

GUIDE FÖR UPPRÄTTANDE AV METODBESKRIVNING – GEODETISK MÄTNINGSTEKNIK

Dokumentdatum

2023-03-30

Reviderad

2023-03-30

Diarienummer hos Vinnova

2021-03657

Mätmetoder för ökad produktivitet

Guide för upprättande av metod- beskrivning - Geodetisk mätningsteknik

InfraSweden är ett nationellt strategiskt innovationsprogram (SIP) som finansieras via Vinnova, Energimyndigheten och Formas. I programmet samarbetar företag, organisationer, högskolor och andra nyckelaktörer från infrastrukturbranschen mot målet att Sverige 2030 har en konkurrenskraftig transportinfrastruktur. Programmet syftar till att stärka Sveriges konkurrenskraft och öka hållbarhetsutvecklingen inom den svenska transportinfrastrukturbranschen.

InfraSweden arbetar för en hållbar transportinfrastruktur som stödjer omställningen till Agenda 2030 och når klimatneutralitet 2045. Programmets delmål för att uppnå visionen är att utveckla innovationer, minska miljö- och klimatpåverkan samt skapa en öppen, dynamisk och attraktiv transportinfrastruktursektor.

För mer information om programmet, se www.infrasweden.nu.



Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

FORMAS

Strategiska
innovations-
program

**Infra
Sweden**

Dokumentinformation

Dokumenttitel: Guide för upprättande av metodbeskrivning - Geodetisk mätningsteknik

Dokumenttyp: Dokument

Version: 1.0

Kontaktperson: Anna Neidenström, Trafikverket

Deltagare

Guiden har upprättats i samarbete med följande projektparter:

Edholm Weidinger Consult AB, Harald Weidinger

Outflight AB, Peter Melander

PEAB, Fredrik Larsson

RISE, Åke Sivertun

SCIOR Geomanagement AB, Ute Omnell

SCIOR Geomanagement AB, Kent Persson

Sweco, Yuriy Reschetiuk

TF Mätkonsult AB, Thomas Fransman

Trafikverket, Andreas Hedberg

Trafikverket, Patric Jansson

Trafikverket, Jesper Klarqvist

Trafikverket, Erik Syrén

Tyrens AB, Jörgen Berkan

WSP, Amin Alizadeh-Khameneh

Förord

Denna guide ska ses som en handledning för att skapa god praxis och syftar i första hand till att utgöra mall för upprättande av metodbeskrivning. Dokumentet avser inte att vara ett kravdokument utan ska endast tillämpas som en guide och som ett underlag för att underlätta kommunikation som berör mätningstekniska frågor.

Innehållet i guiden är generellt beskrivet och ska kunna tillämpas oavsett projekttyp eller beställare, vilket innebär att denna guide kan användas som underlag oavsett om en enskild kommun eller Trafikverket står som beställare.

Innehåll

1	Inledning.....	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Tillämpning.....	3
1.3	Disposition och beskrivning av indelning	4
1.4	Målgrupp och mottagare	4
2	Omfattning och avgränsningar	4
3	Begrepp	5
4	Grundprinciper för att upprätta en metodbeskrivning.....	6
4.1	Inledning.....	6
4.2	Toleranser.....	6
4.3	Mätmetoder och mätinstrument	9
4.4	Mätosäkerhetsanalys	11
5	Litteraturförteckning	15
	Bilagor.....	18
	Bilaga 1: Upprätta metodbeskrivning (mall för metodbeskrivning).....	18
1	Inledning.....	18
2	Omfattning	18
3	Genomförande och egenkontroll	19
3.1	Mätmetod.....	19
3.2	Utförande	19
3.3	Verifiering av resultat	19
4	Kommunikation	19
5	Arbetsmiljö	19
	Bilaga 2: Riskanalys.....	20
	Bilaga 3: Sammanställning av dokumentation som hanterar toleranser.....	21
	Bilaga 4: Exempel på beräkning av osäkerhetsanalys	27

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Mätmetoder, mätningstekniska utrustningar, programvaror och produkter utvecklas kontinuerligt tillsammans med de tillämpningar som mätresultaten ligger till grund för. Det finns därför ett behov av att skapa en branschgemensam vägledning för att beskriva geodetiska mätmetoder på ett strukturerat sätt. Att dokumentera en föreslagen lösning på ett strukturerat sätt och i en branschgemensam mall, underlättar förståelsen för olika metodval och bidrar till följande nyttor:

- Standardiserad dokumentation som säkerställer den aktuella mätmetodens repeterbarhet samt att mätmetoden levererar ett konsistent resultat över tid.
- Att skapa ökad tydlighet och bättre förutsättningar för hantering av mätningstekniska frågor.
- Att skapa ökad flexibilitet i val av mätmetoder samt effektivisering då dessa anpassas till de behov och möjligheter som identifierats.
- Ett minskat behov av extraarbete när det gäller framtagande av olika slutprodukter, som i sin tur leder till högre kvalitet och ökad produktivitet.
- Att underlätta införande av nya arbetssätt och driva på framtida metodutveckling.
- Att på sikt bidra till ökad erfarenhetsåterföring mellan olika aktörer i samhällsbyggnadsbranschen.

1.2 Tillämpning

Guiden ska lägga grunden för hur olika mätmetoder kan beskrivas och tillämpas för olika ändamål, detta för att bättre kunna uppfylla branschens behov och förväntningar på metodbeskrivningar. Guiden ska också stötta leverantörer i arbetet med att beskriva och dokumentera föreslagna val av mätmetoder, särskilt i situationer där lösningar helt saknas eller skiljer sig från det som beskrivits och kravställts.

Följande lista ger exempel på situationer/faktorer som kan påverka och leda till att man ser behov av att upprätta en metodbeskrivning:

- Mätmetod har inte föreslagits eller beskrivits i kontraktet.
- Ny mätmetod eller ny tillämpning av metod kan krävas för genomförandet.
- Fysiska förutsättningar saknas för att genomföra en mätning enligt kravställd metod.
- Kravställd mätmetod enligt kontraktet skulle kunna ersättas med en alternativ metod för att förbättra produktivitet, arbetsmiljö eller liknande.
- Ett identifierat behov att på ett strukturerat sätt beskriva en mätmetod och att dokumentera denna.

1.3 Disposition och beskrivning av indelning

Guiden består av en teoretisk, inledande del med syfte att ge en inblick i de olika principer som man behöver beakta för att upprätta en metodbeskrivning. I bilagorna återfinns fördjupning och sammanställningar tillsammans med den mall som ska kunna användas för metodbeskrivningen.

Tabell 1. Disposition och innehåll

Kapitel	Beskrivning
Kapitel 1-3	Inledande kapitel som beskriver bakgrund samt hur guiden ska nyttjas, målgrupp m.m.
Kapitel 4	Teoretisk del som ska ge bakgrund och förståelse för hur toleranser, mätmetoder och mätosäkerheter påverkar mätresultatet.
Kapitel 5	Litteraturförteckning som sammanställer de dokument och standarder som använts för att ta fram guiden och som ansetts vara av värde att lyfta fram. Förteckningen innehåller också en beskrivning för att ge en kort introduktion till vad respektive dokument behandlar.
Bilaga 1	Utgör mallen för metodbeskrivning och är tänkt att användas som stöd och underlag när en metodbeskrivning ska upprättas. För varje rubrik finns rådstexter som beskriver de olika uppgifter som ska redovisas under respektive rubrik. Denna bilaga är helt fristående och ska separeras från guiden när en metodbeskrivning upprättas.
Bilaga 2	Innehåller underlag som kan användas som stöd för att genomföra en riskanalys.
Bilaga 3	Innehåller en sammanställning av dokument och standarder som hanterar toleranser. Sammanställningen har fokus på dokumentation som berör byggplatstoleranser i utförandeskedet. Sammanställningen är inte på något sätt komplett utan ska endast ses som en översikt på dokument som kan vara värda att beakta beroende på olika arbeten som ska utföras.
Bilaga 4	Innehåller exempel för hur en mätosäkerhetsanalys kan genomföras.

1.4 Målgrupp och mottagare

Guidens huvudsakliga målgrupp är framförallt beställare och utförare, där utförare kan vara projekterande konsulter och entreprenörer. Det är utföraren som i första hand kommer att upprätta denna beskrivning som ett underlag för kommunikation kring mätningstekniska frågor. Mottagare av metodbeskrivningen är beställaren som med denna dokumentation ska kunna få bättre förståelse för genomförandet och hantering av mätningstekniska frågor.

2 Omfattning och avgränsningar

Guiden ger vägledning och syftar till att förenkla och standardisera upprättande av metodbeskrivningar och att underlätta dokumentation. Guiden ska kunna nyttjas för att beskriva geodetiska mätmetoder kopplade till entreprenadverksamhet och infrastrukturprojekt. Beskrivningarna som upprättas efter denna guide ska i de fall det efterfrågas, kunna utgöra underlag och underlätta när en formell dispensansökan hos beställare ska genomföras.

Mätmetoder som inkluderar och berör UAS skulle kunna beskrivas med denna guide men för detta ändamål finns en separat guide som är att föredra och som ska användas för upprättande av genomförandebeskrivning UAS.

