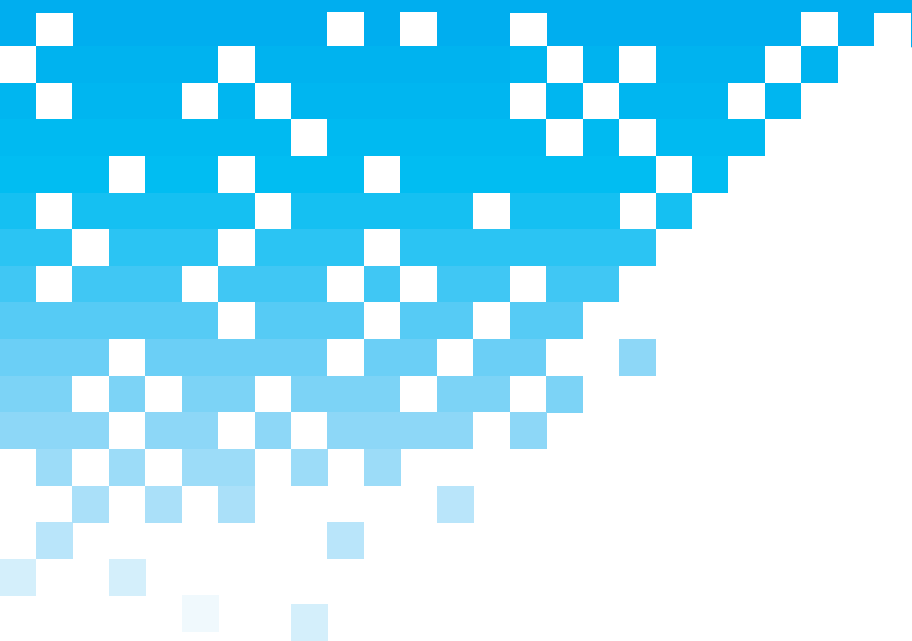


HMK
- handbok i mät- och kartfrågor

Flygfotografering

2017



Förord 2017

Första versionen av *HMK – Bilddata* publicerades i december 2013, som ett "pilotkapitel" för övriga geodatainsamlingsdokument. Dokumentet togs fram av en arbetsgrupp bestående av Jan Wingstedt, Jönköpings kommun/Lantmäteriet, Joakim Fransson och Per Isaksson, Trafikverket, samt Thomas Lithén, Jens Rågvall och Marianne Orrmalm, Lantmäteriet. Muriel Bjureberg och Gunilla Lundgren ansvarade för layout och design.

Denna version, *HMK – Flygfotografering 2017*, är den fjärde i ordningen. Förutom att dokumentets namn har ändrats har följande större förändringar gjorts i förhållande till den förra versionen:

- Delar av avsnitt 2.3 har skrivits om i enlighet med den tekniska rapporten [HMK-TR 2016:3](#) "Lägesosäkerheten i geodata – likheter och olikheter".
- Bilaga C.2 (om produktkontroll) har omarbetats, utökats och gjorts enhetlig med övriga geodatainsamlingsdokument.
- Avsnitt 2.4 har omarbetats – framför allt vad gäller produktionsdokumentation och metadata.
- Bilagorna har getts en mer logisk numrering, som bättre följer huvudtexten.
- Länkar och hänvisningar till andra dokument har uppdaterats.

Översynen har utförts av en arbetsgrupp bestående av Thomas Lithén, Clas-Göran Persson och Jan Wingstedt, Lantmäteriet, samt Joakim Fransson, Trafikverket. En granskning av dokumentets slutversion har gjorts av Helén Rost, Terratec.

Gävle 2017-09-30

/Anders Grönlund,
Uppdragsledare HMK

Innehållsförteckning

HMK-Flygfotografering 2017	1
1 Inledning.....	5
2 Teknisk specifikation.....	7
2.1 Allmän beskrivning	7
2.2 Specifikation av utgångsmaterial.....	7
2.3 Specifikation av produkten.....	8
2.3.1 HMK-standardnivå.....	8
2.3.2 Geometrisk upplösning.....	10
2.3.3 Lägesosäkerhet	11
2.3.4 Övertäckning	13
2.3.5 Bildkvalitet	15
2.3.6 Solvinkel/skugglängd.....	16
2.3.7 Fotograferingsperiod	17
2.3.8 Bildtyp och färgdjup	19
2.3.9 Följprodukter.....	19
2.3.10 Tilläggsspecifikation.....	20
2.4 Specifikation av leverans.....	22
2.4.1 Referenssystem.....	22
2.4.2 Stråk- och stödplan	22
2.4.3 Markstöd	22
2.4.4 Bilddata.....	22
2.4.5 Positions- och orienteringsdata (GNSS/ INS).....	23
2.4.6 Positions- och orienteringsdata (Blocktriangulering)	23
2.4.7 Fotogrammetriskt punktmoln.....	24
2.4.8 Produktionsdokumentation	25
2.4.9 Metadata.....	25
2.4.10 Tilläggsspecifikation av leverans	27
3 Genomförande.....	28
3.1 Planering av stråk och markstöd	28
3.1.1 Val av flyghöjd och stråkplanering.....	28
3.1.2 Planering av markstöd	29
3.1.3 Leverans	30
3.2 Signalering och inmätning av markstöd.....	31
3.2.1 Leverans	33
3.3 Insamling av bild- och GNSS/INS-data	33
3.3.1 Fotografering	33
3.3.2 Bearbetning av bilder.....	35
3.3.3 Beräkning av orienteringsdata ur GNSS/INS-data.....	35
3.3.4 Leverans	36
3.4 Blocktriangulering.....	37
3.4.1 Mätning av konnektionspunkter	38
3.4.2 Beräkning av orienteringsdata	38
3.4.3 Leverans	39
3.5 Bildmatchning.....	40
3.5.1 Leverans	40

4	Beställarens kontroll	41
5	Referenser/Läs mer	42
	Bilaga A: Mall och exempel för upp-rättande av teknisk specifikation	44
	Bilaga A.1 Mall för teknisk specifikation	44
	Bilaga A.2 Exempel på ifylld mall för en kommun	47
	Bilaga A.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket.....	50
	Bilaga B: Produktionsdokumentation	53
	Bilaga B.1 Stråk- och stödplanering	53
	Bilaga B.2 Signalering och mätning av markstöd	54
	Bilaga B.3 Insamling av bild- och GNSS/INS-data	55
	Bilaga B.4 Blocktriangulering.....	56
	Bilaga B.5 Bildmatchning.....	57
	Bilaga C: Kontroll av bilddata.....	58
	Bilaga C.1 Kompletter leverans	58
	Bilaga C.2 Produkt	58
	Bilaga C.3 Fördjupad kontroll vid behov	61

1 Inledning

Information

För eventuella fortlöpande justeringar av detta dokument, se [HMK-loggen](#).

HMK-Flygfotografering behandlar upprättande av teknisk specifikation för upphandling av orienterade flygbilder i lod samt hur dessa tas fram, kontrolleras och dokumenteras. Utgångspunkten är flygburen insamling av bilder i lod med GNSS/INS-stödd digital flygbildskamera. Även flygbilder i lod med UAS hanteras.

Obemannade luftfartyg benämns med olika namn som drönare, UAS (Unmanned Aerial Systems), UAV (Un-manned Aerial Vehicle mfl betydelser) och RPAS (Remotely Piloted Aircraft System). Uttrycket UAS kommer att användas i denna rapport.

Vanliga tillämpningar är fotogrammetrisk detaljmätning i 3D (stereokartering) samt för framtagning av ortofoton och höjdmodeller.

Dokumentet stödjer:

- upprättande av en teknisk specifikation (kapitel 2 och Bilaga A), se [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 2.1
- genomförande av ett uppdrag avseende flygfotografering (kapitel 3 och Bilaga B).
- kontroll av leverans (kapitel 4 och Bilaga C).

Följande HMK-standardnivåer omfattas ([HMK - Geodatakvalitet 2017](#), avsnitt 2.6).

- HMK-standardnivå 1: Nationell/regional mätning och kartläggning för översiktlig planering och dokumentation.
- HMK-standardnivå 2: Mätning och kartläggning av tätort för kommunal detaljplanering och dokumentation.
- HMK-standardnivå 3: Projektinriktad mätning och kartläggning för projektering och byggande.

Frågor om upphandling, tillstånd och sekretess behandlas i [HMK - Introduktion 2017](#), kapitel 3. Tekniska termer och förkortningar förklaras i [HMK-Ordlista](#), senaste version. Dokumentstruktur och hänvisningar förklaras i [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7.

Råden i HMK - Flygfotografering 2017 bygger främst på de erfarenheter som Lantmäteriet, kommuner och Trafikverket har som beställare inom sina respektive verksamhetsområden. Mycket är dock generellt och kan, med mindre modifieringar, användas inom andra verksamheter.

Avgränsningar

Satellitbilder, flygburen insamling av snedbilder, flygburen insamling med analog kamera och film, fordonsburen insamling samt matematiska härledningarna och formler behandlas inte i HMK - Flygfotografering 2017.

Intresserade av analog teknik hänvisas till det gamla dokumentet [HMK - Fotogrammetri \(1994\)](#).

Intresserade av härledningarna och formler hänvisas till Kapitel 5 *Referenser/Läs mer*.

2 Teknisk specifikation

Rekommendation

- a) Beställaren beskriver och specificerar uppdraget i en teknisk specifikation.

Vid upprättande av *teknisk specifikation* använder beställaren detta avsnitt samt Bilaga A som stöd.

En teknisk specifikation kan helt eller delvis bestå av hänvisningar till en eller flera befintliga *dataproduktspecifikationer* (DPS) eller formella standarder. Om så är fallet kan kapitel 2 och 3 användas som checklista för att säkerställa att aktuell DPS/standard omfattar alla relevanta krav vid beställning av bilddata.

För mer information om teknisk specifikation och dataproduktspecifikation, se [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 2.1, och [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga B. Dataproduktspecifikation enligt SS-EN ISO 19 131 benämns *dataspecifikation* på geodata.se/Inspire och *dataproduktspecifikation* samt *informationsspecifikation* i arbetet med [Nationella specifikationer](#).

2.1 Allmän beskrivning

Rekommendation

Beställaren beskriver:

- a) de tjänster och produkter som den tekniska specifikationen omfattar, det vill säga vad som ska utföras och levereras
- b) hur produkten ska användas.

Beskrivningen säkerställer att samsyn råder mellan beställare och utförare. Om produkten ska användas för tolkning och mätning av objekt bör en lista på aktuella objekttyper bifogas.

2.2 Specifikation av utgångsmaterial

Rekommendation

- a) Beställaren levererar insamlingsområdets koordinatsatta begränsning i vektorformat samt anger filformat och referenssystem.
- b) Beställaren redovisar vilket existerande utgångsmaterial som ställs till utförarens förfogande för uppdraget, samt dess egenskaper.

Med utgångsmaterial avses material som kan underlätta och effektivisera genomförande av uppdraget, till exempel **markhöjdmodeller**, strandlinjer, stompunkter och befintliga markstöd med tillhörande metadata och kvalitetsuppgifter.

2.3 Specifikation av produkten

2.3.1 HMK-standardnivå

Rekommendation

- a) Beställaren anger HMK-standardnivå för produkten

Vald HMK-standardnivå (läs mer i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), avsnitt 2.6), utifrån tänkt användning, blir styrande för genomförandet. Tabell 2.3.1a och 2.3.1b redovisar en sammanställning av parametervärden för respektive HMK-standardnivå. Värdena ska ses som rekommendationer och beställaren kan justera dessa vid behov. Det bör dock noteras att eventuella justeringar kan innebära påverkan både på slutproduktens användbarhet och på priset för genomförandet av uppdraget.

