

**HMK**  
- handbok i mät- och kartfrågor

# GNSS-baserad detalj- mätning

2017



## Förord 2017

2017 års revision av de HMK-dokument som beskriver geodetisk infrastruktur och geodetisk mätning har utförts av en arbetsgrupp bestående av Linda Ahlm, Anders Alfredsson, Lars Jämtnäs, Kent Ohlsson (samtliga Lantmäteriet) och Lars Kvarnström (LTK Geodesi). Liselotte Lundgren Nilsson (Lidingö stad), Per-Åke Jureskog (Metria) samt medarbetare på enheten för geodetisk infrastruktur (Lantmäteriet) har på olika sätt bidragit med granskning av dokumenten.

Ett nytt geodesidokument har tillkommit sedan 2015: *HMK – Kravställning vid geodetisk mätning*. I och med detta så fasas det äldre dokumentet *HMK – Referenssystem och geodetisk mätning* ut. Övriga dokument kvarstår i reviderad form.

Gävle 2017-08-31

/Lars Jämtnäs, samordnare HMK-Geodesi

[Samlade Förord](#)

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning .....</b>	<b>5</b>
1.1 Geodetisk mätning i HMK.....	5
1.2 Om detta dokument .....	6
1.3 Avgränsningar.....	6
1.4 Vad innebär GNSS-baserad detaljmätning? .....	7
<b>2 Uppdragsplanering och förberedelser .....</b>	<b>9</b>
2.1 Lokal mätmiljö.....	9
2.1.1 Riskfaktorer vid GNSS/RTK-mätning .....	10
2.1.2 Miljökategorier vid GNSS/RTK-mätning .....	11
2.2 Satellitförhållanden.....	12
2.2.1 Satellitgeometri och satellitelevation .....	12
2.2.2 Mätning med flera satellitsystem .....	13
2.2.3 Planeringsverktyg.....	13
2.3 Atmosfärsförhållanden .....	14
2.3.1 Jonosfärens påverkan .....	14
2.3.2 Troposfärens påverkan .....	15
2.4 Georeferering vid GNSS/RTK-baserad detaljmätning .....	15
2.4.1 Användning av positioneringstjänster .....	16
2.4.2 Etablering av lokal referensstation.....	17
2.5 Mätutrustning för GNSS-baserad detaljmätning .....	19
2.5.1 Tillverkarens manual.....	19
2.5.2 GNSS-antennor och antennenmodeller .....	20
2.5.3 Observationsfiltrering i mätinstrument.....	21
2.5.4 Referenssystem och transformationer .....	23
2.5.5 Konfigurationsprofiler och objekt-koder .....	24
2.5.6 Instrumenttillbehör.....	24
2.6 Verifiering av mätmetod.....	25
2.6.1 Kontrollpunkter för GNSS/RTK-mätning .....	26
2.6.2 Funktionskontroll av mätinstrument.....	27
2.6.3 Undersökning av mätosäkerhet.....	27
<b>3 Genomförande av GNSS-baserad detaljmätning.....</b>	<b>29</b>
3.1 Innan detaljmätning inleds.....	29
3.1.1 Planbestämning av detaljpunkt .....	30
3.1.2 Höjdbestämning av detaljpunkt .....	30
3.1.3 Initialisering vid RTK-mätning.....	31

3.1.4	Loggning av rådata.....	32
3.2	Inmätningsteknik .....	32
3.2.1	Observationstid och medeltalsbildning.....	32
3.2.2	Upprepad mätning med tidsseparation .....	33
3.2.3	Exempel på inmätningsteknik.....	34
3.3	Utsättningsteknik .....	37
3.4	Egenkontroller .....	39
3.4.1	Toleransbaserade kontroller.....	39
3.4.2	Faktorer att beakta under RTK-mätning .....	41
3.5	Lokala transformationer .....	43
3.5.1	Lokal inpassning i plan .....	43
3.5.2	Lokal translation i höjd .....	43
3.6	Efterberäkning av plan- och höjdlägen.....	44
<b>4</b>	<b>Referenser/Läs mer .....</b>	<b>46</b>
<b>Bilaga A</b>	<b>Förväntad mätosäkerhet vid GNSS-baserad detaljmätning.....</b>	<b>47</b>
A.1	Faktorer som påverkar mätosäkerhet .....	47
A.2	Schablonuppgifter för nätverks-RTK.....	47
A.2.1	Antaganden och förutsättningar .....	47
A.2.2	Förtätningsgrader i det nationella referensnätet.....	48
A.2.3	Lägesosäkerhet i 70 km-nät .....	49
A.2.4	Lägesosäkerhet i 35 km-nät .....	49
A.2.5	Lägesosäkerhet i 10 km-nät .....	49
<b>Bilaga B</b>	<b>Produktionsdokumentation .....</b>	<b>50</b>
B.1	Detaljmätning med GNSS/RTK .....	50
<b>Bilaga C</b>	<b>Grundkrav i dokumentet .....</b>	<b>51</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Geodetisk mätning i HMK

Geodetisk mätning behandlas i följande HMK-dokument (kortformerna av dokumentnamnen inom parentes):

- [HMK – Geodetisk infrastruktur 2017](#) (HMK-GeInfra 2017) beskriver de referenssystem och den geodetiska infrastruktur som används i Sverige, nationellt och lokalt.
- [HMK – Stommätning 2017](#) (HMK-Stom 2017) beskriver stommätning med statisk GNSS, totalstation och avvägningsinstrument.
- [HMK – Terrester detaljmätning 2017](#) (HMK-TerDet 2017) beskriver inmätning och utsättning med totalstation och avvägningsinstrument.
- [HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2017](#) (HMK-GnssDet 2017) beskriver inmätning och utsättning med GNSS/RTK-teknik.
- [HMK – Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#) (HMK-GeKrav 2017) utgör stöd för beställare vid upprättande av teknisk specifikation vid geodetiska mätarbeten, samt stöd till utförare vid val av lämplig mätmetodik.

Syftet med dessa fem dokument är i första hand att förse beställare och utförare med en kunskapsbas för att kunna nyttja och utvärdera geodetiska mätmetoder på bästa sätt, utifrån behov och förutsättningar.

Målgrupperna beställare och utförare förutsätts gälla i vid mening. Riktlinjerna i HMK är därför inte begränsade till upphandling av mätningstekniska tjänster, utan bör även kunna användas som underlag för sådana regelverk, rutiner eller kravspecifikationer som formuleras internt inom den egna organisationen.

Samtliga publicerade HMK-dokument finns tillgängliga för nedladdning via [lantmateriet.se/hmk](http://lantmateriet.se/hmk).

Se [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7 för hänvisningsregler.

Frågor om upphandling, tillstånd och sekretess behandlas i [HMK-Introduktion 2017](#), kapitel 3.

Tekniska termer och förkortningar förklaras i [HMK – Ordlista och förkortningar](#), senaste version.

## 1.2 Om detta dokument

HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2017 innehåller riktlinjer för geodetisk inmätning och utsättning av detaljer med GNSS/RTK-instrument. Riktlinjerna sammanfattas i ett antal rutor med ljusblått raster i inledningen av numrerade avsnitt, med rubrikerna "Krav" eller "Rekommendation". Dessa rutor kan sägas motsvara grundkrav på fackmannamässigt genomförande. Vid hänvisning till HMK kan beställare specificera tillägg eller avsteg från grundkraven (se [Bilaga C](#)):

- Vid tillägg formuleras nya krav, t.ex. genom att skärpa befintliga rekommendationer till krav.
- Vid avsteg stryks vissa krav, eller mildras till rekommendationer.

Läs mer om hänvisningar till krav och rekommendationer i [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7.

[Kapitel 2](#) beskriver aspekter som utföraren bör beakta vid planering av ett GNSS-baserat detaljmättningsprojekt, bl.a. hur den lokala mätmiljön ser ut, hur mätinstrument med tillbehör ska anpassas till uppdraget och hur man använder den geodetiska infrastrukturen för att georeferera mätningar.

[Kapitel 3](#) beskriver genomförande av GNSS-baserad detaljmätning, bl.a. inmättnings- och utsättningsmetodik, samt några exempel på egenkontroller.

[Kapitel 4](#) innehåller några tips på läroböcker, rapporter och branschnormer som berör GNSS-baserad detaljmätning.

[Bilaga A](#) innehåller information om vilken mätosäkerhet som kan förväntas vid mätning med GNSS/RTK.

[Bilaga B](#) beskriver rekommenderad produktionsdokumentation vid GNSS-baserad detaljmätning. Denna bör vid behov kompletteras med generell dokumentation för detaljmätningssuppdrag, se [HMK – Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), Bilaga B.

[Bilaga C](#) innehåller en samlad lista över grundkrav, dvs. krav och rekommendationer från samtliga rutor med ljusblått raster.

## 1.3 Avgränsningar

Riktlinjerna i dokumentet är tillämpbara inom vanlig "samhällsmätning", dvs. realtidsmätning med GNSS/RTK-instrument på lodstång eller stativ inom kommunal mätningsteknisk verksamhet, fastighetsbildning, samt viss bygg- och anläggningsverksamhet. Beställare och

utförare bör avgöra om och när branschspecifika dokument ska tillämpas.

Fokus i dokumentet ligger i första hand på mätprocessen – inte på specifika mätinstrument eller tjänster. För sådan information hänvisas till handböcker och tekniska specifikationer från respektive tillverkare eller leverantör.

Dokumentet innehåller inga specifika riktlinjer för mätning från teknikplattformar där GNSS/RTK-instrument integrerats (t.ex. anläggningsmaskiner eller UAV), även om mycket av innehållet kan vara tillämbart även i dessa kontexter.

## 1.4 Vad innebär GNSS-baserad detaljmätning?

I dagsläget utförs GNSS-baserad detaljmätning huvudsakligen som produktionsanpassad relativ bärvågsmätning i realtid, dvs. GNSS/RTK. I detta dokument betraktas därför GNSS-mätning som synonymt med GNSS/RTK-mätning när detaljmätning avses.

GNSS/RTK-tekniken kan delas in i två huvudkategorier – enkelstations-RTK respektive nätverks-RTK – beroende på om en eller flera referensstationer utnyttjas. Vid mätning med nätverks-RTK korrigeras observationsdata för flera av de osäkerhetskällor som råder vid mätfallet. Typvärdet för avstånden mellan referensstationerna runt omkring mätområdet motsvarar nätets s.k. förtätningsgrad. Nätverks-RTK möjliggör längre avstånd jämfört med enkelstations-RTK mellan referensstation och utrustningen i fält där positionen beräknas (den s.k. rovern). [1][2]

**Tabell 1.3.** RTK-baserade mättekniker i HMK-GnssDet 2017.

RTK-teknik	Referenssystem för plan- och höjdbestämmning	Typisk mättid	Ungefärlig standardosäkerhet, 2D
Enkelstations-RTK	Plankoordinater och höjder i de referenssystem som referensstationen ansluts till. Om detta inte är SWEREF 99-system behövs även transformations samband	Sekunder till minuter, exklusive mättid för georeferering av referensstation	10-30 mm, beroende på mättid och avstånd till referensstation – upp till max 15 km

Nätverks-RTK i det aktiva referensnätet SWEPOS	Plankordinater och höjder i SWEREF 99 (över ellipsoiden GRS80). Om resultat ska redovisas i andra referenssystem behövs transformations samband och/eller geoidmodell	Sekunder till minuter	10-30 mm, beroende på mättid, avstånd till närmaste referensstation och nätets förtätningsgrad
--	---	-----------------------	--

Eftersom GNSS/RTK-observationer sker polärt relativt en referensstation har lägesbestämningen relativt låg kontrollerbarhet, vilket särskilt bör beaktas i detaljmättningsprocessen – t.ex. genom upprepade mätningar och observationsfiltrering.

GNSS/RTK-mätning utförs i normalfallet med en geodetisk antenn monterad på en handhållen lodstång. Användning av stödben eller tvångscentrering på stativ medför lägre mätosäkerhet vid planbestämning.



