

HMK
- handbok i mät- och kartfrågor

Höjddata

2015



HMK-Höjddata, status 2015

HMK-Höjddata 2015 har uppdaterats med

- [länkar till andra dokument](#)

Uppdateringarna har utförts av Anders Grönlund, Lantmäteriet.

Gävle 2016-06-30

/Anders Grönlund, Uppdragsledare HMK

Förord 2015

HMK-Höjddata är projektet Geodatainsamlings sjätte och sista inplanerade dokument. Dokumentstrukturen följer de övriga utgivna dokumenten.

- Agneta Engberg, Lantmäteriet har varit projektägare
- Anders Grönlund, Lantmäteriet har varit uppdragsledare för hela HMK-projektet
- dokumentet HMK-Höjddata har skrivits av Helen Rost, Blom Sweden AB
- Thomas Lithén, Lantmäteriet har varit redaktör
- I arbetsgruppen har även Jan Wingstedt Jönköpings kommun/-Lantmäteriet, Joakim Fransson och Per Isaksson Trafikverket samt Lena Moren Lantmäteriet, ingått
- Muriel Bjureberg och Gunilla Lundgren, Lantmäteriet har ansvarat för layout och design.

Dokumentet har genomgått extern kvalitetsgranskning och remissynpunkterna har inarbetats i dokumentet.

Luleå 2015-06-18

Marianne Orrmalm,

projektledare Geodatainsamling

Innehåll

1. Inledning	6
2. Teknisk specifikation	7
2.1 Allmän beskrivning	7
2.2 Specifikation av utgångsmaterial	7
2.2.1 Punktmoln	8
2.2.2 Vektordata	9
2.2.3 Övrigt utgångsmaterial	10
2.3 Specifikation av produkten	10
2.3.1 HMK-standardnivå	10
2.3.2 Detaljeringsgrad	12
2.3.3 Lägesosäkerhet	13
2.3.4 Höjdmodellstyp	13
2.3.5 Datastruktur	15
2.3.6 Övriga höjddataprodukt	16
2.3.7 Tilläggspecifikation	16
2.4 Specifikation av leverans	19
2.4.1 Referenssystem	19
2.4.2 Höjddata	20
2.4.3 Tilläggspecifikation av leverans	21
3. Genomförande	23
3.1 Kontroll av utgångsmaterial	24
3.2 Punktmoln	24
3.2.1 Laserdata	24
3.2.2 Bildmatchning	24
3.2.3 Klassning av punktmoln	25
3.2.4 Uttunning av punktmoln	26
3.3 Detaljmätning	26
3.3.1 Brytlinjer	26
3.4 Höjdmodeller	27
3.4.1 Markmodell	28
3.4.2 Ytmodell	28
3.5 Övriga höjddataprodukt	29
3.5.1 Höjdkurvor	29
3.5.2 Punkthöjder	31
3.6 Leverans	31
4. Beställarens kontroll	33
5. Referenser/Läs mer	34

6. Bilaga A.1: Produktionsdokumentation	36
7. Bilaga A.2: Exempel på metadata	39
8. Bilaga A.3: Kontroll av höjddata	40
A.3.1 Komplett leverans	40
A.3.2 Produkt.....	40
A.3.3 Fördjupad kontroll vid behov	42
Bilaga B: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation	43
B.1 Mall för teknisk specifikation	43
B.2 Exempel på ifylld mall för en kommun.....	45
B.3 Exempel på ifylld mall för Trafikverket	47

1. Inledning

HMK-Höjddata behandlar upprättande av teknisk specifikation för upphandling av höjddata i olika former, samt arbetets utförande, dokumentation och kontroll. Utgångspunkten är laserdata beställda med stöd av [HMK-Laserdata 2015](#), men även mätning i flygbilder beställda med stöd av [HMK-Bilddata 2015](#) behandlas liksom geodetisk detaljmätning. Dokumentet stödjer:

- Upprättande av en teknisk specifikation (avsnitt 2 och bilaga B)
- Genomförande av ett uppdrag avseende höjddata (avsnitt 3 och bilaga A1)
- Kontroll av leverans (avsnitt 4 och bilaga A3)

Följande HMK-standardnivåer omfattas, läs mer i [HMK-Geodatakvalitet 2015](#), 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 2015](#), avsnitt 3.

Tekniska termer och förkortningar förklaras i [HMK-Ordlista och förkortningar, 2015](#) eller senare.

Råden i HMK-Höjddata 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.

Intresserade av härledningar och formler hänvisas till avsnitt 5.

2. Teknisk specifikation

Rekommendation

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

Vid upprättande av teknisk specifikation använder beställaren detta avsnitt samt bilaga B "Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation" som stöd.

En teknisk specifikation kan helt eller delvis bestå av hänvisningar till en eller flera befintliga dataproduktspecifikationer (DPS) eller formella standarder. Avsnitt 2 och 3 kan även användas som checklista för att säkerställa att aktuell DPS/standard omfattar alla relevanta krav vid beställning av höjddata.

För generell information om upprättande av teknisk specifikation se [HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 2.1.

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

Den allmänna beskrivningen säkerställer att samsyn råder mellan beställare och utförare.

2.2 Specifikation av utgångsmaterial

Rekommendation

- a) Beställaren levererar koordinatsatt begränsning av insamlingsområdet samt anger aktuellt 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

Det vanligaste utgångsmaterialet för höjddata är laserdata.

Flygburen laserskanning medger en effektiv insamling av höjddata över stora områden, för framtagning av både yt- och markmodell.

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 lägesosäkerhet kan geodetisk mätning vara den mest effektiva metoden för insamling av höjddata. Den geodetiska mätningen utförs vanligen med GNSS-teknik eller totalstation men terrester laserskanning förekommer allt oftare.

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 markmodell över öppna ytor.

Punktmoln från automatisk bildmatchning av flygbilder kan användas för framtagning av ytmodell. Punktmolnet kan även användas för att framställa eller ajourhålla markmodell över öppna ytor utan vegetation.

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

2.2.1 Punktmoln

Data kan finnas tillgängliga, exempelvis via tidigare genomförd beställning eller genom geodatasamverkan, men kan också samlas in helt eller delvis 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 produktionsdokumentation redovisas enligt [HMK-Laserdata 2015](#), bilaga A.1.

- För punktmoln från fordonsburen laserdatainsamling rekommenderas produktionsdokumentation enligt [HMK-Fordonsburen insamling 2015](#) bilaga A.1

Vid användning av befintligt punktmoln från laserdatainsamling bör beställaren särskilt beakta:

- att laserdata är lämpliga för framtagning av specificerade höjddata ([HMK-Laserdata 2015](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.5)
- huruvida laserdata är klassade, vilka klasser som ingår och kvalitén på klassning (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-Bilddata 2015](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.6)

Ny insamling 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-Laserdata 2015](#).
- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av fordonsburen laserskanning och fotografering se [HMK-Fordonsburen insamling 2015](#).
- För upprättande av teknisk specifikation för upphandling av bilddata se [HMK-Bilddata 2015](#).