Tabell 2.3.1a. Sammanställning av parametrar per HMK-standardnivå för flygburen insamling av lodbilder för stereokartering och höjdmodeller

Parametrar	HMK-standardnivå 1	HMK-standardnivå 2	HMK-standardnivå 3
Geometrisk upplösning, flygbild (m) ^{I)}	0,15 - 0,50	0,08 - 0,12	0,02 - 0,05
Lägesosäkerhet, ideala förhållanden Plan/Höjd (m) ^{II)}	0,20 - 0,50/ 0,30 - 0,75	0,08 - 0,12/ 0,12 - 0,18	0,02 - 0,05/ 0,03 - 0,07
Övertäckning, i/mellan stråk (%) ^{III)}	60/30		-
Bildkvalitet ^{IV)}	≥2		≥1
Solvinkel (grader) ^{V)}	≥30		-
Fotograferingsperiod ^{VI)}	Snöfri	Snö- och lövfri	-

UAS

Tabell 2.3.1b. Sammanställning av parametrar per HMK-standardnivå för flygbu-
ren insamling av lodbilder med UAS för stereokartering och höjdmodeller

Parametrar	HMK- standard- nivå 3
Geometrisk upplösning, flygbild (m) ^{I)}	0,02 - 0,05
Lägesosäkerhet, ideala förhållanden Plan/Höjd (m) ^{II)}	0,02 - 0,05/ 0,03 - 0,07
Övertäckning, i/mellan stråk (%) ^{III)}	70/80
Bildkvalitet ^{IV)}	≥1
Solvinkel (grader) ^{V)}	—
Fotograferingsperiod ^{VI)}	—

^{I)} För definition av geometrisk upplösning i flygbilder se avsnitt 2.3.2. Intervallet avser ett spelrum inom vilket värdet på geometrisk upplösning vanligtvis ligger. Beställaren väljer ett värde för sitt ändamål.

^{II)} Lägesosäkerhet avser standardosäkerhet för tydligt identifierbara objekt vid mätning i stereomodell. Intervallet avser parametervärden som följer det värde som valts på geometrisk upplösning. Andra värden kan väljas av beställaren, se avsnitt 2.3.3.

^{III)} Vanligt förekommande värden, se rekommendation i avsnitt 2.3.4.

^{IV)} Vanligt förekommande värden, se rekommendation i avsnitt 2.3.5.

^{V)} Vanligt förekommande värde, se rekommendation i avsnitt 2.3.6.

^{VI)} Vanligt förekommande värden, se rekommendation i avsnitt 2.3.7.

2.3.2 Geometrisk upplösning

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på geometrisk upplösning.

Med geometrisk upplösning i en digital flygbild (*Ground Sample Distance - GSD*) avses avståndet på marken mellan två närliggande pixel-centra. Det som anges är max-värdet inom en bild, dvs. ingen bild-del har ett större pixel-avstånd än detta GSD-värde. Ortofoton ska som regel inte framställas med högre upplösning än flygbildens geometriska upplösning.

Flertalet flygkameror registrerar de spektrala banden rött, grönt, blått och nära infrarött samt ett pankromatiskt band. Det pankromatiska bandet har vanligtvis högre geometrisk upplösning än de spektrala banden. Vid framställning av färg- respektive IR-färgbilder infärgas det pankromatiska bandet i en så kallad panskärpning. Kravet på upplösning ställs på den panskärpta bilden, det vill säga slutprodukten.

Detaljmåtning av grundläggande geodata påverkas normalt inte av de spektrala bandens geometriska upplösning. Valet kan dock ha betydelse vid skogs- och vegetationsklassning. Förhållandet i geometrisk upplösning mellan det pankromatiska bandet och färgbanden bör framgå av produktionsdokumentationen eller metadata.

Den geometriska upplösningen påverkar, tillsammans med bildkvaliteten, vilka objekt som går att tolka och mäta i bilderna. Det har visat sig att hög flyghöjd trots hög upplösning kan leda till oskärpa och svårigheter att tolka/mäta mindre objekt. Om produkten ska användas för tolkning och mätning av objekt bör därför en lista på aktuella objekttyper bifogas för att säkerställa att bilder levereras med tillräcklig skärpa. Listan ska endast innehålla sådana objekt som är möjliga att mäta i aktuell upplösning. Läs mer om tolkningsmöjligheter för olika geometriska upplösningar i Tabell 2.3.2. och referens [1].

Det bör observeras att tabellen bygger på stereokartering. Vissa objekt kan vara svårare att tolka i ortofoton. I HMK-standardnivå 3, vid kartering i väg- och järnvägs miljö, har det bland annat visat sig svårt att i ortofoto tolka skyltar, mindre belysningsstolpar, räcken och staket, komplett stödremsa, komplett kantsten, brunnar och ventiler samt distansstolpar för dessa, el- och telestolpar samt distansstolpar för el och telekablar, se referens [2].

Upplösningen påverkar även vilken lägesosäkerhet som är möjlig att uppnå. I vissa fall får lägesosäkerheten vara styrande för val av upplösning snarare än tolkbarheten.

Beställaren kan välja att specificera vad som ska vara möjligt att tolka i

flygbilden, samt med vilken lägesosäkerhet, men överlåta till utföraren att bestämma vilken geometrisk upplösning som krävs för att uppfylla de ställda kraven. Förfarandet kan gälla alla HMK-standardnivåer men är vanligast för HMK-standardnivå 3.

Tabell 2.3.2. Exempel på tolkningsmöjligheter vid stereokartering för olika geometriska upplösningar, läs mer i referens [1]

Geometrisk upplösning (m)	Exempel på vid vilken upplösning olika objekt kan börja tolkas och mätas
0,50	Väggkant - grus, Väggkant - målad linje, Byggnadskontur - geometri, Strandlinje, Kaj, Brygga
0,25	Byggnad - tolkning användning, Slänt, Dike
0,10	Väggkant - asfalt, Trottoarkant, Spår (räl), Byggnad - takdetaljer, Altan, Staket, Plank, Mur, Kraftledningsstolpe, Lyktstolpe, Armatyr, Brunnslock
0,05	Väg - stödremsekant, Trappa, Luftledning, Elskåp, Trafikskylt, Väggräcke - navföljare

2.3.3 Lägesosäkerhet

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på lägesosäkerhet.

Krav på lägesosäkerhet avser "absolut" lägesosäkerhet i de nationella referenssystemen Sweref99 och RH2000 eller annat referenssystem som beställaren anger, se avsnitt 2.4.1. Som mått används standardosäkerheten i plan och höjd för tydligt identifierbara (signalerade) objekt - mätta i stereomodell efter blocktriangulering.

Observera att standardosäkerheten kan bli avsevärt högre för andra typer av objekt. Osäkerheten varierar mellan olika objekttyper beroende dels på hur väl objekten i sig är definierade, dels på hur väl operatören kan identifiera och mäta dessa i bilderna.

"Gamla" HMK-Fotogrammetri anger att standardosäkerheten för relativt väldefinierade punkter, såsom takhörn, kan förväntas bli 1.5 - 2.5 gånger högre än värdena i Tabell 2.3.1, som avser ideala förhållanden; för objekt som inte är väldefinierade kan värdena bli upp till 5 gånger högre.

Krav på lägesosäkerhet ställs utifrån användningen av den beställda produkten. Följande tumregel gäller för HMK-standardnivå 1 och 2:

- Gränsvärdet för standardosäkerheten i plan bör vara \geq flygbildens geometriska upplösning (GSD).
- Gränsvärdet för standardosäkerhet i höjd bör vara $\geq 1,5$ gånger flygbildens geometriska upplösning (GSD).

Läs mer om mätosäkerhet vid stereokartering i referens [3] och [4].

Det är möjligt att uppnå en lägre standardosäkerhet än tumregeln ovan. Det kan dock ställa krav på större övertäckning i och mellan flygstråk, tvärstråk eller fler markstöd.

Flygburen laserskanning ger tillgång till många markstöd i höjd på öppna, plana och hårdgjorda ytor. Med hjälp av sådana stöd kan standardosäkerheten i höjd sänkas till 1 pixel eller bättre för HMK-standardnivå 1 och 2.

Handlingar för byggande (standardnivå 3) kräver vanligen en standardosäkerhet på 20 mm eller bättre i både plan och höjd, vilket ställer särskilda krav på datainsamlingen. Ofta används då en kombination av flygfotografering och laserskanning. Planläget mäts genom fotogrammetrisk detaljmätning och höjdläget tolkas från laserskannad höjdmödel.

För att uppnå efterfrågad lägesosäkerhet och tolkbarhet (i HMK-standardnivå 3) kan beställaren välja att överlåta till leverantören att bestämma lämplig geometrisk upplösning, övertäckning med mera.

Det förekommer även uppdrag med, höga krav på tolkbarhet, dvs indirekt på den geometriska upplösningen, men där lägesosäkerheten är mindre viktig. Det kan exempelvis handla om inventering av detaljer i Ortofoto. I sådana fall kan kraven på bland annat övertäckning och antalet markstöd sänkas eller överlåtas till leverantören att bestämma.

För lägesosäkerhet för fotogrammetriskt punktmoln från bildmatchning, se avsnitt 2.3.9.

2.3.4 Övertäckning

Rekommendation

- a) För HMK-standardnivå 1 och 2 ställer beställaren krav på önskad övertäckning alternativt deplacering eller infallsvinkel.
- b) Vid byggnadsortofoto, sant ortofoto eller HMK-standardnivå 3 ställer beställaren krav på övertäckning implicit genom att specificera slutprodukten egenskaper och/eller funktion. Övertäckningen, i och mellan flygstråken, samt kamerans öppningsvinkel påverkar insynen i bilderna.

Om bilddata ska användas för både stereokartering och ortofotoframställning, enligt HMK-standardnivå 1 och 2, bör övertäckningen inte understiga 60 % inom, respektive 30 % mellan, stråken. Vid insamling i områden med tät och hög bebyggelse kan det vara lämpligt att öka övertäckningen, i och mellan stråken, för att förbättra insynen och reducera lutningseffekten på byggnader i ortofoton. Övertäckningen ökas i första hand till 60 % mellan stråken men även ökning till 80 % inom stråken förekommer. Effekten av bildövertäckningen påverkas av kamerans öppningsvinkel.

Övertäckningstalen bygger på en kameratyp med en maximal öppningsvinkel på 70 grader, vilket motsvarar de vanligaste förekommande flygkamerorna för ändamålet. Avvikelser från rekommendationerna vad gäller övertäckningen kan motiveras av att kameror med andra öppningsvinklar används.

Om bilddata ska användas för byggnadsortofoto eller sant ortofoto krävs en tillräckligt stor övertäckning för att inte områden som saknar bildinformation ska resultera i "hål" på ortofotot. Kostnaden för sant ortofoto kan, bland annat på grund av kraven på övertäckning, bli hög. För övertäckning och koppling till flygbildens geometriska upplösning avseende punkttäthet för fotogrammetriskt punktmoln från bildmatchning, se avsnitt 2.3.9.

Deplacering eller infallsvinkel

För att säkerställa god insyn och begränsa deplacering i ortofoton anges ofta krav på flygbildernas övertäckning. Ett alternativ till detta är att ange krav på deplacering eller maximal infallsvinkel på marken.

Figur 2.3.4. Exempel på deplacering. Den heldragna linjen avser husets verkliga läge. Den streckade avser hustakets läge i ortofotot, dvs. deplaceringen.



Nackdelen med ett krav på bildövertäckning är att resultatet inte enbart beror på övertäckningen utan också till stor del på geometrin i kameran. Ett krav på maximal infallsvinkel eller maximal deplacering är däremot oberoende av kamerans geometri.

Maximal infallsvinkel kan anges med grader som beskriver avvikelser mot en vertikal infallsvinkel. Deplaceringen kan anges som procent i förhållande till höjden på objektet.

För ortofoton i HMK-standardnivå 1 och 2 är det vanligt med en konfiguration som ger en maximal infallsvinkel på $< 30^\circ$ eller motsvarande deplacering på $< 50\%$. För HMK-standardnivå 3 där materialet ofta ska användas för projektering förekommer ofta högre krav på god insyn och liten deplacering.

För de objekt som ingår i rektifieringsmodellen finns ingen deplacering.

UAS

För att erhålla lägesosäkerhet enligt tabellen 2.3.1b rekommenderas övertäckning på minst 80% i stråklod och 70% i sidled. Högre övertäckning kan behövas om det är högre byggnader och skog i insamlingsområdet, t ex 90%/80%.

Om bilderna ska användas för dokumentation i kommunal geodatabas enligt HMK-standardnivå 2 genom fotogrammetrisk detaljmätning i stereomodell kan en något mindre övertäckning räcka beroende på UAS-utrustning, dock lägst 60%/60%.

2.3.5 Bildkvalitet

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på flygbildernas kvalitet.

Den bearbetade bildens kvalitet innefattar dynamiskt omfång, skugglängd, rörelseoskärpa, moln, rök, dis och belysningsförhållanden.

