

HMK
- handbok i mät- och kartfrågor

Terrester detaljmätning

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 dokument 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

Innehållsförteckning	iii
1 Inledning	5
1.1 Geodetisk mätning i HMK	5
1.2 Om dokumentet	6
1.3 Avgränsningar	7
1.4 Vad innebär terrester detaljmätning?	7
2 Uppdragsplanering och förberedelser	10
2.1 Lokal mätmiljö	10
2.2 Georeferering av terrester detaljmätning.....	11
2.2.1 Utgångspunkter vid totalstationsmätning.....	11
2.2.2 Georeferering via GNSS-mätningar.....	13
2.2.3 Georeferering via stomnät.....	15
2.2.4 Utgångspunkter vid avvägning	16
2.3 Mätutrustning för terrester detaljmätning.....	16
2.3.1 Tillverkarens manual	17
2.3.2 Totalstation	18
2.3.3 GNSS-utrustning	19
2.3.4 Avvägningsinstrument	19
2.3.5 Tillbehör	20
3 Genomförande av detaljmätning med totalstation	21
3.1 Stationsetablering	21
3.1.1 Instrumentuppställning.....	21
3.1.2 Inmätning av utgångspunkter	22
3.1.3 Beräkning/kontroll av stationsetablering.....	23
3.2 Inmätning metodik	24
3.3 Utsättningsmetodik.....	25
3.3.1 Utsättning av koordinater i plan	25
3.3.2 Utsättning av höjder.....	26
3.4 Egenkontroller.....	26
4 Genomförande av detaljmätning med avvägningsinstrument.....	29
4.1 Instrumentuppställning.....	29
4.2 Inmätning metodik	30
4.3 Utsättningsmetodik.....	31
4.4 Egenkontroller.....	31

5 Referenser/Läs mer	34
5.1 Metodbeskrivningar för mätmetodik	34
5.2 Läroböcker	34
5.3 Studier av mätmetodik	34
5.4 Branschstandarder	34
5.5 Övrigt	35
Bilaga A Lägesosäkerhet vid terrester detaljmätning	36
A.1 Grundläggande lägesosäkerhet	36
A.2 Faktorer som påverkar osäkerheten vid terrester detaljmätning med totalstation	37
A.3 Faktorer som påverkar osäkerheten vid terrester detaljmätning med avvägningsinstrument	38
A.4 Beräkning av lägesosäkerhet	39
A.4.1 Detaljmätning med totalstation i plan	39
A.4.2 Detaljmätning med totalstation i höjd	40
A.4.2 Avvägning	41
Bilaga B Produktionsdokumentation	42
B.1 Detaljmätning med totalstation	42
B.2 Detaljmätning med avvägningsinstrument	43
Bilaga C Grundkrav i dokumentet	44

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 avvägning-instrument.
- [HMK – Terrester detaljmätning 2017](#) (HMK-TerDet 2017) beskriver inmätning och utsättning med totalstation och avvägning-instrument.
- [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.

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 dokumentet

[HMK - Terrester detaljmätning 2017](#) innehåller riktlinjer för geodetisk inmätning och utsättning av detaljer med totalstation och avvägningsinstrument. Traditionell mätning med totalstation kan även kombineras med andra teknikplattformar för inmätning, vilket emellertid inte behandlas i dokumentet. Dokumentet tar dock förutom traditionell georeferering via stomnät även upp möjligheten att kombinera totalstationsmätning med nätverks-RTK-mätning för att georeferera totalstationen via GNSS-mätning mot ett aktivt referensnät.

Riktlinjerna i dokumentet 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 för terrester detaljmätning. Vid hänvisning till [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#) 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 och utformning av ett terrestert detaljmättningsprojekt, t.ex. tillgänglig geodetisk infrastruktur, hur georeferering ska göras, konfigurering av mätinstrument och tillbehör, samt övriga lokala förhållanden som kan påverka genomförandet av projektet.

[Kapitel 3](#) beskriver mätprocessen för detaljmätning med totalstation där stationsetablering, inmätning, utsättning och egenkontroller ingår.

[Kapitel 4](#) behandlar motsvarande för detaljmätning med avvägningsinstrument.

[Kapitel 5](#) innehåller några tips på läroböcker, rapporter och branschnormer som berör terrester detaljmätning.

[Bilaga A](#) presenterar faktorer som påverkar den sammanlagda lägesosäkerheten för ett terrestert detaljmättningsprojekt och vad en utförare kan tänka på för att erhålla en lägre sammanlagd lägesosäkerhet vid tillämpningar med höga krav på lägeskvaliteten.

[Bilaga B](#) beskriver rekommenderad produktionsdokumentation vid terrester 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 blått raster.

1.3 Avgränsningar

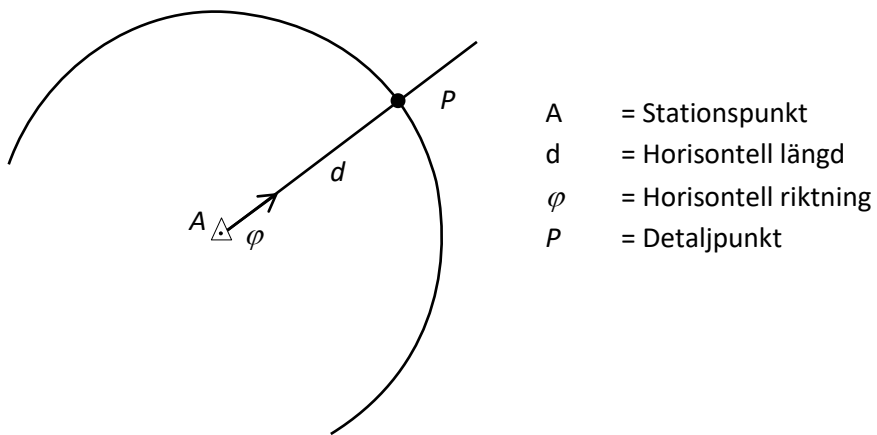
Riktlinjerna i [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#) är tillämpbara inom vanlig samhällsmätning, dvs. detaljmätning inom plan- och kartläggning, bebyggelseexploatering, förrättningsverksamhet i tätort, samt vissa infrastrukturprojekt. Beställare och utförare bör avgöra om och när branschspecifika dokument ska tillämpas.

Fokus i dokumentet ligger i första hand på mätprocessen – inte på mätinstrument eller övrig teknisk utrustning. För sådan information hänvisas till manualer och tekniska specifikationer från respektive tillverkare eller leverantör.

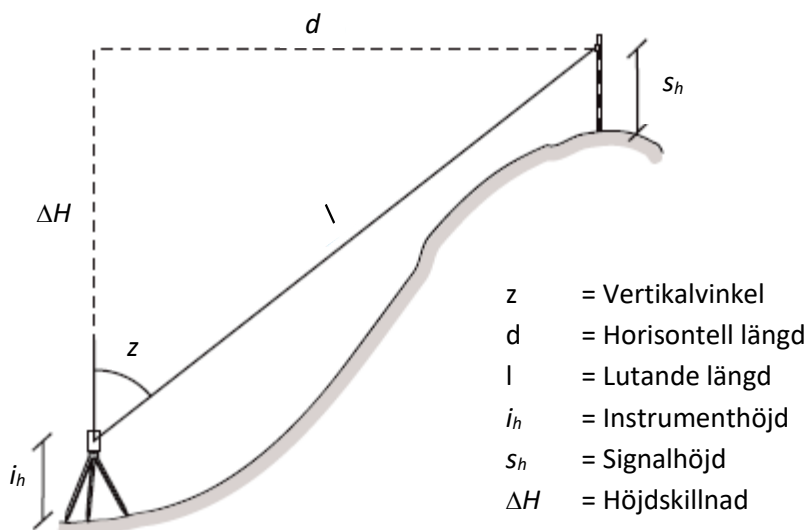
[HMK - Terrester detaljmätning 2017](#) beskriver detaljmätning med totalstation och avvägningsinstrument. Andra terrestra mätinstrument som t.ex. laserplangivare behandlas alltså inte i dokumentet – och inte heller detaljmätning med totalstationer kombinerade med laserskanning eller kamerasystem för bildmätning.

1.4 Vad innebär terrester detaljmätning?

Detaljmätning i plan med totalstation sker vanligtvis genom polär mätning, dvs. mätning av lutande längd och riktning (horisontal- och vertikalvinklar) från instrumentet till detaljer och utgångspunkter. Från lutande längd och vertikalvinkel kan sedan horisontell längd beräknas. Rent geometriskt kan den polära metoden ses som skärningen mellan en rät linje med given riktning och en cirkel med given radie (Figur 1.4.a). Eftersom skärningen mellan linjen och cirkeln alltid sker under rät vinkel, finns det inga ogynnsamma geometriska fall vid användning av den polära metoden. Lutande längd och vertikalvinkel är även det som behöver mätas vid mätning i höjd med totalstation. Förfarandet kallas trigonometrisk höjdmätning (Figur 1.4.b). Vid mätning i höjd med avvägningsinstrument mäts och beräknas höjdskillnader mellan två punkter genom uppställning av instrumentet mellan punkterna, där höjdskalorna avläses horisontellt på respektive stång (Figur 1.4.c).

