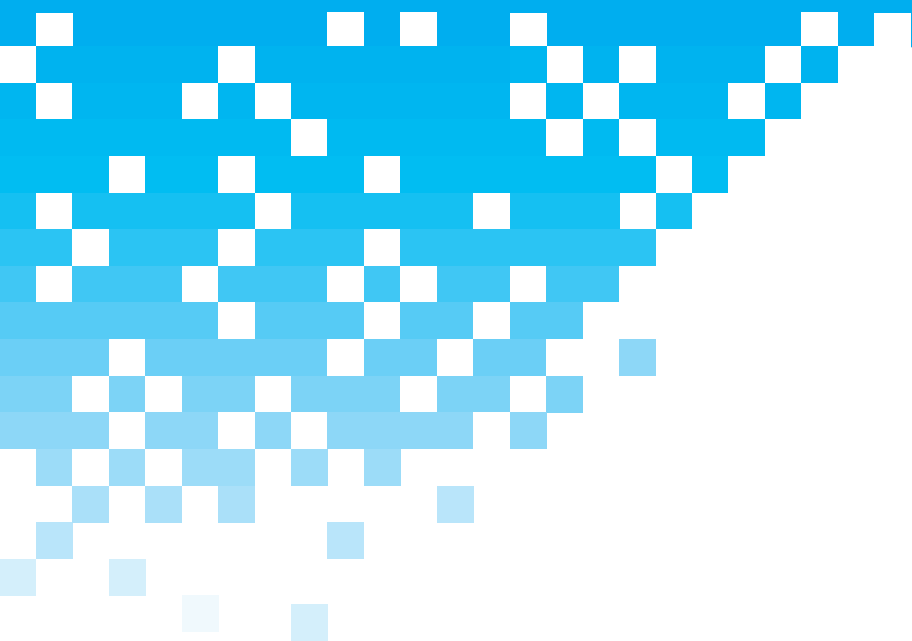


HMK
- handbok i mät- och kartfrågor

Höjddata

2017



Förord 2017

Första versionen av *HMK – Höjddata* publicerades i juni 2015. Dokumentet skrevs av Helen Rost, Blom Sweden AB, och Thomas Lithén, Lantmäteriet, var redaktör. I arbetsgruppen ingick även Jan Wingstedt, Jönköpings kommun/Lantmäteriet, Joakim Fransson och Per Isaksson, Trafikverket, samt Marianne Ormalm och Lena Moren, Lantmäteriet. Muriel Bjureberg och Gunilla Lundgren, Lantmäteriet, ansvarade för layout och design.

Denna version, *HMK – Höjddata 2017*, är den andra i ordningen. Förutom en allmän översyn 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".
- 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

1. Inledning	5
2. Teknisk specifikation	6
2.1 Allmän beskrivning	6
2.2 Specifikation av utgångsmaterial	6
2.2.1 Punktmoln	7
2.2.2 Vektordata	8
2.2.3 Övrigt utgångsmaterial	9
2.3 Specifikation av produkten	10
2.3.1 HMK-standardnivå	10
2.3.2 Datastruktur	12
2.3.3 Detaljeringsgrad	13
2.3.4 Lägesosäkerhet	14
2.3.5 Höjdmodellstyp	15
2.3.6 Klassificering av punktmoln	16
2.3.7 Följdprodukter	17
2.3.8 Tilläggspecifikation	17
2.4 Specifikation av leverans	20
2.4.1 Referenssystem	20
2.4.2 Höjddata	20
2.4.3 Produktionsdokumentation	22
2.4.4 Metadata	22
2.4.5 Tilläggspecifikation av leverans	23
3. Genomförande	25
3.1 Kontroll av utgångsmaterial	25
3.2 Punktmoln	26
3.2.1 Insamling	26
3.2.2 Klassning av punktmoln	26
3.2.3 Uttunning av punktmoln	29
3.3 Detaljmätning	29
3.3.1 Brytlinjer	29
3.4 Höjdmodeller	30
3.4.1 Markhöjdmodell	31
3.4.2 Ythöjdmodell	31
3.5 Följdprodukter	32
3.5.1 Höjdkurvor	32
3.5.2 Höjdpunkter	33
3.6 Leverans	34
4. Beställarens kontroll	35
5. Referenser/Läs mer	36

Bilaga A: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation	38
Bilaga A.1 Mall för teknisk specifikation	38
Bilaga A.2 Exempel på ifylld mall för en kommun.....	41
Bilaga A.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket.....	44
Bilaga B: Produktionsdokumentation	47
Bilaga C: Kontroll av höjddata	50
Bilaga C.1 Komplet leverans.....	50
Bilaga C.2 Produkt.....	50
Bilaga C.3 Fördjupad kontroll vid behov	53

1. Inledning

Information

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

HMK – Höjddata behandlar upprättande av teknisk specifikation för upphandling av höjddata i olika former samt arbetets utförande, dokumentation och kontroll. Utgångspunkten är punktmoln från laserdata beställda med stöd av [HMK – Flygburen laserskanning 2017](#) och [HMK – Fordonsburen laserskanning 2017](#), men även punktmoln från flygbilder beställda med stöd av [HMK – Flygfotografering 2017](#) behandlas liksom fotogrammetrisk och geodetisk detaljmätning.

Dokumentet stödjer:

- upprättande av teknisk specifikation (kapitel 2 och Bilaga A)
- genomförande av uppdrag avseende höjddata (kapitel 3 och Bilaga B)
- kontroll av leverans (kapitel 4 och Bilaga C).

Följande HMK-standardnivåer omfattas, se [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-Höjddata 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

Höjddata från radardata, djupdata från batymetri samt digitalisering av äldre analogt material behandlas inte i HMK – Höjddata 2017.

Intresserade av härledning, formler etc. 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 kapitel 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. Kapitel 2 och 3 kan även användas som checklista för att säkerställa att aktuell DPS/standard omfattar alla relevanta krav vid beställning av höjddata.

För mer information om teknisk specifikation och dataprodukt-specifikation, 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 översiktligt:

- a) de tjänster och produkter som den tekniska specifikationen omfattar, det vill säga vad som ska utföras och levereras.
- b) hur produkterna 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 för framställning av höjddata avses områdesbegränsning, bild- och laserdata, vektordata samt övrigt material som kan underlätta och effektivisera genomförande av uppdraget.

Val av utgångsmaterial

Laserdata kan vara utgångsmaterial för höjdmodell. Flygburen laserskanning medger en effektiv insamling av höjddata över stora områden för framtagning av både **ythöjdmodell och markhöjdmodell**.

Fordonsburen laserskanning kan användas när området är begränsat till en smal korridor kring väg/järnväg. Punkttätheten avtar och mätosäkerheten ökar med avståndet från sensorn.

För små områden eller vid höga krav på låg lägesosäkerhet kan geodetisk mätning vara den mest effektiva metoden för insamling av höjddata. Den geodetiska mätningen kan utföras med GNSS, totalstation eller terrester laserskanning.

Obemannade luftfartyg benämns med olika namn som drönare, UAS (Unmanned Aerial Systems), UAV (Unmanned Aerial Vehicle). UAS kommer att användas i denna rapport.

Fotogrammetrisk detaljmätning i flygbilder kan komplettera laserdata genom att brytlinjer eller andra detaljer som inte fångats upp vid laserskanningen mäts in. Fotogrammetrisk detaljmätning kan också användas för ajourhållning av **markhöjdmodell** över öppna ytor.

Punktmoln från automatisk bildmatchning av flygbilder (*fotogrammetriskt punktmoln*) kan användas för framtagning av **ythöjdmodell**. Punktmolnet kan även användas för att framställa eller ajourhålla **markhöjdmodell** över öppna ytor utan vegetation.

Ofta krävs en kombination av olika mätmetoder och utgångsmaterial för att erhålla önskad kvalitet i en färdig höjdmodell.

2.2.1 Punktmoln

Data kan finnas tillgängliga från tidigare genomförd beställning eller via geodatasamverkan, men kan också helt eller delvis samlas in för aktuell produktion.

Befintliga data

Befintliga data som ska användas kvalitetsdeklareras så att uppdraget blir kalkylerbart. Det bör framgå om utföraren förväntas vidareförädla, förbättra och/eller komplettera utgångsmaterialet för att uppnå efterfrågad kvalitet på slutprodukten.

- För punktmoln från flygburen laserdatainsamling rekommenderas att produktionsdokumentationen redovisas enligt [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), Bilaga B.

- För punktmoln från fordonsburen laserdatainsamling rekommenderas produktionsdokumentation enligt [HMK - Fordonsburen laserskanning 2017](#), Bilaga B.
- För fotogrammetriskt punktmoln rekommenderas det att produktionsdokumentation redovisas enligt [HMK - Flygfotografering 2017](#), Bilaga B.

Vid användning av befintligt punktmoln bör beställaren särskilt beakta:

- att laserdata är lämpliga för framtagning av specificerade höjddata ([HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.5)
- att det fotogrammetriska punktmolnet är lämpligt för framtagning av specificerade höjddata ([HMK - Flygfotografering 2017](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.9)
- huruvida punktmolnet är klassat, vilka klasser som ingår och kvaliteten på klassningen (till exempel graden av manuell editering).

Vid användning av befintliga bilddata, för att ta fram punktmoln med bildmatchning, bör beställaren särskilt beakta:

- att bilderna är lämpliga för framtagning av specificerade höjddata ([HMK - Flygfotografering 2017](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.9).

