



KRIGSSKOLEN

KS-ING

HOVEDOPPGAVERAPPORT FOR BACHELORGRAD I  
INGENIØRFAG MED FORDYPNING I MILITÆR GEOGRAFI

BRUK AV LIDAR I HÆREN

**Even Ingjær**

**Fredrik Roverud Narum**

Kull Aubert  
2009-2012

11.05.2012

Hovedveileder: Lt. Ragnar Øien



## FORORD

Hovedoppgaven er det avsluttende prosjektet ved ingeniørutdanningen på Krigsskolen. Studiehåndboken for ingeniørutdanningen beskriver målet for hovedoppgaven slik:

*"Kadettene skal vise at de har tilstrekkelig kompetanse til å løse større komplekse prosjekter og mindre konkrete problemstillinger. Emnet skal videreutvikle kadettenes kompetanse innenfor rammen av fagplanen og sikre at kadettene når rammeplanens mål for ingeniørutdanning (...)"*<sup>1</sup>

Gruppen fattet interesse for emnet etter at Høgskolelektor Halvard Bjerke presenterte sin masteroppgave<sup>2</sup> om laserskanning og ajourhold av arealressurskart sommeren 2011. Da *LiDAR* ble ført opp på Krigsskolens liste over forslag til hovedoppgaver, falt valget på dette emnet. Valget ble vurdert ut fra egen interesse, relevans opp mot utdanningen og hva gruppen anså som verdifullt for Hæren.

Hensikten med oppgaven er å undersøke hvordan egenskapene i et *laserdatasett* kan benyttes for å hente ut ulik informasjon om terrenget, og å sammenligne høydemodeller basert på laserdata opp mot høydemodeller som er tilgjengelige i dag. Gruppen håper å øke kompetansen og interessen for laserskanning i MilGeo-miljøet.

Gruppen ønsker å takke Halvard Bjerke og Ragnar Øien ved Krigsskolen for god veiledning i arbeidet med oppgaven. Gruppen retter også en stor takk til Dagrun Aarsten og TerraTec AS for viktig støtte og veiledning.

---

Even Ingjær

---

Fredrik Roverud Narum

---

<sup>1</sup> Krigsskolen, *Studiehåndbok Krigsskolen Ingeniør 2011-2012*, (Oslo, 2011), side 63.

<sup>2</sup> Halvard Bjerke, *Bruk av laserdata ved ajourhold av arealressurskartet AR5*, (Ås: UMB, 2011)



## SAMMENDRAG

Militær Geografi (MilGeo) utfører et vidt spekter av analyser om terrenget, og en stor del av disse analysene baseres på digitale høydemodeller. Dagens modeller fungerer godt til å gi et overordnet bilde av terrenget, men oppløsningen blir for grov til å kunne gi realistiske resultater. Resultatene fra GIS-analyser vil aldri være bedre enn grunnlagsdataene de baseres på, og det vil derfor være fordelaktig med mer virkelighetsnære høydemodeller med bedre oppløsning.

LiDAR (Light Detecting and Ranging) er en fjernmålingsteknikk som kan brukes for å kartlegge terrenget, hvor det sendes ut lyspulser for å samle inn detaljerte data. Informasjonen lagres i et laserdatasett og er svært innholdsrik.

Det er i dag lite kompetanse om LiDAR i MilGeo-miljøet i Hæren. Som et resultat av dette ble oppgaven utarbeidet i den hensikt å øke kompetansen innenfor emnet blant MilGeo-personell.

Opgaven har undersøkt følgende:

- Hvordan kan informasjonen i et laserdatasett benyttes til fordel for Hæren?
- Kan laserdata benyttes for å lage høydemodeller som vil gi et mer virkelighetsnært resultat i GIS-analyser?

Opgaven består av fire deler:

Første del er en introduksjon til LiDAR hvor det presenteres hvilke komponenter teknologien består av og prinsippene med laserskanning blir beskrevet.

Andre del forklarer forskjellen mellom ulike høydemodeller, hvordan disse er bygd opp, samt hvordan høydeinformasjon kan hentes ut fra laserdata.

Den tredje delen presenterer egenskapene til et laserdatasett og hvordan disse kan brukes for å hente ut ulik informasjon. Det blir også presentert et utvalg produkter som illustrerer mulige bruksområder hvor laserdata kan bidra til å gi et bedre beslutningsgrunnlag.

I den siste delen undersøkes det om høydemodeller basert på laserdata vil kunne forbedre resultatet fra GIS-analyser. Det blir utført siktanalyser hvor resultatene blir satt opp mot hverandre og vurdert ut fra hvor godt de stemmer med virkeligheten.

Opgaven konkluderer med at laserskanning vil gi mer detaljerte høydemodeller og bidra til forbedrede analyseresultater. I tillegg vil det med laserdata være mulig å produsere et bredere spekter av produkter som vil kunne gi et bedre beslutningsgrunnlag.



## INNHALDSFORTEGNELSE

Forord.....	iii
Sammendrag.....	iv
Innholdsfortegnelse .....	v
Tabelliste.....	vii
Figurliste .....	viii
Ordliste .....	x
1. Innledning.....	1
1.1. Faglig standpunkt .....	1
1.2. Tidligere arbeid .....	2
1.3. Forutsetninger og avgrensninger .....	2
1.4. Oppgavens oppbygning.....	3
1.5. Prosjekt mål .....	4
1.6. Problemstilling .....	4
2. Metode.....	5
2.1. Valg av metode.....	5
2.2. Forskningsprosessen .....	5
2.3. Metodekritikk.....	7
3. Hoveddel .....	8
3.1. Introduksjon til LiDAR.....	8
3.1.1. Historie .....	8
3.1.2. LiDARs sammensetting .....	9
3.1.3. Hvordan en skanning blir utført.....	10
3.1.4. Korrigering av posisjon.....	12
3.1.5. Terminologi.....	14



