

Teknisk rapport 2018:1

Mät- och lägesosäkerhet vid geodätainsamling – en lathund

Clas-Göran Persson



Författarens kontaktuppgifter

Clas-Göran Persson

Skansstigen 3 C

SE - 832 51 Frösön

C.G.Persson@Outlook.com

+46-70-669 1950

Förord

Serien "Tekniska rapporter" är ett komplement till övriga HMK-dokument. I dessa rapporter redovisas bakgrundsinformation, detaljbeskrivningar, analyser m.m. som inte passar in i en handboks-text.

Det viktigaste syftet är att säkerställa – och visa – att handböckerna ligger i linje med metod- och teknikutvecklingen samt med de krav och riktlinjer som finns i branschen i övrigt, nationellt och internationellt. De tekniska rapporterna får därför karaktären av såväl fördjupning av som komplement till handböckerna.

Den sammanställning som redovisas i just denna rapport har efterfrågats av HMK-användarna. Synpunkter har framförts att det är svårt att få en överblick över de uppgifter om *mät- och lägesosäkerhet* som finns i olika HMK-dokument, samt hur dessa förhåller sig till de praktiska tillämpningarna.

Det bör dock påpekas att det i vissa tillämpningar är andra aspekter än lägesosäkerhet som är styrande vid val av metod. T.ex. kan kraven på *tolkbarhet* i sin tur ställa krav på viss bildupplösning vid fotogrammetrisk detaljmätning.

Rapporten har utarbetats av undertecknad. Granskare har varit Lars Jämtnäs, Thomas Lithén och Jan Wingstedt, Lantmäteriet, samt Joakim Fransson, Trafikverket.

För att kunna fungera som lathund kan det bli nödvändigt att uppdatera den i takt med revisionen av HMK-dokumentet. Ett alternativ är att inkludera rapporttexten i någon av de reguljära handböckerna vid nästa större HMK-revision.

Frösön, Valborgsmässoafton 2018
/Clas-Göran Persson, Lantmäteriet

Innehållsförteckning

Kommentarer till lathunden	4
Mät- och lägesosäkerhet vid geodetisk mätning	7
Lägesosäkerhet vid mätning baserad på bild- och laserdata.....	8
Bilaga: Avsnitt i HMK som behandlar mät- och lägesosäkerhet vid geodetisk mätning.....	9

Kommentarer till lathunden

Sidorna 7 och 8 utgör den egentliga lathunden. Den är sammanställd från de passager i HMK-dokumentet som handlar om mät- och lägesosäkerhet och är ämnad att ge en överblick över samtliga metoder och tekniker för insamling av geodata. I denna inledning ges några kompletterande upplysningar om lathundens innehåll och användning.

Det viktigaste torde vara att förtydliga vad som avses med "mätosäkerhet" och "lägesosäkerhet", samt skillnaden mellan termerna.

Litet förenklat är *mätosäkerhet* kopplad till själva mätinstrumentet och mätoperationen, dvs. det som fabrikanter normalt specificerar i sina faktablad. *Lägesosäkerhet* kommer in i bilden först när dessa mätningar kombineras i en *positionsbestämning* - ett "läge" i plan och/eller höjd relaterat till ett *referenssystem* (se [HMK - Ordlista och förkortningar, december 2017](#)).

För *terrester* geodetisk mätning blir detta ganska tydligt:

- Ur mätningar av *avstånd* och *riktningar* beräknas planläget och genom t.ex. *trigonometrisk höjdmätning* eller *avvägning* bestäms läget i höjd. Mätosäkerheten avser här de ursprungliga mätningarna medan lägesosäkerheten avser det beräknade plan- eller höjdläget.

Vid andra typer av mätningar däremot flyter gränserna ihop något i de fall redan själva mätningen ger en position, ett läge.

- Det gäller exempelvis GNSS-baserad detaljmätning med *nätverks-RTK* mot *SWEPOS*, som innebär lägesbestämning direkt i det nationella referenssystemet *SWEREF 99*. Här finns det ingen anledning att tala om något annat än lägesosäkerhet.
- Ett något annorlunda exempel är *laserskanning*. Där mäts riktningar och avstånd, men dessa räknas om till *laserpunktmoln* i 3D internt i systemet. Dessa 3D-koordinater måste dock *georefereras* - relateras till ett referenssystem - i efterhand för att kunna lagras i en geodatabas. Så mätningen ger i och för sig positioner, men inte slutgiltiga sådana.

