande kan justeras i överenskommelse mellan beställare och utförare.
- Kraven ingår en teknisk specifikation. Handboken ger stöd för upprättande av en sådan och tillämpning sker sedan i kravställning och upphandling i den mån hänvisning sker till den tekniska specifikationen.
- Kraven baseras på föreskrift/lag och ska därmed följas, oavsett vilka övriga krav som finns beskrivna inom HMK.

Krav enligt grundutförande eller enligt teknisk specifikation blir juridiskt bindande endast i den mån de inkluderas i upphandlingsunderlag, eller i motsvarande avtal eller regelverk. I dessa fall förutsätts korrekt tillämpning av hänvisningsregler enligt [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7.

Generella frågor om upphandling, tillstånd och sekretess behandlas i [HMK – Introduktion 2017](#), kapitel 3.

Förvaltning av HMK

HMK förvaltas av Lantmäteriet, med stöd av olika intressenter inom geodata- och mättningsområdet. Den viktigaste samverkansformen för detta är HMK:s referensgrupp. Referensgruppen utför fackgranskning av HMK-dokumentet inför publicering samt ger förslag till framtida revideringar och nya dokument.

Vid intresse av att delta i HMK:s referensgrupp, skicka anmälan till hmk@lm.se.

För att prenumerera på nyhetsbrev med aktuell information om HMK, se <https://www.lantmateriet.se/nyhetsbrev/>

2 Om GNSS-baserad detaljmätning

Information

- GNSS-baserad detaljmätning avser inmätning eller utsättning som utförs med RTK-rover monterad på lodstång eller stativ.
- Vid detaljmätningen sker lägesbestämning i förhållande till en eller flera referensstationer. Med tillgång till rikstäckande RTK-tjänster sker lägesbestämningen direkt i SWEREF 99.
- Tillförlitlig detaljmätning förutsätter att mätmetodiken anpassas till rådande förhållanden och att egenkontroller utförs i samband med mätningen.
- Dokumentation av detaljmätningen anpassas för att underlätta leverans samt framtida uppföljningar, kompletteringar eller kontroller.

2.1 Vad är GNSS-baserad detaljmätning?

I den här handboken syftar *GNSS-baserad detaljmätning* på noggrann lägesbestämning med hjälp av *RTK-teknik*. Mätutrustningen består av en *rover* - en GNSS-mottagare som flyttas mellan detaljpunkterna. För att centrera rovern över respektive detaljpunkt används *lodstång* eller *instrumentstativ*. Detaljmätningen utförs antingen som:

- *inmätning*: lägesbestämning av detaljer i ett *referenssystem*, eller
- *utsättning*: fysisk utplacering/markering av detaljer utifrån givna koordinater och/eller höjder i ett referenssystem.

Vid detaljmätningen sker lägesbestämningen i 3D relativt en eller flera *referensstationer* för GNSS som etableras på kända *utgångspunkter*. Data från referensstationerna möjliggör den relativa lägesbestämningen och bidrar till att reducera effekten av de osäkerhetskällor som råder vid rovern vid mättillfället.

Själva beräkningsprocessen kallas *initialisering* och utförs automatiskt i rovern om referensdata överförs i realtid via lämplig kommunikationslänk, t.ex. mobilnätverk eller radio. Det önskade sluttillståndet i beräkningen kallas *fixlösning*. Därefter kan detaljmätningen inledas. Även efterberäkning av fixlösning är möjlig om referensdata inte finns tillgängliga i realtid.

Flera fasta referensstationer över ett större område möjliggör *nätverks-RTK*, som vanligen tillhandahålls som regionala eller rikstäckande

RTK-tjänster. I dessa fall sker *georeferering* av rovermätningarna direkt i det referenssystem som realiseras av de fasta referensstationerna, vilket är det nationella referenssystemet *SWEREF 99* för de rikstäckande tjänsterna i Sverige. För höjdbestämmning i *RH 2000* krävs en *geoidmodell* för omvandling av ellipsoidhöjder i *SWEREF 99*.

Vid RTK-mätning med egen referensstation, *enkelstations-RTK*, sker georeferering först när referensstationen ansluts till det övergripande referenssystemet. Tabell 2 sammanfattar skillnaderna mellan nätverks-RTK och enkelstations-RTK.

Eftersom RTK-teknik baseras på en *baslinje* mellan rover och en specifik referensstation är kontrollerbarheten vid detaljmätning begränsad. För att minska risken för grova fel eller stora systematiska effekter tillämpas en robust mätmetodik med egenkontroller – t.ex. längre mättid och *upprepade mätningar med tidsseparation*. *Datafiltrering* utförs i realtid eller i efterhand för att reducera antalet mätningar med lägre kvalitet.

Tabell 2. Jämförelse mellan enkelstations-RTK och nätverks-RTK.

RTK-tekniker	Enkelstations-RTK	Nätverks-RTK, baserat på Swepos
Förutsättningar	Referensmottagare, fast eller tillfällig, på känd utgångspunkt. Radio- eller mobilförbindelse mellan referens och rover.	Abonnemang på RTK-tjänst. Mobiltäckning inom tjänstens täckningsområde.
Referenssystem för plan- och höjdbestämmning	3D-koordinater erhålls endast i förhållande till referensmottagaren. Georeferering i <i>SWEREF 99</i> förutsätter att utgångspunkten bestäms i förhållande till aktivt eller passivt referensnät. Höjder i <i>RH 2000</i> förutsätter transformationssamband (om läge i <i>SWEREF 99</i> saknas).	3D-koordinater erhålls direkt i <i>SWEREF 99</i> . Höjder i <i>RH 2000</i> förutsätter nationell geoidmodell. Om lägen ska redovisas i andra referenssystem behövs transformationssamband.
Typiska faktorer som påverkar lägesosäkerhet	Avståndet mellan rover och referensstation, samt utgångspunktens lägesosäkerhet.	Avståndet mellan referensstationerna, samt mellan rover och närmaste referensstation.
Typisk mättid	Sekunder till minuter, exklusive tiden för att etablera och starta referensmottagare.	Sekunder till minuter, exklusive tiden för att ansluta till RTK-tjänsten.

2.2 Mätosäkerhet vid GNSS-baserad detaljmätning

RTK-teknik möjliggör detaljmätning med en *standardosäkerhet* på centimeternivå [11], förutsatt att olika felkällor hanteras på ett korrekt sätt och rovern har fixlösning. Den faktiska *mätosäkerheten* vid detaljmätning är ofta något högre än den specificerade mätosäkerheten för rovern, eftersom den senare inte inkluderar flera av faktorerna i Tabell 3.

Tabell 3. Faktorer som påverkar mätosäkerhet vid GNSS-baserad detaljmätning.

Mätinstrumentet	GNSS-mottagarens specificerade mätosäkerhet (en konstant plus en avståndsberoende parameter).
	Antennmodellering.
	Geoidmodell, projektns-/transformationsparametrar.
	Osäkerhet p.g.a. tillbehör som lodtstång, stativ och trefot.
Satellitsignaler	Antalet satelliter och deras geometri i förhållande till mottagaren (DOP-tal).
	Lokal mätmiljö, t.ex. sikthinder och reflekterade signaler (flervägsfel).
	Jonosfärsstörningar ("rymdväder").
	Troposfärstörningar ("väder").
Geodetisk infrastruktur	Passivt referensnät: avstånd mellan rover och referensstation, samt utgångspunktens lägesosäkerhet.
	Aktivt referensnät: förtätningsgrad och avstånd till närmaste referensstation.
	Referensstation: stations- eller antennrörelser och mätosäkerhet.
	Bortfall eller fördröjning av referensdata till rovern.
Mätning	Total mättid och medeltalsbildning.
	Tidsseparation vid upprepad mätning.
	Centrering och antennhöjdsbestämning.
	Datafiltrering; gränsvärden som tillämpas i realtid eller i efterhand.
	Identifieringsosäkerhet; hur väl mätpunkten representerar ett objekt eller del av objekt.

Mätosäkerheten är vanligen något lägre i plan än i höjd p.g.a. satellitgeometrin. Med centreringsstöd kan mätosäkerheten i plan reduceras ytterligare. Ett möjligt grovt fel är felaktigt bestämd fixlösning som kan resultera i en avvikelse på flera decimeter eller mer.

Vid mätning med enkelstations-RTK ökar den förväntade mätosäkerheten med baslinjelängden, dvs. avståndet mellan rovern och referensstationen. Detta beror främst på svårigheten att skatta vissa parametrar (t.ex. för *jonosfärs*- och *troposfärs*-påverkan) som förutsätts vara ungefär lika vid rovern och referensstationen.

Vid mätning med nätverks-RTK är avståndsberoendet något mindre än vid enkelstations-RTK, förutsatt att mätning utanför stationsnätet undviks (dvs. extrapolering). Det är istället främst *förtätningsgraden*, dvs. medelavstånden mellan närliggande stationer, som avgör hur väl osäkerhetsparametrarna kan modelleras [3][4][10]. Den förväntade mätosäkerheten vid mätning med nätverks-RTK kan exempelvis skattas med stöd av schablonuppgifterna i Bilaga D.

Om utgångspunkterna för mätningen har en *lägesosäkerhet* i referenssystemet som är signifikant i förhållande till mätosäkerheten kommer den absoluta (georefererade) lägesosäkerheten för inmätta eller utsatta detaljer att bli högre än mätosäkerheten. I övriga fall kan mät- och lägesosäkerheter betraktas som likvärdiga [11].

Se [HMK - Geodatakvalitet 2017](#) för en beskrivning av lägesosäkerhet och andra aspekter av geodatakvalitet.

2.3 Arbetsprocessen vid detaljmätning

Den faktiska arbetsprocessen vid GNSS-detalmätning kommer förstås att skilja sig åt mellan olika uppdrag, men generellt kan den sammanfattas på ungefär följande sätt:

Planering – Kapitel 3

- Detalmätningen planeras utifrån kravspecifikationen och övriga underlag.
- Roller, kompetenser, ansvarsförhållanden och tidplan tydliggörs.
- Den lokala mätmiljön och tillgänglig geodetisk infrastruktur kartläggs.
- Möjliga uppställningsplatser för egen referensstation rekognoseras och nya stom- och *kontrollpunkter* markeras.
- Mätutrustning och mätmetod väljs och anpassas till kravspecifikationen och de mätningstekniska förutsättningarna.

Här kan kombinerad mätning med GNSS och totalstation vara aktuellt.

- Mätutrustningen konfigureras och kontrolleras.
- Den förväntade mätosäkerheten bedöms genom testmätningar eller schablonskattningar.
- *Egenkontroller* planeras, bl.a. utifrån förväntad mätosäkerhet och behov av kontrollerbarhet.

Genomförande - Kapitel 4

- Centrering och bestämning av antennhöjd sker på lämpligt sätt vid varje detaljpunkt.
- Uppkoppling sker mot RTK-tjänst eller mot egen referensstation.
- Inmätning eller utsättning, eventuellt kombinerat med andra observationer eller transformation – t.ex. *kombinerad mätning* eller någon form av inpassning.
- Mätmetodiken anpassas till krav och rådande förhållanden t.ex. genom ökad mättid, upprepade mätningar och datafiltrering.
- Egenkontroller utförs enligt plan, samt om behov uppstår i fält. Lämpliga åtgärder genomförs när *toleranser* överskrids eller andra fel konstateras.
- Efterberäkning, samt ytterligare datafiltrering och kontroller efter detaljmätning genomförs vid behov.
- Detaljmätningens mätosäkerhet skattas och kontrolleras, t.ex. genom analys av upprepade mätningar på enstaka detaljpunkter eller kontrollmätningar på ett urval av punkter.
- Relevanta produktionsresultat och metodbeskrivning (inklusive egenkontroller) sammanställs och redovisas enligt kravspecifikation.

Leverans, Bilaga B-Bilaga C

- Kartor, 3D-modeller eller annan "slutprodukt" levereras tillsammans med produktionsdokumentation, mätfiler m.m.
- Leveranskontroller utförs av beställare, utförare eller tredje part.
- Leveransen godkänns eller underkänns av beställare. Eventuellt kompletterande fältarbete/leverans.

Efterbearbetning och leverans får ingen utförlig beskrivning i handboken eftersom det i stor utsträckning styrs av beställarens specifika behov.

3 Planering inför detaljmätning

Krav

- a) Planering och genomförande av detaljmätning ska utgå från specificerade krav.
- b) Utföraren ska göra en bedömning av vilka mätinstrument och mätmetoder som passar bäst för det aktuella arbetet.

Rekommendation

- c) Utföraren bör redovisa formell kompetens och/eller beskriva hur arbetsprocessen kvalitetssäkras.
- d) Kontroller och dokumentation i arbetsprocessen bör anpassas till uppdragets komplexitet, omfattning och kvalitetskrav.

En väl genomförd planering ger goda förutsättningar att utföra detaljmätningen på ett fackmannamässigt och resurseffektivt sätt.

Följande planeringsaspekter påverkar hela arbetsprocessen och bör därför tydliggöras tidigt i planeringen, i dialog med beställare/kravställare:

- kravspecifikation och övriga underlag från beställare,
- ansvars- och kompetensfrågor,
- mätningsteknisk bedömning,
- kontroller och dokumentation.

Kravspecifikation och övriga underlag

För att säkra att genomförandet av detaljmätningen sker med önskad kvalitet förutsätts en kravspecifikation. Detta gäller oavsett om mätningen utförs på beställning eller i egen regi. Kravspecifikationen kan innehålla:

- En beskrivning av den önskade slutprodukten, dvs. omfattningen av inmätta/utsatta detaljer med tillhörande attributdata som ska levereras och vilka krav på geodatakvalitet som ska uppfyllas, liksom eventuella krav på dokumentation, leveransformat, filstruktur m.m.
- En beskrivning av lämpliga geodetiska metoder för att säkerställa att detaljmätningen genomförs på ett fackmannamässigt sätt. I den här handboken motsvaras detta av ett så kallat *grundutförande*. Vid hänvisning till grundutförande i upphandling eller regelverk tillämpas kraven i Bilaga A.2. Samtliga tillägg eller undantag specificeras.

Utöver kravspecifikationen kan det finnas annat underlag för planeringen. Detta kompletteras efter behov med egna undersökningar, fältrekognosering, uppgifter från stamnätsförvaltare m.m. för att få en komplett bild av uppgiften och för att underlätta den fortsatta arbetsprocessen.

Hur eventuella avvikelser från kravspecifikationen hanteras inom ramen för en upphandling regleras normalt i upphandlingens allmänna delar.

Ansvars- och kompetensfrågor

En god hantering av ansvars- och kompetensfrågor är viktig för att planering, genomförande och leverans ska kunna ske enligt beställarens intentioner.

Utföraren förväntas kunna redovisa att alla kvalitetsmässiga aspekter av detaljmätningen hanteras av personal med tillräcklig kompetens, vilket t.ex. kan inkludera hänvisning till grundläggande mätningsteknisk färdighet eller relevanta branschnormer för certifiering eller behörighet.

Ett alternativt sätt att säkerställa detta kan vara att utföraren redovisar vilka rutiner, kontroller, checklistor m.m. som ingår i arbetsprocessen. Se även under rubriken "Kontroller och dokumentation".

Ansvars- och rollfördelning samt tidplan för olika delmoment i arbetet klargörs, och kan även regleras inom ramen för en upphandling.

Mätningsteknisk bedömning

Eftersom det ofta finns olika sätt att genomföra geodetisk detaljmätning ska utföraren göra en bedömning av vilka mätinstrument och mätmetoder som passar bäst för det aktuella arbetet.

Bedömningen baseras bl.a. på vilken typ av objekt som ska mätas in, vilken mätutrustning och geodetisk infrastruktur som finns att tillgå, och hur den lokala mätmiljön ser ut. Dessa förutsättningar bör klargöras tidigt i planeringen.

RTK-teknik passar ofta bra för detaljmätning över stora öppna ytor där mätobjekten befinner sig på eller nära marknivå. RTK-teknik är mindre lämplig vid behov av "beröringsfri" mätning på avstånd eller när mätmetodiken ej kan anpassas på ett produktivt sätt, t.ex. i mätmiljöer med många sikthinder och risk för *flervägsfel*.

Vid mätning med enkelstations-RTK krävs två GNSS-mottagare, varav den ena konfigureras som rover och den andra som referens. Vid mätning med nätverks-RTK krävs tillgång till RTK-tjänst. Både enkelstations-RTK och nätverks-RTK förutsätter fungerande dataöverföring via

mobilnät eller radio, såvida inte efterberäkning är möjlig (och önskvärd).

Med tillgång till rikstäckande RTK-tjänst är direkt georeferering i SWEREF 99 möjlig. Nätverks-RTK är således ett bra val när den lokala lägesosäkerheten inte behöver vara lägre än den absoluta lägesosäkerheten i SWEREF 99.

Kombinerad mätning med sömlös växling mellan RTK-rover och totalstation kan möjliggöra större flexibilitet och produktivitet i detaljmätningen, se avsnitt 4.4.3 samt HMK–Terrester detaljmätning 2021, avsnitt 4.3.3.

Kontroller och dokumentation

Det är viktigt att avsätta tillräcklig tid för kontroller och dokumentation under hela arbetsprocessen – från planering till slutleverans.

Egenkontroller genomförs som del av goda arbetsrutiner och för att kunna kvalitetssäkra och redovisa produktionsresultatet. Egenkontroller förväntas alltså vara integrerade i en fackmannamässig arbetsprocess. Redovisning av vissa egenkontroller kan även ingå i kravspecifikationen. Hur beställaren kontrollerar det levererade arbetet/produkten beskrivs i Bilaga C samt i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#). Delar av sådana *leveranskontroller* kan ingå i det aktuella uppdraget eller utföras av tredje part.

Dokumentation utförs fortlöpande under arbetsprocessen för att kunna redovisa all information enligt kravspecifikationen, samt för egen kvalitetssäkring och spårbarhet. Dokumentationen anpassas till kravspecifikationen och uppdragets omfattning och komplexitet, på ett sätt som underlättar uppföljning och kompletteringar. T.ex. kan dokumentation som inte ingår i leveransen bestå av checklistor eller anteckningar som underlättar felsökning. Bilaga B ger exempel på vad som kan ingå i dokumentationen.

3.1 Mätningsinstruktioner

Krav

- a) Objektgeometrier och punktkodning ska vara specificerade innan detaljmätning inleds.

Rekommendation

- b) Detaljeringsnivå eller skala bör specificeras om flera objektgeometrier kan vara aktuella för samma objekt.

För att geografiska objekt ska kunna redovisas på ett korrekt sätt i en databas eller i en karta/modell förutsätts att detaljmätningen sker på ett enhetligt och entydigt sätt för respektive objekttyp (byggnadsdetaljer, vägkanter, träd, gränsmarkeringar m.m.). Det är därför viktigt att på förhand specificera de *objektgeometrier* och den *punktkodning* som ska tillämpas vid detaljmätningen, se exempel i Figur 1.