3.2.	Grunnlagsdata .....	16
3.2.1.	Digital høydemodell.....	16
3.2.2.	LAS-filer .....	18
3.2.3.	Hvordan behandle LAS-filer .....	19
3.3.	Hvordan benytte et laserdatasett .....	21
3.3.1.	Laserdatasettets oppbygging.....	21
3.3.2.	Laserdatasettets egenskaper .....	22
3.3.3.	Produkter .....	26
3.4.	Siktanalyse.....	32
3.4.1.	Tidligere arbeid innen siktanalyser .....	32
3.4.2.	Fremgangsmåte .....	33
3.4.3.	Resultater .....	35
3.4.4.	Oppsummering.....	43
4.	Drøfting og konklusjon .....	44
4.1.	Drøfting .....	44
4.2.	Konklusjon.....	46
5.	Litteraturliste .....	47
6.	Vedleggsliste.....	49

**TABELLISTE**

Tabell 1: Sammenligning av basestasjoner og PPP .....	13
Tabell 2: Sammenligning av laser-, raster- og vektordata.....	21
Tabell 3: Reflektansverdier .....	23



## FIGURLISTE

Figur 1: Terreng fremstilt fra laserdata .....	8
Figur 2: Illustrasjon av et Lasersystem (Kilde: TerraTec).....	10
Figur 3: Skanningmønster ved en flyvning.....	10
Figur 4: Oppbrytning av lyspuls (Kilde: TerraTec) .....	11
Figur 5: Høydemodell med høydekoter .....	16
Figur 6: Eksempel på punktfordeling.....	17
Figur 7: 10 meters DTM (t.v.) og 1 meters DTM (t.h.).....	18
Figur 8: Resultat av verktøyet "Point File Information" .....	19
Figur 9: Intensitetsbilde over Rena leir.....	23
Figur 10: Punktsky visualisert etter ekkoinformasjon (Kilde: TerraTec) .....	24
Figur 11: Klassifisering av bakkepunkter ved bruk av geometri (Kilde: TerraTec).....	25
Figur 12: Klassifisering fra ekkoinformasjon (Kilde: TerraTec).....	25
Figur 13: Overflatemodell sammenlignet med terrengmodell.....	26
Figur 14: DOM (t.v.) og DTM (t.h.) .....	26
Figur 15: Vektordata og "andre retur"-punkter (t.v.) satt opp mot ortofoto (t.h.).....	27
Figur 16: Ortofoto over veg (Kilde: TerraTec) .....	28
Figur 17: Fremstilling av terrengstruktur (Kilde: TerraTec) .....	28
Figur 18: Overflatemodell drapert med ortofoto.....	29
Figur 19: Gjenkjenning av trær (Kilde: FOI).....	30
Figur 20: Bygninger modellert i 3D (Kilde: FOI) .....	31
Figur 21: Klassifiserte objekter settes sammen til en tredimensjonal modell (Kilde: FOI) ...	31
Figur 22: Utsiktspunkter i rena leir .....	33
Figur 23: Sikt fra taket på Treningscenter Ingeniør.....	35
Figur 24: Analyse med 10 meters DTM.....	35
Figur 25: Analyse med 10 meters DTM med bygg.....	36

Figur 26: Analyse med 1 meters DTM.....	37
Figur 27: Analyse med 1 meters DOM .....	38
Figur 28: Sikt fra sandvollen.....	39
Figur 29: Analyse med 10 meters DTM.....	39
Figur 30: Analyse med 10 meters DTM med bygg.....	40
Figur 31: Analyse med 1 meters DTM.....	41
Figur 32: Analyse med 1 meters DOM .....	42



## ORDLISTE

Forkortelse	Forklaring
ASCII XYZ	American Standard Code for Information Interchange X Y Z, Tekstformat med x-, y- og z-verdier
DOM	Digital overflatemodell, høydemodell som inkluderer infrastruktur og vegetasjon
DTED2	Digital Terrain Elevation Data – nivå 2, høydemodell med cellestørrelse på 30 meter
DTM	Digital terrengmodell, høydemodell som kun inneholder bakkehøyde
FKB	Felles kartdatabase, inneholder de mest detaljerte og nøyaktige kartdataene over Norge
GIS	Geografiske informasjonssystemer
GNSS	Global Navigation Satellite System, fellesbetegnelse for satellittnavigasjon
GPS	Global Positioning System, den amerikanske utgaven av GNSS
INS	Inertial Navigation System, treghetsnavigasjon
LAS	Filformatet til et laserdatasett
LiDAR	Light Detecting and Ranging, fjernmålingsteknikk som benytter utsendt lys, omtales også som laserskanning
PPP	Precise Point Positioning, system for å korrigere posisjon
RADAR	Radio Detection and Ranging, fjernmålingsteknikk som benytter utsendte radiobølger
RGB	Røde, grønne og blå farger, fargeverdier satt sammen for gi et bredt fargespekter

Begrep	Forklaring
ArcToolbox	Verktøykassen i ArcGIS, inneholder prosesseringsverktøy og analysefunksjoner
Datasett	Samling av samme type data
Georeferering	Stedfesting av informasjon
Grunnlagsdata	Digitalgeografisk informasjon som benyttes i analyser
Kartverket	Ansvarlig for kart og geografiske data over Norge
Laserdatasett	Betegnelse på informasjonen som blir lagret etter en skanning, omtales også som LAS-fil
N50 kartdata	Vektordata til bruk i målestokk 1:25 000 til 1:100 000
Norge digitalt	Samarbeid mellom parter som fremskaffer geografisk informasjon i Norge
Ortofoto	Georeferert fotografi tatt fra fly eller satellitt
Piksel	En cell, med en verdi. Del av et raster
Punktsky	Punktene fra et laserdatasett fremstilt i et tredimensjonalt koordinatsystem
Raster	Rutenett med piksler, utgjør et sammenhengende bilde
Terrain datasett	Høydemodell basert på høydeverdien i vektordata
Topografisk kartlegging	Kartlegging av terrengforhold som høydeverdi, vegetasjon, vann etc.
Vektordata	Punkt, linje og polygontemaer med definerte grenser

## 1. INNLEDNING

MilGeo er en viktig ressurs i Hæren. Spesielt som beslutningsstøtteverktøy i plan og beslutningsprosessen spiller MilGeo en viktig rolle. Etter flere år med støtte i inn- og utenlandsoperasjoner ser flere av Hærens avdelinger styrken med denne kapasiteten. For å støtte avdelingene gjennomfører MilGeo-operatører en rekke GIS-analyser og vurderinger av terrenget. En stor del av analysene er basert på høydedata. Grunnlagsdataene som benyttes i dag fungerer godt til å gi et generelt inntrykk av terrenget eller gjøre analyser hvor det ikke stilles krav til høy nøyaktighet. På et taktisk og stridsteknisk nivå kan dataene bli for grove og lite detaljerte. For å kunne gi den beste støtten vil bedre oppløsning på grunnlagsdataene kunne bidra til mer realistiske analyseresultater.