För ortofotoframställning i HMK-standardnivå 1 och 2, bör flygbildernas kvalitet inte understiga betyg 2 om visuellt enhetliga bilder önskas (Tabell 2.3.5). För stereokartering kan betyg 1 accepteras. Det bör noteras att alltför hårda krav på bildkvalitet kan försvåra genomförandet genom färre fotograferingstillfällen och påverka priset negativt.

Tabell 2.3.5. 4-gradig betygsskala för bedömning av fotografisk bildkvalitet.

Betyg	Anmärkning
0	Bilder med betyg 0 uppvisar något av följande: <ul style="list-style-type: none">– oskärpa– dåligt dynamiskt omfång– dålig belysning– påtaglig påverkan av dis, moln eller rök– övriga defekter som gör dem oanvändbara för mätändamål, till exempel geometriska defekter, och bildtolkning
1	Bilder med betyg 1 karakteriseras av: <ul style="list-style-type: none">– bra skärpa– bra dynamiskt omfång– eventuell påverkan av dis, rök eller moln, om märkbara, av obetydlig karaktär– variation i belysning inklusive påverkan av moln-skugga tillåts
2	För bilder med betyg 2 ökas kravet på belysning: <ul style="list-style-type: none">– jämn belysning där eventuell påverkan av moln-skugga är, om märkbar, av ringa omfattning
3	För bilder med betyg 3 ökas kravet på belysning och förekomst av dis, moln och rök: <ul style="list-style-type: none">– helt jämn belysning– dis, moln, rök förekommer inte

2.3.6 Solvinkel/skugglängd

Rekommendation

- a) För HMK-standardnivå 1 och 2 ställer beställaren krav på solvinkel/skugglängd.
- b) För HMK-standardnivå 3 ställer beställaren krav på solvinkel/skugglängd implicit genom att specificera slutprodukts egenskaper och/eller funktion.

Föremål som träd och byggnader, genererar skuggor i flygbilder och ortofoton. Skugglängden ökar med minskad solhöjd. Skuggor kan vara en fördel vid bildtolkning eftersom master och andra uppstickande objekt, samt strukturer på plana ytor, framträder bättre med skuggans hjälp. Långa skuggor från till exempel skog innebär å andra sidan att smala vägar och stigar, och liknande objekt, kan vara svåra att se i flygbilden och skuggor kan vara ett problem vid bildmatchning.

Bilddata för stereokartering och ortofotoframställning (i HMK-standardnivå 1 och 2) bör ha en solvinkel på minst 30 grader. Geografiskt läge, årstid och vädret begränsar antalet möjliga fototillfällen (Tabell 2.3.6). Beställaren kan därför behöva minska kraven i syfte att slutföra fotograferingen.

Tabell 2.3.6. Antal timmar per dag då solen står minst 30 grader över horisonten, vilket motsvarar en relativ skugglängd på cirka 1,7.

	Malmö	Uddevalla	Stockholm	Härnösand	Luleå	Kiruna
1 april	5	4,5	4	3	0	0
1 maj	7,5	7,5	7,5	7	6,5	6
1 juni	9	9	9	9	9	8,5
1 juli	9,5	9,5	9	9	9	9
1 augusti	8,5	8,5	8	8	7	7
1 september	6	5,5	5,5	4,5	3	1
1 oktober	2	0	0	0	0	0

Vid flygfotografering för IR-färgbilder bör fotograferingstiden reduceras med en timme i början respektive slutet av fotopasset för att erhålla tillräckligt hög reflektion i det nära infraröda spektralområdet (NIR).

2.3.7 Fotograferingsperiod

Rekommendation

- a) För HMK-standardnivå 1 och 2 specificerar beställaren fotograferingsperiod.
- b) För HMK-standardnivå 3 specificerar beställaren fotograferingsperiod implicit genom krav på slutprodukten egenskaper och/eller funktion.

Rådande ljus-, mark- och vegetationsförhållanden ska beaktas vid val av fotograferingsperiod.

Vid fotografering för detaljmätning (i HMK-standardnivå 2), ska god insyn mot marken eftersträvas. Den mest lämpade perioden är på våren mellan snösmältning och lövsprickning (Tabell 2.3.7). Även höstfotografering efter lövfällning kan, i undantagsfall, vara en möjlig period för insamling (Figur 2.3.7.a).

Tabell 2.3.7. Datum för björkens lövsprickning. Beräkningen är ett medelvärde för perioden 1950–2012 (Källa: www.blommar.nu, 131213).

Malmö	Udde- valla	Stock- holm	Härnö- sand	Luleå	Kiruna
15 april	15 april	1 maj	15 maj	20 maj	10 juni

För nationell och regional kartläggning av större områden (i HMK-standardnivå 1) tillåts vanligen flygfotografering även efter lövsprickning, för att ge möjlighet att täcka stora ytor när vädret så tillåter, och därmed öka möjligheterna att fullfölja fotograferingsuppdraget.

Vid flygfotografering för ortofotoframställning, där insyn för detaljmätning inte har högsta prioritet, kan fotograferingsperiod väljas utifrån bildernas användningsområde. Det är vanligt att ett visuellt tilltalande ortofoto, där vegetationen framträder i bilderna, önskas.

Flygfotografering för IR-färgbilder för analys av vegetation eller skog görs under vegetationsperioden (Figur 2.3.7.b). Sådan fotografering bör söder om Dalälven ske från mitten av juni till mitten av augusti. Norr om Dalälven bör fotografering ske från början av juli till mitten av augusti.

Figur 2.3.7.a. Flygfoto taget den 26 november. Även om skuggorna blir längre så ges möjlighet till insyn på grund av lägre kontrastförhållanden i höstsolen.



Figur 2.3.7.b. IR-färgbilder fotograferade före respektive efter lövsprickning (15 april 2010 respektive 4 juni 2010) (Källa: Lantmäteriet).



2.3.8 Bildtyp och färgdjup

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar bildtyp och färgdjup.

Bildtyp (PAN, RGB, CIR)

Beställaren definierar krav på bildtyper som ska ingå vid leverans. En pankromatisk (svartvit) bild benämns PAN. En färgbild byggs upp av banden rött, grönt och blått och benämns RGB. En IR-färgbild är uppbyggd av banden nära infrarött, rött och grönt och benämns CIR.

Färgdjup

Beställaren definierar krav på färgdjup i ortofotot. Det vanliga är ett färgdjup på 8 bitar per kanal. För bilder avsedda för automatisk bildanalys och vegetationsklassning förekommer färgdjup på 16 bitar per kanal.

2.3.9 Följprodukter

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar krav på eventuella följdprodukter som ska framställas.

Information

Följdprodukten *fotogrammetriskt punktmoln* stöds av HMK-Flygfotografering 2017.

Följande följdprodukter stöds av andra HMK-dokument:

- Ortofoto i [HMK - Ortofoto 2017](#).
- Inmätning av artefakter i vektorformat i [HMK - Fotogrammetrisk detaljmätning 2017](#).
- Klassificerat punktmoln, markhöjdmodell, ythöjdmodell, höjdkurvor och höjdpunkter i [HMK - Höjddata 2017](#).

Fotogrammetriskt punktmoln

Krav på detaljeringsgrad (*punktaavstånd* eller *punkttäthet*) och lägesosäkerhet i punktmolnet ställs indirekt genom vald geometrisk upplösning, lägesosäkerhet och övertäckning i flygbilderna, enligt avsnitten 2.3.2–2.3.4.

Detaljeringsgrad för punktmoln från bildmatchning med flygbilder i lod avser vanligen punktavstånd. Punktavståndet är kopplad till bildens geometriska upplösning och flygbildernas övertäckning. En tumregel är att:

- punktavståndet lika med bildens geometriska upplösning vid en övertäckning på minst 80%/60%, i och mellan stråk, och
- punktavståndet sätts till det dubbla värdet av bildens geometriska upplösning vid övertäckning kring 60%/30%.

Under ideala förhållanden gäller lägesosäkerheten enligt Tabell 2.3.1. För blandade förhållanden se [HMK - Höjddata 2017](#), Tabell 2.3.1.

Kvaliteten i bildmatchning påverkas av fler faktorer, exempelvis ytans struktur, bildernas inbördes kvalitet, vegetation, övertäckning i och mellan stråk samt vald programvara och valda parametrar för bildmatchning. Områden där bildernas insyn skuggas av uppstickande objekt resulterar i "hål" i punktmolnet/[ythöjdmodellen](#).

Läs mer om bildmatchning i referens [5].

2.3.10 Tilläggspecifikation

Rekommendation

- b) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på produkten.

Beställaren bör inte detaljstyra genomförandet, utan så långt som möjligt överlämna det till utföraren, enligt beskrivning i kapitel 3.

Nedan ges exempel på några tillägg/avsteg från kraven i kapitel 3 som ändå kan vara aktuella.

Stråkriktning

Beställaren anger eventuella krav på stråkriktning.

Vid val av öst-västlig stråkriktning erhålls en jämnare färgåtergivning i stereomodellerna. Även stereobetraktningen underlättas då ljus- och skuggförhållanden blir lika för höger respektive vänster öga.

Vid val av nord-sydlig stråkriktning erhålls fördelen med mindre varierande väderförhållanden samt att påverkan av hotspot-effekter minimeras. Men problem med ändring av väderförhållanden påverkar främst projekt med lång genomförandetid. Det bör noteras att valet av stråkriktning kan komma att påverka genomförandet, slutprodukten och även priset.

Kontrollobjekt

Beställaren anger eventuella krav på *kontrollobjekt*. Signalering av kontrollobjekt utförs enligt kraven i avsnitt 3.1.2 och 3.2.

Kontrollobjekt används för att kontrollera anslutningen till referenssystemet och verifiera lägesosäkerheten i bilddata. De utformas och positionsbestäms på samma sätt som de *markstöd* som använts för blocktriangulering – men ska vara geografiskt åtskilda från dessa. Antal kontrollobjekt, samt inbördes avstånd, anpassas så att uppnådd lägesosäkerhet kan redovisas signifikant.

Markstöd

Beställaren anger eventuella krav på antalet *markstöd*. Det bör som minimum finnas markstöd i varje hörn samt i mitten av insamlingsområdet. Signalering av markstöd utformas enligt kraven i avsnitt 3.1.2 och 3.2.

Markstöd används för att ansluta ett mätprojekt till ett referenssystem i höjd, plan eller 3D samt för att justera geometrin vid blocktriangulering. De kan vara utformade som punkter, ytor eller linjer och utgörs av väldefinierade objekt – naturliga eller markerade. Markstöden innehåller en eller flera referenspunkter med kända positioner – vanligen bestämda med geodetiska metoder, t.ex. nätverks-RTK.

2.4 Specifikation av leverans

2.4.1 Referenssystem

Rekommendation

- a) Beställaren anger referenssystem i plan och höjd för de filer som ska levereras.
- b) Vid beställning av annat referenssystem än Sweref 99 och RH 2000 anger beställaren transformationssamband mellan systemen.

Läs mer om Sweref 99 och RH 2000 samt relationer mellan olika referenssystem och projektionszoner i [HMK - Geodetisk infrastruktur 2020](#), kapitel 2.

Om beställaren inte har ett aktuellt transformationssamband kan det upprättas som del av uppdraget enligt [HMK - Geodetisk infrastruktur 2020](#), kapitel 2.

2.4.2 Stråk- och stödplan

Rekommendation

- a) Beställaren anger filformat och namngivning för leverans av stråk- och stödplan.

2.4.3 Markstöd

Rekommendation

- a) Beställaren anger filformat och namngivning för leverans av markstöd.

2.4.4 Bilddata

Rekommendation

- a) Beställaren anger filformat och namngivning för leverans av bilddatafiler.

Filformat

Bilddatafiler, i form av färg- och/eller IR-färgbilder avsedda för ortofotoframställning och stereokartering, levereras lämpligtvis som okomprimerad TIFF i 24 bitars färgupplösning med 8 bitar per kanal.

Filformatet skall vara kompatibelt med det valda färgdjupet, se avsnitt 2.3.8.

Namngivning

Möjligheten att styra namngivningen av stråk och bilder varierar med kamerasystem och produktionslösning. Det är vanligt att stråk och bilder numreras löpande från väst till öst eller från syd till nord. Det förekommer också att numreringen sker i kronologisk ordning från insamlingen. Oavsett namngivning ska bild-ID vara unikt inom projektet och vara kopplat till orienteringsdata från GNSS/INS.