3 Begrepp

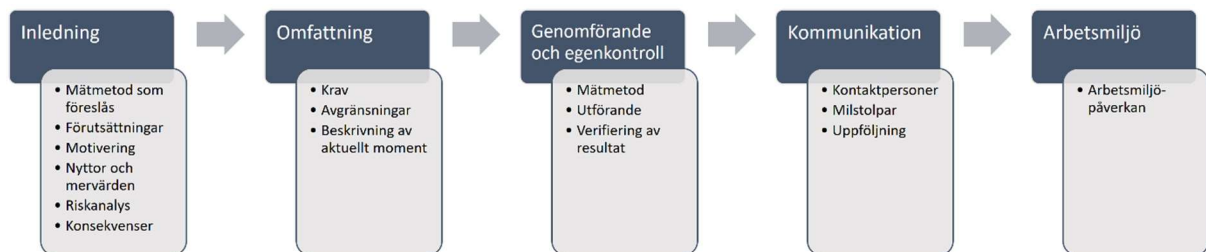
Tabell 2. Begrepp

Begrepp	Beskrivning
Egenkontroll	Kontroller i utförarens regi; kan vara del av arbetsrutin, teknisk specifikation eller annan kravställning. (Källa: HMK-Ordlista)
Genomförandebeskrivning (Gfb)	Dokumentation som beskriver ett utförande från början till slut. Ofta med avseende på mer komplicerad process som ska följa vissa regler. En Gfb tar hänsyn till det aktuella projektets förutsättningar och de projektspecifika krav som gäller för de mätningstekniska leveranserna.
Metodbeskrivning	Dokumentation som beskriver ett planmässigt tillvägagångssätt för att uppnå visst resultat. Till skillnad från mätprogram behandlar inte metodbeskrivningen planering av det faktiska genomförandet i ett specifikt projekt, utan fokuserar på de tekniska aspekterna av en specifik mätmetod.
Mätningsteknik	Synonymt med begreppet <i>mätteknik</i> och avser teknikområdet som hanterar tillämpad mätvetenskap samt dess praktiska tillämpningar såsom metoder, hårdvaror och instrument.
Mätmetod	Tillämpning av en mätteknik för att få ett mätningstekniskt resultat (koordinat, osäkerhet etc.). En ändamålsenlig mätmetod uppnår resultat på ett systematiskt och verifierbart sätt.
Mätmodell	Beskriver sambandet mellan utstorheten (det som ska mätas/bestämmas) och instorheter som är involverade i mätningen. Kan vara en matematisk formel eller en algoritm. (Källa: JCGM GUM-6:2020)
Mätosäkerhet	Spridning av värden som rimligen kan tillskrivas mätstorheten, beskrivs med hjälp av standardosäkerhet. (Källa: TDOK 2014:0571 version 5)
Mätprogram	Avhandlar planering och genomförande av mätningar och beräkningar (inklusive kvalitetskrav) samt dokumentation och redovisning. Upprättas framförallt vid komplexa och komplicerade mätningssarbeten eller där mätningsteknisk kvalitet, förutsättningar samt relationer och funktion till annat måste upprätthållas över tid, exempelvis stornät samt sättnings- och rörelsemätningar.
Mätstorhet	Egenskap som är föremål för mätning. (Källa: Nationalencyklopedin)
Standardosäkerhet	Ett vanligt mått för mätosäkerhet (Källa: HMK-Ordlista). Beräknas statistiskt ur överbestämda mätresultat.

4 Grundprinciper för att upprätta en metodbeskrivning

4.1 Inledning

För att få en bra start när en metodbeskrivning ska upprättas, gäller det att tidigt identifiera kritiska aktiviteter och berörda parter. Det är viktigt att få igång en dialog med de specialister som berörs från olika teknikområden. Det kan exempelvis handla om att komma fram till vilka toleranser som behöver definieras för utförandet. En utgångspunkt för att få ett bra upplägg för planering av de mätningstekniska arbetena, är HMK-serien¹ och *God mätset*² enligt Lantmäteriet. Figur 1 ger en överblick av de rubriker och punkter som ska inkluderas i en metodbeskrivning för att den ska bli komplett. Det är också dessa punkter som ingår i den mall för metodbeskrivning som återfinns i bilaga 1.



Figur 1. Översikt och sammanfattning av innehåll som beskrivs och ingår i metodbeskrivningen, se vidare bilaga 1.

De olika mätresultat och produkter som ska levereras är normalt kravställda via kontrakt och ska levereras med en mätmetod som är verifierbar. Insamling och detaljmätning utförs löpande och över tid, och utgör grund för efterföljande skeden. Detta medför att tidigare ställningstaganden, beslut och avsteg, behöver vara väl dokumenterade då de påverkar fortsatt arbete.

Med denna guide som underlag får man stöd i att skapa ordning och reda i redovisningen samtidigt som det också bidrar till att beslut och annat som påverkar slutprodukten dokumenteras på ett strukturerat sätt. Som utgångspunkt för förutsättningarna och fortsatt beskrivning av faktorer som påverkar mätresultatet utgår detta teoretiska kapitel från tre grundprinciper: toleranser, mätmetoder och mätinstrument samt mätosäkerheter. Dessa principer ska i sin tur bygga upp förutsättningar och skapa förståelse för att kunna fortsätta arbetet med att dokumentera och att upprätta en metodbeskrivning enligt bifogad mall.

4.2 Toleranser

Begreppet "toleranser" används i olika sammanhang för att uttrycka krav på kvalitet hos en produkt, och det förekommer olika definitioner. I byggindustrin brukar en (byggplats)tolerans definieras som en tillåten avvikelse från produktspecifikationen eller projekteringen. I bygg- och anläggningsprojekt där flera komponenter i konstruktioner eller byggdelar byggs samman, består en byggplatstolerans av de delar som illustreras i Figur 2 längre ner i detta avsnitt.

I standarden SS-ISO 1803, utgåva 1 (numera upphävd och ersatt av SS-ISO 6701-1:2021) definieras tolerans som "differensen mellan övre tillåten avvikelse och undre tillåten avvikelse", det vill säga som toleransvidd. I den gällande standarden SS-ISO 6707-1:2021 definieras, ganska generellt, tolerans som en tillåten variation hos ett specificerat värde av en kvantitet.

¹ www.lantmateriet.se/handbocker-i-hmk

² www.lantmateriet.se/god-matset

De toleranser som har definierats inom olika teknikområden baseras många gånger på praktiska erfarenheter, empiriska undersökningar, "kollegial bedömning" och ekonomiska överväganden. Faktum är att nästan inga av de toleranser som används inom byggindustrin baseras på forskning (Furst, 2017³).

Toleranser kan avse avvikelser i läge, dimension, form etc. Det händer även att flera krav samtidigt ska uppfyllas på objekt eller byggdel, vilket ger upphov till s.k. överbestämda krav. Detta innebär i praktiken att de gällande toleranserna skärps. Toleranser anpassas och anges per projekt och normalt i bygghandlingars tekniska beskrivningar samt på ritningar.

Att byggplatstoleranser förmedlas tydligt i ett projekt är viktigt ur följande synpunkter:

- Beställaren har trygghet i att utförandet av byggnaden eller anläggningen kommer att hamna inom tillåten avvikelse, och därmed uppfylla gällande kvalitetsstandarder.
- Utföraren har trygghet i att det finns ett "spelrum" d.v.s. en tillåten avvikelse från projekterade värden eller mätningar, att förhålla sig till.

En sammanställning av dokument och standarder som hanterar toleranskrav i utförandeskedet finns i bilaga 3.

Inom mätningsteknik har toleranser ytterligare innebörd. Där brukar skiljas mellan *kontrolltolerans* (maximal avvikelse vid kontrollmätning) och *mättolerans* (maximal avvikelse från ett referensvärde, vilket i praktiken anges som en standardavvikelse med "2-sigma-nivå"). Dessa brukar också kallas för kassationsgränser eller felgränser. Det är viktigt att komma ihåg att toleranser för mätningen inte är samma sak som de toleranser som gäller för produkten (byggplatstoleranser), eftersom de är kopplade till den valda mätmetoden (HMK-Geodatakvalitet 2017⁴).

Idag används allt fler prefabricerade komponenter i byggprojekt, för att minska kostnaderna. Eftersom dessa komponenter kommer från flera olika leverantörer och industrier kan det vara en utmaning att få dem att precis "passa in" i den del av konstruktionen som har byggts på plats. Tillverkningstoleranser är då en viktig faktor för att åstadkomma detta.

I samband med att en byggplats- och utsättningstolerans definieras behöver två problem lösas:

- En lämplig mätosäkerhet ska väljas för **utsättningen** för att uppfylla toleranskravet.
- En **kontrollmätning** ska göras med en mätosäkerhet som gör det möjligt att säkerställa att byggplatstoleransen verkligen har uppfyllts.