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 nyttjas. Ska klassning av laserdata genomföras kan information om vattenytor, vägar, byggnader, vegetation med mera underlätta arbetet.

Befintliga data

Befintliga data ska levereras med kvalitetsuppgifter samt produktionsdokumentation och metadata.

Ny insamling 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 2015](#).
- Befintliga bilddata som ska användas för fotogrammetrisk detaljmätning kvalitetsdeklareras så att uppdraget blir kalkylerbart.
- För befintliga bilddata rekommenderas att produktionsdokumentation redovisas enligt [HMK-Bilddata 2015](#), bilaga A.1.

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

- att bilderna är lämpliga för framtagning av specificerade höjddata ([HMK-Bilddata 2015](#), avsnitt 2.3.2 - 2.3.6)

2.2.3 Övrigt utgångsmaterial

Övrigt material hos beställaren som kan underlätta och effektivisera genomförande av uppdraget kan till exempel vara befintlig höjddata eller information om markanvändning. 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 höjdmmodell och lämpliga parametrar för olika standardnivåer.

Parametrar	HMK-standardnivå 1	HMK-standardnivå 2	HMK-standardnivå 3
Lämpliga mätmetoder	- Laserskanning - Bildmatchning	- Laserskanning - Bildmatchning - Fotogrammetrisk detaljmätning av brytlinjer	- Laserskanning - Fotogrammetrisk eller geodetisk detaljmätning av brytlinjer
Standardosäkerhet i höjd i färdig höjdmmodell, laserskanning *	0,25 – 0,50 m	0,10 – 0,25 m	0,02 – 0,10 m **
Standardosäkerhet i plan på distinkta objekt i färdig höjdmmodell, laserskanning*	0,30 m	0,15 m	0,05 m ***
Standardosäkerhet i höjd i färdig höjdmmodell, mätning i flygbilder*	0,50 - 1,00 m	0,20 – 0,50 m	-
Standardosäkerhet i plan på distinkta objekt i färdig höjdmmodell, mätning i flygbilder*	0,25 - 0,50 m	0,10 - 0,25 m	0,02 - 0,10***
Ungefärlig presentationsskala i kartografiska produkter	1:10 000	1:2 000	1:400
Datastrukturer	- Grid - Punktmoln + brytlinjer	- Grid Punktmoln + brytlinjer	- TIN - Punktmoln + brytlinjer
Upplösning i grid	1,0 m	0,50 m	0,25 m ****
Ekvidistans i höjdkurvor	0,5 – 1,0 m	0,25 – 0,50 m	0,10 – 0,25 m****

* standardosäkerhet avser ett ungefärligt riktvärde för en färdig höjdmmodell framtagen i ett område med flera olika terrängtyper, se avsnitt 2.3.3

** för specifikation av markmodell för bygghandling se referens [1]

*** handlingar för byggande kräver vanligen en standardosäkerhet på 20 mm eller bättre i både plan och höjd vilket ställer särskilda krav på datainsamlingen – ofta används en kombination av laserskanning och fotogrammetrisk detaljmätning

**** ej vanlig datastruktur för HMK-standardnivå 3. Oftast används TIN eller punkter och brytlinjer

2.3.2 Detaljeringsgrad

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på detaljeringsgrad

Detta görs genom att ange punkttäthet i punktmoln eller geometrisk upplösning i grid alternativt ekvidistans för höjdkurvor.

Punkttäthet i punktmoln

Punkttätheten i ett punktmoln anges som antalet punkter per kvadratmeter i plan. Punkttätheten har stor betydelse vid tolkning av detaljer.

- För punktmoln från flygburen laserskanning avses sista eller enda retur, se [HMK-Laserdata 2015](#), avsnitt 2.3.2.
- För punktmoln från bildmatchning i flygbilder, se [HMK-Bilddata 2015](#), avsnitt 2.3.3-4.

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 i laserdata, framgår av tabell 2.3.1

Ekvidistans

Ekvidistansen anger höjdavståndet mellan två intilliggande höjdkurvor.

En lämplig ekvidistans är två gånger standardosäkerheten i höjd i den underliggande höjdmodellen. Lämplig ekvidistans för respektive standardnivå, baserat på punkttäthet i laserdata, framgår av tabell 2.3.1.

2.3.3 Lägesosäkerhet

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på lägesosäkerhet

Kravet på standardosäkerhet i plan och höjd ställs antingen på den färdiga höjddata - som oftast innehåller flera olika terrängtyper - eller på standardosäkerhet på väldefinierade objekt som ska representeras i höjddata, exempelvis hårdgjorda plana ytor i höjd och väldefinierade objekt i plan.

Beroende på terrängtypen varierar standardosäkerheten i höjd i olika delar av en höjddata. Exempelvis ger plana och hårdgjorda ytor utan vegetation normalt en lägre standardosäkerhet än kuperad skogsterräng (referens [2] och [3]).

Standardosäkerheten i höjddata påverkas även av mätmetoden och dess standardosäkerhet:

- För punktmoln från flygburen laserdatainsamling, se [HMK-Laserdata 2015](#), tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.2-3, för mer information om punkttäthet per standardnivå, lägesosäkerhet på plana hårdgjorda och andra typer av ytor med mera.
- För mätning i flygbilder se [HMK-Bilddata 2015](#), tabell 2.3.1 och avsnitt 2.3.2-4 för mer information om geometrisk upplösning per standardnivå, lägesosäkerhet samt övertäckning i och mellan stråk med mera. Se även [HMK-Fotogrammetrisk detaljmätning 2015](#), avsnitt 2.3.2.

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

2.3.4 Höjddatastyper

Rekommendation

- a) Beställaren ställer krav på höjddatastyper

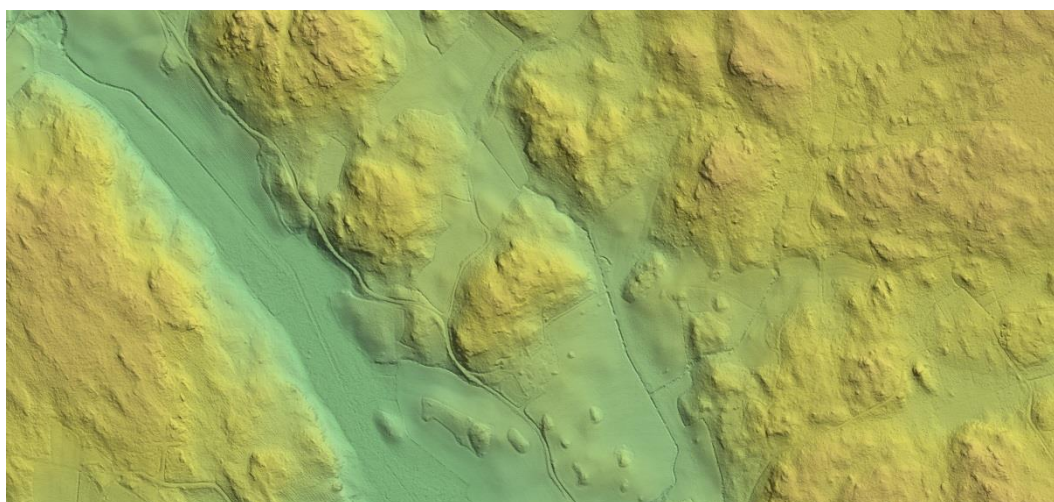
Val av höjddatastyper ställer implicita krav på mätmetod och framtagande av höjddata.