2.4.5 Positions- och orienteringsdata (GNSS/ INS)

Rekommendation

- a) För GNSS/INS-data definierar beställaren:
- eventuella krav på filformat
 - eventuella krav gällande namngivning
 - eventuella tilläggskrav gällande informationsinnehåll

Beställaren anpassar, vid behov, kraven på informationsinnehåll i GNSS/INS-data. Om annan hantering önskas än genomförandekrav enligt 3.3.4 e-g för GNSS/INS-data, specificeras detta av beställaren. Kvalitetsmått som standardosäkerhet per orienteringsparameter, pdop-värde och antal satelliter kan vara önskvärda, se [HMK - Geodetisk infrastruktur 2020](#), Bilaga B.7.

2.4.6 Positions- och orienteringsdata (Blocktriangulering)

Rekommendation

Beställaren anger filformat och namngivning för leverans av yttre orienteringselement.

Karta enligt punkt c) i Bilaga B.4 levereras endast om beställaren begär det.

2.4.7 Fotogrammetriskt punktmoln

Rekommendation

- a) För eventuell leverans av fotogrammetriskt punktmoln specificerar beställaren:
- filformat, eventuellt versionsnummer
 - krav gällande namngivning på filer
 - komprimering
 - geografisk uppdelning och indexsystem.

Detta avsnitt tillämpas om följdprodukten fotogrammetriskt punktmoln enligt avsnitt 2.3.9 beställts. Leveransen avser oklassificerat färgsatt punktmoln. Klassificering av punktmoln görs med hjälp av [HMK - Höjddata 2017](#).

Filformat

Punktmoln från bildmatchning levereras lämpligen i ASPRS LAS-format ([Referens \[7\]](#)), senaste version. Skillnaden mellan versionerna av LAS-formatet, liksom mellan andra format, är stora och det kan ta lång tid att anpassa en programvara för en ny version. Beställaren bör därför specificera både format och version, så att filerna kan läsas av den aktuella programvaran.

För punktmoln med färgvärden (RGB) väljs LAS format, version 1.2 eller senare. Från och med LAS version 1.4 hanteras fyra färgband, till exempel RGB och NIR (nära infrarött).

Krav gällande namngivning på filer

Namngivning av filer bör ske på ett strukturerat sätt och anpassas till beställarens verksamhet.

Datakomprimering

LAS-formatet är relativt kompakt men kan komprimeras ytterligare. Nackdelen med komprimerade data är att längre tid krävs för åtkomsten, något som måste vägas mot den kortare överföringstiden om filerna distribueras samt mindre behov av lagringsutrymme.

Det finns flera effektiva komprimeringar av LAS-formatet. De är programberoende och i dagsläget inte kompatibla med varandra. Beställaren bör därför specificera typ av komprimering.

Geografisk uppdelning och namngivning

Punktmoln levereras i hanterbara filstorlekar. Normalt krävs en geografisk uppdelning, vanligen i form av ett rutnätssystem. En logisk namngivning av filerna bör tillämpas där koordinaterna i rutans sydvästra hörn ingår.

En geografisk uppdelning enligt Lantmäteriets indexsystem för

Sweref 99 kan tillämpas både för Sweref 99 TM och för lokala projektionszoner, läs mer om indexsystem och beteckningar i [Lantmäteriets Infoblad nr 11](#).

2.4.8 Produktionsdokumentation

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella tilläggskrav på produktionsdokumentationen.

Produktionsdokumentationen avser i första hand en skriftlig redogörelse som riktar sig till beställaren i syfte att kunna bedöma om produktionen, produkten och leveransen följer specifikationen.

Beställaren anpassar, vid behov, kraven på produktionsdokumentation utifrån uppdragets storlek, omfattning och användningsområde. Om annan hantering önskas än genomförandekrav enligt 3.1.3 g-h för stråk- och stödplan, 3.2.1 d-e för markstöd, 3.3.4 h-i för bilddata, 3.4.3 e-f för blocktriangulering och/eller 3.5.1 c för punktmoln/metadata, specificeras detta av beställaren.

Exempel på tillägg till genomförandekrav är:

- karta med planerade stråk och markstöd enligt Bilaga B.1 b)
- karta med inmätta markstöd enligt Bilaga B.2 c)
- skiss över signal och signalens läge enligt Bilaga B.2 d)
- karta med flugna stråk och tagna bilder enligt Bilaga B.3 b)
- karta med använda bilder och stöd m.m. enligt Bilaga B.4 c).

2.4.9 Metadata

Rekommendation

- a) För eventuella metadata definierar beställaren informationsinnehåll och filformat.

Metadata avser digitala strukturerade data om produkten. Dessa riktar sig främst till framtida användare i syfte att kunna hitta och bedöma användbarheten av data via geodataportaler och arkiv eller särskilda metadata-tjänster. Kan även utgöra ett komplement till produktionsdokumentationen.

Krav på metadata till bilddata kan avse:

- Redovisning av insamlingsområdets yttäckning i form en polygon med tillhörande attribut. Attribut kan till exempel vara identitet för insamlingsområdet, geometrisk upplösning, lägesosäkerhet, övertäckning, lägsta accepterade bildkvalitet, bildtyp och färgdjup, insamlingsdatum och program som använts vid beräkning vid blocktriangulering.
- Redovisning av metadata bildvis. För varje bild ges exempelvis bild-ID, övertäckning, lägesosäkerhet, bildkvalitet, solvinkel/skugglängd, insamlingsdatum och tid, bildtyp, färgdjup, kamera-ID, program med version för "framkallning" av flygbilden (konvertering av rådata till levererat bildformat).

Metadatainnehåll och format för hela datamängder kan anpassas till den nationella metadataprofilen på geodata.se (Referens [8]). Det ger förutsättningar för publicering av datamängden på geodataportalen på geodata.se.

Format

Exempel på några format är:

- För redovisning av insamlingsområdets yttäckning med tillhörande attribut kan vektorformat användas, till exempel *shape* eller liknande.
- För bildvis redovisning av metadata kan textfiler med posterna separerade med semikolon användas.

2.4.10 Tilläggspecifikation av leverans

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på leverans

Prov- och delleranser

Beställaren anger eventuella krav på prov- eller delleranser för godkännande av till exempel stråkplanering, laserkvalitet eller orienteringsdata. Detta hanteras vanligen i upphandlingens kontraktsvillkor (se [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 3.2.1).

Vid provleverans kan till exempel stråkplanering, bildkvalitet eller orienteringsdata utvärderas. Stråk- och stödplaner granskas innan datainsamlingen påbörjas i syfte att verifiera att planeringen genomförts enligt kraven i den tekniska specifikationen. Detta är vanligast för HMK-standardnivå 1 och 2. Provleverans av bilder genomförs för samsyn avseende bildkvalitet efter radiometrisk bearbetning.

Leveransmedia och katalogstruktur

Eventuella krav på leveransmedia och katalogstruktur för leverans av filer och produkter anges vid behov.

Rådatahantering

Eventuella krav på lagring av data för beställarens räkning och på hur länge lagrade data ska finnas tillgängliga hos utföraren, ställs vid behov.

3 Genomförande

Krav

- a) Utföraren ska ansvara för kvalitetssäkring av produktionen samt för att det material som levereras är kvalitetskontrollerat och komplett enligt beställarens tekniska specifikation.
- b) Allt material ska kontrolleras löpande under insamlingen för att eventuella brister tidigt ska kunna identifieras och åtgärdas.

Rekommendation

- c) En kvalitetsplan bör upprättas.

I en kvalitetsplan definieras uppdragets genomförande. I den beskrivs bland annat hur produkterna ska tas fram samt vilka kontroller som ska genomföras och dokumenteras för att kvalitetssäkra planering, datainsamling, efterbearbetning och leverans.

En kvalitetsplan ger förutsättningar för en tydlig kvalitetsstyrning av ett uppdrag. Beställaren kan kräva i upphandlingens kommersiella villkor att en kvalitetsplan upprättas, läs mer i [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 2.2.

3.1 Planering av stråk och markstöd

3.1.1 Val av flyghöjd och stråkplanering

Krav

Vid val av flyghöjd och vid stråkplanering ska:

- a) krav på geometrisk upplösning uppfyllas i bildens samtliga delar
- b) stereoövertäckning erhållas över hela kartläggningsområdet, med en marginal om minst 15 % av bildsidan utanför kartläggningsområdet
- c) hänsyn tas till kuperad terräng och hög bebyggelse för att säkerställa stereoövertäckning.

Normalt planeras flygstråkens riktning enligt det mest ekonomiska alternativet, om det inte medför negativ påverkan på slutprodukten.

Strandområden kan kräva ökad övertäckning i och mellan stråken för att säkerställa konnektionspunkter vid blocktrianguleringen. Snedstråk kan krävas längs med strandlinjen.

3.1.2 Planering av markstöd

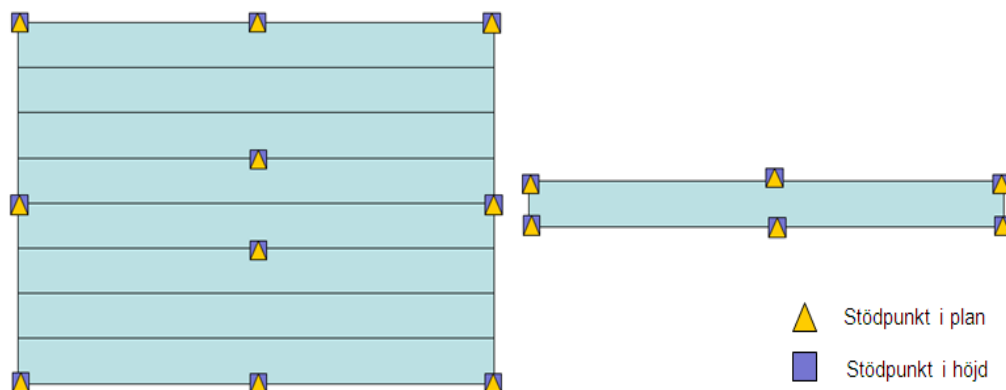
Krav

Markstöd ska:

- anpassas i antal efter den förväntade mätosäkerheten i slutprodukten och efter kartläggningsområdets storlek
- fördelas jämnt men särskilt finnas i hörnen, ytterkanten och mitten av kartläggningsområdet för att erhålla god kontrollerbarhet (Figur 3.1.2.a.)
- placeras där de kan identifieras och mätas i samtliga bilder som innefattar punkten.

GNSS/INS-integreringen i digitala kamerasystem har minskat behovet av antalet markstöd. Hänsyn ska tas till möjligheten att mäta in signalerna i bilderna. Skuggiga platser, hög vegetation och höga byggnader ska undvikas.

Figur 3.1.2.a. Principiell placering av markstöd för yta respektive korridor (Källa: Lantmäteriet).



För mer information och exempel gällande markstöd, se avsnitt 15.1.4 i referens [9].

UAS

Vid insamling med UAS så är fem markstöd ett minimikrav, ett i varje hörn samt ett i mitten av området. Med fler markstöd ökar kontrollbarheten av anslutningen till referenssystemet. Kontrollobjekt kan med fördel användas för oberoende kontroll av anslutningen till referenssystemet och för att verifiera lägesosäkerheten.

Det slutliga antalet markstöd anpassas bland annat efter storleken på insamlingsområdet, terrängens form och UAS utrustning. Om UAS inte har stöd av GNSS krävs vanligen fler markstöd.

3.1.3 Leverans

Krav

Leverans av stråkplan ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i form av en fil med de planerade bildernas namn och position; koordinat- och höjdvärden redovisas i meter; bild-ID ska vara unikt inom projektet
- c) levereras i det filformat och med den namngivning som har anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.2.

Leverans av planerade markstöd ska:

- d) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- e) innehålla de planerade stödets namn och position; koordinat- och höjdvärden redovisas i meter
- f) levereras i det filformat och med den namngivning som har anvisats av beställaren.

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- g) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- h) bestå av rapport enligt punkt a) i Bilaga B.1.

3.2 Signalering och inmätning av markstöd

Krav

Signalering och inmätning av markstöd ska:

- a) ske i anslutning till flygning för att säkerställa aktualitet.

Markstöd ska till sin utformning:

- b) vara horisontella och markeras med färg som säkerställer god kontrast mot omkringliggande yta samt anpassas i form och storlek för att signalernas centra ska gå att tolka och mäta i bilderna.