- Objektgeometri avser den digitala representationen av det geografiska objektets geometri – dvs. vilka punkter (detaljer) på objektet som mäts in och vilka linjer eller ytor som eventuellt ska bildas av punkterna.
- Punktkodning avser de koder, attribut m.m. som definierar objekttypen och som lagras tillsammans med punkternas koordinater och höjder för att ge den fullständiga beskrivningen av objektet.

Mättningsinstruktioner för objektgeometrier och punktkodning ska ingå i kravspecifikationen för uppdraget och redovisas av utföraren vid leveransen. I båda fallen är det möjligt att helt eller delvis hänvisa till andra specifikationer eller riktlinjer, t.ex. de "mättningsanvisningar" som tagits fram tillsammans med de nationella specifikationerna för geodata [2].

Om flera geometrier är möjliga bör även den önskade detaljeringsnivån eller skalintervallet vara specificerat för den aktuella objekttypen. Detta kan exempelvis anges som HMK-standardnivå, se [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), avsnitt 2.6. Vid ofullständiga eller tvetydiga mättningsinstruktioner i den tekniska specifikationen sker återkoppling till beställaren innan detaljmätningen påbörjas.

Figur 1. Exempel på objektgeometrier i en mättningsinstruktion [2] Av instruktionerna framgår att objekttypen "kantsten" ska mätas in som en linje bildad av två (eller flera) punkter där höjden på objektet anges relativt underkant.



3.2 Användning av geodetisk infrastruktur och kontrollpunkter

Rekommendation

- a) Tillgången till geodetisk infrastruktur i arbetsområdet bör kartläggas i god tid innan detaljmätningen.

Detaljmätningen sker antingen relativt fasta referensstationer, t.ex. i en RTK-tjänst, eller relativt en egen referensstation som etableras tillfälligt för uppdraget. Utföraren bör ha kännedom om befintlig geodetisk infrastruktur tidigt i planeringen, dvs. vilka aktiva eller passiva referensnät som finns tillgängliga, vilka referenssystem som de realiserar och huruvida någon form av komplettering eller koordinattransformationer kommer att behövas.

Om stompunkter utnyttjas som utgångspunkter eller kontrollpunkter för GNSS-mätning hämtas aktuella läges- och kvalitetsuppgifter från stomnätförvaltaren. Komplettering av utgångspunkter kan ske med lämplig metod enligt HMK-Stommätning 2021, avsnitt 3.2.5.

Mätning med nätverks-RTK respektive enkelstations-RTK kräver korrekta inställningar i rover- och referensmottagare. Detta verifieras lämpligen genom funktionskontroll enligt avsnitt 0.

3.2.1 Vid mätning med nätverks-RTK

Krav

- a) Om RTK-tjänst används ska denna redovisas i produktionsdokumentationen.

Rekommendation

Innan RTK-tjänst används

- b) bör ungefärlig förtätningsgrad och avstånd till närmaste referensstation dokumenteras.
- c) bör aktuell driftsinformation hämtas via tjänsteleverantören.
- d) bör mobiltäckningen kontrolleras i arbetsområdet.
- e) bör möjligheten att efterberäkna RTK-data undersökas.

Nätverks-RTK förutsätter tillgång till ett aktivt referensnät, vanligtvis via en RTK-tjänst.

Vid användning av RTK-tjänst kontrolleras att abonnemang, mobiltelefoni m.m. fungerar. Aktuell driftsstatus och annan information om referensstationerna samt användarhandledning erhålls via tjänste-

leverantören. Ungefärlig förtätningsgrad och avstånd till närmaste fysiska referensstation dokumenteras för att kunna bedöma den förväntade mätosäkerheten i detaljmätningsområdet; se avsnitt 3.7 .

Vid användning av en RTK-tjänst som baseras på det *aktiva referensnätet* Swepos sker lägesbestämningen direkt i SWEREF 99. Omvandling från ellipsoidhöjder i SWEREF 99 till normalhöjder i RH 2000 sker med hjälp av en geoidmodell, se avsnitt 3.6.2 . Lägesbestämningen utförs i realtid – eller i efterhand, om tjänsteleverantören tillhandahåller RINEX eller virtuell RINEX.

Eftersom nätverksmodellering, referensstationer m.m. kan skilja något mellan olika tjänsteleverantörer är det viktigt att redovisa vilken RTK-tjänst och vilka referensstationer som används. Vilka fasta referensstationer som ingår i den nationella geodetiska infrastrukturen kan kontrolleras i [kartstödet i Swepos tjänsteportal](#).

3.2.2 Vid mätning med enkelstations-RTK

Krav

- a) Referensstationens GNSS-antenn ska placeras/monteras stabilt.
- b) Centring och horisontering av GNSS-antennen ska göras med stativ, trefot och lod.
- c) Vid tillfällig etablering av referensstation ska antennhöjden mätas och centringen kontrolleras före och efter mätningen.

Rekommendation

- d) Egen referensstation bör etableras på, eller anslutas mot, utgångspunkter med för ändamålet tillräcklig kvalitet.
- e) Referensstationens GNSS-antenn bör placeras med fri sikt mot satelliter över 10-15 graders elevation.
- f) Vid fast etablering av referensstation bör monitorering eller kontrollmätning av GNSS-antennens läge ske fortlöpande.

Enkelstations-RTK innebär att roverbearbetaren lägesbestäms i förhållande till en lokal referensstation. Etablering av en lokal referensstation kan antingen vara fast eller tillfällig.

Vid etablering av egen (tillfällig) referensstation behöver utföraren beakta sådana aspekter som kan tänkas påverka detaljmätningen, t.ex.

- att referensstationen placeras på en säker plats, med liten risk för markvibrationer, sabotage m.m.

- att referensmottagaren konfigureras enligt tillverkarens riktlinjer samt anpassas till uppdragskraven.
- att referensdata kan överföras störningsfritt till rovern.
- att GNSS-antennen centreras och höjdbestäms före detaljmätningen och att detta verifieras efter detaljmätningen.

Vid placering av referensstation prioriteras god mätmiljö. Exempelvis bör GNSS-antennen ha fri sikt mot satelliter över 10-15 graders elevation och vara placerad/monterad på stabilt underlag.

Fast etablering kräver större arbetsinsats och sker framför allt i samband med uppdrag som sträcker sig över längre tid (veckor till år), medan tillfällig etablering sker för kortvariga ändamål. Vid fast etablering utreds och dokumenteras därför placeringsalternativ och drifrutiner i större omfattning än vid tillfällig etablering.

Om referensstationen etableras tillfälligt kan fler uppställningar vara önskvärda för att möjliggöra korta avstånd till referensstationen och goda mätförhållanden. Genom att göra en preliminär skattning av förväntad mätosäkerhet i olika delar av arbetsområdet kan utföraren bedöma olika placeringsalternativ för referensstationen. En sådan bedömning kan baseras på mätutrustningens specificerade osäkerhet, vanligen uttryckt som en konstant plus en avståndsberoende del. Se även avsnitt 3.7.

Om stompunkter med tillräckligt väl bestämda koordinater eller höjder finns tillgängliga i uppdragsområdet kan dessa användas som utgångspunkter. Alternativt bestäms referensstationens läge genom att logga rådata för efterberäkning, se HMK-Stommätning 2021. Om referensstationen inte etableras på befintlig stompunkt ska tillfällig markering utföras så att stationsuppställningen kan verifieras efter genomförd detaljmätning. Information om genomförda stomnätsberäkningar, transformationer m.m. redovisas i produktionsdokumentationen.

3.2.3 Kontrollpunkter för GNSS-mätning

Krav

- Kontrollpunkter som används i samband med detaljmätningen ska vara väldefinierade och lämpade för GNSS-mätning.
- Kontrollpunkternas lägesosäkerheter ska beaktas.

Rekommendation

- Lämpliga kontrollpunkter bör identifieras/etableras i eller nära uppdragsområdet.

Kontrollpunkter kan utnyttjas i olika steg av detaljmätningsprocessen:

- Vid funktionskontroll före mätning, se avsnitt 0.
- Vid behov av felsökning eller oberoende lägeskontroll under detaljmätningen, se avsnitt 4.3.
- Vid kvalitetsutvärderingar, se t.ex. leveranskontroll enligt Bilaga C. Kontrollpunkter bör däremot inte användas för att verifiera kvalitet i andra enskilda detaljer; sådana kontroller bör istället baseras på upprepade mätningar enligt avsnitt 4.2.

Kontrollpunkter för GNSS kan antingen vara stompunkter eller väldefinierade detaljer som mätts in tidigare. Kontrollpunkter kan också nyetableras. För att minska mätosäkerheten och risken för grova fel vid kontrollmätning ska den lokala mätmiljön vara gynnsam för GNSS-mätning, vilket motsvarar kategorierna A eller B i Tabell 4.

För att möjliggöra oberoende funktions- eller lägeskontroll ska kontrollpunkternas koordinater/höjder vara kända i de referenssystem som detaljmätningen utförs i. Om kontrollpunktens lägesosäkerhet i plan eller höjd bedöms vara signifikant i förhållande till den mätmetod som ska kontrolleras så ska denna lägesosäkerhet beaktas vid kontrollen. Ett lämpligt riktmärke är ca en tredjedel av måttet på den förväntade mätosäkerheten.

Väldefinierade detaljer utan kända koordinater/höjder (eller med mycket osäker status/kvalitet) betraktas inte som kontrollpunkter. Sådana detaljer kan dock användas för egenkontroll i samband med själva detaljmätningen, t.ex. genom upprepad mätning.

3.3 Den lokala mätmiljön

Rekommendation

- a) Den lokala mätmiljön bör rekognoseras inför eller i samband med detaljmätningen.
- b) Sikthinder, reflekterande ytor och andra miljöfaktorer som kan störa detaljmätningen bör beaktas.

Den lokala mätmiljön avser de fysiska objekt, topografi m.m. som omger rovern. Olika faktorer i den lokala mätmiljön kan störa eller på annat sätt påverka satellitsignalerna och kommer därmed också att påverka möjligheterna att genomföra detaljmätningen på ett acceptabelt sätt, t.ex.

- **Flervägsfel och sikthinder:** I miljöer med uppstickande objekt, fasader eller andra hårda ytor (t.ex. asfalt eller vatten) kan satellitsignalerna reflekteras innan de når rovernottagaren.

Flervägsfel medför ökad mätosäkerhet och ökad risk för grova fel vid detaljmätningen. Höga byggnader, skog eller topografi kan helt eller delvis hindra satellitsignalerna från att nå GNSS-mottagaren.

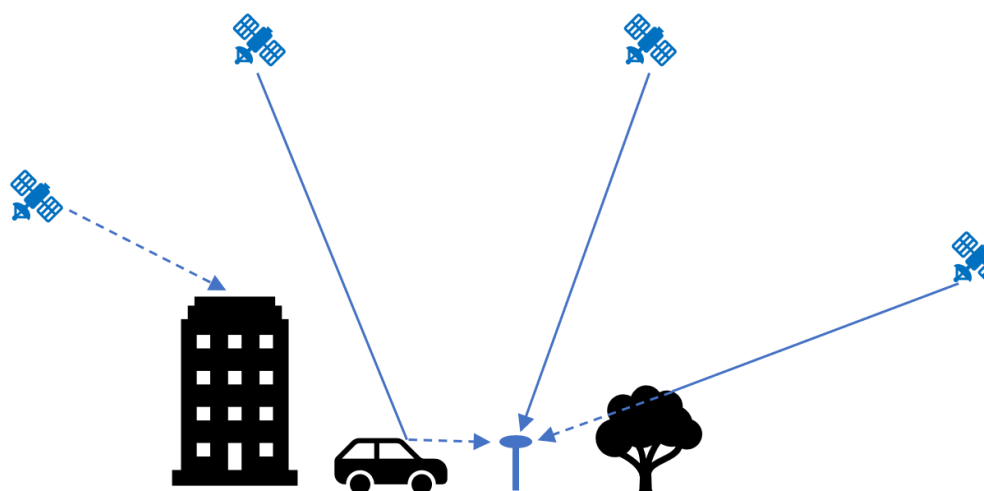
- **Markförhållanden:** Eftersom detaljmätningen nästan undantagslöst avser punkter på eller nära markytan kan mätningen lätt påverkas av markvibrationer eller dåliga markegenskaper där lodstången eller stativet placeras. Motsvarande problem kan uppstå vid mätning på ej markfasta objekt.
- **Vegetation:** Beroende på vegetationsslag kan störningar yttra sig som signalbortfall eller signalförsvagning. Vidare kan olika satellitsignaler påverkas på olika sätt, bl.a. beroende på deras frekvens och signalstyrka. För att möjliggöra mätning av viktiga detaljer kan röjningsinsatser vara aktuella.
- **Ej rena/fria ytor:** Det är viktigt att GNSS-antennerna hålls rena från grov smuts, is, snö eller liknande - både på referens- och roversidan. Detta för att undvika dålig signalmottagning eller systematiska avvikelser vid mätningen. I vissa fall kan också detaljobjekt behöva rengöras/fritäckas för att kunna mäta på rätt punkt.
- **Datakommunikation:** Mobiltäckningen kan bl.a. påverkas av topografin i arbetsområdet eller begränsningar i mobiltrafiken. Vid radioutsändning kan det finnas liknande begränsningar. Elektromagnetiska fält kan påverka datakommunikationen lokalt, t.ex. kraftledningar och mobilmaster. Däremot är signalbehandlingen i GNSS-mottagare ofta robusta mot sådana störningar.

Vissa av dessa påverkande faktorer illustreras i Figur 2. En kartläggning av den lokala mätmiljön bör vara del av den mätningstekniska bedömningen innan detaljmätningen påbörjas, och kan t.ex. genomföras via "skrivbordsrekognosering" av kartunderlag eller liknande. I samband med mer komplexa eller tidskrävande uppdrag kan det vara önskvärt att även rekognosera mätmiljön i fält innan detaljmätningen inleds.

Miljökategorierna i Tabell 4 kan användas för att göra en schablonmässig bedömning av hur lämplig den aktuella mätmiljön är för GNSS-mätning. Kategorierna kan exempelvis utgöra attribut eller metadata vid ajourhållning av detaljpunkter, utgångspunkter eller kontrollpunkter. De fyra kategorierna är klassificerade från A ("lätt mätmiljö") till D ("mycket svår mätmiljö") och motsvarar en samlad bedömning av begränsningar och riskfaktorer, antingen per detalj eller per område.

Vid etablering av egen referensstation utförs motsvarande rekognosering, se avsnitt 3.2.2. Vid mätning i aktiva referensnät ansvarar stationsförvaltare och tjänsteleverantör för mätmiljön vid referensstationerna, samt för monitorering av eventuella störningar p.g.a. miljöfaktorer.

Figur 2. Exempel på felkällor eller begränsande faktorer i den lokala mätmiljön: sikthinder, flervägsfel och försvagade GNSS-signaler.



Tabell 4. Miljö kategorier i samband med GNSS-mätning.

A Lätt mätmiljö	I stort sett fri sikt i alla riktningar och satellitelevationer över 15 grader, vilket garanterar god satellitgeometri. Inga reflekterande objekt eller ytor i närheten, dvs. liten risk för flervägsfel.
B Normal mätmiljö	Rimligt god sikt, eventuellt sikthinder upp till maximalt 25 graders satellitelevation i någon kvadrant. Inga särskilda åtgärder behöver vidtas för att garantera god satellitgeometri. Förekomst av enstaka reflekterande objekt och ytor medför måttlig risk för flervägsfel.
C Svår mätmiljö	Begränsad sikt upp till mellan 25–50 graders satellitelevation i en eller två kvadranter. Reflekterande objekt och ytor kan förekomma i flera riktningar. Sammantaget finns förhöjd risk för flervägsfel, korta signalavbrott och dålig satellitgeometri.
D Mycket svår mätmiljö	Mycket begränsad sikt i två eller fler kvadranter p.g.a. höga byggnader eller skymmande vegetation. Reflekterande ytor och objekt förekommer i alla riktningar. Mycket hög risk för flervägsfel, signalavbrott och dålig satellitgeometri.

3.4 Satellitgeometri och GNSS-konstellationer

Krav

- a) En övre gräns för DOP-tal ska tillämpas och redovisas.
- b) En undre gräns för satellitelevation ska tillämpas och redovisas.

Rekommendation

- c) Vid planering av lämpliga tidpunkter för mätning bör dålig satellitgeometri undvikas.
- d) Flera GNSS-konstellationer bör utnyttjas för att förbättra satellitgeometrin.

De GNSS-satelliter som används vid detaljmätningen kan ses som rörliga utgångspunkter för rovers lägesbestämning. För att lägesbestämningen ska vara möjlig förutsätts två uppsättningar kod- och bärvågsobservationer, en från rovern och en från referensstationen. Detta kräver i sin tur att rovern och referensstationen tar emot signaler från samma satelliter i respektive GNSS-konstellation. I planeringen bör utföraren därför ta hänsyn till:

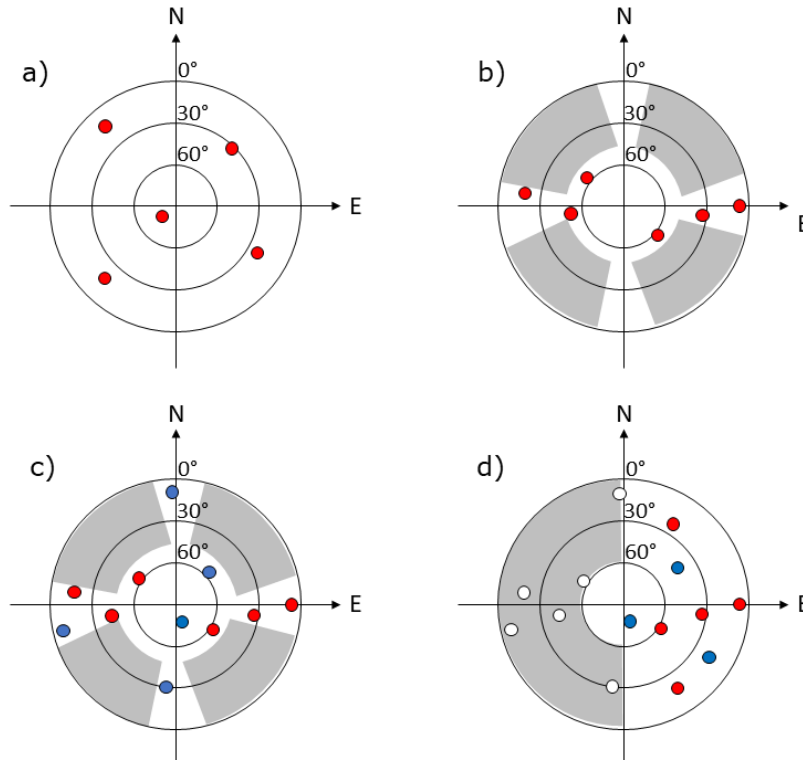
- Den förväntade satellitgeometrin, dvs. antalet satelliter och deras spridning i förhållande till rover respektive referensstation.
- Vilka GNSS-konstellationer som rover och referensstation kan hantera.