Höjdmodellstyper som hanteras i detta dokument är:

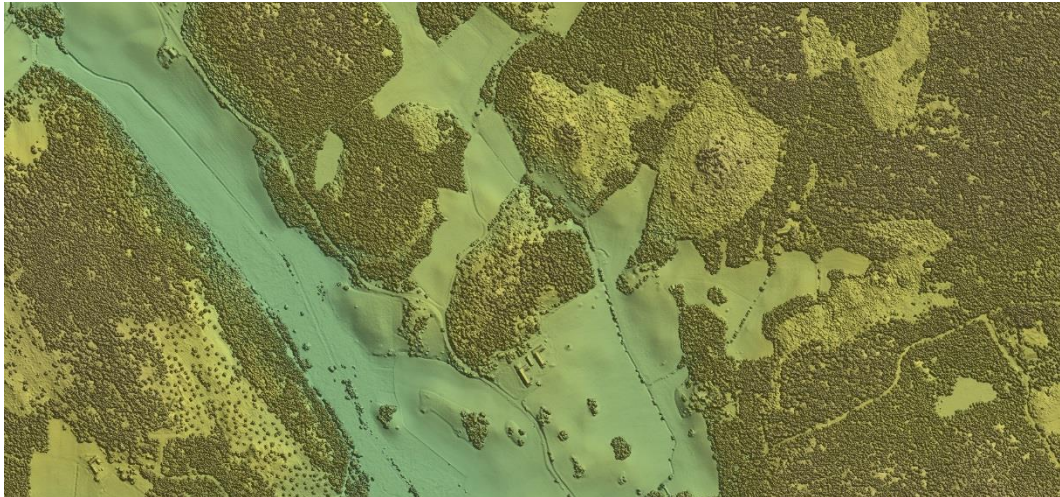
- markmodell: beskriver en heltäckande markyta inklusive vattenytor med interpolerade höjder under byggnader, broar vegetation och andra från markytan uppstickande objekt (figur 2.3.4a)
- ytmodell: beskriver en heltäckande yta där det översta skiktet i terrängen inklusive alla objekt som byggnader, broar, vegetation, master, luftledning, stolpar, fordon, människor och djur med mera inkluderas. (figur 2.3.4b)

Beställaren kan efter behov definiera egna höjdmodellstyper, exempelvis:

- Höjdmodell för rektifiering för ortofoto. För olika typer av ortofoton och deras krav på rektifieringsmodell, se [HMK-Ortofoto 2015](#), avsnitt 2.3.4.
- Höjdmodell för hydrologisk modellering. En höjdmodell som skall användas för hydrologisk modellering av exempelvis avrinning eller översvämning, utgår från en markmodell men behöver kompletteras med exempelvis viadukter, vägtrummor, diken och annan information som påverkar vattnets framkomlighet. Beställaren ställer krav på vilka typer av objekt som skall ingå och hanteringen i övrigt.



Figur 2.3.4a. Markmodell baserad på flygburen laserskanning med färgskala och terrängskuggning. (Källa: Blom)



Figur 2.3.2b. Ytmodell baserad på flygburen laserskanning med färgskala och terrängskuggning. (Källa: Blom)

2.3.5 Datastruktur

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar datastruktur för höjddata

Punktmoln och brytlinjer

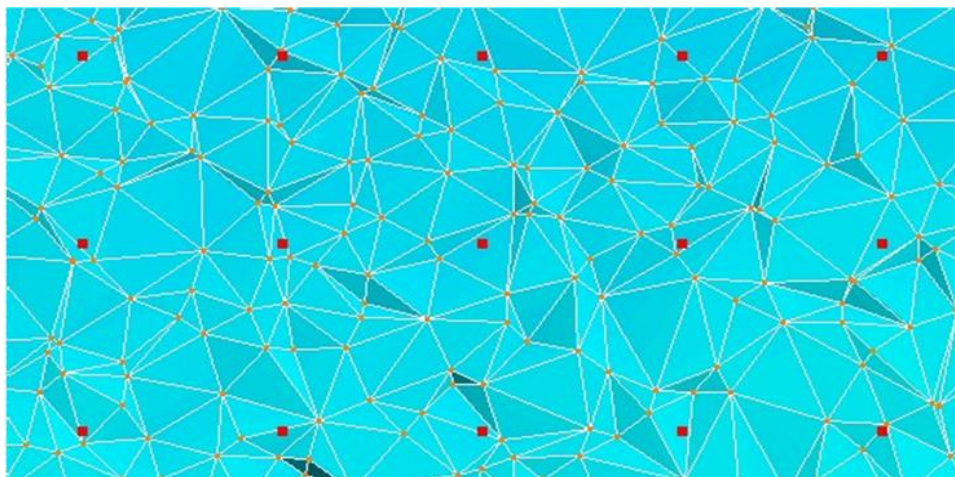
Höjddata kan levereras i form av klassificerade punkter, oftast kompletterade med brytlinjer, med möjlighet för beställaren att själv skapa vidareförädlade höjddataprodukt. Detta är vanligt för HMK-standardnivå 2 och 3.

TIN

Ett TIN består av ett nätverk av trianglar som tillsammans bildar en täckande höjdmodell. Datastrukturen kan kombinera olika typer av höjddata och ger en bra återgivning av en yta eftersom den bygger på fysiska mätningar. 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 regelbundet grid, som innebär en effektiv och enkel lagring och datahantering. Eftersom alla höjdvärden är härledda ger datastrukturen en sämre återgivning av en yta jämfört med TIN.



Figur 2.3.5. 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)

2.3.6 Övriga höjddataprodukt

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar krav på eventuella övriga höjddataprodukt som ska framställas

Följande övriga höjddataprodukt stöds av HMK-Höjddata 2015:

- höjdkurvor, en kartografisk produkt som visar markens höjdvariationer.
- punkthöjder, som vanligen används i kartografiska produkt för att förstärka bilden av olika höjdnivåer. Punkthöjder är enstaka punkter utspridda i terrängen med lokala höjdangivelser.