Sammantaget är lägesosäkerheten i slutprodukten det centrala i geodatasammanhang. Mätosäkerheten kan dock vara av intresse under processen från mätning till positionsbestämning, t.ex. i samband med kvalitetskontroll. Och naturligtvis sätter mätosäkerheten gränser för slutresultatets kvalitet, såväl den *absoluta* som den *lokala* lägesosäkerheten (se nedan).

För det flesta metoder/tekniker anges värden på lägesosäkerhet m.m. för HMK – standardnivå 1, 2 och 3 (standardnivå 0 hanteras ej inom ramen för HMK). I de fall värden saknas för någon nivå så beror det på att den metoden/tekniken normalt inte brukar användas för sådana tillämpningar.

I nedanstående tabell redovisas definitioner, principiella exempel på ändamål samt tekniska lösningar för HMK:s olika standardnivåer. Den utgör en sammanställning av Tabell 2 i [HMK – Introduktion 2017](#) och avsnitt 2.6 (Tabell 2.6) i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

HMK-Standardnivå	0	1	2	3
Definition	Global/nationell mätning och kartläggning	Nationell/regional mätning och kartläggning	Mätning och kartläggning av tätort	Projektinriktad mätning och kartläggning
Exempel på ändamål för mätning och kartläggning	Dokumentation av markanvändning och vegetation, miljöövervakning m.m.	Översiktlig planering och dokumentation av byggande, infrastruktur, miljö, naturvård, risker, skogsbruk m.m.	Kommunal detaljplanering och dokumentation	Projektering, byggande och förvaltning av bebyggelse, vägar och övrig infrastruktur samt för framtagning av bygg- och relationshandlingar.
Ungefärlig lägesosäkerhet (standardosäkerhet)	≥1m	≤1m	≤0,1 m	≤0,05m
Exempel på hantering av referenssystem	WGS84 ≈ SWEREF 99	SWEREF 99 TM; RH 2000	SWEREF 99, regional projek-tionszon; RH 2000	Projektanpassat system (inpassat på SWEREF 99 och RH 2000)
Exempel på geodetiska mätmetoder	Absolut positionering med GNSS (kodmätning)	dGNSS (relativ kodmätning)	RTK eller nätverks-RTK (relativ bärvägs-mätning)	Totalstation, projektanpassad nätverks-RTK och terrester laser-skanning
Geometrisk upplösning vid mätning i bilddata	≥0,5m (från satelliter)	≤0,5m (från flygplan)	≤0,1m (från flygplan)	≤0,05m (från helikopter, UAV, markfordon)
Principexempel: detaljeringsgrad för objektet byggnad	Redovisas som höjdsatt punkt	Redovisas som "låda"	Redovisas med enkel takkonstruk-tion och fasad utan detaljer	Redovisas med detaljerade tak-konstruktioner, husliv och insida

Geodetisk stommätning är ofta en förutsättning för geodatainsamling – ett sorts försteg som inte riktigt följer denna indelning. Sådan mätning används bland annat för att:

- etablera *riksnäten* i plan och höjd, dvs. i dag SWEREF 99 och RH 2000.
- tillhandahålla tjänster från *aktiva nät*, t.ex. SWEPOS och projektanpassade tjänster inom bygg & anläggning.
- etablera kommunala och andra *passiva stommät*, samt specialnät såsom *byggplatsnät* och *övervakningsnät*.

Men det finns också geodetiska metoder för geodatainsamling: såväl terrester som GNSS-baserad *detaljmätning*, som båda tillhör HMK-standardnivå 3.

Därutöver förekommer geodetisk mätning i nivå 1 och 2 som inte hanteras i HMK – t.ex. i olika GIS-tillämpningar och vid inmätning i samband med inventering, där handhållen GNSS-utrustning eller mobiltelefon ofta är tillräcklig. Sådana enklare tekniklösningar är också tillfyllest vid *crowdsourcing*, dvs. den medverkan från allmänheten vid uppdatering av geodata som blir allt vanligare.

Vad gäller kvalitetskontroll bör observeras att all kontroll bör ske gentemot den teknik som slutgiltigt har valts. Dvs. om man väljer en teknik som har en lägre mätosäkerhet än den som lathunden anger så ska denna (lägre) osäkerhet användas för att konstruera kontrolltoleranser – inte den osäkerhet som lathunden anger, om dess tabellvärde är högre. Se [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), avsnitt 3.3: "Kontroll av lägesosäkerhet, Grundläggande princip" (sid. 24).

