

HMK
- handbok i mät- och kartfrågor

Höjdmodell

2023



Förord 2023

Denna version, *HMK – Höjdmodell 2023*, är den tredje i ordningen. Förutom en allmän översyn har följande större förändringar gjorts i förhållande till den förra versionen:

- Dokumentet har fått ett nytt namn, och delvis annan terminologi, som bättre speglar dess innehåll.
- Länkar och hänvisningar till andra dokument har uppdaterats.
- En dokumentspecifik ordlista har lagts till som en bilaga

Översynen har utförts av en arbetsgrupp bestående av Andreas Rönnberg, Mattias Pettersson och Lena Morén, Lantmäteriet.

Gävle 2023-05-25

Lena Morén

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	17
2.3.7 Följdprodukter	17
2.3.8 Tilläggspecifikation	17
2.4 Specifikation av leverans	20
2.4.1 Referenssystem	20
2.4.2 Höjdmodell	20
2.4.3 Produktionsdokumentation	21
2.4.4 Metadata	22
2.4.5 Tilläggspecifikation av leverans	22
3. Genomförande	24
3.1 Kontroll av utgångsmaterial	24
3.2 Punktmoln	25
3.2.1 Insamling	25
3.2.2 Klassning av punktmoln	25
3.2.3 Uttunning av punktmoln	28
3.3 Detaljmätning	28
3.3.1 Brytlinjer	28
3.4 Höjdmodell	29
3.4.1 Markhöjdmodell	30
3.4.2 Ythöjdmodell	30
3.5 Följdprodukter	31
3.5.1 Höjdkurvor	31
3.5.2 Höjdpunkter	32
3.6 Leverans	33
4. Beställarens kontroll	34
5. Referenser/Läs mer	35

Bilaga A: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation	36
Bilaga A.1 Mall för teknisk specifikation	36
Bilaga A.2 Exempel på ifylld mall för en kommun.....	39
Bilaga A.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket.....	42
Bilaga B: Produktionsdokumentation	45
Bilaga C: Kontroll av höjdmodell	48
Bilaga C.1 Komplet leverans.....	48
Bilaga C.2 Produkt.....	48
Bilaga C.3 Fördjupad kontroll vid behov	50
Bilaga D: Ordlista till handboken	52
Bilaga E: Förändringsförteckning.....	54

1. Inledning

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

Dokumentet stödjer:

- upprättande av teknisk specifikation (kapitel 2 och Bilaga A)
- genomförande av uppdrag avseende höjdmodellering (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. De viktigaste termerna och förkortningarna i handboken definieras i bilaga D. Fler termer som kan vara relevanta för ämnesområdet förklaras i [HMK-Ordlista](#), senaste version. Dokumentstruktur och hänvisningar förklaras i [HMK – Introduktion 2017](#), avsnitt 1.7.

Råden i HMK-Höjdmodell 2023 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

Höjdinformation insamlad med radar, batymetrisk information (djupinformation), samt digitalisering av äldre analogt material, behandlas inte i HMK – Höjdmodell 2023.

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 dataproductspecifikationer (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 höjdmodell.

För mer information om teknisk specifikation och dataproductspecifikation, se [HMK - Introduktion 2017](#), avsnitt 2.1, och [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga B. Dataproductspecifikation enligt SS-EN ISO 19 131 benämns dataspecifikation på geodata.se/Inspire och dataproductspecifikation 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 höjdmodell avses områdesbegränsning, bild- och laserdata, vektordata samt övrigt material som kan underlätta och effektivisera genomförande av uppdraget.

Val av utgångsmaterial

Flygburen laserskanning, från flygplan eller helikopter, medger en effektiv insamling av höjdinformation över stora områden för framtagning av både ythöjdmodell och markhöjdmodell. För insamling över mindre områden kan även obemannade luftfartyg, så kallade drönare (även UAV), användas.

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 med krav på låg lägesosäkerhet kan geodetisk mätning vara den mest effektiva metoden för insamling av höjdinformation. Den geodetiska mätningen kan utföras med GNSS, totalstation eller terrester laserskanning.

Fotogrammetrisk detaljmätning i flygbilder kan komplettera laserdata genom att brytlinjer eller andra detaljer som inte fångats upp vid laserskanningen mäts in.

Punktmoln från automatisk bildmatchning av flygbilder (fotogrammetriskt punktmoln eller bildpunktmoln) kan användas för framtagning av en ythöjdmodell. Bildpunktmoln kan även användas för att framställa eller ajourhålla en 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 2024](#), 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 laserpunktmolnet är lämpligt för framtagning av specificerad höjdmodell ([HMK - Flygburen laserskanning 2024](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.5)
- att bildpunktmolnet är lämpligt för framtagning av specificerad höjdmodell ([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 specificerad höjdmodell ([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](#) samt [HMK - - Fordonsburen laserskanning](#).
- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av bilddata se [HMK - Flygfotografering](#).

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 med mera kan utnyttjas. Ska klassning av laserdata genomföras kan information om bland annat vattenytor och byggnader 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 höjdmodell och därmed lämna till utföraren att ta ansvar för detaljmätningen.

- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av fotogrammetrisk detaljmätning, se [HMK - Fotogrammetrisk detaljmätning](#).
- 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 specificerad höjdmodell ([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, samt för klassning av punktmoln även information om vattenytor, broar, byggnader, 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
Höjdmodell från flygburen laserskanning			
Detaljeringsgrad, punkttäthet i punktmoln (punkter/m ²) ^{I)}	1-4	4-16	16-64
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{I)}	0,30/0,08	0,15/0,04	0,08/0,02
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{II)}	0,08-0,24	0,04-0,12	0,02-0,06
Höjdmodellstyp	Markhöjdmodell och/eller ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Höjdmodell från flygbilder (bildmatchning)			
Detaljeringsgrad, punktavstånd i punktmoln (m) ^{III)}	0,25-0,50	0,12-0,25	0,06-0,12
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{IV)}	0,12/0,18	0,06/0,09	0,03/0,05
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{II)}	0,18-0,54	0,09-0,27	0,05-0,15
Höjdmodellstyp	Ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Övrigt			
Detaljeringsgrad, vanlig geometrisk upplösning i grid (m) ^{V)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
Detaljeringsgrad, vanlig ekvidistans i höjdkurvor (m) ^{V)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
Datastruktur ^{VI)}	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- TIN - Punktmoln + brytlinjer
Vanlig presentationsskala i kartografiska produkter	1:10 000	1:2 000	1:400

^{I)} Punkttäthet och lägesosäkerhet, ideala förhållanden, enligt [HMK – Flygburen laserskanning 2024](#), Tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.2 – 2.3.3.

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

^{III)} 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.

^{IV)} 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.

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

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

2.3.2 Datastruktur

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar datastruktur för höjdmodellen.

En färdig höjdmodell kan levereras i form av TIN och/eller grid men det förekommer också att användaren själv skapar den egentliga höjdmodellen utifrån klassificerat punktmoln och brytlinjer. Att lagra höjdinformation i form av punkter och brytlinjer kan underlätta ajourhållning.

Punktmoln och brytlinjer

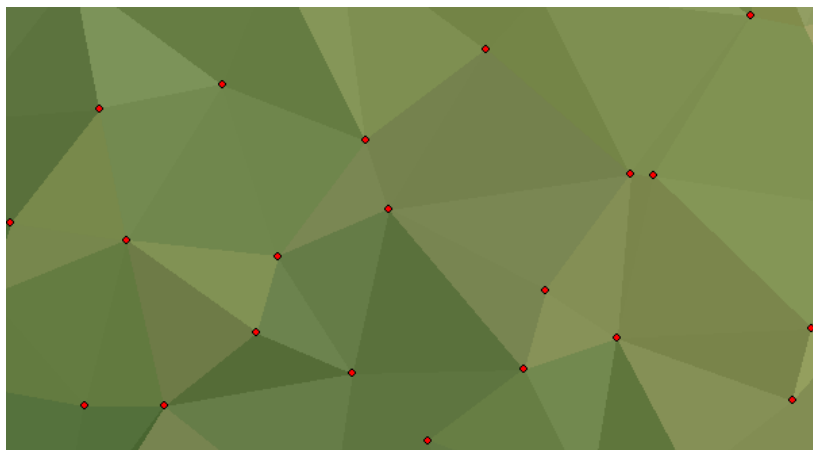
Höjdinformation kan levereras i form av klassificerade punkter, ibland kompletterade med brytlinjer, med möjlighet för beställaren att själv skapa vidareförädlade produkter, såsom en höjdmodell. Detta är vanligt för HMK-standardnivå 2 och 3.

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 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 höjdmodellen ofta som ett regelbundet grid, som innebär en effektiv och enkel lagring och datahantering. Eftersom alla höjdvärden är härledda ger datastrukturen oftast en något sämre återgivning av en yta jämfört med TIN.



Figur 2.3.2. Punkter i ett punktmoln som triangelbildats till ett TIN. (Källa: Lantmäteriet, 2023)

2.3.3 Detaljeringsgrad

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar vilken detaljeringsgrad höjdmodellen skall ha.

Detaljeringsgraden är fundamental för höjdmodellens användbarhet och avgör vilka detaljer som kan urskiljas. Krav på detaljeringsgrad kan ställas genom att ange punkttäthet/punktavstånd i underliggande punktmoln, geometrisk upplösning i grid, samt ekvidistans eller presentationskala för följdprodukter som höjdkurvor och höjdpunkter.

Punkttäthet/punktavstånd i punktmoln

Detaljeringsgrad i ett punktmoln anges vanligen som *punkttäthet* eller *punktavstånd*.

- Laserpunktmoln har alltid oregelbundet punktavstånd. Normalt ställs krav på punkttäthet på mark, det vill säga det genomsnittliga antalet punkter på markytan per kvadratmeter, se [HMK - Flygburen laserskanning 2024](#), avsnitt 2.3.2.
- Bildpunktmoln har ofta regelbundet punktavstånd. Normalt ställs krav på flygbildernas geometriska upplösning och övertäckning, se [HMK - Flygfotografering 2017](#), avsnitt 2.3.9.

Vid samtidig beställning av insamling av laser- eller bilddata och framtagande av höjdmoln 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 normalt inte framställas med högre geometrisk upplösning än punktmolnets genomsnittliga punktavstånd.

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

Ekvidistans

Ekvidistansen anger höjdvståndet mellan två intilliggande höjdkurvor.

Ekvidistansen 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 en tänkt presentationsskala styrs generalisering och besiffring av höjdkurvor samt placering av höjdpunkter.

2.3.4 Lägesosäkerhet

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar vilken lägesosäkerhet höjdmodellen skall ha.

Krav på lägesosäkerhet avser "absolut" lägesosäkerhet i de nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 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 modellen, 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 rikt-värde för en färdig höjdmmodell framtagen i ett område med flera olika terrängtyper.