## 2 Uppdragsplanering och förberedelser

### Krav

- a) Dokumentation av uppdragsplanering och förberedelser ska göras så att utomstående med fackmannamässig kunskap om GNSS-baserad detaljmätning kan återskapa arbetsgången.
- b) Val av mätmetod för detaljmätningen ska göras eller godkännas av personal i utförarorganisationen med grundläggande mätningsteknisk färdighet, se [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 3.1.

### Rekommendation

- a) Beställarkrav för ett geodetiskt detaljmättningsprojekt kan formuleras med stöd av [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 2.
- b) Vägledning till vilka mätmetoder som uppfyller beställarkrav finns i [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 3.
- c) Utföraren bör beakta möjligheten att använda kombinerad mätning med GNSS/RTK-rover och totalstation.

Uppdragsplaneringen anpassas till beställarkrav, befintlig geodetisk infrastruktur, samt övriga förutsättningar för användning av GNSS/RTK-teknik. I den mån andra tekniker än GNSS/RTK används vid detaljmätning bör utföraren ta del av motsvarande riktlinjer för uppdragsplanering (t.ex. [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#), kapitel 2). Mätinstrument som möjliggör kombinerad mätning med GNSS/RTK-rover och totalstation gör det möjligt att sömlöst kombinera eller växla tekniker efter behov.

Observera att vissa förberedelser kan vara lämpliga att samordna med genomförandet av detaljmätning, t.ex. kartläggning av lokal mätmiljö och verifiering av mätmetod.

### 2.1 Lokal mätmiljö

#### Rekommendation

- a) Vid större uppdrag bör rekognosering ske i det tänkta arbetsområdet innan detaljmätning inleds.

- b) Utföraren bör kartlägga förekomsten av sikthinder, reflekterande ytor eller annat i mätmiljön som kan störa mottagningen av GNSS-signaler.
- c) Vid realtidsmätning bör mottagningsförhållanden för dataöverföring undersökas.

### 2.1.1 Riskfaktorer vid GNSS/RTK-mätning

#### Rekommendation

- a) Utförare bör uppmärksamma att GNSS/RTK-mätning i miljöer med sikthinder och risk för flervägsstörningar ökar risken för försämrad mätosäkerhet och grova fel.

Mätmiljön begränsar huruvida GNSS/RTK-mätning kan genomföras och kontrolleras på ett acceptabelt sätt. Här följer möjliga riskfaktorer som bör beaktas i samband med rekognosering eller genomförande av detaljmätning:

- **Flervägsstörningar:** I miljöer med träd, fasader, hårdgjorda ytor eller vattenytor kan satellitsignaler reflekteras innan de når GNSS/RTK-rovern. Flervägsstörningar kan medföra ökad mätosäkerhet och i vissa fall grovt felaktig lägesbestämning.
- **Sikthinder:** Höga byggnader, skog eller topografi kan helt eller delvis hindra satellitsignalerna från att nå GNSS/RTK-rovern.
- **Säsongberoende störningar:** Vid förekomst av snö eller vegetation som kan hindra störningsfri mätning bör behoven av röjningsinsatser kartläggas. Detta gäller även vid etablering av lokal referensstation. Vid mätning i aktiva referensnät förväntas tjänsteleverantören kontrollera detta.
- **Elektromagnetiska störningar:** Moderna mätinstrument är vanligtvis robusta mot vissa elektromagnetiska störningar. Förekomst av kraftledningar, mobilmaster, radarstationer m.m. bör dock noteras i samband med genomförandet.
- **Datakommunikation:** Fungerande mobiltäckning i arbetsområdet bör säkerställas, antingen via egenkontroll eller via information från leverantörer. Om radioutsändning utnyttjas bör mottagningsförhållanden undersökas på motsvarande sätt.

## 2.1.2 Miljö kategorier vid GNSS/RTK-mätning

### Rekommendation

- a) Dokumentation av miljö kategorier bör ske utifrån tänkt användning, t.ex. i en mätinstruktion eller som ett möjligt attribut i en databas.
- b) I svår eller mycket svår miljö bör robust mätmetodik eller alternativa tekniker övervägas, t.ex. kombinerad mätning med totalstation.

Med hjälp av kategorierna i Tabell 2.1.2 kan utföraren göra en schablonmässig bedömning av hur lämpad den aktuella mätmiljön är för GNSS/RTK-mätning. De fyra kategorierna är klassificerade från A ("lätt mätmiljö") till D ("mycket svår mätmiljö") och motsvarar en samlad bedömning av begränsningar och riskfaktorer i hela eller delar av arbetsområdet. Kategorierna kan antingen anges yttäckande eller per mätobjekt.

Kategorisering av lokal mätmiljö kan utgöra attribut för detaljpunkt, t.ex. vid ajourhållning av kommunal kartinformation.

**Tabell 2.1.2.** Miljö kategorier i samband med GNSS/RTK-mätning.

A = Lätt mätmiljö	Mätpunkten har i stort sett fri sikt i alla riktningar och satellitelevationer över tio grader, vilket garanterar god satellitgeometri. Inga reflekterande objekt eller ytor i närheten medför risk för flervägsstörningar.
B = Normal mätmiljö	Mätpunkten har rimligt god sikt, eventuellt med träd eller andra sikthinder upp till maximalt 25 graders satellitelevation i någon riktning. Inga särskilda åtgärder behövs vidtas för att garantera tillräckligt god satellitgeometri. Förekomst av hårdgjorda ytor i närheten medför måttlig risk för flervägsstörningar.
C = Svår mätmiljö	Mätpunkten har begränsad sikt upp till mellan 25-50 graders satellitelevation i en eller två riktningar p.g.a. låga eller medelhöga byggnader, eller är delvis skyddad under trädkronor. Hårdgjorda ytor eller reflekterande objekt kan förekomma i flera riktningar. Sammantaget finns förhöjd risk för flervägsstörningar och dålig satellitgeometri.
D = Mycket svår mätmiljö	Mätpunkten har mycket begränsad sikt i tre eller fler riktningar p.g.a. höga byggnader inom 50 meters radie.

	Reflekerande ytor och objekt förekommer i alla riktningar. Mycket hög risk för flervägsstörningar och dålig satellitgeometri.
--	---

## 2.2 Satellitförhållanden

### 2.2.1 Satellitgeometri och satellitelevation

#### Krav

- a) God satellitgeometri ska eftersträvas vid GNSS/RTK-mätning, för både rover och referensstation.

#### Rekommendation

- a) Observationsfiltrering med avseende på satellitgeometri och satellitelevation bör utföras direkt i mätinstrumentet, alternativt utföras vid efterbearbetning av inmätta data.
- b) Gränsvärde för satellitelevation bör balanseras mot gränsvärde för satellitgeometri.

Med dagens mätinstrument krävs minst 5 satelliter för att erhålla fixlösning med GNSS/RTK, men fler bör eftersträvas för god överstämmelse.

God geometrisk spridning av GNSS-satelliterna ökar sannolikheten för tillförlitlig lägesbestämning. Vid observationsfiltrering kan följande PDOP-värden användas som riktmärken:

- PDOP < 3: god satellitgeometri
- PDOP 3–4: acceptabel satellitgeometri
- PDOP > 4: dålig satellitgeometri

Låga satellitelevationer medför dock ökad risk att signalerna störs av marknära objekt samt den relativt långa gångvägen genom atmosfären. När satellitgeometrin är mycket god kan därför den undre gränsen för satellitelevationen höjas för att undvika inkommande signaler av sämre kvalitet. Vid observationsfiltrering gäller följande:

- Satellitelevationsvinklar < 10 grader: låga
- Satellitelevationsvinklar 10–15 grader: acceptabla
- Satellitelevationsvinklar > 15 grader: höga

Läs mer om observationsfiltrering i [avsnitt 2.5.3](#).

## 2.2.2 Mätning med flera satellitsystem

### Rekommendation

- a) Mätning med fler satellitsystem bör utnyttjas vid låg tillgänglighet på GNSS-signaler, t.ex. i svår lokal mätmiljö.

Vid användning av fler satellitsystem kan ett större antal tillgängliga signaler förväntas vid GNSS/RTK-mätning. Detta kan förbättra möjligheten att mäta vid begränsad sikt eller under tider med sämre satellittillgänglighet.

För att kunna kombinera flera satellitsystem vid GNSS/RTK-mätning måste i normalfallet varje system bidra med minst två satelliter, vilket medför att minst sex satelliter krävs när fler satellitsystem än GPS utnyttjas.

Utförare behöver vara uppmärksamma på att kombinationen av satellitsystem kan innebära svårigheter att mäta om inte systemspecifika parametrar hanteras på ett korrekt sätt i mätinstrumentet. För korrekt hantering av kodobservationer med GLONASS behöver exempelvis korrektionsdata innehålla information om den använda referensstationens mottagartyp.

## 2.2.3 Planeringsverktyg

### Rekommendation

- a) Mätning bör planeras till tidpunkter som ger tillgång till många satelliter med god geometri i förhållande till detaljmätningens område.

Planering med avseende på god tillgänglighet av satelliter ökar förutsättningarna för lyckad GNSS/RTK-mätning, särskilt i mätmiljöer med sikthinder. För att underlätta planering kan ett planeringsverktyg användas. Sådana verktyg förekommer både i programvaror för hantering av GNSS-data och som webbtjänster.

Indata till planeringen är antingen GNSS-almanackor eller bandatafiler, samt en ungefärlig position och ett tidsintervall som utföraren anger. I vissa prediktionsverktyg kan utföraren även ange elevationsgräns och sikthinder för att få en mer realistisk bedömning.

Utdata från prediktionen kan vara en skyplot som visar satellitkonstellationen för ett givet tidsintervall, alternativt en tabell eller graf som visar antalet satelliter per satellitsystem samt DOP-tal för den tänkta tidpunkten och platsen för detaljmätningen.

## 2.3 Atmosfärsförhållanden

### Rekommendation

- a) Atmosfärsförhållanden bör dokumenteras inför eller i samband med GNSS/RTK-mätning för att klargöra behovet av robust mätmetodik, och som stöd vid kvalitetsskattning och felsökning.
- b) Dokumentation av atmosfärsförhållanden bör alltid innehålla uppgift om informationskälla/ursprung och tidsmärkning.

Under perioder med hög jonosfärs- och troposfärsaktivitet ökar risken för hög mätosäkerhet och grova fel i samband med GNSS-RTK-mätning. Genom tillämpning av robust mätmetodik och fortlöpande egenkontroller kan dock mätning ofta genomföras med goda resultat.

Atmosfärens bidrag till osäkerheten vid GNSS/RTK-mätning ökar med avståndet till referensstationen, eftersom den matematiska modellen förutsätter likartade förhållanden vid referens- och rovermottagare. [8]

### 2.3.1 Jonosfärens påverkan

Jonosfärsstörningar kan yttra sig genom:

- signalbortfall eller tappad bärvågslåsning,
- svårighet att beräkna fixlösning,
- högre mätosäkerhet, framför allt vid höjdbestämmning,
- försvårad radio- och satellitkommunikation.

Jonosfären varierar med rådande solaktivitet samt tid och plats på jorden (latitud, årstid, och tid på dygnet). Vid RTK-mätning kan effekten av jonosfärspåverkan delvis reduceras via flerfrekvensmätning och differensbildning av kod- och bärvågsobservationer. Kortare avstånd till referensstationen medför bättre möjlighet till reduktion. Jonosfärspåverkan kan även modelleras och reduceras över större områden med hjälp av data från fasta GNSS-mottagare, vilket sker vid mätning med nätverks-RTK.

Med stöd av webbtjänster finns det möjlighet att bedöma jonosfärens påverkan i samband med RTK-mätning, samt att i efterhand dokumentera för kvalitetsmärkning och felsökning.

T.ex. visar [SWEPOS jonosfärsmonitor](#) förväntad påverkan vid RTK-mätning i olika regioner i Sverige. Monitorn är en realtidstjänst, men kan även visa tidigare tidpunkter. Mobilapplikationen rekommenderas för fältarbete.