Nyinsamling av data

Beställaren kan specificera kraven på slutprodukten och därmed lämna till utföraren att ta ansvar för datainsamlingen. Vid upphandling av laserdata och bilddata (för bildmatchning) kan följande dokument användas som stöd.

- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av laserdata se [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#).
- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av fordonsburen laserskanning och fotografering se [HMK - Fordonsburen laserskanning 2017](#).
- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av flygfotografering och fotogrammetriskt punktmoln se [HMK - Flygfotografering 2017](#).

2.2.2 Vektordata

Vektordata kan användas som komplement till punktmoln eller som stöd för klassning av punktmoln. Brytlinjer används som komplement för att mer troget återge skarpa formationer i terrängen. Brytlinjer kan

mätas särskilt för ändamålet men även befintlig information om vattenytor, dammar med mera kan utnyttjas. Ska klassning av laser-data genomföras kan information om vattenytor, vägar, byggnader, vegetation med mera underlätta arbetet.

Befintliga data

Befintliga data ska levereras med kvalitetsuppgifter samt produktionsdokumentation och metadata.

Nyinsamling av data

Vektordata kan samlas in med fotogrammetrisk och/eller geodetisk detaljmätning. Beställaren kan välja att definiera kraven på slutprodukten höjddata, och därmed lämna till utföraren att ta ansvar för detaljmätningen.

- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av fotogrammetrisk detaljmätning, se [HMK - Fotogrammetrisk detaljmätning 2017](#).
- Befintliga bilddata, som ska användas för fotogrammetrisk detaljmätning, kvalitetsdeklareras så att uppdraget blir kalkylerbart.
- För befintliga bilddata rekommenderas att produktionsdokumentationen redovisas enligt [HMK - Flygfotografering 2017](#), Bilaga B.

Vid användning av befintliga bilddata för fotogrammetrisk detaljmätning bör beställaren särskilt beakta:

- att bilderna är lämpliga för framtagning av specificerade höjddata ([HMK - Flygfotografering 2017](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.9).

2.2.3 Övrigt utgångsmaterial

Övrigt material hos beställaren som kan underlätta och effektivisera genomförande av uppdraget kan till exempel vara befintlig höjdmodell och vid klassning även information om strandlinjer, broar, byggnader, vägar, vegetation med mera. Data ska levereras med kvalitetsuppgifter samt produktionsdokumentation och metadata.

2.3 Specifikation av produkten

2.3.1 HMK-standardnivå

Rekommendation

- a) Beställaren anger HMK-standardnivå för produkten.

Vald HMK-standardnivå, utifrån tänkt användning, blir styrande för genomförandet. Tabell 2.3.1 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 2.3.1. Lämpliga mätmetoder och lägesosäkerhet i färdig höjdmodell samt sammanställning av parametrar per HMK-standardnivå.

Parametrar	HMK-standardnivå 1	HMK-standardnivå 2	HMK-standardnivå 3
Detaljeringsgrad, vanlig geometrisk upplösning i grid (m) ^{D)}	0,5-1,0	0,50	0,25
Detaljeringsgrad, vanlig ekvidistans i höjdkurvor (m) ^{D)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
<i>Höjdmodell från flygburen laserskanning</i>			
Detaljeringsgrad, punkttäthet i punktmoln (punkter /m ²) ^{II)}	0,5-2	6-12	20-30
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{II)}	0,30/ 0,10	0,15/ 0,05	0,05/ 0,02
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{III)}	0,25-0,50	0,10-0,25	0,02-0,10
Höjdmodellstyp	Markhöjdmodell och/eller ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
<i>Höjdmodell från flygbilder (Bildmatchning)</i>			
Detaljeringsgrad, punktavstånd i punktmoln (m) ^{IV)}	0,40-1,00	0,16-0,24	0,02-0,05
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{V)}	0,20-0,50/ 0,30-0,75	0,08-0,12/ 0,12-0,18	0,02-0,05/ 0,03-0,07
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{III)}	0,50-1,00	0,20-0,50	-
Höjdmodellstyp	Ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
<i>Övrigt</i>			
Datastruktur ^{VI)}	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- TIN - Punktmoln + brytlinjer
Vanlig presentationsskala i kartografiska produkter	1:10 000	1:2 000	1:400

^{D)} Detaljeringsgrad kan avse punkttäthet/punktavstånd i punktmoln, geometrisk upplösning i grid, ekvidistans i höjdkurvor eller presentationsskala, se avsnitt 2.3.3.

^{II)} Punkttäthet och lägesosäkerhet, ideala förhållanden, enligt [HMK – Flygburen laserskanning 2017](#), Tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.2 – 2.3.3.

^{III)} Beroende på terrängtypen varierar standardosäkerheten i höjd i olika delar av en höjdmodell inom angivet intervall, se avsnitt 2.3.4.

^{IV)} Vanligt värde för punktavstånd ligger inom angivet intervall, se avsnitt 2.3.3. Värdet baseras på geometrisk upplösning och övertäckning enligt [HMK – Flygfotografering 2017](#), Tabell 2.3.1.

^{V)} Lägesosäkerhet, ideala förhållanden, enligt [HMK – Flygfotografering 2017](#), Tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.3. Intervallet avser parametervärden som följer det värde som valts på geometrisk upplösning.

^{VI)} Vanligt förekommande datastruktur, se avsnitt 2.3.2.

2.3.2 Datastruktur

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar datastruktur för höjddata.

Höjddata kan levereras som en färdig höjdmodell i form av TIN och/eller GRID men det förekommer också att användaren själv skapar höjdmodellen från levererat punktmoln och brytlinjer. Leverans av höjddata kan bestå av en kombination av olika datastrukturer.

Punktmoln och brytlinjer

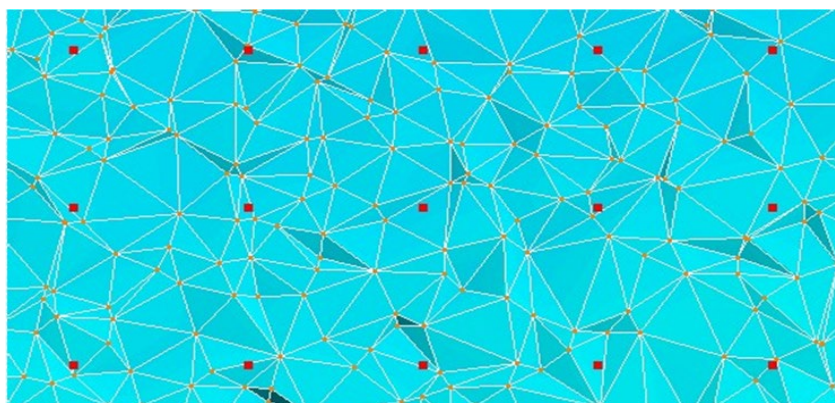
Höjddata kan levereras i form av klassificerade punkter, ibland kompletterade med brytlinjer, med möjlighet för beställaren att själv skapa vidareförädlade höjddataprodukt. Detta är vanligt för HMK-standardnivå 2 och 3.

TIN

Ett TIN (*Triangular Irregular Network*) är en datastruktur som används för att beskriva ytor. Det är vektorbaserat och skapas genom "triangulering" av punkter. Punkterna binds samman av linjer som bildar icke överlappande tredimensionella trianglar. TIN används ofta för detaljerad projektering (HMK-standardnivå 3) men förekommer även för HMK-standardnivå 2.

Grid

För HMK-standardnivå 1 och 2 levereras höjddata ofta som ett regelbundet grid, som innebär en effektiv och enkel lagring och datahantering. Eftersom alla höjdvärden är härledda ger datastrukturen oftast en sämre återgivning av en yta jämfört med TIN.



Figur 2.3.2. Gula punkter i ett punktmoln som triangelbildats till ett TIN. Röda punkter avser grid som kan interpoleras fram ur TIN eller enligt annat förfarande. (Källa: Okänd)

2.3.3 Detaljeringsgrad

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på detaljeringsgrad.

Kraven kan ställas genom att ange punkttäthet/punktavstånd i punktmoln, geometrisk upplösning i grid, ekvidistans för höjdkurvor eller presentationsskala.

Punkttäthet eller punktavstånd i punktmoln

Detaljeringsgrad i ett punktmoln anges vanligen som *punkttäthet* för laserskanning och som *punktavstånd* för fotogrammetriska punktmoln. Detaljeringsgraden har stor betydelse vid tolkning av detaljer.

- För punktmoln från flygburen laserskanning avses antalet punkter på markytan per kvadratmeter, se [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), avsnitt 2.3.2.
- För fotogrammetriskt punktmoln från bildmatchning i flygbilder avses punktavståndet (avstånd mellan punkter på marken) efter denna matchning. En tumregel är att, vid en bildövertäckning på 80%/60% (i och mellan stråk), välja punktavståndet lika med bildens geometriska upplösning. Det dubbla punktavståndet rekommenderas för en bildövertäckning på 60%/30%. I Tabell 2.3.1 har det för HMK-standardnivå 3 förutsatts den högre graden av övertäckning och för HMK-standardnivå 1 och 2 den lägre graden av övertäckning. Se även [HMK - Flygfotografering 2017](#), avsnitt 2.3.3 - 2.3.4.

Vid samtidig beställning av insamling av laser- eller bilddata och framtagande av höjdmodell kan beställaren alternativt välja att specificera vad som ska vara möjligt att tolka men överlåta till utföraren att bestämma vilken mätmetod och punkttäthet som krävs för att uppfylla kraven.

Geometrisk upplösning i grid

Med geometrisk upplösning i ett regelbundet grid avses avståndet på marken mellan två närliggande gridpunkter. Grid framställt ur punktmoln ska inte framställas med högre geometrisk upplösning än punktmolnets genomsnittliga punktavstånd.