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

Standardosäkerheten i höjd påverkas även av mätmetoden och dess standardosäkerhet:

- För punktmoln från flygburen laserskanning, se [HMK - Flygburen laserskanning 2024](#), 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 Höjdmmodellstyp

Rekommendation

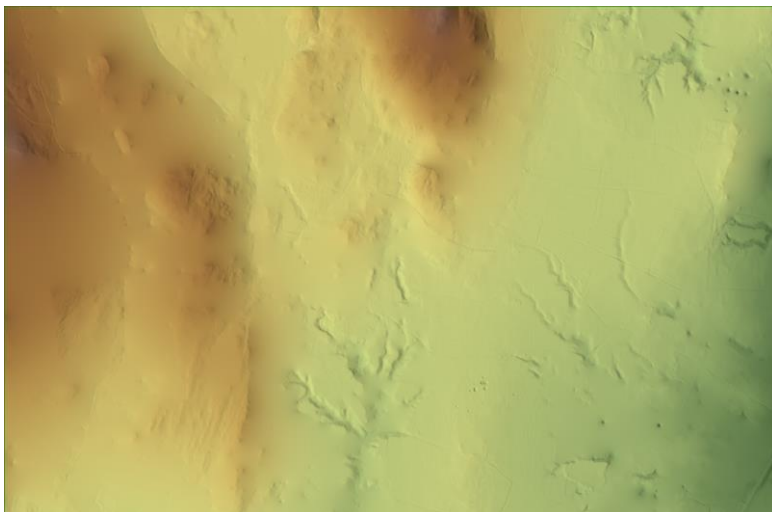
- a) Beställaren specificerar vilken typ av höjdmmodell som önskas.

Två höjdmmodellstyper hanteras i detta dokument:

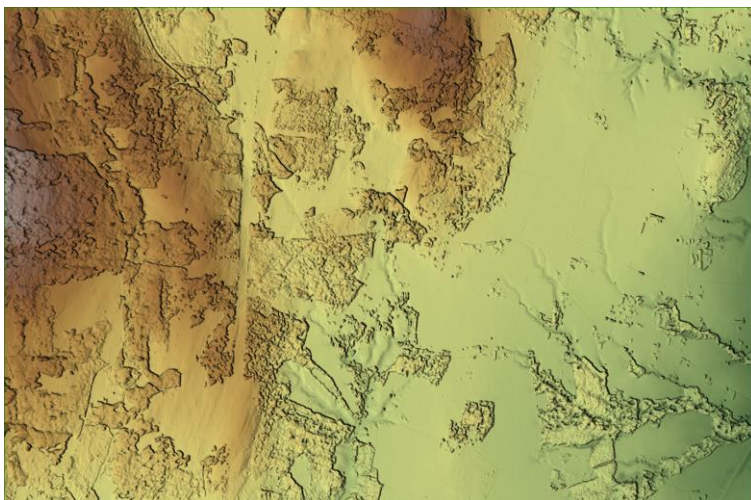
- Markhöjdmmodell, som beskriver en heltäckande markyta inklusive vattenytor med interpolerade höjder under byggnader, broar, vegetation och andra från markytan uppstickande objekt (Figur 2.3.5.a)
- Ythöjdmmodell, som beskriver en heltäckande yta där det översta skiktet i terrängen inklusive alla markbundna objekt som byggnader, vegetation, master, luftledningarna med mera inkluderas (Figur 2.3.5.b).

Beställaren kan efter behov definiera egna höjdmodellstyper, exempelvis:

- Höjdmodell för rektifiering av 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, 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: Lantmäteriet, 2023)



Figur 2.3.5.b. Ythöjdmodell baserad på flygburen laserskanning med färgskala och terrängskuggning. (Källa: Lantmäteriet, 2023)

2.3.6 Klassificering av punktmoln

Rekommendation

- a) Om punktmoln ska levereras, specificerar beställaren eventuella tilläggskrav på klassningen och dess kvalitet.

Vid klassningen specificeras vad respektive punkt representerar. Höjdmodellens typ, samt kraven på detaljeringsgrad och lägesosäkerhet, styr hur underliggande punktmoln bör klassas, men krav kan ställas både på vilka klasser som ska finnas och på klassningens kvalitet.

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

Exempel på andra genomförandekrav är:

- specifika krav på identifiering av klasser, till exempel av byggnad och vegetation.

2.3.7 Följdprodukter

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar vilka eventuella följdprodukter som ska framställas.

Följande övriga höjdprodukter stöds av HMK – Höjdmodell 2023:

- *Höjdkurvor*, en kartografisk produkt som visar markens höjdvariationer.
- *Höjdpunkter*, en kartografisk produkt som kompletterar höjdkurvor och förstärker bilden av markens höjd. 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 uttunning 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 nyckelpunkter markeras med så kallad "classification flag" i befintlig klass (gäller LAS 1.3 eller senare).

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 vattenytan (polygon) eller stranden (linje) används ofta för att undvika felaktig interpolation på vattenytor och i 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 användning av specifik interpoleringsmetod för framtagning av grid från ursprungliga höjdmätningar.

Exempel på tilläggskrav är:

- 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

Ythöjdmodell

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

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att även temporära objekt som vägfordon ska uteslutas.

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

- 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 transformations samband mellan systemen.

Läs mer om SWEREF 99 och RH 2000 samt relationer mellan olika referenssystem och projektionszoner i [HMK - Geodetisk infrastruktur 2021](#), kapitel 2.

Om beställaren inte har ett aktuellt transformations samband kan sådant upprättas som en del av uppdraget enligt [HMK - Geodetisk infrastruktur 2021](#), kapitel 2.

2.4.2 Höjdmodell

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar:
 - filformat, inklusive eventuell version.
 - geografisk uppdelning och namngivning.
 - komprimering.
- b) För leverans av punktmoln specificerar beställaren eventuella tilläggskrav på klassning.
- c) För leverans av vektordata specificerar beställaren eventuella krav på geometri och attribut.