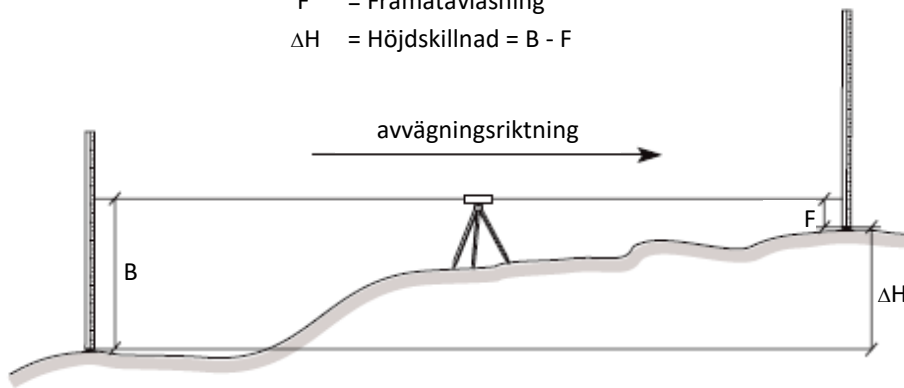


Figur 1.4.a. Principen för totalstationsmätning i plan och beräkning med den polära metoden. Detaljpunkten bestäms av skärningen mellan en rät linje och en cirkel med given radie.



Figur 1.4.b. Principen för trigonometrisk höjdmätning. Den sökta höjden bestäms ur mätningen av vertikalvinkel och lutande längd samt känd eller beräknad höjd för instrumentet.

- B = Bakåtläsning
F = Framåtläsning
 ΔH = Höjdskillnad = B - F



Figur 1.4.c. Principen för avvägning. Den sökta höjdskillnaden beräknas som skillnaden mellan bakåt- och framåtläsningen av stängerna.

2 Uppdragsplanering och förberedelser

Krav

- a) Val av mätmetod för en detaljmätning ska göras eller godkännas av personal i utförarorganisationen med grundläggande mätningsteknisk färdighet, se [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 3.1 för en beskrivning av begreppet.

Rekommendation

- a) Beställarkrav för ett geodetiskt detaljmättningsprojekt bör formuleras med stöd av [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 2.
- b) Val av mätmetod kan göras med stöd av [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 3.

Uppdragsplanering anpassas till beställarkrav, befintlig geodetisk infrastruktur samt övriga förutsättningar för användning av terrester mätteknik. Vissa förberedelser kan vara lämpliga att samordna med genomförandet av detaljmätning, t.ex. kartläggning av mätmiljö och vissa instrumentkontroller och instrumentjusteringar.

2.1 Lokal mätmiljö

Rekommendation

- a) Vid större detaljmätningssuppdrag bör rekognosering av mätmiljön ske i det tänkta arbetsområdet innan mätning inleds.
- b) Utföraren bör kartlägga vilken geodetisk infrastruktur som finns tillgänglig för georeferering av detaljmätning i god tid innan mätning påbörjas.

Tänkta instrumentuppställningsplatser rekognoseras med avseende på:

- Detaljers läge.
- Stompunkters läge och status samt var eventuella nya stompunkter ska etableras.
- Sikthinder.
- Markförhållanden, där uppställning på asfalt bör undvikas eftersom asfalt är sättningsbenägen vid förändrade temperaturförhållanden.
- Trafiksituation, både ur säkerhetssynpunkt och med avseende på risk för vibrationer som kan orsaka sättningar av stativet.

Eventuella kontrollpunkter bör vara väldefinierade, lämpade för störningsfri mätning, och finnas tillgängliga i anslutning till arbetsområdet. Antalet kontrollpunkter bör stå i rimlig proportion till detaljmätningens insatsen – om uppdraget sträcker sig över ett stort geografiskt område bör fler kontrollpunkter användas.

Vid mindre uppdrag sker rekognosering lämpligen i samband med genomförandet.

2.2 Georeferering av terrester detaljmätning

Vid terrester detaljmätning krävs utgångspunkter med kända koordinater/höjder i det referenssystem som används för projektet eller kända transformationssamband där emellan. SWEREF 99 och RH 2000 är de nuvarande nationella referenssystemen i plan och höjd som vanligen används, se [HMK - Geodetisk infrastruktur 2017](#). Utgångspunkterna kan bestå av befintliga punkter i stomnätet, punkter nymätta med GNSS-teknik för aktuellt projekt eller kombinationer av dessa. En överbestämd fri station, vid god konfiguration och beräkning genom utjämningsförfarande (minsta kvadratmetoden), anses ha väl så god kvalitet som utgångspunkterna i övrigt. Osäkerheten i bestämningen och eventuella misstag vid stationsetableringen påverkar dock alla punkter vid efterföljande detaljmätning och stationsetableringen bör därför planeras och utföras med omsorg. Utgångspunkternas absoluta lägesosäkerhet är därför den mest avgörande faktorn för den slutgiltiga detaljmätningens osäkerhet i referenssystemet.

2.2.1 Utgångspunkter vid totalstationsmätning

Krav

- a) Vid uppställning över känd punkt ska mätning ske mot minst två utgångspunkter i plan.
- b) Vid fri stationsetablering i plan ska mätning ske mot minst tre utgångspunkter i plan.
- c) Vid fri stationsetablering i höjd ska mätning ske mot minst tre utgångspunkter i höjd.
- d) Vid fri stationsetablering ska utgångspunkterna vara jämnt fördelade kring detaljmätningens område.
- e) Någon av utgångspunkterna i plan ska vara belägen på längre avstånd från uppställningsplatsen än detaljmätningens område.
- f) Siktavståndet vid trigonometrisk höjdmätning ska understiga 300 m.

Rekommendation

- a) Fri stationsetablering är att föredra framför etablering av totalstationen på känd utgångspunkt.

Vid stationsetablering i plan finns tre obekanta parametrar som ska bestämmas, koordinater för Northing, Easting och en orienteringsriktning för totalstationen. För en totalstation som ställs upp över en känd utgångspunkt i ett referenssystem i plan behöver bara dess orientering bestämmas genom mätning mot minst en annan utgångspunkt. Mätning mot två punkter krävs dock för att få en överbestämning och kontroll på stationsetableringen. Dessutom ska utgångspunkternas koordinater ha känd kvalitet, se [avsnitt 2.2.3](#).

För koordinatbestämning av en totalstation vid en fri stationsuppställning behövs totalt tre mätningar av riktningar eller längder mot utgångspunkter, varav minst en riktningsmätning för orienteringen av instrumentet. En totalstation mäter både riktning och längd så mätning mot två utgångspunkter ger fyra mätningar. För möjlighet till ordentlig kontroll av stationsetableringen krävs dock minst en överbestämning per obekant vilket innebär minst sex observationer. Det erhålls genom mätning av längd och riktning med totalstation mot minst tre utgångspunkter. Totalstationens koordinater beräknas sedan genom en minsta kvadratutjämning av samtliga mätta längder och riktningar mot utgångspunkterna vilket utjämnar osäkerheten i enskilda mätningar och stompunkter och ger en säkrare stationsetablering än uppställning över en känd punkt.

Vid fri stationsetablering i höjd med totalstation krävs mätning mot minst en utgångspunkt med känd höjd. För att kunna kontrollera höjdbestämmningen på ett tillförlitligt sätt krävs mätning mot minst tre utgångspunkter. Mer information om behovet av överbestämningar ges i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#).

Oavsett vilken typ av utgångspunkter i plan som används är konfigurationen (spridningen) av dessa en viktig faktor att ta hänsyn till. En bra konfiguration minimerar osäkerheten i stationsetableringen, gäller såväl påverkan från slumpmässiga avvikelser som grova fel. För att erhålla lägsta möjliga osäkerhet i stationsetableringen ska totalstationen placeras i utgångspunkternas tyngdpunkt (Figur 2.2.1.a.), se referens [1].



Figur 2.2.1.a. Exempel på bra och dålig konfiguration av utgångspunkter vid stationsetablering i plan.

För att minimera osäkerheten i orienteringsbestämningen av instrumentet ska så långa siktlängder som möjligt eftersträvas mot utgångspunkterna, med någon punkt belägen på längre avstånd från totalstationen än förväntade detaljmätningens längder. Avståndet mellan totalstation och utgångspunkter har en försumbar inverkan på osäkerheten i stationens horisontella position.

Vid trigonometrisk höjdmätning har placeringen av utgångspunkterna ingen betydelse. Det viktiga för kvaliteten i höjdbestämningen av totalstationen är antalet utgångspunkter och kvaliteten på dess höjder. Vid långa siktlängder (> 300 m) är refraktionen en begränsande faktor för mätosäkerheten och längre siktlängder än så ska undvikas. Refraktionen varierar beroende på temperatur, sol- och vindförhållanden samt siktlinjens höjd över markytan och hanteras delvis genom korrekationer i instrumentet.

2.2.2 Georeferering via GNSS-mätningar

Krav

- a) Vid stationsetablering utifrån GNSS-mätningar med 180-sekundersmetoden eller dubbelmätningar ska antalet utgångspunkter vara minst 3, se [HMK - GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), avsnitt 3.2.4.
- b) Vid stationsetablering utifrån GNSS-mätningar med enkel inmätning enligt RUFRIIS-metoden ska antalet utgångspunkter vara minst 15, se [HMK - GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), avsnitt 3.2.4.