Den geometriska upplösningen påverkar vilka detaljer som går att urskilja i höjddata. Den geometriska upplösningen påverkar även vilken lägesosäkerhet som är möjlig att uppnå i höjdmodellen eftersom höjder mellan gridpunkterna måste interpoleras fram. Lämplig geometrisk upplösning i grid för respektive standardnivå, baserat på punkttäthet framgår av Tabell 2.3.1.

Ekvidistans

Ekvidistansen anger höjdavståndet mellan två intilliggande höjdkurvor.

Ekvidistans bör inte sättas lägre än två gånger standardosäkerheten i höjd i den underliggande höjdmodellen. Lämplig ekvidistans för respektive standardnivå, baserat på punkttäthet, punktavstånd eller geometrisk upplösning i grid framgår av Tabell 2.3.1.

Presentationsskala

Genom att ange presentationsskala styrs generalisering och besiffring av höjdkurvor samt placering av **höjdpunkter**.

2.3.4 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.

Kraven ställs antingen på den färdiga höjdmodellen - som oftast innehåller flera olika terrängtyper - eller på standardosäkerheten för väldefinierade objekt som ska representeras i höjddata, exempelvis plana ytor i höjd.

Rekommenderade krav på standardosäkerhet för en färdig höjdmodell per metod och HMK-standardnivå framgår av Tabell 2.3.1. Observera att angiven standardosäkerhet avser ett ungefärligt riktvärde för en färdig höjdmodell framtagen i ett område med flera olika terrängtyper.

Beroende på terrängtypen varierar standardosäkerheten i höjd i olika delar av en höjdmodell. Exempelvis ger plana och hårdgjorda ytor utan vegetation normalt en lägre standardosäkerhet än kuperad skogsterräng (referens [1] och [2]).

Standardosäkerheten i höjd i höjddata påverkas även av mätmetoden och dess standardosäkerhet:

- För punktmoln från flygburen laserdatainsamling, se [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), Tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.2 - 2.3.3, för mer information om punkttäthet per standardnivå, lägesosäkerhet på plana hårdgjorda och andra typer av ytor med mera.

- För mätning i flygbilder se [HMK – Flygfotografering 2017](#), Tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.2 - 2.3.4 för mer information om geometrisk upplösning per standardnivå, lägesosäkerhet samt övertäckning i och mellan stråk med mera. Se även [HMK – Fotogrammetrisk detaljmätning 2017](#), avsnitt 2.3.2.

Handlingar för byggande (HMK-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 laserskanning samt terrester och fotogrammetrisk detaljmätning.

2.3.5 Höjdmodellstyp

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på höjdmodellstyp.

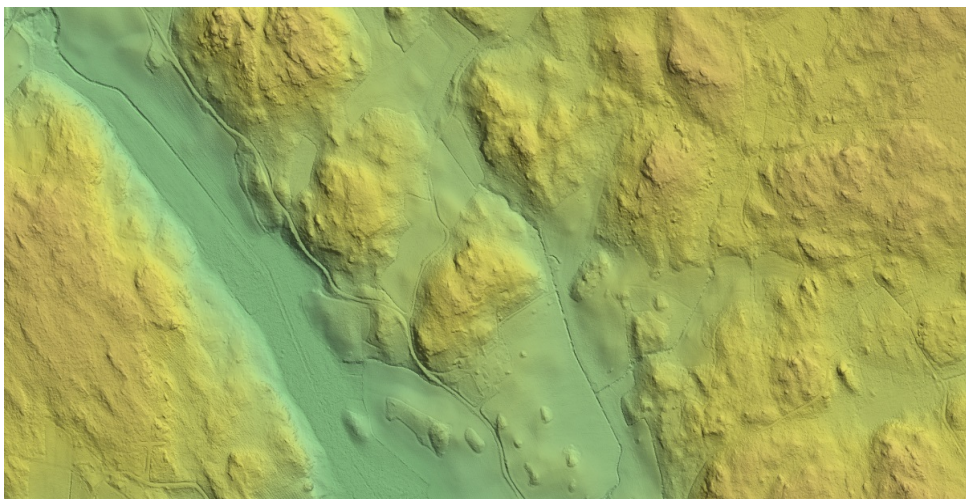
Val av höjdmodellstyp ställer implicita krav på mätmetod och framtagande av höjdmodell.

Två höjdmodellstyper hanteras i detta dokument:

- **Markhöjdmodell**, som beskriver en heltäckande markyta inklusive vattenytor med interpolerade höjder under byggnader, broar vegetation och andra från markytan uppstickande objekt (Figur 2.3.5.a)
- **Ythöjdmodell**, som beskriver en heltäckande yta där det översta skiktet i terrängen inklusive alla objekt som byggnader, broar, vegetation, master, luftledningar, stolpar, fordon, människor och djur med mera inkluderas (Figur 2.3.5.b).

Beställaren kan efter behov definiera egna höjdmodellstyper, exempelvis:

- Höjdmodell för rektifiering för ortofoto (*rektifieringsmodell*). För olika typer av ortofoton och deras krav på rektifieringsmodell, se [HMK – Ortofoto 2017](#), avsnitt 2.3.4.
- Höjdmodell för hydrologisk modellering. En höjdmodell som skall användas för hydrologisk modellering, av exempelvis avrinning eller översvämning, utgår från en **markhöjdmodell** men behöver kompletteras med exempelvis viadukter, vägtrummor, diken och annan information som påverkar vattnets framkomlighet. Beställaren ställer krav på vilka typer av objekt som ska ingå och hanteringen i övrigt, exempelvis brytlinjer.



Figur 2.3.5.a. Markhöjdmodell baserad på flygburen laserskanning med färgskala och terrängskuggning. (Källa: Blom Sweden AB, 2015)



Figur 2.3.5.b. Ythöjdmodell baserad på flygburen laserskanning med färgskala och terrängskuggning. (Källa: Blom Sweden AB, 2015)

2.3.6 Klassificering av punktmoln

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella tilläggskrav på klassificering av punktmoln och kvalitet på klassificeringen.

Klassificering av punkter görs för att specificera vad punkterna representerar. Krav ställs på vilka objekt som ska klassificeras och vilken nivå på manuell editering som ska göras efter automatklassificering, vanligen grov- och/eller fineditering.

- *Groveditering* avser de felklassificeringar som kan upptäckas på en översiktsbild och rättas till.

- *Fineditering* avser när en operatör går igenom alla data visuellt och rättar till de felklassificeringar som upptäcks.

Alla klasser behöver inte vara representerade i alla typer av produkter. Klassning som underlag för **markhöjdmodeller** är den vanligaste typen av klassning; vanligtvis mark, bro, vatten, oklassad samt lågpunkt och högpunkt för felaktiga punkter under respektive över markytan, se avsnitt 3.2.2. Det förekommer även att byggnader identifieras och klassificeras och att övriga punkter ovan mark klassificeras som olika vegetationsskikt (låg, mellan och hög vegetation). Även objekt tillhörande annan typ av infrastruktur, till exempel vägar, järnvägar och kraftledning, kan identifieras och klassificeras vid behov.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.2.2 a-b önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på andra genomförandekrav är:

- ytterligare klassindelning än enligt krav 3.2.2 a, till exempel att även byggnad och vegetation ska klassificeras eller att broar inte ska klassificeras särskilt.
- lägre krav på nivå av editering än enligt 3.2.2 b, till exempel att enbart automatklassificering och groveditering ska utföras.

För val av klasskoder vid leverans, se avsnitt 2.4.2.

2.3.7 Följdprodukter

Rekommendation

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

Följande övriga höjddataproducter stöds av HMK – Höjddata 2017:

- *Höjdkurvor*, en kartografisk produkt som visar markens höjdvariationer.
- **Höjdpunkter**, som vanligen används i kartografiska produkter för att förstärka bilden av olika höjdnivåer. **Höjdpunkter** är enstaka punkter med höjdangivelser, utspridda i terrängen.

2.3.8 Tilläggspecification

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på produkten.

Beställaren bör inte detaljstyra genomförandet utan så långt som möjligt överlämna det till utföraren.

Nedan ges exempel på avsteg/tillägg till genomförandekraven enligt kapitel 3.

Uttunning av punktmoln

För att minska datamängden i ett punktmoln eller TIN kan punktmolnet tunnas ut med olika metoder, se Figur 3.4. Beställaren specificerar eventuella krav på att punktmolnet ska tunnas ut.

Utgångspunkten är att ingen utglesning görs om inte beställaren specificerar det.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.2.3 a-b önskas specificeras detta av beställaren. Exempel på annat genomförandekrav är:

- annat uttunningskriterium än enligt 3.2.3 b.

Exempel på tilläggskrav är:

- att bortklassade punkter ska ligga kvar i punktmolnet i en egen angiven klass
- att nyckelpunkter markeras med så kallad "*classification flag*" i befintlig klass.

Brytlinjer

För att troget återge skarpa formationer i terrängen kan punktmoln behöva kompletteras med brytlinjer, se Figur 3.4.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.3.1 a-b önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att brytlinjer ska användas genomgående för vissa objekt, till exempel broar och vägkanter
- att brytlinjer inte ska användas.

Vattenytor

Brytlinjer som representerar strandens läge används för att undvika felaktig interpolation på vattenytor och strandnära områden.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.4 b-d önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att vattenytor inte ska hanteras.

TIN

Om annan hantering än genomförandekrav 3.4 e-g önskas specificeras detta av beställaren.