### 2.3.2 Troposfärens påverkan

Troposfärsstörningar kan yttra sig genom:

- signalbortfall eller tappad bärvågslåsning,
- svårighet att beräkna fixlösning,
- högre mätosäkerhet, framför allt vid höjdbestämning.

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

Troposfärsfördröjningen minskar på högre höjd över havet, ca 10 mm för varje 50 meters höjdskillnad, vilket i normalfallet hanteras automatiskt i RTK-rovern. Annan osäkerhet i mätningen p.g.a. troposfärspåverkan kan delvis reduceras via en standardmodell eller lösning av troposfärparametrar i en programvara.

Troposfärens sammansättning och variabilitet gör den dock mycket svårbedömd och svår att skilja från mätbrus. Utifrån kännedom om vädret kan utföraren ändå skapa sig en grov bild av troposfärens påverkan vid RTK-mätning. Väder och temperatur bör noteras i samband med mätning.

## 2.4 Georeferering vid GNSS/RTK-baserad detaljmätning

### Krav

- a) GNSS/RTK-mätningar ska georefereras så att uppdragskraven på lägesosäkerhet i önskat referenssystem kan uppnås.

### Rekommendation

- a) Utföraren bör göra en preliminär bedömning av vilken mätosäkerhet som kan förväntas vid detaljmätning.

Georeferering av GNSS/RTK-mätningar sker via positioneringstjänst eller genom att utföraren etablerar en lokal referensstation.

Vid mätning med enkelstations-RTK sker georeferering indirekt genom att referensstationen lägesbestäms i önskat referenssystem. Vid mätning med nätverks-RTK georefereras rovern istället direkt i det referenssystem som realiseras av nätverket av fasta referensstationer. Ett antal tjänsteleverantörer tillhandahåller positioneringstjänster för nätverks-RTK i Sverige.

Olika metoder för georeferering medför olika inställningar i mätinstrumentets programvara, vilket lämpligen verifieras med funktionskontroll enligt [avsnitt 2.6.2](#).

För preliminär bedömning av vilken mätosäkerhet som kan förväntas vid detaljmätning, se instrumentleverantörens specifikation samt [Bilaga A](#). Vid behov kompletteras denna information med undersökning enligt [avsnitt 2.6.3](#).

### 2.4.1 Användning av positioneringstjänster

#### Krav

- a) Utföraren ska säkerställa att arbetsområdet täcks av abonnemang på positioneringstjänst.

#### Rekommendation

- a) Utföraren bör ta del av manual och/eller annan driftsinformation för aktuell positioneringstjänst.
- b) Aktualitet och osäkerhet för referensstationernas koordinater bör verifieras via information från tjänsteleverantören.
- c) Utföraren bör verifiera mobiltäckningen inom mätområdet.
- d) I de fall där mobiltäckning saknas eller där dataöverföringen av annan orsak inte fungerar bör utföraren undersöka möjligheten att efterberäkna mätdata, t.ex. med virtuell RINEX.

Utföraren får tillgång till korrektionsdata för nätverks-RTK genom en positioneringstjänst. Lägesbestämningen utförs i realtid – eller i efterhand, om tjänsteleverantören tillhandahåller virtuell RINEX.

Vid användning av positioneringstjänst som baseras på det nationella referensnätet SWEPOS georefereras rovern direkt i det tredimensionella referenssystemet SWEREF 99. Höjdbestämning i RH 2000 görs med hjälp av rekommenderad geoidmodell.

Tjänsteleverantören ansvarar för alla kvalitetsaspekter som rör en positioneringstjänst, inklusive drift av referensstationer och beräkning av korrektionsdata till användare. Utföraren ansvarar däremot för att verifiera att positioneringstjänsten uppfyller kraven för aktuellt uppdrag.



## 2.4.2 Etablering av lokal referensstation

### Krav

- a) Om positionsbestämning sker i befintligt stornät ska referensstationen etableras på, eller georefereras mot, närliggande stompunkter med för ändamålet tillräcklig kvalitet.
- b) Vid tillfällig etablering ska stativ med trefot och optiskt lod användas, och antennhöjd bör bestämmas både före och efter mätning.
- c) Om referensstation etableras som en nypunkt ska tillfällig markering ske så att punktens läge kan verifieras under och efter mätning.
- d) Den lokala referensstationens hårdvara och mjukvara ska konfigureras enligt tillverkarens riktlinjer samt anpassas till uppdragskraven innan korrektionsdata överförs till rovern.

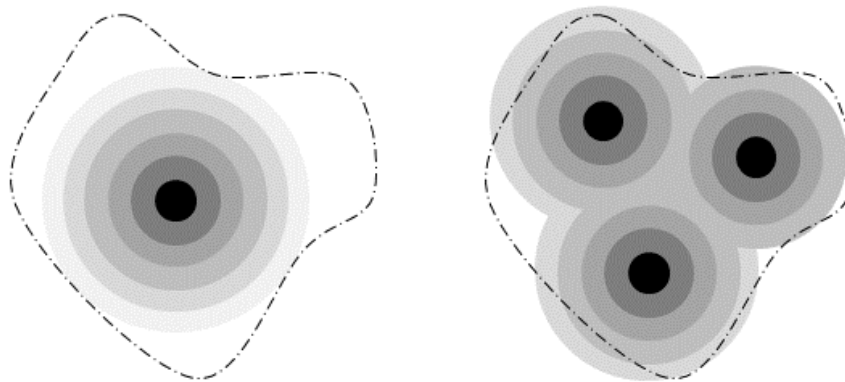
### Rekommendation

- a) För preliminär bedömning av förväntad mätosäkerhet i förhållande till lokal referensstation bör instrumentleverantörens specifikation användas.
- b) Fast etablering/montering av GNSS/RTK-antenn bör om möjligt ske på fast berggrund eller stabil konstruktion.
- c) Vid placering av referensstationen bör frånvaro av flervägsstörningar prioriteras. GNSS-antennen bör ha fri sikt mot satelliter över 10-15 graders elevation.
- d) Vid realtidsmätning bör placering av referensstation ske så att goda kommunikationsförhållanden erhålls.
- e) Vid fast etablering bör monitorering eller kontrollmätning ske fortlöpande under uppdragstiden.
- f) Etableringsdokumentation för fast referensstation bör inkludera:
  - utvärdering av placeringsalternativ
  - montering och georeferering av GNSS-antenn
  - övrig stationsutrustning
  - vilken mätosäkerhet som kan förväntas i arbetsområdet

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

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. Vid tillfälligt etablerad referensstation kan fler uppställningar göras för att prioritera korta avstånd till referensstationen och goda mätförhållanden.

Genom att göra en preliminär skattning av förväntad mätosäkerhet i olika delar av arbetsområdet kan utföraren bedöma vilka alternativa placeringar av referensstation som bäst uppfyller uppdragskraven. En sådan utvärdering baseras lämpligen på mätutrustningens specificerade osäkerhet, normalt uttryckt som en konstant plus en avståndsberoende del. Se exempel i Figur 2.4.2.



**Figur 2.4.2.** I det här exemplet jämförs två olika alternativ för placering av lokala referensstationer i uppdragsområdet. Den förväntade mätosäkerheten är avståndsberoende, vilket visas med koncentriska ytor baserade på tillverkarens specifikation av mätinstrumentens prestanda.

För att georeferera den lokala referensstationen görs stationsetableringen på stompunkt med kända koordinater i det aktuella referensnätet, eller som en nypunkt vars läge i referenssystemet bestäms via lämplig stommätningssmetod, se [HMK – Stommätning 2017](#). Information om metod för georeferering, inklusive genomförda beräkningar och transformationer, redovisas i etableringsdokumentationen.

Utföraren ansvarar i normalfallet för alla kvalitetsaspekter som rör den lokala referensstationen, inklusive placering och georeferering, instrumentinställningar, datakommunikation och monitorering. Monitore-

ring av referensstationens koordinater och höjdläge, samt rovermätning av samma detaljer eller kontrollpunkter med alternativa referensstationer ökar kontrollerbarheten och minskar risken för grova fel.

## 2.5 Mätutrustning för GNSS-baserad detaljmätning

### Krav

- a) Vid geodetisk detaljmätning ska de mätinstrument som används kunna hantera kod- och bärvågsobservationer på minst två frekvenser.
- b) Mätinstrumentet ska vara uppdaterat med de hård- och mjukvaruversioner som tillverkaren rekommenderar för instrumentmodellen.
- c) Mätinstrument och tillbehör ska vara kalibrerade och underhållna enligt tillverkarens specifikationer.
- d) Mätinstrumentets inställningar ska anpassas till använd metod för georeferering, se [avsnitt 2.4](#).

### Rekommendation

- a) Vid val av mätinstrument bör den specificerade mätosäkerheten jämföras med kraven på lägesosäkerhet för uppdraget.

All mätutrustning kontrolleras innan detaljmätning påbörjas. Utrustningen anpassas och konfigureras för aktuell tillämpning och de uppdragskrav som föreligger. Detta inkluderar förberedelser för att hantera korrektionsdata via lämplig datalänk.

Vid användning av lokal referensstation gäller samtliga riktlinjer i detta avsnitt även utrustning för referensstationen, jämte krav och rekommendationer i [avsnitt 2.4.2](#).

### 2.5.1 Tillverkarens manual

### Rekommendation

- a) Instrumenttillverkarens manual bör läsas avseende funktioner, gränssnitt, terminologi och förväntad mätosäkerhet innan mätinstrumentet används.

Genom att vara väl förtrogen med tillverkarens manual kan utföraren bättre utnyttja mätinstrumentets potential och förstå dess begränsningar. Följande information i manualen kan underlätta kommande användning av mätinstrumentet:

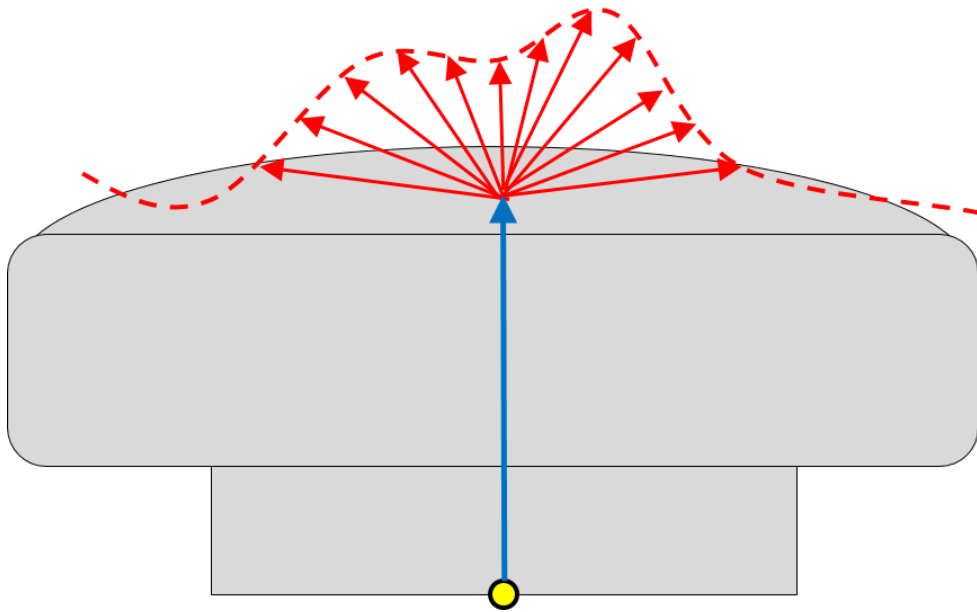
- Specificerad mätosäkerhet, samt övrig prestanda och rekommenderad användning
- Hantering av referenssystem, antennmodeller, bakgrundskartor, objektbibliotek m.m.
- Inställningar för observationsfiltrering, se även [avsnitt 2.5.3](#).
- Import-/exportfunktioner
- Alternativa punktbestämningsmetoder (linjeskärningar, excentriska punkter m.m.)
- Rekommendationer för service och underhåll
- Kombinerad mätning (GNSS/RTK tillsammans med totalstation)

## 2.5.2 GNSS-antennor och antennmodeller

### Krav

- a) Antennmodell ska användas vid geodetiska tillämpningar.
- b) Vid användning av positioneringstjänst ska tjänsteleverantörens riktlinjer för antennmodeller följas.