Forberedelsene til hovedprosjektet ble innledet ved et forprosjekt<sup>3</sup>. Her forhørte gruppen seg med Forsvarets Militærgeografiske Tjeneste (FMGT), Krigsskolen og Blom Geomatics ASA (Blom) om hvordan laserskanning kunne benyttes i Hæren. I disse møtene ble det undersøkt hva slags arbeid som var blitt gjort i Forsvaret tidligere, og Blom presenterte hvilke produkter de i dag leverer til det sivile marked. Ut fra forprosjektet ble det konkludert med at det var utført lite arbeid med LiDAR i MilGeo-miljøet.

### 1.1. Faglig standpunkt

Gruppemedlemmene hadde lite kjennskap til LiDAR og laserskanning før prosjektperioden startet. Laserskanning er et teknisk fagfelt i rask utvikling, og det finnes derfor lite offisielt utgitt faglitteratur. På grunn av dette har en stor del av arbeidet gått med til studier av artikler og tidligere oppgaver, i tillegg til å vurdere og kvalitetssikre informasjonen. For å arbeide med laserdata har det også vært nødvendig å anvende kjent programvare på nye måter.

---

<sup>3</sup> *Bruk av LiDAR i Hæren*, (Oslo 2011), Vedlegg A



## 1.2. Tidligere arbeid

### Norge

Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) har gjennomført flere forsøk der bruken av laserdata har blitt undersøkt i militær sammenheng. På grunn av at mye av arbeidet er gradert over begrenset, er dette avgrenset hvor mye informasjon gruppen har fått innsyn i. Av oppgavene gruppen har fått tilgang til er følgende interessante for oppgaven:

- Skille ut støypunkter og detektere militære kjøretøy<sup>4</sup>
- Detektere og visualisere et kjøretøy bak et kamuflasjenett<sup>5</sup>
- Detektere vegetasjon og benytte informasjonen til å gi bedre høydeestimering<sup>6</sup>

### Sverige

Totalforsvarets forskningsinstitutt (FOI) og Universitetet i Linköping har publisert en rekke artikler og oppgaver omkring laserdata. Noen områder som har blitt undersøkt er:

- Modellere bygninger og terreng tredimensjonalt<sup>7</sup>
- Detektere og gjenkjenne objekter på bakken<sup>8</sup>
- Hvordan laserdata kan benyttes til rask og effektiv oppdragsplanlegging og trening<sup>9</sup>

## 1.3. Forutsetninger og avgrensninger

### Leser

Denne oppgaven er tiltenkt en leser med kompetansenivå tilsvarende ingeniørutdanning fra Krigsskolen med fordypning militær geografi. Oppgaven er bygd opp i den hensikt å gi leseren tilstrekkelig kunnskap om hva laserskanning er, og gi en forståelse for hvilke muligheter denne teknologien innebærer.

---

<sup>4</sup> Hans-Christian Palm, Trym Vegard Haavardsholm, Halvor Ajer, *Detection of military objects in LADAR images*, (FFI, 2007)

<sup>5</sup> Hans-Christian Palm, *Innledende prosessering: Camo first / Camo Last*, (FFI, 2007)

<sup>6</sup> Hans-Christian Palm, *Detection of vehicle-sized objects in LADAR-images in scenes with large objects or clutter using local operator*, (FFI, 2008)

<sup>7</sup> Ulf Söderman, Simon Ahlberg, Åsa Persson, Magnus Elmqvist, *Towards rapid 3D modelling of urban areas*, (FOI, 2004)

<sup>8</sup> Christina Grönwall, *Ground Object Recognition using Laser Radar Data*, (Linköping universitetet, 2006)

<sup>9</sup> Simon Ahlberg, Ulf Söderman, Åsa Persson, Magnus Elmqvist, *High-resolution Environment Models to Support Rapid and Efficient Mission Planning and Training*, (FOI, 2004)



### **Omfang og avgrensning**

Fordi det er lite kunnskap om laserskanning i MilGeo-miljøet i Hæren, tar denne oppgaven for seg prinsippene med teknologien. Det er derfor fokusert på teknologiens helhet, og ikke vinklet inn på en spesiell egenskap eller ett produkt.

Opgaven fokuserer på bruk av laserdata i Hæren og landbaserte analyser. For å avgrense oppgavens omfang er resten av Forsvaret utelatt.

Gruppen er kjent med at det finnes andre fjernmålingsmetoder for å utføre *topografisk kartlegging*, men har ikke vurdert disse i oppgaven.

Vurderingene som har blitt gjort i denne oppgaven er diskutert internt i gruppen, og opp mot veiledere med kompetanse innenfor MilGeo og laserskanning.

Opgaven vurderer ikke de økonomiske aspektene ved å ta i bruk LiDAR. Kostnader omkring utvikling, skanning, prosessering og vedlikehold er det ikke fokusert på.

Gruppen kjenner til at USA har utført laserskanning av områder i Afghanistan. For å begrense omfanget har ikke dette blitt vurdert i oppgaven.

## **1.4. Oppgavens oppbygning**

### *- Kapittel 3.1 – Introduksjon til LiDAR*

Opgaven innledes med en introduksjon til LiDAR. Kapitlet tar for seg historien, komponentene og innhentingsprosessen, og terminologien for resten av oppgaven defineres.

### *- Kapittel 3.2 - Grunnlagsdata*

Dette kapitlet tar for seg forskjellig høydedata, og beskriver hvordan laserdata kan behandles i tilgjengelig programvare.

### *- Kapittel 3.3 – Hvordan benytte et laserdatasett*

Kapitlet tar for seg hvordan egenskapene i et laserdatasett kan benyttes. Det beskrives hvordan det er mulig å benytte slik informasjon, og hvordan dette kan gi forbedret beslutningsgrunnlag.

### *- Kapittel 3.4 – Siktanalyse*

Her presenteres flere siktanalyser gjennomført i Rena leir. Analysene sammenlikner resultatet fra de forskjellige høydedataene, og setter dette opp mot reel sikt.