Filformat

Höjdmodell i form av grid levereras normalt i ett rasterformat, exempelvis GeoTIFF, alternativt som punkter med höjdvärden i exempelvis en textfil.

Höjdmodell i form av TIN, liksom brytlinjer, höjdkurvor och höjdpunkter levereras lämpligen i vektorformat, exempelvis GeoPackage.

Punktmoln från laserskanning levereras lämpligen i ASPRS LAS-format (Referens [3]), normalt senaste version. Även bildpunktmoln kan levereras i samma format.

Geografisk uppdelning och namngivning

För att få hanterbara filstorlekar krävs ofta en geografisk uppdelning, vanligen i form av ett rutnätsystem. 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 indexrutor och beteckningar på Lantmateriet.se.

Datakomprimering

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

Höjdmodeller lagrade som TIFF kan exempelvis komprimeras med LZW-algoritmen, som är effektiv om modellen innehåller stora homogena ytor. Punktmoln i LAS-format komprimeras ofta till LAZ, vilket ger betydligt mindre filer. Nackdelen är att det tar längre tid att läsa innehållet, något som måste vägas mot effektivare distribution samt mindre behov av lagringsutrymme.

Punktmoln

Om annan hantering än genomförandekrav 3.2.2 c önskas specificeras detta av beställaren. Om beställaren endast vill ha ett urval av punkterna (till exempel markklassade punkter eller nyckelpunkter) i separata filer måste det specificeras.

Vektordata

Beställaren specificerar eventuella krav på geometri och attribut vid leverans av vektordata.

2.4.3 Produktionsdokumentation

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella tilläggskrav på produktionsdokumentationen.

Produktionsdokumentationen är en skriftlig redogörelse som riktar sig till beställaren. Den ska beskriva hur produkten har tagits fram, samt bevisa att produkten uppfyller de specificerade kraven.

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 information som beskriver produkten, och riktar sig främst till produktens användare, som med hjälp av metadata ska kunna bedöma användbarheten. De 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 ursprung, lägesosäkerhet och aktualitet.

För vektordata som höjdkurvor och höjdpunkter läggs ofta metadata på objektsnivå, så att ursprung och kvalitet för varje individuell linje och punkt kan spåras.

Metadata kan även vara i rasterform, och exempelvis redovisa punkttäthet för underliggande punktmoln. Områden med bristfällig punkttäthet, och därmed lägre detaljeringsgrad i den färdiga höjdmodellen, framträder tydligt om en lämplig färgskala används. Metadatainnehåll och format för hela datamängder kan anpassas till den nationella metadataprofilen på geodata.se (Referens [4]). Det ger förutsättningar för publicering av datamängden på geodataportalen.

2.4.5 Tilläggs-specifikation 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).

Leveransmedia och katalogstruktur

Beställaren specificerar eventuella krav på leveransmedia och katalogstruktur för leverans.

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 2024](#), kapitel 4 och bilaga C.
- 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 - GNSS-baserad detaljmätning](#), [HMK - Terrester detaljmätning](#) och [HMK - Stommätning](#). Om GNSS-baserad mätning används kan kontroll göras enligt [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.2.

Beställaren informeras om eventuella brister i utgångsmaterialet som kan påverka slutprodukten negativt.

3.2 Punktmoln

3.2.1 Insamling

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

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

3.2.2 Klassning av punktmoln

Krav

- a) Felaktiga låg- eller högpunkter (brus) ska alltid identifieras och klassas. I övrigt identifieras de klasser som krävs för den aktuella slutprodukten.
- b) Klassningen ska kvalitetskontrolleras med både automatiska och manuella (visuella) metoder, så att andelen felklassade punkter hålls på en låg nivå.
- c) Valda klasser ska anges enligt specifikationen för senaste version av ASPRS LAS, se Tabell 3.2.2.a.
- d) Om ytterligare klasser definieras vid produktionen ska beställaren konsulteras angående huruvida de ska bevaras eller ej.
- e) Punkter får inte raderas. Om andelen felaktiga punkter (brus) är orimligt hög, behöver metoden för framställning av punktmolnet ses över.

Klassindelning

Vilka klasser som ska levereras styrs av beställarens krav. Vid produktion kan ytterligare klasser temporärt behöva definieras.

Tabell 3.2.2.a Klasser enligt specifikationen för ASPRS LAS version 1.4 R15, Table 17. (Referens [3])

Klass	Betydelse
0	Skapad, aldrig klassad
1	Oklassad (okänd klasstillhörighet)
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	Ledningsanslutning (t.ex. isolator)
17	Brodäck
18	Högpunkt (felaktig punkt)
19	Luftdetaljer (t.ex. trafikljus)
20	Utesluten mark (t.ex. nära brytlinje)

21	Snö
22	Utesluten (inaktuell p.g.a. förändring över tid)
23-63	Reserverad
64-255	Användardefinierade

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 detaljeringsgrad och lägesosäkerhet 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 höjdmodellen 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 - GNSS-baserad detaljmätning 2021](#), [HMK - Terrester detaljmätning 2021](#) och [HMK - Stommätning 2024.](#), kapitel 3. Om GNSS-baserad mätning används kan kontroll göras enligt [HMK - Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.2.
- Kartering i laserpunktmoln. Planläget kan exempelvis tolkas baserat på punkternas höjd eller intensitet.

3.4 Höjdmodell

Krav

- a) Höjdmodellen ska vara heltäckande över insamlingsområdet, med undantag av eventuella hål som i förväg har definierats av beställaren.