Grid

Om annan hantering än genomförandekrav 3.4 h-j önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- krav på interpoleringsmetod för framtagning av grid från ursprungliga höjdmätningar som alternativ till 3.4 i.

Exempel på tilläggskrav är:

- att höjderna i griden ska representera annat än diskreta höjder, exempelvis medel-, min-, max- eller percentilhöjder, inom en viss area som relateras till grid-punktens plankoordinater
- att ta fram varierande upplösning i griddata för att återspegla skiftande upplösning i utgångsmaterialet
- hantering av hål, klippning mot olika objekt eller hantering av områdesbegränsningar.

Markhöjdmodell

Om annan hantering än genomförandekrav 3.4.1 a-b önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att brytlinjer inte ska användas som alternativ till 3.4.1 a
- att vatten inte ska vara heltäckande under broar som alternativ till 3.4.1 b.

Ythöjdmodell

Om annan hantering än genomförandekrav 3.4.2 a önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att fordon ska editeras bort som alternativ till 3.4.2 a.

Höjdkurvor

Om annan hantering än genomförandekrav 3.5.1 a-i önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att ge en ekvidistans som alternativ till krav 3.5.1 a
- att ge annat krav på besiffring än krav 3.5.1 f
- krav på klippning av kurvor mot specifika objekt, till exempel vägar eller byggnader, som alternativ till 3.5.1 h.

Höjdpunkter

Om annan hantering än genomförandekrav 3.5.2 a-b önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att ge krav på annan placering än 3.5.2 a
- att ge krav på annan täthet för **höjdpunkterna** än 3.5.2 b.

2.4 Specifikation av leverans

2.4.1 Referenssystem

Rekommendation

- Beställaren anger referenssystem i plan och höjd för de filer som ska levereras.
- 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 sådant upprättas som en del av uppdraget enligt [HMK - Geodetisk infrastruktur 2020](#), kapitel 2.

2.4.2 Höjddata

Rekommendation

- För leverans av höjddata specificerar beställaren:
 - filformat, inklusive eventuell version.
 - geografisk uppdelning och namngivning.
 - komprimering.
- För leverans av punktmoln specificerar beställaren eventuella tilläggskrav på klasskoder.
- Vid leverans av vektordata specificerar beställaren eventuella krav på objektkoder, attribut och topologi.

Filformat

Punktmoln från laserskanning eller bildmatchning levereras lämpligen i ASPRS LAS-format (Referens [4]), senaste version. Skillnaden mellan versionerna i 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).

Brytlinjer, TIN, höjdkurvor och **höjdpunkter** levereras lämpligen i vektorformat.

Grid levereras lämpligen som rasterfil eller textfil.

Geografisk uppdelning och namngivning

Höjddata 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 projek-tionszoner. Läs mer om indexsystem och beteckningar i [Lantmäteriets Infoblad nr 11](#).

Datakomprimering

Många filformat kan komprimeras med vanligt förekommande algoritmer. All komprimering måste vara icke-förstörande. Beställaren anger om filerna skall komprimeras vid leverans och vilken komprimeringsmetod som önskas.

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.

Val av klasskoder vid leverans

Om annan hantering än genomförandekrav 3.2.2 c önskas specificeras detta av beställaren. Tabell 3.2.2.a och 3.2.2.b kan användas som stöd.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- Andra klasskoder än enligt krav 3.2.2 c, t.ex. att klassindelning ska göras enligt LAS version 1.1-1.3 i Tabell 3.2.2.b.

En leverans av laserdata inkluderar alla ursprungliga laserpunkter med klasstillhörighet enligt specifikation i en fil. Om beställaren endast vill ha ett urval av punkterna (till exempel markklassade punkter eller nyckelpunkter) i separata filer måste det specificeras.

Topologi för vektordata med mera

Beställaren specificerar eventuella krav på objekt-koder, attribut och topologi vid leverans av vektordata.

2.4.3 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 än genomförandekrav enligt 3.6 f-h önskas specificeras detta av beställaren.

2.4.4 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 metadatatjänster. Det kan även utgöra ett komplement till produktionsdokumentationen.

För grid och TIN kan områden med likartat ursprung och kvalitet avgränsas, till exempel genom kompletterande polygoner med koppling till metadata om exempelvis ursprung, lägesosäkerhet, aktualitet med mera. Alternativt läggs kvalitetsmärkning på objektsnivå, så att ursprung och kvalitet för varje individuell punkt, linje eller polygon kan spåras.

Metadata i kartform (raster) kan avse:

- Punkttäthetskarta för markklassade punkter (om markklassning av punktmoln har beställts), se Figur C.2.

Kartan bör redovisas med en upplösning enligt [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), Tabell 3.3.1, dvs. mellan 10x10 och 5x5 meter i HMK-standardnivå 1, 2,5x2,5 meter i standardnivå 2 och 2x2 meter i standardnivå 3. Färgskalan i kartan kan vara *relativ* eller *absolut*.

Den absoluta färgskalan har fördelar om man lägger samman laserdata med olika punkttäthet, från olika projekt, förutsatt att

projekten använder samma färgskala. Vid relativ skala rekommenderas en färgskala liknande den som används i Nationella höjdmodellen, se Tabell 2.4.4.

Tabell 2.4.4. Relativ färgskala för punkttäthet, markklassade punkter, enligt Nationell höjdmodell.

Blått	högre än den efterfrågade punkttätheten
Grönt	mellan den efterfrågade och halva punkttätheten
Gult	mellan halva och en fjärdedel av den efterfrågade punkttätheten
Rött	mindre än en fjärdedel av den efterfrågade punkttätheten
Svart	dolda (maskade) ytor, t.ex. vattenområden, eller ytor utan data.

Metadatat innehåll och format för hela datamängder kan anpassas till den nationella metadataprofilen på geodata.se (Referens [5]). Det ger förutsättningar för publicering av datamängden på geodataportalen.

Format

Två exempel på format ges:

- För redovisning av områden med likartat ursprung med tillhörande attribut kan **vektor**format användas, till exempel *shape* eller liknande.
- Punkttäthetskarta för markklassade punkter levereras lämpligen som georefererade *tiff*-bilder, eller liknande.

2.4.5 Tilläggspecifikation av leverans

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på leverans.

Prov- och delleveranser

Beställaren anger eventuella krav på prov- eller delleveranser för godkännande. Detta hanteras vanligen i upphandlingens kontraktsvillkor ([HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 3.2.1).

Punktmoln kan generera stora datamängder och vid behov konsulteras utföraren om/hur reduktion av datamängden ska hanteras.

Leveransmedia och katalogstruktur

Beställaren specificerar eventuella krav på leveransmedia och katalogstruktur för leverans av filer och produkter.

Rådatahantering

Beställaren specificerar eventuella krav på att leverantören ska leverera rådata och/eller delresultat i förädlingskedjan. Alternativt ställs eventuella krav på lagring av data för beställarens räkning samt på hur länge lagrade data ska finnas tillgängliga hos leverantören.

Detta hanteras vanligen i upphandlingens kontraktsvillkor ([HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 3.2.1).

3. Genomförande

Krav

- a) Utföraren ska ansvara för kvalitetssäkring av produktionen samt för att det material som levereras är kvalitetskontrollerat och komplett enligt beställarens 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. Där 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. I upphandlingens kontraktsvillkor kan beställaren kräva att en kvalitetsplan upprättas. Läs mer i [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 2.2.

3.1 Kontroll av utgångsmaterial

Krav

Utföraren ska noggrant kontrollera allt utgångsmaterial:

- a) erhållet fotogrammetriskt punktmoln kontrolleras med stöd av [HMK - Flygfotografering 2017](#), kapitel 4.
- b) erhållna laserdata kontrolleras med stöd av [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), kapitel 4.
- c) erhållet resultat från fotogrammetrisk detaljmätning kontrolleras med stöd av [HMK - Fotogrammetrisk detaljmätning 2017](#), kapitel 4.
- d) erhållet resultat från geodetisk mätning kontrolleras med stöd av [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#). Om GNSS-baserad mätning används kan kontroll göras enligt [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.2.

Beställaren informeras om eventuella brister i utgångsmaterialet som menligt kan inverka på slutprodukten.

3.2 Punktmoln

3.2.1 Insamling

För flygburen respektive fordonsburen insamling, georeferering och kontroll av laserpunktmoln se [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#) eller [HMK - Fordonsburen laserskanning 2017](#).

För flygfotografering, efterbearbetning, blocktriangulering, bildmatchning och kontroll av fotogrammetriskt punktmoln se [HMK - Flygfotografering 2017](#).

3.2.2 Klassning av punktmoln

Krav

- a) Laserpunktmoln ska klassificeras i mark, bro, vatten, oklassad samt lågpunkt och högpunkt för felaktiga punkter under respektive över markytan. Om klassificering enbart ska göras för **ythöjdmodell** kan mark och bro ingå i oklassad.
- b) Fineditering av klassificeringen ska göras för att säkerställa kraven på produkten. För varje ruta i den geografiska indelning som beställts enligt 2.4.2 ska andelen felklassificeringar inte vara större än gränsvärdet 2 %. Detta gäller alla beställda klasser.
- c) Koder för valda klasser ska följa klassindelningen i specifikationen för ASPRS LAS version 1.4, se Tabell 3.2.2.a.
- d) Om ytterligare klasser definieras vid produktionen ska beställaren konsulteras om de ska ingå vid leverans.
- e) För laserdata ska inga punkter tas bort utan istället ges en klasstillhörighet.
- f) Vid klassning av bildmatchat punktmoln kan uppenbara felmatchningar tas bort. I övrigt ska inga punkter tas bort utan att konsultera beställaren.

