

HMK
- handbok i mät- och kartfrågor

Stommätning

2024



Avsnittshänvisningar för riktlinjer beträffande mätutrustning, genomförande av mätning samt beräkning och analys finns i Tabell 3.

Tabell 3. Övriga avsnitt i HMK-Stommätning 2024 som tar upp etablering av höjdnät.

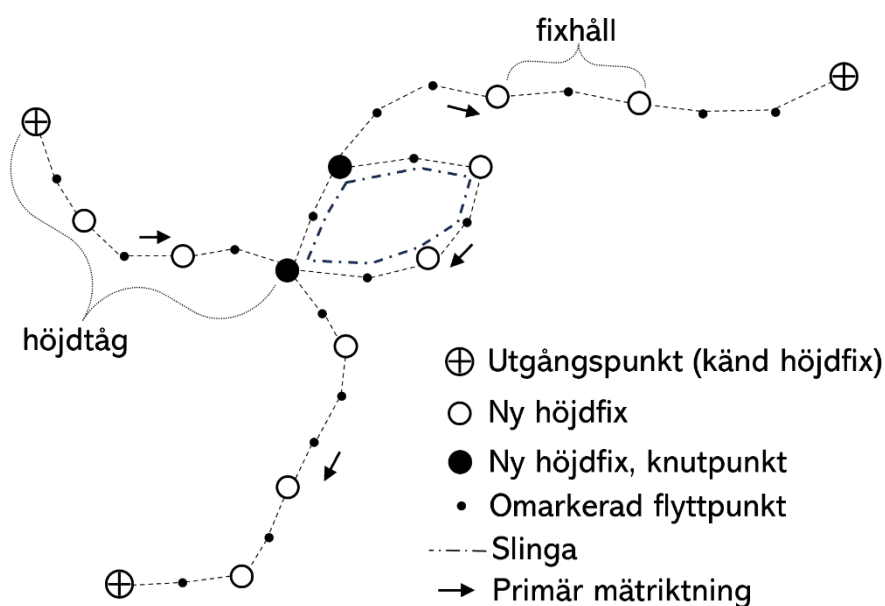
Mätutrustning	Avsnitt 3.6.1
Genomförande av mätning	Avsnitt 4
Beräkning och analys	Avsnitt 6.2

Nätutformning

Höjdnät byggs upp av ett eller flera höjdtåg, se Figur 1. Höjdtågens ändpunkter utgörs antingen av kända utgångspunkter eller *knutpunkter*, dvs. nypunkter där tre eller flera tåg möts. Höjdslinga är en kombination av två eller flera höjdtåg som börjar och slutar i samma höjdfix. Ett tåg som börjar och slutar i samma punkt bidrar inte till att stärka nätgeometrin och kan därför inte betraktas som del av ett höjdnät.

I höjdtåg utgör *fixhåll* sträckorna mellan markerade höjdfixar. Höjdskillnaden i fixhållen mäts genom en eller flera instrumentuppställningar med framåt- och bakåtläsningar mot en avvägningsstång. Höjdtågen ges en primär mät- eller tågriktning som bestämmer tecknet på höjdskillnaden. För att kunna begränsa siktlängderna inom varje fixhåll används omarkerade mellanpunkter, s.k. flyttpunkter, där avvägningsstången placeras.

Figur 1. Principiell utformning av höjdnät: Mätningen mellan två höjdfixar utgör ett fixhåll och flera fixhåll bildar tillsammans ett höjdtåg. Höjdtågens ändar består av knutpunkter och/eller kända utgångspunkter i överordnat höjdnät.



instrumentet är utrustat med planglasplatta och mikrometerskruv för avläsning med tillräcklig upplösning (<0,1mm).

Fältkalibrering, för att minimera fel i avvägningsinstrument och avvägningsstång, utförs innan stommätning och när instrumentet är acklimatiserat till omgivande temperatur. Se även Bilaga D.

3.6.2 Vid totalstationsmätning

Specificerad mätosäkerhet

Specificerad mätosäkerhet vid vinkelmätning med totalstation kan anges i enheterna sekunder eller mgon, där det är viktigt att notera skillnaden, se Tabell 12. Observera att viss tillhörande mätutrustning kan påverka möjligheten att uppfylla den specificerade mätosäkerheten, se avsnitt 3.6.4.

Tabell 13 visar vilka ungefärliga mätosäkerheter som passar för olika tillämpningar. De redovisade mätosäkerheterna förutsätter att totalstationen har kalibrerats, kontrollerats och justerats för eliminering av förekommande instrumentfel, samt att vinkelmätning utförs i båda cirkellägena med helsatsmätning.

Tabell 12. Relationen mellan vinkelenheterna sekunder (1/3600 grader) och mgon (1/1000 gon).

Sekunder	mgon
0,5	0,15
1	0,31
1,5	0,46
2	0,62

Tabell 13. Specificerad mätosäkerhet för olika tillämpningar (tabellen baserad på SIS-TS 21143:2016, [6]).pm = mm/km.

	Standard-osäkerhet i horisontalvinkel (1 helsats)	Standard-osäkerhet i vertikalvinkel (1 helsats)	Standard-osäkerhet i längdmätning
Stommätning för industri- och specialtillämpningar med särskilt höga krav, t.ex. för rörelsekontroll	0,15–0,30 mgon	0,15–0,30 mgon	1 mm + 1 ppm

	Standard- osäkerhet i horisontal- vinkel (1 helsats)	Standard- osäkerhet i vertikal- vinkel (1 helsats)	Standard- osäkerhet i längdmätning
Terrestra nät för bygg- och anläggningsprojekt, t.ex. för detalj- och kontrollmätning av bro- och tunnelkonstruktioner	0,30–0,60 mgon	0,30–0,60 mgon	1 mm + 2 ppm
Övrig stommätning för utsättning och inmätning inom detaljplanelagda områden	0,60–1,0 mgon	0,60–1,0 mgon	2 mm + 3 ppm

Hantering av instrumentfel

Inriktningsfel är ett vanligt fel vid totalstationsmätning. Verkan av dessa kan endast minskas genom att rutiner utformas så att upprepade mätningar och andra överbestämningar byggs in i mätningsförfarandet, t.ex. att vinkelmätning utförs i helsatser. Se även avsnitt 4.2.

Vid automatiserad helsatsmätning med moderna totalstationer sker vanligtvis inriktning och vinkelavläsning mot objektens prismor genom en kombination av flera metoder. Här ingår dels en motordriven inriktning av kikaren mot prismet, dels en avläsning av inriktningsfelet med en fotosensor där prismats avvikelser från kikarcentrum registreras. Då det förekommer att dessa metoder används på olika sätt i olika cirkellägen är det inte alltid som kollimationsfelet fullständigt elimineras med helsatsmätning när metoderna kombineras. Vid automatiserad riktningsmätning med helsatser är det därför av vikt att instrumentet kalibreras regelbundet för att minimera effekten av det beskrivna problemet, dvs. fältkalibrering.

Fältkalibrering utförs innan stommätning och efter att totalstationen och tillhörande utrustning acklimatiserats till omgivande temperatur, se Bilaga D. En omsorgsfullt utförd fältkalibrering inklusive kalibreringskontroll förbättrar förutsättningarna för en framgångsrik stommätning.

- upprepad mätning och registrering mot det första bakåtobjektet efter slutförd totalstationsmätning.
- kontroll av anslutningsriktningar, avstånd och ev. höjdskillnader mot bakåtobjekten, vid stationsetablering över känd utgångspunkt.
- att antal helsatser för riktningsmätningen balanseras så att mätosäkerheten i riktning blir ungefär densamma som för längdmätningen. Detta kan bedömas med stöd av Bilaga C.2, givet mätinstrumentets specificerade mätosäkerhet i längd- och riktningsmätning samt den genomsnittliga siktlängden i stomnätet. Se även kapitel 4 i referens [8].

4.2.1 Riktningsmätning med totalstation

Grundutförande

- a) Riktningsmätning utförs i helsatser och spridningen mellan helsatserna kontrolleras och redovisas.