Satellitgeometri

God satellitgeometri ökar sannolikheten för en tillförlitlig lägesbestämning. Satellitgeometrins styrka kan kvantifieras med ett *DOP*-tal, ofta PDOP eller GDOP. Ett högt DOP-tal innebär att satellitgeometrin ger ett relativt stort bidrag till den totala mätosäkerheten. Ett lågt DOP-tal är därför önskvärt vid mätningen. Med satelliter på låga elevationer ökar risken att signalerna störs p.g.a. marknära objekt och den längre signalgången genom atmosfären, se Figur 3. För att undvika mätningar av sämre kvalitet behöver därför den övre gränsen för DOP-tal och den undre gränsen för satellitelevation (elevationsmasken) balanseras på lämpligt sätt.

I mätmiljöer med god sikt eller vid tillgång till flera GNSS-konstellationer kan t.ex. elevationsmasken höjas – och vice versa.

Figur 3. Olika exempel på satellitgeometri: a) god geometri trots relativt få satelliter, b) dålig geometri p.g.a. "urban canyon" trots fler satelliter än i a), c) bättre geometri än i b) tack vare tillgång till ytterligare ett GNSS-system (blå); d) sämre geometri än i c) p.g.a. obrutet sikthinder upp till 60 graders elevation, t.ex. en hög fasad eller tät skog.



Mätningar som baseras på dålig satellitgeometri kan även tas bort vid efterbearbetningen av inmätta data. Detta alternativ förutsätter dock att DOP-tal lagras tillsammans med mätningen.

Planeringsverktyg i appar eller webbtjänster kan användas för att hitta lämpliga tidpunkter för mätningen. Typiska indata till sådana verktyg är ungefärlig plats och tid för mätningen och bandatafil. I vissa planeringsverktyg kan även elevationsgräns och sikthinder anges för att få en mer realistisk bedömning med avseende på den tänkta mätmiljön.

GNSS-konstellationer

Med tillgång till fler GNSS-konstellationer – t.ex. GPS kompletterat med GLONASS, Galileo eller BeiDou – blir GNSS-mätningen mer robust. Det ökar möjligheten att mäta vid begränsade siktförhållanden och annars dålig satellitgeometri. Det ger också en bättre redundans om problem skulle uppstå med ett specifikt satellitsystem – eller i rovers hantering av detta system.

I teorin behövs minst två satelliter från respektive GNSS-konstellation för att denna ska kunna kombineras med övriga. I praktiken kan dock detta variera mellan olika roverfabrikat eftersom implementeringen av själva positionsberäkningen kan skilja sig åt.

Mätning med flera satellitsystem förutsätter också att systemspecifika parametrar hanteras på ett korrekt sätt i den aktuella rovermodellen. T.ex. behöver referensdata innehålla korrekt information om referensstationens mottagartyp för att kodobservationer med GLONASS ska kunna användas.

3.5 Atmosfärs- och väderförhållanden

Rekommendation

- a) Uppgifter som kan underlätta bedömning av jonosfärens och troposfärens påverkan bör dokumenteras.
- b) Uppgifter om jonosfärs- och troposfärsförhållanden bör inkludera informationskälla, samt vilket geografiskt område och tidpunkt som avses.

Två signifikanta felkällor eller faktorer som påverkar GNSS-baserad detaljmätning är jonosfär och troposfär. Jonosfärens och troposfärens förväntade bidrag till den totala mätosäkerheten ökar med avståndet mellan rovern och referensstationen. Detsamma gäller vid glesare avstånd mellan referensstationerna i en RTK-tjänst [10]. Dessutom kan stora och snabba variationer i jonosfärs- och troposfärsaktiviteten öka risken för hög mätosäkerhet och grova fel.

Utföraren rekommenderas att ta fram och spara information som kan ge en indikation på jonosfärs- och troposfärspåverkan i samband med mätningen. Sådan information kan vara ett stöd vid felsökning eller senare utvärdering av detaljmätningen, förutsatt att det framgår hur informationen tagits fram och vilket geografiskt område och tidpunkt som avses. Om informationen tas fram i samband med mätningen har utföraren också möjlighet att anpassa mätmetodiken.

3.5.1 Jonosfärens påverkan

Jonosfärsstörningar kan yttra sig genom:

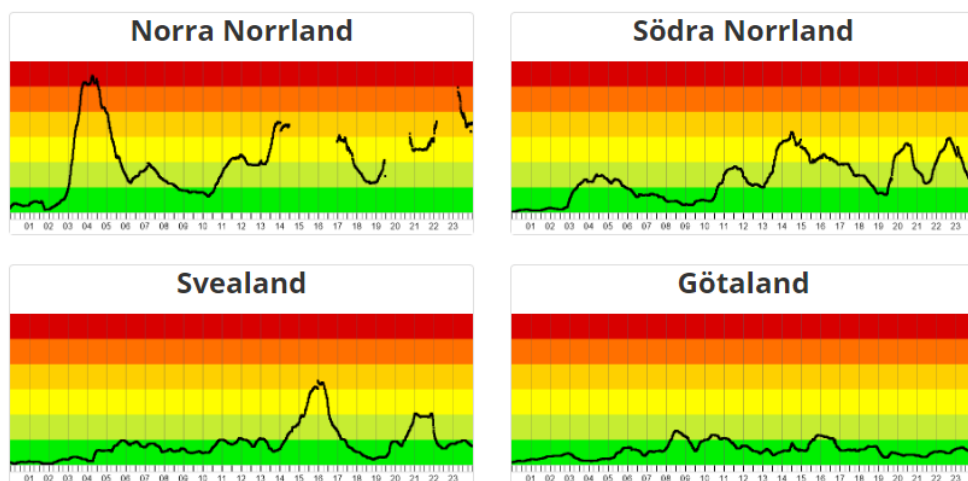
- signalavbrott eller periodbortfall (tappad faslösning)
- svårighet att få eller behålla fixlösning
- högre mätosäkerhet, framför allt vid höjdbestämning
- försvårad radio- och satellitkommunikation.

Jonosfären varierar med rådande solaktivitet samt tid och plats på jorden (latitud, årstid, och tid på dygnet). Vid GNSS-mätning kan effekten av jonosfärspåverkan delvis reduceras via mätning på fler frekvenser.

Korta avstånd mellan rovern och referensstationen minskar jonosfärens förväntade bidrag till den totala mätosäkerheten. Jonosfärspåverkan kan även modelleras och reduceras över större områden med hjälp av data från flera fasta referensstationer, vilket sker vid mätning med nätverks-RTK.

Med stöd av webbtjänster och mobilapplikationer, t.ex. [Swepos jonosfärsmonitor](#), finns det möjlighet att kontrollera och dokumentera jonosfärens påverkan i samband med detaljmätningen. Se exempel i Figur 4.

Figur 4. Swepos jonosfärsmonitor är ett stöd för att kunna uppskatta jonosfärens påverkan vid RTK-mätning. Monitoreringen sker i nära realtid, och loggas även för senare åtkomst (här dygnet 27 mars 2017).



3.5.2 Troposfärens påverkan

Troposfärsstörningar kan yttra sig genom:

- signalbortfall eller tappad bärvågslåsning
- svårighet att få eller behålla fixlösning
- högre mätosäkerhet, framför allt vid höjdbestämning
- systematiska avvikelser, inte nödvändigtvis stora men kvarstår ofta under längre tid än motsvarande jonosfärspåverkan.

Troposfären varierar med lufttryck, luftfuktighet och temperatur. Kalla, torra högtryck medför en mindre variabel troposfär. Varma, fuktiga lågtryck medför en mer variabel troposfär.

För att minimera inverkan från troposfären bör, om möjligt, mätning ske när det råder likartade väderförhållanden vid rover och referensstation. Vid mycket instabila väderförhållandena, t.ex. vid åskväder eller med frontsystem som rör sig genom arbetsområdet, kan GNSS-baserad detaljmätning vara svår genomförd.

Troposfärsfördröjningen varierar också med höjd över havet, motsvarande ca 10 mm för varje 50 meters höjdskillnad mellan rover och referensstation. I normalfallet hanteras denna skillnad automatiskt i rovern, men stora höjdskillnader över korta avstånd kan medföra en signifikant ökad mätosäkerhet. Detta gäller särskilt vid mätning med enkelstations-RTK.

Troposfärens sammansättning och variation gör den ibland svår att skilja från mätbrus. Genom att dokumentera rådande väderförhållanden i samband med detaljmätningen – t.ex. temperatur och luftfuktighet – går det dock att göra en ungefärlig bedömning av hur troposfären kan påverka GNSS-mätningen.

3.6 Mätutrustning

Krav

De GNSS-mottagare som används vid detaljmätningen

- a) ska vara specificerade för RTK-mätning.
- b) ska dokumenteras med serienummer eller motsvarande märkning.

Rekommendation

- c) Rovern bör ha kapacitet att hantera signaler från flera GNSS-konstellationer.
- d) Roverns uppdateringsfrekvens bör vara minst 1 Hz.

Med mätutrustning avses GNSS-mottagare samt kompletterande tillbehör, t.ex. lodstång, instrumentstativ, trefötter, externa GNSS-antennar, minneskort och externa batterier.

GNSS-mottagarna ska vara specificerade för RTK-mätning, dvs. kunna hantera kod- och bärvågsobservationer i realtid – helst i flera GNSS-konstellationer, se avsnitt 3.5. Rovern bör också kunna ta emot referensdata i RTCM-format om RTK-tjänster ska användas. Uppdateringsfrekvensen bör vara minst 1 Hz, vilket innebär att en ny 3D-position beräknas varje sekund.

Behovet av minneskapacitet, batterier m.m. bedöms och säkerställs före mätningen, t.ex. genom att förbereda extra minneskort, batterier

eller annan strömförsörjning. Manualer, specifikationer m.m. från instrumenttillverkaren kan ge ytterligare information om rovers prestanda, t.ex.

- vilka satellitsystem och signaler som kan hanteras
- den specificerade mätosäkerheten (observera täckningsgrad)
- vilka alternativa punktbestämningsmetoder som är möjliga (offset/skärningar, excentriska punkter m.m.)
- om GNSS-mätning kan kombineras med totalstationsmätning, t.ex. för fri stationsetablering.

GNSS-mottagare och tillbehör som kan förväntas ha signifikant inverkan på mätresultatet ska dokumenteras med serienummer eller motsvarande märkning för god spårbarhet och möjlighet till senare felsökning.

Vid användning av egen referensstation gäller riktlinjerna i detta avsnitt även referensstationens mätutrustning, liksom kraven och rekommendationerna i avsnitt 3.2.2.

3.6.1 Användning av antenmodeller

Krav

- a) Korrekta antenntyper för både rover- och referensmottagare ska tillämpas och redovisas.
- b) Vid användning av RTK-tjänst ska tjänsteleverantörens riktlinjer för antenmodeller följas.

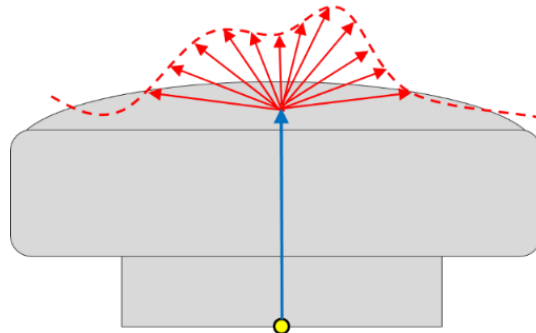
Rekommendation

- c) Absoluta antenmodeller bör användas vid mätning med enkelstations-RTK.

GNSS-antennens elektriska centrum (APC) är den skenbara punkt dit fasmätningar sker. Denna punkt varierar beroende på inkommande satellitsignaler. Eftersom variationsmönstret är unikt för varje GNSS-antenn måste APC modelleras om man vill minimera den antenberoende mätosäkerheten.

Detta sker med en *antenmodell*, som matematiskt beskriver förhållandet mellan en väldefinierad fysisk referenspunkt (*ARP*) och antennens elektriska centrum, se Figur 5. Variablerna i modellen är signalfrekvens, satellitelevation och eventuell azimuth.

Figur 5. Vektorn mellan ARP (gul punkt) och APC (röd streckad linje) delas typiskt upp i en större konstant del – fascentrumoffset (blå pil) – och en mindre variabel del – fascentrumvariationer (röda pilar).



Antennmodellerna gäller antingen för en viss typ av antenn (typkalibrering) eller en individuell antenn (individentkalibrering). Typkalibreringar ger i regel tillräckligt bra antennmodeller för vanliga geodetiska tillämpningar.

För att rätt antennmodeller ska tillämpas vid mätningen behöver korrekta antenntyper anges för både rover och referensstation. Observera att vissa antennbeteckningar i rovern beror på antennens placering på lodstång, stativ, eller annan montering.

För att en RTK-tjänst ska kunna utnyttjas på bästa sätt förutsätts att tjänsteleverantörens riktlinjer för antenner följs, t.ex. huruvida absoluta /relativa antennmodeller används eller om s.k. nollantenn ska anges för referensstationen. Tjänsteleverantören kontaktas om det råder osäkerhet kring vilken antennmodell som ska användas.

Vid mätning med enkelstations-RTK är det framför allt viktigt att referensstationens antenntyp anges i rovern, samt att absoluta och relativa antennmodeller inte blandas för rover och referensstation. Absoluta antennmodeller är dock att föredra eftersom sådana tillämpas i de RTK-tjänster som baseras på fasta referensstationer i SWEPOS.

3.6.2 Inställningar för datafångst och datafiltrering

Krav

- Vid lägesbestämning i plan ska lämplig kartprojektion tillämpas och redovisas.
- Vid lägesbestämning i höjd ska lämplig geoidmodell tillämpas och redovisas.
- De gränsvärden som används för datafiltrering och övrig egenkontroll ska redovisas.

Rekommendation

- d) Rovern bör konfigureras för vanliga toleransbaserade egenkontroller, t.ex. mätning på kontrollpunkt eller upprepad mätning.
- e) Ändringar av roverinställningar bör utföras med försiktighet och enligt tillverkarens rekommendationer.

Referenssystem och transformationer

Vid realtidsmätning definieras kartprojektion och geoidmodell i rovern för att korrekta koordinater och höjder ska kunna visas och registreras direkt vid detaljmätningen.

Om detaljmätningen sker i SWEREF 99 används vanligen den *projektionszon* som överensstämmer bäst med arbetsområdet, se HMK-Geodetisk infrastruktur 2021, avsnitt 3.1. Geoidmodeller för RH 2000 finns tillgängliga för olika instrumentfabrikat via [Lantmäteriets webbplats](#).

Om koordinater eller höjder ska registreras i ett lokalt referenssystem används lämplig koordinattransformation. Transformationssamband tillhandahålls av stomnätförvaltare eller bestäms empiriskt i samband med detaljmätningen, dvs. som inpassning. Restfelsmodell kan vara aktuell om detaljmätningen sker i ett inhomogent lokalt referenssystem. Vid användning av lokal inpassning eller restfelsmodell i fält sker interpolationen per automatik beroende på var i transformationens/modellens giltighetsområde som rovern befinner sig. Riktlinjer för lokal inpassning i plan och andra transformationer ges i avsnitt 4.4.4.

Attribut och användning av fördefinierade mallar

Rovern konfigureras för att registrera mätningar med alla nödvändiga attribut enligt kravspecifikationen, men också för att möjliggöra datafiltrering eller annan typ av analys. Här följer exempel på sådant som kan registreras vid mätning:

- tidsstämpel
- punkt-ID
- punktkod (objekttyp)
- referenssystem + kartprojektion
- 3D-koordinater (XYZ/LLE)
- kartografiska koordinater (N, E, Höjd)
- geoidhöjd + geoidmodell
- antennhöjd
- antenntyp
- antal epoker

- antal satelliter
- satellitsystem
- DOP-tal
- typ av lösning (fixlösning/flyt/autonom)
- referensstation (ID, baslinjelängd)
- kvalitetsindikator 1D/2D/3D ("CQ", RMS-värde etc.)
- källa för referensdata (mountpoint)
- automatisk lutningskompensation (ja/nej).

De bakgrundskartor, stompunktsdata, kodlistor, formatmallar m.m. som behövs för arbetet importeras till rovern. Väldefinierade kodlistor och formatmallar minskar risken för inkorrekta attributdata vid mätning och underlättar överföring av mätdata till databaser och geografiska informationssystem. Genom att använda färdiga konfigurationer ("mätprofiler") minskar också behovet att kontrollera och justera inställningar i rovern under arbetets gång. Ändringar av sådana inställningar som kan påverka mätresultatet bör utföras med försiktighet och enligt tillverkarens rekommendationer.

Gränsvärden för datafiltrering och egenkontroll

Gränsvärden konfigureras i rovern för att möjliggöra datafiltrering och andra egenkontroller. Datafiltrering innebär att en GNSS-mätning inte registreras av rovern såvida inte vissa kriterier är uppfyllda. Att definiera lämpliga gränsvärden/kriterier är särskilt viktigt vid mätning under förhållanden där det finns en signifikant risk för grova fel. Ofta är en kombination av varning och manuellt godkännande en lämplig lösning vid realtidsmätning.

Även om datafiltrering vanligtvis tillämpas i realtid går det ofta att analysera och filtrera mätdata i efterhand. Detta kan exempelvis vara önskvärt vid detaljmätning med längre mättider. Enskilda registrerade 3D-positioner som bedöms vara av sämre kvalitet kan då tas bort innan definitiva koordinater för detaljpunkten bestäms genom medeltalsbildning. Här följer några exempel på gränsvärden/kriterier som kan vara aktuella att konfigurera i rovern, med typvärden enligt Tabell 5 :

- **Gräns för kvalitetsindikator:** roverns (interna) skattning av mätosäkerheten i 1D, 2D eller 3D. Eftersom alla bidrag till den faktiska mätosäkerheten inte inkluderas i detta mått kan det ibland vara orealistiskt lågt. Detta gäller särskilt vid mätning i utmanande miljöer, med flervägsfel etc. Kvalitetsmåttets täckningsgrad kontrolleras i roverns specifikation/manual.

- **Gräns för DOP-tal:** Mätningar som genomförs vid dålig satellitgeometri är generellt av sämre kvalitet. En övre gräns för DOP-tal anges.
- **Gräns för satellitelevation:** Inkommande satellitsignaler på låga elevationer har längre gångväg genom atmosfären och är därför generellt av sämre kvalitet. En undre gräns för satellitelevation anges för att kunna exkludera dessa från positionsberäkningen. Vid val av gränsvärde är det viktigt att DOP-talet fortfarande är acceptabelt.
- **Toleranser för kontrollmätning:** Används vid egenkontroll enligt avsnitt 4.3.1. För att upprepade mätningar ska kunna jämföras krävs vanligen att samma punktbeteckning anges i rovers programvara.
- **Typ av positionslösning:** Under detaljmätning kan GNSS-mottagaren konfigureras för att endast acceptera en viss lösningstyp, eller på annat sätt visa information om positionslösningen. Exempel på olika typer av positionslösningar är autonom lösning (utan referensdata), kodlösning (DGNSS), flytlösning och fixlösning.