Klassindelning

Vilka klasser som ska levereras bestäms av beställarens krav. Vid produktion kan ytterligare klasser behöva definieras och användas.

Tabell 3.2.2.a Klasser enligt specifikationen för ASPRS LAS version 1.4, Table 17. (Referens [4])

Klass	Betydelse
0	Råpunkter
1	Oklassad
2	Mark
3	Låg vegetation
4	Mellanhög vegetation
5	Hög vegetation
6	Byggnad
7	Lågpunkt (felaktig punkt)
8	Reserverad
9	Vatten
10	Spårväg
11	Vägyta
12	Reserverad
13	Ledning (Jord)
14	Ledning (Fas)
15	Kraftledningsstolpe
16	Isolator
17	Bro
18	Högpunkter (felaktig punkt)
19-63	Reserverad
64-255	Användardefinierade

Tabell 3.2.2.b Klasser enligt specifikationen för LAS version 1.3, Table 4.9 (Referens [4]), kompletterat med bro.

Klass	Betydelse
0	Råpunkter
1	Oklassad
2	Mark
3	Låg vegetation
4	Mellanhög vegetation
5	Hög vegetation
6	Byggnad
7	Lågpunkt ("skräp")
8	Nyckelpunkt
9	Vatten
10	Reserverad för ASPRS definition
11	Bro (vanligt specialfall, egentligen reserverad för ASPRS definition)
12	Punkter i övertäckningszonen
13-31	Reserverad för ASPRS definition

Klassning av punktmoln

Efterbearbetning av det bildmatchade punktmolnet säkerställer att kraven på slutprodukten uppfylls. Klassning av punktmoln sker normalt enligt följande:

- Vid klassning av punktmoln används befintligt underlagsmaterial som kan underlätta arbetet.
- Efter automatisk klassning utförs en visuell kvalitetskontroll där eventuella felaktigheter rättas till med automatiska, semi-automatiska eller manuella metoder i form av grov- och/eller fineditering, se avsnitt 2.3.6.
- Eventuell ytterligare efterbearbetning av punktmolnet säkerställer att kraven på slutprodukten uppfylls. Ett bildmatchat punktmoln kan behöva filtreras eller utjämnas för att ta bort extrempunkter och reducera brus.

3.2.3 Uttunning av punktmoln

Krav

Vid krav på uttunning av punktmoln ska:

- a) parametrar för uttunning av punktmoln väljas så att kraven på tolkbarhet och lägesosäkerhet samt datastruktur för punktmolnet uppfylls.
- b) kvarvarande punkter väljas så att den nya modellens yta inte avviker nämnvärt från den ursprungliga ytan och så att relevanta detaljer bevaras.

3.3 Detaljmätning

3.3.1 Brytlinjer

Krav

För framtagning av brytlinjer gäller att

- a) punktmoln ska, vid behov, kompletteras med brytlinjer så att kraven på lägesosäkerhet i höjddata uppfylls.
- b) brytlinjerna ska troget återge terrängens formation.
- c) vald mätmetod ska uppfylla kraven på produkten avseende mätosäkerhet.

Exempel på olika mätmetoder för inmätning av brytlinjer är:

- *Fotogrammetrisk detaljmätning*. Läs mer i [HMK - Fotogrammetrisk detaljmätning 2017](#), Bilaga D.2.1.
- *Geodetisk detaljmätning*. Utförs vanligen med GNSS-teknik eller totalstation. För lämpligt val av geodetisk mätmetod se [HMK - Kravställning vid geodetisk mätning 2017](#), kapitel 3. Om GNSS-baserad mätning används kan kontroll göras enligt [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.2.
- *Kartering i laserpunktmoln*. Planläget kan exempelvis tolkas från höjd-, intensitets- eller färginformation i laserpunkterna.
- *Terrester laserskanning*. Punktmolnet hanteras då på ett liknande sätt som laserdata med annat ursprung, se avsnitt 3.2.

3.4 Höjdmodeller

Krav

- a) Höjdmodellen ska vara heltäckande över insamlingsområdet.

Vid hantering av vattenytor ska:

- b) höjdmodellen modelleras korrekt fram till brytlinje som representerar strandens läge (strandlinje).
- c) eventuella befintliga brytlinjer för strandens läge kompletteras vid behov.
- d) vattenytor höjdsätts och inkluderas i modellen.

Vid framtagning av TIN ska:

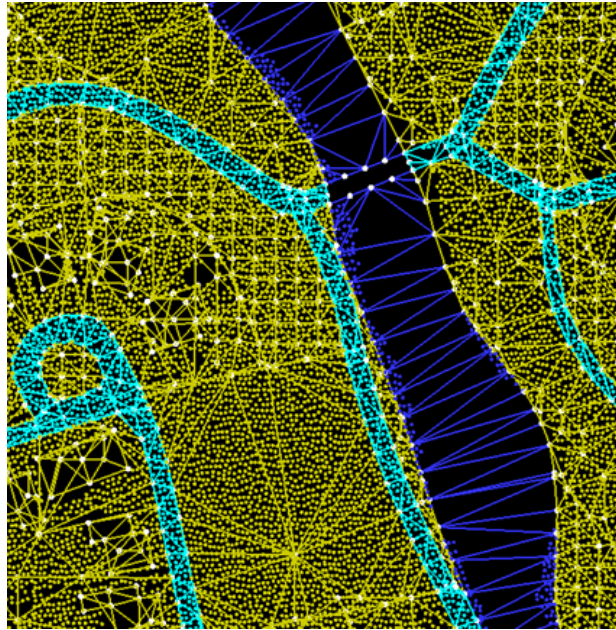
- e) triangelbildning göras på ett kontrollerat sätt så att alla trianglar som bildas uppfyller kraven på lägesosäkerhet i interpolerade höjder (gäller speciellt triangelbildning över långa avstånd).
- f) komplettering med punkter eller brytlinjer för korrekt triangelbildning göras vid behov.
- g) trianglarna brytas längs brytlinjer.

Vid interpolering till grid ska:

- h) den ursprungliga datamängden transformeras till rätt koordinatsystem före interpolering.
- i) interpolationsmetod väljas så att kraven på produkten uppfylls.
- j) gridpunkter utanför insamlingsområdet ges värdet "inga data" (No Data-värde).

Triangelbildning

Vid generering av heltäckande TIN från punktmoln krävs ofta editering och, vid behov, komplettering med mätningar av punkter eller brytlinjer för att inte riskera felaktig triangelbildning över längre avstånd. Brytlinjer integreras med punkter i triangelnätverket för att bevara de skarpa kanterna i höjdmodellen. Se exempel i Figur 3.4.



Figur 3.4. Triangelbildning med hjälp av brytlinjer samt mark- och vattenklassat punktmoln som tunnats ut. De vita punkterna används i triangelbildningen. Trianglarna bryts vid brytlinjerna för strandlinje och väggkant. (Källa: Kadaster, Nederländerna)

3.4.1 Markhöjdmodell

Krav

- a) En kombination av punkter och brytlinjer ska samlas in så att kraven på detaljeringsgrad och lägesosäkerhet i markhöjdmodellen uppfylls.
- b) Markhöjdmodellen ska vara heltäckande med interpolerade höjder under byggnader, broar och vegetation.

Kraven på geometrisk upplösning, detaljeringsgrad och lägesosäkerhet i produkten avgör behovet av och detaljeringsgraden i brytlinjerna.

3.4.2 Ythöjdmodell

Krav

- a) Alla objekt som finns representerade i grunddata inkluderas i modellen.

Om inget annat anges antas att alla objekt som finns representerade i grunddata (fordon, människor och djur, luftledningar, stolpar etc.) inkluderas i ythöjdmodellen.

3.5 Följdprodukter

3.5.1 Höjdkurvor

Krav

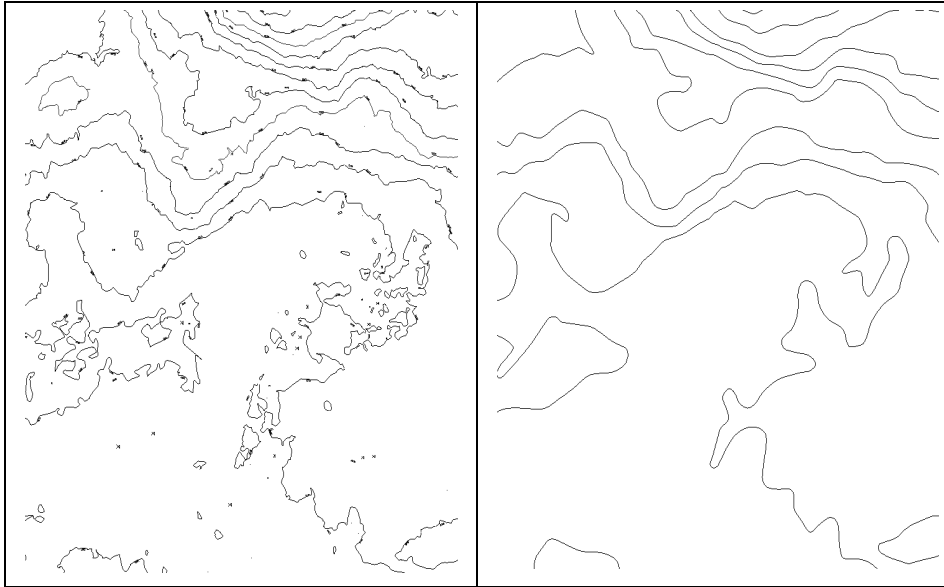
Vid generering av höjdkurvor ska:

- a) ekvidistansen sätts till minst två gånger standardosäkerheten i höjd i underliggande höjdmodell.
- b) presentationsskala väljas utifrån HMK-standardnivå eller andra relevanta parametrar redovisade i Tabell 2.3.1.
- c) höjdkurvorna tas fram för att ge en kartografiskt tilltalande och lättolkad produkt för aktuell presentationskala, där större terrängvariationer och intressanta terrängformationer framhålls.
- d) höjdkurvorna representera en **markhöjdmodell**.
- e) höjdkurvor levereras i 3D.
- f) besiffring placeras över höjdkurvan, roterad för att läsas med höjder uppåt.
- g) besiffringen görs tillräckligt tät för att höjden ska kunna läsas av i avsedd presentationskala.
- h) ingen klippning görs av kurvor.
- i) höjdkurvor genereras endast där höjdinformation finns.