För att minska inverkan av slumpmässiga avvikelser, upptäcka grova fel samt eliminera olika instrumentfel ska vinkelmätning utföras som satsmätning. Det innebär repetition av inriktningen mot varje objekt i båda cirkellägena, med efterföljande medeltalsbildning.

Riktningsmätning vid stommätning sker i två eller fler helsatser, där antalet bestäms av vilka krav på mätosäkerhet som gäller, vilka siktlängder som ingår i nätet samt vilken instrumentklass som totalstationen tillhör. För entydighet i mätdataredovisningen bör det mest avlägsna objektet väljas som utgångsobjekt i varje riktningsserie.

Mätningen ska kontrolleras vad gäller spridningen mellan satsmedeltalen. Toleranser för spridning mellan helsatser finns i Bilaga C.4.3. Om-mätning ska ske vid avvikelser som konstateras i fält, under mätningens gång.

En bra balans mellan mätosäkerheten vid längd- respektive riktningsmätning kan uppnås genom att välja lämpliga mätinstrument och anpassa antalet helsatser till de aktuella punktavstånden, se Bilaga C.2.

4.2.2 Längdmätning med totalstation

Grundutförande

- a) Längder mäts två gånger, en gång i vardera riktningen om så är möjligt (s.k. dubbelmätta längder).

Ojämnheter i sändar- och mottagardioder medför s.k. inriktningsfel som i ogynnsamma fall uppgå till flera millimeter. För att minimera sådan inverkan bör varje observerad längd utgöras av medelvärdet av flera oberoende inriktningar mot reflektorn.

Temperatur och lufttryck – för *atmosfärskorrektion* av mätta längder – registreras så att värdena är representativa för hela mätsträckan. Vid mätning av längre avstånd (> 1 km) utförs atmosfärsobservationer i båda ändpunkterna och vid mätning över vattenområden bör observeras att stora skillnader i temperatur kan förekomma längs mätsträckan.

Lutningskorrektionen av mätta längder bör göras genom separat bestämning av höjdskillnaden mellan aktuella punkter, antingen med trigonometrisk höjdmätning eller genom avvägning.

Alla längder mäts en gång i vardera riktningen, såvida inte markerings-typerna medför begränsningar för instrument- och signaluppställning.

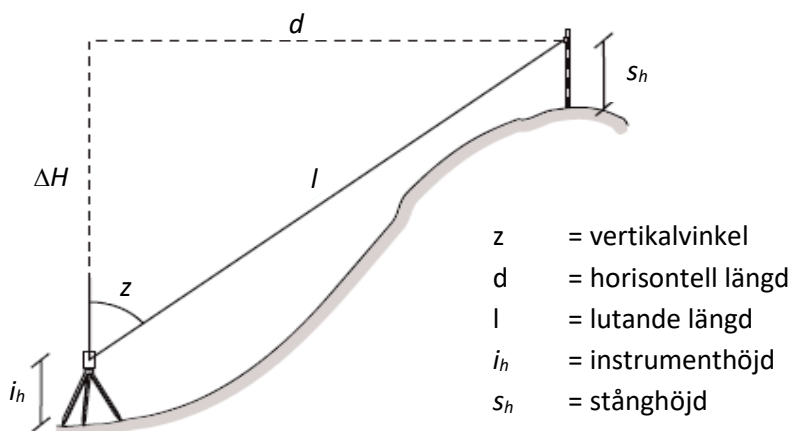
Toleranser för dubbelmätning av avstånd finns i Bilaga C.4.4. Ommätning utförs direkt, om möjligt, om avvikelser konstateras redan i fält.

4.2.3 Trigonometrisk höjdmätning

Höjdmätning med totalstation benämns *trigonometrisk höjdmätning*. Från mätning av lutande längd, vertikalvinkel och signalhöjd kan höjdskillnaden mellan instrumentet och mätpunkten bestämmas, se Figur 16.

För beräkning av höjdskillnaden mellan markeringarna måste även instrumenthöjden mätas, vilket tillsammans med signalhöjden ofta utgör den svaga länken i denna mätmetod, se Bilaga C.1.4.

Figur 16. Principen för trigonometrisk höjdmätning. Den sökta höjdskillnaden mellan instrument och signal bestäms ur mätning av vertikalvinkel (betecknad z för att tydliggöra att nollan ligger i zenit, dvs. rakt uppåt) och lutande längd, se formel (E.1) i Bilaga E.1.



Där så är möjligt redovisas en utvärdering enligt HMK:s 3-nivåprincip. Eventuella problem/ avvikelser och vidtagna åtgärder bör också framgå av dokumentationen. I övrigt sker redovisningen enligt Bilaga B.

6.4 Triangelnät

Rekommendation

- a) Utjämning och analys av ett triangelnät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 26.

Utjämning av triangelnät utförs vanligen med en variant av minsta-kvadratmetoden som benämns *elementutjämning*, där **den enskilda längd- och riktningsmätningen** utgör minsta beräkningsenhet.

Beräknings- och analysarbetet i samband med triangelnät har bildat skola för all beräkning av stomnät, som beskrivs utförligt i HMK-TR 2018:3 [8]. Arbetet följer processbeskrivningen i Tabell 26 och denna nättyp ligger till grund för den detaljerade beskrivningen i Bilaga F.

En alternativ beräkningsmetodik är att använda nätverksstödd reducering av mätta längder som beskrivs i referens [5]. Detta beräkningsförfarande undviker att använda vertikalvinklarna direkt i beräkningen och är ett alternativ till att påföra korrekationer för refraktion, jordkrökning och lodavvikelse för mätningarna. Metoden kan främst vara användbart vid beräkning av småskaliga nät med höga krav på den interna lägesosäkerheten.

Tabell 26. Arbetsprocessen vid beräkning och analys av triangelnät.

Moment	Kontroller/analyser, toleranser och åtgärder
Förhandskontroll	<ul style="list-style-type: none"> – Spridning mellan helsatser vid vinkelmätning, se Bilaga C.4.3. – Dubbelmätta längder, se Bilaga C.4.4. – Om möjligt, slutningsfel i slingor, se Bilaga C.4.7 och C.4.8. <p>Ev. åtgärd: ommätning av vinklar och längder.</p>
Viktsättning	<p>Beräknas från totalstationens specificerade mätosäkerhet och antalet upprepade mätningar.</p> <ul style="list-style-type: none"> – För vinkelmätning, se Bilaga C.1.1. – För längdmätning, se Bilaga C.1.2.
Preliminär beräkning	Fri utjämning av samtliga observationer.
Analys	<ul style="list-style-type: none"> – Viktsenhetens standardosäkerhet. – Standardiserade förbättringar med data-snooping. – Utgångspunkter och skalfaktor genom inpassning

Där så är möjligt redovisas en utvärdering enligt HMK:s 3-nivåprincip. Eventuella problem/avvikelser och vidtagna åtgärder bör också framgå av dokumentationen. I övrigt sker redovisningen enligt Bilaga B.

6.6 GNSS-nät

Rekommendation

- a) Utjämning och analys av ett GNSS-nät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 28.

Beräkningen av GNSS-nät utförs i 3D med **baslinjer** som minsta enhet. Utjämningsprocessen sammanfattas i Tabell 28, inklusive kontroller, föreslagna toleranser och möjliga åtgärder om avvikelser konstateras.

Tabell 28. Arbetsprocessen vid beräkning och analys av GNSS-nät.

Moment	Kontroller/analyser, toleranser och åtgärder
Förhandskontroll	<ul style="list-style-type: none"> – Dubbelmätta baslinjer, se Bilaga C.4.5. – Slutningsfel i 3D-slingor, se Bilaga C.4.10. – Jämförelse med EDM-mätning, se Bilaga C.4.6. <p><u>Ev. åtgärd:</u> ommätning av sessioner.</p>
Viktsättning	<ul style="list-style-type: none"> – Varians-kovariansmatris från baslinjeberäkning, se avsnitt 5.2.2, eller – förenklade schablonvärden, se Bilaga C.1.5.
Preliminär beräkning	<ul style="list-style-type: none"> – Fri utjämning av samtliga baslinjer.
Analys	<ul style="list-style-type: none"> – Viktsenhetens standardosäkerhet. – Standardiserade förbättringar med data-snooping. – Utgångspunkter och skalfaktor genom inpassning av fritt utjämnat nät på utgångspunkterna (i 3D eller 2D+1D). <p><u>Ev. åtgärder:</u> ommätning/uteslutning av baslinjer, modifierad viktsättning, byte av utjämningsmodell eller uteslutning/nybestämning av utgångspunkter.</p>
Slutgiltig beräkning	<ul style="list-style-type: none"> – Beräkning av koordinater/höjder och tillhörande kvalitetsmått via utjämning eller koordinattransformation. – Upprepad data-snooping.