Vid hantering av vattenytor ska:

- b) markytan 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:

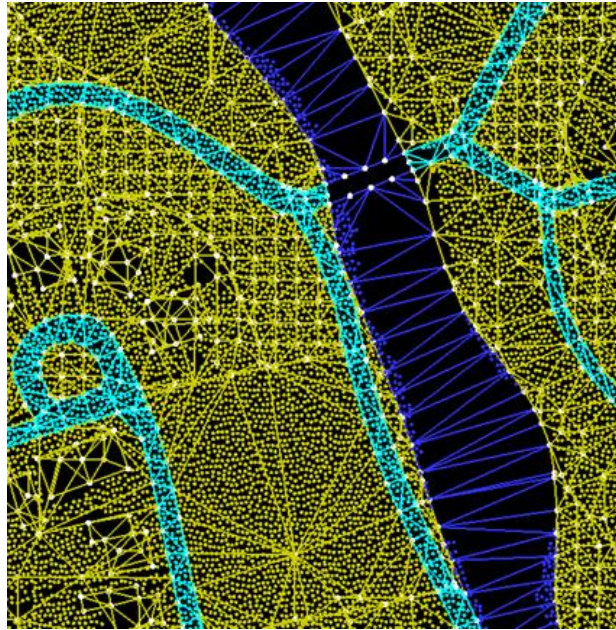
- e) triangelbildning göras på ett kontrollerat sätt så att alla trianglar som bildas uppfyller kraven på lägesosäkerhet i interpolerade höjder (gäller speciellt triangelbildning över långa avstånd).
- f) komplettering med punkter eller brytlinjer för korrekt triangelbildning göras vid behov.
- g) trianglarna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

Vid interpolering till grid ska:

- h) den ursprungliga datamängden transformeras till rätt koordinatsystem före interpolering.
- i) interpoleringsmetod väljas så att kraven på detaljeringsgrad och lägesosäkerhet uppfylls.
- j) gridpunkter utanför insamlingsområdet eller inom i förväg definierade hål ges värdet "inga data" (nodata).

Triangelbildning

Vid generering av heltäckande TIN från punktmoln krävs ibland komplettering med punkter eller brytlinjer för att undvika 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 vägkant. (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 detaljeringsgrad och lägesosäkerhet i slutprodukten avgör behovet av, och detaljeringsgraden i brytlinjerna.

3.4.2 Ythöjdmodell

Krav

Icke markbundna objekt, som luftfartyg, fåglar och rök bör exkluderas ur modellen. Detsamma gäller felaktiga punkter (brus).

Om inget annat anges antas att alla markbundna objekt som finns representerade i underliggande punktmoln (byggnader, vegetation, master, luftledningar med mera) inkluderas i ythöjdmodellen.

Temporära objekt på marken, som fordon, exkluderas endast om beställaren specifikt kräver det.

3.5 Följprodukter

3.5.1 Höjdkurvor

Krav

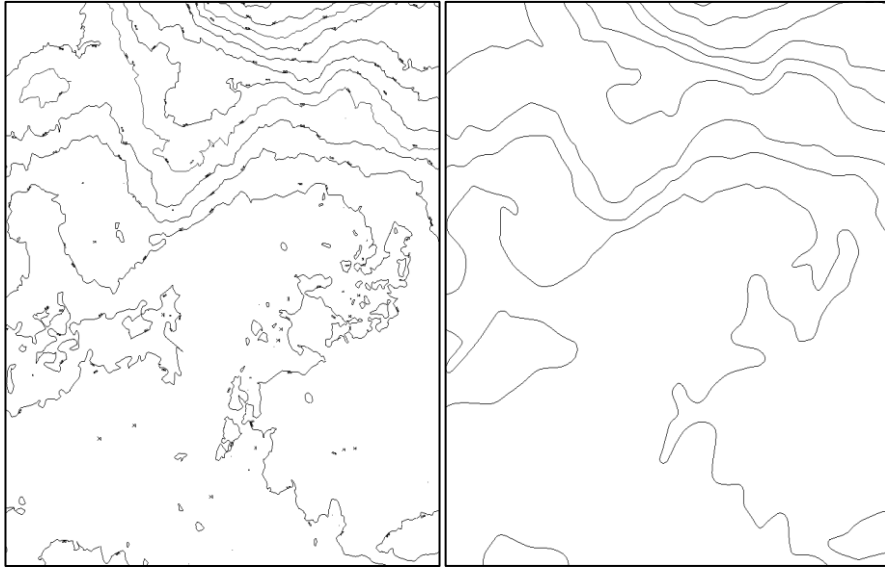
Vid generering av höjdkurvor ska:

- a) ekvidistansen sätts till minst två gånger standardosäkerheten i höjd i underliggande höjdmodell.
- b) presentationskala 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.
- 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) höjdkurvorna inte klippas för exempelvis byggnader eller vattenytor.
- i) höjdkurvor genereras endast där höjdmodellen har täckning, det vill säga inte inom eventuella hål eller utanför modellens yta.

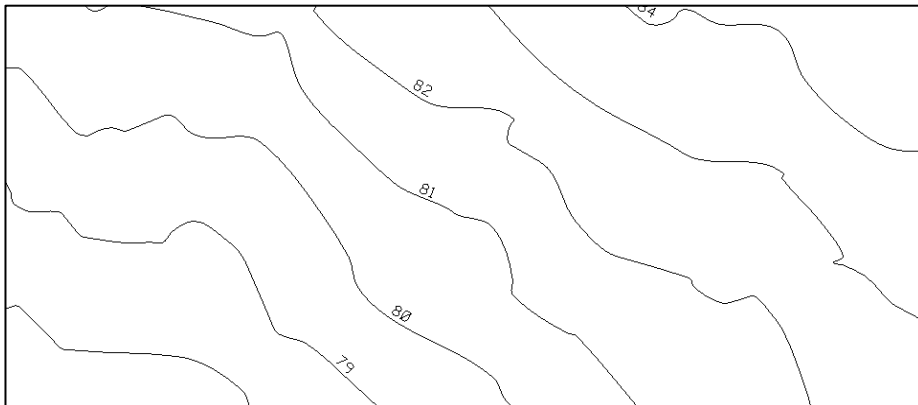
Höjdkurvorna generaliseras i viss mån för att framhäva de stora terrängformationerna medan viktiga linjära eller andra distinkta formationer, till exempel branter, diken, höjder och sänkor, representeras så att de lätt kan tolkas. Höjdkurvor skapas normalt genom interpolering från en höjdmodell i form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