## 1.5. Prosjektmål

Prosjektmålene er satt opp i den hensikt å utdype hvorfor oppgaven har blitt utformet slik den er. På bakgrunn av målene har gruppen utviklet problemstillingen i kapittel 1.6.

- **Læringsmål**  
Gruppen ønsket å øke sin kompetanse innen laserskanning og forstå hvordan egenskapene i laserdatasettet kan bli benyttet. Det var også et mål å undersøke om laserdata kan behandles i programvaren som MilGeo-miljøet benytter.
- **Resultatmål**  
Som et resultatmål ønsket gruppen å øke kompetanse og interesse for laserdata innenfor MilGeo-miljøet. Oppgaven skal kunne brukes som et pedagogisk verktøy for en leser som ikke har kjennskap til laserskanning fra før.
- **Effektmål**  
På lang sikt ønsker gruppen å stimulere til videre arbeid og undersøkelser omkring laserskanning, og at det vurderes om laserdata skal tas i bruk av Hæren i fremtiden.

## 1.6. Problemstilling

Som en kombinasjon av prosjektmålene og ut ifra tilegnet kunnskap under prosjektperioden satte gruppen opp følgende hypotese:

*"Høydemodeller som er basert på laserdata er mer detaljert og har høyere oppløsning enn tradisjonelle høydemodeller, og vil bidra til forbedret nøyaktighet og mer realistiske analyser enn det som er mulig i dag."*

Ut ifra denne hypotesen er følgende problemstilling utarbeidet:

*"Hvordan kan Hæren utnytte de egenskapene som ligger i et laserdatasett, og kan informasjonen i et laserdatasett benyttes til å gjøre resultatet fra GIS-analyser mer virkelighetsnære?"*

## 2. METODE

### 2.1. Valg av metode

Denne oppgaven har blitt utarbeidet ved bruk av en kvalitativ metode. Boken *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*<sup>10</sup> beskriver metoden slik:

*"Kvalitativ metode er særlig hensiktsmessig hvis vi skal undersøke fenomener som vi ikke kjenner særlig godt, og som det er forsket lite på, og når vi undersøker fenomener vi ønsker å forstå mer grundig."*<sup>11</sup>

Informasjonsinnsamlingen har blitt utført ved dokumentstudier og i samarbeid med TerraTec AS (TerraTec). Under prosjektperioden har gruppen også vært i dialog med veiledere på Krigsskolen med kompetanse innenfor henholdsvis MilGeo og laserdata.

Fordi det er lite offisielt utgitt faglitteratur har det vært avgjørende å benytte snøballmetoden<sup>12</sup>. Denne metoden er vanlig å bruke ved deltakende observasjon, hvor man i samhandling med informantene får tips om andre personer som kan ha nyttig kompetanse innenfor emnet som skal undersøkes.

### 2.2. Forskningsprosessen

Arbeidet med oppgaven har foregått slik det blir beskrevet i *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Denne forskningsprosessen er delt opp i 4 trinn:

- Forberedelse
- Datainnsamling
- Dataanalyse
- Rapportering

#### **Forberedelse**

Forberedelsene til oppgaven ble startet ved at det ble gjennomført et forprosjekt. Gjennom dette prosjektet ble det utført samtaler med Blom, FMGT og MilGeo-personell på Krigsskolen. Blom opplyste om mulighetene med laserskanning og informerte om hva deres virksomhet leverte til det sivile markedet i dag. I samtalene med FMGT og veiledere ble det diskutert hvordan Hæren kunne dra nytte

---

<sup>10</sup> Asbjørn Johannessen, Per Arne Tufte og Line Christoffersen, *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, (Abstrakt forlag AS, 2010)

<sup>11</sup> Johannessen et al., *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, (Abstrakt forlag AS, 2010), side 32.

<sup>12</sup> Johannessen et al., *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, (Abstrakt forlag AS, 2010), side 109.



av denne kartleggingsteknikken. Det ble også undersøkt hva slags arbeid som var gjort innenfor fagfeltet, både i sivil og militær sammenheng.

I forberedelsesfasen besluttet det besluttet at problemstillingen skulle besvares i to deler; Den første delen skulle fokusere på hvordan egenskapene til et laserdatasett kan benyttes. Den andre delen bestod i å gjennomføre en analyse der forskjellige høydemodeller ble satt opp mot hverandre. For å gi leseren tilstrekkelig kompetanse for å forstå oppgaven ble det utarbeidet ett kapittel som beskriver hvordan laserskanning foregår, og ett som omhandler høydedata generelt.

### **Datainnsamling**

Etter forprosjektet tok gruppen forbindelse med TerraTec, ettersom Blom ikke hadde mulighet for å støtte opp under utarbeidelsen av oppgaven. Datainnsamlingen ble gjennomført ved studier av artikler og tidligere oppgaver, samt ved støtte og kvalitetssikring fra TerraTec. Gruppen forhørte seg også med FFI om hvilket arbeid de hadde utført innenfor emnet.

Innsamlingen ble gjennomført hovedsakelig ved bruk av en induktiv metode, med innslag av en deduktiv tilnærming<sup>13</sup>. Den induktive metoden går ut på at gruppemedlemmene ikke hadde forventninger i forkant, og informasjonsinnsamlingen foregikk søkende. "Målet er at ikke noe skal begrense hvilken informasjon den enkelte forsker samler inn"<sup>14</sup>. Den deduktive tilnærmingen baseres på at gruppen har fått veiledning fra TerraTec, for å vurdere hvordan laserdata kan anvendes. Dette har foregått ved at TerraTec har forklart hvordan de behandler laserdata og henter ut informasjon fra et laserdatasett, og videre har dette blitt vurdert opp mot en anvendelse i Hæren.

### **Dataanalyse**

Dataanalysen ble gjennomført som en parallell prosess ved siden av datainnsamlingen og foregikk i to deler; teoridel og praktisk siktanalyse. Teoridelen ble utarbeidet etter hvert som gruppen tilegnet seg kunnskap. Analysen ble utført som en selvstendig del, der dokumenteringen har blitt gjort i et eget kapittel.