7 Referenser/Läs mer

7.1 Referenser i löptext, figurer m.m.

- [1] JCGM (2008): *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement*, [JCGM 100:2008 \(pdf 1.8 Mb, nytt fönster\)](#), Working Group 1 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 1).
- [2] Eriksson, P-O (2010): *Anslutning av lokala höjdnät till RH 2000 med GNSS-stommätning*, [Lantmäterirapport 2010:5 \(pdf 0.7 Mb, nytt fönster\)](#), Lantmäteriet, Gävle.
- [3] Eriksson, P-O (2010): *Höjdmätning med GNSS – vägledning för olika mätsituationer*, [Lantmäterirapport 2010:4 \(pdf 0.7 Mb, nytt fönster\)](#), Lantmäteriet, Gävle.
- [4] Bagherbandi M, Shirazian M, Ågren J & Horemuz M (2023): [Physical and Geometric Effects on the Classical Geodetic observations in Small-Scale Control Networks](#), Journal of Surveying Engineering, Volume 149, Issue 1, February 2023
- [5] Shirazian M, Bagherbandi M, & Karimi H (2021): [Network-Aided Reduction of Slope Distances in Samll-Scale Geodetic Control Networks](#), Journal of Surveying Engineering, Volume 147, Issue 4, November 2021
- [6] SIS (2016): *Byggmätning – Geodetisk mätning, beräkning och redovisning av byggnadsverk och infrastruktur*, [Teknisk specifikation SIS-TS 21143:2016](#), Swedish Standards Institute/TK 178.
- [7] Persson C-G (2019): *Mätning och redovisning av bygg- och anläggningsobjekt - med tonvikt på långsträckta objekt i 3D*, Teknisk rapport [HMK-TR 2019:1 \(pdf 3.8 Mb, nytt fönster\)](#), Lantmäteriet, Gävle.
- [8] Persson, C-G (2018): *Beräkning och analys av stornät - med tonvikt på plana, terrestra nät*, Teknisk rapport [HMK-TR 2018:3 \(pdf 2.0 Mb, nytt fönster\)](#), Lantmäteriet, Gävle.
- [9] Lantmäteriet m.fl. (2021): *Geodetisk och fotogrammetrisk mätnings- och beräkningsteknik*, [Kurskompendium \(pdf 13 Mb, nytt fönster\)](#), Lantmäteriet, Gävle.
- [10] Engberg, L E & Persson, C-G (2010): [God mätsed eller "Hur man utnyttjar tidigare generationers samlade erfarenheter"](#), SKMF:s tidskrift SINUS, 2010:1.

A.1 Samtliga grundutföranden och rekommendationer

3 Planering inför stommätning

REKOMMENDATION

- a) Stommätningssuppdrag bör baseras på en teknisk specifikation eller motsvarande kravdokument.
- b) Genomförandet av stommätningssuppdrag bör ske i dialog med beställaren, t.ex. via stegvisa avstämningar.

3.2 Utformning av olika stommätstyper

GRUNDUTFÖRANDE

- a) Förslag på utformning och anslutning av nytt stommät stäms av med beställare innan punktmarkering och mätning påbörjas.
- b) Aktuella koordinat- och höjduppgifter för stommätets utgångspunkter, samt var de härstammar från, tas med i resultatredovisningen.

REKOMMENDATION

- c) Nytt stommät bör anslutas till gällande nationella referenssystem, förutsatt att kraven på stommätets lokala lägesosäkerhet kan uppfyllas.

3.2.1 Höjdnät

GRUNDUTFÖRANDE

- a) Alla höjdtåg i ett höjdnät påbörjas och avslutas i kända utgångspunkter eller knutpunkter, med olika start- och slutpunkt.
- b) Anslutning av ett nytt höjdnät till RH 2000 sker via minst två utgångspunkter i riksnätet eller i ett anslutningsnät.

REKOMMENDATION

- c) Fixhåll i bruksnät bör vara högst 250 meter långa.
- d) Fixhåll i anslutningsnät bör vara högst 1 km långa.
- e) Enskilda höjdtåg i höjdnät bör vara ungefär lika långa.
- f) Kontrollerbarheten i höjdnät bör vara $k \geq 0,3$.

6.2 Höjdnät

REKOMMENDATION

- a) Utjämning och analys av ett höjdnät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 24.

6.3 Polygonnät

REKOMMENDATION

- a) Utjämning och analys av ett polygonnät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 25.

6.4 Triangelnät

REKOMMENDATION

- a) Utjämning och analys av ett triangelnät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 26.

6.5 Terrestra 3D-nät

REKOMMENDATION

- a) Utjämning och analys av ett terrestert 3D-nät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 27.

6.6 GNSS-nät

REKOMMENDATION

- a) Utjämning och analys av ett GNSS-nät bör följa processbeskrivningen i *HMK – Stommätning 2024*, Tabell 28.

A.2 Användning av grundutförande vid kravställning

Den här bilagan innehåller en lista med hänvisningar till samtliga grundutföranden (bokstavsnumrerade gula textutor) i *HMK – Stommätning 2024* för möjlig användning i samband med kravställning. Samtliga grundutföranden redovisas även i Bilaga A.1.

Listan kan kopieras och bifogas, t.ex. som underlag vid upphandling eller annan typ av specifikation. Eventuella tillägg till eller avsteg från grundutförandet måste vara tydligt angivna, antingen i klartext eller via hänvisning. Exempel på tillägg kan vara handbokens blå rutor (rekommendationer), som då anges på motsvarande sätt som grundutföranden.

Exempel

Avsteg från grundutförande kan t.ex. anges genom

- genomstruken text:

Grundutförande 1 a) i HMK – Stommätning 2024 gäller som krav.

- omformulering:

Grundutförande 1 a) i HMK – Stommätning 2024 gäller endast som rekommendation.

Tillägg till grundutförande kan t.ex. anges enligt följande:

Rekommendation 1 a) i HMK – Stommätning 2024 gäller som krav.

Här följer listan med hänvisningar till grundutföranden i handboken

Grundutförande 3.2 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.2.1 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.2.2 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.2.3 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.2.4 a) – d) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.2.5 a) – c) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.3 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.4 a) – d) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

Grundutförande 3.5 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 3.6 a) – e) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 3.6.1 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 3.6.3 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 3.6.4 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 3.7 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 4.1 a) – f) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 4.2 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 4.2.1 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 4.2.2 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 4.2.5 a) – e) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 4.3 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.1.1 a) – d) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.1.2 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.1.3 a) – f) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.2.1 a) – c) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.2.2 a) – c) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.2.3 a) – c) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.3.1 a) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.3.2 a) – c) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 5.3.3 a) – c) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav
Grundutförande 6 a) – b) i *HMK – Stommätning 2024* gäller som krav

- A är mätinstrumentets specificerade standardosäkerhet för en helsats (mgon)
- n är antalet mätta helsatser
- C är standardosäkerheten i centreringen, samma för instrument och reflektor/signal (mm)
- L är siktlängden (km)
- ρ är omvandlingsfaktorn (mellan mgon och radianer)
 $200 \times 10^{-3} / \pi \approx 0,063662$.

Exempel

En totalstation har den specificerade standardosäkerheten 0,6 mgon vid horisontalvinkelmätning i en helsats. Om centreringsosäkerheten är 2 mm och siktlinjens längd 300 meter så blir standardosäkerheten för en riktningsmätning i två helsatser:

$$u(\varphi) = \sqrt{\left(\frac{0,6}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{2}{0,3} \cdot \rho\right)^2} = 0,6 \text{ mgon}$$

Detta motsvarar ca 3 mm i tvärlid för den 300 meter långa siktlinjen.