2.3.7 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 avsnitt 3.

Uttunning av punktmoln

För att minska datamängden i ett punktmoln eller TIN kan ett punktmoln tunnas ut med olika metoder, se figur 3.4. Utgångspunkten är att ingen utglesning görs om inte beställaren specificerar det.

Beställaren specificerar eventuella krav på att punktmolnet ska tunnas ut.

Om annan hantering än genomförandekrav 3.2.4 a-b önskas specificeras detta av beställaren. Exempel på annat genomförandekrav är:

- annat uttunningskriterium än enligt 3.2.4b

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

Hantering av vattenytor

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

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

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att vattenytor inte ska hanteras

Hantering av TIN

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

Hantering av grid

Om annan hantering än genomförandekrav 3.4 i-k önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

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

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

Hantering av markmodell

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

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att vatten inte ska vara heltäckande under broar som alternativ till 3.4a
- att brytlinjer inte ska användas som alternativ till 3.4b

Hantering av ytmodell

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

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att fordon ska editeras bort som alternativ till 3.4.2a

Höjdkurvor

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

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att ge en ekvidistans som alternativ till krav 3.5.1b
- att ge annat krav på besiffring än besiffring än 3.5.1g
- krav på klippning av kurvor mot specifika objekt, till exempel vägar eller byggnader, som alternativ till 3.5.1i

Punkthöjder

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

Exempel på annat genomförandekrav är:

- att ge krav på annan placering än 3.5.2a
- ge krav på annan täthet för punkthöjderna än 3.5.2b

2.4 Specifikation av leverans

Rekommendation

- Beställaren specificerar vilka produkter som ska levereras
- Beställaren specificerar krav på produkterna
- Beställaren specificerar eventuella tilläggskrav på produktionsdokumentationen

Leverans av höjddata kan bestå av en kombination av olika datastrukturer framtagna med olika mätmetoder. Höjddata kan levereras som en färdig höjdmodell men det förekommer också att användaren själv skapar höjdmodellen från levererat punktmoln och brytlinjer.

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 transformations samband mellan systemen

Läs mer om SWEREF 99 och RH 2000 samt relationer mellan olika referenssystem och projektionszoner i [HMK-ReGe 2014](#), avsnitt 1.1.3. Om beställaren inte har ett aktuellt transformations samband kan sådant upprättas som en del av uppdraget enligt [HMK-ReGe 2014](#), avsnitt 1.1.4.

2.4.2 Höjddata

Rekommendation

- a) För leverans av höjddata specificerar beställaren:
 - filformat
 - geografisk uppdelning och namngivning
 - informationsinnehåll och filformat för eventuella metadata och kvalitetsmärkning av objekt
- b) För leverans av punktmoln specificerar beställaren vilka klasser som ska ingå vid leveransen
- c) Vid leverans av vektordata specificerar beställaren eventuella krav på objekt-koder, attribut och topologi

Filformat

Punktmoln från laserskanning eller bildmatchning levereras lämpligen i LAS-format. För punktmoln med färgvärden (RGB) väljs LAS format, version 1.2 eller senare. Vid leverans av punktmoln ingår alla punkter om beställaren inte anger annat.

Brytlinjer, TIN, höjdkurvor och punkthöjder 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 projektionszoner, läs mer om indexsystem och beteckningar i

[Lantmäteriets Infoblad nr 11](#).

Metadata och kvalitetsmärkning av objekt

Metadatainnehåll och format för hela datamängden bör anpassas till den nationella metadataprofilen på geodata.se ([Metadata/Geodata-Nationell metadataprofil-Specifikation och vägledning-SS-EN ISO 19115:2005-geodata.se Version 3.1.1.pdf](#)).

Eventuella krav på mer detaljerade metadata specificeras av beställaren. Varje del av en datamängd kopplas till data som beskriver dess ursprung och kvalitet. Aktualitet och lägesosäkerhet anges.

För grid och TIN kan områden med likartat ursprung och kvalitet avgränsas, till exempel genom kompletterande polygoner med koppling till metadata. Alternativt läggs informationen på objektnivå, så att ursprung och kvalitet för varje individuell punkt, linje eller polygon kan spåras.

Exempel på metadata finns redovisade i bilaga A.2.

Val av klasser vid leverans

Alla klasser behöver inte vara representerade i alla typer av produkter. För lämpliga klasser för leverans av punktmoln för markmodell se tabell 2.4.2. För ytmodell nyttjas förslagsvis klass 1, 7 och 9 samt eventuellt klass 8.

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

Tabell 2.4.2. Lämpliga klasser för leverans av punktmoln för markmodell.

Klass	Betydelse
1	Övrigt
2	Mark
7	Felaktiga punkter (low points, air points)
8	Nyckelpunkter (kvarvarande punkter efter eventuell uttunning)
9	Vatten
11	Bro

Topologi för vektordata med mera

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

2.4.3 Tilläggs-specifikation av leverans

Rekommendation

- a) Beställaren specificerar eventuella övriga krav på leverans

Produktionsdokumentation

Beställaren anpassar, vid behov, kraven på produktionsdokumentation utifrån uppdragets storlek, omfattning och användningsområde.

Om annan hantering än genomförandekrav enligt 3.6h-j önskas specificeras detta av beställaren

Klassindelning för punktmoln

Om annan hantering än genomförandekrav 3.2.3a önskas specificeras detta av beställaren.

Exempel på annat genomförandekrav är:

- annan klassindelning än enligt 3.2.3a, t ex LAS 1.4.

Leveransmedia

Beställaren ställer eventuella krav på leveransmedia.

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.

Katalogstruktur

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

Prov- och delleveranser

Beställaren anger eventuella krav på prov- eller delleveranser för godkännande. Detta hanteras vanligen i upphandlingens kommersiella villkor (se [HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 3.2.1).

Bildmatchade punktmoln kan generera stora datamängder och vid behov konsulteras utföraren om/hur reducering av datamängden hanteras.

Lagring av data

Beställaren anger eventuella krav på lagring av data för beställarens räkning samt på hur länge lagrad data ska finnas tillgängliga hos leverantören.

Detta hanteras vanligen i upphandlingens kommersiella villkor ([HMK-Introduktion 2015](#), 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 tekniska specifikation
- b) Allt material ska kontrolleras löpande under insamlingen för att eventuella brister tidigt ska kunna identifieras och åtgärdas

Rekommendation

- c) En kvalitetsplan bör upprättas.

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

En kvalitetsplan ger förutsättningar för en tydlig kvalitetsstyrning av ett uppdrag. Beställaren kan kräva i upphandlingens kommersiella villkor att en kvalitetsplan upprättas, läs mer i [HMK-Introduktion 2015](#), avsnitt 2.2.