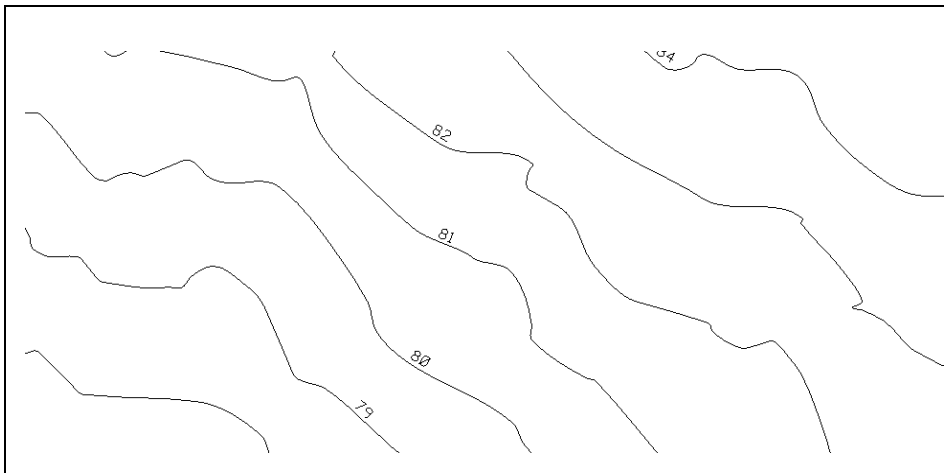
Höjdkurvorna generaliseras i viss mån för att framhäva de stora terrängformationerna medan viktiga linjära eller andra distinkta formationer, till exempel branter, diken eller höjder och sänkor, representeras så att de lätt kan tolkas. Höjdkurvor skapas normalt genom interpolering från en höjdmodell i TIN eller grid.

Vid användning av laserdata som utgångsmaterial bör markklassade punktmoln tunnas ut eller utjämnas för att undvika många detaljerade och svårtolkade höjdkurvor på plana och horisontella ytor (Figur 3.5.1.a).

För att få en korrekt modellbildning av distinkta terrängformationer krävs oftast en komplettering med brytlinjer vid avsatser, branter och diken som annars riskerar att bli svårtolkade.



Figur 3.5.1.a. Höjdkurvor baserade på flygburen laserskanning. I höger bild har generalisering anpassad till presentationsskalan gjorts för att få en mer tilltalande och lättolkad produkt.



Figur 3.5.1.b. Exempel på besiffring av höjdkurvor.

3.5.2 Höjdpunkter

Krav

Vid generering av höjdpunkter ska:

- a) punkterna placeras på höjder, i sänkor, på plataer och längs vägmitt.
- b) mängden höjdpunkter anpassas till presentationsskalan.

3.6 Leverans

Krav

Leverans av höjddata ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett.
- b) innehålla höjddataproduct enligt specifikation.
- c) ha koordinat- och höjdvärden redovisade i meter med antal decimaler baserade på lägesosäkerheten i slutprodukten ¹⁾.

Leverans av punktmoln ska:

- d) inkludera alla ursprungliga punkter med klasstillhörighet enligt specifikation.

Leverans av TIN ska:

- e) innehålla trianglar lagrade som separata ytbildade objekt med sammanfallande noder och triangelsidor.

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- f) vara kvalitetskontrollerad och komplett.
- g) om existerande höjddata används för uppdraget bestå av rapport enligt punkt d) i Bilaga B.
- h) bestå av rapport enligt punkt a-m i Bilaga B för de delar som genomförts.

Leverans av metadata ska:

- i) vara kvalitetskontrollerad och komplett.
- j) innehålla metadata med det informationsinnehåll och i det format som har anvisats av beställaren.

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.

5. Referenser/Läs mer

- [1] Rönnerberg A. (2011): [Höjddatamodellens noggrannhet](#), (Lantmäteriet, PM).
- [2] Lundgren J. och Owemyr P. (2010): [Noggrannhetskontroll av laserdata för ny nationell höjddatamodell](#). Examensarbete, Högskolan i Gävle.
- [3]
- [4] [ASPRS LAS file format, version 1.4, i olika versioner, finns på ASPRS hemsida. pdf-dokument från www.asprs.org., reviderat 2019.](#)
- [5] *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](#).
- [6] SIS (2016): [Byggmätning - Specifikationer vid framställning och kontroll av digitala markmodeller](#) (Teknisk specifikation SIS-TS 21144:2016).

Följande svenskspråkiga läroböcker – där höjddata behandlas – finns för introduktionskurser på universitet och högskolor:

- Lantmäteriet, LU, KTH och HiG (2021) [Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik](#).
- 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 versionerna av dataproduktspecifikationerna *Nasjonal modell for høydedata fra laserskanning (FKB-Laser)* och *FKB-Høydekurve*.

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](#). 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

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

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

Ingående tjänster:

Aktuella produkter:

Produkternas användning:

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

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem

Punktmoln inklusive egenskaper:

Vektordata inklusive egenskaper:

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper:

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

Krav på HMK-standardnivå:

Krav på datastruktur:

Krav på detaljeringsgrad:

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd:

Krav på höjdmodellstyp:

Tilläggskrav på klassificering av punktmoln:

Krav på följdprodukter:

Krav på tilläggspecifikationer: (exempelvis krav på hantering av uttunning av punktmoln, brytlinjer, vattenytor, TIN, grid, markhöjdmodell, ythöjdmodell, höjdkurvor och höjdpunkter)

.....

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

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan:

Krav på referenssystem i höjd:

Höjddata

Krav på filformat:

Krav på geografisk uppdelning och namngivning:

Krav på datakomprimering:

Tilläggskrav på klasskoder:

Krav på topologi för vektordata med mera:

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation:

Metadata

Krav på innehåll i metadata:

Krav på format för metadata:

Tilläggspecifikationer av leverans

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

.....

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

Krav 3 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Rekommendation 3 c i HMK- Höjddata 2017 gäller

Krav 3.1 a-d i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.2.2 a-f i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.2.3 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.3.1 a-c i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4 a-d i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4 e-g i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4 h-j i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4.2 a i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.5.1 a-i i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.5.2 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 a-c i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 d i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 e i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 f-h i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 i-j i HMK-Höjddata 2017 gäller

Kommentar till mallen:

- I mallens avsnitt 5 ges hänvisningar till vilka krav i HMK-Höjddata 2017, kapitel 3 *Genomförande*, som ska gälla.
- Listan i 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

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

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

Ingående tjänster: *Framställning av höjdmodell*

Aktuella produkter: **Markhöjdmodell** i form av ett gråd samt klassificerat laserpunktmoln

Produkternas användning: *Höjdmodellen ska användas för översiktlig avränningsanalys inom tätbebyggt område*

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

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem: *Enligt bifogad PDF och bifogad ESRI-shape-fil i koordinatsystem Sweref 99 12 00*

Punktmoln inklusive egenskaper: *Flygburen laserdata med en täthet av 8 punkter per m² samt produktionsdokumentation enligt HMK-Flygburen laserskanning 2017, Bilaga B. Format LAS 1.3. Levereras i Sweref 99 12 00 och RH2000.*

Vektordata inklusive egenskaper: *Baskarta 2D med varierande kvalitet och aktualitet. Byggnadspolygoner*

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper: *Kommunens indexindelning i 1000-metersrutor som ESRI-shape-fil*

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

Krav på HMK-standardnivå: *Standardnivå 2*

Krav på datastruktur: *Gråd och punktmoln*

Krav på detaljeringsgrad: *1 meter för gråd och 8 punkter/m² för punktmoln*

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd: *15/5 cm*

Krav på höjdmodellstyp: **Markhöjdmodell**

Tilläggskrav på klassificering av punktmoln: *Enligt HMK, inga tillägg*

Krav på följdprodukter: -

Krav på tilläggspecifikationer: Modellen skall kompletteras med byggnadsvolymer i form av "lådor" 2 meter höga över **mark-höjdmodellens** yta

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

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan: *Sweref99 1200*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000*

Höjddata

Krav på filformat: *Grid i ESRI ASCII-format och Klassificerat punktmoln i LAS-format, version 1.4*

Krav på geografisk uppdelning och namngivning: *Grid enligt kommunens indexindelning i 1000-meters-rutor. Namngivning enligt indexbeteckningen med prefix "H2015_"*

Krav på datakomprimering: -

Tilläggskrav på klasskoder: -

Krav på topologi för vektordata med mer: -

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation: -

Metadata

Krav på innehåll i metadata: -

Krav på format för metadata: -

Tilläggspecifikationer av leverans

Krav på leveransmedia: *Via kommunens FTP-server.*

Krav på lagring av data: *Levererade data skall lagras hos leverantören i ett år från godkännandetidpunkten*