Inmätning av markstöd ska:

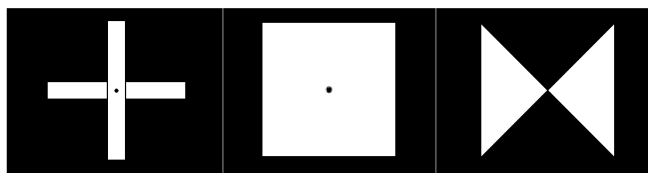
- c) ske med en mätosäkerhet, inklusive eventuella utgångspunkters osäkerhet, som inte överstiger $1/3$ av kravet på mätosäkerhet i slutprodukten
- d) ske med lämplig geodetisk mätmetod enligt [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 3. Kontroll kan göras med hjälp av [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.2.

Signalutformning

Ett signalerat stöd ska vara enkelt att identifiera och mäta i bilderna. Storleken på signalen anpassas efter bildens upplösning. En liten signal kan bli svår att lokalisera i bilden och en för stor signal kan medföra att dess centrum blir svårt att fastställa. Vanligt förekommande i HMK-standardnivå 2 är att signalen är en vit kvadrat med ungefärlig signalstorlek $(2 \times \text{GSD}) \times (2 \times \text{GSD})$.

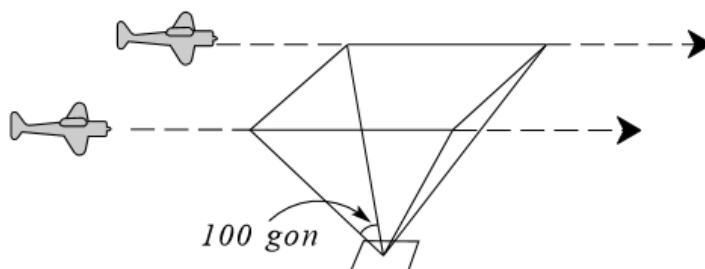
Det kan krävas åtgärder för att öka kontrasten mellan signalen och den omgivande ytan, såsom målning av kontrastram, täckning av markytan runt skivsignalen eller användning av skivsignal med färdig kontrastram (Figur 3.2.a). Oavsett val av form ska signalens centrum vara lätt att bestämma.

Figur 3.2.a. Exempel på vanliga signalformer för HMK-standardnivå 1, 2 och 3: kors, kvadrat och diamant (Källa: Lantmäteriet).



Signal placeras i terrängen så att den kommer att avbildas i bilderna när flygplanet följer de planerade fotostråken på den aktuella flyghöjden. Varje signal är avsedd att framträda i minst två bilder i varje stråk. Fri sikt krävs uppifrån mot signalen inom en tänkt pyramid med spetsen i signalen och med ungefär 100 gon toppvinkel (Figur 3.2.b).

Figur 3.2.b. Kontroll av att fri sikt erhålls mot signalen. Fri sikt krävs inom en tänkt pyramid med spetsen i signalen och med ungefär 100 gons toppvinkel. (Källa: HMK-Fotogrammetri)



Stor försiktighet bör iakttagas om signal läggs ut inom område där den löper risk att förväxlas med andra föremål. Inom exempelvis steniga områden föreligger sådan risk. Det är olämpligt att placera en signal på åker, om man befärrar att den kan komma att förstöras i samband med vårbruket. I närheten av bebyggelse är målade signaler att föredra framför andra typer på grund av mindre risk för åverkan.

Inmätning av markstöd

Mätosäkerheten hos markstöden har stor inverkan på mätosäkerheten i slutprodukten. Om brister, orsakade av felaktigt utförd mätning eller dåliga inmätningförhållanden, uppdragas vid beräkning av markstöd måste punkten mätas om eller ersättas med naturligt stöd där bättre inmätningförhållanden råder.

Mätosäkerheten ska följa den standardnivå som beslutats för projektet/uppdraget, vilket normalt innebär en standardosäkerhet som inte överstiger 1/3 av kravet på mätosäkerhet i slutprodukten.

Det kan innebära olika stödpunkter i plan och höjd, att befintliga planpunkter måste höjdsättas genom nymätning (eller vice versa) eller att olika mätmetoder kan krävas för plan- och höjdmätningen, t.ex. Nätverks-RTK i plan och avvägning i höjd.

3.2.1 Leverans

Krav

Leverans av markstöd ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i form av en fil som innehåller markstödens namn och position. Koordinat- och höjdvärden redovisas i meter med tre decimaler
- c) levereras i det filformat och med den namngivning som har anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.3.

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- d) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- e) bestå av rapport enligt punkt a) och lista enligt punkt b) i Bilaga B.2.

3.3 Insamling av bild- och GNSS/INS-data

3.3.1 Fotografering

Krav

- a) GNSS/INS-system samt digital flygbildskamera ska vara avsedda för mätning samt vara kalibrerade och underhållna enligt tillverkarens specifikationer.
- b) Planering och insamling av GNSS/INS data ska uppfylla kraven beskrivna [HMK – Geodetisk infrastruktur 2017](#), Bilaga B.6.1 respektive Bilaga B.6.2.
- c) Ett fotograferingsuppdrag ska genomföras under så kort tidsrymd som möjligt.
- d) Vid kompletterande fotografering ska övertäckning med minst två bilder säkerställas där nytt stråk ansluter till befintligt.
- e) Vid beställning av bilder för stereokartering ska hela kartläggningsområdet, med en marginal om minst 15 % av bildsidan utanför kartläggningsområdet, ha stereotäckning efter genomförd flygfotografering. Inga glipor accepteras.

För insamling i HMK-standardnivå 1 och 2 ska digital flygbildskamera:

- f) av typen matrissensor vara försedd med bildrörelsekompen- sation och vara monterad i gyrofot
- g) av typen linjesensor vara monterad i gyrofot
- h) normalt producera enligt riktlinjerna för fotografering redovi- sade i Tabell 3.3.1.

För insamling med UAS ska digital kamera och eventuellt GNSS- system:

- i) vara avsedda för mätning samt vara kalibrerade och under- hållna enligt tillverkarens specifikationer.

Tabell 3.3.1. Riktlinjer för fotografering med ett modernt gyroupphängt flygka- merasystem i HMK-standardnivå 1 och 2. Värdena bestäms ytterst av de system för blocktriangulering och stereokartering som bilderna ska användas i.

Parameter	Värde
Bildvridningar	- Skillnaden i κ (kappa) får vara högst 5 grader mellan två på varandra efterföljande bilder - ω (omega) får avvika som mest ± 3 grader från horisontalplanet - ϕ (phi) får avvika som mest ± 2 grader från horisontalplanet
Övertäckning inom stråk vid 60 % övertäckning	I medeltal 58-62%. Övertäckning i enskilda modeller får inte vara mindre än 55 %
Övertäckning mellan stråk vid 30 % övertäckning	I medeltal 29-31% för HMK-standardnivå 1 I medeltal 25-35% för HMK-standardnivå 2 Övertäckning i enskilda modeller får inte vara mindre än 15 %
Avvikelse i flyghöjd	Maximalt $\pm 7\%$ av planerad flyghöjd i enstaka bilder
Avvikelse i bildkants läge mellan ett bildpar	Den laterala förskjutningen mellan ett bildpar får maximalt uppgå till 10 % av bildens bredd

3.3.2 Bearbetning av bilder

Krav

a) Slutprodukten ska representera en bild i centralprojektion.

Vid radiometrisk bearbetning av bilder ska:

b) radiometrisk upplösning väljas och radiometrisk metod användas som säkerställer att informationsinnehållet från rådata bevaras så långt som det är möjligt

c) likartade objekt ha likartad luminans och färgnyans oberoende av var i bildytan objekten befinner sig

d) bilder ha jämn svärta och högdagrar vilket innebär att ett objekts skugg- respektive solsida ska ha likartad intensitet, luminans och kontrast oberoende av var i bildytan objekten befinner sig

e) bilder vara väl sträckta så att hela färgdjupet utnyttjas.

Avancerade flygkameror består ofta av flera parallella kameror eller linjesensorer. Slutprodukten skapas genom sambearbetning av insamlade data.

3.3.3 Beräkning av orienteringsdata ur GNSS/INS-data

Rekommendation

a) GNSS/INS-data beräknas enligt [HMK - Geodetisk infrastruktur 2017](#), Bilaga B.6.3.

Brister kan kräva omfotografering eller komplettering med fler markstöd för att uppnå kontrollerbarhet samt kraven på mätosäkerhet i slutprodukten.

3.3.4 Leverans

Krav

Leverans av bilddata ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) innehålla bilder med en geometrisk upplösning enligt specifikation eller bättre; för HMK-standardnivå 1 och 2 tillåts avvikelser i enstaka bilder på upp till 7 % sämre geometrisk upplösning än specificerad
- c) göras i det filformat, den färgupplösning, den bildtyp och med den namngivning som har anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.4
- d) innehålla kalibreringsdokument för använda kameror.

Leverans av GNSS/INS-data ska:

- e) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- f) göras i form av en fil som innehåller bild-id, X_0 , Y_0 , Z_0 , ω , φ , κ och GPS-tid, samt eventuella övriga krav på innehållet som har anvisats av beställaren enligt 2.4.5, för samtliga bilder; koordinat- och höjdvärden (X_0 , Y_0 , Z_0) redovisas i meter med tre decimaler, bildvridningar (ω , φ , κ) i grader med fem decimaler och GPS-tid i sekunder med fyra decimaler
- g) göras i det filformat och med den namngivning som har anvisats av beställaren enligt 2.4.5.

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- h) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- i) bestå av rapport enligt punkt a) i Bilaga B.3.

Leverans av eventuella metadata ska:

- j) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- k) göras i det filformat och med den namngivning som anvisats av beställaren.

3.4 Blocktriangulering

Krav

Positions- och orienteringsdata ska:

- a) beräknas för varje enskild flygbild, för att möjliggöra att bilderna kan orienteras i en digital fotogrammetrisk arbetsstation och användas för fotogrammetrisk detaljmätning i 3D, med högst den lägesosäkerhet som har specificerats av beställaren.

Beräkningsprocessen

Beräkning av orienteringsdata för flygbilder sker normalt enligt följande:

- Kamerans position och orientering vid fotograferingstillfället beräknas i efterhand ur GNSS/INS-data som har samlats in i flygplanet och referensstation(er) på marken. Vid insamling med UAS finns vanligen endast GNSS-data. Det förekommer även att GNSS inte används och att det kompenseras med fler markstöd.
- Gemensamma konnektionspunkter mäts i bilderna liksom markstöd. Mätning av konnektionspunkter genomförs vanligtvis genom automatisk bildmatchning, vilket kan kräva manuell kontroll och/eller komplettering av konnektionspunkter för att erhålla ett homogent resultat.
- Slutligen viktas observationerna på konnektionspunkter, tillgängliga markstöd och bildernas position och orientering beräknat från GNSS/INS-data, och en förbättrad bildposition och orientering beräknas i en blocktriangulering liksom koordinater på nypunkter. Självkalibrering och offset (excentricitet) för GNSS/INS-positionerna för varje enskild flygsession används vid höga krav på låg lägesosäkerhet.
- Blocktrianguleringen utvärderas och eventuella åtgärder sätts in om resultatet inte uppfyller specifikationen.

Konnektionspunkter kan användas som markstöd i höjd om höjder tas från en befintlig markhöjdmodell med känd kvalitet. Vid samtidig laser- och bilddatainsamling tas laserpunktmolnet och höjdmodell fram före blocktrianguleringen.

Läs mer om automatisk blocktriangulering och bildmatchning i avsnitt 14.2.4 respektive 14.2.5 i referens [8].

3.4.1 Mätning av konnektionspunkter

Krav

- a) Konnektionspunkter ska vara jämnt fördelade mellan bilder och stråk och finnas i sådan omfattning att grova fel kan upptäckas.
- b) Vid nyttjande av automatisk bildmatchning ska konnektionspunkternas lägen kontrolleras visuellt.

3.4.2 Beräkning av orienteringsdata

Krav

- a) GNSS/INS-data och markstöd liksom konnektionspunkter ska viktas med avseende på mätosäkerhet.
- b) Korrektion för jordkrökning och refraktion ska utföras.
- c) Markstöd får inte exkluderas utan redovisning och motivering
- d) Viktenhetens standardosäkerhet (grundmedelfelet) i blocktrianguleringen ska inte vara större än $1/3$ av bildens pixel eller pixelstorlek.

För bilder insamlade med matrissensor ska:

- e) blocktrianguleringen utföras genom GNSS/INS-stödd strålkärveutjämning
- f) eventuellt nyttjande av självkalibrering görs med en kalibreringsmodell som är specifikt anpassad för använd kameratyp och kompatibel med beställarens system för stereokartering om sådan ska utföras.