3.1 Kontroll av utgångsmaterial

Krav

Utföraren ska noggrant kontrollera allt utgångsmaterial:

- a) erhållet bildmaterial kontrolleras med stöd av [HMK-Bilddata 2015](#), avsnitt 4
- b) erhållna laserdata, kontrolleras med stöd av [HMK-Laserdata 2015](#), avsnitt 4
- c) erhållet resultat från fotogrammetrisk detaljmätning kontrolleras med stöd av [HMK-Fotogrammetrisk detaljmätning 2015](#), avsnitt 4
- d) erhållet resultat från geodetisk mätning kontrolleras med stöd av [HMK-Referenssystem och geodetisk mätning 2014](#)

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

3.2 Punktmoln

3.2.1 Laserdata

För flygburen respektive fordonsburen insamling, georeferering och kontroll av laserpunktmoln se [HMK-Laserdata 2015](#) eller [HMK-Fordonsburen laserdatainsamling 2015](#).

3.2.2 Bildmatchning

Krav

- a) Metod och parametrar vid bildmatchning ska väljas så att resultatet kan användas för avsedd höjddataproduct
- b) Punktmoln ska färgsättas med färgvärde från de bilder som används vid bildmatchningen

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

Vissa områden kan vara mycket svåra att bildmatcha, till exempel vattenytor, områden som är skymda i en eller flera bilder eller ytor

som saknar textur. Dessa problemområden ska dokumenteras och kan vid behov kompletteras med mätningar baserade på andra mätmetoder.

3.2.3 Klassning av punktmoln

Krav

- a) Klassindelningen ska följa specifikationen för LAS version 1.1 - 1.3 ([HMK-Laserdata 2015](#), tabell 2.4.4a)
- b) Klassning av punktmoln ska göras med en kvalitet som säkerställer kraven på produkten
- c) För laserdata ska inga punkter tas bort utan istället ges en klasstillhörighet
- d) Vid klassning av bildmatchat punktmoln kan uppenbara felmatchningar tas bort. I övrigt ska inga punkter tas bort utan att konsultera beställaren
- e) Om ytterligare klasser definieras vid produktionen ska beställaren konsulteras om de ska ingå vid leverans

Klassindelning

Klassindelning av punkter görs för att specificera vad punkterna representerar. Vilka klasser som skall levereras bestäms av beställarens krav. Vid produktion kan ytterligare klasser behöva definieras och användas. ([HMK-Laserdata 2015](#), avsnitt 2.4.4)

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
- 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

3.2.4 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) mätmetod ska väljas för att uppfylla kraven på produkten avseende mätosäkerhet

Exempel på olika mätmetoder för inmätning av brytlinjer är:

- Fotogrammetrisk detaljmätning. Läs mer i [HMK-Fotogrammetrisk detaljmätning juni 2015](#), bilaga C.2.1.
- Geodetisk detaljmätning. Utförs vanligen med GNSS-teknik eller totalstation. För lämpligt val av geodetisk mätmetod se [HMK-Referenssystem och geodetisk mätning 2014](#), avsnitt 3.2.
- Kartering i laserpunktmoln. Planläget tolkat från höjd-, intensitets- eller färginformation i laserpunkterna kan också förekomma.
- Terrester laserskanning förekommer. 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:

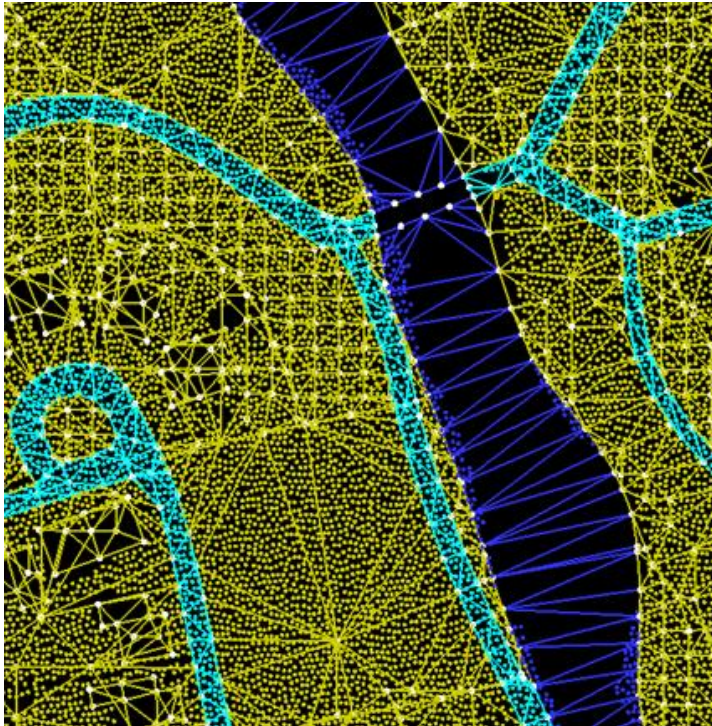
- e) triangelbildning göras på ett kontrollerat sätt så att alla trianglar som bildas uppfyller kraven på lägesosäkerhet i interpolerade höjder (gäller speciellt triangelbildning över långa avstånd).
- f) komplettering med punkter eller brytlinjer för korrekt triangelbildning göras vid behov
- g) trianglarna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

Vid interpolering till grid ska:

- h) den ursprungliga datamängden transformeras till rätt koordinatsystem innan interpolering
- i) interpolationsmetod väljas så att kraven på produkten uppfylls
- j) gridpunkter utanför insamlingsområdet ges värdet "inga data" (NoData-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 uttunnats. De vita punkterna används i triangelbildningen. Trianglarna bryts vid brytlinjerna för strandlinje och väggkant. (Källa: Kadaster, Nederländerna)

3.4.1 Markmodell

Krav

- a) en kombination av punkter och brytlinjer ska samlas in så att kraven på detaljeringsgrad och lägesosäkerhet i markmodellen uppfylls
- b) markmodellen 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 Ytmodell

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, luftledning, stolpar, etcetera) inkluderas i ytmodellen.