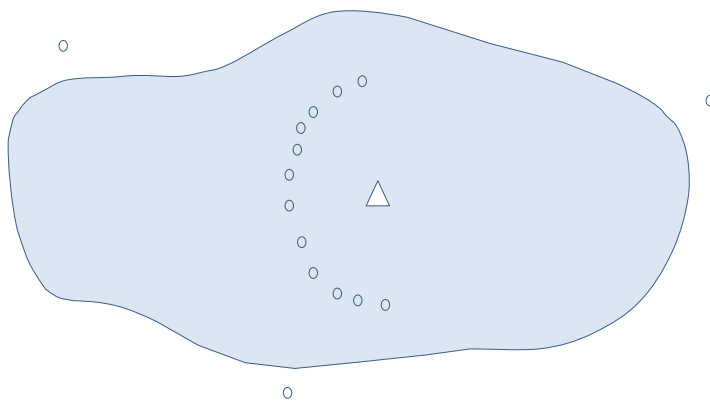
Rekommendation

- a) Vid stationsetablering via RUFRIIS bör ca 20 % av utgångspunkterna vara belägna på längre avstånd från totalstationen än det tänkta detaljmätningens område.

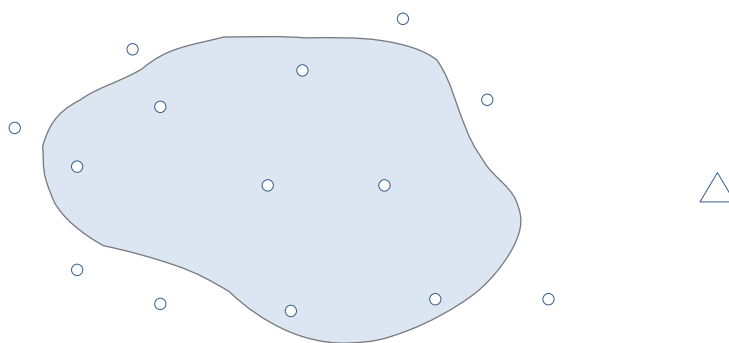
I [HMK - GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), avsnitt 3.2.4 beskrivs tre olika metoder för stationsetablering av en totalstation utifrån RTK-mätningar (RUFRIIS [3], 180-sekundersmetoden [2] och dubbelmätningar). Antalet utgångspunkter som bör mätas in för att få en kontrollerad stationsetablering med bra kvalitet varierar då från minst 3 punkter till ca 15 punkter beroende på vilka kontroller som utförs av RTK-mätningarna.

Förutom antalet utgångspunkter har även spridningen av dessa en inverkan på stationsetableringens kvalitet i plan. För att minimera lägesosäkerheten i stationsetableringen bör utgångspunkterna spridas så att totalstationen placeras i dess tyngdpunkt (Figur 2.1.3.a). Dock måste även hänsyn tas till förutsättningarna för RTK-mätning vid planering av utgångspunkternas lägen.

Vid detaljmätning är det dock lägesosäkerheten för de mätta detaljerna som är av störst intresse. För att minimera lägesosäkerheten i de mätta detaljerna är det viktigare att utgångspunkterna täcker in detaljmätningsområdet än att totalstationen placeras i utgångspunkternas tyngdpunkt (Figur 2.1.3.b).



Figur 2.2.2.a. Exempel på bra konfiguration av utgångspunkter för stationsetablering i plan vid enkel GNSS-bestämning av utgångspunkterna. Den blå ytan är detaljmätningsområdet, cirklarna representerar mätningar som ingår i stationsetableringen och triangeln totalstationsuppställningen.



Figur 2.2.2.b. Exempel på konfiguration av utgångspunkter som ger bra kvalitet för inmätningar i det blå området, men sämre kvalitet för stationspunktens koordinater. Den blå ytan är detaljmättningsområdet, cirklarna representerar mätningar som ingår i stationsetableringen och triangeln totalstationsuppställningen.

2.2.3 Georeferering via stornät

Krav

- a) Vid stationsetablering från stompunkter ska dessa vara kontrollerade vad gäller aktualitet och osäkerhet i referenssystemet.

Vid stationsetablering via stornät är det svårt att påverka konfigurationen av utgångspunkterna eftersom antalet stompunkter är begränsat och de har sitt bestämda läge. Vid eventuell nyetablering av utgångspunkter i plan inför projektet bör dock hänsyn tas till möjligheten att uppnå bra konfiguration av utgångspunkter för etablering av en fri station.

Stompunkters kvalitet beror på hur punkterna har koordinatbestämts i referenssystemet, vilket är viktigt att känna till. Transformerade äldre kommunala stompunkter har t.ex. inte samma kontrollerade absoluta kvalitet som nyare stompunkter som är bestämda direkt i SWEREF 99, se [Bilaga A](#). De kommunala punkterna har dock oftast en låg lokal lägesosäkerhet i förhållande till detaljer som är inmätta från dessa punkter vilket i många tillämpningar kan vara viktigare än den absoluta lägesosäkerheten i SWEREF 99. Närliggande punkter som är bestämda med olika mätmetoder kan därför ha olika kvalitet i SWEREF 99 beroende på vilken mätmetod som har använts för att koordinatbestämma dessa och de ska viktas därefter vid beräkning av stationsetableringen. Dessutom bör punkternas aktualitet kontrolleras, dvs. när punkternas koordinater senast konstaterades vara korrekta. Om det var länge sedan punkten konstaterades vara korrekt eller vid misstanke om att markeringen har rubbats ska en ny kontroll göras.

Vid större projekt kan separata kontrollmätningar av stompunkterna göras i planeringsskedet. För mindre projekt med lägre krav sker sådan kontroll lämpligen i samband med detaljmätningen.

Se [HMK - Geodetisk infrastruktur 2017](#) för mer information om olika typer av stornät/stompunkter och deras egenskaper. I [HMK - Stommätning 2017](#) finns även mer information om olika stommätningstekniker och deras förväntade mätosäkerhet vilket kan ge en uppskattning av en stompunkts förväntade osäkerhet om mätmetoden är känd.

2.2.4 Utgångspunkter vid avvägning

Krav

- a) Vid avvägning från stompunkter ska dessa vara kontrollerade vad gäller aktualitet och osäkerhet i höjdsystemet.

Vid avvägning behövs en eller flera utgångspunkter med kända och kontrollerade höjder. Kvaliteten på höjderna beror på hur punkterna har höjdbestämts i referenssystemet på motsvarande sätt som för punkter i plan som beskrivs i [avsnitt 2.2.3](#) ovan.

Höjder för stompunkter kontrolleras genom avvägning till en närliggande punkt där avvägd höjdskillnad ska överensstämma, inom toleransen, med punkternas kända höjdskillnad. Utgångspunkternas konfiguration i förhållande till avvägningssinstrument eller detaljpunkter är av ringa betydelse.

Finns inte stompunkter tillgängliga i detaljmätningssområdet kan nya punkter etableras enligt lämplig stommätningssmetod beskriven i [HMK - Stommätning 2017](#). Alternativt kan anslutningsmätningar göras via tillfälliga punkter till arbetsområdet vilket följer samma princip som avvägning i tåg vid stommätning.

2.3 Mätutrustning för terrester detaljmätning

Krav

- a) Mätutrustning och tillbehör ska vara kalibrerade och underhållna enligt tillverkarens specifikationer.

Rekommendation

- a) Användaren bör utnyttja möjligheten att spara inställningar i instrumentets programvara för upprepat bruk. Detta förenklar användning och dokumentation.
- b) För att underlätta efterbearbetning av data bör inmätta detaljer kodas enligt en för uppdraget anpassad objekt-kodlista som läses in till instrumentets programvara.

Gemensamt för alla mätinstrument är att de regelbundet behöver kontrolleras, servas och kalibreras för att uppnå specificerad mätosäkerhet. Det är också viktigt att tillbehör som t.ex. stativ och trefötter kontrolleras. Råd för enklare egenkontroller av instrument och tillbehör finns i [HMK – Stommätning 2017](#), Bilaga D.

Vid detaljmätning genomförs vanligtvis beräkning av mätningarna direkt i instrumentet i fält och det är därför viktigt att inställningar och eventuella korrektionsparametrar är korrekt inlagda i instrumentet.

2.3.1 Tillverkarens manual

Krav

- a) Vid val av mätinstrument ska hänsyn tas till instrumentets specificerade mätosäkerhet kontra kraven på lägesosäkerhet för uppdraget.

Rekommendation

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

[HMK – Terrester detaljmätning 2017](#) tar inte upp information om specifika instrument. Olika instrument och instrumenttillverkare har olika användargränssnitt och funktioner i sina instrument och programvaror vilket kan påverka genomförandet av detaljmätningen. För information om användning av ett specifikt instrument/programvara hänvisas till instrumentleverantörens manual. I manualen finns även information om instrumentets specificerade mätosäkerhet vilket är en faktor att ta hänsyn till för att kunna utföra mätningar som uppfyller projektets krav. Även instruktioner och intervall för instrumentservice och kontroller redovisas i instrumentleverantörens manual.

2.3.2 Totalstation

Krav

- a) Prismatyp, prismakonstant och stånghöjd ska anges i mätinstrumentets programvara.
- b) Hänsyn ska tas till jordkrökning och refraktion vid trigonometrisk höjdmätning med krav på låg mätosäkerhet.

Hur signalen från totalstationen ska reflekteras är en faktor att ta hänsyn till vid val av mätmetodik. Instrumentets specificerade mätosäkerhet för olika reflektorer beskrivs i instrumentets manual.