Tabell 5. Typiska parametervärden för datafiltrering i GNSS-mottagare.

Kvalitetsindikator	Högsta standardosäkerhet väljs ofta i intervallet 3–5 cm (i höjd ca 1,5–2 gånger högre än i plan), men bör bestämmas erfarenhetsmässigt för det aktuella roverfabrikatet.
DOP-tal	Högsta PDOP ≤ 4 . I lättare mätmiljö kan gränsen sättas lägre.
Satellitelevationer	Lägst elevation för att använda enskilda satelliter ca 10–15 grader. Med fler satelliter-/satellitesystem kan denna gräns höjas.
Tolerans vid kontrollmätning	En vanlig tolerans vid kontrollmätning är två gånger standardosäkerheten, vilket ger minst 95 % konfidens i plan respektive höjd.
Typ av positionsberäkning	I normalfallet accepteras endast fixlösning för RTK-mätning.

3.6.3 Instrumentservice och funktionskontroll

Krav

- a) Rovern och övrig mätutrustning ska underhållas enligt tillverkarens rekommendationer.
- b) Innan detaljmätning påbörjas ska utföraren verifiera att rovern är i funktionsdugligt skick och att alla inställningar är korrekta.

Rekommendation

- c) Funktionskontroll bör ske med GNSS-antennen fast monterad eller uppställd på stativ.

Underhåll och service

Eftersom GNSS-mottagare innehåller elektroniska komponenter och andra mer eller mindre känsliga delar så ska handhavande och underhåll ske med varsamhet. Produktspecifikationen anger under vilka miljömässiga förhållanden som mätning är lämplig. I underhållet ingår att se till att mätinstrumentet, inklusive kontakter, kablage, batterier m.m. är hela, rena och torra. Dessutom förutsätts att uppdateringar av antenmodell, firmware m.m. har gjorts enligt tillverkarens/återförsäljarens rekommendationer.

Auktoriserad service av GNSS-mottagare utförs regelbundet, enligt tillverkarens rekommendationer, och dokumenteras med serviceprotokoll, certifikat eller liknande.

Funktionskontroll

Syftet med funktionskontroll är att verifiera att rovern har korrekta inställningar (projektionsparametrar, geoidmodell m.m.) samt att dess funktion i övrigt är anpassad till uppdraget. Funktionskontrollen kan t.ex. inkludera test av anslutning mot RTK-tjänst, test av lutningskompensator eller test av att korrekta attribut registreras.

Funktionskontrollen utförs lämpligen på en välbestämd kontrollpunkt, se avsnitt 3.2.3. Varaktigt etablerad kontrollpunkt med möjlighet till fast montering av GNSS-antennen kan vara lämplig vid behov av återkommande funktionskontroller. I annat fall rekommenderas uppställning på stativ för att kunna minska osäkerheten i centrerings och antennhöjdsbestämning.

3.6.4 Tillbehör vid mätning

Krav

- a) Tillbehör som används för centrering, lodning och höjdbestämmning ska hållas i gott skick och kontrolleras regelbundet.

En ofta förbisedd aspekt vid detaljmätning är statusen på de tillbehör som används vid exempelvis centrering och lodning, t.ex. instrument-stativ, trefötter och lodstänger.

Tillbehören kräver regelbunden kontroll och underhåll för att inte ge signifikanta bidrag till mätosäkerheten enligt avsnitt 2.2. Kontroll sker förslagsvis:

- före och efter varje mätningssupdrag
- efter längre transporter
- eller en gång per vecka.

Lodstänger

Följande egenskaper kan kontrolleras på lodstänger:

- **Teleskopfunktion.** Kontrollen av lås och höjdgradering. Låset bör åtminstone tåla mindre ”ryck och tryck” i lodstångens längdriktning. Graderingen ska överensstämma med den faktiska höjden och eventuella fasta låslägen på stängen.
- **Doslibell.** Kontroll av libellen kan utföras genom att rätta upp lodstången och centrera bubblan i libellen, med hjälp av stödben, stativ, en fot till lodstången eller en fixtur för kontroll av stången. Om lodstången vrids 180 grader ska större delen av bubblan stanna kvar inom cirkeln. Annars behöver doslibellen justeras. Alternativt kan en extern stångriktare, med en kalibrerad libell, fästas på stången. Båda libellerna ska vara inom cirkeln när stången är lodad, annars behöver stångens doslibell justeras.
- **Lodstångens raket,** dvs. om centrum på stångens topp är rakt ovanför fotens/spetsens centrum. Rakheten kontrolleras med jämna mellanrum genom att montera stången i en fixtur och flytta en stångriktare längs stången. Snedslitning av stången förekommer oftare i de fall stängerna inte är runda. Att lägga och rulla stången på en planskiva kan också ge en visuell kontroll av om stången är rät.
- **Spetsen på lodstången.** Spetsen slits med användningen och kan efter ett tag ge en signifikant avvikelse i höjd. Stångens längd bör därför kontrolleras med jämna mellanrum.

Om automatisk lutningskompensator används vid mätning där antennen/lodstången lutar bör kompensatorns funktion/specifikation verifieras genom funktionskontroll, samt i samband med service.

Instrumentstativ

För att möjliggöra stabil uppställning och enkel användning måste teleskopfunktionen och låsfunktionen vara smidiga och tillförlitliga. Inga glapp får förekomma i fästpunkter vid stativfoten eller vid stativplattan. Fästskruvarna för stativbenen ska vara funktionella.

Stativ kan vara tillverkade av olika material som t.ex. trä, kolfiber eller aluminium vilket påverkar stativets egenskaper och livslängd. Olika material påverkas också olika av temperaturförändringar, vilket kan behöva beaktas vid noggrannare tillämpningar. Slitna och instabila stativ ska aldrig användas vid geodetisk mätning.

Trefötter och lod

För att undvika centreringsfel vid uppställning över markerad punkt är det viktigt att även trefotens libell och lod är korrekt justerade. Loden kan vara optiska eller laserbaserade. Ett fel i dessa kan innebära en excentrisk uppställning. Libell och lod kontrolleras enklast i en testbänk och justeras så att centreringsfelet underskrider 1 mm.

Lod kan också kontrolleras enligt följande:

- Ställ upp stativet och horisontera trefoten över ett pappersark på marken.
- Markera hårkorsets/laserstrålens läge på arket.
- Vrid därefter successivt trefoten på stativet en tredjedels varv runt sin axel och fortsätt markera hårkorsets läge på arket.
- Trefotens konturer bör markeras för att axelvridningen ska bli korrekt. Om markeringarna på pappersarket avviker mer än 1–2 millimeter så krävs justering av lodet.

Trefotens horisonteringsskruvar och låsfunktion kontrolleras så att inget glappar. Vid behov byts slitna eller ej justerbara delar ut – eller också kasseras trefoten.

Övriga tillbehör

Övriga tillbehör vårdas och kontrolleras på lämpligt sätt, t.ex.

- batterier och batteriladdare
- minneskort
- lodstångsfötter
- trefotsadaptar

- måttband
- distometer/laserlängdmätare
- kamera
- digital doslibell
- IMU-modul

3.7 Bedömning av förväntad mätosäkerhet

Krav

- En preliminär bedömning ska göras av vilken mätosäkerhet som kan förväntas vid detaljmätningen.

Innan detaljmätning påbörjas ska utföraren ha gjort en preliminär bedömning av vilken mätosäkerhet som kan förväntas med den tänkta mätmetoden och med användning av tillgänglig geodetisk infrastruktur. Detta behövs bl.a. för att avgöra metodval, samt för att kunna fastställa lämpliga toleranser för kontroller vid GNSS-mätningen.

Den förväntade mätosäkerheten är beroende av en mångfald faktorer/parametrar, se avsnitt 2.2. En realistisk bedömning sker enligt en av två huvudsakliga principer [1]:

- Typ A-bedömning av mätosäkerhet, där variationen i mätdata från faktiska RTK-mätningar analyseras.
- Typ B-bedömning av mätosäkerhet, som bl.a. omfattar schablonskattningar, tidigare fältundersökningar, eller uppgifter från specifikationer eller kalibreringar.

För mindre uppdrag är det i de flesta fall tillräckligt med en preliminär bedömning enligt Typ B. Vid större eller mer komplexa uppdrag kan en kombination av både typerna vara berättigad.

Vid mätning med enkelstations-RTK kan en schablonbedömning (Typ B) göras utifrån en instrumentspecifikation. Vid mätning med nätverks-RTK kan motsvarande bedömning ske med hjälp av information från tjänsteleverantör eller schablonuppgifter enligt Bilaga D. Lägesosäkerhet i utgångspunkter inkluderas i den mån detta krävs för uppdraget, t.ex. vid krav på noggrann georeferering i SWEREF 99.

Ett exempel på Typ A-bedömning av mätosäkerhet är den metodik som beskrivs i ISO-standarden 17123-8 [5]. Denna metodik förutsätter inbördes bestämning av två kontrollpunkter med låg relativ osäkerhet. Standarden föreslår vidare två olika testförfaranden som utföraren väljer utifrån uppdragets krav och omfattning (fullständigt eller förenklat test).

Andra metoder för preliminär bedömning av mätosäkerhet beskrivs i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.3, samt i den tekniska specifikationen SIS-TS 21143:2016 [12]. Detta är mer omfattande undersökningar och lämpar sig därför främst för uppdrag med relativt stor mätinsats i ett väl avgränsat område, t.ex. i samband med bygg- och anläggningsprojekt. Mätosäkerheten skattas i detta fall genom mätningar på ett antal kontrollpunkter i arbetsområdet. Relativt få kontrollpunkter kan kompenseras med fler oberoende kontrollmätningar på varje punkt, gärna under växlande mätförhållanden, satellitgeometri etc.

Den preliminära bedömningen är inte ett kvitto på vilken faktisk mätosäkerhet som kommer att uppnås i enskilda detaljer. Detta behöver istället verifieras under eller efter detaljmätningen. Vanligtvis krävs oberoende kontrollmätningar för att uppnå tillräcklig kontrollerbarhet, se avsnitt 4.3.1 och Bilaga C.2.

4 Genomförande av detaljmätning

Genomförande av detaljmätning avser både inmätning och utsättning om inte annat framgår av avsnittsrubriken. Andra handböcker kan vara aktuella i den mån GNSS kombineras med andra mättekniker, t.ex. HMK-Terrester detaljmätning 2021.

4.1 Innan detaljmätningen inleds

Innan detaljmätningen inleds kontrolleras att registrering av mätdata sker på önskad minnesenhet, till rätt datafil, i rätt dataformat m.m. Om detaljerna ska efterberäknas sparas rådata (kod- och bärvågsobservationer) i rovern. I övrigt förutsätts:

- att resurser i form av mätutrustning, personal och transportmedel har säkerställts och att mättingsinstruktioner finns tillgängliga
- att geodetisk infrastruktur finns tillgänglig för anslutning och kontroll, och att eventuell komplettering av utgångspunkter och kontrollpunkter har utförts
- att mätutrustningen har kontrollerats och konfigurerats ändamålsenligt i förhållande till uppdragsbehoven, samt i övrigt enligt rekommendationerna i avsnitt 3.6.
- att alla medverkande känner till hur och när egenkontroller ska tillämpas.

4.1.1 Centrering och höjdbestämning

Krav

- a) Om stativ med trefot används ska antennhöjden bestämmas före och efter detaljmätningen.
- b) Antenntyp och antennhöjd ska anges/kontrolleras i GNSS-mottagaren innan detaljmätningen påbörjas.
- c) Om excentrisk punktbestämning genomförs ska detta redovisas i metodbeskrivning eller i punktattribut.

Rekommendation

- d) Stativ eller lodstångsstöd bör användas när centreringsosäkerheten utgör en signifikant del av den totala mätosäkerheten.
- e) Fysiska eller miljömässiga förhållanden som kan påverka centreringen eller antennhöjden under mätningen bör beaktas.

Centrering och höjdbestämning syftar till att säkerställa rover-antennens läge i förhållande till detaljpunkten. Antennhöjd och antenntyp ska anges/kontrolleras i rovern inför varje ny mätning. I samband med detta bör även lokala förhållanden vid detaljpunkten beaktas, t.ex. kraftig vind, mjukt underlag eller risk för markrörelser.

Vid användning av lodstång fixeras antennen på lämplig höjd på stången, vilket vanligen är ca två meter om detaljerna finns nära marknivå. Horisontering av lodstången sker sedan med hjälp av doslibell eller liknande.

Det finns även mätinstrument med inbyggd lutningskompensator som beräknar och kompenserar för stångens lutning vid beräkningen av koordinater. Denna funktion baseras på IMU-sensorer som kräver att stången är i rörelse för att sensorerna ska aktiveras. Det gör att det inte vid användning av lutningskompensator går det alltså inte att medeltalsbilda 3D-positioner för att reducera mätbruset. Detta - liksom att osäkerheten för lutningskompenseringen ökar med lutningen - är faktorer att ta hänsyn till vid användning av lutningskompensator. Se instrumentspecifikationen för uppgifter om osäkerhet vid användning av lutningskompensator.

Vid användning av stativ och trefot sker uppställning över detaljpunkten enligt praxis för den aktuella antenntypen, t.ex. med lämplig adapter mellan trefot och antenn, samt eventuell orientering av antenn. Antennhöjden bestäms före och efter detaljmätningen, och kontrolleras inbördes. Se även HMK-Stommätning 2021.

Excentrisk punktbestämning är aktuell när antennen inte kan centreras över detaljpunkten. Detta kan t.ex. utföras som inbindning via längdmått till två hjälppunkter som mäts in med rovern. Längdmätningen görs då med totalstation, distometer eller måttband beroende på krav, och hjälppunkterna markeras temporärt. Vid mindre excentriciteter kan punktbestämningen också ske med hjälp av automatisk lutningskompensation enligt ovan. Höjd-, längd- och vinkelmått som används för att definiera den excentriska punktbestämningen bör sparas som attribut vid mätningen.

Standardosäkerheten vid lodning av en två-meters lodstång är ca 15 mm om centreringen utförs utan hjälp av stödben. Om centreringsosäkerheten utgör en signifikant del av den totala mätosäkerheten (mer än cirka en tredjedel) används stödben för lodstången eller stativ med trefot. Standardosäkerheten kan reduceras med två tredjedelar - till ca 5 mm - om stödben används. Med stativ och trefot kan centreringsosäkerheten anses försumbar om kontrollerat/justerat lod används.

4.1.2 Anslutning och initialisering

Krav

- a) Detaljmätningen ska ske med fixlösning, antingen genom initialisering i realtid eller via efterberäkning.

Rekommendation

- b) Eventuella problem vid initialiseringen bör dokumenteras.
- c) Vid efterberäkning bör tidpunkt och ungefärlig roverposition noteras för att underlätta beställning av virtuell RINEX.

Anslutning till referensstation eller RTK-tjänst sker efter att rovern fått en första ungefärlig (autonom) position, dvs. efter att rovern har låst mot satellitsignalerna.

Om RTK-tjänst används sker överföring av referensdata enligt tjänsteleverantörens instruktioner. Vissa realtidstjänster kräver en ungefärlig position för att referensdata ska kunna beräknas och överföras till rovern. Likaså kan roverposition och tidpunkt krävas för att virtuell RINEX ska kunna genereras vid efterberäkning.

Initialisering, dvs. beräkning av fixlösning, inleds när rovern tar emot referensdata. Ungefärlig tid för initialisering anges i mätinstrumentets specifikation/manual, men detta påverkas bl.a. av mätförhållanden, avståndet till referensstation(er) och mobil-/radiotäckningen. Om orsaken till långa initialiseringstider inte är uppenbar – sett till plats och rådande mätförhållanden – bör detta dokumenteras som stöd vid eventuell felsökning.

Detaljmätningen påbörjas när rovern erhållit fixlösning. Även vid efterberäkning ska fixlösning tillämpas, såvida inte motsvarande mätosäkerhet kan påvisas för annan typ av lösning.

4.2 Mätmetodik

Mätmetodiken anpassas till kraven och de rådande förutsättningarna för att få en lämplig balans mellan kvalitet och produktivitet.

Atmosfärsstörningar, flervägsfel och dålig satellitgeometri bidrar till större mätosäkerhet och ökad risk för grova fel i lägesbestämningen. En mer "robust" mätmetodik kan bl.a. åstadkommas genom:

- **Längre observationstider med medeltalsbildning**, vilket reducerar effekten av slumpmässig mätosäkerhet vid detaljmätningen, dvs. den kortvägiga variation som ibland kallas "mätbrus".

- **Upprepade mätningar**, där *tidsseparation* tillämpas mellan mätningarna för att minska deras inbördes korrelation. Se vidare i avsnitt 4.2.2.
- **Datafiltrering**, vilket reducerar andelen epoker av sämre kvalitet, se avsnitt 3.6.2. T.ex. medför **högre** gränsvärde för satellitelevation och **lägre** gränsvärde för DOP-tal att en större andel mätningar filtreras bort.

Alternativa mättekniker bör dock övervägas om produktiviteten sjunker, t.ex. om fixlösningen är instabil eller om många detaljmätningar riskerar att filtreras bort p.g.a. bristfällig kvalitet.

Kvaliteten i inmätta detaljer verifieras antingen genom toleransbase-
rade egenkontroller enligt avsnitt 4.3.1, eller genom leveranskontroll enligt Bilaga C.2.

4.2.1 Registrering och medeltalsbildning

Krav

Inmätning med RTK ska

- utföras statiskt eller som "stop-and-go".
- registreras med tidsangivelse.

Rekommendation

- Inmätning med RTK bör baseras på minst 5 medeltalsbildade 3D-positioner.

Inmätning med RTK utförs stillastående – statiskt eller som "stop-and-go" – genom att rovern registrerar en sekvens av 3D-positioner. Dessa positioner kan medeltalsbildas direkt i rovern, antingen baserat på antalet positioner eller över ett fixt tidsintervall från mätstart. Om inmätningen bearbetas i efterhand så kan eventuellt medeltalsbildningen utföras efter utförd kvalitetskontroll och datafiltrering. En inmätning bör dock alltid baseras på minst 5 medeltalsbildade 3D-positioner. Det ska finnas en tidsstämpel för varje registrerad position eller start- och sluttid för hela inmätningen.

Exempel: Rovern kan konfigureras att registrera mätningar som baseras på medeltalsbildning av ett fixt antal 3D-positioner, t.ex. 30 stycken. Alternativt kan ett tidsintervall tillämpas, t.ex. 30 sekunder. Med en uppdateringsfrekvens på 1Hz skulle 30 positioner förväntas i detta fall. Men eftersom bortfall kan förekomma p.g.a. datafiltrering eller tappad fixlösning kontrollerar utföraren att åtminstone 5 positioner registreras under tidsintervallet.