SIS-TS 21143:2016 ger en vägledning för att definiera lämpliga mätosäkerheter för utsättning och kontrollmätning. Generellt beror mätosäkerheten på de krav som ställs i projektet på hur noggrant de olika komponenterna eller byggdelarna ska passa ihop. I praktiken gäller följande:

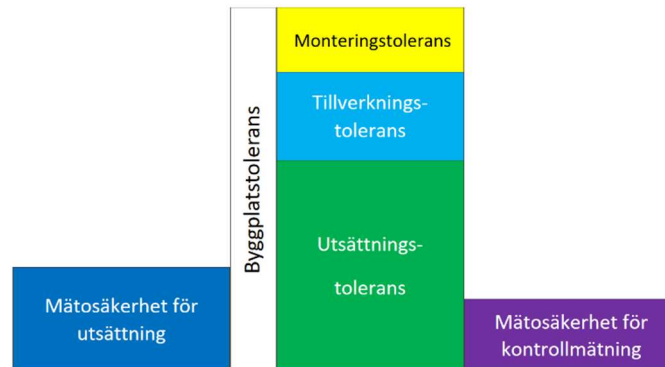
- Mätosäkerhet för utsättning:
 - Projekt med normala krav: 1/2 av utsättningstoleransen.
 - Projekt med höga krav: 1/2,6 av utsättningstoleransen.
- Mätosäkerhet för kontrollmätning (SIS-TS 21143:2016, avsnitt 7.4.7):
 - Beroende på ställda krav kan den variera t.ex. 1/3, 1/5 eller 1/7 av byggplatstoleransen.

³ [Construction Industry Tolerances. Expert Commentary – Furst, P.G 2017](#)

⁴ www.lantmateriet.se/hmk_geodatakvalitet_2017

Viktigt att komma ihåg är att mätosäkerhet vid utsättning bestäms utifrån **utsättningstoleransen** medan mätosäkerhet vid kontrollmätning – utifrån **byggplatstoleransen**. Detta är logiskt eftersom kontrollmätningen ska säkerställa att en viss komponent har hamnat på rätt plats, vilket ju påverkas av flera moment än just utsättning.

I Figur 2 illustreras sambandet mellan olika toleranser och mätosäkerheter i bygg- och anläggningsprojekt i relation till varandra, oavsett tidsaspekt eller tänkt flöde i utförandet. I figuren används en tumregel där utsättningstoleransen utgör 60 % av byggplatstoleransen, vilket är ett erfarenhetsbaserat rimligt antagande för anläggningsprojekt enligt SIS-TS 21143:2016. Den relativa storleken av monterings- och tillverkningstoleranserna är ett exempel och kan variera från projekt till projekt.



Figur 2. Sambandet mellan olika toleranser och mätosäkerheter i bygg- och anläggningsprojekt. Som ett generellt exempel har mät-osäkerhet för utsättning satts till 1/2 av utsättningstoleransen och för kontrollmätning - till 1/5 av byggplatstoleransen. Källa Sweco, Yuriy Reschetiuk

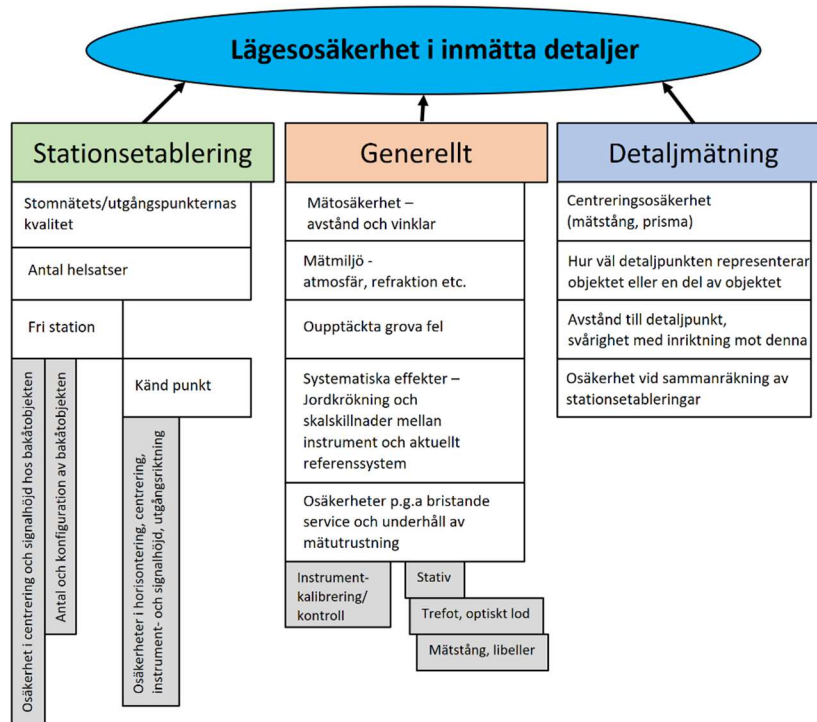
En effektiv hantering av toleranser (eng. *tolerance management*) i bygg- och anläggningsbranschen kräver en systematisk helhetsapproach vilket lyfts fram i forskningsartikeln *Tolerance Management in Construction: A Conceptual Framework* (Talebi et al., 2020⁵). De steg som rekommenderas enligt denna artikel kan sammanfattas enligt följande lista:

1. Identifiera toleranskrav och toleransrisker redan i projekteringskedje. Här behöver man särskilt fokusera på att hitta byggdelar med höga toleransrisker, samt anslutningar mellan olika byggnadselement som potentiellt kan medföra problem vid inpassningen under byggtiden. I detta skede behöver man också välja en lämplig toleransklass.
2. Planeringskedjet som innefattar en tät dialog mellan discipliner involverade i projektering samt entreprenörer, för att hitta lösningar som kan hjälpa till att mildra toleransrisker. I detta skede behöver man också analysera toleranserna, kontrollera att olika byggnadselement ska passa ihop, och ta fram en plan för kontrollmätningar. I detta skede ingår också en s.k. användbarhetsanalys som undersöker hur geometriska ändringar hos konstruktionselement påverkar andra byggnadskomponenter.
3. Förmedla toleransrelaterad information till alla projektparter på ett lättförståeligt sätt. Detta kan göras i form av en rapport som samlar all denna information som gärna kan redovisas genom grafiska medel.
4. Upprätta kontrollskede där efterlevnad av toleranskraven undersöks. Detta innefattar utförande av kontrollmätningar, utvärdering av hur de konstaterade avvikelserna påverkar byggnadens eller anläggningens funktion, undersökning av orsaker bakom upptäckta toleransproblem (projektering eller utförande) samt dokumentation av resultatet av kontrollen.

⁵ [Tolerance Management in Construction: A Conceptual Framework](#)

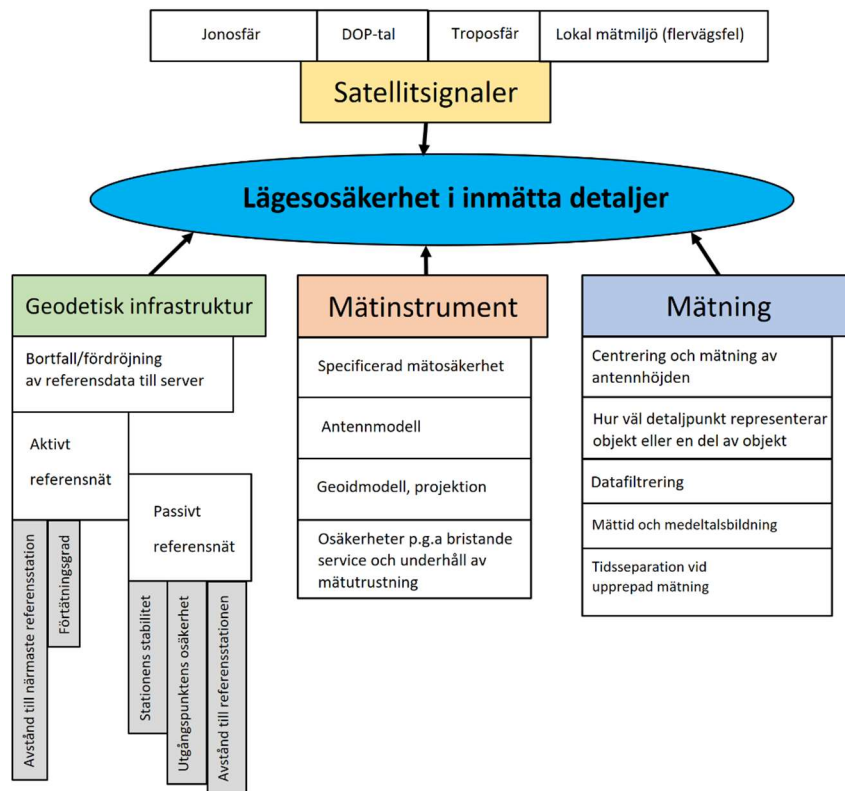
4.3 Mätmetoder och mätinstrument

För att upprätta en metodbeskrivning behöver man ha god förståelse och en helhetssyn för de faktorer som påverkar lägesosäkerheten hos de detaljmätta punkterna. I figur 3-5 redovisas exempel på faktorer som påverkar resultatet av mätningar med de vanligaste geodetiska mätmetoderna: totalstation, GNSS i RTK-läge och terrester laserskanning.