Markklassade punktmoln behöver normalt först tunnas ut eller utjämnas för att undvika alltför detaljerade höjdkurvor på plana horisontella ytor (Figur 3.5.1.a). Kurvorna behöver sedan ofta förenklas och utjämnas för att bli kartografiskt tilltalande.

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 platåer och längs vägmitt.
- b) mängden höjdpunkter anpassas till presentationsskalan.

3.6 Leverans

Krav

Leverans av höjdinformation ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett.
- b) innehålla slutprodukter 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 producerade punkter klassade 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 höjdinformation använts 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.

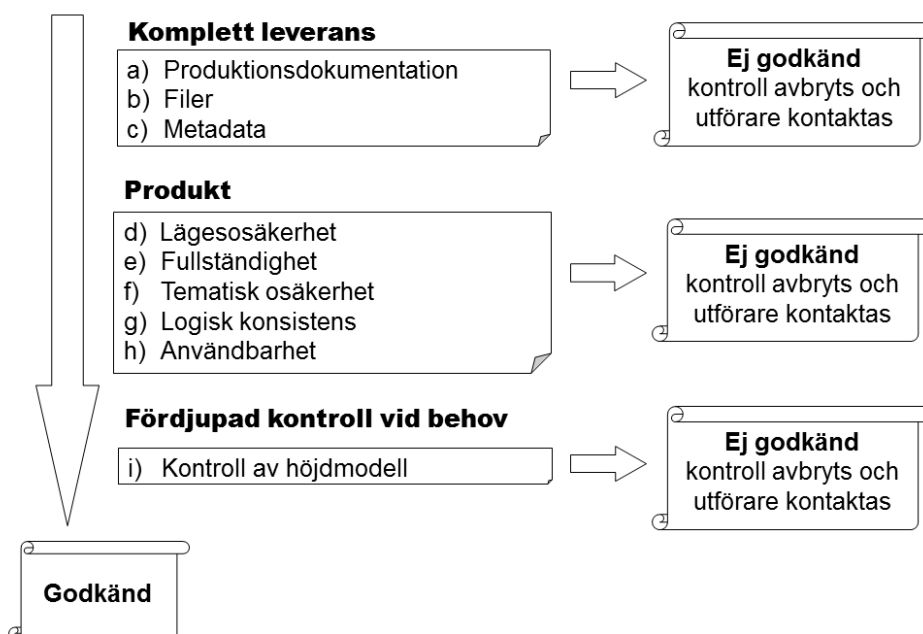
¹⁾ Läs mer i [HMK – Geodatakvalitet 2017](#), Bilaga A.8, om varför man ska vara generös med siffrorna under beräkningsgången och inte avrunda till ungefär en tiondel av lägesosäkerheten förrän i slutprodukten.

4. Beställarens kontroll

Beställaren bör kontrollera erhållen leverans snarast möjligt efter mottagandet. En tidsfrist bör anges i upphandlingens kontraktsvillkor ([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 slutproduktens kvalitet. 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. I Bilaga C redovisas 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] Rönnberg A. (2011): [Höjdmodellens noggrannhet](#), (Lantmäteriet, PM).
- [2] Lundgren J. och Owemyr P. (2010): [Noggrannhetskontroll av laserdata för ny nationell höjdmodell](#). Examensarbete, Högskolan i Gävle.
- [3] ASPRS LAS file format, version 1.4, i olika versioner, finns på [ASPRS hemsida](#). PDF-dokument från [www.asprs.org](#)., reviderat 2019. "
- [4] 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](#).
- [5] SIS (2016): [Byggmätning - Specifikationer vid framställning och kontroll av digitala markmodeller](#) (Teknisk specifikation SIS-TS 21144:2016).

Följande svenskspråkiga läroböcker – där höjdinformation 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 datataproduktspecifikationerna Nasjonal modell for høydedata fra laserskanning (FKB-Laser) och FKB-Høydekurve.

Mätning i bilddata från obemannade luftfartyg, så kallade drönare, är numera en etablerad teknik. Resultaten är dock varierande beroende på system och handhavande och inte alltid i paritet med tumreglerna i denna skrift.

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 – Höjdmodell 2023 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK – Höjdmodell 2023, avsnitt 2.1)

Ingående tjänster:

Aktuella produkter:

Produkternas användning:

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK – Höjdmodell 2023, avsnitt 2.2)

Insamlingsområde inklusive format och referenssystem

Punktmoln inklusive egenskaper:

Vektordata inklusive egenskaper:

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper:

3 Specifikation av produkten (HMK – Höjdmodell 2023, 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 – Höjdmodell 2023, avsnitt 2.4)

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan:

Krav på referenssystem i höjd:

Höjdmodell

Krav på filformat:

Krav på geografisk uppdelning och namngivning:

Krav på datakomprimering:

Krav på punktmoln:

Krav på vektordata:

Produktionsdokumentation

Tilläggskrav på produktionsdokumentation:

Metadata

Krav på innehåll i metadata:

Krav på format för metadata:

Tilläggs-specifikationer av leverans

Krav på tilläggs-specifikation av leverans (exempelvis prov- och delleveranser, leveransmedia och katalogstruktur, rådatahantering):
.....

