

Ny højdemodel - nu også landsdækkende



Skjern Å, Naturprojekt 2002, (Foto: Mogens Bjørn Nielsen)

Af Seniorprojektleder/kartograf Lars Fleming COWI A/S

Omkring 1890 afsluttede Generalstaben sin omfattende opmåling af Danmark og dermed opmålingen af den højdemodel, som har dannet grundlag for mange af vores kortværker. Ved efterfølgende kortlægninger er der løbende blevet målt koter i større og mindre områder, men ikke en egentlig samlet opdatering.

Dette er der for alvor rådet bod på nu efter COWI's færdiggørelse af en ny landsdækkende højdemodel fremstillet med den nyeste "state-of-the-art" laserskanningsteknologi.

Stort behov for en detaljeret højdemodel
Siden laserskanning fra fly første gang blev benyttet i Danmark for 7-8 år siden er mange mindre og større områder opmålt i landet, bl.a. er Hovedstadsområdet samt en række større byområder allerede helt dækket

med en laserskannet højdemodel i 1 x 1 m grid med en højdenøjagtighed på omkring 10-15 cm. Disse højdemodeller var bl.a. baggrunden og fundamentet for højopløselige ortofotos (oprettede billeder, således at disse er målfaste overalt) med en pixelstørrelse på kun 10 cm, og grundet den nøjagtige terrænmodel er den plane nøjagtighed uovertruffen.

Men selv om disse områder rummer mere end 1/3 af landets befolkning, dækker de kun ca. 1/15 af landets areal, og behovene for højdemodeller i det åbne land er helt anderledes end i tæt bebyggede områder som fx hovedstadsområdet.

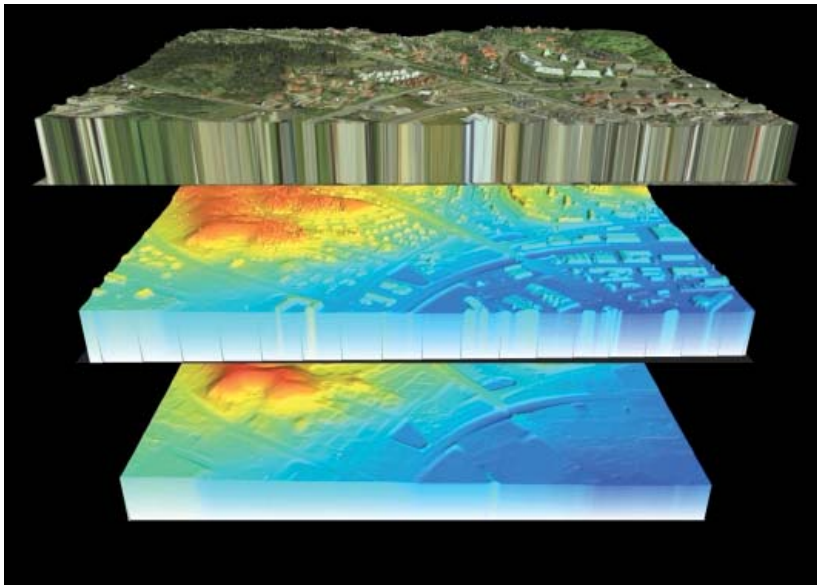
De forhold, der lå bag COWI's beslutning om at fremstille en ny landsdækkende højdemodel, var bl.a.:

- Der er brug for data til klimaberegninger
- Der er behov for bedre højdedata til fremtidig kortfremstilling.
- Laserskanning er blevet betydeligt mere effektiv og betydeligt billigere.
- Nye metoder er på vej til håndtering af de meget store datamængder, der fremkommer ved laserskanning.

For at opfylde de åbenlyse behov for en ny højdemodel har COWI opmålt en ny landsdækkende højdemodel. Til projektet er benyttet laserskanning fra fly. Resultatet er en dækning, hvor der kun er ca. 1,6 meter mellem hvert punkt. Dette betyder, at der "koter" omkring 17 milliarder punkter. Proportionerne i dette tal kan være svære at forholde sig til, men omregnet til mere håndgribelige størrelser svarer det til:



DDH Grid kombineret med landskabsbilleder. (Foto: Claus Haagenen)



Ortofoto draperet på DSM

DSM-overflademodel

DTM-terrænmodel

Figuren viser de tre dataprodukter. (Copyright: COWI)

- En parcelhusgrund = ca. 400 punkter
- En fodboldbane = ca. 1.600 punkter
- En provinsby på ca. 20.000 indbyggere = ca. 5 mio. punkter
- En gennemsnitskommune før kommunalreform = ca. 62 mio. punkter
- En gennemsnitskommune efter kommunalreform = ca. 172 mio. punkter

De enorme data udgør tre dataprodukter

Den enorme datamængde behandles til tre dataprodukter. Først dannes en overflademodel – en DSM (se figuren ovenfor), dvs. en højdemodel målt ved toppen af træer, huse m.m. Denne model får kun en let bearbejdning, hvor eventuelle fejlskud fjernes – fugle, lygtepæle m.m. der ikke kan identificeres entydigt og reelt kun er støj i modellen.