C.1.2 Längdmätning

Standardosäkerheten vid längdmätning kan beskrivas enligt:

$$u(L) = \sqrt{(A + B \cdot L)^2 + C^2} \text{ mm}$$

där

- A är den konstanta delen av mätinstrumentets specificerade standardosäkerhet (mm)
- B är den längdberoende delen av instrumentets standardosäkerhet (ppm = mm/km)
- C är standardosäkerheten i centreringen, samma för instrument och signal (mm)
- L är längden (km).

Observera att beräkningen av standardosäkerhet vid längdmätning ej tar hänsyn till antalet helsatser. Till skillnad från riktningsmätning (se C.1.1 ovan) har upprepade längdmätningar på kort tid ett starkt inbördes beroende. Flera helsatser bidrar därför inte till en minskad standardosäkerhet.

Exempel

Ett EDM-instruments standardosäkerhet har en konstant del på 2 mm och en längdberoende del på 3 ppm. Om centreringssäkerheten är 3 mm och siktlängden 300 meter så blir standardosäkerheten:

$$u(L) = \sqrt{(2 + 3 \cdot 0,3)^2 + 3^2} = 4 \text{ mm.}$$

C.1.3 Avvägning

Standardosäkerheten vid dubbelavvägning av höjdskillnader i ett höjdtåg kan beskrivas enligt:

$$u(\Delta H) = A\sqrt{L} \text{ mm}$$

där

- A definierar en avståndsberoende standardosäkerhet (mm/ $\sqrt{\text{km}}$)
- L är tåglängden (km).

Exempel

En sträcka på 4 km dubbelavvägs med ett instrument som har en specificerad standardosäkerhet vid dubbelavvägning på 1 mm/ $\sqrt{\text{km}}$. Standardosäkerheten för den dubbelmätta höjdskillnaden blir då:

$$u(\Delta H) = 1\sqrt{4} = 2 \text{ mm.}$$

Vid beräkning av standardosäkerheten för enkelmätta tåg - dvs. höjdtåg som bara har avvägts i den ena riktningen - ska ovanstående uttryck för dubbelavvägning multipliceras med $\sqrt{2}$.

Exempel

En sträcka på 2 km enkelavvägs med ett instrument som har en specificerad standardosäkerhet vid dubbelavvägning på 2 mm/ $\sqrt{\text{km}}$. Standardosäkerheten för den enkelmätta höjdskillnaden blir då:

$$u(\Delta H) = \sqrt{2} \cdot 2\sqrt{2} = 4 \text{ mm.}$$

och/eller fri stationsetablering (jfr. avsnitt 6.6). Den mest noggranna metoden är korresponderande trigonometrisk höjdmätning, se avsnitt 4.2.3.

C.1.5 GNSS-mätning av baslinjer

Standardosäkerheten för den **horisontala** komponenten (längden) i en GNSS-baslinje kan beskrivas enligt

$$u(\Psi_h) = A_h + B_h \cdot L \text{ mm}$$

där

- A_h är den konstanta delen av den specificerade standardosäkerheten i (mm)
- B_h är den längdberoende delen av den specificerade horisontella standardosäkerheten (ppm = mm/km).
- L är baslinjens längd (km).

Standardosäkerheten för den **vertikala** komponenten (höjdskillnaden) i en GNSS-baslinje kan på motsvarande sätt beskrivas

$$u(\Psi_v) = A_v + B_v \cdot L \text{ mm.}$$

Parametrarna A och B kan tas fram empiriskt, från instrumentspecifikation eller liknande, se avsnitt 3.6.3. Totalt - i tre dimensioner - uttrycks standardosäkerheten för en baslinjelängd som

$$u(\Psi_{3D}) = \sqrt{u^2(\Psi_h) + u^2(\Psi_v)}$$

Exempel

I den tekniska specifikationen för en GNSS-mottagare anges standardosäkerheten för den horisontella längden som 3 mm + 0,5 mm/km och standardosäkerheten för höjdskillnaden som 5 mm + 0,5 mm/km. Den specificerade standardosäkerheten i 3D för en 10 km lång baslinje kan då beräknas på följande sätt:

$$u(\Psi_h) = 3 + 0,5 \cdot 10 = 8 \text{ mm}$$

$$u(\Psi_v) = 5 + 0,5 \cdot 10 = 10 \text{ mm}$$

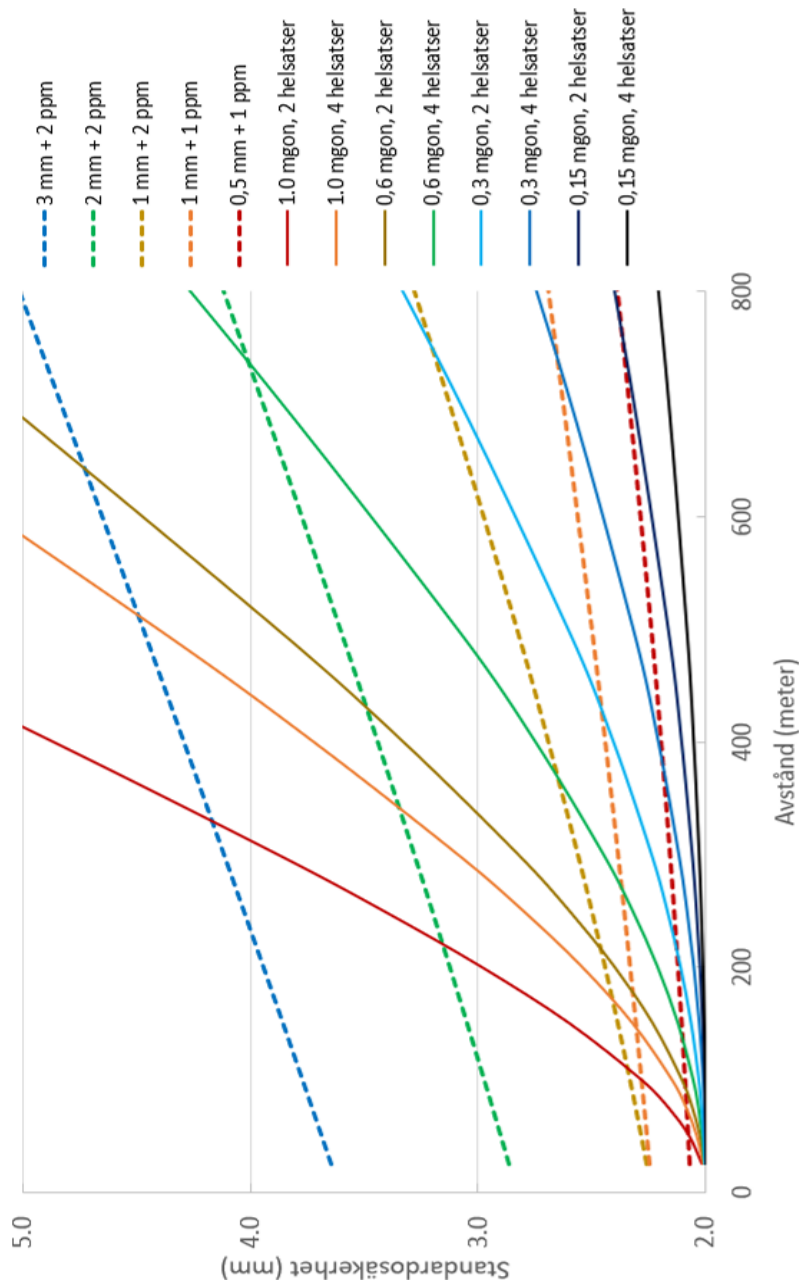
$$u(\Psi_{3D}) = \sqrt{8^2 + 10^2} = 12,8 \text{ mm}$$

Till detta kommer eventuell osäkerhet i centrerings och anten nhöjds mätning.

