

## Höjdm modeller, höjdkurvor och bildprodukter

### BAKGRUND

Digitala höjdm modeller har sedan mitten av 1980-talet använts för att effektivisera produktionen av ortofoton. Inledningsvis samlade man in underlag för beräkning av modellerna bl.a. genom att digitalisera höjdkurvor från kartor och mäta höjdprofiler i stereoinstrument. Utvecklingen av insamlingsmetoder, såsom digital fotogrammetri och laserskanning, ger förutsättningar till effektivare produktion och bättre kvalitet på höjddata.

I samarbete med Haninge kommun har vi formulerat rutiner för produktion av höjdm modeller, höjdkurvor och bildprodukter med syfte att minimera negativa effekter av bl.a. skarvar mellan angränsande höjdm modeller. Med stor sannolikhet är de problem vi belyser och hanterar av intresse för alla organisationer som vill ha ut så mycket som möjligt av de höjddata man nyttjar för visualisering, analyser och vidareförädling.

### HÖJDMODELLER

Flygburen laserskanning har revolutionerat framställningen av höjdm modeller. Gemensamt för all flygburen datainsamling är dock att det inte bara är markytan som registreras utan även de objekt som befinner sig mellan marken och flygplanet. Vid manuell mätning i stereobilder undviker man de objekt som inte redovisar markytan vid insamling av data ämnade för höjdm modeller. Resultatet från automatisk matchning av flygbilder och laserskanning förutsätter ett kompletterande moment där de objekt, bl.a. broar, byggnader och vegetation, som inte representerar markytan elimineras ur data - markfiltrering. Höjdm modeller som innehåller all data benämns ofta digital ytmodell - DSM - och en markfiltrerad modell digital höjdm modell - DEM. Vid markfiltrering tas hänsyn till vilken typ av terräng som området täcker. Valet av parametrar vid filtreringen anpassas till om det är byggnader med stor utbredning, tät skog, plan mark och/eller terräng med branta lutningar. Filtreringsprogrammets effektiva hantering av stora datamängder till trots så finns det så gott som alltid behov av manuell editering. Editeringen görs vanligtvis med tanke på de produkter man tänker sig att använda höjdm modellen till. Som exempel förbättras kvaliteten på ortofon om man kompletterar höjdm modellen med broar som brytlinjer.

### PRODUKTANPASSNING

Svenska kommuner har stora förtjänster i att ansluta sig till de rikstäckande referenssystemen SWEREF99/RH2000. Många kommuner har redan genomfört dessa systembyten. Ofta krävs transformation av data till de lokala "dialekterna" av SWEREF99 för att få liknande förtjänster vid fortsatt bearbetning av laserdata som de som erhållits i Haninge kommun. Bland annat kan utbredningen av laserdata anpassas och namnsättas i överensstämmelse med kommunens kartbladsindelning.

Tätheten hos laserdata, antalet punkter per ytenhet på marken, varierar med avseende på vad man önskar använda höjddata till. Oavsett hur täta eller glesa laserdata är och vad de skall användas till så finns det ett antal fallgropar som det är möjligt att undvika om man beaktar följande vid framställning av höjdm modeller.

- Stora mängder höjddata representeras oftast som höjdm modeller i form av regelbundna rutnät. Motivet är bl.a. att endast de data man har intresse av används i modellen, att tätheten på rutnätet anpassas till den produkt som skall framställas och att

interpolation i rutnät är effektivt vid analys och produktframställning. Viktigt således att på ett tidigt stadium planera för höjdm modellen användningsområde(n).

- Avståndet mellan punkterna i rutnätet bör anpassas till tätheten på originaldata och de analyser och produkter som höjdm modellerna är tänkta att användas till. I Bild 1 visas terrängskuggning beräknade från två höjdm modeller som producerats från samma originaldata men med olika markupplösning, d.v.s. punktavståndet skiljer sig mellan modellerna. I den vänstra bilden är punktavståndet 1m och i den högra bilden 2m.

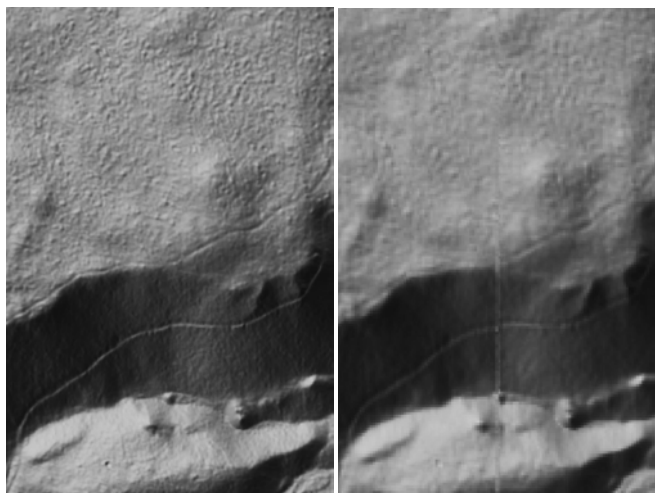


Bild 1. Terrängskuggning – till vänster med markupplösning 1m och till höger med 2m. Kantproblemen i mitten av den högra bilden uppstår då modellerna inte har gemensamma rutnätspunkter.