### **Rapportering**

Resultatene fra siktanalysen og teoridelen har blitt dokumentert gjennom denne oppgaven. Underveis i rapporteringen har informasjonen blitt kvalitetssikret internt i gruppen, og ved hjelp fra veiledere fra Krigsskolen og TerraTec.

---

<sup>13</sup> Dag Ingvar Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*, (Høyskoleforlaget, 2010), side 28.

<sup>14</sup> Dag Ingvar Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*, (Høyskoleforlaget, 2010), side 29.

### 2.3. Metodekritikk

Gjennom en kvalitativ metode gå en dypere inn på enkelte områder. Bruk av snøballmetoden kan ha ført til at noe av informasjonen har uteblitt ettersom gruppen kan ha gått glipp av informanter. En utfordring med metoden er også at det på forhånd ikke er kjent hva slags informasjon en ender opp med. Fordi gruppen blir tipset om andre informanter igjennom den aktuelle informants kontaktnettverk kan gruppen bli låst til å se en side av saken.

Opgaven har blitt utarbeidet fra gruppemedlemmenes kompetansenivå og det som har blitt tilegnet av kunnskap under prosjektperioden. Informasjonsinnsamlingen og gruppemedlemmenes forutinntatte meninger kan derfor ha preget oppgavens utforming. Informasjonen om mulige produkter som Hæren kan dra nytte av kan være preget av deres personlige synspunkter og oppfatninger. Denne type data kan omtales som "myke" data<sup>15</sup> og må dermed tolkes og settes opp mot andre informanter for å kvalitetssikres.

Ved at gruppen har fått veiledning fra et kommersielt firma er det en mulighet for at informanten kan ha solgt sine produkter. For å sikre seg mot dette har gruppen vurdert informasjonen opp mot andre kilder før den ble bruk i oppgaven.

Ettersom gruppen ikke har vært i kontakt med andre nasjoner om deres bruk av LiDAR, er det en fare for at informasjon har uteblitt. Etter samtaler med FFI, FMGT og to sivile firmaer vurderes det likevel at oppgaven har fått med det essensielle.

Deler av rapportene FFI har utgitt er gradert høyere enn begrenset. Dette kan ha påvirket hvilken informasjon gruppen har fått tilgang til. Ettersom disse rapportene vurderer mer avansert bruk av laserdata anses ikke dette til å ha påvirket oppgaven.

---

<sup>15</sup> Olav Dalland, *Metode og oppgaveskriving for studenter*, (Gyldendal Akademisk, 2001), side 73



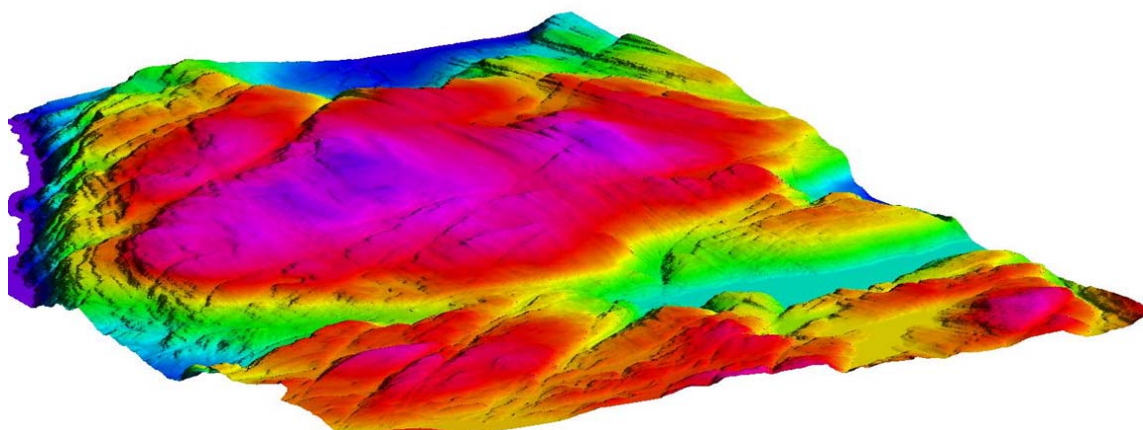
## 3. HOVEDDEL

### 3.1. Introduksjon til LiDAR

#### 3.1.1. Historie

I 1904 ble det tatt patent på den første utgaven av *RADAR* (Radio Detection And Ranging). Denne teknologien fungerer ved at radiobølger blir sendt ut, og når disse treffer et metallobjekt blir bølgen reflektert tilbake til sensoren. Ved å beregne tiden det tar fra radiobølgen blir sendt ut til den returnerer, samt at radiobølgens hastighet er kjent, kan avstanden til objektet beregnes. De første apparatene ble brukt på sjøen til å oppdage skip for å unngå kollisjoner.

LiDAR fungerer på samme måte som RADAR, forskjellen er at LiDAR sender ut lyspulser i stedet for radiobølger. De første LiDAR-apparatene ble brukt til å studere partikler i atmosfæren og i forbindelse med meteorologiske undersøkelser. Denne formen for skanning var relativt enkel ettersom laseren stod stille på bakken. Det var først i 1980-årene med utviklingen av satellittnavigasjon at laserskanning til topografiske formål ble gjort mulig. Det ble mulig å fastsette plattformens posisjon når den gjennomfører en skanning, noe som gjorde det mulig å stedfeste punktene på bakken. Når dette ble kombinert med treghtsnavigasjon ble plattformens orientering i luften kjent, noe som bidro til svært høy nøyaktighet på skanningene.<sup>16</sup>



FIGUR 1: TERRENG FREMSTILT FRA LASERDATA

---

<sup>16</sup> Bluesky World, *A brief history of LiDAR*, <http://www.lidar-uk.com/a-brief-history-of-lidar/> (nedlastet 27. januar 2012)

### 3.1.2. LiDARs sammensetting

LiDAR er en fjernmålingsteknikk som benytter utsendt lys til å finne informasjon og posisjon om objekter. For å kunne gjennomføre en skanning trengs det fire komponenter; plattform, *GNSS*, *INS* og et lasersystem.

#### **Plattform**

En plattform er den stasjonen laseren er festet på. For topografisk kartlegging er det primært fly og helikopter som blir benyttet.