För bilder insamlade med linjesensor ska:

- g) orientering genomförs enligt tillverkarens anvisningar.

3.4.3 Leverans

Krav

Leverans av yttre orienteringselement ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i form av en fil som innehåller bild-id och orienteringselement (X_o Y_o Z_o , ω , φ , κ) för samtliga bilder
- c) ha koordinat- och höjdvärden redovisade i meter med antal decimaler baserade på lägesosäkerheten i slutprodukten. Bildvridningar (ω , φ , κ) redovisas i grader med fem decimaler.¹⁾
- d) göras i det filformat och med den namngivning som har anvisats av beställaren enligt avsnitt 2.4.5.

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- e) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- f) bestå av rapport enligt punkt a) och datafiler enligt punkt b) i Bilaga B.4.

¹⁾ Läs mer i [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.8, om varför man ska vara generös med siffrorna under beräkningsgången och inte avrunda till ungefär en tiondel av lägesosäkerheten förrän i slutprodukten.

3.5 Bildmatchning

Krav

- a) Detaljeringsgrad i form av punktavstånd i punktmolnet ska vara lika med flygbildens geometriska upplösning vid en övertäckning på minst 80%/60%, i och mellan stråk. Vid mindre övertäckning sätts punktavståndet till dubbla värdet av geometriska upplösningen.
- b) Fotogrammetriskt punktmoln ska färgsättas med färgvärde från de bilder som används vid bildmatchningen.
- c) Metod och parametrar vid bildmatchning ska väljas så att resultatet kan användas för avsedd tillämpning.

Detta avsnitt tillämpas om följdprodukten *fotogrammetriskt punktmoln* enligt avsnitt 2.3.9 beställts.

Resultatet av bildmatchning varierar beroende på val av programvara, strategi och parameterinställningar. Därför är det viktigt att noggranna överväganden görs före bildmatchningen för att säkerställa kvalitén på resultatet. Graden av utjämning och filtrering vid framtagning av bildmatchat punktmoln ska optimeras för att uppnå de ställda kraven på produkten.

Vissa områden kan vara mycket svåra att bildmatcha, till exempel vattnenytter, områden som är skymda i en eller flera bilder eller yttor som saknar textur. Dessa problemområden ska dokumenteras och kan vid behov kompletteras med mätningar baserade på andra mätmetoder.

3.5.1 Leverans

Krav

Leverans av punktmoln och eventuella metadata ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) göras i det filformat, den punkttäthet, och med den namngivning som anvisats av beställaren
- c) bestå av rapport enligt punkt a) i Bilaga B.5 om beställaren inte anger annat.

Filformat, namngivning och övrigt innehåll specificeras av beställaren enligt avsnitt 2.4.7.

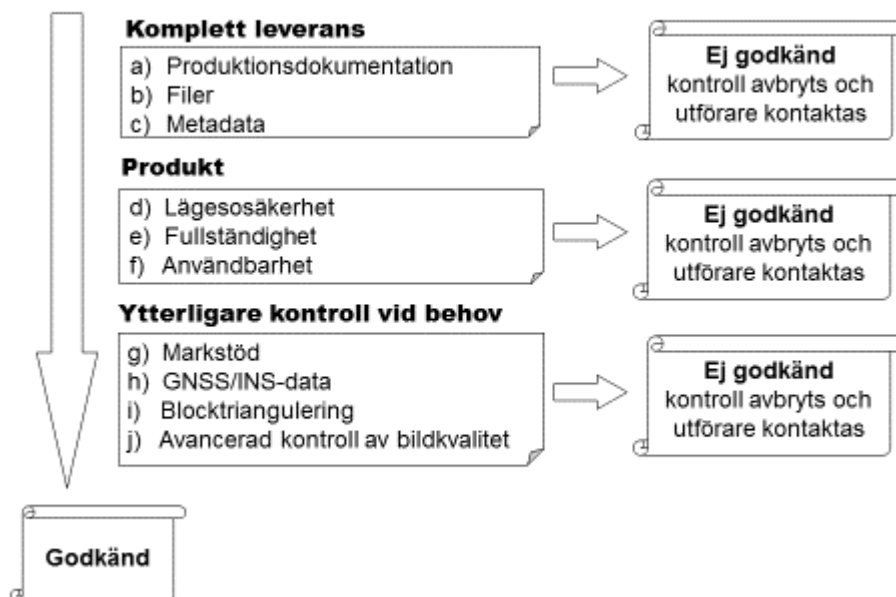
4 Beställarens kontroll

Beställaren bör kontrollera erhållen leverans snarast möjligt efter mottagandet. En tidsfrist bör anges i upphandlingens kommersiella villkor ([HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 3.2.1). Kontrollens omfattning anpassas efter leveransens storlek och kan appliceras som fullständiga kontroller, där varje fil kontrolleras, eller som stickprov.

I Figur 4, redovisas ett kontrollflöde i syfte att identifiera felaktigheter i leveransen. Först genomförs kontroll av komplett leverans och slutprodukten kvaliteten. Om den uppvisar avvikelser kan en fördjupad kontroll behövas av bland annat insamlingsparametrar och resultat från olika delprocesser. Om en leverans inte är komplett eller något kontrollsteg indikerar signifikanta brister bör kontrollen avbrytas och utföraren kontaktas. Bilaga C redovisar olika kontroller mer detaljerat.

För generell information om datakvalitet och kontroll av geodata, se [HMK - Geodatakvalitet 2017](#).

Figur 4. Visualisering av kontrollflödet och de ingående kontrollerna.



5 Referenser/Läs mer

- [1] Wingstedt, J. (2013): [Tolkningsmöjligheter vid olika geometriska upplösningar](#). Lantmäteriet (HMK – Teknisk rapport: 2013:2).
- [2] Trafikverket (2013): [Laserskanning i kombination med stereofotografering](#) (Publikationsnummer: 2014:099).
- [3] Persson, C-G. (2013): [Lägesosäkerhet vid fotogrammetrisk detaljmätning i 3D](#). Lantmäteriet (HMK – Teknisk rapport: 2013:3).
- [4] Jansson, A. (2013): [En noggrannhetsundersökning av fotogrammetrisk detaljmätning i stereo](#). Karlstad: Karlstads universitet. (Examensarbete inom Mät- och karttekniskprogrammet vid fakulteten för humaniora och samhällsvetenskap).
- [5] Haala, N (2014): [Dense Image Matching, Final report](#). EuroSDR Official Publication No 64 (sid. 115-144).
- [6] -
- [7] *ASPRS LAS file format, version 1.4, i olika versioner, finns på ASPRS hemsida*. Pdf-dokument från www.asprs.org, reviderat 2019.
- [8] *Nationell metadataprofil - Specifikation och vägledning, SS-EN ISO 19115:2005-geodata.se*, aktuell version, samt tillhörande instruktioner med mera för publicering på geodataportalen finns på geodata.se.
- [9] Lantmäteriet, LU, KTH och HiG (2013) [Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik](#). (Se kapitel 13-15, sidorna 181-256 för en introduktion till fotogrammetri av Anders Bøberg.)

Förutom referens [9] finns följande svenskspråkiga läroböcker för introduktionskurser på universitet och högskolor framtagna:

- Harrie, L red. (2020): [Geografisk informationsbehandling – Teori, metoder och tillämpningar](#), sjunde upplagan, Studentlitteratur.
- Nordkvist, K. m.fl. (2013): [Laserskanning och digital fotogrammetri i skogsbruket](#), andra upplagan, Sveriges lantbruksuniversitet, Rapport: 407 2013.

På norska Kartverkets hemsida finns dokument motsvarande HMK och [Nationella specifikationer](#):

- hemsidan [Standarder for geografisk informasjon](#) innehåller senaste version av bland annat *Produksjon av basis geodata*.
- hemsidan [SOSI del 3 Produktspesifikasjoner](#), innehåller bland annat senaste version av datataproduktspecifikationen *Produktspesifikasjon Vertikalbilde*.

Mätning i bilddata från obemannade [flygfarkoster, UAS](#), är under utveckling. Resultaten är varierande beroende på system och handhavande och inte alltid i paritet med tumreglerna i denna skrift. Följande skrifter med referenser kan tjäna som lämplig introduktion:

- Gunnarsson, T. & Persson, M. (2013): [Stödpunkters inverkan på osäkerheten vid georeferering av bilder tagna med UAS](#). Gävle: Högskolan i Gävle. (Examensarbete inom Lantmätarprogrammet).
- [Mårtensson, S-G och Reshetyuk, Y \(2014\): Noggrann och kostnadseffektiv uppdatering av DTM med UAS för BIM](#), Trafikverket, publikationsnummer 2015:030.

Bilaga A: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation

Bilaga A.1 Mall för teknisk specifikation

0 Teknisk specifikation

Planering, genomförande och leverans ska göras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av HMK – Flygfotografering 2017 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.1)

Ingående tjänster:

Aktuella produkter:

Produkternas användning:

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.2)

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem:

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper:

3 Specifikation av produkten (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå:

Krav på geometrisk upplösning:

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd:

Krav på övertäckning inom/mellan stråk (*alternativt deplacering eller infallsvinkel*):

Krav på bildkvalitet som lägst:

Krav på solvinkel/skugglängd som lägst/högst:

Krav på fotograferingsperiod:

Krav på bildtyp:

Krav på färgdjup:

Krav på följdprodukter:

Krav på tilläggspecifikation av produkten: (*exempelvis stråkriktning, kontrollobjekt och antal markstöd*)

4 Specifikation av leverans (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.4)

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan:.....

Krav på referenssystem i höjd:.....

Stråk- och stödplan

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Markstöd

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Bilddata

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Positions- och orienteringsdata (GNSS/INS)

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Tilläggskrav på informationsinnehåll:.....

Positions- och orienteringsdata (Blocktriangulering)

Krav på format:.....

Krav på namngivning:.....

Fotogrammetriskt punktmoln

Krav på format och ev. version:.....

Krav på namngivning:.....

Övriga krav: (exempelvis komprimering, geografisk uppdelning och index-system).....

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation:

Metadata

Krav på innehåll:.....

Krav på format:.....

Tilläggspecifikationer av leverans

Krav på tilläggspecifikation av produkten: (exempelvis prov- och delleveranser, leveransmedia och katalogstruktur, rådatahantering):

5 Specifikation av genomförande (HMK-Flygfotografering 2017, kapitel 3)

Krav 3 a-b i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Rekommendation 3 c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.1.1 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.1.2 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.1.3 a-h i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.2 a-d i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.2.1 a-e i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.3.1 a-h i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.3.2 a-e i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Rekommendation 3.3.3 a i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.3.4 a-k i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.4 a i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.4.1 a-b i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.4.2 a-g i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.4.3 a-f i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.5 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller
Krav 3.5.1 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Kommentar till mallen:

- I mallens avsnitt 5 ges hänvisningar till vilka krav i HMK - Flygfotografering 2017, kapitel 3 *Genomförande*, som ska gälla.
- Listan i mallens avsnitt 5 innehåller alla krav och rekommendationer i kapitel 3. Ej aktuella krav tas bort av beställaren vid användning av mallen.
- Se [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7, för principer vid hänvisning till krav samt exempel på hur hänvisningar och avsteg-/tillägg kan formuleras.

Bilaga A.2 Exempel på ifylld mall för en kommun

0 Teknisk specifikation

Planering, genomförande och leverans ska göras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av HMK – Flygfotografering 2017 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.1)

Ingående tjänster: Kravspecifikationen omfattar planering och genomförande av flygfotografering, inmätning och beräkning av stöd samt blocktriangulering.

Aktuella produkter: Digtala bilder inklusive orienteringsdata.

Produkternas användning: Bilderna ska användas för uppdatering av kommunens primärkarta genom stereokartering och som bakgrundskarta i e-tjänst i form av ortofoton. Bilderna ska arkiveras och tillhandahållas för framtida ändamål, både internt och externt.

Följande företeelser ska kunna tolkas och mätas in genom stereokartering: Vägkant - asfalt, Trottoarkant, Spår (räl), Byggnad - takkonstruktion och takdetaljer, Altan, Staket, Plank, Kraftledningsstolpe, Lyktstolpe inkl. Armatur och Brunnslock.

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.2)

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem: Aktuellt karteringsområde som shape-fil, Levereras i Sweref99 1800 och RH2000.