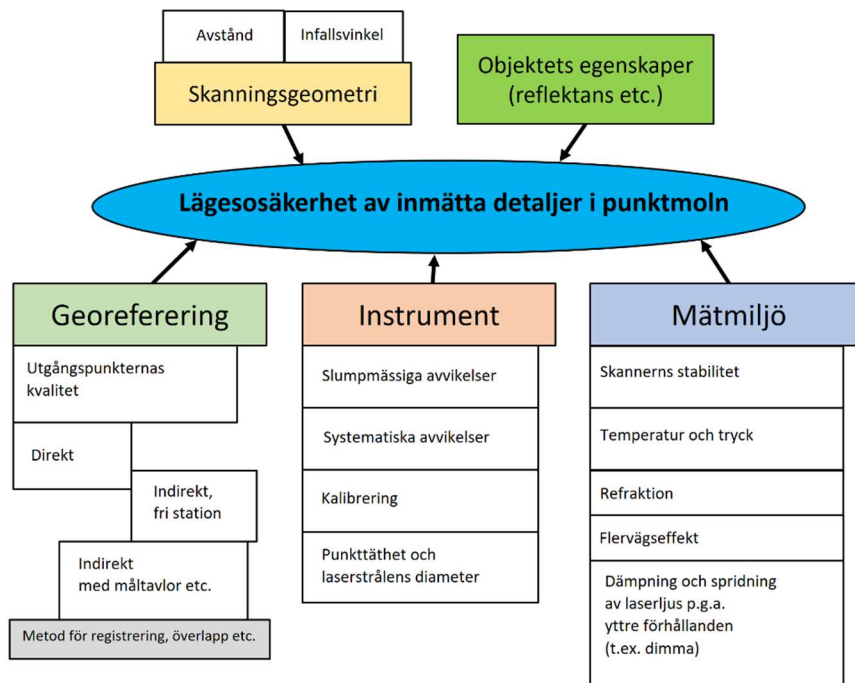


Figur 3. Exempel på faktorer som påverkar resultatet av mätningar med totalstation (efter HMK-terrester detaljmätning 2021⁶). Källa Sweco, Yuriy Reschetiuk.

⁶ www.lantmateriet.se/hmk_terrester_detaljmätning_2021



Figur 4. Exempel på faktorer som påverkar resultatet av mätningar med GNSS i RTK-läge (efter HMK-GNSS-baserad detaljmätning 2020⁷). Källa Sweco, Yuriy Reschetiuk.



Figur 5. Exempel på faktorer som påverkar resultatet av mätningar terrester laserskanning (efter HMK-terrester laserskanning 2021⁸). Källa Sweco, Yuriy Reschetiuk.

⁷ www.lantmateriet.se/hmk_GNSS_baserad_detaljmätning_2020

⁸ www.lantmateriet.se/hmk_terrester_laserskanning_2021

Det som är gemensamt för alla tre metoderna är att utföraren ska ha en helhetssyn när det gäller de påverkande faktorerna. Ofta är det lätt att tro att ett bra mätinstrument (med låg mätosäkerhet) kommer att garantera en lägesosäkerhet i slutprodukten, som uppfyller de ställda kraven. Dock finns det mycket annat "runtom" som ska beaktas – t.ex. omgivande miljö och utgångspunkter - för att få rätt produkt med rätt kvalitet.

När det gäller just mätinstrument behöver utföraren vara extra observant på att de tekniska specifikationerna ofta gäller för ideala förhållanden. För att få en skattning av en mer eller mindre "verklig" mätosäkerhet bör särskilda tester utföras under de förhållanden som så mycket som möjligt avspeglar dem som kommer att råda under fältarbetet. Sådana procedurer finns t.ex. i serien av ISO-standarder ISO 17123 1-9.

Grunden för detaljmätning är ett gällande referenssystem. I en diskussion mellan beställare/kravägare och utförare om stomnät/utgångspunkter bör följande beaktas:

- Instrumentspecifikationens påverkan på metodval och nätkonfiguration samt slutresultat. Val av instrument/utrustning sker utifrån specifikationer, prestanda och funktioner för att uppfylla beställarens krav.
- Skillnader i realiseringen av referenssystemet – aktivt kontra passivt samt eventuella restfel vid transformerade nät.
- Kombinationer av plan- resp. höjdbestämning, och vilket av dessa som har högsta krav på mätosäkerhet för arbetet.
- Utgångspunkternas lägesosäkerhet kan i många fall vara okänd. Därför är det viktigt att kontrollera deras kvalitet innan inmätning eller utsättning påbörjas.

Lägesosäkerheten i de detaljer som mäts kan aldrig bli lägre än utgångspunkternas lägesosäkerhet!

Resonemanget ovan handlade om *absolut* lägesosäkerhet d.v.s. i förhållande till projektets gällande referenssystem. Det kan finnas fall då är det viktigare att istället ställa krav på *lokal* lägesosäkerhet d.v.s. inom en byggnad eller anläggning. Alternativt kan man ställa krav på *relativ* lägesosäkerhet - som beskriver avvikelser mellan två inmätningar t.ex. två punktmoln. En liten relativ och lokal lägesosäkerhet är en förutsättning för att uppnå en liten absolut lägesosäkerhet, men däremot är det möjligt att ha en liten lokal lägesosäkerhet medan absolut lägesosäkerhet kan vara betydligt större (men då av mindre intresse). Vilken typ av lägesosäkerhet som är viktigast beror på projektets syfte (se vidare HMK-Geodatakvalitet 2017⁹).

4.4 Mätosäkerhetsanalys

Mätosäkerheten är en parameter som gör det möjligt att kvalitetsbedöma mätresultatet och beskriva spridning av värden i samband med någon form av mätning. Att förstå vilken mätosäkerhet som kan uppnås med den föreslagna mätmetoden är en förutsättning för att välja rätt mätmetod för projektet/uppdraget d.v.s. den mätmetod som gör det möjligt att uppnå de ställda kraven. Detta kräver förståelse för hur mätosäkerheten i slutresultatet beaktas. Ofta är slutresultatet koordinater av detaljpunkter som ingår i den mätningstekniska produkt som tas fram t.ex. en terrängmodell, projekteringskarta, stompunkter eller liknande. För att exemplifiera beräkning av mätosäkerheten används "traditionella" punktbaserade mätmetoder – inmätning med totalstation och GNSS i nätverks-RTK-läge.

⁹ www.lantmateriet.se/hmk_geodatakvalitet_2017

Mätosäkerheten i slutresultatet (t.ex. koordinater av en detaljpunkt i plan och höjd) kallas för en sammanlagd standardosäkerhet eftersom den påverkas av flera olika bidragande faktorer. Lite förenklat kan beräkning av en sammanlagd standardosäkerhet beskrivas enligt "mätosäkerhetskokboksprincipen" (Persson, u.å.¹⁰).

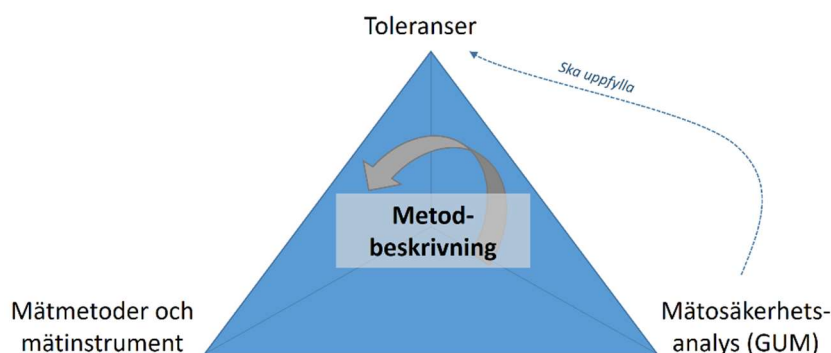
För att göra beskrivningen lite enklare betraktas en punkts koordinat som en **mätstorhet** som består av ett **mätetal** och **enhet** t.ex. 153 009,676 m (E-koordinat) Principiellt beräknas koordinater baserat på andra mätstorheter som avstånd och vinklar men detta går vi inte in i detalj på här. För att bestämma mätstorheten (som också brukar benämnas **utstorheten**) behöver utföraren mäta flera **instorheter** t.ex. avstånd, horisontella och vertikala vinklar, instrument- och signalhöjd. Sambandet mellan in- och utstorheterna kallas för en mätmodell.



Figur 6. En mätmodell med en utstorhet som är en funktion av ett antal instorheter.

GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) anger grundprinciper för beräkning av osäkerheter. Principen fastställer allmänna regler för att utvärdera och uttrycka osäkerhet i mätningar. Toleranser (som anses vara styrande i ett projekt) kan alltid relateras till mätosäkerhet, t.ex. genom att applicera en faktor (toleransen är x gånger mätosäkerheten). Utifrån det kan (kravställd) tolerans "översättas" till mätosäkerhet. Den senare kommer då att analyseras i en mätosäkerhetsanalys, och utifrån resultatet av denna analys kan mätmetod och mätinstrument väljas. Ett beräkningsexempel för att beräkna mätosäkerhet ges i bilaga 4.

Resultatet av mätosäkerhetsanalysen kan påvisa att arbetsinsatsen för att uppnå den kravställda toleransen kan vara orimlig. Detta leder till eventuell översyn av toleranskravet i samråd med beställaren och eventuellt ytterligare "analysomgång" tills en rimlig mätmetod kan föreslås. Figur 7 illustrerar hur toleranser/krav, mätmetoder/mätinstrument och mätosäkerhetsanalys (GUM) förhåller sig till varandra.



Figur 7. GUM-triangeln

¹⁰ www.lantmateriet.se/hmk_artikel_gum_beskrivning

Utgående från Figur 7 kan vi sammanfatta GUM-förfarandet (mätosäkerhets-kokboksprincipen) med följande enkla steg enligt Tabell 3.