C.2 Balansering av mätosäkerhet vid längd- och riktningsmätning

Vid stommätning med totalstation är det önskvärt att åstadkomma likvärdig mätosäkerhet vid längd- och riktningsmätning. Figur 25 visar när dessa mätosäkerheter är i balans vid olika siktlängder och olika an-tal helsatser. De enskilda kurvorna representerar typiska specificerade standardosäkerheter enligt avsnitt 3.6.2. I figuren har standardosäkerheten för riktningsmätningen (mgon) översatts till tvärmått (mm). Centrerings standardosäkerhet antas vara 2 mm.

Figur 25. Förhållandet mellan mätosäkerheten vid längd- och riktningsmätning.



Tabell 32. Tolerans (II) för avvikelsen mellan två trigonometriskt mätta höjdskillnader. $u(\Delta H)$ är standardosäkerheten i mm enligt Bilaga C.1.4.

Tillämpning	Tolerans (II) (mm)
Trigonometriskt mätta höjdskillnader	$2,8 \cdot u(\Delta H)$

C.4.3 Spridning mellan helsatser vid riktningsmätning

Kontrollen avser riktningsmätning med totalstation eller teodolit.

Mätta helsatser som används vid bestämning av medeltalet vid riktningsmätning kontrolleras inbördes mot en erfarenhetsbaserad tolerans. I stället för en strikt tillämpning av 95% täckningsgrad bygger denna tolerans på en pragmatisk anpassning till följande aspekter:

- Vid långa siktlängder och långa mättider ökar mätosäkerheten, bl.a. på grund av atmosfärens påverkan. Mättiden ökar i sin tur med antalet mätobjekt och antalet helsatser.
- Å andra sidan ökar mätosäkerheten (i vinkelmått räknat) när avståndet minskar, eftersom ett givet tvärmått ger större vinkel på korta avstånd.

I Tabell 33 redovisas toleranser – eller snarare ”tumregler” – baserade på den aktuella mätsituationen. De specificerade mätosäkerheterna kan betraktas som ytterligheter vid stommätning. Övriga parametrar kan associeras till följande tillämpningar:

- Polygontåg i 2D-nät: Få helsatser, korta avstånd
- Triangelnät: Många helsatser, långa avstånd
- Terrestert mätta 3D-nät: Många helsatser, korta avstånd

Toleransen för spridningen mellan helsatserna bör alltså tolkas som en tumregel eftersom det i praktiken är svårt att kvantifiera förhållandena i olika tillämpningar.

Tabell 39. Toleranser (II) för koordinat Slutningsfel i slingor för polygontåg i polygonnät.

Tillämpning	Tolerans (II) (mm)
Kontroll av koordinat Slutningsfel i polygontåg	$S \leq 10 + 1,5 \cdot n\sqrt{n}$

Toleransen är en omräkning till dagens mätosäkerhet av Tabell A.4 i gamla [HMK-Stommätning](#).

C.4.10 Slutningsfel i baslinjeslingor

Kontrollen avser en sammanhängande sekvens av baslinjer som bildar en sluten slinga i ett GNSS-nät. Slutningsfelet (S) i sådana slingor kan kontrolleras mot följande tolerans (II):

$$S \leq \frac{A \cdot n + B \cdot L}{\sqrt{n}} \text{ mm}$$

där n är antalet baslinjer i slingan och L är slingans totala längd i km.

I Tabell 40 redovisas toleranser (II och III) för olika specificerade värden på parametrarna A och B , se Bilaga C.1.5.

Tabell 40. Parametrar A (mm) och B (ppm = mm/km) vid beräkning av toleranser (II och III) för slutningsfel i baslinjeslingor.

	Tolerans (II)		Tolerans (III)	
	A (mm)	B (ppm)	A (mm)	B (ppm)
Norr	4	1	6	1,5
Öster	4	1	6	1,5
Upp	10	1	15	1,5
Plan	6	1	15	1,5
3D	12	1	18	1,5

C.4.11 Viktsenhetens standardosäkerhet

Kontrollen avser viktsenhetens standardosäkerhet. Toleranserna i Tabell 41 är anpassade till ett teoretiskt à-priorivärde = 1, för de fall där mätningarnas vikt P beräknas som

$$P = 1/u^2$$

där u är mätningens standardosäkerhet. Då förväntas viktsenhetens standardosäkerhet – beräknad i utjämningen – också ligga nära ett (1), eller i vart fall inte överskrida angivna toleranser.

Tabell 41. Toleranser (II) för kontroll av viktsenhetens standardosäkerhet, när det teoretiska à-priori-värdet = 1.

Antal överbestämningar (ö)	Maxvärde för viktsenhetens standardosäkerhet
1	1,96
2	1,73
3	1,61
4	1,54
5	1,49
7	1,42
10	1,35
15	1,29
20	1,25
30	1,21
50	1,16
70	1,14
100	1,11
200	1,08

I nyss nämnda fall är standardosäkerheten enhetslös, men vid avvägning blir det annorlunda. Då anges i stället toleransen som "standardosäkerheten för en dubbelavvägd 1-kilometerssträcka", vilket innebär att tabellvärdena ska multipliceras med detta värde.

I Tabell 42 redovisas toleranser (II) – beräknade på detta sätt – för viktsenhetens standardosäkerhet i anslutnings- och bruksnät i höjd.

Tabell 42. Toleranser (II) för viktsenhetens standardosäkerhet i anslutnings- och bruksnät i höjd. $T(\ddot{o})$ – där \ddot{o} är antalet överbestämningar – anger tabellvärdet enligt Tabell 41. L är det aktuella, dubbelmätta tågets längd i km.

Tillämpning	Standardosäkerhet A (mm/ $\sqrt{\text{km}}$)	Tolerans (II) (mm)
Finavvägning vid etablering av anslutningsnät	1	$T(\ddot{o}) \cdot \sqrt{L}$
Finavvägning vid etablering av brukspunkter	2	$2 \cdot T(\ddot{o}) \cdot \sqrt{L}$

Exempel

För ett anslutningsnät i höjd med 15 överbestämningar blir toleransen:

$$1,29 \cdot \sqrt{L}$$

För ett bruksnät i höjd med 30 överbestämningar kan toleransen på motsvarande sätt beräknas till

$$2 \cdot 1,21 \cdot \sqrt{L} = 2,42 \cdot \sqrt{L}$$

C.4.12 Slutningsfel i höjdtåg efter utjämning

Kontrollen avser slutningsfel i höjdtåg efter utjämning av ett höjdnät. I Tabell 43 redovisas toleranser för anslutnings- och bruksnät.

Tabell 43. Toleranser för slutningsfelet i höjdtåg efter utjämning. L är tåglängden i km. (Se även Bilaga C.1.3.)

Tillämpning	Standardosäkerhet A (mm/ $\sqrt{\text{km}}$)	Tolerans (mm)		
		I	II	III
Finavvägning vid etablering av anslutningsnät	1	$0,7\sqrt{L}$	$1,4\sqrt{L}$	$2,1\sqrt{L}$
Finavvägning vid etablering av brukspunkter	2	$1,4\sqrt{L}$	$2,8\sqrt{L}$	$4,2\sqrt{L}$

Tabellen är en omräkning till dagens mätosäkerhet av Tabell A.13-A.14 i gamla [HMK-Stommätning](#).

C.4.13 Slutningsfel i polygontåg efter utjämning

Kontrollen avser slutningsfel i polygontåg i bruksnät.

I Tabell 44 redovisas toleranser för vinkelslutningsfel och i Tabell 45 toleranser för radiella koordinatslutningsfel.

Tabell 44. Toleranser för vinkelslutningsfel i polygontåg i bruksnät. n är antalet vinkelmätningstationer.

Maximalt slutningsfel (mgon)		
I	II	III
$1\sqrt{n}$	$2\sqrt{n}$	$3\sqrt{n}$

Tabell 45. Toleranser för radiella koordinatslutningsfel i polygontåg i bruksnät. Polygontågets längd L anges i km.

Maximalt slutningsfel (mm)		
I	II	III
$20\sqrt{L}$	$40\sqrt{L}$	$60\sqrt{L}$

Dessa båda tabeller är omräkningar till dagens mätosäkerhet av Tabell A.5-A.6 i gamla [HMK-Stommätning](#).