3.5 Övriga höjddataprodukter

3.5.1 Höjdkurvor

Krav

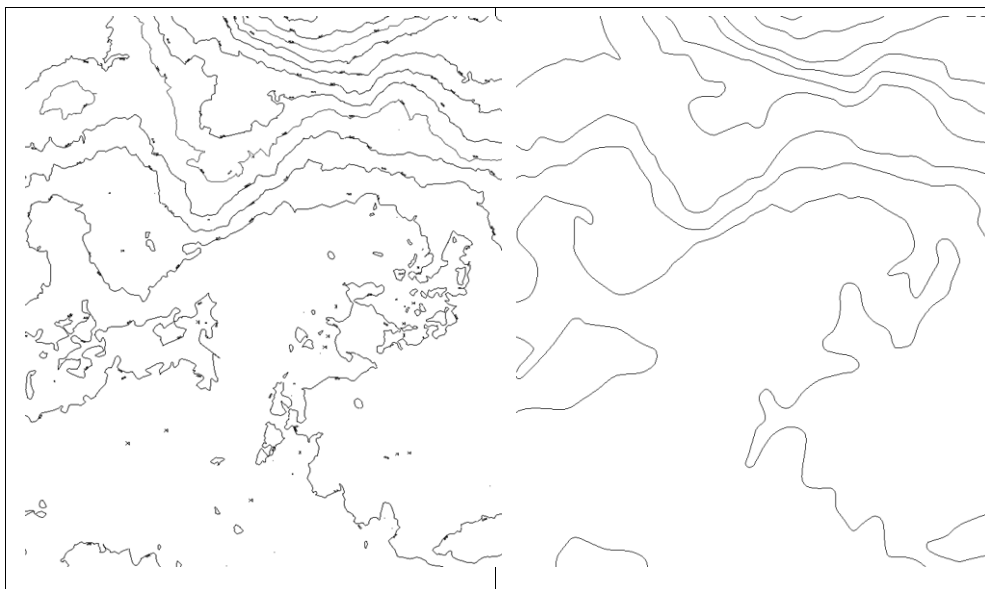
Vid generering av höjdkurvor ska:

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

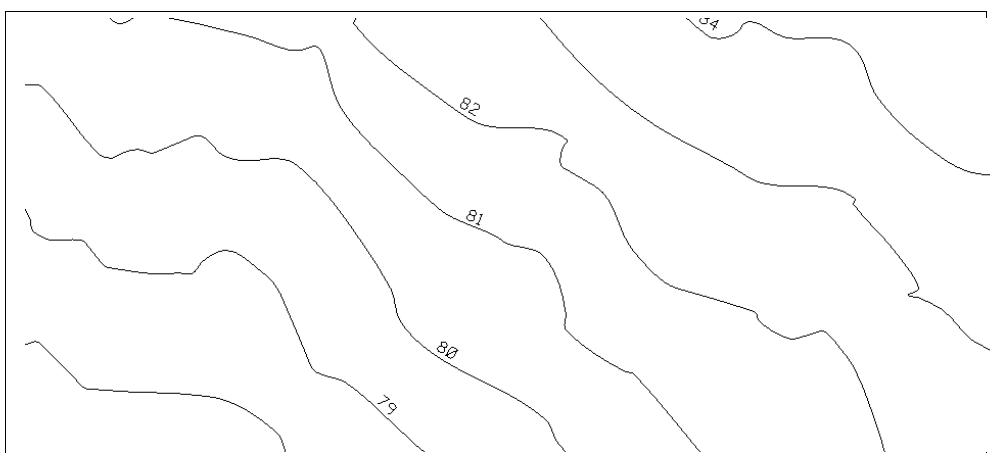
Höjdkurvorna generaliseras i viss mån för att framhäva de stora terrängformationerna medan viktiga linjära eller andra distinkta terrängformationer, till exempel branter, diken eller höjder och sänkor, representeras så att de lätt kan tolkas. Höjdkurvor skapas normalt genom interpolering från en höjdmodell 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 3.5.1a). 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 3.5.1a. Höjdkurvor baserade på flygburen laserskanning. I höger bild har generalisering anpassad till målskalan gjorts för att få en mer tilltalande och lättolkad produkt.



Figur 3.5.1b. Exempel på besiffring av höjdkurvor.

3.5.2 Punkthöjder

Krav

Vid generering av punkthöjder ska:

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

3.6 Leverans

Krav

Leverans av höjddata ska:

- a) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- b) innehålla höjddataproduct enligt specifikation
- c) följa HMK-Geodatakvalitet 2015, tabell A.8, och ha koordinat- och höjdvärden redovisade i meter med antal decimaler baserade på lägesosäkerheten i slutprodukten

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 metadata ska:

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

Leverans av produktionsdokumentation ska:

- h) vara kvalitetskontrollerad och komplett
- i) om existerande höjddata används för uppdraget bestå av rapport enligt punkt a) i bilaga A.1
- j) bestå av rapport enligt punkt a)-n) i bilaga A.1 för de delar som genomförts

Antal decimaler

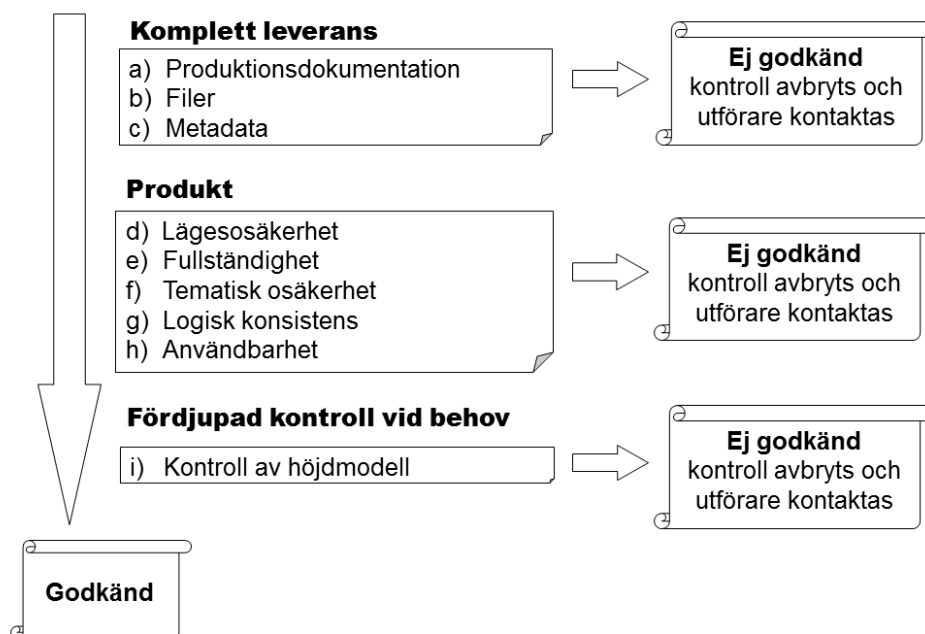
Läs mer i [HMK-Geodatakvalitet 2015](#), bilaga A.8, om varför man ska vara generös med siffrorna under beräkningsgången och inte avrunda till ungefär en tiondel av lägesosäkerheten förrän i slutprodukten.

4. Beställarens kontroll

Beställaren bör kontrollera erhållen leverans snarast möjligt efter mottagandet. En tidsfrist bör anges i upphandlingens kommersiella villkor ([HMK-Introduktion 2015](#), 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 slutprodukts 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 A.3 redovisas olika kontroller mer detaljerat.

För generell information om datakvalitet och kontroll av geodata, se [HMK-Geodatakvalitet 2015](#).