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper: Kommunen kan tillhandahålla följande material digitalt, för planering och genomförande av flygfotografering:

- Aktuellt indexsystem
- Stompunkter i plan och höjd
- Höjdmodell, brytlinjer för skärningar + data om broar och viadukter
- Kartmaterial innehållande bland annat strandlinjer, bebyggelse, kommunikation med mera. (Kommunen kan inte garantera kvaliteten inklusive aktualiteten i det material som tillhandahålls för utförarens räkning och som utföraren väljer att använda.)

Levereras i Sweref99 1800 och RH2000.

3 Specifikation av produkten (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå: *Standardnivå 2*

Krav på geometrisk upplösning: *0,08 m*

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd: *0,08/0,12 m*

Krav på övertäckning inom/mellan stråk: *60/30 %*

Krav på bildkvalitet som lägst: *betyg 2*

Krav på solvinkel som lägst: *30 grader; i syfte att kunna slutföra ett svärfotograferat område kan i undantagsfall en solvinkel på 27 grader accepteras. Detta ska dock stämmas av med beställaren för godkännande.*

Krav på fotograferingsperiod: *vårsäsongen när det är snö- och lövritt*

Krav på bildtyp: *RGB*

Krav på färgdjup: *24 bitars med 8 bitar per kanal*

Krav på följdprodukter: *-*

Krav på tilläggspecifikation av produkten: *Stråkriktningen ska vara öst-västlig*

4 Specifikation av leverans (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.4)

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan: *Sweref9999, projektionszon 1800*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000, geoidmodell SWEN 08 ska användas för beräkning av höjder*

Stråk- och stödplan

Krav på format: *ASCII-fil*

Krav på namngivning: *Överenskoms vid avtalstecknande*

Markstöd

Krav på filformat: *ASCII-fil*

Krav på namngivning: *Överenskoms vid avtalstecknande*

Bilddata

Krav på filformat: *TIFF-24-bit färgupplösning (8 bit/färgband).*

Krav på namngivning: *Överenskoms vid avtalstecknande*

Positions- och orienteringsdata (GNSS/INS)

Krav på filformat: *ASCII – format, där innehållet i varje kolumn i filen anges i första raden med kommaseparering*

Krav på namngivning: *Överenskoms vid avtalstecknande*

Tilläggskrav på informationsinnehåll: *-*

Positions- och orienteringsdata (Blocktriangulering)

Krav på filformat: Match-AT projektfil (version 5 eller senare) för inläsning i ESPA-systemet

Krav på namngivning: Överenskomms vid avtalstecknande

Fotogrammetriskt punktmoln

Ingår inte

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation: -

Metadata

Ingår inte

Tilläggs-specifikationer av leverans

Krav på leveransmedia: Hårddisk av typen USB 3.0

Krav på rådatahantering: Utföraren ska behålla rådata, det vill säga obearbetad bild och orienteringsdata, i fyra år från fotograferingstillfället.

5 Specifikation av genomförande (HMK – Flygfotografering 2017, kapitel 3)

Krav 3 a-b i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Rekommendation 3 c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.1.1 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.1.2 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.1.3 a-h i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.2 a-d i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.2.1 a-e i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.3.1 a-h i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.3.2 a-e i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Rekommendation 3.3.3 a i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.3.4 a-k i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4 a i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4.2 a-g i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4.3 a-f i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Kommentar till kommunexemplet:

- Rekommendationerna 3.5 a-c och 3.5.1 a-c finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar fotogrammetriskt punktmoln.

Bilaga A.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket

0 Teknisk specifikation

Planering, genomförande och leverans ska göras enligt denna tekniska specifikation. Förklaring av krav och definitioner av termer framgår av HMK – Flygfotografering 2017 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.1)

Ingående tjänster: Kravspecifikationen omfattar planering och genomförande av flygfotografering, inmätning och beräkning av stöd samt blocktriangulering. Bildinsamlingen ska ske samtidigt med flygburen laserskanning.

Aktuella produkter: Digitala bilder inklusive orienteringsdata.

Produkternas användning: Trafikverket ska upprätta vägplan på sträckan. Syftet med denna förfrågan är att ta fram bilder för att framställa ortofoto och höjdmödel som underlag för projektering.

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.2)

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem: Aktuellt karteringsområde som KML-fil, levereras i Sweref99 1800 och RH2000.

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper: Trafikverket kan tillhandahålla följande material digitalt, för planering och genomförande av flygfotografering:

- Stompunkter i plan och höjd
- GSD-Terrängkartan i rasterform med statligt vägnät
- GSD-Fastighetskartan i shape och dwg format

Levereras i Sweref99 1800 och RH2000

3 Specifikation av produkten (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå: Standardnivå 3

Krav på geometrisk upplösning: 0,02 m

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd: 0,02/0,02 m

Krav på övertäckning inom/mellan stråk: -

Krav på bildkvalitet som lägst: betyg 1

Krav på solvinkel/skugglängd: -

Krav på fotograferingsperiod: vägbanan ska vara torr och terrängen ska vara snöfri

Krav på bildtyp: RGB

Krav på färgdjup: 24 bitars med 8 bitar per kanal

Krav på följdprodukter: Krav på ortofoto enligt särskild specifikation upprättad med hjälp av HMK-Ortofoto 2017.

Krav på tilläggspecifikation av produkten:

Provning av markhöjdmodellens höjdosäkerhet ska utföras enligt SIS/TS 21144:2013. Kontrollmätningar ska göras enligt modell typ 2 och provningsutförande A. Samtidig flygburen laserskanning ska utföras enligt särskild specifikation upprättad med hjälp av HMK-flygburen laserskanning 2017

4 Specifikation av leverans (HMK – Flygfotografering 2017, avsnitt 2.4)

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan: Sweref99, projektionszon 1800.

Krav på referenssystem i höjd: RH2000. Geoidmodell SWEN 08 ska användas för beräkning av höjder

Stråk- och stödplan

Behöver inte levereras

Markstöd

Krav på format: ASCII-fil

Krav på namngivning: Överenskoms vid avtalstecknande

Bilddata

Krav på filformat: TIFF-24-bit färgupplösning (8 bit/färgband).

Krav på namngivning: Överenskoms vid avtalstecknande

Positions- och orienteringsdata (GNSS/INS)

Krav på filformat: trj-format enligt terrasolid

Krav på namngivning: Överenskoms vid avtalstecknande

Positions- och orienteringsdata (Blocktriangulering)

Krav på filformat: iml-fil (Terraphoto imagelist) enligt terrasolid

Krav på namngivning: Överenskoms vid avtalstecknande

Fotogrammetriskt punktmoln

Ingår inte

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation: -

Metadata

Ingår inte

Tilläggs-specifikationer av leverans

Krav på leveransmedia: Hårddisk av typen USB 3.0

Krav katalogstruktur: Enligt namnsatt Chaos-objekt

Krav på rådatahantering: utföraren ska behålla rådata, det vill säga obearbetad bild och orienteringsdata, i fyra år från fotograferingstillfället

Övriga krav: Ortofoto, laserdata och höjdmodell levereras enligt särskilda specifikationer.

5 Specifikation av genomförande (HMK – Flygfotografering 2017, kapitel 3)

Krav 3 a-b i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Rekommendation 3 c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.1.1 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.1.2 a-c i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.1.3 g-h i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.2 a-d i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.2.1 a-e i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.3.1 a-h i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.3.2 a-e i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Rekommendation 3.3.3 a i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.3.4 a-i i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4 a i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4.2 a-g i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Krav 3.4.3 a-f i HMK-Flygfotografering 2017 gäller

Kommentar till Trafikverksexemplet:

- Kraven på flygburen laserskanning, höjdmodell och ortofoto är inte med i exemplet. För utformning av krav, se [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), [HMK - Höjddata 2017](#) respektive [HMK - Ortofoto 2017](#).
- Krav 3.1.3 a-f och 3.3.4 j-k finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar digital leverans av planerade stråk och markstöd respektive metadata i digital form.
- Rekommendationerna 3.5 a-c och 3.5.1 a-c finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar fotogrammetriskt punktmoln.

Bilaga B: Produktionsdokumentation

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) uppdraget
- b) uppdragsorganisation, det vill säga utförare och beställare
- c) en förteckning, över levererat material inklusive de filer/produkter som har levererats.

Bilaga B.1 Stråk- och stödplanering

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
 - referenssystem i plan och höjd
 - geometrisk upplösning
 - övertäckning inom och mellan stråken
 - antal bilder
 - antal stråk
 - antal markstöd
 - markstödens principiella lägen
 - markstödens planerade storlek, form och färg
 - kameramodell
 - flyghöjd
 - programvara, inklusive version, för stråkplanering
 - egenkontroll vid planering
 - särskilda överväganden vid planering.

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- b) karta, i PDF/A-format om inte annat anges, där planerade stråk, bilder och markstöd med namn, liksom kartläggningsområdet, tydligt framgår.

Bilaga B.2 Signalering och mätning av markstöd

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/ A-format om inte annat anges, som redovisar:
 - referenssystem i plan och höjd
 - geoidmodell
 - transformations samband
 - referensstationer
 - antal markstöd
 - markstödens storlek, form, färg och signaltyp (signaltyp=skiva, målad på marken och så vidare)
 - mätutrustning
 - mätmetod
 - programvara vid beräkning
 - särskilda överväganden vid inmätning och beräkning
 - egenkontroll vid inmätning och beräkning.
- b) lista, i ASCII-format om inte annat anges, för samtliga markstöd med namn, position och signaltyp samt kvalitetsuppgift, datum för signalering och inmätning.

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- c) karta, i PDF/ A-format om inte annat anges, där inmätta markstöd liksom kartläggningsområdet och planerade stråk tydligt framgår
- d) skiss över signal och signalens läge alternativt digitalt foto av varje signal och dess omgivning.

Bilaga B.3 Insamling av bild- och GNSS/INS-data

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
- referenssystem i plan och höjd
 - geometrisk upplösning
 - övertäckning inom och mellan stråken
 - antal bilder
 - antal stråk
 - utvärdering av bilderna och bildernas kvalitet enligt betygsskala i Tabell 2.3.5
 - väderförhållanden per flygsession (temperatur, vind)
 - kamera och lins med serienummer (för båda)
 - GNSS/INS-system
 - flyghöjd
 - antenn-offset
 - senaste kamera- och systemkalibrering
 - kalibreringsrutiner för digital flygbildskamera och GNSS/INS-system
 - programvara vid eventuell sammanfogning av bilder
 - programvara vid eventuell radiometrisk bearbetning
 - programvara vid GNSS/INS-beräkning
 - referensstation
 - eventuell geoidmodell
 - eventuella transformationssamband
 - uppgift om gradsystem (360/400)
 - uppgift om GPS-tidtyp (veckotid/absolut GPS-tid)
 - grafer som redovisar kvalitetsmått som PDOP, antal satelliter med mera
 - särskilda överväganden vid insamling och efterbearbetning
 - egenkontroller vid insamling och efterbearbetning.

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- b) karta, i PDF/A-format om inte annat anges, där stråk och bilder med namn liksom kartläggningsområdet tydligt framgår.

Bilaga B.4 Blocktriangulering

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
 - referenssystem i plan och höjd
 - antal bilder
 - antal stråk
 - programvara
 - parametrar använda vid beräkningen
 - utvärdering av beräkning och viktenhetens standardosäkerhet (grundmedelfel)
 - särskilda överväganden vid mätning och beräkning (till exempel ska utelämnande av stöd alltid motiveras)
 - egenkontroller vid mätning och beräkning; inkl. redovisning av kontroll av lägesosäkerheten med hjälp av markstöd och kontroll-objekt, se Bilaga C.2 d.1) och Tabell C.2.
- b) datafiler avseende:
 - indata med alla observationer och deras viktning
 - utdata från beräkningsprogrammet. Vid nyttjande av självkalibrering ska resultatet redovisas både med och utan självkalibrering
 - namn, koordinat- och höjdvärden för alla nypunkter och kända punkter.

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- c) karta, i PDF/A-format om inte annat anges, där använda bilder, stråk, markstöd och konnektionspunkter, liksom kartläggningssområdet, tydligt framgår. Icke använd/bortviktad observation ska anges i avvikande manér/färg.

Bilaga B.5 Bildmatchning

Detta avsnitt tillämpas om följdprodukten fotogrammetriskt punktmoln enligt avsnitt 2.3.9 beställts.