- De lodräta kantproblem som syns i mitten av den högra bilden ovan uppstår om man beräknar närliggande höjdm modeller utan gemensamma rutnätspunkter. Den vänstra bilden har, liksom den högra bilden, producerats från två närliggande höjdm modeller men med gemensamma punkter och med stor övertäckning vid beräkning av modellernas gemensamma punkter. Behovet av övertäckning varierar och beror bl.a. på snabba förändringar i terrängens struktur. Det gröna området i Bild 2 visar läget för de gemensamma rutnätspunkterna. Lantmäteriets tidigare rikstäckande höjdm modell grid 50+ var formulerad på detta sätt, bl.a. för att undvika kanteffekter vid framställning av höjdkurvor.

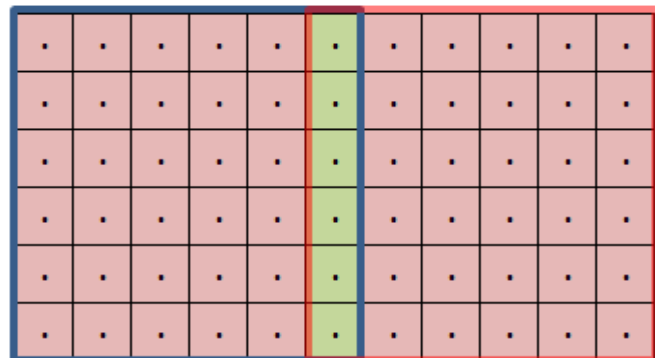


Bild 2. Angränsande höjdm modeller, röd respektive blå ram, med gemensamma rutnätspunkter markerade i grönt.

Alternativt kan man framställa modeller utan gemensamma, övertäckande, punkter vilket sannolikt kan vara effektivt vid hantering av nationell kartläggning då all data lagras i en gemensam databas. Problemet med kanteffekter kan undvikas även i detta fall men då krävs tillgång till alla de 8 modeller som omger den aktuella modell vars område skall användas för generering av höjdkurvor eller framställning av bilder.

## HÖJDKURVOR

Framställning av höjdkurvor har förenklats påtagligt sedan laserdata togs i bruk för beräkning av högkvalitativa höjdmodeller. Hög kvalitet till trots finns en del av tidigare frågeställningar fortfarande kvar - val av ekvidistans, mjuka generaliserade kurvor, och maskning för bl.a. byggnader.

Den ekvidistans man väljer för höjdkurvorna har som regel en relation till produktens kartskala. Kartografiskt kan det i en småskalig produkt, såsom en översiktskarta, vara nödvändigt att bara visa kurvor med t.ex. 25 m ekvidistans samtidigt som det i en storskalig produkt över samma område är möjligt att visa kurvor med 0.5-1.0 m ekvidistans. Tätheten på data och noggrannheten i höjdmätningarna, laserskanningen, är de faktorer som har mest påtaglig inverkan hur "detaljerad" ekvidistans man kan välja. I Bild 3 visas höjdkurvor med 1 m ekvidistans genererade från en 1 m höjdmodell till vänster, till höger kurvor från en 2 m höjdmodell beräknad från samma laserdata som i den vänstra bilden. Detaljeringsgraden är något större i det vänstra exemplet, dessutom syns ingen kanteffekt mellan de två kartbladen tack vare gemensamma rutnätspunkter och övertäckning vid beräkning av höjdmodellerna.

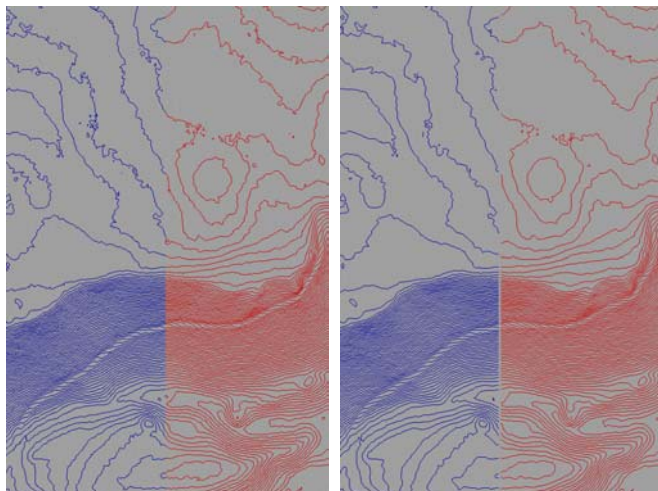


Bild 3. Höjdkurvor – till vänster, upplösning 1m med gemensamma rutnätspunkter. Till höger, upplösning 2m, inga gemensamma punkter.