Bilaga D: Kalibrering och kontroll av mätinstrument

D.1 Kalibrering

Kalibrering omfattar både systemkalibrering och fältkalibrering, vilka beskrivs i avsnitt D.1.1 respektive D.1.2.

D.1.1 Systemkalibrering

Systemkalibrering innebär kontrollåtgärder och justeringar av mätinstrument som utförs och dokumenteras i samband med auktoriserad service. För metod, innehåll och periodicitet för systemkalibrering hänvisas till rekommendationer från respektive återförsäljare eller leverantör. Efter utförd systemkalibrering, eller i vardagligt tal service, utfärdas i regel ett certifikat eller annan dokumentation som bör sparas som spårbarhet för respektive instrument och teknisk utrustning.

Efter utförd systemkalibrering behövs en fältkalibrering för att färdigställa instrumentet för ordinarie användningsområden. Detta eftersom systemkalibreringen företrädesvis utförs i laboratoriemiljö, ofta under förhållanden som inte liknar dem vid traditionell fältmätning. Även andra nollställningar kan förekomma vid servicen.

D.1.2 Fältkalibrering

Fältkalibrering utförs periodiserat, vid stora temperaturomslag, efter systemkalibrering eller inför precisionsmätning av användaren för att minimera systematiska mätfel. Beträffande moderna elektroniska mätinstrument gäller att vissa instrumentfel elimineras (eller minimeras) matematiskt efter korrekt utförd fältkalibrering. Utförande av fältkalibrering kan vara specificerat inom ramen för en verksamhet, projekt eller uppdrag men några allmänna riktlinjer kan vara:

- Rätt utrustning för uppgiften; stativ, mätstänger, prismor och trefötter
- Goda väder- och markförhållanden; undvik sol och vind samt var observant på t.ex. värmedaller
- Utförande vid representativ temperatur för årstiden
- Bra rutiner för hur kalibreringen genomförs; utgå från instrumentens manualer och leverantörens rekommendationer
- Dokumentation av kalibreringsvärden för respektive instrument över tid; instrumentets kalibreringshistorik finns då bevarat såväl som att eventuella avvikelser går att följa

- Att rutinsätta kalibrering och ge utförandet tid och utrymme; en noggrann och väl utförd fältkalibrering ger förutsättningar för goda mätresultat
- Att vid fältkalibrering av totalstation inför satsmätning utföra kalibreringen med minst samma antal helsatser som för planerade satsmätningen
- Att följa upp med ett återkommande kontrollförfarande; för totalstation genom återkommande kontrollmätningar mot stabilt monterat prisma alternativt jämförelser före och efter utförd kalibrering
- God insikt i vilka parametrar i tekniken som påverkas av kalibreringen; här kan instrumentspecifikationer och handlingar vara ett bra stöd.

D.2 Olika typer av instrumentfel

Vid all stommätning eftersträvas att mätinstrument med tillhörande utrustning och är väl justerade, kalibrerade och funktionskontrollerade. Systemkalibrering av mätinstrument utförs i samband med auktoriserad service medan fältkalibrering utförs av användaren genom kontroll och justering. Vid kalibrering kontrolleras hur instrumentavläsningarna förhåller sig till kända (korrekta) värden – dvs. hur instrumentet "slår". Vid behov justeras instrumentet för konstaterade fel. Följande indelning baseras på hur felen kan konstateras och åtgärdas:

- (1) Fel som kontrolleras vid varje mättillfälle. Beroende på felets art och inverkan på mätningarna justeras felet omedelbart eller vid behov.
- (2) Fel som konstateras i samband med mätning eller vid kontroll och som kan justeras av användaren själv, antingen via fältkalibrering eller med hjälp av särskild enklare anordning för feljustering.
- (3) Fel som konstateras i samband med mätning eller vid kontroll och som kräver justering vid instrumentverkstad eller tillgång till speciell utrustning.

Nedanstående tabeller redovisar olika instrumentfel med förslag till åtgärd. Angiven siffra i kolumnen "Typ av fel" avser indelningen ovan. I kolumnen "Acceptabel storlek" har angivits värden som dels är realistiska att uppnå vid fältkalibrering eller annan justering, dels är acceptabla vid detaljmätning. Vid stommätning gäller dock att alla instrumentfel som kan elimineras ska elimineras, dvs. kolumnen "Elimination" ska tillämpas vid stommätning, men behöver inte tillämpas vid detaljmätning om instrumentfelen är justerade till tillåten storlek.

D.2.1 Avvägningsinstrument

Tabell 46. Instrumentspecifika fel vid

Typ av fel	Acceptabel storlek	Inverkan av fel	Elimination	Föreslagen åtgärd
Kollimationsfel (2)	3 mm/50 m utan planplatta	Fel höjdskillnad vid olika avläsningsavstånd bakåt/framåt	Samma avstånd vid avläsning bakåt/framåt	Kontrolleras dagligen innan avvägning påbörjas och vid markant förändring av temperatur
Kompensatorfel (3)	---	Siktlinjen är inte horisontell	Går inte. Instrumentet behöver åtgärdas	Kontroll vid auktoriserad service
Graderingsfel avvägningsstång (3)	Invarstång 0,01 mm Övriga stänger 0,1-1 mm	Felaktig avläsning	Kräver kalibreringstabell	Uppmätning av skalan
Lutande stång (1)	---	Felaktig avläsning	Går inte	Vattenpass kontrolleras dagligen, justeras vid behov

D.2.2 Totalstation

Tabell 47. Instrumentspecifika felkällor vid längdmätning.

Typ av fel	Acceptabel storlek	Inverkan av fel	Elimination	Föreslagen åtgärd
Nollpunktsfel (en instrumentkonstant) (2)	1 mm	Konstant avvikelse	Korrektion vid beräkning, t.ex. genom tillägg till prismakonstant	Kontroll vid auktoriserad service Kontroll genom mätning av kända längder
Frekvensfel (3)	1 ppm	Längdberoende avvikelse (skalfel)	Korrektion kan utföras vid beräkning	Kontroll vid auktoriserad service
Cykliskt fel (3)	Enligt instrumentets specifikation	Periodisk längdberoende avvikelse	Korrigeras oftast inte. Hanteras som slumpmässig osäkerhet	Kontrolleras i samband med kalibrering av nollpunktsfel
Pekfel (2)	2-3 mm	Slumpmässig osäkerhet vid slarvig inriktning	Mätning mot maximal retursignal, eller upprepad inriktning med medeltalsbildning	Kontroll innan användning.

Bilaga E: Hantering av olika systematiska effekter vid stommätning

E.1 Korrektion för jordkrökning och refraktion vid trigonometrisk höjdmätning

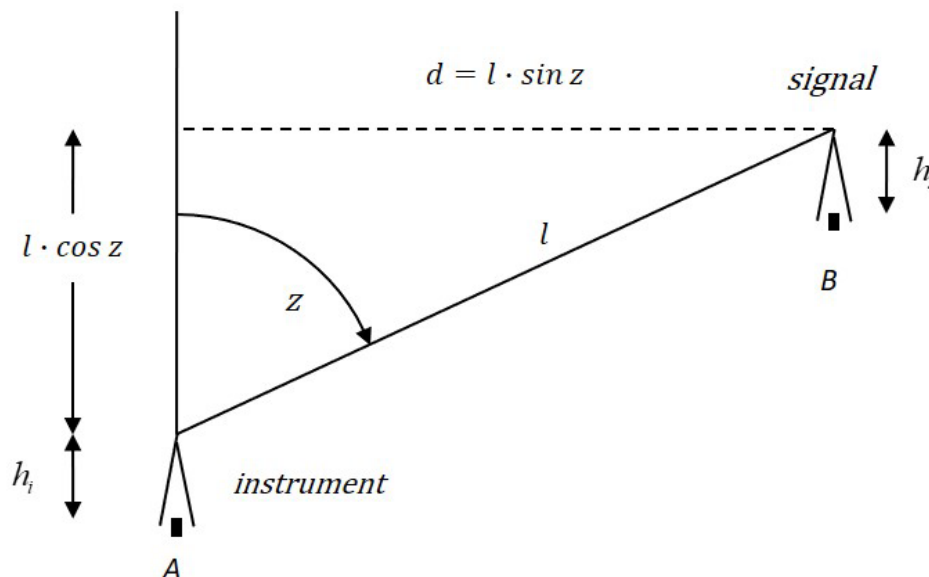
Vid trigonometrisk höjdmätning bestäms höjdskillnader genom mätning av lutande längd och vertikalvinkel. Fördelen med metoden är att den går betydligt snabbare än avvägning och att samma instrument (totalstation) kan användas till olika mätuppdrag.