5 Specifikation av genomförande (HMK-Höjdmodell 2023, kapitel 3)

Krav 3 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Rekommendation 3 c i HMK- Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.1 a-d i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.2.2 a-e i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.2.3 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.3.1 a-c i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.4 a-d i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.4 e-g i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.4 h-j i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.4.1 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.4.2 a i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.5.1 a-i i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.5.2 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.6 a-c i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.6 d i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.6 e i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.6 f-h i HMK-Höjdmodell 2023 gäller
Krav 3.6 i-j i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Kommentar till mallen:

- I mallens avsnitt 5 ges hänvisningar till vilka krav i HMK-Höjdmodell 2023, 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 – Höjdmodell 2023 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK – Höjdmodell 2023, 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 – Höjdmodell 2023, 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 – Höjdmodell 2023, 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 markhöjdmodellens yta

4 Specifikation av leverans (HMK – Höjdmodell 2023, avsnitt 2.4)

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan: *SWEREF 99 1200*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000*

Höjdmodell

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: -

Krav på punktmoln: -

Krav på vektordata: -

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 – Höjdmodell 2023, kapitel 3)

Krav 3 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Rekommendation 3 c i HMK- Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.1 b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.2.2 a-e i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.4 a-d i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.4 h-j i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.6 a-d i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.6 f-h i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Kommentar till kommunexemplet:

- Krav 3.1 a, c-d finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte levererat fotogrammetrisk punktmoln, fotogrammetrisk detaljmätning och geodetisk mätning.
- 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 – Höjdmodell 2023 och [HMK-Ordlista](#), senaste version.

1 Allmän beskrivning (HMK – Höjdmodell 2023, avsnitt 2.1)

Ingående tjänster: *Ta fram markhöjdmodell ur befintligt laserpunktmoln*

Aktuella produkter: *Markhöjdmodell i TIN samt klassificerat laserpunktmoln*

Produkternas användning: *Underlag till projektering*

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK – Höjdmodell 2023, 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 – Höjdmodell 2023, 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 – Höjdmodell 2023, avsnitt 2.4)

Referenssystem

Krav på referenssystem i plan: *SWEREF 99 12 00*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000*

Höjdmodell

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

Krav på geografisk uppdelning och namngivning: -

Krav på datakomprimering: -

Krav på punktmoln: -

Krav på vektordata: -

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 – Höjdmodell 2023, kapitel 3)

Krav 3 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Rekommendation 3 c i HMK- Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.1 b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.2.2 a-e i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.4 a-g i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.4.1 a-b i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Krav 3.6 a-h i HMK-Höjdmodell 2023 gäller

Kommentar till Trafikverksexemplet:

- Krav 3.1 a, c-d finns inte med i exemplet eftersom beställaren inte levererat fotogrammetriskt punktmoln, fotogrammetrisk detaljmätning och geodetisk mätning.
- 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 2024](#), Bilaga B.

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

Höjdmodell

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 höjdinformation som använts 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 höjdmodell

Kontroller som bör utföras innan leverans av höjdmodell.

Bilaga C.1 Komplet 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 jämförelse mot kända objekt/punkter inmätta med en lägre standardosäkerhet (högst 1/3 av den som specificeras för höjdmodellen i uppdraget). Punkterna bör vara jämnt fördelade över kartläggingsområdet.

Se [HMK - Flygburen laserskanning 2024](#), Bilaga C.3 g) 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 [5].

e) Fullständighet

Kontrollera att höjdmodellen:

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

f) Tematisk osäkerhet

Klassning och kodning

Höjdinformation granskas för att verifiera att kraven uppfylls vad gäller:

- klasser och klassindelning för punktmoln
- objekt-koder och ritmanér för vektordata (brytlinjer)
- ekvidistans, objekt-koder, ritmanér, besiffring, presentations-skala och generalisering för höjdkurvor.

För teoretisk grund vad gäller kontroll av tematisk osäkerhet för objekt-koder 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 höjdinformation har levererats (till exempel grid, punkter, brytlinjer, TIN, höjdkurvor, höjdpunkter)
- kontrollera att korrekt höjdmodellstyp har levererats (exempelvis markhöjdmodell, ythöjdmodell, etc.)
- kontrollera att höjdmodellen 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 hål (exempelvis mark under byggnader och broar) överensstämmer med kravspecifikationen
- 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 höjdmodellen 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 lokalt och resultatet i form av differenser kan analyseras statistiskt på samma sätt som för 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 markhöjdmodellen, för 7x7-metersrutor på öppna plana ytor, var femtionde kilometer.

i.3) Yttäckande jämförelse mot annan höjdmodell

En yttäckande kontroll av lägesosäkerheten i höjdmodell kan fås genom jämförelse mot en befintlig höjdmodell med känd lägesosäkerhet. Höjdmodellerna subtraheras och resultatet i form av en differensmodell kan analyseras både statistiskt och visuellt. Vid tolkningen måste givetvis hänsyn tas till de naturliga förändringarna av landskapet och vegetationen som har skett mellan de båda insamlingstillfällena.

Bilaga D: Ordlista till handboken

Ordlistan innehåller ett urval av de viktigaste termerna i handboken.