Tabell 3. GUM-förfarandet enligt kok-boksprincipen (Lantmäteriet, GUM - en guide för att uttrycka mätosäkerhet, Clas-Görran Persson)

1.	Bestäm sambandet (formeln) mellan utstorheten (mätstorheten) och alla instorheter som kan påverka den. För traditionella geodetiska mätningar är dessa samband/formler kända.
2.	Genomföra mätningar. Därigenom fås (uppskattade) värden på alla instorheter.
3.	Skatta värdet på instorheternas standardosäkerheter, antingen med statistisk analys av en mätserie (Typ A) eller på annat sätt (Typ B). I det senare fallet brukar standardosäkerheterna tas från tekniska specifikationer, schablonvärden, erfarenhetsmässiga bedömningar etc.
4.	Beräkna värdet på utstorheten (t.ex. koordinater av en detaljpunkt). Detta görs oftast i en geodetisk programvara. För att beräkna standardosäkerheten i koordinater av en detaljpunkt behöver utföraren veta standardosäkerheter hos alla ingående instorheter som är signifikanta för slutresultatet. Dessutom behöver man känna till de parametrar som påverkar resultatet av mätningen utan att direkt ingå i beräkningen av utstorheten t.ex. påverkan av stativets vridning och osäkerheten i centrering över detaljpunkten.
5.	Alla ingående standardosäkerheter "stoppas" sedan in i mätmodellen och "kokas ner" till den sammanlagda standardosäkerheten med hjälp av något som heter fortplantning av standardosäkerheter . Lite förenklat beräknar man en summa av kvadrerade standardosäkerheter av alla instorheter, vilken inte blir något annat än den sökta (sammanlagda) standardosäkerheten för utstorheten (koordinaterna i detta fall). Som ett litet förtydligande till detta "recept" kan nämnas att de ingående standardosäkerheterna kan behöva multipliceras med koefficient/faktorer (heter också känslighetsfaktorer) som beror på vilken formel som används för att beräkna utstorheten ur instorheter.
6.	Den standardosäkerhet som beräknas genom steg 1 – 5 ovan ger sannolikheten ca 68 % att resultatet (koordinaterna) hamnar inom givet konfidensintervall t.ex. ± 20 mm. Detta innebär att det är hela 32 % sannolikhet att mätresultatet hamnar utanför intervallet, vilket kanske gör att det inte känns tryggt. Dessutom gäller denna konfidensnivå i 1 dimension (t.ex. för höjder) och minskar om resultatet avser två- eller tredimensionella storheter (t.ex. plana koordinater eller koordinater i både plan och höjd). Vill man öka tryggheten ska ett större konfidensintervall användas. Detta görs genom att multiplicera den sammanlagda standardosäkerheten från steg 5 med en täckningsfaktor som svarar mot en vald konfidensnivå. Inom mätningsteknik är det vanligt att använda en täckningsfaktor 1,96 som avser 95 % konfidensnivå. Då är det bara 5 % sannolikhet att mätresultatet inte hamnar inom givet konfidensintervall.
7.	Den mätosäkerhet som beräknas i steg 6 (med en täckningsfaktor involverad) heter utvidgad mätosäkerhet . Det blir den slutgiltiga mätosäkerheten i detta exempel.
8.	Slutligen återstår bara att rapportera mätresultatet tillsammans med utvidgad mätosäkerhet!

Det som kanske är viktigast att förstå vid val en mätmetod är inte bara hur standardosäkerhet hos varje ingående instorhet påverkar den sammanlagda standardosäkerheten, utan vilka faktorer/instorheter som har den avgörande påverkan. Till exempel, vid detaljmätning med totalstation och handhållen 2-meters stång är det osäkerheten i centrering över detaljpunkten, identifiering av detaljpunkten och lägesosäkerheten hos utgångspunkterna som avgör hur bra (eller dåligt) slutresultatet blir. Bidraget från mätosäkerheten hos totalstationen är däremot relativt litet.

Förutom den analytiska approach som beskrivs ovan är det möjligt att utvärdera mätmodellen (och den tillhörande mätosäkerheten) genom kontrollmätningar med oberoende metoder och efterföljande statistiska analyser. Detta kan dock göras först efter att mätningar med föreslagen mätmetod är utförda. Om det finns möjlighet kan den föreslagna mätmetoden utvärderas i begränsad omfattning på detta praktiska sätt, i samband med framtagning av metodbeskrivningen. Som vägledning kan anvisningar i nya HMK-serien användas till exempel.

5 Litteraturförteckning

Titel	Författare	Innehåll/Beskrivning	Länk/referens
Construction Industry Tolerances. Expert Commentary	Furst, P.G. (2017)	Artikel med allmän diskussion av byggplatstoleranser	https://www.irmi.com/articles/expert-commentary/construction-industry-tolerances
Tolerance Management in Construction: A Conceptual Framework	Talebi, S. et al. (2020)	Forskningsartikel som ger förslag på effektiv hantering av toleranser i byggprocessen.	https://doi.org/10.3390/su12031039
HMK BA 3 och BA 4		HMK Bygg och Anläggning, del 3 (Projektering) och 4 (Byggande).	
Teknisk rapport 2018:2 HMK Bygg & Anläggning (HMK-BA)	C-G. Persson, Lantmäteriet	Översiktlig studie av HMK BA från 90-talet och vilken koppling som detta dokument har till dagens HMK.	HMK – Bygg & anläggning (lantmateriet.se)
HMK Teknisk rapport 2018:3	C-G. Persson, Lantmäteriet	Fokus på beräkning och analys av plana, terrestert mätta stomnät.	TR 2018:3, HMK - Beräkning och analys av stomnät (lantmateriet.se)
HMK-Geodatakvalitet 2017	Lantmäteriet	Ger en beskrivning av begreppet geodatakvalitet samt ett antal metoder för kontroll av geodatakvalitet.	HMK-Geodatakvalitet 2017 (lantmateriet.se)
HMK - God mätsed	L. E. Engberg och C-G. Persson, Lantmäteriet	Avser en grundfilosofi för hur man ska förhålla sig till mätmetod och mätutrustning som kan anses giltig över tid.	HMK - God mätsed bilaga i olika delar av HMK ex. bilaga H – HMK Terrester detaljmätning samt "God mätsed eller" Hur man utnyttjar tidigare generationers samlade erfarenheter" (lantmateriet.se)
HMK - Stommätning	Lantmäteriet	Innehåller råd och riktlinjer för utförande av geodetisk stommätning.	HMK - Stommätning 2021 (lantmateriet.se)
HMK - Fotogrammetrisk detaljmätning	Lantmäteriet	Behandlar upprättande av teknisk specifikation för upphandling av detaljmätning i bilddata samt arbetets utförande, dokumentation och kontroll.	HMK-Fotogrammetrisk detaljmätning 2017 (lantmateriet.se)
HMK – GNSS baserad detaljmätning	Lantmäteriet	Innehåller riktlinjer för utförande av geodetisk detaljmätning med RTK-teknik	HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2020 (lantmateriet.se)
HMK – Terrester detaljmätning	Lantmäteriet	Innehåller råd och riktlinjer för utförande av detaljmätning med totalstation och avvägningsinstrument.	HMK – Terrester Detaljmätning 2021 (lantmateriet.se)

HMK – Terrester laserskanning	Lantmäteriet	Behandlar terrester laserskanning genom insamling av punktmoln med hjälp av stillastående, terrestra laserskannrar.	HMK - Terrester Laserskanning 2021 (lantmateriet.se)
HMK - Ordlista - termer och förkortningar	Lantmäteriet	Översikt och enhetlig beskrivning av de termer, begrepp och förkortningar som används inom HMK.	HMK-Ordlista april 2022 (lantmateriet.se)
SIS-TS 21143:2016 Byggmätning - Geodetisk mätning, beräkning och redovisning av byggnadsverk och infrastruktur		En teknisk specifikation för utförande av geodetiska mätningar i infrastrukturprojekt. Refereras till i Trafikverkets regelverk för geodetiska mättningsarbeten.	www.sis.se
SIS-TS 21144:2016 Byggmätning - Specifikationer vid framställning och kontroll av digitala markmodeller		En teknisk specifikation för framställning och kontroll av digitala terrängmodeller i infrastrukturprojekt. Refereras till i Trafikverkets regelverk för geodetiska mättningsarbeten.	www.sis.se
SS-ISO 1803 (UPPHÄVD)		Upphävd standard som redogör för grundläggande termer och grundläggande principer för hur man uttrycker måttavvikelse inom byggverksamhet. Standarden inkluderar svenska termer vilket ISO 6707 inte gör i dagsläget då den ännu inte översatts. Ersatt av SS-ISO 6707-1:2021.	www.sis.se
SS-ISO 6707-1:2021		Svensk standard. Bygg- och anläggningsarbeten – Vokabulär – Del 1: Allmänna termer (ISO 6707-1:2020, IDT)	www.sis.se
GUM – En guide för att uttrycka mätsäkerhet	C-G. Persson	En enkel "kokbok" i mätsäkerhet.	https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/gum/artikel_gum_beskrivning.pdf
Artikelserie - En bättre mätsed	H. Weidinger	Artikelserie av "mätare för mätare" med fokus på att sprida god mätsed.	https://www.skm.f.nu/sinus/
ISO/IEC GUIDE 98-3:2008 Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)		Guide som fastställer allmänna regler för att utvärdera och uttrycka osäkerhet i mätning som kan följas på olika nivåer av noggrannhet.	ISO/IEC GUIDE 98-3:2008
JGCM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement		Guide som fastställer allmänna regler för att utvärdera och uttrycka osäkerhet i mätning.	https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JGCM_100_2008_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6