GNSS-antennens elektriska centrum (APC – *Antenna Phase Centre*) är den skenbara punkt dit fasmätningar sker. Denna punkt varierar beroende på inkommande satellitsignaler. Eftersom variationsmönstret är unikt för varje GNSS-antenn måste det modelleras om man vill minimera den antennberoende mätosäkerheten. Detta sker med antennmodeller, som matematiskt beskriver avståndet mellan en väldefinierad fysisk punkt på antennen (ARP – *Antenna Reference Point*) och APC som en funktion av signalfrekvens, satellitelevation och eventuellt azimut (Figur 2.5.2).



**Figur 2.5.2.** Avståndet 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 eller en individuell antenn. Så kallade typkalibreringar ger ofta tillräckligt bra antennmodeller för vanliga geodetiska tillämpningar.

Både roverutrustning och beräkningsprogramvaror för GNSS-observationer har vanligtvis en intern databas med antennmodeller som utföraren kan välja bland.

Utföraren bör dock observera att andra antennmodeller kan vara aktuella för referensstationen om georeferering sker med positioneringstjänst istället för med lokal referensstation. Tjänsteleverantören kontakts om det råder osäkerhet kring vilka antennmodeller som ska användas.

### 2.5.3 Observationsfiltrering i mätinstrument

#### Rekommendation

- Utförare bör utnyttja möjligheten att filtrera bort observationer som inte uppfyller angivna kriterier. Tabell 2.5.3 kan användas som riktmärke för detta.
- Vid ändringar av inställningar i mätinstrumentets programvara bör utföraren alltid följa anvisningar i tillverkarens manual. Inställningar som avviker från tillverkarens rekommendationer kan leda till undermålig funktionalitet och otillförlitliga mätresultat.

Genom att konfigurera gränsvärden eller kriterier för observationsfiltrering i mätinstrumentets programvara så kan mätningar av förväntad lägre kvalitet förkastas, vilket är särskilt viktigt vid svårare mätförhållanden. Detta är några exempel på möjliga inställningar i mätinstrumentet:

- **Gräns för internskattad mätosäkerhet:** Vid realtidsmätning ger GNSS-mottagaren en uppskattning av mätosäkerheten i positionsbestämningen – horisontellt (2D), vertikalt (1D), eller kombinerat (3D). Utföraren bör uppmärksamma att de interna kvalitetstalen ibland är orimligt låga, eftersom vissa bidrag till den faktiska mätosäkerheten inte inkluderas. Detta gäller särskilt vid mätning i svåra mätmiljöer med flervägsstörningar.
- **Gräns för PDOP:** PDOP (*Position Dilution Of Precision*) är ett enhetslöst mått på satellitkonfigurationens styrka, dvs. antalet satelliter och deras spridning i förhållande till GNSS-mottagaren. En dålig konfiguration (høgt PDOP) innebär ett större bidrag till osäkerhet vid positionsbestämning. Se även [avsnitt 2.2.1](#).
- **Gräns för satellitelevation:** Inkommande satellitsignaler på låga elevationer har längre gångväg genom atmosfären och är därför generellt av sämre kvalitet. För att kunna exkludera dessa från positionsbestämningen bör utföraren därför ange en undre gräns för satellitelevationen. Vid en høgt vald gräns är det viktigt att satellitgeometrin fortfarande är acceptabel. Se även [avsnitt 2.2.1](#).
- **Toleranser vid upprepad mätning:** En användbar funktion vid upprepad mätning. För att positionerna från de upprepade mätningarna ska kunna jämföras krävs i normalfallet att samma punktbezeichnung används vid varje inmätning och anges i instrumentets programvara. Se även [avsnitt 3.2.2](#) och [avsnitt 3.4.1](#).
- **Typ av positionslösning:** Exempel på olika typer av positionslösningar är kodlösning (DGPS), flytlösning och fixlösning. Under detaljmätning med RTK bör rovers programvara vara konfigurerad för att endast acceptera fixlösningar, eller på annat sätt visa information om positionslösningen.

**Tabell 2.5.3.** Riktlinjer för observationsfiltrering i mätinstrument.

Gräns för internskattad mätosäkerhet	Typiskt gränsvärde mellan 3–5 cm i plan/höjd, men bör bestämmas erfarenhetsmässigt för det aktuella roverfabrikatet.
Gräns för PDOP	Typiskt gränsvärde för PDOP är ca 3–4.

Gräns för satellitlevation	Typiskt elevationsgräns är 10-15 grader.
Tolerans vid upprepade mätning	Typisk tolerans är två gånger den standardosäkerhet som ska kontrolleras, vilket ger minst 95 % konfidens.
Typ av positionslösning	Endast fixlösningar bör accepteras såvida inte uppdragskraven medger undantag.

## 2.5.4 Referenssystem och transformationer

### Krav

- a) För lägesangivelser i önskat referenssystem i plan (eller kartprojektion) ska utföraren ange korrekta systemparametrar och transformations samband.
- b) För transformation av ellipsoidhöjder till normalhöjder ska utföraren använda en av Lantmäteriet rekommenderad geoidmodell.

### Rekommendation

- a) Utföraren bör observera att lokala referenssystem som realiseras av passiva referensnät ibland har dålig överensstämmelse med GNSS-baserade mätningar.

Vid realtidsmätning behöver utföraren definiera referenssystem och tillhörande parametrar i mätinstrumentet om positioner ska visas och registreras i önskat referenssystem och kartprojektion.

För redovisning av koordinater i plan används lämplig kartprojektion, i första hand någon av de lokala projektionszonerna för SWEREF 99. För bestämning av normalhöjder krävs en geoidmodell. Aktuella geoidmodeller för höjdsystemet RH 2000 finns tillgängliga för olika instrumentfabrikat via [Lantmäteriets webbplats](#). Se även [HMK - Geodetisk infrastruktur 2017](#).

Om koordinater ska redovisas i ett lokalt referenssystem (dvs. inte SWEREF 99) krävs tillgång till empiriskt bestämda transformations samband. Om detaljmätningen sker i ett inhomogent lokalt referenssystem kan användning av en restfelsmodell vara aktuell. Om restfelsmodellen läggs in i RTK-roverns programvara så sker interpolationen per automatik, beroende på var i modellens täckningsområde område som

utföraren befinner sig. Transformationssamband och restfelsmodeller tillhandahålls av stomnätsförvaltare.

Riktlinjer för lokal inpassning och höjdtransformation ges i [avsnitt 3.5](#).

### 2.5.5 Konfigurationsprofiler och objekt-koder

#### Rekommendation

- a) Användaren bör utnyttja möjligheten att spara inställningar i mätinstrumentets programvara för upprepat bruk, för att förenkla användning och dokumentation.
- b) För uppdraget anpassade objekt-koder bör definieras i – eller importeras till – mätinstrumentets programvara.

Ändamålsanpassad konfiguration ökar flexibiliteten och minskar behovet av att kontrollera och ändra inställningar under arbetets gång. T.ex. kan en unik uppsättning inställningar skapas för varje uppdrag, eller för varje grupp av objekt som ska positioneras i uppdraget. Detta är särskild fördelaktigt när detaljmätningen behöver anpassas för olika kvalitets- och dokumentationskrav.

Väldefinierade bibliotek där objekt-koder och andra attributdata finns lagrade underlättar efterbearbetning och överföring av mätdata till databaser och geografiska informationssystem.

### 2.5.6 Instrumenttillbehör

#### Krav

- a) Lodstång och övriga tillbehör som används vid mätning ska vara i gott skick.
- b) Tillbehör som används vid centrerings, horisontering och höjdbestämning ska kontrolleras enligt fastställd kvalitetplan eller motsvarande uppdragskrav.

För att GNSS/RTK-antennen ska kunna centreras och horisonteras över mätpunkten på ett säkert sätt kan man använda följande tillbehör:

- Stativ. Stativ kan vara tillverkade av olika material som t.ex. trä, kolfiber eller aluminium vilket påverkar stativets egenskaper och livslängd.
- Trefot. Används för att horisontera instrument eller prisma på stativet.
- Lod. Vid uppställning på stativ över en väldefinierad punkt centreras instrument och prisma med hjälp av optiskt lod eller laserlod.



- Lodstång med dosvattenpass. Kan kompletteras med stödben eller motsvarande hjälpmedel (t.ex. stakkäpp eller stålrör) för ökad stabilitet.
- Inbyggda funktioner i instrumentets programvara, t.ex. en digital dosvattenpass eller automatisk lutningskompensator.

De tillbehör som används vid detaljmätning kontrolleras regelbundet och justeras vid behov, lämpligen i samband med service av GNSS/RTK-instrumentet. Följande enkla egenkontroller kan utföras:

- Stativ och trefot: Ställ upp stativet över ett pappersark på marken och vrid därefter successivt trefoten på stativet en tredjedels varv runt sin axel och 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 det optiska lodet.
- Lodstångens dosvattenpass: Räta upp lodstången och centrera bubblan i vattenpasset, med hjälp av stödben eller stativ. Om antennstången vrids 180 grader bör större delen av bubblan stanna kvar inom cirkeln. I annat fall bör dosvattenpasset justeras.

## 2.6 Verifiering av mätmetod

### Rekommendation

- Inför detaljmätning bör utföraren verifiera att mätinstrumentet fungerar, att dess inställningar är korrekta, och att förväntad mätosäkerhet kan uppnås med tänkt mätmetod.
- Utföraren bör välja en verifieringsmetod som är anpassad till uppdragets kvalitetskrav och omfattning, i samråd med beställaren.

Genom kontrollmätningar på väldefinierade punkter verifierar utföraren att uppdragskraven kan uppnås med mätinstrumentet och den tänkta mätmetoden, dvs.

- funktionskontroll av mätinstrument, se [avsnitt 2.6.2](#)
- undersökning av mätosäkerhet, se [avsnitt 2.6.3](#).

Dessa moment samordnas eller utförs var för sig, beroende på vad som är lämpligt inför aktuellt uppdrag. I vissa fall är det tillräckligt att verifiering sker som egenkontroll i samband med att detaljmätningen genomförs, se [avsnitt 3.4](#).

### 2.6.1 Kontrollpunkter för GNSS/RTK-mätning

#### Krav

- a) Kontrollpunkter som utnyttjas ska vara väldefinierade och lämpade för störningsfri GNSS/RTK-mätning.
- b) För markerad kontrollpunkt ska läges- och kvalitetsuppgifter om markering finnas tillgängliga eller på annat sätt vara verifierade.

#### Rekommendation

- a) Lämpliga kontrollpunkter bör vid behov identifieras och/eller etableras i eller nära uppdragsområdet.
- b) Nyetablering av kontrollpunkter bör ske med en GNSS-baserad metod som ger försumbar lägesosäkerhet (högst en tredjedel) i förhållande till den mätmetod som ska kontrolleras.

Med tillgång till kontrollpunkter för GNSS/RTK-mätning så ökar utförarens möjlighet till fortlöpande kvalitetssäkring under hela detaljmätningens processen. Kontrollpunkter är markeringar eller väldefinierade detaljer i miljöer som är gynnsamma för GNSS-mätning, vilket motsvarar kategorierna A eller B i [avsnitt 2.1.2](#).

Markerade kontrollpunkter kan t.ex. vara befintliga punkter i ett passivt referensnät, t.ex. polygonpunkter eller höjdfixar. Dessa ska då ha koordinater och/eller höjdvärden i de referenssystem som detaljmätningen ska utföras i, samt uppgifter om osäkerhet (läge, markeringstyp m.m.). Lägesosäkerheten förväntas vara signifikant mindre än den mätmetod som ska kontrolleras.