Vid detaljmätning monteras prisma som reflekterar signalen för längdmätningen på en lodstång som placeras på punkten som ska mätas. Vissa fabrikat använder s.k. aktivt prisma, dvs. det går inte att få låsning på prisma utan att en speciell signal från prisma känns igen i totalstationen. Detta innebär att felaktiga reflektioner från t.ex. fönster eller vägskyltar undviks. Vid högre krav kan prisma monteras på ett stativ som ställs upp ovanför detaljpunkten för att minska osäkerheten i centreringen. Totalstationer klarar även att mäta prismalöst mot en fast yta, t.ex. en husvägg. Detta ger dock en högre osäkerhet i längdmätningen än om ett prisma reflekterar signalen. För en lite bättre längdmätning mot en fast yta kan ett för mätning avsett reflekterande klistermärke sättas upp på detaljen som ska mätas.

Totalstationer har vanligtvis en servomotor och en funktion för prismalåsning vilket gör att mätningen kan styras av en person från en bärbar fältdator vid prismastången. Kommunikation mellan fältdator och totalstation sker då via radio eller Bluetooth.

Relevanta inställningar att spara i instrumentet vid totalstationsmätning är bl.a. hantering av referenssystem, reflektortyp (inklusive eventuell prismakonstant), antal helsatser, stånghöjd, beräkningsoperationer, objektbibliotek (med kända stompunkter), objektkodlistor, bakgrundskartor och toleranser för internskattade kvalitetstal.

Vid höjdbestämning av en fri station behöver inte instrumenthöjden mätas. Instrumentets höjd erhålls genom trigonometrisk beräkning av höjdskillnader från mätningar till utgångspunkter kända i höjd. Korrekationer för refraktion och jordkrökning är dock faktorer som måste hanteras vid trigonometrisk höjdmätning och kan anges i utrustningens programvara.

2.3.3 GNSS-utrustning

Krav

- a) Avståndet (offset) mellan GNSS-antenn och prisma ska anges i instrumentet så att GNSS- och totalstationsmätningen relateras till samma punkt.

Totalstationsmätning kombinerad med GNSS-mätning möjliggörs genom att en GNSS-antenn monteras ovanför prisma på lodstången. Övriga inställningar kopplade till GNSS-utrustningen beskrivs i [HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2017](#) och kan anges i samma programvara som används för totalstationen.

2.3.4 Avvägningsinstrument

Krav

- a) Digitala avvägningsinstrument ska användas med tillhörande avvägningsstänger.
- b) Hänsyn ska tas till jordkrökning och refraktion vid tillämpningar med krav på låg mätosäkerhet.

Digitala avvägningsinstrument läser av en streckkod på en avvägningsstång vilket ger höjden över marken och horisontellt avstånd till stången. Vid detaljmätning väljs oftast teleskopavvägningsstänger i aluminium eller glasfiber där längden på stången kan justeras. Dessa stänger är lättare att hantera men de ger också en något högre mätosäkerhet än invarstänger i ett stycke som används vid stommätning, vilket är en faktor att ta hänsyn till vid val av instrument. Instrumenttillverkarens manual beskriver instrumentens och stängernas specificerade mätosäkerhet.

I avvägningsinstrumentet anges bl.a. observationsmetod, objektbibliotek (med höjder på stompunkter), objektkodlistor och toleranser för internskattade kvalitetstal (t.ex. maximal siktlängd, tillåten skillnad mellan avståndet till framåtpunkten och avståndet till bakåtpunkten, tillåten differens mellan avläsningar m.m.).

2.3.5 Tillbehör

Krav

- a) Tillbehören som används vid mätning ska vara kontrollerade och i gott skick.

För att instrument, prisma och avvägningsstång ska kunna centreras och horisonteras över mätpunkten på ett bra sätt kan följande hjälp-utrustning användas:

- 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/avvägningsstång med dosvattenpass. Kan kompletteras med stödben eller motsvarande hjälpmedel (t.ex. stakkäppar eller stålrör) för ökad stabilitet.
- Inbyggda funktioner i instrumentets programvara, t.ex. digitalt vattenpass eller automatisk lutningskompensator.

Tillbehörens skick bidrar till den slutgiltiga mätosäkerheten i ett mätprojekt. Läs mer om kontroller och justering av tillbehör i [HMK - Stommätning 2017](#), Bilaga D.

3 Genomförande av detaljmätning med totalstation

Eftersom detaljmätning förekommer inom flera olika verksamhetsområden så behandlas här totalstationsmätning som kan anses vara gemensam inom all samhällsbyggnad, dvs. "mätning på stång" inom kommunal mätningsteknisk verksamhet, fastighetsbildning, och viss bygg- och anläggningsverksamhet.

3.1 Stationsetablering

Hur en stationsetablering utförs och beräknas varierar mellan olika instrumentfabrikat och programvaror. Vissa instrument kräver att samtliga utgångspunkter mäts in och att stationen etableras innan inmätning av detaljer påbörjas, medan andra instrument kan uppdatera stationens och alla detaljers koordinater under tiden mätning pågår. Det senare är ett effektivt arbetssätt för kombinerad GNSS- och totalstationsmätning där detaljpunkter även kan användas som utgångspunkter för georeferering om de har bra förhållanden för GNSS-mätning. Dessa mäts då in med både totalstation och GNSS-utrustning. Vid utsättning måste dock stationsetableringen slutföras innan utsättning kan påbörjas. Läs mer i instrumentets manual om vilka möjligheter till stationsetablering som finns.

3.1.1 Instrumentuppställning

Rekommendation

- a) Mätutrustningen bör acklimatiseras i den aktuella vädermiljön innan mätning påbörjas.
- b) Stativet bör inte ställas upp på asfalt eller andra instabila underlag för att minska risken för sättningar av stativet.

Instrument och tillbehör plockas fram en stund innan själva mätuppdraget påbörjas för att det ska acklimatiseras till temperatur och luftfuktighet på arbetsplatsen. Olika temperaturer på t.ex. instrument och trefot kan skapa sättningar liksom förändrad temperatur på stativ och skruvar under mätningens gång.

Stativet ställs upp stadigt på stabil mark (t.ex. berg eller gräs) och trefot och totalstation monteras. Asfalt bör undvikas vid tidsmässigt långa uppställningar eftersom det är ett material som påverkas av förändrade väderförhållanden. Trefoten horisonteras med hjälp av dess skruvar och vattenpass. Totalstationer har vanligtvis en inbyggd kompensator som justerar för små lutningar som finns kvar efter att trefoten har

grovhorisonterats. Vid uppställning över en känd punkt centreras tre-foten med hjälp av det optiska lodet eller ett laserlod.

Prisma och eventuell GNSS-antenn monteras på lodstången. Instrumentet startas och kommunikation mellan fältdator och totalstation etableras. Stånghöjd, temperatur och lufttryck anges i instrumentets programvara. I övrigt förutsätts det att mätinstrumentet konfigurerats ändamålsenligt för uppdragets behov, samt i övrigt enligt rekommendationerna i [avsnitt 2.2](#). Därefter läses totalstationen på prisma och sedan kan mätningen påbörjas.

3.1.2 Inmätning av utgångspunkter

Krav

- a) Minst en väldefinierad detalj ska mätas in i början av stationsetableringen samt efter avslutad detaljmätning för kontroll av att inget har hänt med instrumentuppställningen under mätningens gång, läs mer i [avsnitt 3.4](#) kring toleranser för avvikelser.
- b) Vid mätning på stompunkter i plan ska lodstången placeras i centrum av markeringen.
- c) Vid mätning på stompunkter i höjd (trigonometrisk höjdmätning) ska lodstången placeras på markeringens högsta punkt där höjden är definierad.
- d) Vid noggrann koordinatbestämning i plan ska stativ eller stödben användas för prisma på utgångspunkterna.
- e) Vid noggrann koordinatbestämning ska helsatsmätning tillämpas.

Rekommendation

- a) En känd punkt som inte ingår i stationsetableringen bör mätas in för att kontrollera att rätt inställningar är inlagda i instrumentet, läs mer i [avsnitt 3.4](#) kring toleranser för avvikelser.
- b) Vid byte av uppställningsplats bör minst en gemensam utgångspunkt eller en väldefinierad detalj mätas in från båda uppställningarna för att kontrollera den relativa lägesosäkerheten mellan uppställningarna.

Vid kombinerad mätning med totalstation och GNSS/RTK där medeltalsbildning av RTK-mätningen sker över längre tid är stativ eller stödben en förutsättning för att prisma och GNSS-antenn ska kunna hållas stilla tills både totalstations- och RTK-mätning har utförts.

Kvaliteten på RTK-mätningar varierar beroende på de lokala förhållanden som råder på platsen vid tidpunkten för mätningen. Vid svårare mätförhållanden kan det krävas att en robust mätmetodik behöver tas till för att kunna uppnå liknande kvalitet i mätningarna som vid mätning i bra förhållanden. Läs mer om mätmetodik för RTK-mätning av utgångspunkter i [HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), avsnitt 3.2.4. Vid mätning av utgångspunkter med GNSS på mjukt underlag bör även aktsamhet iakttas så att inte lodstången sjunker ner i underlaget under mätningen.

För att eliminera påverkan från okalibrerad kompensator, optik och inriktning kan helsatsmätning användas vid mätning av utgångspunkter för noggrann positionsbestämning.