Efterfølgende beregnes en terrænmodel – en DTM (figuren ovenfor) hvor skov, bygninger m.m. fjernes, og det reelle terræn fremstår tydeligt. Denne proces er relativt tidskrævende og kræver grundigt kendskab til det terræn, der bearbejdes. Til dette benyttes ortofotos og signalintensiteten til tolkning af områderne. Forskellige områdetyper som tæt by, skov og klitområder skal behandles forskelligt. Grundigheden i efterbehandlingen er en væsentlig del af kvaliteten på det endelige produkt.

Ud fra de to datasæt, overflade- og terrænmodellen kan produkter til anvendelse i GIS eller CAD fremstilles. Erfaringen viser, at forskellige software-produkter anvender højdedata meget forskelligt, hvorfor data typisk tilpasses til brugernes løsning. Typiske input er regulære grid på fx 2 * 2 m eller "vektormodel" (TIN). Flere systemer benytter regulære grid udtrykt som en rasterfil, hvor "farven" udtrykker højden. Denne metode har dog nogle begrænsninger, og både i ASCII-grid og TIN-modeller kan datamængden reduceres betydeligt uden reelt datatab – en fodboldbane indeholder

jo reelt kun højdeinformation i kanten!

Endelig er der den helt klassiske metode til fremstilling af højdekurver. Her mistes ofte en del information, men data-reduktionen er betydelig, og stort set alle GIS systemer kan håndtere højdekurverne.

Stor nøjagtighed

Nøjagtigheden på koterings angives med en middelfejl på mindre end 15 cm, men reelt er den udtryk for, at forskelligt terræn måles med forskellig nøjagtighed. Befæstede arealer som veje har typisk en betydeligt bedre nøjagtighed, som fx 8 cm. Det skyldes, at refleksionen er entydig over større flader. Koten på et landbrugsareal er noget helt andet. Her vil koten variere en del afhængigt af, om marken er nypløjet, eller det er en fast stubmark. I områder som

brakmarker, der er henlagt i flere år, og i fx lyngområder har koten også større varians.

Fejlkilder

Når der arbejdes med højdedata, er det vigtigt at gøre sig klart, hvor data stammer fra og kende nøjagtighed på data, samt tidspunkt på året for skanning og være opmærksom på, at ved laserskanning er højdemodelen et udtryk for terrænet præcis den dag, der blev laserskannet. Endvidere skal man være opmærksom på eventuelle fejkilder, som kan være med til at give en falsk trykthed. Af fejkilder kan bl.a. nævnes:

- Afgrøder fra landbruget – fx majs, rasp, lyng m.m. kan være med til at forringe nøjagtigheden
- Vækst – tæt underskov



Oversvømmelse i Odense, august 2006. (Foto: Niels Mogensen Svalebøgg)

- Byggepladser
- Ændrede vejanlæg, fx nyasfaltering kan give en afvigelse på op til 10 cm i forhold til skanningstidspunkt.
- Ændrede vandløb
- Andre forhold

Det er derfor tilrådeligt ved detail-projektering at sikre sig, at højdeforholdene nu engang er som højdemodellen, fx ved kontrolmålinger i marken.

Mangfoldig anvendelse

Anvendelsen af højdedatasættet er mangfoldigt. Der er i disse år megen fokus på ændringer i vores klimatiske forhold, hvilket betyder, at alle der arbejder med:

- kystbeskyttelse
- katastrofe- og oversvømmelsesberedskab
- afløb
- miljø
- skovbrug
- landbrug
- infrastruktur - støjberegninger
- Andre relaterede opgaver

fremover får adgang til et tredimensionelt kort, der giver et helt nyt billede af det danske landskabs udseende og reaktionsmønstre ved voldsomme regnskyl og forhøjede vandstande. Desuden får eksempelvis televirksomheder langt nemmere ved at regne på placeringen af telemaster i forhold til bygninger og andre naturlige forhindringer for signalernes udbredelse.

Endeligt giver datasættet mulighed for at lave betydeligt bedre ortofotos, hvor højdemodellen jo er en væsentlig komponent i et målfast produkt.

Teknologien er forbedret

De softwarepakker, der benyttes i dag er betydeligt bedre til at håndtere koter end for blot nogle år siden, men der mangler stadig gode standarder og effektive formater.