Kontrollpunkter kan också nyetableras. Markeringstyp anpassas då efter syfte och användningens varaktighet. Om kontrollpunkt bestäms med GNSS-baserad metod så kan jämförelser av höjdvärden ske direkt i förhållande till ellipsoid. För möjlig mätmetod, se [HMK – Stommätning 2017](#).

Väldefinierade detaljer utan kända kvalitetsuppgifter lämpar sig främst för egenkontroller under genomförandet av detaljmätningen, t.ex. vid dubbelmätning eller återbesök. Se vidare [avsnitt 3.4](#).

## 2.6.2 Funktionskontroll av mätinstrument

### Rekommendation

- a) Funktionskontroll bör utföras innan mätinstrumentet ska användas, samt i samband med service eller uppdateringar av mjukvara.
- b) Funktionskontroll bör ske med stativ eller fast montering för att eliminera centreringsosäkerheten.

Mätinstrumentets inställningar samt att funktionen i övrigt är god kontrolleras av utföraren innan detaljmätning. Den georeferering som sker via positioneringstjänst eller lokal referensstation ingår i denna kontroll, se [avsnitt 2.4](#). Om kontrollpunkten har känd kvalitet i ett lokalt stornät, kan även transformations samband till det lokala systemet kontrolleras.

Varaktig etablering av kontrollpunkt med möjlighet till fast montering av GNSS/RTK-antenn kan vara lämpligt vid återkommande funktionskontroller.

## 2.6.3 Undersökning av mätosäkerhet

### Rekommendation

- a) Om mätosäkerheten vid undersökning inte visar sig uppfylla uppdragskraven bör en mer robust GNSS/RTK-metodik eller en alternativ mätteknik övervägas.

Den förväntade mätosäkerheten är bl.a. beroende av avståndet mellan rover och referensstation, samt hur mätningen georefereras. Detta bedöms enligt [avsnitt 2.4](#). Baserat på uppdragskraven kan utföraren dessutom välja att verifiera den förväntade mätosäkerheten som en del av uppdragsplaneringen, dvs. innan detaljmätningen inleds.

Mätosäkerhet kan bestämmas enligt två huvudsakliga principer:

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

För mindre uppdrag är det i de flesta fall tillräckligt med en undersökning av Typ A eller Typ B. Vid större uppdrag kan en kombination av både typerna vara berättigad – och utgöra en del av den fastslagna kvalitetsplanen.

Exempel på typ A-bestämning av mätosäkerhet är den metodik som beskrivs i ISO-standarden 17123-8. Denna metodik förutsätter inbördes bestämning av två kontrollpunkter med mycket låg relativ osäkerhet. Standarden föreslår vidare två olika testförfaranden som utföraren väljer utifrån uppdragets krav och omfattning (fullständigt eller förenklat test). [3]

En alternativ metod för utvärdering av mätosäkerhet beskrivs i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.3. Detta är en mer omfattande undersökning 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 minst 20 kontrollpunkter i arbetsområdet. Mätningarna behöver dock inte genomföras på 20 olika punkter – utan kan bestå av flera oberoende GNSS/RTK-mätningar på ett mindre antal punkter, med växlande mätförhållanden (satellitgeometri etc.). I första hand bör detta vara kontrollpunkter som är bestämda med mycket låg lägesosäkerhet i det eller de referenssystem som detaljmätningen ska ske, se [avsnitt 2.6.1](#).

Observera att enstaka GNSS/RTK-mätning på kontrollpunkt i sig inte utgör underlag för god bedömning av metodens mätosäkerhet. Det kan däremot vara en lämplig egenkontroll i samband med att detaljmätningen genomförs, se [avsnitt 3.4](#).

### 3 Genomförande av GNSS-baserad detaljmätning

#### Krav

- a) Dokumentation av genomförandet av GNSS-baserad detaljmätning ska göras så att utomstående med fackmannamässig kunskap kan återskapa arbetsgången.
- b) Om särskild plan för kvalitetssäkring av detaljmätningen upprättats i samråd med beställare ska denna följas.
- c) Om mätanvisningar finns för vissa objekttyper ska dessa följas.
- d) När detaljpunkter inte är väldefinierade och entydigt bestämbara ska vald geometri vid inmätning dokumenteras.

#### Rekommendation

- a) Utföraren bör känna till vanliga egenkontroller i samband med detaljmätning samt ha en förståelse för när de ska tillämpas.
- b) Utföraren bör känna till vilka instrumentinställningar som möjliggör kvalitetsbedömning och observationsfiltrering i samband med detaljmätning, se [avsnitt 3.4.2](#) respektive [2.5.3](#).

Genomförande av detaljmätning avser både inmätning och utsättning där inte annat framgår av avsnittsrubriken. I den mån andra tekniker än GNSS/RTK används vid detaljmätning bör utföraren ta del av motsvarande riktlinjer för genomförande (t.ex. [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#), kapitel 3).

Mätanvisningar kan ingå i beställarkrav för detaljmätning, se [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), avsnitt 2.4.

#### 3.1 Innan detaljmätning inleds

#### Rekommendation

- a) Vid mätning med stativ och trefot bör uppställning på mätpunkten ske enligt praxis för aktuell antenntyp, t.ex. med lämplig adapter mellan trefot och antenn, och eventuell orientering av antenn.
- b) Utföraren bör kontrollera att registrering av mätdata sker på önskad minnesenhet, till rätt datafil, i rätt dataformat m.m.

- c) Eventuella utsättningsdata, kända kontrollpunkter och bakgrundskarta bör finnas tillgängliga i korrekt referenssystem.

Innan detaljmätning inleds förutsätts det att mätinstrumentet konfigurerats ändamålsenligt för uppdragsbehoven, samt i övrigt enligt rekommendationerna i [avsnitt 2.5](#). Genom att förbereda konfigurationsprofiler kan olika inställningar och val i samband med mätning och georeferering underlättas eller automatiseras, se [avsnitt 2.5.5](#).

### 3.1.1 Planbestämning av detaljpunkt

#### Krav

- a) Stativ eller stöd för lodstång ska användas vid krav på låg centreringsosäkerhet.
- b) Excentrisk mätning ska redovisas med nödvändig information för otvetydig bestämning av mätpunkten.

#### Rekommendation

- a) Utföraren bör beakta lokala förhållanden som kan påverka centreringsosäkerheten, t.ex. vind eller markvibrationer.

Centreringsosäkerheten vid mätning med lodstång är typiskt tre gånger större när centreringsosäkerheten utförs utan hjälp av stativ eller stödben. Centreringsosäkerheten reduceras - från ca 15 mm till ca 5 mm - om stödben används.

Med stativ och trefot kan centreringsosäkerheten anses försumbar om optiskt lod används. Utföraren bör dock kontrollera att det optiska lodet är korrekt justerat, se [avsnitt 2.5.6](#).

Vid bestämning av excentrisk punkt används lämpligen den funktion i mätinstrument som möjliggör inbindning via längdmått till två hjälp-punkter (som mäts in med GNSS/RTK). Längdmätning görs med totalstation, distometer eller måttband beroende på krav. Hjälp-punkter markeras temporärt.

### 3.1.2 Höjdbestämning av detaljpunkt

#### Krav

- a) Utföraren bör kontrollera att lodstången fixerats till korrekt höjd och att antennen är ordentligt fastskruvad.
- b) Vid mätning med stativ och trefot bör antennhöjden bestämmas före och efter mätning - gärna vertikalt med särskild in-

strumenthöjds-mätare. Utföraren bör även kontrollera att antennen är ordentligt fastlåst i trefoten.

- c) Antenntyp och antennhöjd ska anges i mätinstrumentets programvara vid detaljmätning. Antennhöjder ska anges från detaljpunkt till ARP eller till annan fysisk punkt på antennen med känd offset till ARP.

#### **Rekommendation**

- a) Vid mätning med lodstång bör antennhöjden väljas med hänsyn till risken för flervägsstörningar (vid för låg höjd) eller centreringsosäkerhet (vid för hög höjd).
- b) Om avvikande antennhöjd konstateras under mätning med lodstång bör samtliga berörda mätningar korrigeras efter arbetets slut.
- c) Om avvikande antennhöjd konstateras under mätning med stativ bör antennhöjden mätas på nytt. Om även denna mätning avviker bör trefot och stativ kontrolleras.

Antenntyp ska anges i mätinstrumentet. Notera att vissa antennmodeller i mätinstrumentets interna databas har anpassats till GNSS-antennens placering på lodstång, stativ, eller annan montering.

Antennen justeras till lämplig höjd på lodstång eller stativ. Antennhöjd läggs därefter in i mätinstrumentets programvara. Vid mätning med stativ anges dessutom om antennhöjden avser vertikalt eller lutande mått.

### **3.1.3 Initialisering vid RTK-mätning**

#### **Krav**

- a) Vid GNSS/RTK-baserad detaljmätning ska plan- och höjdbestämmning ske med korrekt fixlösning, antingen genom initialisering i realtid eller genom efterberäkning av fixlösning.

#### **Rekommendation**

- a) Om fixlösning ej erhållits inom förväntad tid bör ny initialisering ske.
- b) Om orsaken till lång initialiseringstid ej är uppenbar (sett till rådande mätförhållanden) bör denna utredas och dokumenteras.

När en första ungefärlig absolutposition erhålls bekräftar detta att mätinstrumentet låst mot satellitsignalerna.

Vid GNSS/RTK-mätning med positioneringstjänst sker anslutning till tjänsten enligt tjänsteleverantörens instruktioner. Vissa positioneringstjänster kräver en position från rovern för att referensdata ska kunna beräknas och skickas till användaren.

Initialisering, dvs. beräkning av fixlösning, påbörjas när rovern tar emot korrektionsdata. Tiden för initialisering påverkas bl.a. av mätförhållanden och närhet till referensstation(er), men bör inte överstiga den tid som anges i mätinstrumentets specifikation/manual – eller ca 1–2 minuter om sådan uppgift saknas. Se även [avsnitt 3.4.2](#).

När rovern har fixlösning kan detaljmätning påbörjas.

### 3.1.4 Loggning av rådata

#### Rekommendation

- a) Utföraren bör säkerställa att mätinstrumentets minneskapacitet är tillräcklig för att spara rådata.

Om utföraren inte kan (eller behöver) överföra referensdata i realtid så kan istället positionsbestämningen göras i efterhand. Detta kräver att rådata sparas i instrumentet – dvs. kod- och bärvågsobservationer – som sedan efterberäknas med korrektionsdata i lämplig programvara.

Se [avsnitt 3.6](#) för rekommendationer i samband med efterberäkning av GNSS/RTK-data.

## 3.2 Inmätningmetodik

### 3.2.1 Observationstid och medeltalsbildning

#### Rekommendation

- a) Vid inmätning som sker stillastående bör alltid en medeltalsbildning av positioner göras.
- b) Medeltalsbildningen av positioner under stillastående mätning bör ske under minst fem sekunder.
- c) Registrerad mätning bör inkludera uppgift om antalet registrerade positioner eller start- och stopptid.

Uppdateringsfrekvensen i en GNSS/RTK-mottagare är i typfallet 1Hz, vilket innebär att en ny position beräknas varje sekund. Inmätning ut-



förs genom att registrera en sammanhängande sekvens av 3D-positioner med fixlösning, antingen under kontinuerlig rörelse eller under stillastående mätning. Vid stillastående inmätning utförs medeltalsbildning av ett antal positioner direkt i mätinstrumentet, antingen baserat på antalet positioner eller över ett tidsintervall – t.ex. medelvärde av fem positioner eller medelvärde över fem sekunder. I övrigt kan inmätningstekniken anpassas enligt nedan:

- Genom att öka observationstiden reduceras effekten av slumpmässig (kortvågig) osäkerhet vid GNSS/RTK-mätning, dvs. den variation som ibland kallas mätbrus. Vid observationstider över ca 1–2 minuter är det dock huvudsakligen systematisk osäkerheten som reduceras, vilket t.ex. utnyttjas i den s.k. 180-sekundersmetoden [6].
- Observationsfiltrering används för att minska risken för undermålig inmätning, se [avsnitt 2.5.3](#).
- Överbestämd GNSS/RTK-mätning åstadkoms i första hand genom att utföra upprepade mätningar. Vid upprepad mätning tillämpas tidsseparation för att minska mätningarnas korrelation.