Figur 26 ger uttrycket för höjdskillnaden mellan de markerade punkterna A och B, som instrumentet och signalen är uppställda över:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = (h_i - h_s) + l \cdot \cos z \quad (\text{E.1})$$

där h_i och h_s är instrumentets respektive signalens höjd över markeringarna i A och B, l är den lutande längden och z är vertikalvinkeln. Om i stället höjdskillnaden mellan instrument och signal ska beräknas så sätts $h_h = s_h = 0$. (Detta gäller såväl denna formel som de följande av samma typ.)

Figur 26. Principen för trigonometrisk höjdmätning. Höjdskillnaden från A till B – och även det horisontella avståndet (d), se Bilaga E.3 – bestäms ur mätningar av vertikalvinkeln (betecknad z för att tydliggöra att nollan ligger i zenit, dvs. rakt uppåt) och den lutande längden (l).



Vid trigonometrisk höjdmätning över avstånd längre än 150–200 meter ska hänsyn även tas till inverkan från jordkrökning och refraktion.

E.3 Lutningskorrektion av mätta längder

Enkel geometri i Figur 25 ger formeln för den horisontella längden d (= avståndet) mellan instrument och signal som:

$$d = l \cdot \sin z \quad (\text{E.8})$$

där l är den mätta, lutande längden och z är vertikalvinkeln (betecknad z för att tydliggöra att nollan ligger i zenit, dvs. rakt uppåt).

Denna enkla formel är dock inte särskilt lämpad för stommätning, där punktavstånden och höjdskillnaderna normalt är större än vid t.ex. detaljmätning.

Problemet, som främst beror på jordkrökningseffekten, består i att resultatet kan variera beroende på från vilken ändpunkt som mätningen (och beräkningen) utförs. Dubbelmätning - från båda ändpunkterna - reducerar problemet men följande formel ger alltid en matematiskt korrekt och entydig korrektion:

$$b = \sqrt{l^2 - \Delta H_{AB}} \quad (\text{E.9})$$

Höjdskillnaden mellan instrumentet i punkt A och signalen i punkt B kan beräknas ur kända punkthöjder genom

$$\Delta H_{AB} = (H_B - H_A) + (h_s - h_i) \quad (\text{E.10})$$

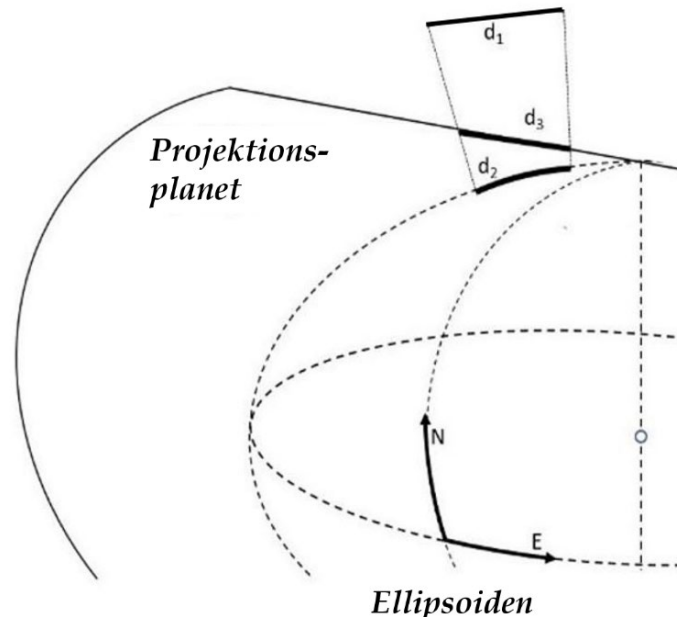
eller genom trigonometrisk höjdmätning med hjälp av formlerna i Bilaga E.1 med $h_i = h_s = 0$.

Med detta förfarande refereras också avståndet automatiskt till medelhöjden mellan A och B, vilket är väsentligt i nästa korrektionssteg.

E.4 Höjd- och projektionskorrektion av avstånd

Genom *höjdkorrektion* reduceras de mätta, lutningskorrigerade avstånden ned till referensellipsoiden. En *projektionskorrektion* utförs sedan för att anpassa de höjdkorrigerade avstånden vidare till kartprojektionens projektionsplan. Se Figur 30 samt HMK - Geodetisk infrastruktur, sen-aste version.

Figur 30. Mätt avstånd (d_1) reduceras ner till avstånd på ellipsoiden (d_2) genom höjdkorrektion. Därefter projiceras det vidare till avstånd i projektionsplanet (d_3) med hjälp av en projektionskorrektion. Om $d_1 = d_3$ så tar de två korrektionerna ut varandra.



E.4.1 Höjdkorrektion

Höjdkorrektionen är alltid negativ och ändras linjärt med höjden över ellipsoiden. Korrektionen innebär alltså att de mätta avstånden blir nominellt kortare.

För avstånd < 10 km kan följande förenklade formel användas:

$$b = d \left(1 - \frac{h_A + h_B}{2R} \right) = d \left(1 - \frac{h}{R} \right) \quad (\text{E.11})$$

där b är det höjdreducerade avståndet, d är avståndet efter lutningskorrektion, h_A och h_B är ändpunkterna A:s och B:s höjder över referensellipsoiden och h deras medelhöjd. R (ellipsoidens medelkrökningsradie) är som tidigare satt till 6390 km.

Observera att det är höjder över ellipsoiden (h) som ska användas. Dessa erhålls genom att addera geoidhöjden (N) i punkten till normalhöjden (H):

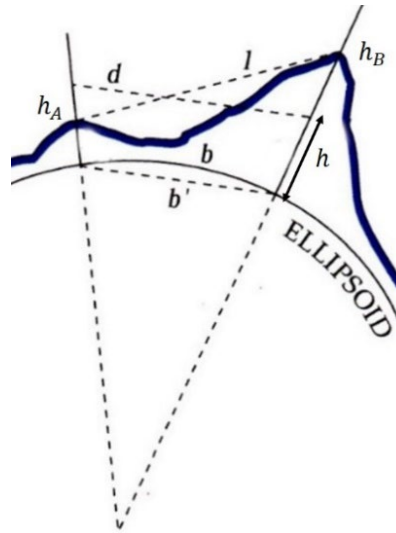
$$h = H + N$$

Processen rörande lutnings- och höjdkorrektionen illustreras grafiskt i Figur 31:

- Först lutningskorrigeras den mätta längden (l) från A till B och det så erhållna avståndet (d) relateras till ändpunkternas medelhöjd $h = \frac{h_A + h_B}{2}$.

- Därefter höjdkorrigeras detta avstånd från h ned till avståndet b på referensellipsoiden.
- För avstånd > 10 km tillkommer en *bågkorrekt*ion för att överföra det höjdkorrigerade avståndet - som egentligen är en korda (b') - till bågen (b) på ellipsoiden.

Figur 31. Lutnings- och höjdkorrektion vid längdmätning.



E.4.2 Projektionskorrekt

Projektionskorrekt innebär alltså att längden på ellipsoiden överförs till kartprojektionsplanet. Korrekturen är vanligen positiv - dvs. avstånden blir längre - och den ändras kvadratisk med avståndet från projektionens medelmeridian. Detta leder till att skalan i projektionsplanet kommer att variera.