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

Krav 3 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Rekommendation 3 c i HMK- Höjddata 2017 gäller

Krav 3.1 b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.2.2 a-e i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4 a-d i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4 h-j i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 a-d i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 f-h i HMK-Höjddata 2017 gäller

Kommentar till kommunexemplet:

- Krav 3.1 a, c-d finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte levererat fotogrammetriskt punktmoln, fotogrammetriskt detaljmätning och geodetisk mätning.
- Krav 3.2.2 f finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte levererat fotogrammetriskt punktmoln.
- Krav 3.2.3 a-b finns inte med i exemplet eftersom beställaren önskar att uttunning av punktmoln inte ska göras.
- Krav 3.3.1 a-c finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att brytlinjer ska tas fram.
- Krav 3.4 e-g finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att TIN ska tas fram.
- Krav 3.4.2 a finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar **ythöjdmodell**.
- Krav 3.5.1 a-i finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar höjdkurvor.
- Krav 3.5.2 a-b finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar **höjdpunkter**.
- Krav 3.6 e, i-j finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar TIN respektive metadata i digital form

Bilaga A.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket

0 Teknisk specifikation

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

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

Ingående tjänster: Ta fram **markhöjdmodell** ur befintligt laserpunktmoln

Aktuell produkter: **Markhöjdmodell** i TIN samt klassificerat laserpunktmoln

Produkternas användning: Underlag till projektering

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

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem: Enligt punktmolnets omfattning. Levereras i Sweref 99 12 00

Punktmoln inklusive egenskaper: Insamlat 2014, kvalitetssäkrat enligt SIS TS 21144:2013 provningsutförande A. Produktionsdokumentation enligt HMK-Flygburen laserskanning 2017, Bilaga B. Levereras i Sweref 99 12 00 och RH2000.

Vektordata inklusive egenskaper: -

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper: -

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

Krav på HMK-standardnivå: 3

Krav på datastruktur: TIN och punktmoln

Krav på detaljeringsgrad: 20pkt/m²

Krav på standardosäkerhet i plan/höjd: 5/2 cm

Krav på höjdmodellstyp: **Markhöjdmodell**

Tilläggskrav på klassificering av punktmoln: Enligt HMK, inga tillägg

Krav på följdprodukter: -

Krav på tilläggspecifikationer: -

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

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan: *Sweref99 12 00*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000*

Höjddata

Krav på filformat: *TIN i DWG samt klassificerat punktmoln i LAS-format, version 1.4*

Krav på geografisk uppdelning och namngivning: -

Krav på datakomprimering: -

Tilläggskrav på klasskoder: -

Krav på topologi för vektordata med mera: -

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation: -

Metadata

Krav på innehåll i metadata: -

Krav på format för metadata: -

Tilläggspecifikationer av leverans

Krav på leveransmedia: *Extern disc, USB 3.0*

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

Krav 3 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Rekommendation 3 c i HMK- Höjddata 2017 gäller

Krav 3.1 b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.2.2 a-e i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4 a-g i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Höjddata 2017 gäller

Krav 3.6 a-h i HMK-Höjddata 2017 gäller

Kommentar till Trafikverksexemplet:

- Krav 3.1 a, c-d finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte levererat fotogrammetriskt punktmoln, fotogrammetriskt detaljmätning och geodetisk mätning.
- Krav 3.2.2 f finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte levererat fotogrammetriskt punktmoln.

- Krav 3.2.3 a-b finns inte med i exemplet eftersom beställaren uttunning av punktmoln inte ska göras.
- Krav 3.3.1 a-c finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att brytlinjer ska tas fram.
- Krav 3.4 h-j finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att grid ska tas fram.
- Krav 3.4.2 a finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att **ythöjdmodell** ska tas fram.
- Krav 3.5.1 a-i finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att höjdkurvor ska tas fram.
- Krav 3.5.2 a-b finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar att **höjdpunkter** ska tas fram.
- Krav 3.6 i-j finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte önskar metadata i digital form.

Bilaga B: Produktionsdokumentation

Generell information

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- a) uppdraget
- b) uppdragsorganisation, det vill säga utförare och beställare
- c) en förteckning över levererat material.

Kontroll av utgångsmaterial

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- d) rapport, i PDF/A format om inte annat anges, som redovisar:
 - kontroll av erhållet flygbildmaterial vad avser geografisk täckning, kvalitet, geometrisk upplösning, övertäckning och lägesosäkerhet
 - kontroll av erhållna punkmoln vad avser geografisk täckning, geometrisk upplösning och lägesosäkerhet
 - kontroll av erhållna vektordata vad avser informationsinnehåll, ursprung, geografisk täckning och lägesosäkerhet.

Nyinsamling av data

Om en flygfotografering gjordes som en del av uppdraget ska den redovisas enligt specifikationerna i [HMK - Flygfotografering 2017](#), Bilaga B.

Om en flygburen laserskanning gjordes som en del av uppdraget ska den redovisas enligt specifikationerna i [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), Bilaga B.

Om en fordonsburen laserskanning gjordes som en del av uppdraget ska den redovisas enligt specifikationerna i [HMK - Fordonsburen laserskanning 2017](#), Bilaga B.

Höjddata

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- e) rapport i PDF/A format om inte annat anges som redovisar:
 - referenssystem i plan och höjd
 - förteckning över vilka typer av höjddata som används för framtagning av produkten, med ursprung och skattad lägesosäkerhet.

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande om beställaren begär det:

- f) karta i PDF/A-format om inte annat anges, med insamlingsområdet samt urval av lämpliga teman enligt beställarens specifikation.

Klassning av punktmoln

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- g) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
- programvara och version för klassning av punktmoln
 - förteckning över vilka klasser som ingår
 - egenkontroller av klassningen inklusive nivå på klassificering (automatisk, grov- och/eller fineditering)
 - punkttäthetskarta för markklassade punkter grafiskt redovisad enligt exempelkartan i Figur C.2, i Bilaga C.2 e) – med en lämplig färgskala, t.ex. enligt Tabell 2.4.4, så att områden där punkttätheten inte motsvarar ställda krav tydligt framgår; orsaken till avvikelser ska redovisas.

Uttunning av punktmoln

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- h) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
- programvara och version för uttunning av punktmoln
 - använda parametrar och kriterier vid uttunningen.

Fotogrammetrisk detaljmätning

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- i) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
- programvara och version för fotogrammetrisk detaljmätning
 - skattad mätosäkerhet i detaljmätningen.

Geodetisk detaljmätning

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- j) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
- använd mätmetod för geodetisk detaljmätning
 - skattad mätosäkerhet i detaljmätningen.

Framtagning av grid

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- k) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
- programvara och version vid framtagning av grid
 - interpolationsmetod
 - hantering av hål och områden utan höjdinformation
 - hantering av "inga data" (No Data-värden).

Framtagning av TIN

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- l) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
 - programvara och version för framtagning av TIN
 - metod för hantering av brytlinjer
 - hantering av hål och områden utan höjdinformation.

Framtagning av höjdkurvor

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- m) rapport, i PDF/A-format om inte annat anges, som redovisar:
 - programvara och version för framtagning av höjdkurvor
 - förteckning över objekt-koder och attribut för höjdkurvor
 - besiffring, översiktlig metodik för besiffring (täthet, placering, orientering), objekt-koder och attribut
 - beskrivning av eventuella undantag för vägar, byggnader eller andra objekt
 - hantering av hål och områden utan höjdinformation.

Bilaga C: Kontroll av höjddata

Kontroller som bör utföras innan leverans av höjddata.

Bilaga C.1 Kompletta leverans

a) Produktionsdokumentation

Produktdokumentationen granskas för att verifiera:

- att dokumentationens omfattning och utformning överensstämmer med gällande krav i teknisk specifikation
- att uppnått resultat överensstämmer med gällande teknisk specifikation
- 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) Jämförelse mot kontrollobjekt

Lägesosäkerheten kontrolleras genom mätning/beräkning i höjddata (punktmoln, TIN eller grid) av "kända" objekt/punkter inmätta med en lägre standardosäkerhet (högst 1/3 av den som specificeras för höjddata i uppdraget). Punkterna bör vara jämnt fördelade över kartläggningsområdet.

Se [HMK - Flygburen laserskanning 2017](#), Bilaga C.2 d) för kontroll av lägesosäkerhet för data framtagna genom flygburen laserskanning.

Se [HMK - Flygfotografering 2017](#), Bilaga C.2 d) för kontroll av lägesosäkerhet för data framtagna med fotogrammetriska metoder.

Vid blandning av laserdata och bilddata kan metadata användas för att särskilja aktuella kontrollområden om så krävs.

d.2) Kontroll av markytans återgivning enligt SIS TS 21144:2016

För att få en helhetsbild över lägesosäkerheten för olika typer av markytor i en markhöjdmodell kan kontroll utföras med stöd av diverse metoder – till exempel jämförelse mot kontrollprofiler, se referens [6].