Eksempelvis for ortofotos har formater som ECW, MrSid, og JPEG2000 været afgørende for brugen af data, især på Internettet.

Men der skal dog ikke herske nogen tvivl om, at det i dag er langt lettere, hurtigere og ikke mindst billigere at skabe/producere en digital højdemodel for større områder end for 10 år siden, hvor fotogrammetri var den dominerende fremstillingsmetode. Og samtidig er nøjagtigheden blevet væsentligt forbedret

Vedligeholdelse af højdemodellen

Ligesom for øvrige kortprodukter ændrer grundlaget (dvs. landskabet og infrastrukturen) sig løbende, og der er derfor behov for vedligeholdelse af højdemodellen. En af de vigtigste faktorer for højdemodellens nøjagtighed er tid, dvs. det er vigtigt at notere sig, hvornår datafangsten er foretaget. Dette kombineret med viden om de infrastruktural-



Oversvømmet havneområde i Løgstør, januar 2005. (Foto: Ole Brosbøl)

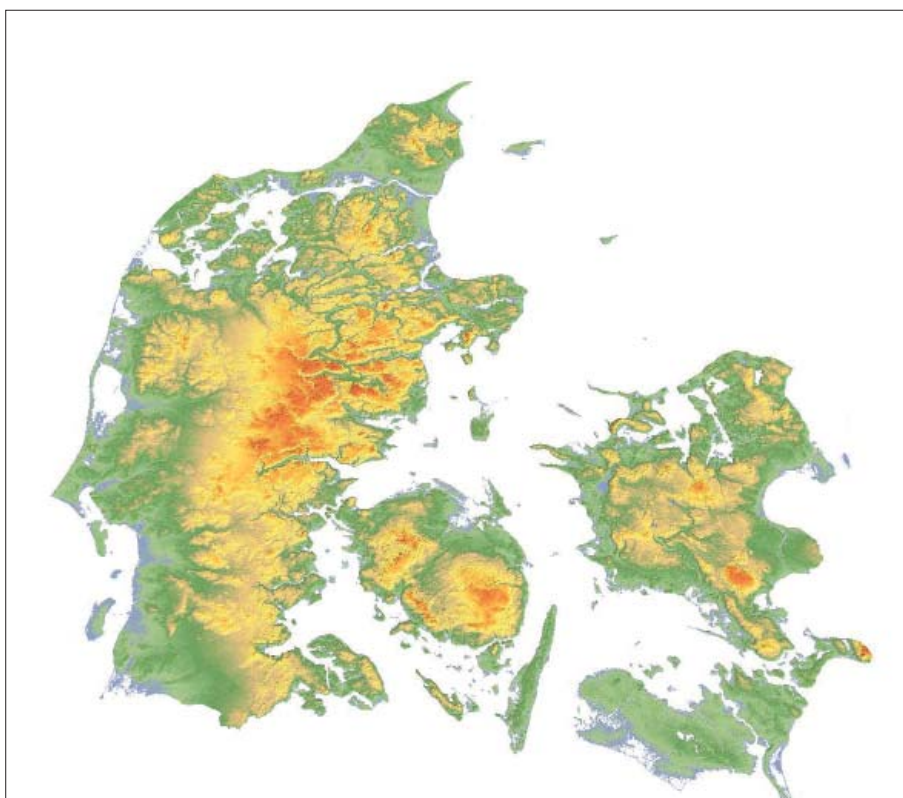
relle ændringer vil være med til at definere behov og omfang for vedligeholdelse.

Til produktionen af DDO@land (landsdækkende ortofoto) anvendes COWI's landsdækkende laserskannede højdemodel, og som bekendt vil fejl/ændringer af højdeforhold i forhold til højdemodellen være synlige i et ortofoto i denne opløsning. Det vil derfor være naturligt løbende at ajourføre højdemodellen i forbindelse med nyfremstilling af DDO@land. Endvidere vil indarbejdelse af brudlinier, som bruges til ortofotoproduktion i højdemodellen, være med til at styrke/forbedre kvaliteten.

Teknikken, der benyttes, er i rivende

udvikling, hvilket er medvirkende til, at det økonomisk er en attraktiv datafangstmetode, og det er på ingen måde utænkeligt, at skanning af hele landet vil blive udført med jævne mellemrum inden for en overskuelig fremtid, eksempelvis sammen med fremstilling af DDO@land eller andre større fladedækkende ortofotos.

I forbindelse med ajourføringerne af COWI's landsdækkende højdemodel vil tilknyttede metadata løbende blive udbygget. I første omgang klassificeres alle laserskanningsdata i typer og tid. Specielt højdedata, der kan være vanskelige at overskue visuelt, er afhængige af metadata.



Danmarkskortet er lavet på baggrund af den højdemodel, som COWI har produceret)