Inmätningsteknik väljs av utföraren baserat på uppdragsbehoven. I [avsnitt 3.2.3](#) ges några exempel på detta.

Att detaljmätningen uppfyller förväntad mätosäkerhet verifieras genom toleransbaserade egenkontroller enligt [avsnitt 3.4.1](#), samt vid behov med undersökningar enligt [avsnitt 2.6.3](#).

### 3.2.2 Upprepad mätning med tidsseparation

#### Krav

- Upprepad mätning ska ske med tidsseparation och ny fixlösning.
- Vid upprepad mätning ska detaljpunkten vara väldefinierad. I annat fall krävs markering i samband med första inmätningen.
- Inbördes kontroll av ingående mätningar ska ske innan eventuell medeltalsbildning. Om toleransen inte uppfylls ska om-mätning ske. Se även [avsnitt 3.4.1](#).

#### Rekommendation

- Vid behov av god kontrollerbarhet i mätprocessen bör upprepad mätning övervägas.

- b) Tidsseparation vid upprepad mätning bör vara minst 5 minuter vid planbestämning och minst 15 minuter vid höjdbestämning.
- c) Tidsseparationen bör ökas när PDOP och/eller avståndet till referensstationerna ökar.

Vid upprepad mätning sker inmätning två eller fler gånger, med tidsseparation mellan varje inmätning.

Upprepad mätning innebär en naturlig kontroll av mätprocessen så att exempelvis grova fel lättare kan upptäckas. Syftet med tidsseparation mellan inmätningarna är att erhålla statistiskt oberoende GNSS/RTK-mätningar och därmed möjliggöra bättre hantering av systematisk osäkerhet (långvågig variation). Om tidsseparationen är för kort finns det risk att endast den slumpmässiga variationen beaktas och att mätosäkerheten därmed skattas överoptimistiskt. [4][5]

Lämplig tidsseparation kan variera från några minuter till en timme, bl.a. beroende av avstånd till referensstation, atmosfärsstörningar och satellitgeometri. Vid särskilt långa observationstider kan syftet med tidsseparation uppnås även utan upprepad mätning [6]. Som en tumregel bör dock tidsseparation vara längre än "våglängden" i den långvågiga variationen.

Upprepad mätning kan utföras på två sätt:

- Genom att utföra flera inmätningar och medeltalsbilda dessa (t.ex. som dubbel- och trippelmätning).
- Genom separat kontrollmätning av tidigare inmätning.

Vid dubbel- och trippelmätningar medeltalsbildas två respektive tre mätningar – var och en med medeltalsbildade positioner – om toleransen för upprepad mätning är uppfylld, se [avsnitt 2.5.3](#) och [avsnitt 3.4.1](#). I detta fall förutsätts att de ingående mätningarna utförs på enhetligt sätt med avseende på observationstid, centrering m.m.

Separat kontrollmätning utförs t.ex. i samband en stickprovskontroll och kan därför vara lämplig att utföra med bättre centrering än ursprungsmätning, se [avsnitt 3.4.1](#).

### 3.2.3 Exempel på inmätningmetodik

#### Krav

- a) Inmätningmetodiken ska anpassas till tillämpning och krav på lägesosäkerhet och kontrollerbarhet.

### Rekommendation

- a) Robust mätmetodik bör tillämpas då utföraren bedömer mätförhållandena som sämre än normalt, dvs. när högre mätosäkerhet och ökad risk för grova fel kan förväntas.
- b) Under mycket svåra mätförhållanden bör alternativa mättekniker övervägas.

Genom att aktivt anpassa inmätningmetodiken till rådande förutsättningar och tillämpningens krav kan utföraren uppnå "rätt" kvalitet – och därmed också god produktivitet vid detaljmätningen. Här följer några vanliga exempel på anpassad inmätning.

### Detaljer med varierande krav på lägesosäkerhet

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

- Inmätning av alla detaljer, oavsett kvalitetskrav. Normal observationsfiltrering tillämpas, se [avsnitt 2.5.3](#). Stödben för lodstång används för detaljer med krav på lägre osäkerhet i planbestämning. Detaljer som ska mätas in flera gånger registreras med namn eller attribut som visar detta. Temporär markering av detaljer görs om dessa inte kan identifieras entydigt för upprepad mätning.
- Upprepad inmätning utförs på detaljer med högre kvalitetskrav. Samma centreringsmetod förutsätts. Toleranser som motsvarar krav på lägesosäkerhet definieras beroende på mät-situation, se [avsnitt 3.4.1](#). De inmätta detaljernas inbördes ordning bibehålls för att erhålla god tidsseparation för alla upprepade mätningar.
- Vid ytterligare krav på lägesosäkerhet och kontrollerbarhet utförs trippelmätningar osv. tills alla inmätningar uppfyller ställda krav. Eventuellt kontrolleras en delmängd enkelmätta detaljer genom separat kontrollmätning, se [avsnitt 3.2.2](#).

### Georeferering av totalstation med GNSS/RTK

Ett alternativt till georeferering via passivt stornät är att utföra en fri etablering av totalstation där utgångspunkterna mäts in med GNSS/RTK. Eftersom längd- och vinkelmätningarna mot utgångspunkterna har relativt liten påverkan på stationsetableringen bör utföraren säkerställa att GNSS/RTK-mätningarna är av jämn och god kvalitet. Här är tre exempel på strategier för att reducera slumpmässig och systematisk osäkerhet vid inmätning av utgångspunkter:

- Dubbel- eller trippelmätningar, där upprepade mätningar av minst tre utgångspunkter krävs men i övrigt anpassas till kravet på lägesosäkerhet. Observationsfiltrering och stödben för antenn förutsätts. Kontroll av lägesosäkerhet och hantering av långvägig variation erhålls genom den upprepade mätningen med tidsseparation. Denna strategi har bäst kontrollerbarhet, men förutsätter att utföraren använder temporära markeringar eller väldefinierade/entydiga detaljer. Den förväntade lägesosäkerheten bedöms i förväg för att kunna utföra egenkontroll med toleranser, se [avsnitt 3.4.1](#).
- 180-sekundersmetoden [6], där kravet är mätning av minst tre utgångspunkter under tre minuter vardera med hjälp av stödben. All slumpmässig samt viss systematisk osäkerhet kan hanteras, särskilt vid korta avstånd till referensstation och/eller hög förtätningsgrad av stationsnätet. Endast ett besök vid varje utgångspunkt krävs. Denna strategi är lämplig när mätning av genomgående hög kvalitet eftersträvas (t.ex. vid fastighetsbildning) och risken för stor långvägig variation är begränsad.
- RUFRIIS enligt Trafikverkets metodbeskrivning [7], där kravet är enkel mätning av minst 15 utgångspunkter för stationsetablering. Viss observationsfiltrering förutsätts, men kvalitet vid utjämning av stationens koordinater och orientering garanteras framför allt via det stora antalet mätningar av utgångspunkter. Om dessa är tillräckligt separerade i tid så kan även viss systematisk osäkerhet pga. atmosfär hanteras. Denna strategi är lämplig i situationer där utföraren har liten eller ingen kännedom om den förväntade lägesosäkerheten i GNSS/RTK-bestämningen.

### Robust mätmetodik

Atmosfärsstörningar, flervägsstörningar och dålig satellitgeometri bidrar till större mätosäkerhet och risk för grova fel i lägesbestämningen. I många fall kan detta hanteras genom *robust mätmetodik*, där utföraren anpassar genomförandet för att klara av sämre förhållanden. Robust mätmetodik inkluderar

- längre observationstider
- fler (upprepade) mätningar
- ökad tidsseparation
- ökad observationsfiltrering

Vid ökad observationsfiltrering

- höjs gränsen för minsta antal satelliter i positionslösning

- sänks den övre gränsen för DOP-tal
- höjs elevationsgränsen

Robust mätmetodik ger ingen garanti för felfri GNSS/RTK-mätning, utan är snarare ett sätt att "strama upp" genomförandet under sämre förhållanden - och därmed öka sannolikheten för att detaljmätningen kan genomföras med godtagbar kvalitet. Under mycket svåra mätförhållanden bör alternativa mättekniker övervägas, eftersom produktiviteten sjunker kraftigt när fler observationer filtreras bort eller fler detaljmätningar inte uppfyller toleranskraven.

### 3.3 Utsättningsmetodik

#### Krav

- Utsättningsmetodiken ska anpassas till uppdragskraven, där relevanta branschnormer ska tillämpas.
- Kontrollinmätning tillhör inte utsättning utan ska utföras som separat åtgärd.
- Detaljer med krav på låg lokal lägesosäkerhet bör sättas ut från samma referensstation. Detta gäller även virtuell referensstation.

#### Rekommendation

- Utförare bör särskilt beakta förutsättningarna för GNSS/RTK-mätning i samband med utsättning då denna inte kan utföras med överbestämning.
- Underlag för utsättning bör kontrolleras innan arbete i fält påbörjas.
- Utsättning bör utföras med hjälp av växelvis inmätning och justering tills krav på lägesosäkerhet/tolerans är uppfyllda.
- Om utsättning med GNSS/RTK inte kan utföras med växelvis inmätning och justering så bör alternativ mätmetod övervägas enligt [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#).
- Kontrollinmätning utförs för att verifiera krav. Vald kontrollmetod bör ha en mätosäkerhet på högst en tredjedel av den förväntade mätosäkerheten vid utsättningen.

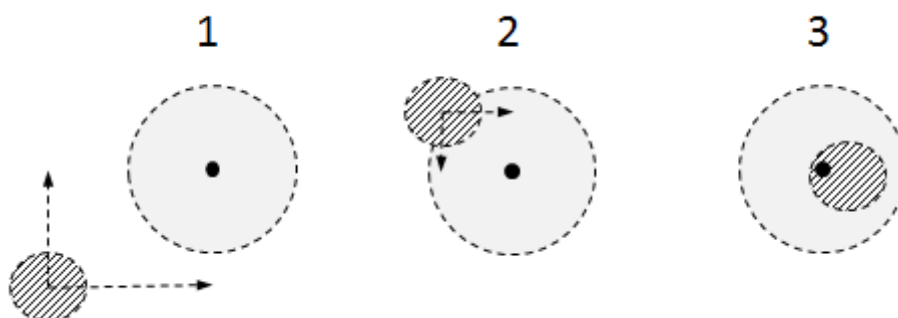
Utsättning av detaljer för byggnader, långsträckta anläggningsobjekt, fastighetsgränser m.m. kan göras med GNSS/RTK under förutsättning att överbestämning kan åstadkommas i inmätningsskede.

Kontroll sker via inmätning och jämförelse mot referensmått eller koordinater i det digitala underlaget. Det är därför viktigt att verifiera att angivna mått till sekundärlinjer eller teoretiska koordinatangivelser i det lokala referenssystemet är korrekta i underlaget innan utsättning inleds. Därutöver bör krav på dokumentation och försäkringsmärkingar undersökas.

Utsättning med GNSS/RTK sker i normalfallet med samtidig plan- och höjdbestämning utifrån den aktuella (uppdaterade) positionen som visas av mätinstrumentet. Vid krav på låg osäkerhet i höjdläget kan avvägning tillämpas, se [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#).

Eftersom inmätning med GNSS/RTK kan utföras med överbestämningar utnyttjas detta vid behov, genom att efter växelvis utföra inmätning och justering tills krav på lägesosäkerhet/tolerans är uppfyllda. Figur 3.4.2 visar ett exempel på detta, utfört i tre steg.

Lämplig metodik för inmätning (se [avsnitt 3.2](#)) vid utsättning väljs lämpligen utifrån minimering av utsättningstid. Mätosäkerhet för utsättning som utförts enligt ovan kan betraktas som ekvivalent med mätosäkerhet för den sista inmätningen av läget.