3.1.3 Beräkning/kontroll av stationsetablering

Rekommendation

- a) Vid beräkning av fri station bör ommätning ske om följande toleranser överskrids:
 - beräknad standardosäkerhet i plan: max 10 mm
 - beräknad standardosäkerhet i höjd: max 6 mm.
- b) Vid beräkning av fri station med särskilda krav på låg lokal osäkerhet, t.ex. ett primärnät på byggplats, bör ommätning ske om följande toleranser överskrids:
 - beräknad standardosäkerhet i plan: max 5 mm
 - beräknad standardosäkerhet i höjd: max 3 mm.

Beräkning av stationens koordinater sker genom en minsta kvadratutjämnning av samtliga mätta utgångspunkter (vinklar och längder till dessa). Ju fler överbestämningar som har gjorts desto lättare kan felaktigheter i mätningarna upptäckas. Fler överbestämningar ger även en lägre osäkerhet i stationsetableringen utan förekomst av grova fel. Används utgångspunkter av olika kvalitet kan dessa viktas beroende på deras förväntade kvalitet. För lägre osäkerhet i orienteringen kan ett (vägt) medeltal av olika orienteringsbestämningar mot flera utgångspunkter beräknas. Vikten för en orienteringsbestämning brukar då sättas proportionell mot kvadraten på siktlängden.

Kvalitetstal för stationsetableringen presenteras efter varje adderad utgångspunkt direkt i programvaran i fält. En första indikation på om grova fel finns i materialet ges av viktsenhetens standardosäkerhet. Om denna skiljer sig avsevärt från ett (1) är det antingen ett tecken på felaktig viktsättning (dålig uppskattning av a priori-standardosäkerhet), eller en indikation på grova fel. Det senare kan misstänkas om viktsenhetens standardosäkerhet är onormalt stor. En kontroll av de individuella mätningarnas residualer bör också göras. Visar någon punkt stora

residualer jämfört med övriga punkter i utjämningsen bör denna punkt uteslutas och en ommätning av ytterligare utgångspunkter bör övervägas. Eventuella nya mätningar kan adderas till dess att stationsetableringen har godkänts av användaren. Se [HMK - Geodatakvalitet 2017](#) för en allmän diskussion om toleranser samt eventuella branschstandarder för mer detaljerade beskrivningar av toleranser och krav vid stationsetablering.

3.2 Inmätningmetodik

Krav

- a) Stödben ska användas vid krav på låg lägesosäkerhet i plan för att minska osäkerheten i centrering av lodstången.
- b) Excentrisk mätning ska redovisas med särskild beteckning på temporär punkt, samt längd- och vinkelmätning och annan nödvändig information för otvetydig bestämning av detaljpunkten.

Totalstationsmätning kräver fri sikt mellan totalstationen och prisma/detaljen som ska mätas in. Lodstången hålls i lod på detaljen och vinklar och längder mäts av instrumentet. Koordinater i plan och höjd bestäms i samma mätning. Om totalstationen inte är etablerad i höjd fås ett relativt höjdvärde för detaljpunkten i förhållande till instrumentet.

Skulle sikt mellan totalstation och detaljpunkt saknas kan höjden på lodstången behöva ändras. Det är viktigt att komma ihåg att ange tillfällig prismahöjd i programvaran för sådana mätningar samt att centreringsosäkerheten ökar med högre prismahöjd. Ett annat alternativ är att använda totalstationens funktion för mätning av dold punkt. Vid bestämning av två temporära punkter med två längdmått till excentrisk punkt kan inbindning göras för att beräkna detaljens koordinater. Detta kan även tillämpas för mätning av detaljer där det inte är möjligt att placera lodstången. Se instrumentets manual för mer information om mätning av dold punkt. Ytterligare en möjlighet är att mäta in punkten med enbart GNSS om det finns fri sikt mot satelliter.

Vid reflektorlös mätning riktas totalstationen in manuellt eller med instrumentets joystick mot detaljen och längdmätning sker via reflektion av signalen från detaljens yta.

Vid krav på låg osäkerhet kan helsatsmätning användas för att eliminera eventuella kollimationsfel, inriktningsfel och optikfel som annars påverkar resultatet om inte instrumentet är korrekt kalibrerat.

Vid trigonometrisk höjdmätning av detaljpunkter är ofta den begränsande faktorn för lägesosäkerheten möjligheten att entydigt definiera detaljpunktens höjd.

3.3 Utsättningsmetodik

Krav

- a) Utsättningsmetodiken ska anpassas till uppdragskraven, där relevanta branschnormer ska tillämpas.
- b) Detaljer med krav på låg lokal lägesosäkerhet ska sättas ut från samma instrumentuppställning.
- c) Kontrollinmätning tillhör inte utsättning utan ska alltid utföras som separat åtgärd.

Rekommendation

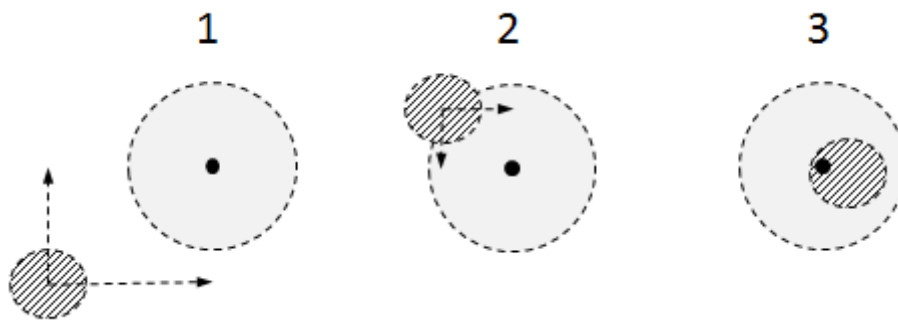
- a) Underlag för utsättning bör kontrolleras innan arbete i fält påbörjas.

All utsättning bygger på underlagsdokument i form av ritningar, koordinatlistor etc. Eftersom fel i utsättningar kan medföra stora ekonomiska konsekvenser, finns det anledning att noggrant förbereda, planera och kontrollera utgångsdata inför en utsättning.

Utsättning påbörjas efter att totalstationens koordinater har bestämts via stationsetableringen.

3.3.1 Utsättning av koordinater i plan

För utsättning med totalstation i plan används vanligen instrumentets trackingfunktion. Totalstationen mäter riktning och avstånd mot prismet och jämför mätta koordinater med de teoretiska koordinater som ska sättas ut. I displayen visas avstånd och riktning som lodstången behöver flyttas för att komma till positionen som ska sättas ut. Lodstången flyttas sedan tills toleranskravet för utsättningen är uppfyllt (Figur 3.3.1.a) och punkten kan då markeras med stakkäpp eller liknande, se [HMK - Markering](#).



Figur 3.3.1.a. Exempel på justering vid utsättning i plan. Det teoretiska utsättningsläget har en radiell tolerans som motsvaras av den ljusgrå cirkeln. Inmätningen har en mätosäkerhet som motsvaras av den snedstreckade arean. Utsättningen justeras stegvis mot det teoretiska läget (streckade pilar) tills toleranskravet är uppfyllt.

3.3.2 Utsättning av höjder

Utsättning i höjd innebär att förutom koordinater i plan markeras även en höjd på positionen. En stakkäpp sätts på platsen och höjden på toppen av denna mäts in. Sedan mäts den höjd som ska sättas ut vertikalt ner längs käppen och markeras med flukt eller på annat lämpligt sätt. Alternativt kan vertikalvinkeln ändras på instrumentet så att rätt höjd visas i siktet eller med en laserstråle direkt på stakkäppen. Höjder kan även sättas ut med hjälp av laserplangivare men det instrumentet behandlas inte inom ramen för [HMK - Terrester detaljmätning 2017](#).

3.4 Egenkontroller

Krav

- a) En stationsuppställning ska alltid avslutas med förnyad inriktning mot den väldefinierade detaljen som mättes in i början av stationsetableringen, se [avsnitt 3.1.2](#).
- b) Innan nedtagning av instrumentet ska vattenpasset på trefoten kontrolleras och eventuell avvikelse noteras.
- c) Vid bedömning av kontrollmätningens avvikelse mot referensvärdet ska hänsyn tas till kontrollmätningens osäkerhet.

Rekommendation

- a) Utföraren bör utnyttja egenkontroller vid totalstationsmätning för att minska risken för grova fel eller systematiska avvikelser, samt för att verifiera inställningar och förväntad mätosäkerhet.
- b) Vid förändrade yttre förhållanden bör en kontrollmätning mot den väldefinierade detaljen som mättes in i samband med stationsetableringen omgående genomföras, se [avsnitt 3.1.2](#).
- c) Utföraren bör vara uppmärksam på instrumentets presenterade kvalitetstal. Mätningar med hög standardosäkerhet bör mätas om direkt i fält.
- d) Detaljer som har satts ut bör kontrolleras genom inmätning med ny stationsetablering.

Vid jämförelser av kontrollmätningar med referensvärden ska hänsyn tas till mätningarnas förväntade standardosäkerhet för bedömning av vilka toleranser som kan accepteras för kontrollmätningens avvikelse. En rekommenderad tolerans som förväntas täcka in 95 % av fallen är två gånger inmätningarnas förväntade lokala standardosäkerhet ($2 * u_{plan/höjd}$), läs mer i [Bilaga A](#) hur detta kan beräknas. För specifika tillämpningar kan andra toleranskrav gälla och regleras då i branschstandarder eller kontrollprogram. Överskrids toleransen för kontrollmätningen bör stationen mätas om. Läs även mer om bakgrund och betydelsen av krav och toleranser i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#).