Lägesosäkerheten brukar delas upp i:

- *absolut lägesosäkerhet* = osäkerheten i georefererade geodatas positionsangivelser i förhållande till ett officiellt referenssystem
- *lokal lägesosäkerhet* = osäkerheten i geodatas positionsangivelser i förhållande till omgivande företeelser, t.ex. anläggningar, fastighetsgränser eller lokala referenssystem.

Se vidare [HMK – Ordlista och förkortningar, december 2017](#) samt [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), kapitel 1, "Georeferering och lägesosäkerhet" (sid. 6); även termen *relativ lägesosäkerhet* förekommer.

För geodetisk mätning redovisas såväl absolut som lokal lägesosäkerhet. För geodatainsamling anges dock bara den absoluta osäkerheten eftersom geodata förutsätts vara georefererade. Undantag från den principen är vissa tillämpningar av *terrester laserskanning* som redovisas i ett helt lokalt system.

Lathunden blir av naturen kortfattad – för att inte säga korthuggen; det ligger i själva begreppet. För den som vill fördjupa sig i hur tabellvärdena har räknats fram finns särskilda hänvisningar till aktuella HMK-dokument. Beträffande geodetisk mätning redovisas dessa referenser separat, i den bilaga som återfinns sist i rapporten. Hänvisningarna avseende geodatainsamling är i stället inkluderade i tabellen över lägesosäkerhet.

Mät- och lägesosäkerhet vid geodetisk mätning

Nättyp/teknik/tillämpning		Absolut standard-osäkerhet (mm)		Lokal standard-osäkerhet (mm)		Kommentar
		plan	höjd	plan	höjd	
SWEPOS	SWEPOS fundamentalstationer	1	1–2	1	1–2	aktivt nät, definierar SWEREF 99
	Övriga SWEPOS-stationer	2–3	3–4	2–3	3–4	aktivt nät
RH 2000	Avvägt riksnät i höjd	-	3	-	1	passivt nät, 1 km punktavstånd
Terrestert mätta stomnät	Anslutningsnät i plan	10–15	-	10	-	---
	Bruksnät i plan	15–20	-	5	10	trigonometrisk höjdmätning för att erhålla lokala brukshöjder
	Specialnät	-	-	2–3	2–3	3D-nät, trigonometrisk höjdmätning; angivna värden motsvarar mätosäkerheten
	Anslutningsnät i höjd	-	5	-	2	dubbelavvägning, 0,5 km punktavstånd
	Bruksnät i höjd	-	5–10	-	2–5	dubbelavvägning, 0,1–0,5 km punktavstånd
GNSS-mätta stomnät	Anslutningsnät	6–8	≥15	5	10	lägesosäkerheten i höjd kan förbättras genom kompletterande avvägning
	Bruksnät	-	-	5	10	
Terrester detaljmätning	Prismastång med stöd	som utgångspunkterna (men > 5)	som utgångspunkterna	5	2–3	trigonometrisk höjdmätning; den lokala lägesosäkerheten är densamma som mätosäkerheten
	Handhållen prismastång	större än utgångspunkterna (men > 15)	som utgångspunkterna	15	2–3	
GNSS-baserad detaljmätning (Se HMK – GNSS-baserad detaljmätning Bilaga A.1 för detaljerad information om lägesosäkerhet)	Enkelstations-RTK	> 10 + 1 ppm	> 20 + 1 ppm	10 + 1 ppm (10–25)	20 + 1 ppm (20–35)	lokal lägesosäkerhet är i förhållande till referensstationen (max 15 km avstånd); absolut lägesosäkerhet beror på referensstationens osäkerhet
	Nätverks-RTK mot SWEPOS, med antennstöd	5–18	10–30 (nationell-/regional geoidmodell)	5	10 (lokal geoidmodell)	absolut lägesosäkerhet beror på förtättningsgraden (10-, 35- eller 70-km-nät);
	Nätverks-RTK mot SWEPOS, med handhållen lodstång	15–25	10–30 (nationell-/regional geoidmodell)	15	10 (lokal geoidmodell)	
	Projektanpassad nätverks-RTK (alltid antennstöd)	-	-	5	10 (lokal geoidmodell)	lokal standardosäkerhet är ungefär som för SWEPOS 10-km-nät; gäller även RUFRI (RealtidsUppdaterad FRI Station)