**Figur 3.4.2.** Exempel på justering vid utsättning. Det teoretiska utsättningsläget har en radiell tolerans som motsvaras av den ljusgrå cirkeln. Inmätningens osäkerhet (med relevant täckningsgrad, t.ex. 95 %) motsvaras av den snedstreckade arean. Utsättningen justeras stegvis mot det teoretiska läget tills toleransen är uppfyllt för den aktuella täckningsgraden (i steg 3).

Kontrollinmätning av utsatta detaljer utförs enligt uppdragskrav, t.ex. i fastställd kvalitetsplan eller via hänvisning till branschstandard. Kontrollinmätning görs sällan med GNSS/RTK vid höga toleranskrav, eftersom kontrollmetoden bör vara approximativt felfri i förhållande till utsättningsmetoden. Se även [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#).

Leveranskontroll av utsatta detaljer kan utföras genom stickprov enligt rekommendationer i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#).

## 3.4 Egenkontroller

### Rekommendation

- a) Utföraren bör nyttja egenkontroller för att minska risken för grova fel eller systematiska avvikelser, samt för att verifiera inställningar och förväntad mätosäkerhet.
- b) Genomförda egenkontroller bör stå i proportion till detaljmätningens insatsen.
- c) Ominitialisering bör tillämpas vid kontrollmätningar med GNSS/RTK, men utgör i sig ingen kontroll.

Egenkontroller, dvs. utförarens kontroller, utgör en väsentlig del i kvalitetsbedömning och kvalitetssäkring av detaljmätningens processen. Kontrollerna kan vara integrerade i mätmetoden, eller utgöra separata moment som utförs vid behov. Vid uppdragsarbete formuleras i vissa fall en kvalitetsplan, där det framgår vilka egenkontroller som ska utföras och hur dessa ska redovisas.

Egenkontroller kan genomföras före, under och/eller efter detaljmätning med RTK:

- **Innan detaljmätning** bör mätutrustningens funktionalitet och prestanda kontrolleras, liksom förväntad mätosäkerhet för den tillämpade mätmetod som planeras. Detta kan i båda fallen ske via mätning på kontrollpunkter, se [avsnitt 2.6](#).
- **Under detaljmätning** sker kontroll främst genom upprepad mätning med tidsseparation, samt genom att beakta yttre förhållanden och information via mätinstrumentet. Mätning på kontrollpunkter utförs för att verifiera förväntad kvalitet, eller när behov uppstår – t.ex. vid misstanke om försämrad mätosäkerhet eller grovt fel. Se vidare [avsnitt 3.4.1](#).
- **Efter detaljmätning** utförs kontroller för att bedöma om detaljmätningarna uppfyller kvalitetskraven med avseende på lägesosäkerhet, fullständighet, tematisk osäkerhet m.m. Denna kontroll utförs ofta som stickprov på större datamängder, eventuellt med annan mätteknik. Riktlinjer för beställarkontroll av det levererade arbetet/produkten beskrivs mer utförligt i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

### 3.4.1 Toleransbaserade kontroller

#### Krav

- a) Ommätning ska utföras när specificerad tolerans överskrids, t.ex. vid upprepad mätning.



### Rekommendation

- a) Toleranser baseras på förväntad mätosäkerhet och bör finnas tillgängliga i mätinstrumentet för användning i samband med vanliga egenkontroller – t.ex. mätning på kontrollpunkt eller upprepad mätning.
- b) Om tolerans vid upprepad mätning överskrids flera gånger bör kontrollpunkt mätas in.
- c) Vid stora avvikelser i samband med kontroll bör detta dokumenteras och orsaken till överskriden tolerans utredas.

Toleranser, dvs. gränser för acceptabla avvikelser när kontrollmätningen jämförs med ursprunglig mätning eller kända koordinater, är ett verktyg för kontroll av kvalitet.

Utföraren förväntas inte beräkna toleranser i samband med mätsituation, utan konfigurerar lämpligen mätutrustningen med sådana gränsvärden baserat på den mätosäkerhet som kan förväntas för den tillämpade detaljmätningssmetoden.

Tabell 3.4.1 ger några tumregler för hur toleranser kan anges i olika mätsituationer. De föreslagna toleranserna antas där gälla 95 % av alla mätningar/ avvikelser i plan respektive höjd.

**Tabell 3.4.1.** Föreslagna toleranser i olika mätsituationer.

Typ av egenkontroll	Krav/förutsättning	Föreslagen tolerans, $T_{95}$
Mätning på GNSS-bestämd kontrollpunkt	Kontrollpunkten felfri i förhållande till kontrollmätning. Osäkerhet i centring och geoid-höjder eliminerad	$T_{95} = 2 \times u_k$
Mätning på alternativbestämd kontrollpunkt	Kontrollpunktens osäkerhet ska ej överskrida förväntad mätosäkerhet	$T_{95} = 2 \times \sqrt{u_k^2 + u_p^2}$
Separat kontrollmätning	Om $u_k = u_d$ Om $u_k < u_d$	$T_{95} = 3 \times u_d$ $T_{95} = 2 \times \sqrt{u_d^2 + u_k^2}$



Dubbelmätning (med medeltalsbildning om tolerans uppfylls)	Samma centreringsmetod används vid båda mätningarna	$T_{95} = 4 \times u_d$
Trippelmätning (med medeltalsbildning om tolerans uppfylls)	Samma centreringsmetod används vid båda mätningarna	$T_{95} = 5 \times u_d$

$U_d$  = Detaljmätningens förväntade mätosäkerhet, inklusive osäkerhet i centrering. Vid upprepad mätning kan krav på lägesosäkerhet anges som den förväntade mätosäkerheten.

$U_k$  = Kontrollmätningens förväntade mätosäkerhet, inklusive osäkerhet i centrering (vid planmätning) eller geoidhöjd (vid höjdmätning på alternativbestämd punkt).

$U_p$  = Kontrollpunktens lägesosäkerhet i aktuellt referenssystem

### 3.4.2 Faktorer att beakta under RTK-mätning

#### Rekommendation

- Under pågående RTK-mätning bör utföraren uppmärksamma yttre förhållanden samt information från mätinstrumentet för att själv kunna göra en kvalitetsbedömning av mätningen, underlätta felsökning och minimera risken för grova fel.
- Problem eller avvikelser i samband med detaljmätningen bör noteras, inklusive tidpunkt, följd effekter och vidtagna åtgärder.
- Om felaktig fixlösning misstänks så bör ny detaljmätning ske tidigast efter 10-15 minuter.

#### Yttre förhållanden

Till yttre förhållanden hör sådana faktorer som på olika sätt kan begränsa eller störa rovers möjlighet till god lägesbestämning via satellitobservationer och referensdata, t.ex.

- **Antennstabilitet:** Markförhållanden vid mätpunkten bör noteras av utföraren, särskilt om dessa är av ett sådant slag att markens beskaffenhet förändras vid variationer i fukt eller temperatur. Observera att detta även gäller tillfälligt etablerad lokal referensstation vid mätning med enkelstations-RTK.
- **Mobil-/radio-täckning:** RTK-mätning kräver kontinuerlig överföring av korrektionsdata. Stora avstånd till utsändande basstationer, ogynnsam topografi eller förekomst av elektromagne-

tiska störningar kan i vissa fall begränsa mobil- och radiokommunikation till rovern, se även [avsnitt 2.1.1](#).

- **Status för positioneringstjänst/referensstation:** Ibland förekommer störningar eller avbrott i positioneringstjänsten eller utsändningen från den lokala referensstationen. Utföraren bör hålla sig uppdaterad om driftstatus för aktuell tjänst, se [avsnitt 2.4.1](#). Åtgärdsplan bör finnas tillgänglig vid driftsstopp för lokal referensstation.
- **Atmosfärs- och väderförhållanden:** Jonosfärsaktivitet kan kontrolleras i fält med hjälp av webbaserad jonosfärsmonitor eller mobilapplikation. Förekomst av frontsystem eller hastiga väderomslag i och kring arbetsområdet kan noteras, liksom stora höjdskillnader på korta avstånd. För att minimera inverkan från troposfären bör, om möjligt, mätning ske när det råder likartade väderförhållanden vid rover- och referensmottagare. Detta gäller särskilt enkelstations-RTK. Se även [avsnitt 2.3](#).

### Information via mätinstrumentet

Genom att ta del av information från roverns programvara kan utföraren få en indikation om den kvalitet som kan förväntas vid mätning. Kvalitetsinformationen kan inkludera följande:

- **Signalkvalitet:** Kvaliteten på inkommande satellitsignaler påverkas bl.a. av atmosfärsstörningar, flervägsstörningar och partiella 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.
- **Tappad fixlösning eller lång initialiseringstid:** Vid lång initialiseringstid bör en ominitialisering utföras för att minska sannolikheten för felaktigt bestämd fixlösning. Vad som utgör lång initialiseringstid avgörs med stöd av roverns tekniska specifikation.
- **Bortfall eller fördröjning av korrektionsdata:** Om korrektionsdata fördröjs (> 2-3 sekunder) eller förloras (>30-35 %) vid överföringen till rovern kan det medföra större mätosäkerhet och/eller svårighet att initialisera och behålla fixlösning under mätning.
- **Försämring av kvalitetsparametrar:** När interna kvalitetstal, DOP-tal eller andra kvalitetsparametrar försämras så bör detta spåras till förändringar i yttre mätförhållanden. Tiden bör noteras för att underlätta efterkontroll av mätdata. Inmätning av närliggande kontrollpunkt bör genomföras om försämringen kvarstår.

## 3.5 Lokala transformationer

### 3.5.1 Lokal inpassning i plan

#### Krav

- a) Passpunkterna ska omsluta det tänkta giltighetsområdet för inpassningen.

#### Rekommendation

- a) Passpunkterna bör vara jämnt fördelade över det tänkta giltighetsområdet för inpassningen.
- b) Utföraren bör beakta att lokal inpassning kan leda till att spänningar och deformationer uppstår i GNSS/RTK-mätningarnas inbördes geometri.

Lokal inpassning är en möjlig strategi vid detaljmätning i inhomogena referenssystem där restfelsmodell saknas (se [avsnitt 2.5.4](#)), eller där mätningarna har avvikande geometri i förhållande till de objekt eller markeringar som utnyttjas för kontroll.

Eftersom inpassning är en empiriskt bestämd transformation bör utföraren välja passpunkter med omsorg. Passpunkterna ska vara fördelade över och omsluta det tänkta giltighetsområdet för inpassningen. På det sättet tillämpas både interpolation och överbestämning för att bestämma transformationsparametrarna.

I vissa fall kan beställaren ha tillgång till inpassningsparametrar som utföraren kan använda för att konfigurera RTK-instrumentet.

Övriga riktlinjer för lokal inpassning tas upp i [HMK – Geodetisk infrastruktur 2017](#), avsnitt 2.8.

### 3.5.2 Lokal translation i höjd

#### Rekommendation

- a) Vid höga kvalitetskrav vid höjdbestämning bör avvikelser mellan GNSS/RTK-bestämda höjder och det passiva höjdnätet undersökas, och eventuellt korrigeras med en translation i höjd.
- b) Ett signifikant höjdskick bedöms vara  $\geq 20$  mm om terrester kontrollmätning sker på minst 20 RTK-mätta punkter. Höjdskicket skattas som medeltalet av höjdavvikelserna på kontrollpunkterna.

- c) Vid mer omfattande mätuppdrag bör skiftet bestämmas med minst två oberoende kontrollmätningar, utförda vid olika tillfällen.

Även om korrekt geoidmodell används vid RTK-mätning så kan signifikanta skillnader kvarstå i förhållande till de punkter i uppdragsområdet som realiserar höjdsystemet. Om detta beror på mätmetodens osäkerhet eller det referensnät som används vid georeferering av mätningen kan vara svårt att avgöra.

Om tillräckligt många punkter mäts in och den eventuella avvikelser betraktas som homogen inom området kan avvikelser korrigeras med en translation i höjd, även kallat höjdsift.