JCGM GUM-6:2020. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models		Guide som ger vägledning om utveckling och användning av mätmodeller samt utvärdering av deras lämplighet.	https://www.bipm.org/documents/20126/50065290/JCGM_GUM_6_2020.pdf/d4e77d99-3870-0908-ff37-c1b6a230a337
ISO 17123-1 till -9 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments		En serie av standarder som beskriver procedurer för verifiering av mätosäkerheten hos olika instrument, för att bedöma deras lämplighet för en specifik mätningsteknisk uppgift.	https://www.iso.org
Underlag för metodbeskrivning RUFRIIS (Trafikverket, 2012)	J. Vium Andersson	Underlag som beskriver hur man etablerar och kontrollerar en stationsetablering med RUFRIIS. Baseras på ett underlag som omfattar såväl teoretiska studier som praktiska utvärderingar.	RUFRIIS (ineko.se)
VVMB 908 - Statistisk acceptanskontroll. VV Publ. nr 1994:41	Vägverket	Metodbeskrivning som behandlar statistisk acceptanskontroll.	VVMB 908 - Statistisk acceptanskontroll

Bilagor

Bilaga 1: Upprätta metodbeskrivning (mall för metodbeskrivning)

Denna bilaga är uppbyggd med rubriker som ska underlätta och utgöra mall då en metodbeskrivning upprättas. Under varje rubrik finns stödtexter som beskriver de uppgifter som ska redovisas under respektive rubrik. Den röda texten innehåller endast instruktioner och ska tas bort allteftersom mallen fylls i.

1 Inledning

Under denna rubrik beskrivs följande:

- *Vilken(-a) mätmetod(er) som föreslås.*
- *Beskriv förutsättningarna för den aktuella mätningen, exempelvis:*
 - *Befintligt stornät och dess status/tillstånd.*
 - *Fysisk miljö, t.ex. möjligheter för GNSS-mätningar.*
 - *Arbetsmiljö och personsäkerhet (se även rubrik 5, arbetsmiljö i denna bilaga).*
- *Motivera mätmetoden – Beskriv bakgrund till vald mätmetod och ifall detta utgör ett alternativt förfarande/avsteg från gällande kontraktsförutsättningar eller styrdokument t.ex. Teknisk beskrivning, SIS-TS 21143:2016/21144:2016 eller liknande.*
- *Beskriv eventuella nyttor och mervärden som föreslagen mätmetod kan medföra.*
- *Redogör för de risker som identifierats med föreslagen metod och vilka konsekvenser som eventuellt alternativt förfarande/avsteg kan resultera i. Tabell att använda som stöd och som underlag för redovisning av riskanalys finns i bilaga 2.*
- *Beskriv eventuell konsekvens för framtida förvaltning – Tillsammans med behovshavaren beskriva och bedöma eventuella konsekvenser samt avgöra om dessa är acceptabla avseende tekniskt utförande inför anläggningens förväntade livslängd.*
- *Hänvisa till tidigare metodbeskrivningar och exempel som kan vara relevanta för den föreslagna mätmetoden.*

2 Omfattning

Utifrån förutsättningar som dokumenterats under föregående rubrik 1, inledning, beskrivs följande:

- *Beskriv de formella och tekniska krav som berörs av den föreslagna mätmetoden.*
- *Beskriv aktuella avgränsningar som exempelvis kan utgöras av en tydlig geografisk plats eller ett objekt eller en del av anläggningen.*
- *Ge en tydlig beskrivning av vilket moment som specifik mätmetod skall användas till.*

3 Genomförande och egenkontroll

Beskriv hur godkänd produkt ska tas fram och verifieras. Detta beskrivs i HMK-serien, använd gärna dessa beskrivningar som underlag för att dokumentera punkterna i detta kapitel.

3.1 Mätmetod

Under denna rubrik beskrivs följande:

- *Beskrivning av mätmetoden*
- *Redogör för hur de instorheter, som ingår i den föreslagna mätmetoden, samverkar och hur standardosäkerhet har beräknats.*
- *Redogör för de olika antaganden som har gjorts med avseende på föreslagen mätmetod som helhet samt redovisa sammanlagd standardosäkerhet.*

3.2 Utförande

- *Beskriv de steg i mätprocessen som kan påverka slutresultatet. Redogör för viktiga faktorer och hantering vid utförandet som måste beaktas för att uppnå sammanlagd standardosäkerhet.*
- *Redogör för hur löpande egenkontroller genomförs och dokumenteras under utförandet.*

3.3 Verifiering av resultat

- *Redogör för hur slutresultatet verifieras. Vid behov upprättas kontrollplan som inkluderas under denna rubrik.*
- *Redogör för hur eventuella avvikelser kommuniceras och hanteras.*
- *Beskriv hur verifiering av resultat dokumenteras tillsammans med eventuella avvikelser från föreslagen mätmetod.*

4 Kommunikation

Under denna rubrik beskrivs följande:

- *Dokumentera eventuella kontaktpersoner som involveras i dialog kring metodbeskrivningen.*
- *Fastställda milstolpar i processen för arbetet och identifierade beslutsfattare.*
- *Dokumentera hur uppföljning av arbetet med metodbeskrivningen sker.*

5 Arbetsmiljö

Beskriv hur arbetsmiljön kan komma att påverkas av den föreslagna metoden. Såväl positiva som negativa effekter bör redovisas under denna rubrik.

Bilaga 2: Riskanalys

Denna tabell kan användas som stöd för att genomföra en riskanalys. Beskriv eventuella risker som identifierats för föreslagen(-na) mätmetod(-er) och hur dessa risker ska hanteras. För respektive risk ska sannolikhet att detta inträffar redovisas samt bedömd konsekvens. Dessa två faktorer multipliceras och skapar den uppskattade risknivån för aktuell risk. Beskriv åtgärd som skall/kan genomföras för att reducera aktuell risk.

Tabell 4. Riskanalys

ID	Rubrik	Beskrivning	Sannolikhet (1=låg, 4=hög)	Konsekvens (1=låg, 4=hög)	Riskenivå (SxK)	Åtgärd
ID01	<i>Detta är endast ett exempel, tas bort! Implementering av föreslagen mätmetod</i>	<i>Att föreslagen mätmetod inte kommuniceras och implementeras korrekt.</i>	3	2	6	<i>Genomgång med fältpersonal för att beskriva genomförandet. Dokumenterad egenkontroll.</i>

Bilaga 3: Sammanställning av dokumentation som hanterar toleranser

Sammanställningen har fokus på dokumentation som berör byggplatstoleranser i utförandeskedet och är inte på något sätt komplett utan ska ses som en översikt på dokument som kan vara värda att beakta beroende på olika arbeten som ska utföras.

Undergrupp	Bygghet	Mätningstekniskt moment	Källa för krav/standard	Sammanfattning av innehåll	Länk till kravdokument
Anslutningsnät järnväg	Anslutningsnät i höjd	Stommätning	AMA20 BJB.121, SIS-TS 21143:2016/TDOK 2014:0571 4.5.1, version 5.0	Ange krav på anslutningsnätet enligt SIS-TS 21143:2016 tabell A.12, kolumn A.	Extern visning av dokumentcenter (trvdokument.trafikverket.se)
	Anslutningsnät i plan	Stommätning	AMA20 BJB.111, SIS-TS 21143:2016/TDOK 2014:0571 4.4.1, version 5.0	Ange krav på anslutningsnätet utgående från SIS-TS 21143:2016 tabell A.8, kolumn A.	
Anslutningsnät väg	Anslutningsnät i höjd	Stommätning	AMA20 BJB.121, SIS-TS 21143:2016/TDOK 2014:0571 4.5.1, version 5.0	Ange krav på anslutningsnätet enligt SIS-TS 21143:2016 tabell A.12, kolumn A.	
	Anslutningsnät i plan	Stommätning	AMA20 BJB.111, SIS-TS 21143:2016/TDOK 2014:0571 4.4.1, version 5.0	Ange krav på anslutningsnätet utgående från SIS-TS 21143:2016 tabell A.8, kolumn A.	
Bergmodell	Bergmodell	Kontroll/ Inmätning	AMA20 BJB.2/BJB.41/BJB.42, SIS TS 21144:2016	Noggrannhetsklass ska anges i TB med hänvisning till SIS-TS 21144:2016. Inmätning enligt AMA20 BJB.272.	
Betongkonstruktioner	Betongkonstruktioner	Kontroll	AMA20 EBE, SS EN 13670:2009 Betongkonstruktioner - Utförande	Betonggjutning ska utföras enligt kapitel 8 i SS-EN 13670:2009 och SS 137006:2015 och med komplettering enligt AMA20 EBE. Standarden anger gemensamma krav för utförande av betongkonstruktioner, gäller för både platsgjutna och prefabricerade betongelement. I bilaga G redovisas avvikelser som gäller för olika betongkonstruktioner.	
Bro	Brofixar	Kontroll/ Stommätning	AMA20 BJB.123, TDOK 2014:0571, version 5.0/SIS-TS 21143:2016	Något otydlig text i AMA20: Fixpunkter för bro ska verifieras med kontrollavvägning mot minst två närliggande befintliga stompunkter i höjd markerade i berg eller annan fast anläggning. Koordinater i plan på fixpunkt bro ska bestämmas med en noggrannhet bättre än 0,2 m.	