#### **GNSS**

Global Navigation Satellite System (GNSS) er et posisjoneringssystem som benytter satellitter til å bestemme plattformens posisjon. Den vanligste utgaven av systemet er amerikanske *GPS* (Global Positioning System).

#### **INS**

En annen viktig komponent er treghetsnavigasjon, såkalt Inertial Navigation System (INS). Denne enheten registrerer plattformens orientering kontinuerlig når plattformen foretar skanning. Treghetsnavigasjonen er viktig for å kjenne retning og orientering til plattformen når lyspulsene blir sendt ut.

#### **Lasersystem**

Lasersystemet er selve hjernen i skanningsprosessen. Den består av fem elementer<sup>17</sup>; laser, detektor, skannermekanisme, signalbehandlingsenhet for å behandle de returnerte pulsene og databehandlingsenhet for å prosessere de innsamlede dataene når de blir mottatt. Lasersystemet fungerer som en aktiv sensor, det vil si at systemet selv belyser terrenget og ikke er avhengig av sollys eller andre belysningskilder. Dette gjør det mulig å utføre skanning uavhengig av solvinkel eller tid på døgnet.

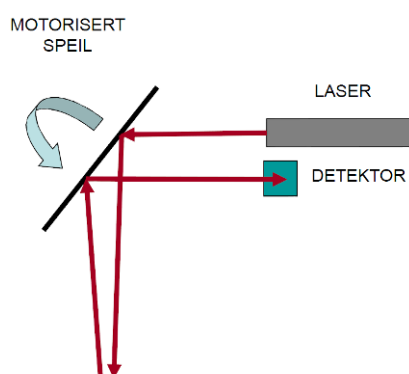
---

<sup>17</sup> Teton Conservation District, *What is LiDAR?*, <http://www.tetonconservation.org/index.cfm?id=what-is-LiDAR> (nedlastet 30. januar)

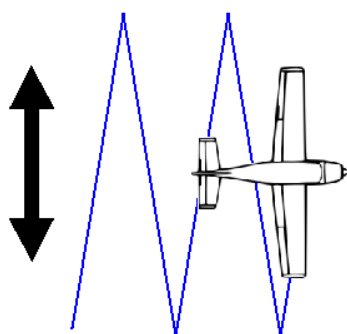


### 3.1.3. Hvordan en skanning blir utført

Under en skanning vil plattformen fly over et område samtidig som lasereren sender ut lypulser. Det finnes forskjellig type lasere med ulik skannemønster, frekvens og intensitet, men i denne oppgaven presenteres kun en variant<sup>18</sup>. På figur 2 er det illustrert hvordan lasersystemet fungerer. Laseren sender ut korte lypulser med høy intensitet, opptil 150 000 pulser per sekund. Disse lypulsene treffer et motorisert speil som svinger fra side til side. Dette speilet sørger for å spre lypulsene gjennom en sveipende bevegelse slik at de dekker et bredere område. Under en skanning svinger speilet opptil 90 ganger per sekund. Dette gjør at lypulsene blir fordelt i et sikksakk mønster slik figur 3 illustrerer.



FIGUR 2: ILLUSTRASJON AV ET LASERSYSTEM (KILDE: TERRATEC)



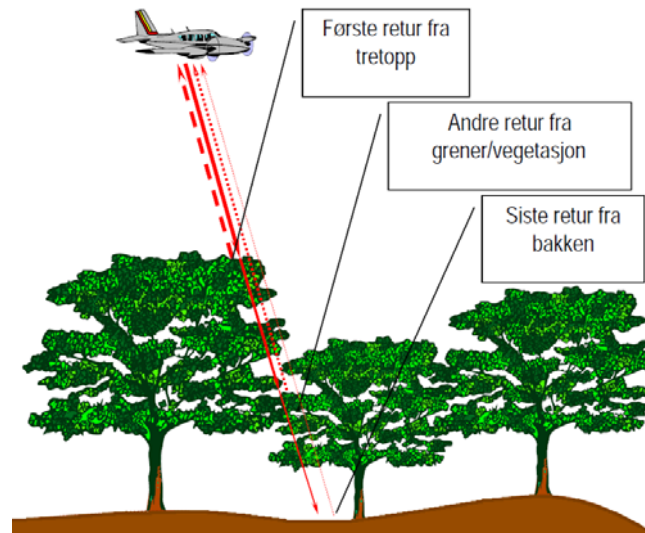
FIGUR 3: SKANNINGMØNSTER VED EN FLYVNING

Lypulsen som blir sendt ut fordeler seg over et areal, også kalt laserens fotavtrykk. Når en lommelykt lyser på en bordkant vil noe av lyset treffe bordet, mens resten vil treffe gulvet. På den måten blir lyset fra lommelykten brutt opp. Det samme vil skje med en lypuls under en skanning. På figur 4 er det illustrert et eksempel på hvordan dette skjer i praksis. Etter at lypulsen har blitt sendt ut fra plattformen, treffer deler av fotavtrykket en tretopp. Denne delen blir reflektert tilbake, samtidig som

<sup>18</sup> Leica, *Leica ALS50-II Brochure*, [http://www.geodis.cz/uploads/dokumenty/laserove\\_skenovani/070501\\_ALS50\\_II\\_Brochure\\_e.pdf](http://www.geodis.cz/uploads/dokumenty/laserove_skenovani/070501_ALS50_II_Brochure_e.pdf) (nedlastet 13. april 2012)



resten av pulsen fortsetter videre. Noe vil så treffe grener og annen vegetasjon, mens den gjenværende delen av lyspulsene når helt til bakken før den blir reflektert tilbake.



FIGUR 4: OPPBRYTNING AV LYS PULS (KILDE: TERRATEC)

Pulsene som reflekteres tilbake til plattformen blir registrert av detektoren. Dette blir kalt en *pulsretur*. Etter hvert som pulsene returnerer beregner systemet tidsforskjellen fra de ble sendt ut til de kommer tilbake. Fordi lysets hastighet er kjent, kan avstanden fra plattformen til bakken beregnes. Detektoren i lasersystemet registrerer også hvor mange returer hver puls har blitt brutt opp i, samt intensiteten til disse.

Samtidig som dette foregår blir plattformens posisjon logget. INS-enheten beregner plattformens orientering i luften, og registrerer eventuelle forandringer.