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

Term	Förklaring
DEM	Digital Elevation Model. Liktydig med den i HMK använda termen höjdmodell (underförstått digital höjdmodell).
DSM	Digital Surface Model. Liktydig med den i HMK använda ythöjdmodell (underförstått digital ythöjdmodell).
DTM	Digital Terrain Model. Liktydig med den i HMK använda termen markhöjdmodell (underförstått digital markhöjdmodell alternativt digital terrängmodell).
geodata	data som beskriver företeelser, inklusive deras geografiska läge
geodataprodukt	geodatamängd som har ett väldefinierat syfte och en specificerad kvalitet; ofta en kommersiell produkt
GeoJSON	Filformat för vektordata. Baserat på JavaScript Object Notation
GeoTIFF	Filformat för rasterdata med georeferens. Baserat på TIFF
HMK-standardnivå	HMK:s indelning i standardnivåer
höjdmodell	övergripande term för bland annat markhöjdmodell (terrängmodell) och ythöjdmodell
koordinatsystem	system för lägesangivelser med hjälp av koordinater, till exempel Northing, Easting i ett system för lägesangivelser med hjälp av koordinater, till exempel Northing, Easting i ett tvådimensionellt, plant koordinatsystem eller geocentriska koordinater i ett tredimensionellt system

Term	Förklaring
LAS-format	ett filformat framtaget av ASPRS för utbyte av tredimensionella laserpunktmoln
lodbild	flygbild tagen med kameran riktad längs lodlinjen, dvs. rakt nedåt
lägesosäkerhet	osäkerhet i lägesangivelser t.ex. i förhållande till andra objekt, geodatamängder eller referenssystem; en utvidgning av termen mätosäkerhet
markhöjdmodell	höjdmodell som beskriver markytan utan broar, byggnader, vegetation och andra från markytan uppstickande objekt; vanligen liktydigt med terrängmodell
ortofoto (traditionellt)	skalriktig flygbild i ortogonalprojektion (fotokarta)
punktmoln	stor mängd tredimensionella positioner, vanligen insamlade med laserskanning eller bildmatchning
punkttäthet	antal punkter per ytenhet, exempelvis antal laserekon per kvadratmeter; punkttäthet förhåller sig till geometrisk upplösning som: $\text{punkttäthet} = \frac{1}{\text{upplösning}^2}$
raster	regelbunden datastruktur med mätvärden ordnade i rader och kolumner; i vardagsspråk liktydigt med grid
sant ortofoto	ortofoto som framställts med en ythöjdmodell som rektifieringsmodell; mark och alla objekt ovan mark avbildas skalriktigt i ortogonalt projicerat läge
terrängmodell	vanligen liktydigt med den i HMK använda termen markhöjdmodell; i Bygghandlingar 90, del 7, har termen terrängmodell en annan betydelse
topologi	information om relationer mellan (geografiska) objekt
ythöjdmodell	höjdmodell som beskriver markytan, inklusive broar, byggnader, vegetation och andra från markytan uppstickande objekt

Bilaga E: Förändringsförteckning

I förändringsförteckningen redovisas mindre justeringar som skett i den senaste publicerade versionen av handboken.

Generellt i hela dokumentet

Externa och interna länkar har setts över och uppdaterats.

Avsnitt 2

I tabell 2.3.1 har några värden justerats, visas i ljusgrått.

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
Höjdmodell från flygburen laserskanning			
Detaljeringsgrad, punkttäthet i punktmoln (punkter/m ²) ^{I)}	1-4	4-16	16-64
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{I)}	0,30/0,10	0,15/0,05	0,05/0,03
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{II)}	0,1-0,3	0,05-0,15	0,03-0,08
Höjdmodellstyp	Markhöjdmodell och/eller ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Höjdmodell från flygbilder (bildmatchning)			
Detaljeringsgrad, punktavstånd i punktmoln (m) ^{III)}	0,25-0,50	0,12-0,25	0,06-0,12
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{IV)}	0,12/0,18	0,06/0,09	0,03/0,05
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{II)}	0,18-0,54	0,09-0,27	0,05-0,15
Höjdmodellstyp	Ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Övrigt			
Detaljeringsgrad, vanlig geometrisk upplösning i grid (m) ^{V)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
Detaljeringsgrad, vanlig ekvidistans i höjdkurvor (m) ^{V)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
Datastruktur ^{VI)}	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- TIN - Punktmoln + brytlinjer
Vanlig presentationsskala i kartografiska produkter	1:10 000	1:2 000	1:400

Har 2024-10-01 ändrats till

Parametrar	HMK- standardnivå 1	HMK- standardnivå 2	HMK- standardnivå 3
Höjdmodell från flygburen laserskanning			
Detaljeringsgrad, punkttäthet i punktmoln (punkter /m ²) ^{I)}	1-4	4-16	16-64
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{I)}	0,30/0,08	0,15/0,04	0,08/0,02
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{II)}	0,08-0,24	0,04-0,12	0,02-0,06
Höjdmodellstyp	Markhöjdmodell och/eller ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Höjdmodell från flygbilder (bildmatchning)			
Detaljeringsgrad, punktavstånd i punktmoln (m) ^{III)}	0,25-0,50	0,12-0,25	0,06-0,12
Standardosäkerhet, ideala förhållanden; Plan/Höjd (m) ^{IV)}	0,12/0,18	0,06/0,09	0,03/0,05
Standardosäkerhet, blandade förhållanden; Höjd (m) ^{II)}	0,18-0,54	0,09-0,27	0,05-0,15
Höjdmodellstyp	Ythöjdmodell, se avsnitt 2.3.5		
Övrigt			
Detaljeringsgrad, vanlig geometrisk upplösning i grid (m) ^{V)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
Detaljeringsgrad, vanlig ekvidistans i höjdkurvor (m) ^{V)}	0,5-1,0	0,25-0,50	0,10-0,25
Datastruktur ^{VI)}	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- TIN - Punktmoln + brytlinjer
Vanlig presentationsskala i kartografiska produkter	1:10 000	1:2 000	1:400