4.2.2 Upprepad mätning med tidsseparation

Krav

Upprepad mätning

- a) ska endast utföras på väldefinierade detaljer/punkter.
- b) ska ske med tillräcklig tidsseparation och med ny fixlösning.
- c) ska kontrolleras mot specificerad tolerans innan mätningarna medeltalsbildas.

Rekommendation

- d) Vid behov av god kontrollerbarhet i mätprocessen bör upprepade mätning övervägas.
- e) Vid detaljmätning i plan bör tidsseparationen vara minst 15 minuter.
- f) Vid detaljmätning i höjd bör tidsseparationen vara minst 30 minuter.
- g) Vid upprepade mätning bör detaljerna mätas in i samma inbördes ordning för att få god tidsseparation mellan mätningarna.

Upprepade mätning innebär att två eller fler inmätningar utförs på samma detaljpunkt, med inbördes tidsseparation. Inmätningarna – som var och en baseras på medeltalsbildade 3D-positioner – kan därefter medeltalsbildas förutsatt att den specificerade toleransen för den inbördes kontrollen uppfylls, se avsnitt 4.3.1.

Upprepade mätning är ett sätt att integrera egenkontroll i mätprocessen så att t.ex. grova fel lättare kan upptäckas och mätosäkerhet kan verifieras för enskilda detaljpunkter. Detta ska inte förväxlas med stickprovskontroll vid ett separat tillfälle, som ofta utförs med en mindre osäker mätmetod än den ursprungliga detaljmätningen.

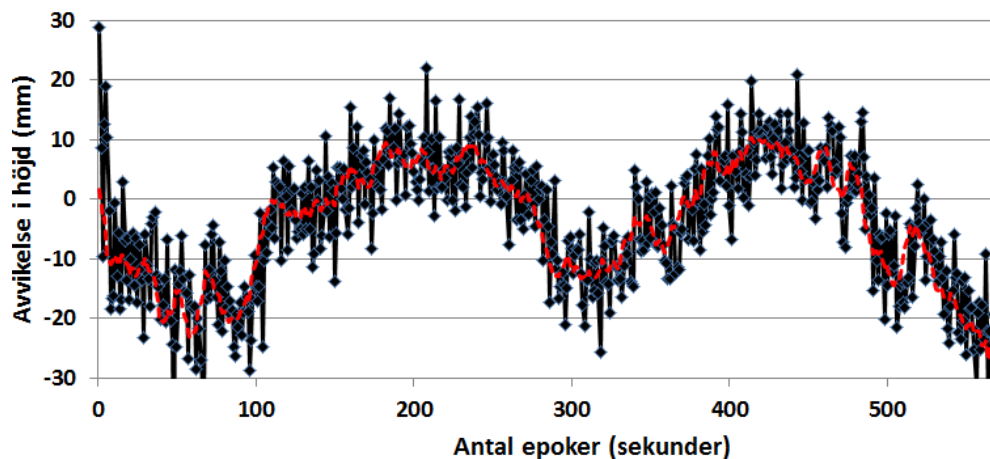
En förutsättning för upprepade mätning är att detaljpunkten eller kontrollpunkten är tillräckligt väldefinierad. Vid behov åstadkoms detta genom markering i samband med första inmätningen. Vidare förutsätts att de ingående mätningarna utförs på enhetligt sätt med avseende på observationstid, centrerings m.m.

Syftet med tidsseparation mellan de upprepade mätningarna är att erhålla statistiskt oberoende mätningar och därmed möjliggöra bättre hantering av den systematiska delen av mätosäkerheten (den långvågiga variationen). Om tidsseparationen är för kort finns risk att endast den slumpmässiga delen av mätosäkerheten (den kortvågiga

variationen) beaktas. Skattningen av mätosäkerheten kan då bli alltför optimistisk. [6] [7]

Lämplig tidsseparation kan variera från några minuter till en timme, bl.a. beroende av avstånd till referensstation, atmosfärsstörningar och satellitgeometri. Som en tumregel bör tidsseparationen alltid vara längre än "våglängden" i den långvågiga variationen – om en sådan kan urskiljas, se Figur 6. Dock rekommenderas minst 15 minuter vid detaljmätning i plan och minst 30 minuter vid detaljmätning i höjd. Tidsseparationen utökas om satellitgeometrin blir sämre (höga DOP-tal) eller om avståndet till referensstationen ökar. Vid långa mättider kan syftet med tidsseparationen uppnås även utan upprepade mätning. [8]

Figur 6. En sekvens av RTK-mätta höjdvärden i förhållande till ett referensvärde. Den röda linjen motsvarar ett rullande medelvärde över fem sekunder. Den långvågiga variationen har här en "våglängd" på ca 4-5 minuter.



4.3 Egenkontroller vid detaljmätning

Egenkontroller omfattar både toleransbaserade jämförelser av mätningar och rutinmässig "vaksamhet" i samband med detaljmätningen.

Vid eventuella kontrollmätningar eller ommätningar tillämpas om-initialisering. Observera att om-initialisering inte ersätter behovet av tidsseparation, eftersom tillgängliga satelliter, mätmiljö, atmosfärsförhållanden m.m. kan förväntas vara relativt oförändrade jämfört med den första mätningen.

4.3.1 Toleransbaserade kontroller

Krav

- a) De toleranser som tillämpas ska redovisas.
- b) Om angiven tolerans överskrids ska åtgärden redovisas.

Rekommendation

- c) Toleransmått bör baseras på den förväntade mätosäkerheten.

Toleransbaserade kontroller används för att kontrollera detaljpunkternas kvalitet och minska risken för grova fel. Storleken på toleransmåttet är lämpliga att basera på den mätosäkerhet som förväntas för mätmetoden. Vid jämförelse med kända punkter/mått bör lägesosäkerheten för dessa beaktas om den bedöms vara signifikant i förhållande till mätosäkerheten, se exempel i avsnitt 3.2.3.

Tabell 6 visar hur toleransmått kan definieras i samband med vanliga egenkontroller. Variablerna i tabellen betecknas enligt följande:

- T_{95} är toleransen för egenkontrollen. Den antas gälla minst 95 % av alla mätningar/avvikelser i plan respektive höjd och motsvarar alltså en varningsgräns enligt *HMK:s 3-nivåprincip*.
- u_d är detaljmätningens förväntade mätosäkerhet, inklusive osäkerheten i centreringen. Vid upprepade mätning kan krav på lägesosäkerheten anges som den förväntade mätosäkerheten.
- u_k är kontrollmätningens förväntade mätosäkerhet, inklusive osäkerhet i centrering (vid mätning i plan) eller geoidhöjd (vid höjdmätning på punkt som inte är GNSS-bestämd).
- u_p är kontrollpunktens lägesosäkerhet i aktuellt referenssystem.

Ommätning eller motsvarande åtgärd utförs när angiven tolerans överskrids. Om detta sker flera gånger bör orsaken utredas med hjälp av en oberoende kontrollmetod. Eventuella avvikelser och åtgärder dokumenteras vid behov.

Dessa toleranser ska ses som tumregler och är lämpliga för egenkontroll och kvalitetsskattning av enskilda detaljpunkter. Vid kvalitetskontroll av en större mängd detaljpunkter är en statistiskt mer stringent metod att föredra, se Bilaga C.2.

Tabell 6. Tumregler för toleranser vid vanliga egenkontroller.

	Typ av egenkontroll	Krav/förutsättning	Rekommenderad tolerans, T_{95}
I	Mätning på kontrollpunkt för GNSS.	Kontrollpunkten felfri i förhållande till kontrollmätning. Osäkerheter i centrering och geoidhöjd eliminerad.	$T_{95} = 2 \times u_k$
II	Mätning på kontrollpunkt som inte är GNSS-bestämd.	Kontrollpunktens osäkerhet ska inte överskrida förväntad mätosäkerhet.	$T_{95} = 2 \times \sqrt{u_k^2 + u_p^2}$
III	Separat kontrollmätning (medeltalsbildas ej med den ursprungliga mätningen).	Om $u_k \approx u_d$ Om $u_k \ll u_d$	$T_{95} = 3 \times u_d$ $T_{95} = 2 \times \sqrt{u_d^2 + u_k^2}$
IV	Dubbelmätning (med medeltalsbildning om tolerans uppfylls).	Samma centreringsmetod används vid båda mätningarna.	$T_{95} = 4 \times u_d$
V	Trippelmätning (med medeltalsbildning om tolerans uppfylls).	Samma centreringsmetod används vid de tre mätningarna.	$T_{95} = 5 \times u_d$

4.3.2 Faktorer att beakta under RTK-mätning

Rekommendation

- a) Problem/avvikelser under mätningen som signifikant kan påverka mätresultat eller uppföljning bör dokumenteras.

För att själv kunna göra en kvalitetsbedömning av mätningen, underlätta felsökning och minimera risken för grova fel är det viktigt att både uppmärksamma yttre omständigheter och sådan information som kan presenteras i rovers fältdator, t.ex.

- **Bortfall eller fördröjning av referensdata:** Om referensdata fördröjs (> 2–3 sekunder) eller förloras (> 30–35 % av data) vid överföringen till rovern kan det medföra större mätosäkerhet och/eller svårighet att initialisera och behålla fixlösning under mätning. [8] Stora avstånd till mobilmaster, ogynnsam topografi eller förekomst av elektromagnetiska störningar kan påverka dataöverföringen, liksom driftsproblem i eventuell RTK-tjänst.
- **Signalkvalitet:** Kvaliteten på inkommande satellitsignaler påverkas bl.a. av atmosfär, flervägsfel och sikthinder (t.ex.

lövverk). Signalkvalitet redovisas med s.k. SNR-tal (*Signal-to-noise Ratio*), som beskriver förhållandet mellan signal och brus. Låga SNR-tal kan indikera problem med vissa satellitobservationer.

- **Övriga kvalitetsparametrar:** Om DOP-tal, RMS-värden eller andra kvalitetsparametrar försämrats så kan detta bero på yttre mätförhållanden. Tappad fixlösning eller lång initialiseringstid indikerar ökad risk för felaktigt bestämd fixlösning.

Problem eller avvikelser som bedöms påverka mätningen på ett signifikant sätt bör dokumenteras, t.ex. med tidpunkt, följd effekter och vidtagna åtgärder.

4.4 Exempel på tillämpningar

4.4.1 Inmätning med varierande krav på lägesosäkerhet

Rekommendation

- a) Rovern bör vara konfigurerad för kontroller med olika toleransmått, baserat på de olika krav på lägesosäkerhet som är aktuella för uppdraget.
- b) Vid upprepad mätning bör detaljerna mätas in i samma inbördes ordning för att få god tidsseparation mellan mätningarna.

I samband med uppdrag där olika objekttyper har varierande krav på lägesosäkerhet och/eller kontrollerbarhet kan det vara lämpligt att genomföra mätningen sekventiellt, t.ex. enligt följande princip:

1. Inmätning av alla detaljer, där mättiden anpassas till kvalitetskraven. Datafiltrering tillämpas enligt avsnitt 3.6.2. Stödben för lodstång används för detaljer med krav på låg lägesosäkerhet i plan. Detaljer som ska mätas in flera gånger registreras med namn/attribut som visar detta. Temporär markering av detaljer utförs om detaljerna inte kan identifieras tillräckligt entydigt.
2. Upprepad inmätning utförs på detaljer med högre krav på lägesosäkerhet eller kontrollerbarhet. Samma centreringsmetod används som vid den första inmätningen. Toleransbaserad egenkontroll utförs enligt avsnitt 4.3.1. Detaljerna mäts in i samma ordning som tidigare för att erhålla god tidsseparation mellan alla mätningar.

3. Ytterligare upprepade mätningar utförs tills alla detaljer uppfyller ställda krav på lägesosäkerhet och kontrollerbarhet. Alternativt kontrolleras en delmängd enkelmätta detaljer genom separat kontrollmätning.

4.4.2 Utsättning

Krav

- a) Underlaget för utsättningen ska kontrolleras och verifieras innan detaljmätningen påbörjas.
- b) Kontrollinmätning ska utföras för att verifiera utsättningens kvalitet.

Rekommendation

- c) Stomnätets/primärnätets kvalitet bör utvärderas före utsättning.

Utsättning av detaljer för byggnader, långsträckta anläggningsobjekt, fastighetsgränser m.m. kan göras med RTK under förutsättning att lägesosäkerhet och kontrollerbarhet kan uppnås på lämpligt sätt. Eftersom utsättningsfel kan medföra stora ekonomiska konsekvenser, finns det anledning att noggrant kontrollera utgångsdata inför en utsättning. Lika viktig är kontrollen av de faktiskt utsatta punkterna inför leverans, där kontrollförfarandet ska anpassas till de konsekvenser en felutsättning kan få.

I förberedelserna vid utsättning ingår bl.a. att:

- Ta reda på vilka ritningar och övriga handlingar som är gällande.
- Kontrollera hur mått har angetts.
- Undersöka vad byggnadsbeskrivningen anger beträffande utsättning, t.ex. toleranser.
- Utvärdera stomnätets/primärnätets kvalitet och skick.
- Klargöra kraven på dokumentation och befästning/markering.
- Kontrollera och justera den mätutrusning som ska användas vid utsättningen enligt avsnitt 3.6.

För själva utsättningsmomentet gäller:

- Sätt ut detaljer med höga krav på inbördes läge från samma fysiska eller virtuella referensstation.
- Säkerställ att produkttoleransen för utsättningen kan uppfyllas med god marginal, eftersom mättoleransen bara är en del av

den totala produkttoleransen, se [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), avsnitt 3.3.

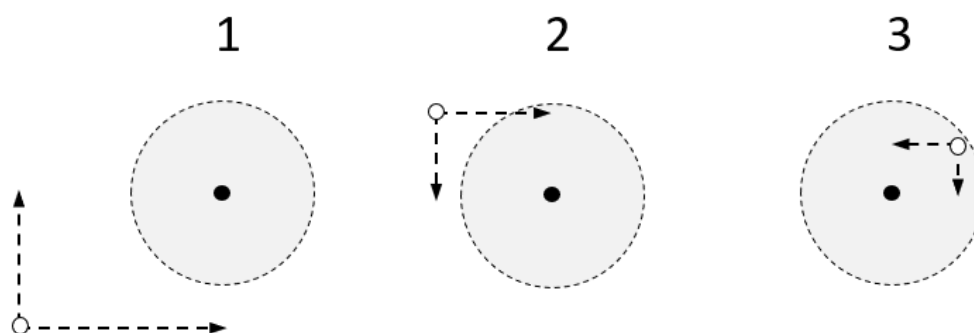
- Utsättning utförs med stöd av rovers programvara, vanligtvis med växelvis justering av rovern utifrån angivna offset-värden i plan eller höjd tills aktuell tolerans är uppfylld, se Figur 7.

Beträffande befästning/markering ingår:

- att undersöka om utsättningen ska befästas, dvs. försäkringsmarkeras vid sidan om utsättningsobjekten.
- att välja lämpliga markeringar som ska användas för respektive detaljer.
- att bedöma riskerna för att markeringar kan rubbas eller skadas av tunga transporter, sättningsbenägen mark etc.

I övrigt anpassas utsättningsmetodik, egenkontroller och dokumentation till uppdragskrav och branschspecifika riktlinjer. Leveranskontroll av utsatta detaljer kan utföras genom stickprov enligt rekommendationer i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

Figur 7. Exempel på utsättning. Det teoretiska utsättningsläget har en radiell tolerans som motsvaras av den ljusgrå cirkeln. Rovern justeras växelvis mot det teoretiska läget tills toleransen är uppfylld (i steg 3).



4.4.3 Etablering av totalstation med RTK

Krav

Vid RTK-mätning av bakåtoobjekt för fri stationsetablering

- a) ska korrekt höjdoffset anges mellan GNSS-antennen och prismet.
- b) ska stödben eller stativ användas.
- c) ska god mätmiljö för GNSS beaktas vid placeringen av bakåtoobjekten.

Rekommendation

Vid RTK-mätning av bakåtoobjekt för fri stationsetablering

- d) bör – om så är möjligt – stationsetableringen uppdateras
fortlöpande med fler bakåtojekt.

Ett alternativ till att ansluta totalstationsmätning via passivt stomnät är att utföra kombinerad mätning, där utgångspunkterna för stationsetableringen (bakåtojekten) mäts in samtidigt med RTK och totalstation. Detta förutsätter en fältdator som kan hantera mätningar från både totalstation och GNSS-mottagare i realtid, alternativt en programvara som kan beräkna den fria stationen i efterhand. Fler bakåtojekt kan mätas in fortlöpande under detaljmätningen för att förbättra stationsetableringen, förutsatt att detaljmätningarna från stationen kan uppdateras i efterhand.

Eftersom prismet för totalstationsmätningen och GNSS-antennen sitter på olika höjder på lodstången behöver korrekt offset anges för att mätningarna ska kunna relateras till samma punkt i höjddled. Vid mätning på mjukt underlag kan också en lodstångsfot användas om det finns risk att lodstången annars skulle sjunka ner i underlaget.

Längd- och vinkelmätningarna mot utgångspunkterna har i regel relativt liten inverkan på stationsetableringens kvalitet. Istället är det viktigt att bakåtojektens koordinater/höjder är av jämn och god kvalitet. RTK-mätningarna bör därför utföras med omsorg, t.ex. med överbestämd RTK-metodik och centreringsstöd, och i mätmiljöer som är lämpade för GNSS-mätning. Bakåtojekten markeras temporärt om det behövs för att möjliggöra upprepade mätning.

Här är tre exempel på RTK-metodik som på olika sätt kan reducera slumpmässig måtosäkerhet, systematiska effekter och grova fel vid inmätning av utgångspunkter:

- **”180-sekundersmetoden”** [9], där metodkravet är inmätning av minst tre utgångspunkter under tre minuter vardera med hjälp av stödben eller stativ. All slumpmässig samt viss systematisk osäkerhet kan hanteras, särskilt vid korta avstånd till referensstation och/eller hög förtätningsgrad i det aktiva referensnätet. Denna metod är lämplig när inmätning av jämn och hög kvalitet eftersträvas (t.ex. vid fastighetsbildning) och risken för stor långvågig variation är begränsad.
- **RUFRI**S enligt Trafikverkets metodbeskrivning [10], där kravet är enkel inmätning av minst 15 utgångspunkter för stationsetablering. Viss datafiltrering förutsätts, men kvalitet vid utjämning av stationens koordinater och orientering möjliggörs framför allt via det stora antalet utgångspunkter. Om RTK-mätningarna är tillräckligt separerade i tid så kan även vissa systematiska effekter p.g.a. atmosfär hanteras. Denna metod

kan vara lämplig när ingen egenkontroll med tolerans utförs, t.ex. i situationer där den förväntade lägesosäkerheten i RTK-mätningen är okänd eller svårbedömd.