Vid framställning av ortofoton kompletteras, som tidigare beskrivits, ofta höjdmodellen med brytlinjer i vektorformat för att så noggrant som möjligt beskriva broarnas kanter. Broar bör således inte inkluderas i höjdmodellen utan beskrivas i form av vektorer med höjdvärden som vid behov kan nyttjas tillsammans med höjdmodellen.

De höjdkurvor som genererats direkt från höjdmodellerna i Bild 3 kan med relativt enkla medel göras mer lämpade för visualisering. Utmjukning tar dels bort "brus" samtidigt som det minskar taggigheten hos höjdkurvorna. Som regel används mer eller mindre sofistikerade generaliseringsmetoder som appliceras på höjdkurvorna. Eftersom detta vanligtvis sker för de områden som motsvarar höjdmodellernas utbredning resulterar det ofta i kanteffekter som beror på utmjukningsmetoden. Alternativt framställs man en utmjukad höjdmodell som endast används för generering av höjdkurvor, då kan kanteffekterna också undvikas. Bild 4 visar samma utsnitt som Bild 2 och Bild 3

med utmjukade höjdkurvor från en 1 m modell med gemensamma rutnätspunkter till vänster och utan sådana punkter till höger.

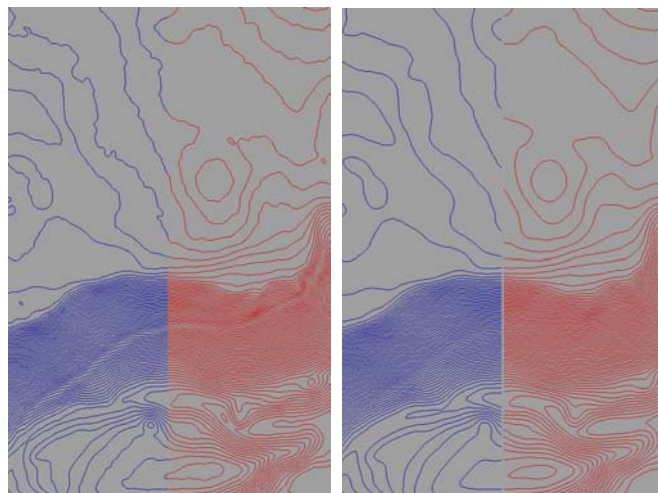


Bild 4. Mjuka höjdkurvor – till vänster från 1m modell med gemensamma rutnätspunkter. Till höger, upplösning 2m, inga gemensamma punkter.

Ett av de klassiska problem man tidigare hanterade med relativ enkelhet har på nytt kommit i fokus - maskning av höjdkurvor för byggnader och vägar. Det som tidigare var ett naturligt moment vid operatörsstyrd mätning i stereo blir nu en uppgift för de program som används för formgivning av bl.a. höjdkurvor, se Bild 5.

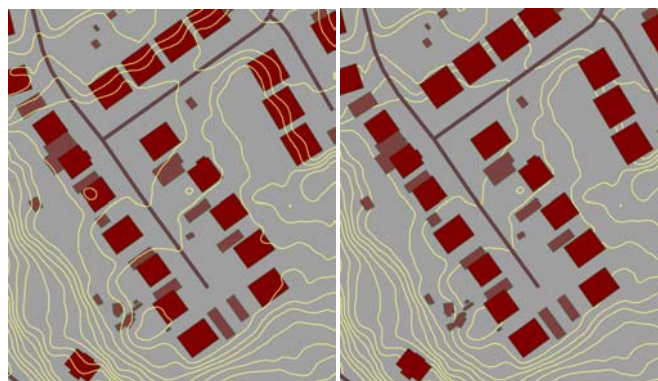


Bild 5. Maskning av höjdkurvor, där byggnader och vägar bör ytbildas.

## REKOMMENDATIONER

- Rutnätet bör täcka hela det område som man skall framställa produkter över, d.v.s. interpolation skall kunna ske ända ut till kanterna för varje unik höjdmodell.
- Undvik broar vid framställning av höjdkurvor.
- Mjuka generaliserade kurvor framställs effektivt genom att bearbeta höjdmodellen innan kurvorna genereras.
- Ytbilda byggnader och vägar som underlag för maskning av höjdkurvor.
- Analyser och bildprodukter där fler än en modell skall visas bör hanteras på samma sätt som höjdkurvor, d.v.s. med stor övertäckning.

## KONTAKTUPPGIFTER

GeoXD AB  
Hemsida  
Dan Klang, TeknDr.  
Kristina Klang, CivIng.

08 - 776 16 36  
[www.geoxd.se](http://www.geoxd.se)  
[dan@geoxd.se](mailto:dan@geoxd.se)  
[tina@geoxd.se](mailto:tina@geoxd.se)