Posisjonsinformasjonen som plattformen mottar er ikke helt nøyaktig og må derfor korrigeres. Denne feilen oppstår på grunn av satellittenes orientering og atmosfæriske forhold som påvirker signalene på vei til plattformen. Det finnes to metoder som korrigerer for dette; bruk av basestasjoner og PPP-system. Dette beskrives i kapittel 3.1.4.

Etter at posisjonen er korrigert er plattformens posisjon og orientering kjent. Ved å sammenfatte denne informasjonen, er det mulig å georeferere punktene på bakken med korrekte x-, y- og z-koordinater.

Resultatet fra en skanning vil være en *punktsky* hvor alle de returnerte pulsene fremstilles i et tredimensjonalt koordinatsystem. Denne punktskyen omtales som et laserdatasett og lagres som en LAS-fil.



### 3.1.4. Korrigering av posisjon

#### *Basestasjoner*

Basestasjoner var den første korrigeringsmetoden som ble benyttet i forbindelse med skanning fra luftbåren plattform. En basestasjon blir plassert over et kjentpunkt på bakken, og før flygning kalibreres GNSS-komponentet til plattformen opp mot basestasjonen. Fordelene ved å bruke basestasjoner er at posisjonen blir korrigert umiddelbart, selv om det ved vanlig, kommersiell skanning normalt blir utført etterposisjonering. Det vil si at korrigeringsdataene legges inn etter at skanningen er fullført. Når kalibreringen er gjort begynner basestasjonene å korrigere, og plattformen kan registrere korrekt posisjon allerede fra takeoff.

Fordi plattformen må ha direkte forbindelse med basestasjonen, setter dette begrensninger på hvor langt unna plattformen kan operere. Det stilles også krav til området basestasjonene blir plassert i; Ved store, åpne områder er den anbefalt maksimumsavstand til basestasjonene 50 kilometer, men ved tett vegetasjon og bratt terreng reduseres denne avstanden til 20 kilometer.<sup>19</sup>

#### *Precise point positioning (PPP)*

Dette er en relativt ny teknologi som innebærer at det kun blir benyttet en GNSS-mottaker i lasersystemet.

PPP-teknologien<sup>20</sup> korrigerer for feilkilder som oppstår mellom satellitten og plattformen. Disse feilkildene kan være alt fra satellittens orientering til atmosfæriske forhold som påvirker signalene på vei mot jorden. Denne korrigeringen er mulig ettersom all informasjon om satellittenes bane- og klokke-data er kjent. Informasjonen kan hentes gratis fra internett påfølgende dag, eller mottas i sanntid ved kjøp av kommersielle tilleggstjenester.

PPP er et fleksibelt system ettersom det ikke er behov for basestasjonene for posisjonskorrigering. Dette gjør det mulig å skanne områder uten å klargjøre en basestasjon først.

Ulempene med PPP er at det kreves en viss flytid for å oppnå tilfredsstillende nøyaktighet. Dette betyr at plattformen må være i luften uten å skanne for at GNSS-komponentet skal klare å hente inn korrekt posisjon fra satellittene. Dette gjør små skanneoppdrag mer tidkrevende og dermed dyrere.

---

<sup>19</sup> ASPRS, *ASPRS LIDAR GUIDELINES: Horizontal Accuracy Reporting*, [http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/Horizontal\\_Accuracy\\_Reporting\\_for\\_Lidar\\_Data.pdf](http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/Horizontal_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf) (nedlastet 16. april 2012)

<sup>20</sup> TerraTec AS, *Retiring GPS Base Stations*, [http://www.terratec.no/doc/TerraPOS\\_Hydro\\_business.pdf](http://www.terratec.no/doc/TerraPOS_Hydro_business.pdf) (nedlastet 8. mars 2012)

*Basestasjoner sammenlignet med PPP*

<b>Basestasjoner</b>	<b>PPP</b>
Tilfredsstillende nøyaktighet fra takeoff, ingen krav til flylengde	Systemet bruker tid på å oppnå tilfredsstillende nøyaktighet
Umiddelbar korrigerings	Korrigeres i ettertid eller i sanntid ved kjøp av kommersielle tilleggstenester.
Begrensninger på flyavstand fra basestasjonene	Ingen begrensninger på flyavstand
Behov for å være på bakken i forkant ved områdene som skal skannes	Ikke nødvendig å være på bakken

**TABELL 1: SAMMENLIGNING AV BASESTASJONER OG PPP**



### 3.1.5. Terminologi

Begrepene som er beskrevet under står slik de blir brukt av *Kartverket*<sup>21, 22</sup>. Kartverket bruker begrepene for å beskrive kart, men i denne oppgaven blir de også benyttet for å beskrive et datasett.

#### *Kvalitet*

Kvalitet er en samlet betegnelse på hvor godt kartet er i sin helhet. Når kvalitet blir brukt for å beskrive et kart eller et datasett innebærer dette nøyaktighet og fullstendighet.

I denne oppgaven blir kvalitet omtalt som helheten til et datasett.

#### *Nøyaktighet*

"Grad av nøyaktighet som et punkt eller kartdetalj er plassert på kartet i forhold til korrekt beliggenhet."<sup>23</sup>

Nøyaktighet beskriver hvordan elementene i et kart stemmer overens med plassering i forhold til virkeligheten. Dette innebærer hvor korrekt terrenget og objektene i kartet samsvarer med koordinatsystemet og dets faktiske plassering i terrenget.

#### *Oppløsning*

"Evnen til et fotografisk objektiv eller sjikt til å skille nært beliggende detaljer"<sup>24</sup>

Betegnelsen oppløsning beskriver i hvilken grad det er mulig å bryte ned pikslene i et datasett for å skille nærliggende detaljer, og samtidig opprettholde god kvalitet i datasettet. Høy oppløsning vil si at det er høy måletetthet, og derfor lav pikselstørrelse.

God oppløsning er avhengig av cellestørrelsen. Dersom et datasett har cellestørrelse på 10 x 10 meter, blir ikke oppløsningen bedre dersom cellene brytes ned til 1 x 1 meter. For å kunne forbedre oppløsningen er det derfor nødvendig med forbedret måletetthet.

Oppløsning blir i denne oppgaven beskrevet som cellestørrelsen i et *raster*.