Figur 4. Visualisering av kontrollflödet och de ingående kontrollerna.

5. Referenser/Läs mer

- [1] SIS (2013): *Byggmätning – Specifikationer vid framställning och kontroll av digitala markmodeller*, SIS-TS 21144:2013
- [2] Rönnberg A. (2011): [*Höjdmodellens noggrannhet*](#), (Lantmäteriet, PM)
- [3] Lundgren J. och Owemyr P. (2010): [*Noggrannhetskontroll av laserdata för ny nationell höjdmodell*](#). Examensarbete, Högskolan i Gävle.
- [4] Svensk geoprocess (2015): [*Dataproduktspecifikation för Laserdata/Höjdmodell*](#), version 1.0 2015-05-27
- [5] SIS (2012): [*Nationell metadataprofil*](#), SIS/TK 489 N247, Version 3.1.1, 2012-02-08
- [6] Haala, N (2014): [*Benchmark on Image Matching Final report*](#) EuroSDR Official Publication No 64 (sid 115-144)

Följande svenskspråkiga lärobok finns - där höjddata behandlas - för introduktionskurser på universitet och högskolor:

- Lantmäteriet, LU, KTH och HiG (2013): [*Geodetisk och fotogrammetrisk mättnings- och beräkningsteknik*](#).
- Harrie, L red. (2013) [*Geografisk informationsbehandling – Teori, metoder och tillämpningar*](#), sjätte upplagan, Studentlitteratur
- Nordkvist, K. m.fl. (2013) Laserskanning och digital fotogrammetri skogsbruket, andra upplagan, Sveriges lantbruksuniversitet, Rapport: 407 2013.
- HMK-liknande dokument finns på norska Kartverkets hemsida:
- [*Produksjon av basis geodata*](#) (Versjon 1.0 - mars 2015)
- [*Geodatakvalitet*](#) (Versjon 1.0 - januar 2015)
- [*SOSI del 3 Produktspesifikasjoner*](#), dataproduktspecifikationer för kart- och geodata

Mätning i bilddata från obemannade flygfarkoster, **UAV**, 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 UAV*](#). Gävle: Högskolan i Gävle. (Examensarbete inom Lantmätarprogrammet).

- Mårtensson, S-G och Reshetyuk, Y (2014) [Noggrann och kostnadseffektiv uppdatering av DTM med UAS för BIM](#), Trafikverket, publikationsnummer 2015:030

Bilaga A.1: 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 erhållet vektordata vad avser informationsinnehåll, ursprung, geografisk täckning och lägesosäkerhet

Ny insamling av data

Om en flygfotografering gjordes som en del av uppdraget ska den redovisas enligt specifikationerna i [HMK-Bilddata 2015](#), bilaga A.1.

Om en flygburen laserskanning gjordes som en del av uppdraget ska den redovisas enligt specifikationerna i [HMK-Laserdata 2015](#), bilaga A.1.

Om en fordonsburen laserskanning gjordes som en del av uppdraget ska den redovisas enligt specifikationerna i [HMK-Fordonsburen laserskanning 2015](#), bilaga A.1.

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

Bildmatchning för framtagning av punktmoln

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

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

Klassning av punktmoln

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- h) 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

Uttunning av punktmoln

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- i) 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:

- j) 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:

- k) 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:

- l) 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" (NoData-värden)

Framtagning av TIN

Produktionsdokumentationen ska redovisa följande:

- m) 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:

- n) 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 A.2: Exempel på metadata

Avsnitten nedan avser Svensk geoprocess dataproduktspecifikation för laseradata/höjdmodell - referens [4].

- Metadata enligt nationella metadataprofilen:
Metadata anges på datamängdsnivå enligt den nationella metadataprofilen, aktuell version - referens [5]
- Höjdmetadata på övergripande nivå:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende översiktlig informationsmodell i avsnitt 5.3.1 och 5.3.2 i referens [4]
- Höjdmetadata - laserdata:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende laserdata i avsnitt 5.3.3 i referens [4]
- Höjdmetadata - automatisk bildmatchning:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende laserdata i avsnitt 5.3.4 i referens [4]
- Höjdmetadata - fotogrammetrisk detaljmätning:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende laserdata i avsnitt 5.3.5 i referens [4]
- Höjdmetadata - punktmoln:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende höjdmodell i avsnitt 5.3.6 i referens [4]
- Höjdmetadata - höjdmodell, grid:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende höjdmodell i avsnitt 5.3.7 i referens [4]
- Höjdmetadata - höjdmodell TIN:
Innehåll i höjdmetadata framgår av informationsmodellen och objekttypskatalogen avseende höjdmodell i avsnitt 5.3.8 i referens [4]

Bilaga A.3: Kontroll av höjddata

Kontroller som bör utföras innan leverans av höjddata

A.3.1 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

A.3.2 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-Laserdata 2015](#), bilaga A.3.2d) för kontroll av lägesosäkerhet för data framtagna genom flygburen laserskanning.

Se [HMK-Bilddata 2015](#), bilaga A.3.2d) 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 21144:2013

För att få helhetsbild på lägesosäkerhet på olika typer av markytor i en markmodell kan kontroll utföras med stöd av olika metoder, t ex jämförelse mot kontrollprofiler, beskrivna i kapitel 10 i referens[1].

e) Fullständighet

För teoretisk grund av fullständighetskontroll, se [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) bilaga A6.

Kontrollera att höjddata:

- täcker hela insamlingsområdet
- har den geometriska upplösningen som definierats i kravspecifikationen
- levererats med alla punkter vid levererans av punktmoln

f) Tematisk osäkerhet

För teoretisk grund av klassificeringskontroll, se [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) bilaga A6. Kontrollera klassificeringen av data.

Klassning och kodning

Höjddata 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, målskala och generalisering för höjdkurvor

g) Logisk konsistens

För teoretisk grund av topologi, se [HMK-Geodatakvalitet 2015](#) bilaga A6.

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 för kontroll av topologin)

h) Användbarhet

Kontrollera användbarhet genom att:

- kontrollera att rätt datastrukturer för höjdmodell har levererats (till exempel grid, punkter, brytlinjer, TIN, höjdkurvor, punkthöjder)
- kontrollera att korrekt höjdmodellstyp har levererats (exempelvis markmodell, ytmodell, etc.)
- kontrollera att höjdmodellen/höjddataprodukten representerar de objekt som har specificerats i kravspecifikationen (exempelvis de objekt som ska ingå i ytmodellen)
- 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 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)

A.3.3 Fördjupad kontroll vid behov

Ytterligare kontroll bör göras om tidigare kontrollsteg har påvisat oklarheter eller eventuella brister.

i) Kontroll av höjdmodell

En mer detaljerad analys av en interpolerad höjdmodell kan göras för att se om hantering av svåra terrängavschnitt har modellerats på 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 det 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).