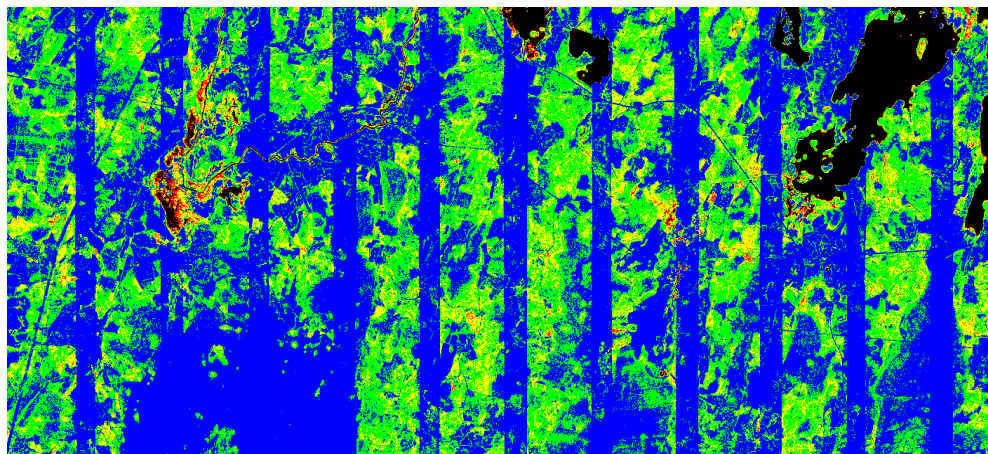
e) Fullständighet

Kontrollera att höjddata:

- täcker hela insamlingsområdet
- har den geometriska upplösning som definierats i kravspecifikationen
- levererats med alla punkter vid leverans av punktmoln
- i form av markhöjdmodell är baserade på tillräcklig punkttäthet vad gäller markklassade punkter.

För exempelvis laserdata är det naturligt med låg punkttäthet på markytan i översvämmade områden och i tät skog. Punkttätheten kan bli lägre på ytor med låg reflektans i laserns våglängd. Vattenytor eller våta objekt, och mörka ytor som nylagd asfalt, är exempel på ytor med låg reflektans. Mindre avvikelser från den planerade punkttätheten, exempelvis orsakade av mörka ytor eller vatten, kan accepteras så länge inga glipor uppstår mellan stråken. Låg täthet i brant terräng kan tyda på brister i den automatiska markklassningen.

Exempelbilden i Figur C.2 är framställd med den relativa skala som definieras i Tabell 2.4.4.



Figur C.2. Punkttäthet på markytan redovisad i rasterform med relativ färgskala. Blå färg indikerar en täthet som är högre än den efterfrågade och förekommer främst i övertäckningszoner mellan stråk och på öppna ytor. Grön färg indikerar en täthet ner till halva den efterfrågade. Gul och röd färg indikerar att tätheten är mycket låg och förekommer i detta fall på översvämmad mark och i tät skog. (Källa: Nationell höjdmodell, Lantmäteriet)

För teoretisk grund vad gäller kontroll av fullständighet, se Tabell A.6 i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

f) Tematisk osäkerhet

Klassning och kodning

Höjddata granskas för att verifiera att kraven uppfylls vad gäller:

- klasser och klassindelning för punktmoln; vid kontroll av fin-editering ska andelen felklassificerat vara mindre än gränsvärdet 2% enligt krav 3.2.2 b, om beställaren inte angett annat
- objektkoder och ritmanér för vektordata (brytlinjer)
- ekvidistans, objektkoder, ritmanér, besiffring, presentations-skala och generalisering för höjdkurvor.

För teoretisk grund vad gäller kontroll av tematisk osäkerhet för objektkoder med mera, se Tabell A.6 i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

g) Logisk konsistens

Kontrollera topologisk konsistens genom att:

- göra stickprovskontroller av vektordata för att se att de är uppbyggda med den topologi som definierats i kravspecifikationen (exempelvis kan en mindre del av ett TIN importeras i den miljö den avses användas i för kontroll av topologin).

För teoretisk grund vad gäller kontroll av logisk konsistens, se Tabell A.6 i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#).

h) Användbarhet

Kontrollera användbarhet genom att:

- kontrollera att rätt datastrukturer för höjdmodell har levererats (till exempel grid, punkter, brytlinjer, TIN, höjdkurvor, **höjdpunkter**)
- kontrollera att korrekt höjdmodellstyp har levererats (exempelvis **markhöjdmodell**, **ythöjdmodell**, etc.)
- kontrollera att höjdmodellen/höjddataprodukten representerar de objekt som har specificerats i kravspecifikationen (exempelvis de objekt som ska ingå i **ythöjdmodellen**)
- kontrollera den geometriska upplösningen för varje datastruktur
- kontrollera att hanteringen av vattenytor och strandnära regioner överensstämmer med kravspecifikationen
- kontrollera att hanteringen av lokala håll (exempelvis mark under byggnader och broar) överensstämmer med kravspecifikation

- kontrollera att hanteringen av eventuella undantag (för exempelvis byggnader och vägar) överensstämmer med kravspecifikationen
- kontrollera att övriga relevanta egenskaper i detaljeringsgraden (exempelvis hantering av branter och diken) överensstämmer med kravspecifikationen
- kontrollera att höjddataprodukten besitter de egenskaper som i övrigt definierats i kravspecifikationen (till exempel användbar för ortorektifiering till sant ortofoto).

Bilaga C.3 Fördjupad kontroll vid behov

Ytterligare kontroll bör göras om tidigare kontrollsteg har påvisat oklarheter eller eventuella brister. De beskrivna analysmetoderna kan med fördel nyttjas som standardmetoder om förutsättningarna finns.

i) Kontroll av höjdmodell

i.1) Analys av svåra terrängavsnitt

En mer detaljerad analys av en interpolerad höjdmodell kan göras för att se om hantering av svåra terrängavsnitt har modellerats på ett korrekt sätt. Detta kan speciellt gälla avsatser, broar, vattenytor och stadsmiljö (där det ofta finns komplicerad terräng).

För TIN kan speciellt långa och stora triangelbildningar kontrolleras för att se om de indikerar felaktig interpolation över långa avstånd. I ytterkanten av mätdata bör inga längre interpolationer finnas om de inte kan verifieras med brytlinjer (exempelvis strandlinjer eller dylikt).

i.2) Jämförelse mot annan höjdmodell genom stickprov

Kontroll av lägesosäkerheten i en höjdmodell under ideala förhållanden kan fås genom stickprovjämförelser mot en befintlig höjdmodell med känd lägesosäkerhet. Höjdmodellerna subtraheras och resultatet i form av en differens kan analyseras statistiskt på samma sätt som kända objekt/punkter, se C.2 d.1).

[Exempel C.3.a: Trafikverket har i vissa projekt med fordonsburen laserskanning i standardnivå 3 krävt att jämförelser görs med Nationella höjdmodellen, för 7x7-metersrutor på öppna plana ytor, var femtonde kilometer.](#)

i.3) Yttäckande jämförelse mot annan höjdmodell

En mer yttäckande kontroll av lägesosäkerheten i höjdmodell kan fås genom jämförelse mot en befintlig höjdmodell med känd osäkerhet. Höjdmodellerna subtraheras och resultatet i form av en differensmodell kan analyseras både statistiskt och visuellt. Ett exempel på färgskala från Nationell höjdmodell för en sådan jämförelse mellan **markhöjdmodeller** redovisas i Tabell C.3.

Vid analys av höjdm modeller i **samma** HMK-standardnivå används tabellen rakt av. I de fall modellerna hänför sig till **olika** standardnivåer väljs initialt skalan för modellen med **högre** standardosäkerhet i höjd.

Om den första analysen indikerar problem – eller om det av andra skäl finns anledning att titta närmare på avvikelserna – kan skalan därefter justeras. "Inzoomning" kan då göras genom att välja en skala som ligger närmare den modell som har **lägre** höjdosäkerhet.

Tabell C.3. Exempel på relativ färgskala för jämförelse mellan nyproducerad och tidigare framtagen **markhöjdmodell** från flygburen laserskanning (nyproducerad **minus** befintlig modell, dvs. negativt tecken innebär att den nyproducerade modellen ligger lägre än den befintliga). I tabellen förutsätts de jämförda höjdm modellerna ha samma höjdosäkerhet – och alltså tillhöra samma standardnivå, se vidare Exempel C.3.b. Källa: Nationell höjdmodell, som expanderats till standardnivå 2 och 3.

	HMK-standard-nivå 1 (Nationell höjdmodell)	HMK-standard-nivå 2	HMK-standard-nivå 3
Standardosäkerhet i höjd	$\sigma_{höjd} = 0,10$ m	$\sigma_{höjd} = 0,05$ m	$\sigma_{höjd} = 0,02$ m
Färg	Avvikelse (m)		
Blått	< - 0,3	< - 0,15	< - 0,08
Cyan	- 0,3 till - 0,2	- 0,15 till - 0,1	- 0,08 till - 0,05
Grönt	- 0,2 till + 0,2	- 0,1 till + 0,1	- 0,05 till + 0,05
Gult	+ 0,2 till + 0,3	+ 0,1 till + 0,15	+ 0,05 till + 0,08
Rött	> + 0,3	> + 0,15	> + 0,08

Exempel C.3.b: En kommunal **markhöjdmodell** (HMK-standardnivå 2) ska jämföras med Nationell höjdmodell (standardnivå 1) över samma område. Vid jämförelsen tillämpas först skalan för standardnivå 1 (första kolumnen). Om det finns anledning kan därefter en mer detaljerad analys åstadkommas genom att förskjuta skalan och sätta gränserna i skalan närmare de värden som gäller för standardnivå 2 (andra kolumnen).

Vid tolkningen måste givetvis hänsyn tas till de naturliga förändringarna av landskapet och vegetationen som har skett mellan de båda insamlingstillfällena. Eventuella systematiska fel, exempelvis dålig stråkutjämning eller dålig GNSS/INS-lösning i enskilda stråk, kan ses i den visuella bilden.