- **Upprepad mätning** av alla utgångspunkter enligt avsnitt 4.2.2, där minst fyra utgångspunkter är önskvärt. Datafiltrering och stöd för lodstång förutsätts. I övrigt anpassas metodiken till kravet på lägesosäkerhet. Kontroll av lägesosäkerhet och hantering av långvågig variation erhålls genom den upprepade mätningen med tidsseparation. Av de tre beskrivna metoderna har denna den bästa kontrollerbarheten, men förutsätter å andra sidan att utföraren använder temporära markeringar eller väldefinierade/entydiga detaljer. Den förväntade lägesosäkerheten bedöms i förväg för att kunna utföra egenkontroll enligt avsnitt 4.3.1.

4.4.4 Inpassningstransformationer

Krav

- a) Det tänkta giltighetsområdet för inpassningen ska omslutas av passpunkter.
- b) Passpunkterna ska mätas in med överbestämd RTK-metodik.

Rekommendation

- c) Passpunkterna bör vara jämnt fördelade inom giltighetsområdet.
- d) Inpassning i plan bör utföras med en unitär transformation eller en 2D-Helmerttransformation.
- e) Inpassning i höjd bör utföras genom att bestämma ett eller flera höjdsnitt.

Inpassningstransformation är ett möjligt verktyg vid detaljmätning. Inpassningen, dvs. själva bestämningen av transformationsparametrar, utförs ofta direkt i fält och kan då enkelt kombineras med inmätning av passpunkter i från- eller tillsystem. Tre exempel på tillämpningar är:

- Georeferering med RTK-metodik, där tidigare inmätta/insamlade detaljpunkter transformeras till ett homogent referenssystem med hjälp av noggrann nymätning.
- Lokal inpassning i plan, där RTK-mätningarna transformeras fortlöpande för att passa ihop med lokala koordinater/höjder.
- Lokal höjdtranslation, där kvaliteten i RTK-inmätta höjder förbättras med hjälp av kontrollmätningar på befintliga höjdfixar.

I de flesta fall är det önskvärt att inpassningen utförs med formbevarande transformationsmetoder så att den lokala geometrin bibehålls. Detta innebär unitär transformation (om skalan är nära 1) eller 2D-Helmerttransformation (om skalan är signifikant skild från 1).

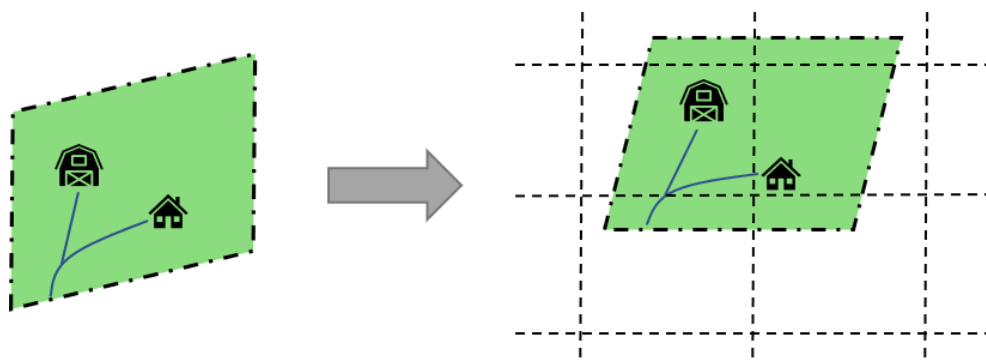
Eftersom inpassning innebär en empiriskt bestämd transformation bör utföraren välja passpunkter med omsorg. Passpunkterna ska omsluta det tänkta giltighetsområdet för inpassningen. På det sättet tillämpas interpolation för att bestämma transformationsparametrarna. Genom en jämn fördelning av passpunkter över giltighetsområdet blir det dessutom möjligt att fånga upp lokala inhomogeniteter eller grova fel i enskilda punkter.

Passpunkterna mäts in med överbestämd RTK-metodik, se avsnitt 4.2.2. I vissa fall kan beställaren ha tillgång till inpassningsparametrar som utföraren kan använda för att konfigurera rovern. Generella riktlinjer för inpassning tas upp i HMK-Geodetisk infrastruktur 2021.

Georeferering med RTK-metodik

RTK-mätning är ofta en lämplig mätmetod för att georeferera tidigare inmätta detaljpunkter eller andra geodata i SWEREF 99. Ett typiskt exempel är äldre 1000/1000-system för fastighetsbildning som behöver kvalitetsförbättras för samhällsbyggnadsändamål. Stom- och detaljpunkterna har i detta fall bra lokal lägesosäkerhet med sämre absolut lägesosäkerhet (i SWEREF 99). Istället för att mäta in alla detaljer på nytt utnyttjas den redan goda interna geometrin i området genom att välja ut och mäta in strategiskt placerade passpunkter – t.ex. befintliga stompunkter som omger det område som ska transformeras.

Figur 8. Exempel på georeferering. Här utförs en inpassningstransformation från ett fristående referenssystem till ett väldefinierat referenssystem (t.ex. SWEREF 99) genom inmätning av utvalda stompunkter i det lokala nätet.



Inmätningen sker lämpligen med överbestämd RTK-metodik för att inpassningstransformationen ska bli så bra som möjligt. Denna tillämpning kan därmed ses som en sorts komplettering av utgångspunkter, se HMK-Stommätning 2021, avsnitt 3.2.5.

Lokal inpassning i plan

Lokal inpassning kan vara aktuell när de RTK-mätta detaljpunkterna förväntas avvika i förhållande till de stompunkter eller objekt som utnyttjas för kontroll. Detta kan exempelvis gälla vid detaljmätning i lokala (ej anslutna) referensnät eller i lokalt inhomogena referenssystem där restfelsmodell saknas.

Lämplig 2D-transformation, med eller utan skalfaktor, definieras genom att mäta in passpunkter med befintliga koordinater i det referenssystem som detaljmätningen ska redovisas i. Till skillnad från i exemplet ovan (georeferering med RTK-metodik) kommer alla ny-mätningarna istället att tillhöra från-systemet.

Den lokala inpassningstransformationen kan medföra att spänningar uppstår mellan de nyinmätta detaljerna och de befintliga punkterna. Vid mätning med enkelstations-RTK kan ett bättre alternativ vara att definiera lokala koordinater för en befintlig stompunkt direkt i referensmottagaren, dvs. undvika en inpassningstransformation.

Lokal höjdtranslation

Vid höga kvalitetskrav i höjddled kan det vara önskvärt att korrigera för eventuella systematiska avvikelser mellan RTK-mätningar och befintliga höjdfixar i uppdragsområdet. Sådana avvikelser kan förekomma även när bästa tillgängliga geoidmodell används. I många fall är det dessutom svårt att avgöra om avvikelsen beror på osäkerhet i RTK-mätningen, osäkerhet i geoidmodellen eller osäkerhet i stomnätet.

Om tillräckligt många höjdfixar mäts in med noggrann RTK-metodik kan avvikelsen korrigeras med en translation i höjd, även kallat höjdsift. Alternativt utförs (kompletterande) avvägning av noggrant utvalda och RTK-inmätta kontrollpunkter.

Höjdsiftet skattas som medeltalet av höjdavvikelseerna på kontrollpunkterna och kan sedan tillämpas på den fortsatta detaljmätningen. Detta förutsätter dock att eventuella avvikelser kan betraktas som homogena inom uppdragsområdet. Om så inte är fallet kan det vara nödvändigt att bestämma flera separata höjdsift, t.ex. när höjdfixarna härstammar från olika avvägningar/nätutjämnningar.

Vid mer omfattande mätuppdrag bestäms skiftet med minst två oberoende serier av kontrollmätningar, utförda vid olika tillfällen. Se

exempel i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.4, med rubriken "Kontroll av geoidmodell" (egentligen bestämning/kontroll av höjdskift.

5 Referenser/Läs mer

Referenser i löptextJCGM (2008): *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement*, Working Group 1 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 1).

- [1] JCGM (2008): [*Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement*](#), Working Group 1 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 1).
- [2] Lantmäteriet (2018): [*Specifikationer och mättingsanvisningar, Mättingsanvisningar - Geometrisk representation vid utbyte*](#), version 3.2. Lantmäteriet, Sveriges Kommuner och Landsting.
- [3] Janssen V & Haasdyk J (2011): [*Assessment of Network RTK Performance using CORSnet-NSW*](#). IGNSS Symposium 15-17 November 2011, University of New South Wales, Sydney, NSW, Australien.
- [4] Jämnäs L, Sunna J, Emardson R, Jonsson B (2010): [*Quality Assessment of Network-RTK in the SWEPOST™ Network of Permanent GNSS Stations*](#). XXIV FIG International Congress, 11-16 April 2010. Proceedings, TS 4C, FIG, Sydney, Australien
- [5] ISO (2015): [*ISO 17123-8:2015 – Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments – Part 8: GNSS field measurement systems in real-time kinematic \(RTK\)*](#). ISO, Geneve, Schweiz.
- [6] Kjörsvik N (2002): [*Assessing the Multi-Base Station GPS Solutions*](#). XXII FIG International Congress, 19-26 April 2002. Proceedings, TS 5.6, FIG, Washington D.C., USA.
- [7] Jansson P & Persson C-G (2013): [*The effect of correlation on uncertainty estimates – with GPS examples*](#). Journal of Geodetic Science 3(2) – Sep 1, 2013 – 111-120 - DOI: 10.2478/jogs-2013-0016
- [8] Jansson P & Lundgren L (2018): [*A Comparison of Different Methods Using GNSS RTK to Establish Control Points in Cadastral Surveying*](#). Report, KTH (Division of Geodesy and Satellite Positioning), Stockholm.
- [9] Vium Andersson J (2012): [*Metodbeskrivning RUFRIIS*](#), Dokumentbeteckning: 2012:210, Trafikverket.
- [10] Emardson R, Jarlemark P, Bergstrand S, Nilsson T, Johansson J (2009): [*Measurement accuracy in Network-RTK \(pdf, nytt fönster\)*](#). SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Chalmers tekniska högskola. SP report 2009:23, SP, Borås.

- [11] Persson C-G (2018): *Mät- och lägesosäkerhet – en lathund*, Teknisk rapport [HMK-TR 2018:1](#), Lantmäteriet, Gävle.
- [12] SIS (2016): *Byggmätning – Geodetisk mätning, beräkning och redovisning av byggnadsverk och infrastruktur*, Teknisk specifikation, SIS-TS 21143:2016, Swedish Standards Institute.
- [13] Engberg L E & Persson C-G (2010): *God mätsed eller "Hur man utnyttjar tidigare generationers samlade erfarenheter"*, SKMF:s tidskrift SINUS, 2010:1.

5.1 Lästips

Följande två svenskspråkiga läroböcker behandlar geodetisk mätningsteknik:

- Lantmäteriet, LU, KTH och HiG (2021): [*Geodetisk och fotogrammetrisk mätning- och beräkningsteknik*](#).
- Harrie, L (2013): *Geografisk informationsbehandling – teori, metoder och tillämpningar*, 6:e upplagan, Studentlitteratur AB.

Bilaga A: Krav och rekommendationer

Bilaga A kan användas som underlag i en kravspecifikation eller för annan uppdragsdialog mellan beställare/kravställare och utförare. Bilagan innehåller två avsnitt:

- Bilaga A.1 är en sammanställning av samtliga numrerade krav och rekommendationer för utförande, dvs. alla röd- respektive blåstrerade rutor i handboken.
- Bilaga A.2 innehåller *grundutförande* för "HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021" – en lista med hänvisningar till samtliga numrerade krav i handboken. Grundutförandet motsvarar en miniminivå för vad som i HMK anses förenligt med fackmannamässigt utförande.

Grundutförandet enligt Bilaga A.2 motsvarar en miniminivå för vad som i HMK anses förenligt med fackmannamässigt utförande. Det utgör därmed en lämplig utgångspunkt för utförarkraven i beställarens tekniska specifikation. Beställaren kan justera grundutförandet, t.ex. genom att upphöja vissa rekommendationer till krav eller vice versa. Utföraren har å sin sida möjlighet att föreslå avsteg från grundkraven, och har då ansvaret att redovisa/dokumentera för beställaren varför detta är önskvärt eller nödvändigt.

Observera att all användning av HMK bygger på frivillig överenskomelse mellan berörda intressenter, dvs. det som avtalas mellan parterna i en upphandling eller beslut som fattas av en organisation. För hänvisningsregler, se [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7.

A.1 Krav och rekommendationer

3 Planering inför detaljmätning

KRAV

- a) Planering och genomförande av detaljmätning ska utgå från specificerade krav.
- b) Utföraren ska göra en bedömning av vilka mätinstrument och mätmetoder som passar bäst för det aktuella arbetet.

REKOMMENDATION

- c) Utföraren bör redovisa formell kompetens och/eller beskriva hur arbetsprocessen kvalitetssäkras
- d) Kontroller och dokumentation i arbetsprocessen bör anpassas till uppdragets komplexitet, omfattning och kvalitetskrav.

3.1 Mättningsinstruktioner

KRAV

- a) Objektgeometrier och punktkodning ska vara specificerade innan detaljmätning inleds.

REKOMMENDATION

- b) Detaljeringsnivå eller skala bör specificeras om flera objektgeometrier kan vara aktuella för samma objekt.

3.2 Användning av geodetisk infrastruktur

REKOMMENDATION

- a) Tillgången till geodetisk infrastruktur i arbetsområdet bör kartläggas i god tid innan detaljmätningen.

3.2.1 Vid mätning med nätverks-RTK

KRAV

- a) Om RTK-tjänst används ska denna redovisas i produktionsdokumentationen.

REKOMMENDATION

Innan RTK-tjänst används

- b) bör ungefärlig förtätningsgrad och avstånd till närmaste referensstation dokumenteras.

- c) bör aktuell driftsinformation hämtas via tjänsteleverantören.
- d) bör mobiltäckningen kontrolleras i arbetsområdet.
- e) bör möjligheten att efterberäkna RTK-data undersökas.

3.2.2 Vid mätning med enkelstations-RTK

KRAV

- a) Referensstationens GNSS-antenn ska placeras/monteras stabilt.
- b) Centrering och horisontering av GNSS-antennen ska göras med stativ, trefot och lod.
- c) Vid tillfällig etablering av referensstation ska antennhöjden mätas och centreringen kontrolleras före och efter mätningen

REKOMMENDATION

- d) Egen referensstation bör etableras på, eller anslutas mot, utgångspunkter med för ändamålet tillräcklig kvalitet.
- e) Referensstationens GNSS-antenn bör placeras med fri sikt mot satelliter över 10-15 graders elevation.
- f) Vid fast etablering av referensstation bör monitorering eller kontrollmätning av GNSS-antennens läge ske fortlöpande.

3.2.3 Kontrollpunkter för GNSS-mätning

KRAV

- a) Kontrollpunkter som används i samband med detaljmätningen ska vara väldefinierade och lämpade för GNSS-mätning.
- b) Kontrollpunkternas lägesosäkerhet ska beaktas.

REKOMMENDATION

- c) Lämpliga kontrollpunkter bör identifieras/etableras i eller nära uppdragsområdet.

3.3 Den lokala mätmiljön

REKOMMENDATION

- a) Den lokala mätmiljön bör rekognoseras inför eller i samband med detaljmätningen.
- b) Sikthinder, reflekterande ytor och andra miljöfaktorer som kan störa detaljmätningen bör beaktas.

3.4 Satellitförhållanden

KRAV

- a) En övre gräns för DOP-tal ska tillämpas och redovisas.
- b) En undre gräns för satellitelevation ska tillämpas och redovisas.

REKOMMENDATION

- c) Vid planering av lämpliga tidpunkter för mätning bör dålig satellitgeometri undvikas.
- d) Flera GNSS-konstellationer bör utnyttjas för att förbättra satellitgeometrin.

3.5 Atmosfärs- och väderförhållanden

REKOMMENDATION

- a) Uppgifter som kan underlätta bedömning av jonosfärens och troposfärens påverkan bör dokumenteras.
- b) Uppgifter om jonosfärs- och troposfärsförhållanden bör inkludera informationskälla, samt vilket geografiskt område och tidpunkt som avses.

3.6 Mätutrustning

KRAV

- a) De GNSS-mottagare som används vid detaljmätning ska vara specificerade för RTK-mätning.
- b) De GNSS-mottagare som används vid detaljmätning ska redovisas med serienummer eller motsvarande.

REKOMMENDATION

- c) Rovern bör ha kapacitet att hantera signaler från flera GNSS-konstellationer.
- d) Rovers uppdateringsfrekvens bör vara minst 1 Hz.

3.6.1 Användning av antenmodeller

KRAV

- a) Korrekta antenntyper ska anges och redovisas för både referens- och rovmottagare.
- b) Vid användning av RTK-tjänst ska tjänsteleverantörens riktlinjer för antenmodeller följas.

REKOMMENDATION

- c) Absoluta antennmodeller bör användas vid mätning med enkelstations-RTK.

3.6.2 Inställningar för datafångst och datafiltrering

KRAV

- a) Vid lägesbestämning i plan ska lämplig kartprojektion tillämpas och redovisas.
- b) Vid lägesbestämning i höjd ska lämplig geoidmodell tillämpas och redovisas.
- c) De gränsvärden som används för datafiltrering och övrig egenkontroll ska redovisas.

REKOMMENDATION

- d) Rovern bör konfigureras för vanliga toleransbaserade egenkontroller, t.ex. mätning på kontrollpunkt eller upprepad mätning.
- e) Ändringar av roverinställningar bör utföras med försiktighet och enligt tillverkarens rekommendationer.

3.6.3 Instrumentservice och funktionskontroll

KRAV

- a) Rovern och övrig mätutrustning ska underhållas enligt tillverkarens rekommendationer.
- b) Innan detaljmätning påbörjas ska utföraren verifiera att rovern är i funktionsdugligt skick och att alla inställningar är korrekta.

REKOMMENDATION

- c) Funktionskontroll bör ske med GNSS-antennen fast monterad eller uppställd på stativ.

3.6.4 Övrig mätutrustning

KRAV

- a) Tillbehör som används för centrerings, lodning och höjdbestämning ska hållas i gott skick och kontrolleras regelbundet.

3.7 Förväntad mätosäkerhet

KRAV

- a) En preliminär bedömning ska göras av vilken mätosäkerhet som kan förväntas vid detaljmätningen.

4 Genomförande av detaljmätning

4.1 Innan detaljmätningen inleds

4.1.1 Centrering och höjdbestämmning

KRAV

- a) Om stativ med trefot används ska antennhöjden bestämmas före och efter detaljmätningen.
- b) Antenntyp och antennhöjd ska anges/kontrolleras i GNSS-mottagaren innan detaljmätningen påbörjas.
- c) Om excentrisk punktbestämning genomförs ska detta redovisas i metodbeskrivning eller i punktattribut.

REKOMMENDATION

- d) Stativ eller lodstångsstöd bör användas när centrerings-osäkerheten utgör en signifikant del av den totala mätosäkerheten.
- e) Fysiska eller miljömässiga förhållanden som kan påverka centreringen eller antennhöjden under mätningen bör beaktas.