Aktuella väderförhållanden som temperatur, lufttryck och luftfuktighet anges normalt vid stationsetableringen. Förändrade förhållanden under tiden mätningen pågår kan påverka utrustningens egenskaper och skapa sättningar vid tidsmässigt långa uppställningar. Det påverkar också vilka korrekationer som ska påföras mätningarna. Även markförhållandena på uppställningsplatsen liksom vibrationer från trafik kan skapa sättningar och är något att vara uppmärksam på.

Instrumenten presenterar en rad kvalitetstal för mätningarna som är bra att kontrollera direkt efter varje mätning. Vilka kvalitetstal som redovisas och hur de beräknas varierar mellan olika instrument. Förklaring av kvalitetstalen samt eventuella rekommenderade gränser presenteras i instrumentets användarmanual.

Vid utsättning bör en separat kontrollinmätning genomföras. Det är inte en del av utsättningen utan ska utföras som separat åtgärd från en ny uppställning.

Utöver beskrivna egenkontroller kan ytterligare separata kontrollmätningar regleras i branschstandarder eller av beställare i måttkontrollprogram – beroende på verksamhet. Olika typer av separata kontroller beskrivs mer utförligt i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#).

4 Genomförande av detaljmätning med avvägningsinstrument

Avvägning är den metod att mäta höjder som ger lägst mätosäkerhet. Två olika metoder för avvägning kan särskiljas, avvägning i tåg respektive avvägning av enskilda punkter från en instrumentuppställning.

Avvägning i tåg används främst vid stommätning, se [HMK - Stommätning 2017](#), men kan även användas vid detaljmätning via de olika detaljer som ska höjdbestämmas. Metodiken är densamma som vid stommätning men ofta används enklare instrument och skjutbara teleskopstänger vid detaljmätning vilket ger en osäkrare höjdbestämmning än med utrustning som används för stommätning. Vid detaljmätning sker oftast inte heller någon returmätning av tåget vilket är ett krav vid stommätning.

Ett annat alternativ vid detaljmätning av närliggande punkter är att mäta in alla detaljpunkter från en och samma instrumentuppställning med start- och slutavläsning mot en känd punkt.

För ett rationellt arbetssätt vid avvägning av detaljer krävs minst två personer, en som sköter instrumentet och en som håller avvägningsstången.

4.1 Instrumentuppställning

Krav

- a) Avvägningsinstrumentet ska inför varje mättillfälle kontrolleras och justeras med avseende på kollimationsfel, se [HMK - Stommätning 2017](#), Bilaga D.

Rekommendation

- a) Utrustningen bör aklimatiseras i den aktuella vädermiljön innan mätning påbörjas.
- b) Stativet bör inte ställas upp på asfalt eller andra instabila underlag för att undvika sättningar.
- c) Avvägning bör utföras med mittuppställning av instrumentet mellan framåt- och bakåtpunkt för att minimera effekten från kollimationsfel, jordkrökning och refraktion.

Instrument och tillbehör plockas fram en stund innan själva mätuppdraget påbörjas för att det ska aklimatiseras till temperatur och luftfuktighet på arbetsplatsen. Olika temperaturer på t.ex. instrument

och trefot kan skapa sättningar liksom förändrad temperatur på stativ och skruvar under mätningens gång.

Stativet ställs upp stadigt på stabil mark (t.ex. berg eller gräs) och avvägningsinstrumentet monteras och grovhorisenteras med hjälp av dess skruvar och vattenpass. Avvägningsinstrument har vanligtvis en inbyggd kompensator som justerar för små lutningar som finns kvar efter att trefoten har grovhorisenterats. Instrumentet startas och kontroll sker att höjder på utgångspunkterna är inlagda. I övrigt förutsätts det att mätinstrumentet konfigurerats ändamålsenligt för uppdragets behov, samt i övrigt enligt rekommendationerna i [avsnitt 2.2](#).

4.2 Inmätningsteknik

Krav

- a) Stödben ska användas för att minska osäkerheten i lodning av avvägningsstången vid krav på låg osäkerhet.

Avvägningsstången placeras på toppen av utgångspunkten och hålls i lod. Instrumentet riktas mot stången och skärpan ställs in så att instrumentet kan läsa av streckkoden och beräkna höjd på stången samt avstånd till densamma. Stången flyttas därefter till detaljpunkten och instrumentet riktas mot stången som läses av på motsvarande sätt, varefter höjdskillnad mellan punkterna kan beräknas. Eventuellt flyttas sedan instrumentet till en ny uppställningsplats och en ny avläsning görs mot samma detaljpunkt som tidigare innan stången flyttas till nästa detaljpunkt som ska mätas in. Om instrumentet står kvar på samma plats kan avvägningsstången flyttas direkt till nästa detaljpunkt och en ny avläsning görs för att beräkna den relativa höjdskillnaden mot föregående punkt. När samtliga detaljpunkter är inmätta ska en avslutande avläsning göras mot utgångspunkten (eller en annan punkt med känd kontrollerad höjd) för kontroll att inga grova fel har uppkommit under mätningens gång, se [avsnitt 4.4](#).

Detaljpunkter har sällan en entydig högsta punkt (jfr. en dubb) vilket kan vara den begränsande faktorn för lägesosäkerheten i höjd vid detaljmätning. Antalet detaljpunkter som mäts in mellan avläsningar mot känd punkt bör därför begränsas i enlighet med osäkerhetskraven för uppdraget.

Vid höga krav kan avläsning mot utgångspunkten göras mellan varje detaljpunkt. Det är även möjligt att medeltalsbilda flera avläsningar mot framåt- respektive bakåtpunkter enligt något av instrumentets program (t.ex. avläsningar bakåt, framåt, framåt bakåt).

4.3 Utsättningsmetodik

Krav

- a) Utsättningsmetodiken ska anpassas till uppdragskraven, där relevanta branschnormer ska tillämpas.
- b) Kontrollinmätning tillhör inte utsättning utan ska alltid utföras som separat åtgärd.
- c) Detaljer med krav på låg lokal lägesosäkerhet bör sättas ut från samma instrumentuppställning, dock med separata avläsningar mot utgångspunkten.

Rekommendation

- a) Underlag för utsättning bör kontrolleras innan arbete i fält påbörjas.

All utsättning bygger på underlagsdokument i form av ritningar, koordinatlistor etc. Eftersom fel i utsättningar kan medföra stora ekonomiska konsekvenser, finns det anledning att noggrant förbereda, planera och kontrollera utgångsdata inför en utsättning.

Utsättning med avvägning innebär att en höjd markeras på en förutbestämd position som exempelvis kan ha markerats med en stakkäpp som satts ut med totalstation.

Oftast används en avvägningsstång med gradering placerad parallellt med stakkäppen där den horisontella höjden läses av instrumentet och en höjdskillnad till höjden som ska sättas ut beräknas. Höjden som ska sättas ut kan då markeras med en flukt eller liknande med hjälp av graderingen som finns på avvägningsstången.

4.4 Egenkontroller

Krav

- a) En avvägningsslinga ska alltid avslutas med en avläsning mot utgångspunkten eller en annan kontrollerad punkt.
- b) Innan nedtagning av instrumentet ska vattenpasset kontrolleras och eventuell avvikelse noteras.

Rekommendation

- a) Utföraren bör utnyttja egenkontroller vid avvägning för att minska risken för grova fel eller systematiska avvikelser, samt för att verifiera inställningar och förväntad mätosäkerhet.
- b) Vid förändrade yttre förhållanden bör en kontrollmätning mot någon av utgångspunkterna omgående genomföras.
- c) Utföraren bör vara uppmärksam på instrumentets presenterade kvalitetstal. Mätningar med hög standardosäkerhet bör mätas om direkt i fält.
- d) Detaljer som har satts ut bör kontrolleras genom inmätning från en ny instrumentuppställning.

Vid jämförelser av den avslutande mätningens slutningsfel mot utgångspunkten ska hänsyn tas till mätningarnas förväntade standardosäkerhet för bedömning av vilka toleranser som kan accepteras för kontrollmätningens avvikelse. En rekommenderad tolerans som förväntas täcka in 95 % av fallen är två gånger inmätningarnas förväntade standardosäkerhet ($2 * u_{höjd}$), läs mer i [Bilaga A](#) hur detta kan beräknas. För specifika tillämpningar kan andra toleranskrav gälla och regleras då i branschstandarder eller kontrollprogram. Överskrids toleransen för kontrollmätningen bör avvägningen mätas om. Ett godtagbart slutningsfel tyder på att inga grova fel har uppkommit under mätningen och slutningsfelet kan fördelas jämnt över antalet mätta detaljpunkter. Läs även mer om bakgrund och betydelsen av krav och toleranser i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

Aktuella väderförhållanden som temperatur, lufttryck och luftfuktighet anges normalt vid start av mätningen. Förändrade förhållanden under tiden mätningen pågår kan påverka utrustningens egenskaper och skapa sättningar vid tidsmässigt långa uppställningar. Det påverkar också vilka korrekationer som ska påföras mätningarna. Även markförhållandena på uppställningsplatsen liksom vibrationer från trafik kan skapa sättningar och är något att vara uppmärksam på. Avvägningsinstrument är även känsliga för stark vind och refraktion vilket kan försvåra instrumentets avläsning av stängen. Den del av stängen som avläses måste även vara väl belyst. Inslag av skuggor kan försvåra eller i värsta fall ge upphov till felaktiga avläsningar.