Undergrupp	Bygghedel	Mätningstekniskt moment	Källa för krav/standard	Sammanfattning av innehåll	Länk till kravdokument
Bro	Platsgjutna konstruktioner	Kontroll	AMA20 EB, Toleranser ska vara beskrivna i TB	För utföranden enligt avsnitt AMA20 EB ska SS-EN 13670:2009 tillämpas, med kontroll enligt lägst utförandeklass 2 enligt SS-EN 13670:2009, avsnitt 4.3.3. Standarden föreskriver att man ska ange toleranser.	
	Överhöjning	Kontroll	Projektspecifik, toleranser anges i handling	Formställning ligger under AMA20 EBB. Observera vad som anges, långtidsverkande sättningar, sättningar på marken samt sättningar i formställning beroende på metodval.	
	Stålkonstruktioner	Kontroll	AMA20 GBD, SS-EN 1090-2:2018 Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner, del 2: Stålkonstruktioner; Bilaga B3	Stålkonstruktioner ska, med angivna tillägg och ändringar enligt AMA20 GBD, utföras enligt SS-EN 1090-2:2018. I standarden finns tydliga toleranser angivna för tillverkning av stålkonstruktioner, monterings toleranser för utförande anges också för tex pelare, balkar mm. Anger krav för utförande av stålkonstruktioner för att uppnå tillräckligt hög kvalitetsnivå med hänsyn till mekanisk bärförmåga och stabilitet, brukbarhet samt beständighet.	
	Bruksnät i plan	Stommätning	AMA20 BJB.112, SIS-TS 21143:2016/TDOK 2014:0571, version 5.0	Avser även nät för trafikplatser om dess omfattning och utformning så kräver. Se SIS-TS 21143:2016 tabell A.8.	
Bro och broliknande konstruktioner	Prefab	Kontroll	AMA20 GB	Tillverkningstoleranser angivna men inte utförande och uppföljning av utförandet. Enligt AMA20 ska montering utföras enligt tillverkarens monteringsanvisningar. (gäller ej för hela kapitel GB). AMA20 GBB.52 saknar angivelse av toleranser och ingen hänvisning i RA. Finns toleranser under AMA 20 GBC och hänvisning under RA att tillverkningstoleranser ska anges. Hänvisning görs till SS137005:2018 4.3.1.1 tillverkningstoleranser. För vissa delar av koden saknas hänvisning under RA och angivelse av toleranser.	
	Stödmur	Utsättning	AMA20 EBE Projektspecifik, toleranser anges i handling	Betonggjutning ska utföras enligt kapitel 8 i SS-EN 13670:2009 och SS 137006:2015, med de preciseringar och kompletteringar som anges i AMA20 EBE. Standarden föreskriver att man ska ange toleranser.	
Bruksnät järnväg	Bruksnät i plan	Stommätning	AMA20 BJB.112, SIS-TS 21143:2016/TDOK 2014:0571 4.6.1, version 5.0	Ange krav på aktuell bruksnätstyp utgående från SIS-TS 21143:2016 tabell A.8 för respektive byggnadsverk.	

Undergrupp	Bygghet	Mätningstekniskt moment	Källa för krav/standard	Sammanfattning av innehåll	Länk till kravdokument
Dagvatten	Dagvattenbrunn	Utsättning	P91 (Föreskrift svenskt vatten)		
Grundläggning	Permanent spont	Utsättning	AMA20 CDF, Ofta projektspecifik, toleranser anges i handling. SS-EN 12063:1999 Utförande av geokonstruktioner – Sponter; Kap 8.6	Spont ska utföras enligt SS-EN 12063:1999. Denna standard specificerar krav, rekommendationer och information rörande utförande av permanent resp. tillfälliga spontväggs-konstruktioner enligt 2.4 i ENV 1991-1:1994. Tabell 2, kap 8.6 ger toleranser för positionering av spont i plan och höjd.	
	Pålning	Utsättning	AMA20 CC, Ofta projektspecifik, toleranser anges i handling. SS-EN 12699:2015 Utförande av geokonstruktioner – Massundanträngande pålar	Standard anger toleranser för inmätning av pålar. Se även <i>Betongpåleboken</i> , <i>Hercules grundläggning</i> som ger ytterligare råd och anvisningar gällande inmätning av pålar.	Extern visning av dokument-center (trvdokument.trafikverket.se)
	Tillfällig spont	Kontroll	AMA20 BGB, Toleranser ska vara beskrivna i TB, kontrollprogram.	Ange krav på inmätning under aktuell kod och rubrik under AMA20 BJB.2.	
	Omgivning	Kontroll	AMA20 BBC, Toleranser ska vara beskrivna i TB, kontrollprogram.	Kontrollprogram kan påverka framdriften och mätmetoder, viktig att upprätta bra kontrollprogram	
Infästningar	Infästningar	Utsättning	Ska vara beskriven i TB	Projektören ska ange toleranser	
Järnvägsnära schaktarbeten	Spont	Kontroll	TDOK 2015:0161, version 1.0/TRVIN-FRA-00013, version 2.0	Kravställer att beställaren tillhandahåller toleranser (TRVIN-FRA-00013, version 2.0). Innehåller exempel på kontrollplan. Oftast saknas en logisk kravställning och ett kontrollprogram för dessa arbeten.	Extern visning av dokument-center (trvdokument.trafikverket.se) puben.trafikverket.se
Kontur	Berg/Sprutbetong	Inmätning	AMA BJB.25	Inmätning av kontur, tolerans är noll innanför teoretisk kontur.	
Markmodell	Ajourhållning/ inmätning av markmodell	Inmätning	AMA20 BJB.2/BJB.41, TDOK 2014:0571, version 5.0/SIS TS-21144:2016 SIS-TS 21143:2016 tabell A.18 ger tekniska krav på inmätningar avseende markmodell.	Noggrannhetsklass ska anges i TB med hänvisning till SIS-TS 21144:2016. Inmätning enligt AMA20 BJB.271.	Extern visning av dokument-center (trvdokument.trafikverket.se)

Undergrupp	Bygghet	Mätningstekniskt moment	Källa för krav/standard	Sammanfattning av innehåll	Länk till kravdokument
Rörledningar		Inmätning	AMA20 PB, P91 (Föreskrift svenskt vatten)		
Schakt/Fyllning	Schakt/Fyllning	Kontroll	AMA20 CE	Anger utförandekrav på tjocklekar mm för olika material. Bland annat AMA20 CEB.32 Fyllning med jord- och krossmaterial för järnväg anger höjdtolerans.	
Stomnät	Bruksnät tunnelbyggnation	Stommätning	AMA20 BJB.112 TDOK 2014:0571, version 5.0 4.6.4 / 4.7.3, SIS 21143:2016	TDOK 2014:0571, version 5.0 hänvisar till SIS 21143:2016 där det är väl beskrivet hur arbetet ska redovisas.	Extern visning av dokumentcenter (trvdokument.trafikverket.se)
	Byggnät tunnel	Stommätning	AMA20 BJB.112, TDOK 2014:0571, version 5.0 4.6.3 / 4.7.2, SIS 21143:2016	SIS redogör för hur arbetet ska beskrivas och planeras.	
Tunnel	Tunnel	Kontroll/ Konvergensmätning	AMA20 BJB.25, CDC.2, Toleranser ska vara beskriven i TB	Konvergensmätning tunnel. Viktigt med kravställningen och att rätt krav kommer med från början. Fokusera på hur det ska redovisas och bör förberedas väl. Mätmetod kan vara beskrivet i AMA20 men toleranser måste vara projektanpassade och beskrivas i TB el. liknande. AMA20 CDC.2 larmnivåer anges i TB och blir förutsättning att räkna ut toleranserna. AMA20 BJB.25 toleranser anges under respektive produktionskod.	
Underbyggnad	Terrassöveryta	Kontroll/ Inmätning	AMA20 CEE, TDOK2013:0530, version 3.0 (VVMB 908/SAK)	AMA20 hänvisar till TDOK2013:0530, version 3.0 (SAK)	Extern visning av dokumentcenter (trvdokument.trafikverket.se)
	Utsättning	Utsättning	TDOK 2014:0571, version 5.0 kap 6.1	Utsättning ska utföras enligt SIS-TS 21143:2016 tabell A.18. Toleranser för utsättning ska bestämmas och utföras enligt SIS-TS 21143:2016 avsnitt 7.5 med underliggande avsnitt.	
Vägområde	Utsättning	Utsättning	AMA20 BJB.33, TDOK 2014:0571, version 5.0 6.1.3	Utsättning för väg inklusive sidoområde kan baseras på byggplatstoleranser enligt HMK Bygg Anläggning BA 4 Byggande, avsnitt 7.2 figur 9 och 10. Med dessa byggplatstoleranser erhålls enligt SIS-TS 21143:2016 tabell A.21 lämpliga medelfel vid utsättning.	Extern visning av dokumentcenter (trvdokument.trafikverket.se)