4.1.2 Anslutning och initialisering

KRAV

- a) Detaljmätningen ska ske med fixlösning, antingen genom initialisering i realtid eller via efterberäkning.

REKOMMENDATION

- b) Eventuella problem vid initialiseringen bör dokumenteras.
- c) Vid efterberäkning bör tidpunkt och ungefärlig roverposition noteras för att underlätta beställning av virtuell RINEX.

4.2 Mätmetodik

4.2.1 Registrering och medeltalsbildning

KRAV

Inmätning med RTK ska

- a) utföras statistiskt eller som "stop-and-go".
- b) registreras med tidsangivelse.

REKOMMENDATION

- c) Inmätning med RTK bör baseras på minst 5 medeltalsbildade 3D-positioner

4.2.2 Upprepad mätning med tidsseparation

KRAV

- a) Upprepade mätningar ska endast utföras på väldefinierade detaljer/punkter.
- b) Upprepade mätningar ska ske med tillräcklig tidsseparation och med ny fixlösning.
- c) Upprepade mätningar ska kontrolleras mot tolerans innan mätningarna medeltalsbildas.

REKOMMENDATION

- d) Vid behov av god kontrollerbarhet i mätprocessen bör upprepade mätning övervägas.
- e) Tidsseparationen vid detaljmätning i plan bör vara minst 5 minuter.
- f) Tidsseparationen vid detaljmätning i höjd bör vara minst 10 minuter.
- g) Vid upprepade mätningar bör detaljerna mätas in i samma inbördes ordning för att få god tidsseparation mellan mätningarna

4.3 Egenkontroller vid detaljmätning

4.3.1 Toleransbaserade kontroller

KRAV

- a) De toleranser som tillämpas ska redovisas.
- b) Om angiven tolerans överskrids ska åtgärden redovisas.

REKOMMENDATION

- c) Toleransmått bör baseras på den förväntade mätosäkerheten.

4.3.2 Faktorer att beakta under RTK-mätning

REKOMMENDATION

- a) Problem/avvikelse som signifikant kan påverka mätresultatet eller uppföljning bör dokumenteras.

4.4 Exempel på tillämpningar

4.4.1 Inmätning med varierande krav på lägesosäkerhet

REKOMMENDATION

- a) Rovern bör vara konfigurerad för kontroller med olika toleransmått, baserat på de olika krav på lägesosäkerhet som är aktuella för uppdraget.
- b) Detaljerna bör mätas in i samma inbördes ordning för att få god tidsseparation mellan mätningarna.

4.4.2 Utsättningsmetodik

KRAV

- a) Underlaget för utsättningen ska kontrolleras och verifieras innan mätningen påbörjas.
- b) Kontrollinmätning ska utföras för att verifiera utsättningens kvalitet.

REKOMMENDATION

- c) Stomnätets/primärnätets kvalitet bör utvärderas före utsättning.

4.4.3 Etablering av totalstation med RTK

KRAV

Vid RTK-mätning av bakåtojekt för fri stationsetablering

- a) ska korrekt höjdoffset anges mellan GNSS-antennen och prismet.
- b) ska stödben eller stativ användas.
- c) ska god mätmiljö för GNSS beaktas vid placeringen av bakåtojekten

REKOMMENDATION

Vid RTK-mätning av bakåtojekt för fri stationsetablering

- c) bör – om så är möjligt – stationsetableringen uppdateras fort-löpande med fler bakåtojekt.

4.4.4 Inpassningstransformationer

KRAV

- a) Det tänkta giltighetsområdet för inpassningen ska omslutas av passpunkter.
- b) Passpunkterna ska mätas in med överbestämd RTK-metodik.

REKOMMENDATION

- c) Passpunkterna bör vara jämnt fördelade inom giltighetsområdet.
- d) Inpassning i plan bör utföras med en unitär transformation eller en 2D-Helmerttransformation.
- e) Inpassning i höjd bör utföras genom att bestämma ett eller flera höjdsnitt.

A.2 Grundutförande

Den här bilagan innehåller ett s.k. grundutförande – dvs. en lista med hänvisningar till samtliga krav i handboken, se även Bilaga A.1

Grundutförandet kan kopieras och bifogas, t.ex. som underlag vid upp-handling eller annan kravställning. Eventuella tillägg eller frånsteg från grundutförandet måste vara tydligt angivna, förslagsvis på separata si-dor eller under separata rubriker.

Grundutförande,

HMK- GNSS-baserad detaljmätning 2021:

Krav 3 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.1 a i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.2.1 a i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.2.2 a-c i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.2.3 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.4 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.6 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.6.1 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.6.2 a-c i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.6.3 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.6.4 a i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 3.7 a i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.1.1 a-c i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.1.2 a i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.2.1 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.2.2 a-c i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.3.1 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.4.2 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.4.3 a-c i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Krav 4.4.4 a-b i HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2021 gäller

Bilaga B: Produktionsdokumentation

Information

- Dokumentation av arbetsprocessen är en förutsättning för spårbarhet och en samlad kvalitetsbedömning av produktionsresultatet.
- Den här bilagan innehåller exempel på information som kan ingå i produktionsdokumentation, dvs. en "bruttolista" snarare än en strikt rekommendation.

Produktionsdokumentation utförs fackmannamässigt och i enlighet med "god mätsed" – se 0.

Normalt ingår endast en delmängd av produktionsdokumentationen i själva leveransen, men övrig dokumentation sparas i den mån den möjliggör uppföljning och komplettering, t.ex. i samband med leveranskontroll – se Bilaga C. I övrigt anpassas innehållet i leveransen till beställarens önskemål och övriga förutsättningar för uppdraget (omfattning, komplexitet m.m.).

Typisk uppdragsdokumentation består av en sammanfattande rapport som levereras tillsammans med den specificerade slutprodukten. Uppdragsdokumentation, leveransformat, filstruktur m.m. kan beskrivas i kravspecifikationen.

Bilagan är uppdelad i avsnitten B.1 och B.2 för att enklare kunna relatera till beskrivningarna i kapitel 3 respektive 4. Dessa två delar kan dock redovisas "integrerat" såvida inte en särskild planeringsrapport anges i kravspecifikationen, t.ex. för fastställelse innan själva detaljmätningen påbörjas.

B.1 Planering

Av planering och förberedelser inför ett detaljmätningssuppdrag kan följande redovisas (se även kapitel 3):

- a) Syftet med detaljmätningssuppdraget och allmän information om tidsramar och förutsättningar som påverkar planering, genomförande och leverans.
- b) Uppdragsorganisation, dvs. beställare och utförare (kvalitetsansvarig, underleverantörer etc. inkl. kontaktuppgifter). Redovisning av behörighets- eller kompetenskrav för olika delmoment.
- c) Information om kända avvikelser i förhållande till kravspecifikationen,

- från slutprodukten
 - från grundutförandet (se Bilaga A.2) eller annan metodbeskrivning
 - motiv för dessa avvikelser.
- a) Utgångsmaterial/underlag för uppdraget – via beställaren eller kompletterad – t.ex.
- områdesavgränsningar
 - koordinatlistor
 - mättningsinstruktioner
 - formatmallar
 - objektbibliotek
 - andra uppgifter från stornätsförvaltare, tjänsteleverantörer m.fl.
 - egna tekniska undersökningar.
- b) Skiss/karta (i PDF/ A-format om inte annat anges) över detaljmättningsområdet, med t.ex.
- områdesavgränsning
 - utgångs- och kontrollpunkter med en bedömning av tillgänglighet/kvalitet
 - vid kombinerad mätning: föreslagna lägen för instrumentuppställningar, stationsöverlapp m.m., se HMK-Terrester detaljmätning 2021.
- c) Beskrivningar/instruktioner för detaljmätningen, t.ex. objektgeometrier och punktkodning.
- d) Underlag för bedömning av den lokala mätmiljön, t.ex.
- rekognoserade riskfaktorer och lämplighet för GNSS-mätning i olika delar av detaljmättningsområdet
 - så kallade ”miljökategorier”, som kan redovisas yttäckande eller för enskilda objekt.
- e) Satellitförhållanden under relevant tidsintervall, t.ex.
- antal satelliter per system, DOP-tal, satellitbanor, m.m.
 - sikthinder som kan analyseras med stöd av planeringsvektyg.
- f) Tillgänglig geodetisk infrastruktur, t.ex.
- referenssystem i plan och höjd och eventuella transformationssamband
 - aktiva/passiva referensnät, t.ex. RTK-tjänster, närliggande fasta referensstationer, stompunkter eller kontrollpunkter

- relevanta uppgifter om tillgänglighet, koordinater och kvalitet.
- g) Förtätning/renovering av stomnät dokumenteras enligt riktlinjerna i HMK-Stommätning 2021, Bilaga B. Komplettering av utgångspunkter som inte utförs som stommätning redovisas på ett sätt som möjliggör kvalitetsbedömning, t.ex.
 - skriftlig redogörelse för kompletteringen
 - mätmetod
 - referenssystem i plan och höjd
 - markering och punktdokumentation.
- h) Etableringsdokumentation för referensstationen – främst om den ska vara ”fast” placerad över längre tid – t.ex.
 - ritningar/foto av montering eller uppställning
 - förväntad mätosäkerhet och kommunikationstäckning för olika placeringsalternativ
 - stationsprotokoll med redovisade mått och kontroller av centrering och antennhöjder
 - mottagarkonfigurering
 - eventuell monitorering under mättiden.
- i) Mätutrustning som används i uppdraget, t.ex.
 - fabrikat, modell, serienummer
 - serviceprotokoll, kalibreringscertifikat
 - beskrivning av rutiner för kontroll/justeringar av mätinstrument och tillbehör under uppdragstiden
 - genomförda funktionskontroller.
- j) Underlag för bedömning av atmosfärsförhållanden, t.ex.
 - prognoser eller faktiska observationsdata, med uppgift om informationskälla och vilken tidpunkt som prognosen/observationsdata avser
 - fältanteckningar från mättillfället.
- k) Underlag för bedömning av den förväntade mätosäkerheten, t.ex.
 - specifikationer för GNSS-mottagare
 - schablonvärden, med uppgift om informationskälla
 - testmätningar, inklusive metodbeskrivning.
- l) Övrig information om planering/förberedelser som anges i den tekniska specifikationen.

B.2 Genomförande och resultat

Från genomförandet av detaljmätningen och produktionsresultat kan t.ex. följande redovisas (se även kapitel 4):

- m) Fältanteckningar, t.ex.
 - datum, tidpunkt
 - väderförhållanden
 - instrumentuppställningar
 - foton.
- n) Använda referenssystem och modeller, t.ex.
 - kartprojektion (zon/projektionsparametrar)
 - geoidmodell, inklusive beteckning/källa
 - fördefinierade transformationssamband
 - restfelsmodell.
- o) Använda mätprofiler/konfigurationer.
- p) Använda utgångspunkter/RTK-tjänster, t.ex.
 - tjänsteleverantör
 - källa för referensdata (mountpoint)
 - namn/ID för utgångspunkt/VRS (ev. i mätdata).
- q) Tillämpad mätmetodik, t.ex.
 - om/hur överbestämning, tidsseparation m.m. har utförts
 - kombinerad mätning (se även HMK – Terrester detaljmätning 2021, Bilaga B).
- r) Inpassningar genomförda i fält
 - namn, punkt-ID för passpunkter
 - transformationsparametrar
 - viktsenhetens standardosäkerhet, förbättringar.
- s) Inmätta detaljpunkter (i ASCII-format om inte annat anges) med koordinater, höjder och annan attributdata, t.ex.
 - namn/punkt-ID
 - punktkod (objekttyp)
 - tid/datum för inmätning
 - 3D-koordinater (XYZ/LLE)
 - kartografiska koordinater (N, E, Höjd)
 - geoidhöjd + geoidmodell
 - antennhöjd
 - antenntyp
 - antal registrerade positioner

- använda satellitsystem
 - antal satelliter (ev. per satellitsystem)
 - DOP-tal
 - typ av lösning (fixlösning/flyt/autonom)
 - referensstation (ID, baslinjelängd)
 - kvalitetsindikator 1D/2D/3D ("CQ", RMS-värde etc.)
 - mountpoint
 - automatisk lutningskompensation (ja/nej).
- t) Övriga detaljpunkter:
- utsatta punkter
 - punkter bestämda via referenslinjer, båg- och linjeskärningar etc.
 - excentriska punkter.
- u) Utförda toleransbaserade kontroller:
- namn/punkt-ID
 - punktkod (objekttyp)
 - tillämpade toleranser, baserade på förväntad mätosäkerhet och skattad lägesosäkerhet (för kontrollpunkter).
- v) Redovisning av efterberäkningar/efterbearbetning, t.ex.
- detaljpunkter bestämda med virtuell RINEX
 - efterberäknade/uppdaterade fria stationer vid kombinerad mätning
 - inpassningstransformationer
 - gränsvärden/kriterier vid ev. datafiltrering i efterhand
 - övriga analyser, t.ex. kvalitetskattning av detaljmätningen (se Bilaga C.2)
 - använda programvaror, inkl. hänvisning till manual om detta behövs som förklaring till de kvalitetsmått som ingår i resultatredovisningen.
- w) Särskilda överväganden, t.ex.
- avvikelser från teknisk specifikation och planering
 - åtgärder p.g.a. problem eller avvikelser under mätningen eller efterbearbetningen.
- x) Beskrivning av levererade digitala data:
- lagringsmedium
 - mappstruktur
 - filnamn, dataformat.

- y) Information om arkiverade data, t.ex.
 - rådata från detaljmätning
 - rådata från stommätning
 - virtuell RINEX.
- z) Övriga instruktioner för genomförande och resultaredovisning enligt den tekniska specifikationen.

Bilaga C: Leveranskontroll

Beställaren bör kontrollera erhållen leverans snarast möjligt efter mottagandet. En tidsfrist bör anges i upphandlingens kommersiella villkor ([HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 3.2.1). Kontrollens omfattning anpassas efter leveransens storlek och kan appliceras som fullständiga kontroller, där varje fil kontrolleras, eller som stickprov.

C.1 Komplet leverans

a) Produktionsdokumentation

Produktionsdokumentationen granskas för att verifiera:

- att dokumentationens *omfattning* och utformning – samt uppnådda resultat – överensstämmer med angivna krav och den tekniska specifikationen
- eventuella avvikelser.

b) Filer

Filer/material granskas för att verifiera att:

- alla filer i filförteckningen är levererade
- alla filer har korrekt filformat och filstorlek
- alla filer har korrekt namnsättning
- alla filtyper är öppningsbara.

c) Metadata

Eventuella filer med *metadata* kontrolleras så att de är kompletta och korrekt ifyllda.

C.2 Produkt

Läs mer i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), avsnitt 2.7.

Beställaren avgör vem som utför kontrollen: i beställarens egen regi, som ett tilläggsuppdrag till leverantören eller som ett fristående tredjepartsuppdrag.

d) Lägesosäkerhet

Följande metoder avser sådan kontroll av lägesosäkerheten vid GNSS-baserad detaljmätning som kan utföras oberoende av instrumentfabrikat och mjukvaruleverantör.

d.1) Kontroll av lägesosäkerheten mot kända kontrollpunkter

Lägesosäkerheten kan kontrolleras med hjälp av kända *kontrollpunkter* i aktuellt referenssystem. De mäts in i samband med detaljmätningen

och avvikelsen från motsvarande kända koordinater/höjder analyseras. Det som studeras är

- avvikelser i enskilda punkter
- den genomsnittliga avvikelsen (*medelavvikelse*)
- den kvadratiska medelavvikelsen (*RMS*)

Kontrollpunkterna betraktas som felfria och ska vara jämnt fördelade över området. Stora avvikelser indikerar brister i detaljmätningen, men kan naturligtvis också bero på kvalitetsbrister i utgångspunkterna.

Detta kontrollförfarande baseras på [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.2. Andra kontrollmetoder beskrivs i Bilagorna A.3-A.5 samt C.4 i samma dokument. Kontrollresultatet redovisas i produktionsdokumentationen, se Bilaga B.

Följande storheter i plan (N , E) respektive höjd (H) tas fram:

- *Avvikelsen i enskilda punkter* beräknas som

$$\Delta N_i = N_{ctrl} - N_{detalj}; \quad \Delta E_i = E_{ctrl} - E_{detalj}; \quad \Delta H_i = H_{ctrl} - H_{detalj};$$

$$\Delta R_i = \sqrt{\Delta N_i^2 + \Delta E_i^2}$$

där Δ avser avvikelsen mellan känd och inmätt position; suffixet "ctrl" avser kontrollmätningen och "detalj" avser detaljmätningen. Stora Δ -värden indikerar *grova fel*.

- *Medelavvikelsen i plan och höjd* beräknas som:

$$\Delta \bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta N_i; \quad \Delta \bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta E_i; \quad \Delta \bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \text{ (skift);}$$

$$\Delta \bar{R} = \sqrt{\Delta \bar{N}^2 + \Delta \bar{E}^2} \text{ (radiellt off-set)}$$

där n är antalet punkter.

Skift och off-set ska naturligtvis vara nära noll, annars kan *systematik* misstänkas.

- RMS-värdena är ett direkt mått på *mätosäkerheten* och beräknas enligt:

$$RMS_{plan} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2 + \sum_{i=1}^n \Delta E_i^2}{n}}; \quad RMS_{höjd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}{n}}$$

Lägesosäkerheten i 3D kan kontrolleras på motsvarande sätt, men vanligen genomförs analysen – som här – separat i plan och höjd.

Ovanstående storheter granskas för att verifiera att erhållen *lägesosäkerhet* överensstämmer med ställda krav:

- Enskilda avvikelser kontrolleras med formlerna

$$\Delta \bar{R}_i < 3 \cdot u_{plan} \text{ respektive } |\Delta \bar{H}_i| < 3 \cdot u_{höjd}$$

där u -värdena är de *standardosäkerheter* beställaren har specificerat. Inga överskridanden accepteras.

- Medelavvikelserna kontrolleras på motsvarande sätt med formlerna:

$$\Delta \bar{R} \leq \frac{2 \cdot u_{plan}}{\sqrt{n}}; \quad |\Delta \bar{H}| \leq \frac{2 \cdot u_{höjd}}{\sqrt{n}}$$

där n är antalet kontrollpunkter för *anslutningen*.

- RMS-värdena kontrolleras med formlerna:

$$RMS_{plan} \leq u_{plan} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$$

$$RMS_{höjd} \leq u_{höjd} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$$

I Tabell 7 ges ett exempel på tillämpningen av ovanstående metod och ett förslag på hur redovisningen i Bilaga B kan utformas. För få kontrollpunkter ger inte särskilt effektiva kontroller av anslutningen. Fler jämförelser innebär hårdare krav men samtidigt säkrare bedömningar.

Tabell 7. Exempel på kontroll av lägesosäkerhet vid GNSS-baserad detaljmätning med hjälp av kontrollpunkter med kända koordinater/höjder. Vita fält med blå text visar vilka uppgifter som fylls i vid kontrollen.