Instrumenten presenterar en rad kvalitetstal för mätningarna som är bra att kontrollera direkt efter varje mätning. Vilka kvalitetstal som redovisas och hur de beräknas varierar mellan olika instrument. Förklaringar av kvalitetstalen samt eventuella rekommenderade gränser presenteras i instrumentets användarmanual.

Utöver beskrivna egenkontroller kan ytterligare separata kontrollmätningar regleras i branschstandarder eller av beställare i måttkontrollprogram – beroende på verksamhet. Olika typer av separata kontroller beskrivs mer utförligt i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#).

5 Referenser/Läs mer

Här presenteras några tips på relevanta studier och läroböcker som kan vara av intresse för en utförare av terrester detaljmätning.

5.1 Metodbeskrivningar för mätmetodik

[1] Horemuz M och Jansson P (2016): [*Optimum Establishment of Total Station*](#). Journal of Surveying Engineering, vol. 143, no. 2, 2016

[2] Jansson P och Lundgren Nilsson L (2015): [*Stomnässtrategi - Inför en framtida kommunal stomnässtrategi i plan*](#). SINUS nr 3 2015

[3] Vium Andersson J (2012): [*Metodbeskrivning RUFRIIS*](#). Dokumentbeteckning: 2012:210, Trafikverket

5.2 Läroböcker

Nedan ges två tips på läroböcker som inkluderar terrester mätteknik och används vid högskolornas lantmäteriutbildningar:

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

5.3 Studier av mätmetodik

Nedan presenteras två studier som ligger till grund för RUFRIIS Metodbeskrivning:

- Horemuz M (2009): [*Realtidsuppdaterad fristation, Precisionsanalys*](#).
- Horemuz M (2011): [*Realtidsuppdaterad fristation, Korrelationsanalys*](#).

5.4 Branschstandarder

Nedan presenteras exempel på två branschstandarder som berör terrester detaljmätning:

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

5.5 Övrigt

På geodesisidorna på Lantmäteriets webbplats finns en del bakgrunds-information kring den svenska geodetiska infrastrukturen.

<http://www.lantmateriet.se/geodesi>

Bilaga A Lägesosäkerhet vid terrester detaljmätning

I denna bilaga redovisas faktorer som en utförare kan påverka för att minska lägesosäkerheten vid terrester detaljmätning samt exempel på hur osäkerheten i ett detaljmätningprojekt kan beräknas.

A.1 Grundläggande lägesosäkerhet

All "geografisk" lägesosäkerhet relaterar på något sätt till storleken på det område inom vilket osäkerheten ska redovisas. Följande indelning i lokal och absolut lägesosäkerhet kan särskiljas när det gäller geodetisk mätning:

- Lokal lägesosäkerhet avser relativ osäkerhet mellan närliggande detaljer.
- Absolut lägesosäkerhet anger en detaljs osäkerhet i referenssystemet (t.ex. SWEREF 99 eller RH 2000).

Med de nya, globalt anpassade referenssystemen och GNSS-mätning suddas denna skillnad delvis ut, men uppdelningen har fortfarande giltighet för mätning som involverar terrestra stornät och data som är inmätta i förhållande till dessa. Fler detaljer om begreppet osäkerhet tas upp i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#) samt i de tekniska rapporterna [HMK - Teknisk Rapport 2016:2](#) och [HMK - Teknisk Rapport 2016:3](#).

A.2 Faktorer som påverkar osäkerheten vid terrester detaljmätning med totalstation

Den absoluta lägesosäkerheten för inmätta detaljer i ett terrester detaljmättningsprojekt med totalstation påverkas av en mängd faktorer:

- **Utgångspunkternas kvalitet** i SWEREF 99. Det är den enskilt största faktorn som påverkar med vilken kvalitet stationsetableringen teoretiskt kan utföras.
- **Antal utgångspunkter** och deras spridning. Generellt sett gäller att fler och väl spridda utgångspunkter ger säkrare och mer kontrollerad stationsetablering än få punkter med sämre geometri. Fler överbestämningar underlättar också upptäckten av grova fel.
- **Totalstationens specificerade mätosäkerhet** i längdmätning, vinkelmätning och inriktning. Värderna för detta kan hittas i instrumentets användarmanual. Instrumentet bör även vara servat enligt leverantörens instruktioner för att uppnå specificerad mätosäkerhet.
- **Tillbehör** som stativ, lodstång, prisma, centrerings- och horisonteringsutrustning. Dessa ska vara kalibrerade och i gott skick för att inte försämra mätningarnas osäkerhet.
- **Metodik för stationsetablering.** Etablering via GNSS-mätta utgångspunkter ger en lägre absolut lägesosäkerhet än stationsetablering från stomnätet. För den lokala lägesosäkerheten är förhållandet ofta det omvända.
- **Centrering** över detaljpunkten. Osäkerheten minskas från ca 15 mm till ca 5 mm om stödben används för stabilisering av lodstången. För tvångscentrering med stativ kan osäkerheten i centreringen anses vara 0 mm. Vid trigonometrisk höjdmätning har inte centreringen lika stor påverkan, däremot behöver hänsyn tas till jordkrökning och refraktion.
- **Instrumentrelaterade fel.** Vissa instrumentrelaterade fel kan reduceras genom mätning i helsatser.
- **Överbestämningar.** Fler inmätningar av samma detalj ger en ökad kontroll för upptäckt av grova fel vid inmätning. Mätningar utan grova fel medeltalsbildas.

A.3 Faktorer som påverkar osäkerheten vid terrester detaljmätning med avvägningsinstrument

Den absoluta lägesosäkerheten för inmätta detaljer i ett terrester detaljmätningssprojekt med avvägning påverkas av en mängd faktorer:

- **Utgångspunkternas kvalitet** i RH 2000. Det är den enskilt största faktorn som påverkar med vilken kvalitet avvägningen teoretiskt kan utföras. Utgångspunkterna bör kontrolleras genom avvägning till en närbelägen punkt.
- **Instrumentets specificerade mätosäkerhet** i längdmätning och avläsning av streckkoden på avvägningsstången. Värdet för detta kan hittas i instrumentets användarmanual. Instrumentet bör även vara servat enligt leverantörens instruktioner för att uppnå specificerad mätosäkerhet.
- **Tillbehör** som stativ, avvägningsstång, centrerings- och horisonteringsutrustning. Dessa ska vara kalibrerade och i gott skick.
- **Osäkerhet i lodningen** av avvägningsstången. Stödben kan användas för stabilisering av stången.
- **Överbestämmningar**. Medeltalsbildning av flera avläsningar från avvägningsstången kan minska osäkerheten i avläsningen.
- **Instrumentrelaterade fel**. Vissa fel kan reduceras genom att ha liknande avstånd från instrumentet till både framåt- och bakåtuppställningen.
- **Detaljpunktens utformning**. Det kan vara svårt att placera avvägningsstången på detaljens högsta punkt då den ofta saknar en entydig sådan.

A.4 Beräkning av lägesosäkerhet

Förväntad mätosäkerhet vid nätverks-RTK-mätning redovisas i [HMK - GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), Bilaga A vilket är relevant vid stationsetablering via RTK-mätningar.

I [HMK - Stommätning 2017](#) presenteras värden för olika stommätningens metoders mätosäkerhet vilket kan vara relevant vid bedömning av enskilda stompunkters kvalitet för stationsetablering.

I [HMK - Geodetisk infrastruktur 2017](#) presenteras schablonmässig osäkerhet för olika typer av stommätning i Sverige vilket kan vara relevant vid val av utgångspunkter för terrester detaljmätning.

A.4.1 Detaljmätning med totalstation i plan

En uppskattning av absolut lägesosäkerhet för mätta detaljer (u_{detalj_plan}) vid totalstationsmätning i plan kan sammanfattas med formeln där vinklar anges i mgon och längder i mm:

$$u_{detalj_plan} = \sqrt{u_{station_p}^2 + u_{horisontalvinkel}^2 + u_{längdmätning}^2 + u_{centrering}^2}$$

$u_{station_p}$ är stationsetableringens lägesosäkerhet i plan som kan beräknas av instrumentets programvara eller anges med schablonvärden beroende på utgångspunkternas kvalitet i referenssystemet. $u_{horisontalvinkel}$ och $u_{längdmätning}$ är instrumentets specificerade mätosäkerhet för horisontalvinklar och längder som beskrivs i instrumentets manual och $u_{centrering}$ är osäkerheten i centrering över detaljpunkten som kan anses vara ca 15 mm för lodstång, ca 5 mm för lodstång + stödben och ca 0 mm för stativ med tvångscentrering.

För beräkning av lokal lägesosäkerhet mellan detaljer som är inmätta från samma stationsuppställning kan $u_{station_p}$ i formeln ovan sättas till 0 mm.