Bilaga B: Mall och exempel för upprättande av teknisk specifikation

B.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 2015](#) och [HMK-Ordlista och förkortningar](#) juni 2015.

1 Allmän beskrivning (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.1)

Tjänster:

Produkter:

Produkternas användning:

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.2)

Begränsning av insamlingsområdet inklusive filformat och referenssystem:

Punktmoln inklusive egenskaper:

Vektordata inklusive egenskaper:

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper:

3 Specifikation av produkten (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå:

Krav på detaljeringsgrad:

Krav på lägesosäkerhet (standardosäkerhet):

Krav på höjdmodellstyp:

Krav på datastruktur:

Krav på övriga höjddataprojekter:

Krav på tilläggs-specifikationer:

4 Specifikation av leverans (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.4)

Krav på referenssystem i plan:

Krav på referenssystem i höjd:

Krav på filformat:

Krav på geografisk uppdelning och namngivning:

Krav på informationsinnehåll i metadata:

Krav på filformat för metadata:

Krav på vilka klasser som ska ingå vid leverans:

Krav på topologi för vektordata:

Krav på tilläggspecifikation av leverans (exempelvis produktionsdokumentation, klassindelning, leveransmedia, datakomprimering, katalogstruktur, prov- och delleveranser eller lagring av data):
.....

5 Specifikation av genomförande (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 3)

Här anges hänvisningar till vilka krav i avsnitt 3 som ska gälla. Se [HMK-Introduktion 2015](#) avsnitt 1.7 för principer för hänvisning till krav samt exempel på hur hänvisningar och avsteg/tillägg kan formuleras.

Nedan följer en komplett lista på alla krav och rekommendationer i avsnitt 3. Ej aktuella krav tas bort av beställaren.

*Krav 3a-b HMK-Höjddata 2015 gäller
Rekommendation 3c HMK- Höjddata 2015 gäller
Krav 3.1a-d HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.2.2a-b HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.2.3a-e HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.2.4a-b HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.3.1a-c HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.4a-j HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.4.1a-b HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.4.2a HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.5.1a-j HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.5.2a-b HMK-Höjddata 2015 gäller
Krav 3.6a-j HMK-Höjddata 2015 gäller*

B.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 [Höjddata 2015](#) och [HMK-Ordlista och förkortningar juni 2015](#).

1 Allmän beskrivning (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.1)

Tjänster: Framställning av höjdmodell

Produkter: Höjdmodell i form av ett grid

Produkternas användning: Höjdmodellen skall användas för översiktlig avränningsanalys inom tätbebyggt område

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.2)

Begränsning av insamlingsområdet inklusive filformat och referenssystem: Enligt bifogad PDF och bifogad ESRI-shape-fil i koordinatsystem Sweref 99 18 00

Punktmoln inklusive egenskaper: Flygburen laserdata med en täthet av 8 punkter per m² samt produktionsdokumentation enligt HMK-Laserdata 2015, bilaga A.1. Format LAS 1.3.

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 2015, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå: Standardnivå 2

Krav på detaljeringsgrad: 1 meter

Krav på lägesosäkerhet (standardosäkerhet): 10 cm

Krav på höjdmodellstyp: Markmodell

Krav på datastruktur: Grid

Krav på övriga höjddataprojekter: -

Krav på tilläggspecifikationer: Modellen skall kompletteras med byggnadsvolymer i form av "lådor" 2 meter höga över markmodellens yta

4 Specifikation av leverans (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.4)

Krav på referenssystem i plan: *SWEREF 99 1200*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000*

Krav på filformat: *ESRI Ascii-format*

Krav på geografisk uppdelning och namngivning: *Enligt kommunens indexindelning i 1000-meters-rutor.*

Namngivning enligt indexbeteckningen med prefix "H2015_"

Krav på innehåll i metadata: -

Krav på format för metadata: -

Krav på vilka klasser som ska ingå vid leverans: -

Krav på topologi för vektordata: -

Krav på tilläggspecifikation av leverans (*exempelvis produktionsdokumentation, klassindelning, leveransmedia, datakomprimering, katalogstruktur, prov- och delleveranser eller lagring av data*):

Krav på leveransmedia: Via kommunens FTP-server.

Inloggningsuppgifter lämnas på begäran

Krav på datakomprimering: Zip-komprimering

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

5 Specifikation av genomförande (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 3)

Krav 3a-b HMK-Höjddata 2015 gäller

Rekommendation 3c HMK- Höjddata 2015 gäller

Krav 3.1b HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.2.3a-c HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.4 a-d, h-j HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.4.1a-b HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.6a-c, h-j HMK-Höjddata 2015 gäller

B.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 [Höjddata 2015](#) och [HMK-Ordlista och förkortningar juni 2015](#).

1 Allmän beskrivning (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.1)

Tjänster: *Ta fram markmodell ur befintligt laserpunktmoln*

Produkter: *Markmodell i TIN*

Produkternas användning: *underlag till projektering*

2 Specifikation av utgångsmaterial (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.2)

Begränsning av insamlingsområdet inklusive filformat och referenssystem: *Enligt punktmolnets omfattning*

Punktmoln inklusive egenskaper: *Insamlat 2014, kvalitetssäkrat enligt SIS TS 21144:2013 provningsutförande A*

Vektordata inklusive egenskaper: -

Övrigt utgångsmaterial inklusive egenskaper: -

3 Specifikation av produkten (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.3)

Krav på HMK-standardnivå: *3*

Krav på detaljeringsgrad: *upplösning 50cm*

Krav på lägesosäkerhet (standardosäkerhet): *2 cm*

Krav på höjdmodellstyp: *Markmodell*

Krav på datastruktur: *TIN*

Krav på övriga höjddataprodukter: -

Krav på tilläggspecifikationer: -

4 Specifikation av leverans (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 2.4)

Krav på referenssystem i plan: *sweref99 12 00*

Krav på referenssystem i höjd: *RH2000*

Krav på filformat: *DWG*

Krav på geografisk uppdelning och namngivning: -

Krav på innehåll i metadata: -

Krav på format för metadata: -

Krav på vilka klasser som ska ingå vid leverans: -

Krav på topologi för vektordata: -

Krav på tilläggspecifikation av leverans (*exempelvis produktionsdokumentation, klassindelning, leveransmedia, datakomprimering, katalogstruktur, prov- och delleveranser eller lagring av data*):

Krav på leveransmedia: *Extern disc, USB 3.0*

5 Specifikation av genomförande (HMK-Höjddata 2015, avsnitt 3)

Krav 3a-b HMK-Höjddata 2015 gäller

Rekommendation 3c HMK- Höjddata 2015 gäller

Krav 3.1b HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.2.3a-c HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.4 a-e HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.4.1a-b HMK-Höjddata 2015 gäller

Krav 3.6a-c, e, h-j HMK-Höjddata 2015 gäller