Undergrupp	Bygghet	Mätningstekniskt moment	Källa för krav/standard	Sammanfattning av innehåll	Länk till kravdokument
Vägområde	Väg	Kontroll/ Inmätning	TDOK 2014:0571, version 5.0 kap. 7	Kontrollmätning, kantsten, mittlinje mm	Extern visning av dokument-center (trvdokument.trafikverket.se)
	Inmätning av väg, plan o d	Kontroll	AMA20 BJB.23	Byggplatstoleranser i plan för vägkonstruktion och sidoområden respektive byggplatstoleranser i höjd för sidoområden enligt HMK Bygg & Anläggning BA 4 Byggande, avsnitt 7.2. Beakta att dessa byggplats-toleranser enbart utgör förslag och är justerbara till andra värden där så behövs.	
Vägutrustning	Vägräcke	Utsättning	AMA20 DEG.1	Enligt AMA20 ska montering utföras enligt tillverkarens monteringsanvisningar. - räcket är monterat enligt leverantörens anvisningar - räcket är monterat med god linjeföring - ståndarnas lutning inte överstiger angivet värde - ståndarna är placerade rätt i såväl längd- som tvärriktning	
Vägutrustning	Belysningsmast	Utsättning	AMA EI 22 SBB	"Utsättning av läge för fundament ska ske i samråd med beställaren."	
Vägutrustning	Broräcke	Utsättning	AMA20 DEG.1, TRVK Bro	Enligt AMA20 ska montering utföras enligt tillverkarens monteringsanvisningar.	
Överbyggnad	Bundet bärlager	Kontroll	AMA 20 DCC, TDOK 2013:0529, version 4.0 - Bitumenbundna lager TDOK 2014:0136, version 1.0 - Bestämning av ojämnheter och tvärfall med rätskiva	Jämnheter och tvärfall mäts med mätbil eller rätskiva	Extern visning av dokument-center (trvdokument.trafikverket.se)
	Slitlager	Kontroll	AMA20 DCB.4, TDOK 2013:0530, version 3.0 (VVMB 908/SAK)	AMA hänvisar till TDOK2013:0530, version 3.0(SAK)	
	Obundet bärlager	Kontroll	AMA20 DCB.3, TDOK 2013:0530, version 3.0 (VVMB 908/SAK)	AMA hänvisar till TDOK2013:0530, version 3.0 (SAK)	

Undergrupp	Byggdel	Mätningstekniskt moment	Källa för krav/standard	Sammanfattning av innehåll	Länk till kravdokument
Överbyggnad	Förstärkningslager	Kontroll	AMA20 DCB.2, TDOK 2013:0530, version 3.0 (VVMB 908/SAK)	Utförandekrav finns i AMA20 DCB.212 och 213. Jämnhet och avvikelse för medelvärde	Extern visning av dokument-center (trvdokument.trafikverket.se)
Övergripande	Övergripande	Allmänt	SS-ISO 6707-1:2021 Del 1: Byggmätning och toleranser - Redovisning av måttnoggrannhet - Principer och terminologi.	Innehåller termer och begrepp som ofta används i dokumentation gällande olika byggnadsarbeten. Inga specifika toleranser redovisas men däremot definitioner som kan vara bra att känna till och förstå. Har ersatt SS ISO 1803.	
	Övergripande	Allmänt	SS-ISO 4463-1, utgåva 1 Byggmätning - Utsättning och inmätning - Del 1 Planering och organisation, mätmetoder, noggrannhetskrav	Behandlar de olika stegen i utsättningsarbetet samt anger generella värden för toleranser och riktlinjer för oberoende kontrollmätning.	

Bilaga 4: Exempel på beräkning av osäkerhetsanalys

Mätosäkerhet i detaljmätning med totalstation (enligt HMK-TerDet 2021 Lantmäteriet) - exempel

Uppgift: Inmätning av en målningslinje i väg i plan och höjd

Tolerans: 20 mm i plan och 20 mm i höjd (enligt TDOK 2014:0571 kap. 7)

Plan

Förutsättningar:

Utgångspunkter: terrestert inmätt bruksnät i plan (lokal lägesosäkerhet 5 mm enligt HMK-TR 2018:1) och höjd (lokal lägesosäkerhet 2-5 mm enligt HMK-TR 2018:1)

Krav på lägesosäkerhet utifrån toleransen

Enligt HMK:

Tolerans (plan) = $2,45 \cdot u(\text{kontroll})$
(på 95 % konfidensnivå)

$u(\text{kontroll}) = 20/2,45 = 8 \text{ mm}$

Totalstation: klass T3 enligt SIS-TS 21143:2016

$u(\text{hor}_v) = 0,6 \text{ mgon}$

$u(\text{längd}) = 2 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$

Stativ och trefot: Leica

Etablering: fri station

Mätsignal: prisma på stagad lodstång

Avstånd till detaljpunkten, m

20

Instorheter	Värde	Enhet	Förklaring
$u(\text{station})$	0	m	Stationsetableringens lägesosäkerhet i plan (beror på lägesosäkerheten hos utgångspunkterna). Noll om kontrollmätningen görs från samma station.
$u(\text{hor}_v)$	0,0006	gon	Instrumentens specificerade mätosäkerhet för hor. vinklar
$u(\text{längd})$	0,002	m	Instrumentens specificerade mätosäkerhet för längder ("ppm-delen" har försumbar påverkan på korta avstånd) och har därför ignorerats
$u(\text{centr})$	0,005	m	Osäkerheten i centrering över detaljpunkten (15 mm med handhållen lodstång, 5 mm med stagad lodstång)
$u(\text{miljö})$	0	m	Osäkerhet p.g.a. mätmiljöns påverkan (lufttemperatur och -tryck) (se t.ex. ISO 17123-5:2018)
$u(\text{stativ})$	0,0003	gon	Osäkerhet p.g.a. stativets vridning
$u(\text{trefot})$	0,0003	gon	Osäkerhet p.g.a. trefotens vridning (liknande stativ)
$u(\text{ID})$	0,005	m	Osäkerhet för identifiering av detaljpunkten i plan

Mätsystem

$$u^2(\text{detalj_plan}) = u^2(\text{station}) + d^2 \cdot (u^2(\text{hor}_v) + u^2(\text{stativ}) + u^2(\text{trefot})) \cdot (\pi/200)^2 + u^2(\text{längd}) + u^2(\text{centr}) + u^2(\text{miljö}) + u^2(\text{ID})$$

d - avstånd till detaljpunkten

Utstorhet

$u(\text{detalj_plan})$ 0,008 m Lägesosäkerhet (lokal) för inmätta detaljer i plan

Utvidgad standardosäkerhet

$U(\text{detalj_plan})$ 0,013 m $1,73 \cdot u(\text{detalj_plan})$

Mätosäkerheten är en standardosäkerhet som avser mätetalet, är av typ B, baserad på konfidensnivån 95 % beräknad med täckningsfaktorn 1,73.

Slutsats: för att uppfylla angiven tolerans ska man använda stagad lodstång och ska kunna identifiera punkten med $u(ID) = 5 \text{ mm}$ (i plan), vilket kan vara ganska krävande. Använder man en handhållen lodstång kan man inte uppfylla toleransen. De dominerande osäkerhetskällorna i detta fall är $u(ID)$ och $u(centr)$.

Höjd

Förutsättningar:

Samma som ovan.

<p>Krav på lägesosäkerhet utifrån</p> <p>Enligt HMK: Tolerans (höjd) = $2,77 \cdot u(\text{kontroll})$ (på 95 % konfidensnivå)</p> <p>$u(\text{kontroll}) = 20/2,77 = 7 \text{ mm}$</p>
--

Instorheter	Värde	Enhet	Förklaring
$u(\text{station})$	0	m	Stationsetableringens lägesosäkerhet i höjd (beror på lägesosäkerheten hos utgångspunkterna). Noll om kontrollmätningen görs från samma station.
$u(\text{vert}_v)$	0,0006	gon	Instrumentens specificerade mätosäkerhet för vert. vinklar
$u(\text{längd})$	0,002	m	Instrumentens specificerade mätosäkerhet för längder ("ppm-delen" har försumbar påverkan på korta avstånd) och har därför ignorerats
$u(IH)$	0	m	Osäkerheten i bestämning av instrumenthöjden
$u(SH)$	0,002	m	Osäkerheten i bestämning av signalhöjden
$u(\text{horisont})$	0	m	Osäkerheten i horisontering av lodstången (försumbar)
$u(\text{miljö})$	0	m	Osäkerhet p.g.a. mätmiljöns påverkan
$u(ID)$	0,005	m	Osäkerhet för identifiering av detaljpunkten i höjd

Mätsystem

$$u^2(\text{detalj}_\text{höjd}) = u^2(\text{station}) + d^2 \cdot u^2(\text{vert}_v) \cdot (\pi/200)^2 + u^2(\text{längd}) + u^2(IH) + u^2(SH) + u^2(\text{horisont}) + u^2(\text{miljö}) + u^2(ID)$$

d - avstånd till detaljpunkten

Utstorhet

$u(\text{detalj}_\text{höjd})$ 0,006 m Lägesosäkerhet (lokal) för inmätta detaljer i höjd

Utvidgad standardosäkerhet

$U(\text{detalj}_\text{höjd})$ 0,012 m $1,96 \cdot u(\text{detalj}_\text{höjd})$

Mätosäkerheten är en standardosäkerhet som avser mätetalet, är av typ B, baserad på konfidensnivån 95 % beräknad med täckningsfaktorn 1,96.

Slutsats: för att uppfylla angiven tolerans ska man bl.a. kunna identifiera punkten med $u(ID) = 5 \text{ mm}$ (i höjd), vilket är ganska realistiskt. En handhållen lodstång kan användas.