Lägesosäkerhet vid mätning baserad på bild- och laserdata

Dokument	Metod	HMK – standardnivå 1	HMK – standardnivå 2	HMK – standardnivå 3	Kommentar
HMK – Flygfotografering 2017, Tabell 2.3.1	Flygfotografering. Lägesosäkerhet ideala förhållanden (standardosäkerhet plan/höjd, mm)	200–500 / 300–750	80–120 / 120–180	20–50 / 30–70	Standardosäkerheten i plan följer den geometriska upplösningen i flygbilden. Standardosäkerheten i höjd är ca. 50% högre. Se HMK-Flygfotografering avsnitt 2.3.3 för detaljerad information om lägesosäkerhet och 2.3.2 för vad som kan mätas i olika upplösningar.
	Geometrisk upplösning, flygbild (mm)	200–500	80–120	20–50	
HMK – Flygburen laserskanning 2017, Tabell 2.3.1	Flygburen laserskanning. Lägesosäkerhet ideala förhållanden (standardosäkerhet plan/höjd, mm)	300 / 100	150 / 50	50 / 20	Standardosäkerheten i plan är ca. 3 gånger standardosäkerheten i höjd. Osäkerheten beror på punkttätheten. Se HMK-Flygburen laserskanning avsnitt 2.3.3 för detaljerad information om lägesosäkerhet och 2.3.2 för vad som kan mätas i olika punkttätheter.
	Punkttäthet (punkter/m ²)	0,5 – 2	6 – 12	20 – 30	
HMK – Fordonsburen laserskanning 2017, Tabell 2.3.1	Fordonsburen laserskanning. Lägesosäkerhet ideala förhållanden (standardosäkerhet plan/höjd, mm)	-	-	<20 / <20	Endast angiven för HMK-standardnivå 3. Punkttäthet och bildupplösning följer branschstandard.
	Punkttäthet (punkter/m ²)	-	-	1500	
	Geometrisk upplösning, bilder (mm)	-	-	10	
HMK – Terrester laserskanning 2017, Tabell 2.3.1 <ännu inte utgiven när denna rapport publicerades>	Terrester laserskanning. Absolut lägesosäkerhet ideala förhållanden (standardosäkerhet plan/höjd, mm)		<20 / <20	<20 / <20	Endast angiven för HMK-standardnivå 2 och 3. Absolut lägesosäkerhet avser georefererade data. Lokal lägesosäkerhet avser data som inte ansluts till ett officiellt referenssystem, t.ex. detaljdokumentation av byggnader, minnesmärken etc.
	Terrester laserskanning. Lokal lägesosäkerhet ideala förhållanden (standardosäkerhet plan/höjd, mm)		-	<5 / <5	
HMK – Höjddata 2017, Tabell 2.3.1	Höjdmodell från flygbilder. Lägesosäkerhet ideala förhållanden	Se siffrorna för HMK – Flygfotografering			Tabell 2.3.1 i HMK – Höjddata innehåller även standardosäkerheten för blandade förhållanden.
	Höjdmodell från flygburen laserskanning. Lägesosäkerhet ideala förhållanden	Se siffrorna för HMK – Flygburen laserskanning			
HMK – Ortofoto 2017, Tabell 2.3.1	Ortofoton från flygbilder. Lägesosäkerhet i plan, ideala förhållanden	Se HMK – Flygfotografering, siffrorna för lägesosäkerhet i plan			Standardosäkerheten följer den geometriska upplösningen i ortofotot. Vissa objekt kan vara svårare att mäta i ortofotot jämfört med stereomodell.
HMK- Fotogrammetrisk detaljmätning 2017, Tabell 2.3.1	Mätning i stereomodell	Se siffrorna för HMK – Flygfotografering			Se kommentar för HMK-Flygfotografering
	Mätning i plan i ortofoto eller stereomodell. Höjder interpolerade ur höjdmodell	Se HMK – Flygfotografering, siffrorna för lägesosäkerhet i plan För lägesosäkerhet i höjd: Se siffrorna för HMK – Flygburen laserskanning om höjdmodellen kommer från laserskanning. Se siffrorna för HMK – Flygfotografering om höjdmodellen kommer från flygbilder			Standardosäkerheten i plan följer den geometriska upplösningen i ortofotot eller flygbilden. Vissa objekt kan vara svårare att mäta i ortofotot jämfört med stereomodell.