Exempel

Den absoluta lägesosäkerheten i plan för en stationsetablering med fri station kan högt räknat approximeras med osäkerheten i utgångspunkterna. En fri stationsutjämning bör ge något lägre osäkerhet än de individuella utgångspunkternas lägesosäkerhet. Absoluta lägesosäkerheten i RTK-mätning i plan i ett 35 km-nät med 5-10 km baslinje har skattats till ca 9 mm, se [HMK - GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), Bilaga A, vilket skulle kunna ge stationsetableringen en absolut lägesosäkerhet i plan på ca $u_{station_p} = 7 \text{ mm}$. För en totalstation kan $u_{vertikalvinkel} = 0,6 \text{ mgon}$ och $u_{längdmätning} = 2 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$ vara rimliga värden, se [HMK - Stommätning 2017](#), avsnitt 2.3. Med detalj-

mätning utan stöd för lodstången ($u_{centrering} = 15 \text{ mm}$) blir då detaljmätningens uppskattade absoluta lägesosäkerhet i SWEREF 99 för en detalj 10 m från totalstationen

$$u_{detalj_plan} = \sqrt{7^2 + 0,6^2 + (2 + 3 * 10/1000000)^2 + 15^2} \approx 16,7 \text{ mm}$$

A.4.2 Detaljmätning med totalstation i höjd

För beräkning av lägesosäkerheten i höjd ($u_{detalj_höjd}$) kan en liknande formel användas

$$u_{detalj_höjd} = \sqrt{u_{station_h}^2 + u_{vertikalvinkel}^2 + u_{längdmätning}^2 + u_{horisontering}^2}$$

Horisonteringen av lodstången $u_{horisontering}$ har marginell påverkan på höjdmätningen och kan oftast sättas till 0 mm vid detaljmätning i höjd. 15 mm lutning i toppen av en 2 m stång ger 0,06 mm för låg höjd. $u_{vertikalvinkel}$ anger instrumentets specificerade mätosäkerhet i vertikalvinkeln och $u_{station_h}$ är stationsetableringens lägesosäkerhet i höjd-systemet.

För beräkning av lokal lägesosäkerhet mellan detaljer som är inmätta från samma stationsuppställning kan $u_{station_h}$ i formeln ovan sättas till 0 mm.

Exempel

Den absoluta lägesosäkerheten i höjd för en stationsetablering med fri station kan högt räknat approximeras med osäkerheten i utgångspunkterna. En fri stationsutjämning bör ge något lägre osäkerhet än de individuella utgångspunkternas lägesosäkerhet. Absoluta lägesosäkerheten i RTK-mätning i höjd över ellipsoiden i ett 35 km-nät med 5–10 km baslinje har skattats till 16 mm, se [HMK - GNSS-baserad detaljmätning 2017](#), Bilaga A, vilket kan ge stationsetableringen en absolut lägesosäkerhet i höjd på ca $u_{station_h} = 13 \text{ mm}$. För GNSS-mätning i RH 2000 tillkommer en osäkerhet i geoidmodellen som för SWEN08_RH2000 har skattats till ca 10–15 mm. Absoluta osäkerheten i RH 2000 för stationsetableringen i höjd kan då approximeras med $u_{station_h} = \sqrt{13^2 + 12,5^2} \text{ mm}$. För en totalstation kan $u_{vertikalvinkel} = 0,06 \text{ mgon}$ och $u_{längdmätning} = 2 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$ vara rimliga värden, se [HMK - Stommätning 2017](#), avsnitt 2.3. Med detaljmätning utan stöd för lodstången ($u_{horisontering} = 0,06 \text{ mm}$) blir då detaljmätningens uppskattade absoluta lägesosäkerhet i RH 2000 för en detalj 10 m från totalstationen

$$u_{detalj_höjd} = \sqrt{16^2 + 12,5^2 + 0,6^2 + (2 + 3 * 10/1000000)^2 + 0,06^2} \approx 20,4 \text{ mm}$$

A.4.2 Avvägning

För beräkning av lägesosäkerheten i höjd ($u_{\text{detalj_höjd}}$) vid avvägning kan följande formel användas

$$u_{\text{detalj_höjd}} = \sqrt{u_{\text{utgångspunkt}}^2 + u_{\text{instrument}}^2 + u_{\text{horisontering}}^2}$$

$u_{\text{utgångspunkt}}$ anger utgångspunktens lägesosäkerhet i höjdsystemet. $u_{\text{instrument}}$ anger instrumentets specificerade mätosäkerhet och är ofta angivet som ett värde för en viss avvägd sträcka. Horisonteringen av lodstången $u_{\text{horisontering}}$ har en viss men liten påverkan på höjdvärdet. Värdet varierar beroende på vilken höjd på stängen avläsningen sker men förekommer vid varje avläsning. Exempelvis ger 15 mm lutning av stängen 2 m över marken 0,06 mm för låg avläst höjd. Men eftersom det är relativa höjdskillnader mellan framåt- och bakåtvärdet som beräknas är det skillnaden i lutning på stängen för dessa avläsningar som påverkar resultatet. Används stativ eller stödben reduceras horisonterings inverkan på slutresultatet och kan sättas till 0 mm vid detaljmätning.

För beräkning av lokal lägesosäkerhet mellan detaljer som är inmätta från samma instrumentuppställning kan $u_{\text{utgångspunkt}}$ i formlerna ovan sättas till 0 mm.

Exempel

Den absoluta lägesosäkerheten i höjd för ett etablerat avvägningsinstrument kan approximeras med osäkerheten i utgångspunkterna. Absoluta lägesosäkerheten i ett avvägt bruksnät har skattats till 5–10 mm, se [HMK - Geodetisk infrastruktur 2017](#), Bilaga A, vilket kan ges $u_{\text{utgångspunkt}} = 7,5 \text{ mm}$. Mätosäkerheten för ett avvägningsinstrument kan t.ex. vara $u_{\text{instrument}} = 5 \text{ mm}$ för 1 km dubbelavvägning, se [HMK - Stommätning 2017](#), avsnitt 2.3. Med detaljmätning utan stöd för avvägningsstången med 2 m höjdskillnad mellan framåt- och bakåtvärdet blir den maximala skillnaden med 15 mm osäkerhet i centreringsring för en 2 m stång $u_{\text{horisontering}} = 0,06 \text{ mm}$. Detaljmätningens uppskattade absoluta lägesosäkerhet vid dubbelavvägning i RH 2000 för en detalj 10 m från avvägningsinstrumentet blir då

$$u_{\text{detalj_höjd}} = \sqrt{7,5^2 + (5 * 0,01)^2 + 0,06^2} \approx 7,5 \text{ mm}$$

Bilaga B Produktionsdokumentation

Dokumentation av mätprocessen är en förutsättning för spårbarhet, egenkontroll och kvalitetsbedömning av produktionsresultaten, samt ökar möjligheterna att uppfylla beställarkrav och rapportera eventuella avvikelser. Alla steg i ett terrestert detaljmättningsprojekt bör dokumenteras så att en utomstående med branschkunskap kan följa arbetsgången. Även problem eller andra avvikelser från planerad mätning (t.ex. oförutsedd försämring av mätförhållanden eller orimliga mätvärden) bör noteras, inklusive tidpunkt, följd effekter och vidtagna åtgärder.

Nedan finns en punktlista med förslag på parametrar att dokumentera från mätprocessen i ett terrestert detaljmättningsprojekt. Krav på dokumentation kan också vara inkluderad i den tekniska specifikationen från beställaren av uppdraget, se [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#).

B.1 Detaljmätning med totalstation

- Instrument (tillverkare, modell, serienummer m.m.)
- Instrumentparametrar (stånghöjd, reflektortyp, prisma-konstant m.m.)
- Typ av utgångspunkter (stompunkter, RTK-mätningar)
- Antal utgångspunkter
- Utgångspunkternas läge
- Viktning av olika typer av utgångspunkter
- Antal mätta helsatser för respektive mätning
- Metod för centrering
- Påförda korrektioner
- Metod för stationsetablering
- Metod för inmätning
- Utsättningsdata
- Metod för utsättning
- Instrumentets kvalitetstal
- Gränsvärden och genomförda kontroller
- Yttre förutsättningar (väder, temperatur, luftfuktighet, lufttryck, nederbörd m.m.)
- Problem och avvikelser

B.2 Detaljmätning med avvägningsinstrument

- Instrument (tillverkare, modell, serienummer m.m.)
- Utgångspunkter
- Antal utgångspunkter
- Utgångspunkternas läge
- Avläsningsstrategi
- Metod för centrering
- Påförda korrektioner
- Metod för inmätning
- Utsättningsdata
- Metod för utsättning
- Instrumentets kvalitetstal
- Gränsvärden och genomförda kontroller
- Yttre förutsättningar (väder, temperatur, luftfuktighet, lufttryck, nederbörd m.m.)
- Problem och avvikelser

Bilaga C Grundkrav i dokumentet

Grundkrav

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

[Rekommendation 2 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.1 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

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

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

[Krav 2.2.2 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

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

[Krav 2.2.3 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 2.2.4 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 2.3 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

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

[Krav 2.3.1 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 2.3.1 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 2.3.2 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 2.3.3 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 2.3.4 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 2.3.5 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 3.1.1 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 3.1.2 a-e](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 3.1.2 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 3.1.3 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 3.2 a-b](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 3.3 a-c](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 3.3 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 3.4 a-c](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 3.4 a-d](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 4.1 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Rekommendation 4.1 a-c](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 4.2 a](#) i HMK-TerDet 2017 gäller

[Krav 4.3 a-c](#) i *HMK-TerDet 2017* gäller

[Rekommendation 4.3 a](#) i *HMK-TerDet 2017* gäller

[Krav 4.4 a-b](#) i *HMK-TerDet 2017* gäller

[Rekommendation 4.4 a-d](#) i *HMK-TerDet 2017* gäller