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
 - programvara och version vid bildmatchningen
 - redovisning av vilka bilder som använts vid matchningen
 - översiktlig beskrivning av hur bildmatchat punktmoln processas och egenskaper i processat punktmoln, särskilt vad gäller utjämning, filtrering och reducering av felaktiga matchningar och brus
 - redovisning av eventuella problem vid matchningen, specifika problemområden, problemobjekt eller andra effekter som kan ha betydelse för kvalitén i slutprodukten
 - kontroller av punkttätheten i bildmatchat punktmoln
 - kontroller av lägesosäkerheten i bildmatchat punktmoln.

Bilaga C: Kontroll av bilddata

Bilaga C.1 Komplet leverans

a) Produktionsdokumentation

Produktdokumentationen granskas för att verifiera:

- att dokumentationens omfattning och utformning överensstämmer med gällande krav och teknisk specifikation
- att uppnått resultat överensstämmer med gällande teknisk kravspecifikation
- eventuella avvikelser.

b) Filer

Filer/material granskas för att verifiera att:

- alla filer i filförteckningen är levererade
- alla filer har korrekt filformat och filstorlek
- alla filer har korrekt namnsättning
- alla filtyper är öppningsbara.

c) Metadata

Kontrollera att eventuella metadatafiler:

- är kompletta och korrekt ifyllda.

Bilaga C.2 Produkt

d) Lägesosäkerhet

d.1) Kontroll med hjälp av markstöd och kontrollobjekt

Lägesosäkerheten kontrolleras genom mätning i bilder av punkter/objekt med kända positioner.

Denna kontroll baseras på (se definitioner i avsnitt 2.3.10):

- *Markstöd* som har lägesbestämts och använts i blocktrianguleringen för justering av geometrin och inpassning mot överordnat referenssystem. Stora avvikelser kan tyda på fel vid inläsning av orienteringsparametrar, fel i kalibreringsprotokoll, fel i hanteringen av självkalibrering eller annat fel i blocktrianguleringen. Kontrollen utförs av leverantören.
- Oberoende, tydligt identifierbara *kontrollobjekt* – signalerade eller naturliga. Objekten ska vara jämnt fördelade över kartläggingsområdet och inte sammanfalla med markstöden.

Beställaren avgör vem som utför kontrollen: i egen regi, som ett tilläggsuppdrag till leverantören eller som ett fristående tredjepartsuppdrag.

Båda punkttyperna ska vara geodetiskt inmätta med lägre standardosäkerhet än den som specificeras för bilddata i uppdraget, se krav 3.2 c-d.

Nedanstående kontrollförfarande baseras på en metod i [HMK - Geodakvalitet 2017](#), Bilaga A.2. Andra kontrollmetoder beskrivs i Bilagorna A.3-A.5 samt C.4 i samma dokument och i dess Bilaga A.8 behandlas lägesosäkerhet vs. antalet värdesiffror.

Följande storheter - i plan (N , E) respektive höjd (H) - beräknas separat för markstöd och kontrollobjekt:

- Medelavvikelsen i plan och höjd beräknas som:

$$\Delta\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta N_i \quad \Delta\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta E_i \quad \Delta\bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \quad (\text{skift})$$

$$\Delta\bar{R} = \sqrt{\Delta\bar{N}^2 + \Delta\bar{E}^2} \quad (\text{radiellt off-set})$$

där Δ avser avvikelsen mellan bildmätningen och inmätningen av jämförelseobjektet och n är antalet punkter.

Skift och off-set ska naturligtvis vara nära noll annars kan man misstänka *systematik*. Stora enskilda Δ -värden indikerar *grovt fel* och bör inte förekomma.

- RMS-värdena är ett mått på *mätosäkerheten* och skattas enligt:

$$RMS_{plan} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta N_i^2 + \sum_{i=1}^n \Delta E_i^2}{n}} \quad RMS_{höjd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}{n}}$$

Dess storheter granskas för att verifiera att erhållen *lägesosäkerhet* överensstämmer med ställda krav:

- Medelavvikelserna kontrolleras med formlerna:

$$\Delta\bar{R} \leq \frac{2 \cdot \sigma_{plan}}{\sqrt{n}} \quad |\Delta\bar{H}| \leq \frac{2 \cdot \sigma_{höjd}}{\sqrt{n}}$$

där σ -värdena är de standardosäkerheter beställaren har specificerat.

- Antalet

$$\Delta\bar{R}_i > 3 \cdot \sigma_{plan} \quad \text{respektive} \quad |\Delta\bar{H}_i| > 3 \cdot \sigma_{höjd}$$

räknas; bör vara = 0 (noll).

- RMS-värdena kontrolleras med formlerna:

$$RMS_{plan} \leq \sigma_{plan} \cdot (0,96 + n^{-0,4}) \quad RMS_{höjd} \leq \sigma_{höjd} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$$

För få kontrollobjekt ger inte särskilt effektiva kontroller - fler jämförelseobjekt innebär hårdare krav och säkrare bedömningar.

I Tabell C.2 ges ett exempel på tillämpningen av denna metod och ett förslag på hur redovisningen kan utformas – att ingå i produktionsdokumentationen enligt Bilaga B.4.

Tabell C.2. Exempel på redovisning av kontroll av lägesosäkerheten i ett flygfotograferingsprojekt. **Gula fält** fylls i. En rimlig tolkning av resultatet är att det finns en viss systematik i höjd som påverkar lägesosäkerheten och som bör utredas.

Kontroll, lägesosäkerhet	Avser:	Markstöd	Antal (n) =	20 st	
HMK-Standard-nivå:	2	Specificerade standardosäkerheter			
		Plan (σ_{plan}) =	100 mm	Höjd ($\sigma_{höjd}$) =	150 mm
Test:		Beräknade värden:			
Typ av kontroll	Teststorhet	Erhållet	Tic	Tolerans	OK?
Systematik, plan	$\Delta\bar{R} \leq \frac{2 \cdot \sigma_{plan}}{\sqrt{n}}$	30 mm	<	45 mm	Ja
Systematik, höjd	$\Delta\bar{H} \leq \frac{2 \cdot \sigma_{höjd}}{\sqrt{n}}$	88 mm	>	67 mm	Nej
Grova fel, plan	antal $\Delta\bar{R}_i > 3 \cdot \sigma_{plan}$	0 st	>	300 mm	Ja
Grova fel, höjd	antal $ \Delta\bar{H}_i > 3 \cdot \sigma_{höjd}$	0 st	>	450 mm	Ja
Lägesosäkerhet, plan	$RMS_{plan} \leq \sigma_{plan} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$	81 mm	<	126 mm	Ja
Lägesosäkerhet, höjd	$RMS_{höjd} \leq \sigma_{höjd} \cdot (0,96 + n^{-0,4})$	213 mm	>	189 mm	Nej

Följande kontroller kan genomföras för att täcka större områden än enskilda kontrollobjekt:

d.2) Kontroll av diskontinuitet i stereomodeller

Kontroll om diskontinuitet förekommer mellan stereomodeller. Kontrollen kan göras genom stereokartering av kontinuerliga/linjeformade objekt, till exempel strandlinjer och vägar.

d.3) Jämförelse mot annan höjdmodell

En **ythöjdmodell** kan skapas genom matchning av flygbilderna och jämföras mot en annan höjdmodell med lägre lägesosäkerhet, till exempel från flygburen laserskanning. Ett sådant test kan bland annat visa på systematiska fel/ effekter. Eventuella mönster från till exempel bildkanter och *stitching* upptäcks lättare i ett sådant test än vid en vanlig kontroll mot kontrollobjekt.

e) Fullständighet

Kontrollera att bilddata:

- täcker hela kartläggningsområdet med en marginal om minst 15 % av bildsidan utanför kartläggningsområdet.
- har stereotäckning för hela kartläggningsområdet – om bilder för stereokartering har beställts; inga glipor accepteras.

f) Användbarhet

Övriga insamlingsparametrar kontrolleras vi behov:

- geometrisk upplösning, genom att till exempel mäta upp avståndet mellan två väldefinierade punkter och räkna antalet pixlar däremellan
- övertäckning inom och mellan stråk, genom användning av fotogrammetrisk programvara alternativt genom uppskattning i bildbearbetningsprogram
- bildkvalitet granskas för att verifiera att:
 - o de objekt som ska tolkas och mätas kan tolkas i bilderna
 - o bilddata uppvisar en genomgående god bildkvalitet med god kontrast och skärpa
 - o bilddata inom samma område och fotograferingstillfälle uppvisar en enhetlig färgton och färgbalans
 - o bilddata inte uppvisar tecken på rörelseoskärpa, oacceptabla skugglängder eller över-/underexponering i form av överrepresentation av pixlar med total svärta i lågdagrar, utkritning i högdagrar eller bildstörningar som moln, rök eller dis
- skugglängd vid aktuell fotograferingstidpunkt, beräknas genom nyttjande av höjd- och koordinatuppgift samt exponeringstidpunkt för bilder
- fotograferingsperiod med exponeringsdatum för bilderna

Bilaga C.3 Fördjupad kontroll vid behov

Ytterligare kontroll bör göras om tidigare kontrollsteg har påvisat oklarheter eller eventuella brister. Sådana kontroller ställer dock krav på beställarens kompetens och tillgång till lämpliga programvaror.

g) Markstöd

Beräkningsresultaten granskas för att verifiera att:

- erhållen standardosäkerhet i geodetisk mätning av markstöd och kontrollobjekt överensstämmer med specificerade krav

- använd geodetisk mätmetod ger önskad lägesosäkerhet, se [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 3.

h) GNSS/INS-data

Beräkningsresultaten granskas för att verifiera att:

- beräknade positionerings- och orienteringsdata inte uppvisar signifikanta brister eller avvikelser
- differens mellan planerad exponeringsort och beräknad exponering är acceptabel
- beräknade rotationsvinklar (*omega*, *phi*, *kappa*) ligger inom angivna toleranser.

i) Blocktriangulering

Beräkningsresultatet granskas för att verifiera att:

- beräknade viktenhetens standardosäkerhet (grundmedelfel), residualer, positionerings- och orienteringsdata inte uppvisar signifikanta brister eller avvikelser
- indata till blocktrianguleringen har viktats på korrekt sätt
- antal och placering av konnektionspunkter är acceptabelt
- antal och placering av markstöd är acceptabelt
- antal bilder, som använda stöd- och kontrollpunkter är mätbara i, är acceptabelt
- resultatet av eventuell självkalibrering är rimligt.

j) Avancerad kontroll av bildkvalitet

Resultat av radiometrisk bearbetning:

- En digital färgbilds pixlar har tre numeriska värden, ett för respektive primärfärg rött, grönt och blått (RGB). Dessa värden bestämmer pixelns färg och ljusstyrka. I en flygbild i 8 bitar RGB har varje pixel i banden rött, grönt respektive blått ett värde mellan 0 (svart) och 255 (vitt).

Detta innebär att det går att genomföra matematiska analyser på bilder och på delar av bilder för att redovisa statistik för exempelvis luminans, kontrast och/eller andel utkritade pixlar.

Det finns ett antal vanliga typer av bildstatistik som är användbara för att kontrollera den radiometriska bearbetningen.

Procent svärtade och utkritade pixlar:

- Svärtade pixlar har den mörkaste nyansen i bilden, vanligtvis 0, 0, 0 (svart). Andelen svärtade pixlar beräknas genom att dividera antalet svärtade pixlar med bildens totala antal pixlar.

- Utkritade pixlar har bildens ljusaste nyans. Andelen beräknas efter samma princip som för svärtade pixlar.

Luminans, kontrast och nyans kan kontrolleras med stickprov ur en bildleverans med följande metod:

1. Bilderna öppnas i bildprogram, där luminans (medelvärde) och kontrast (standardavvikelse) kontrolleras för hela bildytan i respektive bild. Även nyansen (medelvärdet) för bildens 0,1 procent mörkaste pixlar kontrolleras, liksom nyansen för bildens 1 procent ljusaste pixlar. Extremer, såsom stora vattenområden maskas bort från analysen.
2. Erhållna värden bör inte ha stor spridning inom ett område, om inte landskapstypen varierar kraftigt.
3. Efter kontrollen ovan kan luminans och färgnyans kontrolleras med stickprov ur likartade objekt i olika delar av bilden. Även luminans och kontrast i skuggorna från likartade objekt kan kontrolleras och jämförs med varandra. Erhållna värden för likartade objekt bör inte ha stor spridning inom bildytan eller inom ett område.