Kontroll av lägesosäkerhet		Avser:	Kontrollpunkter med kända koordinater/höjder	Antal (n) =		16
Standard-nivå:	3	Specificerade standardosäkerheter				
		Plan (u_{plan}) =	10 mm	Höjd ($u_{höjd}$) =	10 mm	
Test:			Beräknade värden:			OK?
Typ av kontroll	Teststorhet	Erhållet	Tic	Tolerans		
Systematik, plan	$\Delta \bar{R} \leq \frac{2 \cdot u_{plan}}{\sqrt{n}}$	7,2 mm	>	5,0 mm	Nej	
Systematik, höjd	$\Delta \bar{H} \leq \frac{2 \cdot u_{höjd}}{\sqrt{n}}$	8,2 mm	>	5,0 mm	Nej	
Grova fel, plan	antal $\Delta R_i > 3 \cdot u_{plan}$	0	>	30 mm	Ja	
Grova fel, höjd	antal $ \Delta H_i > 3 \cdot u_{höjd}$	0	>	30 mm	Ja	
Lägesosäkerhet, plan	$RMS_{plan} \leq u_{plan} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$	10 mm	<	12,9 mm	Ja	

Lägesosäkerhet, höjd	$RMS_{höjd} \leq u_{höjd} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$	13 mm	>	12,9 mm	Gränsfall
-----------------------------	--	-------	---	---------	-----------

Kommentar: Resultatet indikerar viss systematik, klarar testen av grova fel och ligger på gränsen vad gäller lägesosäkerhet. Det blir upp till beställaren att bedöma om resultatet kan godkännas.

d.2) Kontroll av lägesosäkerheten genom upprepad mätning

På motsvarande sätt kan jämförelse göras mellan två *inmätningar* av en väldefinierad punkt – som inte behöver ha kända koordinater/höjder. I detta fall ska *toleranserna* i Tabell 7 multipliceras med $\sqrt{2}$ för att ta hänsyn till att det rör sig om differensen mellan två mätningar, med samma mätosäkerhet (ingen är ju felfri). Detta är en mer stringent tillämpning av egenkontroll än den som beskrivs i Tabell 6.

Exempel: Under antagandet att den specificerade lägesosäkerheten – i plan och höjd, liksom i Tabell 7 – är 10 mm så erhålls följande toleranser för 16 kontrollpunkter:

- $5\sqrt{2} \approx 7$ mm (systematik)
- $30\sqrt{2} \approx 42$ mm (grova fel)
- $12,9\sqrt{2} \approx 18$ mm (lägesosäkerhet)

Detta betraktelsesätt kan också tillämpas om kontrollpunkterna i avsnitt d.1) inte är felfria, utan har en lägesosäkerhet jämförbar med detaljmätningens. Detta torde vara mer sannolikt än felfria utgångspunkter!

e) Fullständighet

Fullständighet avser antalet faktiska förekomster i en datamängd i förhållande till de som borde ha varit med, dvs. brist (för få) eller övertalighet (för många)

- Genomför visuell kontroll av detaljmätningens område för att se om samtliga detaljer (enligt kravspecifikationen) har mätts in.

f) Tematisk osäkerhet

Tematisk osäkerhet avser riktigheten i objektklassificeringen, t.ex. att staket är staket, att häck är häck osv.

- Kontrollera att klassificeringen och kodningen av inmätta objekt är korrekt.

f) Logisk konsistens

Logisk konsistens avser hur väl en datamängds logiska regler är uppfyllda – exempelvis att ytor är slutna, att eventuell referenspunkt ligger

inom ytan, att olika ytor inte överlappar varandra och liknande topologiska principer.

- Kontrollera att kraven på datamängden topologi är uppfyllda.

Vid större detaljmätningssupdrag sker kontrollen genom stickprovsundersökning. Detta beskrivs i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.6, som bl.a. innehåller anvisningar för hur stickprovsstorleken beräknas i förhållande till antalet faktiska förekomster av varje objekttyp i den aktuella datamängden.

I Bilaga C i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#) finns ett tillämpningsexempel på en sådan undersökning och i Bilaga D i samma dokument beskrivs olika tänkbara kvalitetsmått, hämtade från ett norskt register.

C.3 Fördjupad kontroll vid behov

Fördjupad kontroll bör göras om tidigare kontrollsteg har påvisat oklarheter eller eventuella brister. Sådana kontroller kan dock ställa särskilda krav på beställarens specialkompetens och tillgång till lämpliga programvaror. Om beställaren finner det lämpligt kan dessa kontroller överlåtas till utföraren.

Bilaga D: Mätosäkerhet i Swepos

I den här bilagan redovisas schablonmått på förväntad *mätosäkerhet* vid RTK-mätning i det *aktiva referensnätet* Swepos, dvs. med någon form av RTK-tjänst. De rikstäckande RTK-tjänsterna i Sverige baseras i dagsläget på data från ett gemensamt "skelett" av referensstationer i Swepos. Lokala skillnader kan dock förekomma där tjänsteleverantörerna har kompletterat med egna referensstationer. Mätning som utförs med olika tjänster kan därför medföra olika förväntad mätosäkerhet för samma geografiska läge.

D.1 Antaganden och förutsättningar

Den förväntade mätosäkerheten redovisas här som en funktion av *företätningsgrad* och avstånd till närmaste faktiska referensstation (dvs. inte avståndet till en *virtuell referensstation*) och bygger på simuleringar enligt CLOSE-modellen [10]. I övrigt förutsätts följande:

- Schablonmåttan motsvarar förväntad *absolut lägesosäkerhet* i *SWEREF 99*, men lokal lägesosäkerhet kan antas vara av samma storleksordning.
- Den förväntade lägesosäkerheten i plan inkluderar inte centrerings.
- Den förväntade lägesosäkerheten i höjd avser höjd över *ellipsoiden*. För att beräkna förväntad lägesosäkerhet i *RH 2000* tillkommer standardosäkerheten i geoidhöjderna.
- *Bärvågsmätning* med korrekt heltalsfixerade *periodobekanta* förutsätts, liksom att varje koordinatkomponent i 3D är approximativt normalfördelad.
- Schablonmåttan bygger på beprövad erfarenhet och kunskap om osäkerhetskällorna (se avsnitt 2.2), samt nuvarande infrastruktur i form av satelliter och aktivt referensnät för GNSS-mätning. Vidare förutsätts ett fackmannasässigt handhavande av mätutrustningen.
- Osäkerhetskällorna och parametrarna förutsätts ge ett "normalt" bidrag till de redovisade mätosäkerheterna. I de situationer då bidraget kan antas vara större, t.ex. vid dålig satellitgeometri eller hög jonosfärsaktivitet, kan en mer robust mätmetodik krävas för att önskade kvalitetskrav ska uppnås.
-

D.2 Förtättningsgrader i aktivt referensnät

Förväntad mätosäkerhet vid mätning med nätverks-RTK är beroende av avstånden mellan referensstationerna i det aktiva referensnätet. Denna förtättningsgrad varierar vanligtvis från plats till plats och bör därför bedömas innan detaljmätning påbörjas.

Swepos-nätet kan översiktligt delas in i tre schablonmässiga förtättningsgrader [10]:

- **70 km-nät:** Den nationella infrastruktur för nätverks-RTK som är en förtätning av det ursprungliga Swepos-nätet av klass A-stationer med enklare klass B-stationer. Byggdes upp via regionala etableringsprojekt under åren 2002-2010. Typavståndet mellan referensstationerna är 70 km.
- **35 km-nät:** Stora delar av 70 km-nätet förtätades sedan i ytterligare ett steg. Denna förtätning inleddes 2010, med syfte att öka och bredda användningen genom att möjliggöra tillämpningar med krav på lägre mätosäkerhet. Typavståndet mellan referensstationerna är 35 km.
- **10 km-nät:** Geografiskt begränsade områden, där mycket täta referensstationsnät har etablerats, främst för större bygg- och anläggningsprojekt med s.k. projektanpassade tjänster. Typavståndet mellan referensstationerna är 10 km.

Den aktuella förtättningsgraden i uppdragsområdet kan avgöras via information från de aktuella tjänsteleverantörerna. Om sådan information inte finns tillgänglig kan utföraren istället utgå från medelavståndet mellan de tre referensstationer som är närmast rovern, t.ex. med hjälp av [Swepos kartstöd](#). För en given förtättningsgrad bör inte det beräknade medelavståndet överskrida typavståndet med mer än 20 %. Om detta kriterium inte uppfylls förutsätts en glesare förtättningsgrad.

Exempel: Vid RTK-mätning i ett aktivt referensnät är avståndet mellan närliggande referensstationer 29 km, 42 km och 50 km. Medelavståndet mellan dessa är $121/3 \approx 40$ km. Eftersom 40 km "bara" överskrider typavståndet 35 km med ca 15 % så kan den aktuella förtättningsgraden betraktas som 35 km.

D.3 Schablonvärden på mätosäkerhet

D.3.1 Mätosäkerhet i 70 km-nät

Tabell 8. Förväntad standardosäkerhet (i meter) vid mätning med nätverks-RTK i 70 km-nät utifrån avståndet till närmaste referensstation. Täckningsgraden i 2D och 1D är ca 63 % respektive 68 %.

	Avstånd < 10 km	Avstånd 10-20 km	Avstånd 20-40 km
Standardosäkerhet i plan (2D)	0,012	0,015	0,018
Standardosäkerhet i höjd (1D)	0,022	0,026	0,030

D.3.2 Mätosäkerhet i 35 km-nät

Tabell 9. Förväntad standardosäkerhet (i meter) vid mätning med nätverks-RTK i 35 km-nät utifrån avståndet till närmaste referensstation. Täckningsgraden i 2D och 1D är ca 63 % respektive 68 %.

	Avstånd < 5 km	Avstånd 5- 10 km	Avstånd 10- 20 km
Standardosäkerhet i plan (2D)	0,008	0,009	0,010
Standardosäkerhet i höjd (1D)	0,014	0,016	0,018

D.3.3 Mätosäkerhet i 10 km-nät

Tabell 10. Förväntad standardosäkerhet (i meter) vid mätning med nätverks-RTK i 10 km-nät utifrån avståndet till närmaste referensstation. Täckningsgraden i 2D och 1D är ca 63 % respektive 68 %.

	Avstånd < 2 km	Avstånd 2-3 km	Avstånd 3-6 km
Standardosäkerhet i plan (2D)	0,005	0,006	0,007
Standardosäkerhet i höjd (1D)	0,008	0,009	0,010

Bilaga E: Ordlista till handboken

Ordlistan innehåller ett urval av de viktigaste termerna i handboken. Kursiverade ord i förklaringen utgör egna uppslagsord i ordlistan.

Fler termer och förkortningar finns i [HMK – Ordlista och förkortningar](#) som är övergripande för hela HMK-serien.

Term	Förklaring
<i>aktivt referensnät</i>	nätverk av fasta referensstationer för <i>GNSS</i> ; används bl.a. för realisering av referenssystem och <i>nätverks-RTK</i>
<i>antennmodell</i>	modell för att beskriva <i>GNSS</i> -antennens elektriska centrum i förhållande till en väl definierad fysisk punkt på antennen
<i>baslinje</i>	rymdvektor mellan två samtidigt observerande <i>GNSS</i> -mottagare
<i>bärvågsmätning</i>	<i>GNSS</i> -mätning där positionsbestämningen sker genom direkt användning av den omodulerade delen av satellitsignalerna (bärvågorna), se även <i>RTK</i>
<i>datafiltrering</i>	sortering av mätdata vid eller efter mätning, t.ex. utifrån kriterier som har koppling till attribut eller datakvalitet
<i>detaljmätning</i>	<i>inmätning</i> eller <i>utsättning</i> av objekt i ett referenssystem med hjälp geodetisk eller fotogrammetrisk mätningsteknik
<i>DOP</i>	<i>Dilution of precision</i> . Ett mått på satellitgeometris inverkan på mätosäkerheten.
<i>egenkontroll</i>	kontroller i utförarens regi; kan vara del av arbetsrutin, teknisk specifikation eller annan kravställning; jfr. <i>leveranskontroll</i>
<i>enkelstations-RTK</i>	<i>RTK</i> -baserad metod där en <i>referensstation</i> , fast eller tillfällig, används för positionering av en <i>rover</i> ; jfr. <i>nätverks-RTK</i>
<i>fixlösning</i>	heltalsbestämning av periodobekanta vid <i>bärvågsmätning</i>

Term	Förklaring
<i>flervägsfel</i>	(inom GNSS) fel som beror på att satellitsignalerna störs av objekt i närheten GNSS-mottagaren, t.ex. husfasader eller träd
<i>förtätningsgrad</i>	det typiska avståndet mellan fasta <i>referensstationer</i> i del av ett <i>aktivt referensnät</i>
<i>georeferering</i>	anslutning av en geodatamängd till ett officiellt referenssystem, t.ex. <i>SWEREF 99</i> eller <i>RH 2000</i>
<i>geoidmodell</i>	modell för omvandling av höjder över ellipsoiden till höjder över geoiden, t.ex. vid GNSS-mätning
<i>grundutförande</i>	den uppsättning av numrerade krav som finns i en viss version av en HMK-handbok
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i> . Ett samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positioneringssystem.
<i>initalisering</i>	beräkning av <i>fixlösning</i> vid realtidsmätning med GNSS, t.ex. <i>RTK</i>
<i>inmätning</i>	geodetisk mätning i syfte att bestämma koordinater och/eller höjder på objekt; jfr. <i>utsättning</i>
<i>jonosfär</i>	del av övre atmosfären med högt innehåll av laddade partiklar; en felkälla vid GNSS-mätning, med frekvensberoende påverkan; jfr. <i>troposfär</i>
<i>kombinerad mätning</i>	<i>detaljmätning</i> där två eller flera mätningstekniker kombineras; avser främst totalstation och GNSS/RTK
<i>leveranskontroll</i>	kontroller i beställarens regi; kan också upphandlas; jfr. <i>egenkontroll</i>
<i>lodstång</i>	stång med toppmonterat mätinstrument eller signal; används för <i>centrering</i> av <i>rover</i> vid GNSS-mätning eller prisma vid mätning med totalstation

Term	Förklaring
<i>lägesosäkerhet</i>	osäkerhet i lägesangivelser, t.ex. i förhållande till andra objekt, geodatamängder eller referenssystem; en utvidgning av termen <i>mätosäkerhet</i>
<i>mättningsinstruktioner</i>	instruktioner för <i>objektgeometrier</i> och punkt-kodning i samband med <i>detaljmätning</i>
<i>mätosäkerhet</i>	ett sätt att beskriva spridningen av värden i samband med någon form av mätning; se även <i>standardosäkerhet</i>
<i>nätverks-RTK</i>	den vanligaste metoden för relativ GNSS-mätning i realtid där flera fasta <i>referensstationer</i> utnyttjas; jfr. <i>enkelstations-RTK</i>
<i>objektgeometri</i>	den kombination av punkter, linjer, ytor och kroppar som används för att representera ett objekt digitalt
<i>projektionszon</i>	uppdelning av en <i>kartprojektion</i> i mindre områden/zoner i syfte att reducera projektfelen, vanligen genom förflyttning av medelmeridianen
<i>referensstation</i>	kontinuerligt observerande GNSS-utrustning som kan utgöra referens för relativ positionering, t.ex. <i>RTK</i> ; kan etableras tillfälligt eller fast (permanent)
<i>RH 2000</i>	<i>Rikets höjdsystem 2000</i> . Det nya riksnätet i höjd och den svenska realiseringen av <i>EVRS</i> .
<i>rover</i>	den GNSS-mottagare som flyttas vid detaljmätning; se även <i>RTK</i>
<i>RTK</i>	<i>Real-Time Kinematic</i> . Vanlig GNSS-baserad teknik för relativ bärvågs-mätning i realtid. Se även <i>enkelstations-RTK</i> , <i>nätverks-RTK</i> .
<i>standardosäkerhet</i>	ett vanligt mått för <i>mätosäkerhet</i>
<i>SWEREF 99</i>	Den svenska realiseringen av det europeiska referenssystemet <i>ETRS89</i> , med epok 1999.

Term	Förklaring
<i>tidsseparation</i>	(inom GNSS) tid som krävs mellan upprepade mätningar för att dessa ska anses vara oberoende
<i>tolerans</i>	(inom mätning) ett krav på maximalt tillåten avvikelse, eller en specifikation av den variation som kan förväntas i ett visst sammanhang
<i>troposfär</i>	del av lägre atmosfären förknippad med väder; en felkälla vid GNSS-mätning, med frekvensoberoende påverkan, jfr. <i>jonosfär</i>
<i>upprepade mätning</i>	oberoende mätningar som utförs på samma punkt, t.ex. som <i>egenkontroll</i>
<i>utgångspunkter</i>	(inom geodesin) punkt med kända koordinater/höjder som används för att ansluta geodetiska mätningar till ett referenssystem
<i>utsättning</i>	geodetisk mätning i syfte att markera givna koordinater och/eller höjder i terrängen; jfr. <i>inmätning</i>

Bilaga F: God mätsed

God mätsed (Engberg & Persson, 2010, [13]) är inte knuten till någon viss mätmetod eller mätutrustning utan avser en "grundfilosofi" som kan anses giltig över tid. Vissa ändringar har gjorts i förhållande till den angivna referensen.

Information

- Mätningen ska ge såväl ett produktionsresultat som en kvalitetsdeklaration. Båda delarna är lika viktiga och måste få ta tid.
- Kontrollera: en mätning är ingen mätning! Överbestämningar görs både för att hitta grova fel och för att kunna skatta mätosäkerheten.
- A och O är ordning och reda, från början till slut. Det är svårt att i efterhand skapa ordning ur kaos.
- Märk upp de handlingar som ingår i uppdraget och städa successivt bort sådant som inte ska sparas. Dokumentera även för din egen skull, du glömmer fortare än du tror.
- En viktig del i detta är spårbarhet. Det ska vara möjligt att gå bakåt i en produktionskedja och förstå hur mätdata och attribut tagits fram.
- Tillämpa beprövade och etablerade metoder. Därigenom utnyttjar du andras erfarenheter och andra förstår hur du har gjort. Mätdata blir användbara först när andra kan kontrollera och värdera dina metoder och dina resultat.
- Skaffa dig kunskap om den teknik, den utrustning och de metoder du använder. Detta hjälper dig att utföra mätningarna på rätt sätt och att förstå vilka fel som kan uppstå. Ingen kedja är starkare än sin svagaste länk.
- Tänk efter före, dvs. planera arbetsprocessen i förväg. Mätuppdrag är till stor del ett logistikproblem och god planering ger vinster i såväl tid och pengar som kvalitet.
- Sätt dig även in i syftet bakom beställningen av ditt mätuppdrag så att du kan anpassa kvaliteten på utförandet. Din uppdragsgivare betalar för "rätt" kvalitet.
- Vårda din mätutrustning varsamt och utför kontroller för att säkerställa att den är i gott skick. Dina verktyg är en förutsättning för ditt hantverk.