Om de mätta längderna i ett stornät är kortare än 8 km kan följande formel användas:

$$b_p = b \left(1 + \left(\frac{E_A + E_B - 2\Delta E}{2R\sqrt{2}} \right)^2 \right) \quad (\text{E.12})$$

där

b_p är det projicerade avståndet

b är det höjdreducerade avståndet som beräknats i föregående steg

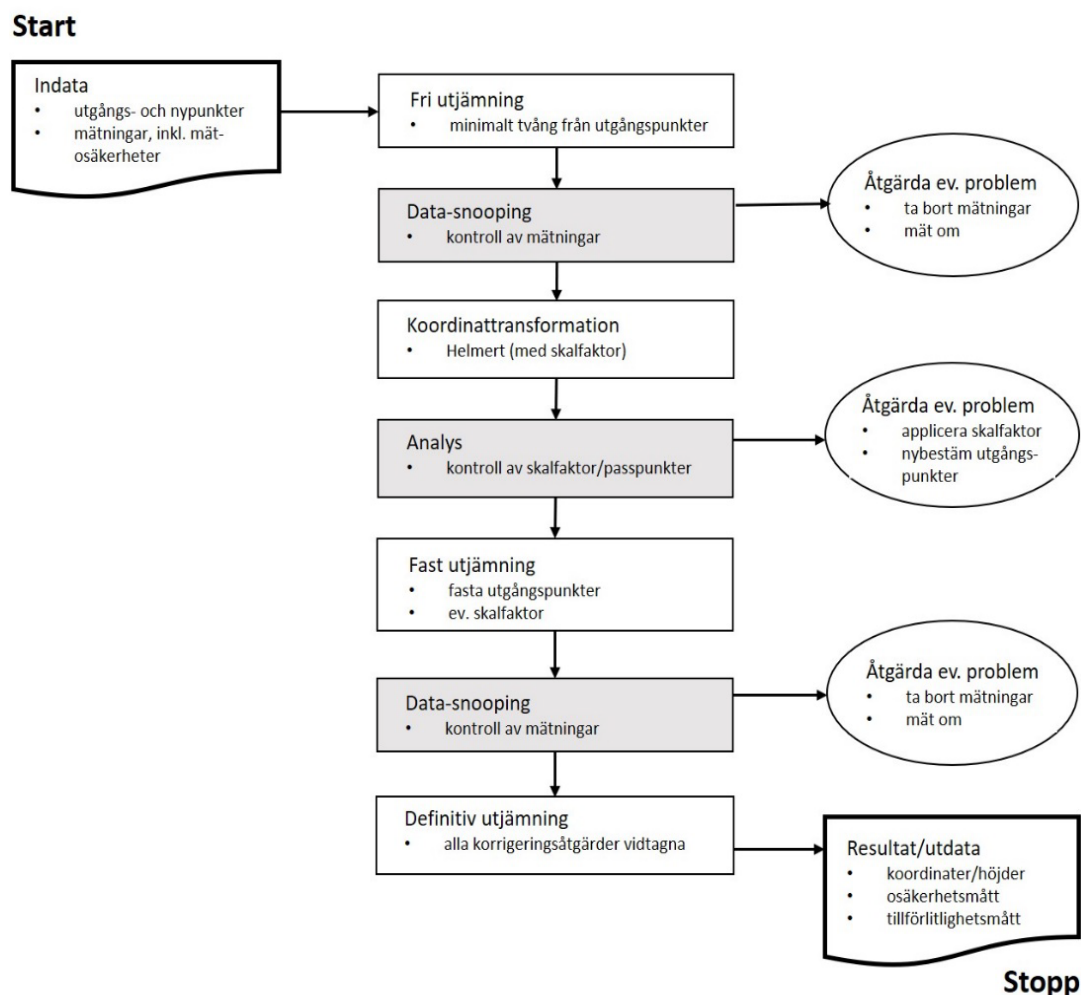
E_A och E_B är Easting-koordinaterna för ändpunkterna A och B

ΔE är det tillägg som är gjort till Easting-koordinaterna (150 000 m i SWEREF 99:s lokala projektionszoner)

R = GRS 80-ellipsoidens medelkrökningsradie 6390 km.

F.6 Sammanfattning – exempel på beräkning och analys av triangelnät (2D)

Figur 35. Flödesschema för beräkning och analys av triangelnät.



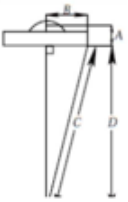
Beräknings- och analysprocessen i samband med 2D-nät kan sammanfattas i följande steg (se Figur 34):

1. Gör en fri utjämnung av nätet genom att låsa exakt så många storheter som krävs för att få ett beräkningsresultat utan yttre tvång.
2. Genomför en grovfelssökning med data-snooping för att detektera och åtgärda eventuella grova mätfel. Upprepa om flera fel upptäcks.
3. Gör en koordinattransformation av det fria nätet genom inpassning på de fasta utgångspunkterna (Unitär transformation + Helmerttransformation, se HMK-TR 2018:3 [8], kapitel 7.)

4. Analysera den beräknade skalfaktorns signifikans och utgångspunkternas avvikelser.
5. Lås koordinaterna för de utgångspunkter som klarat kontrollen i punkt 4. Är skalfaktorn signifikant skild från ett (1) skalas samtliga avstånd om med den nybestämde faktorn.
6. Gör en fast utjämning av nätet.
7. Genomför en ny grovfelssökning med data-snooping för att detektera och åtgärda eventuella "nyttillkomna" grova mätfel. Upprepa om flera fel upptäcks.
8. När allt verkar OK, gå vidare till resultatredovisningen.

Bilaga G: Exempel på protokoll för GNSS-mätning

Exempel på protokoll som upprättas per punkt och session (denna sida) samt en sammanställning (nästa sida) som kan användas som checklista att alla sessioner är kompletta och att indata till baslinjeberäkning finns.

Projekt/område	Markeringstyp	Punktznamn	Punktnummer
SESSION NR _____			
Operatör	Datum start	Dag nr start	Datum stopp
Starttid	Stoptid	Mottagartyp	Mottagare nr
Antenntyp	Antenn nr	Centreringsutrustning, nr	Trefot, nr
Adapter	Adapter nr	Antennhöjd kontrollerad efter session <input type="checkbox"/>	Centrering och Horisontering kontrollerad efter session <input type="checkbox"/>
Namn på datafil			
Antennhöjdmätning (minst 2 av 3 metoder)			
Vertikalt (m)	Lutande till jordplan – cm-skala	Lutande till jordplan – Tumskala	 <p>A = Vertikalt avstånd från ARP till fascentrum B = Antennens radie C = Lutande avstånd från punktmarkering till lämplig punkt på antennen (i samma plan som ARP) D = Vertikalt avstånd från stompunkt till ARP</p>
Nr:	Nr:	Nr:	
D_1	C_1	C_1	
D_2	C_2	C_2	
D_3	C_3	C_3	
D_medel	C_medel	C_medel	
	$\sqrt{B^2 - D^2}$	$\sqrt{B^2 - D^2}$	
Punktskiss		Anteckningar	
Operatör		Signatur	Datum

Bilaga H: Kort ordlista till handboken

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

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

Term	Förklaring
<i>anslutning</i>	(inom geodesin) den process där observationer kopplas till ett <i>referenssystem</i> , vanligen via <i>nätutjämning</i> eller <i>koordinattransformation</i>
<i>data-snooping</i>	vanlig metod för grovfelssökning vid stomnätsberäkning och koordinattransformation
<i>dubbelavvägning</i>	avvägning som utförs en gång i vardera riktningen, dvs. samma sträcka avvägs tur och retur med likvärdiga uppställningsplatser
<i>egenkontroll</i>	kontroller i utförarens (egen) regi; kan vara del av arbetsrutin eller kvalitetsarbete som utförs inom en organisation
<i>fixhåll</i>	mätsträckan mellan två markerade höjdfixar
<i>fältkalibrering</i>	kontrollåtgärder av mätinstrument som utförs och dokumenteras av användaren genom kontroller och justering, ofta enligt funktioner och rutiner i mätinstrumentets mjukvara
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i> ; ett samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positioneringssystem.
<i>grundutförande</i>	(inom HMK) en föreslagen miniminivå för utförande, baserat på beprövade och etablerade arbetsmetoder
<i>kontrollerbarhet</i>	möjligheten att kontrollera enskilda stomnätsobservationer eller ett stomnät