Se exempel i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.4, med rubriken "Kontroll av geoidmodell" (egentligen kontroll av höjdsift).

### 3.6 Efterberäkning av plan- och höjdlägen

#### Rekommendation

- a) Vid efterberäkning av bör rådata loggas innan inmätningen inleds för att möjliggöra initialisering (beräkning av fixlösning).
- b) Vid efterberäkning med virtuell RINEX bör utföraren dokumentera tidpunkter och ungefärliga koordinater, samt annan information som krävs vid beställning av korrektionsdata.
- c) Instruktioner för generering och användning av virtuell RINEX från instrumenttillverkare och leverantör av positioneringstjänst bör alltid följas. Uppmärksamma särskilt hur referens- och roverantennerna ska hanteras i efterberäkningsprogramvaran.

Efterberäkning av mätdata vid planerad realtidstillämpning utförs när överföring av korrektionsdata inte är möjlig (eller nödvändig), exempelvis om mobiltäckning saknas eller är begränsad vid mättillfället, se [avsnitt 3.1.4](#).

I dessa fall krävs loggning av kod- och bärvågsobservationer som antingen efterberäknas med motsvarande korrektionsdata som vid statisk mätning eller med nätverksbaserade korrektionsdata, s.k. virtuell RINEX. Det sistnämnda alternativet kan vara aktuellt om georeferering sker via nätverks-RTK, men detta förutsätter att leverantör av positioneringstjänst kan generera virtuell RINEX.

I övrigt hanteras och dokumenteras efterberäkning som vid statisk GNSS-mätning, se [HMK – Stommätning 2017](#). Utföraren bör dock särskilt ta vara på möjligheterna till kontroll, datafiltrering, transformation m.m. som kan göras i efterhand.

## 4 Referenser/Läs mer

- [1] 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.
- [2] Jämtnäs L, Sunna J, Emardson R, Jonsson B (2010): [\*Quality Assessment of Network-RTK in the SWEPOS™ Network of Permanent GNSS Stations\*](#). XXIV FIG International Congress, 11-16 april 2010. Proceedings, TS 4C, FIG, Sydney, Australien
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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
- [6] Jansson P & Lundgren Nilsson L (2015): [\*Stomnätsstrategi - Inför en framtida kommunal stomnätsstrategi i plan\*](#), SINUS nr 3 2015.
- [7] Vium Andersson J (2012): [\*Metodbeskrivning RUFRIIS\*](#), Dokumentbe-teckning: 2012:210, Trafikverket.
- [8] Emardson R, Jarlemark P, Bergstrand S, Nilsson T, Johansson J (2009): [\*Measurement accuracy in Network-RTK\*](#). SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Chalmers tekniska högskola. SP report 2009:23, SP, Borås.

Branchsspecifika riktlinjer för GNSS-baserad detaljmätning finns i:

- Lantmäteriet (2017): *Fältarbete med basnivåer vid förrättningsmätning*, version 1.7, Handbok för Enhetligt arbetsätt.
- SIS (2016): *Byggmätning – Geodetisk mätning, beräkning och redovisning av byggnadsverk och infrastruktur*, Teknisk specifikation, SIS-TS 21143:2016, Swedish Standards Institute.

Följande två läroböcker behandlar geodetisk mätningsteknik:

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

## Bilaga A Förväntad mätosäkerhet vid GNSS-baserad detaljmätning

### A.1 Faktorer som påverkar mätosäkerhet

Vid detaljmätning med GNSS/RTK är den förväntade mätosäkerheten en funktion av mätinstrumentets prestanda (inklusive antenn), avståndet till referensstation(er), stationsnätets förtätningsgrad, samt de osäkerhetskällor som påverkar vid mättillfället, t.ex. jonosfär, troposfär, flervägsstörningar och satellitgeometri. Utföraren kan dock påverka förväntad mätosäkerhet genom val av inmätningssmetodik och observationsfiltrering, se [avsnitt 3.2.4](#).

Vid mätning med enkelstations-RTK gäller att den förväntade mätosäkerheten ökar med avståndet till lokal referensstation.

Vid mätning med nätverks-RTK är avståndsberoendet mindre än vid enkelstations-RTK, förutsatt att mätning utanför stationsnätet (dvs. extrapolering) undviks. Det är istället främst förtätningsgraden som avgör hur väl osäkerhetskällorna för GNSS kan modelleras i stationsnätet. När korrektionsdata distribueras till rovern ingår dessa modeller. Därmed kan lägre mätosäkerhet förväntas vid mätning med nätverks-RTK ju tätare referensstationsnätet är. [1][2][8]

En skattning av förväntad mätosäkerhet med nätverks-RTK kan göras med stöd av schablonuppgifterna i [Bilaga A.2](#).

Mätosäkerheten anges normalt som *absolut lägesosäkerhet* (ett mått på GNSS/RTK-mätningens osäkerhet i referenssystemet) eller som *lokal lägesosäkerhet* (ett mått på GNSS/RTK-mätningens osäkerhet i förhållande till närliggande detaljer eller geodetiska punkter).

Vid osäkerhet i anslutning av lokal referensstation till nationellt referenssystem kan den absoluta (georefererade) lägesosäkerheten vara högre än den lokala. I övriga fall kan absolut och lokal lägesosäkerhet betraktas som likvärdiga. Beställare och utförare bör dock vara överens om vilket mått som åsyftas.

### A.2 Schablonuppgifter för nätverks-RTK

#### A.2.1 Antaganden och förutsättningar

I tabellerna A.2.3-A.2.5 redovisas förväntad lägesosäkerhet med nätverks-RTK för viss förtätningsgrad och avstånd till närmaste (fysiska) referensstation. Följande kan noteras om dessa osäkerhetsmått:



- Måtten motsvarar förväntad *absolut lägesosäkerhet* i SWEREF 99, men lokal lägesosäkerhet kan antas vara av samma storleksordning.
- Förväntad lägesosäkerhet vid planbestämning inkluderar inte osäkerhet vid centrerung av roverantenn. Om tvångscentrerung utförs med hjälp av stativ och trefot kan centreringsosäkerheten anses försumbar.
- Höjdbestämning avser höjd över ellipsoiden. För att bedöma förväntad lägesosäkerhet i RH 2000 tillkommer osäkerhet i geoidhöjderna.
- Bärivåsmätning med korrekt heltalsfixerade periodobekanta förutsätts. Vidare förutsätts osäkerheterna för varje koordinatkomponent vara approximativt normalfördelade.
- Osäkerhetsmått är schablonmässigt angivna utifrån beprövad erfarenhet och kunskap om osäkerhetskällorna, samt nuvarande infrastruktur i form av satelliter och stödsystem för GNSS-mätning. Osäkerhetskällorna förutsätts ge ett "normalt" bidrag till redovisade mätosäkerheter i detta avsnitt. I de situationer då osäkerhetsbidraget kan antas vara större, t.ex. vid förhöjd jonosfärsaktivitet, kan robust mätmetodik krävas för att önskade kvalitetskrav ska uppnås, se [avsnitt 3.2.4](#).

### A.2.2 Förtättningsgrader i det nationella referensnätet

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.

Rikstäckande tjänster för nätverks-RTK i Sverige baseras i dagsläget på data från det nationella referensnätet SWEPOS, som översiktligt kan delas in i tre s.k. förtättningsgrader [8]:

- **70 km-nät:** Den ursprungliga infrastrukturen för nätverks-RTK-teknik som byggdes ut via regionala etableringsprojekt under åren 2002-2010. Typavståndet mellan referensstationerna är 70 km.
- **35 km-nät:** Områden med pågående förtätning av SWEPOS. Förtätningen 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 stationsnätverk har etablerats, främst för större bygg- och anläggningsprojekt med s.k. projektanpassade



positioneringstjänster. Typavståndet mellan referensstationerna är 10 km.

För att avgöra aktuell förtätningsgrad i uppdragsområdet kan utföraren utgå från information från tjänsteleverantören. Om sådan information inte finns tillgänglig kan utföraren utgå från medelavståndet mellan de tre referensstationer som är närmast rovern, t.ex. med hjälp av kartstöd som det på [www.swepos.se](http://www.swepos.se). För en given förtätningsgrad bör inte det beräknade medelavståndet överskrida typavståndet med mer än 20 %. I annat fall förutsätts glesare förtätningsgrad.

### A.2.3 Lägesosäkerhet i 70 km-nät

**Tabell A.2.3.** 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
Planbestämning (2D)	0,012	0,015	0,018
Höjdbestämning (1D)	0,022	0,026	0,030

### A.2.4 Lägesosäkerhet i 35 km-nät

**Tabell A.2.4.** 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
Planbestämning (2D)	0,008	0,009	0,010
Höjdbestämning (1D)	0,014	0,016	0,018

### A.2.5 Lägesosäkerhet i 10 km-nät

**Tabell A.2.5.** 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
Planbestämning (2D)	0,005	0,006	0,007
Höjdbestämning (1D)	0,008	0,009	0,010

## Bilaga B Produktionsdokumentation

Dokumentation av mätprocessen är en förutsättning för spårbarhet, egenkontroll och kvalitetsbedömning av produktionsresultaten, samt ökar möjligheterna att uppfylla beställarkraven och rapportera eventuella avvikelser.

Avsnitt B.1 ger ett utgångsförslag på vilken dokumentation som ett GNSS-baserat detaljmättningsprojekt kan innefatta, men bör anpassas till beställarkraven och uppdragets omfattning. Dokumentationskrav kan formuleras av beställare i en teknisk specifikation, se [HMK- Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#).

### B.1 Detaljmätning med GNSS/RTK

- Använd mätutrustning (tillverkare, modell, serienummer, ...) och valideringar (serviceprotokoll, kalibreringsbevis, ...)
- Inställningar och konfigurationer (stånghöjd, antennmodeller, gränsvärden för observationsfiltrering, namn på använda konfigurationer, objektbibliotek, ...)
- Metod för georeferering (positioneringstjänst, lokal referensstation, ...)
- Etableringsdokumentation för lokal referensstation (mätinstrument och tillbehör, uppställning/montering, konfigurering, monitorering, ...)
- Lokal mätmiljö (riskfaktorer, miljö kategorier, tillgängliga kontrollpunkter, ...)
- Satellitförhållanden (förväntat antal satelliter, DOP-tal, ...)
- Atmosfärsförhållanden (väder, jonosfärsaktivitet, ...)
- Verifiering av mätmetod (funktionskontroll av mätinstrument med tillbehör, förväntad mätosäkerhet, ...)
- Inmätning (geometri för olika objekt, observationstid, överbestämningar, ...)
- Utsättning (filnamn för utsättningsdata, koordinater, ...)
- Genomförda egenkontroller (tidpunkt och beskrivning, kontrollpunkter, toleranser/gränsvärden, ...)
- Problem eller avvikelser (yttre förutsättningar, information från mätinstrument, ...)

## Bilaga C Grundkrav i dokumentet

[Krav 2 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2 a-c](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.1 a-c](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.1.1 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.1.2 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.2.1 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.2.1 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.2.2 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.2.3 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.3 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.4 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.4 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.4.1 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.4.1 a-d](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.4.2 a-d](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.4.2 a-f](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.5 a-d](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.5 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.5.1 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.5.2 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.5.3 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.5.4 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.5.4 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.5.5 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.5.6 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.6 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 2.6.1 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.6.1 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.6.2 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.6.3 a](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Krav 3 a-d](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 3 a-b](#) i HMK-GnssDet 2017 gäller

[Rekommendation 3.1 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.1.1 a-b](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.1.1 a](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.1.2 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.1.2 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.1.3 a](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.1.3 a-b](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.1.4 a](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.2.1 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.2.2 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.2.2 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.2.3 a](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.2.3 a-b](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.3 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.3 a-e](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.4 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.4.1 a](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.4.1 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.4.2 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Krav 3.5.1 a](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.5.1 a-b](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.5.2 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller  
[Rekommendation 3.6 a-c](#) i *HMK-GnssDet 2017* gäller