Bilaga: Avsnitt i HMK som behandlar mät- och lägesosäkerhet vid geodetisk mätning

Dokument	Kapitel/Bilaga	Avsnitt, tabell- nummer, underbilaga	Sid nr	Specifikation
HMK – Kravställning vid geodetisk mätning 2017	Kapitel 2: Beställarens kravställning för geodetisk mätning	Tabell 2.3.2	12	Exempel på lägesosäkerhet (standardosäkerhet) vid stommätning
		Tabell 2.4.2	17	Exempel på lägesosäkerhet (standardosäkerhet) i plan vid detaljmätning
HMK – Stommätning 2017	Kapitel 2: Uppdragsplanering och förberedelser	Tabell 2.3.2	31	Klassindelning av totalstationer
		Tabell 2.3.3	32	Klassindelning av avvägningsinstrument
	Kapitel 3: Stommätning med GNSS	Tabell 3.1.3	45	Observationstider för statisk mätning av baslinjer beroende på baslinjelängd och förväntad standardosäkerhet
		Tabell 3.3.5	54	Standardosäkerheter för komponenterna vid baslinjemätning
	Kapitel 4: Terrester stommätning	Avsnitt 4.3.1, löptext och exempel	69–70	Formler för beräkning av standardosäkerhet vid riktningmätning, längdmätning samt mätning av höjdtåg. Parametervärdena hämtas från instrumenttillverkarnas tekniska specifikationer.
	Bilaga A: Förväntad lägesosäkerhet	Bilaga A.1, Tabell A.1.1	82	Stommätning med GNSS, punkter i anslutningsnät
		Bilaga A.1, Tabell A.1.2	82	Stommätning med GNSS, punkter i bruksnät
		Bilaga A.1, Tabell A.1.3	82	Stommätning med GNSS, enskild punkt
		Bilaga A.2, Tabell A.2.1	83	Stommätning med terrester teknik, punkter i bruksnät
		Bilaga A.2, Tabell A.2.2	83	Stommätning med terrester teknik, avvägning
	HMK – Terrester detaljmätning 2017	Bilaga A: Lägesosäkerhet vid terrester detaljmätning	Bilaga A.1, löptext	36
Bilaga A.2, löptext			37	Faktorer som påverkar osäkerheten vid terrester detaljmätning med totalstation
Bilaga A.3, löptext			38	Faktorer som påverkar osäkerheten vid terrester detaljmätning med avvägningsinstrument
Bilaga A.4.1, löptext; formel + exempel			39	Lägesosäkerhet, detaljmätning med totalstation i plan
Bilaga A.4.2, löptext; formel + exempel			40	Lägesosäkerhet, detaljmätning med totalstation i höjd
Bilaga A.4.3, löptext; formel + exempel			41	Lägesosäkerhet, avvägning
HMK – GNSS-baserad detaljmätning 2017	Bilaga A.1	Löptext	47	Faktorer som påverkar mätosäkerheten
	Bilaga A.2: Schablonuppgifter för nätverks-RTK	Bilaga A.2.1, löptext	47	Antaganden och förutsättningar
		Bilaga/Tabell A.2.3	49	Lägesosäkerhet för nätverks-RTK i ett 70 km-nät
		Bilaga/Tabell A.2.4	49	Lägesosäkerhet för nätverks-RTK i ett 35 km-nät
		Bilaga/Tabell A.2.5	49	Lägesosäkerhet för nätverks-RTK i ett 10 km-nät
HMK – Geodetisk infrastruktur 2017	Bilaga A.3: Schablonskattade standardosäkerheter	Tabell A.3.a	48	Exempel på absolut (georefererad) standardosäkerhet för aktiva referensnät och RTK-mätning
		Tabell A.3.b	49	Schablonmässig standardosäkerhet i avvägningsnät
		Tabell A.3.c	49	Schablonmässig standardosäkerhet i plana stommät
	Bilaga B: Kinematisk positions- och orienteringsbestämning	Tabell B.5	57	Beräkningsmetoder och förväntad standardosäkerhet
		Tabell B.6.3	63	Standardosäkerheter för fixlösning, flytlösning och absolutbestämning