---

<sup>21</sup> Kartverket, *Ordbok for kart og oppmåling*, [http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok\\_k\\_o.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok_k_o.pdf) (nedlastet 16. februar 2012)

<sup>22</sup> Kartverket, *Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodatastadarden)*, <http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/geodata.pdf> (nedlastet 16. februar 2012)

<sup>23</sup> Kartverket, *Ordbok for kart og oppmåling*, [http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok\\_k\\_o.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok_k_o.pdf), side 174 (nedlastet 16. februar 2012)

<sup>24</sup> Kartverket, *Ordbok for kart og oppmåling*, [http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok\\_k\\_o.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok_k_o.pdf), side 29 (nedlastet 16. februar 2012)

### *Fullstendighet*

Fullstendighet blir brukt for å karakterisere i hvilken grad objekter i datasettet samsvarer med virkeligheten. Dersom det er manglende objekter, overskytende objekter eller om det er objekter som er klassifisert eller merket feil, avgjør dette hvor fullstendig datasettet er<sup>25</sup>.

Når det skal bestemmes hva som er fullstendig blir det tatt utgangspunkt i brukeren. En orienteringsløper krever et mer detaljert kart enn det som finnes i et landsdekkende veikart, men for en bilfører kan likevel kartet være fullstendig til sitt formål. Når fullstendighet omtales er det viktig å datere datasettet, ettersom et datasett ikke forblir fullstendig dersom informasjonen utdateres.

Fullstendighet blir i denne oppgaven omtalt som en betegnelse på hvor oppdatert datasettet er og hvor godt det stemmer med virkeligheten.

---

<sup>25</sup> Kartverket, *Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodatastandarden)*, <http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/geodata.pdf>, side 31 (nedlastet 16. februar 2012)

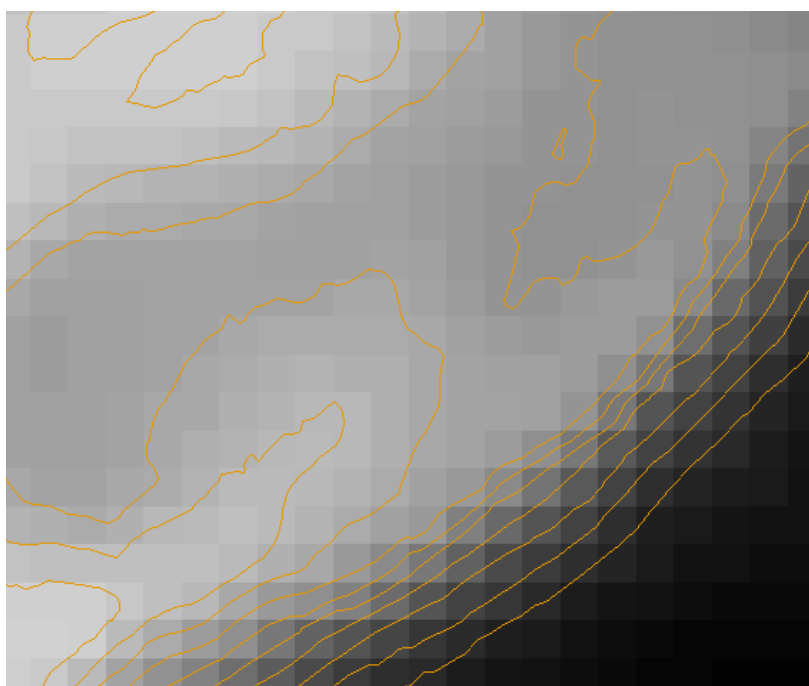


## 3.2. Grunnlagsdata

Dette kapitlet tar for seg høydemodellen som hovedsakelig brukes som *grunnlagsdata* i GIS-analyser i dag. Det blir også forklart hvordan høydemodeller basert på laserdata kan fremstilles fra LAS-filer, og de forskjellige modellene settes opp mot hverandre.

### 3.2.1. Digital høydemodell

En digital høydemodell er en digitalisering av terreng høyden. Dette kan fremstilles gjennom *vektordata* ved bruk av høydekurver eller som et *Terrain datasett*. Det vanligste er å gjøre dette gjennom et raster, der hver *piksel* er gitt en verdi som tilsvarer høyden i terrenget. Digital høydemodell er fellesbetegnelse for alle typer høydedata og kan deles opp i underkategorier som digital overflatemodell (DOM) og digital terrengmodell (DTM). Dette blir nærmere beskrevet i kapittel 3.3.3.



FIGUR 5: HØYDEMODELL MED HØYDEKOTER

Figur 5 viser høydekoter med ekvidistanse på 5 meter. Rasteret i bakgrunnen er en digital høydemodell hvor hver piksel har en cellestørrelse på 10 x 10 meter. I figuren er forskjellige høyder visualisert med lysere farge jo høyere verdi de har. Verdien til hver piksel blir bestemt ut i fra den gjennomsnittlige høyden innenfor hver av de 100 m<sup>2</sup> store cellene. En høydemodell med høyere oppløsning vil gi en større detaljgrad.

### Digital Terrengmodell 10 meters grid

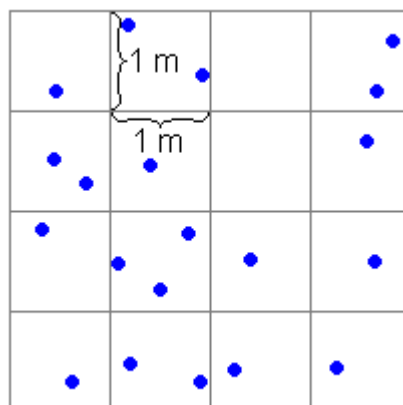
Den landsdekkende høydemodellen med best oppløsningen har en cellestørrelse på 10 x 10 meter<sup>26</sup>.

Denne er tilgjengelig for parter i *Norge digitalt*<sup>27</sup> og kan lastes ned fra [www.norgedigitalt.no](http://www.norgedigitalt.no).

Høydemodellen er en digital terrengmodell, heretter omtalt som 10 meters DTM. Terrengmodellen er produsert av Kartverket og har en forbedret oppløsningen i forhold til de tidligere terrengmodellene med 25 x 25 og 50 x 50 meters cellestørrelse. Forbedringene er gjort ved hjelp av *FKB*-data, som er en sammensetting av geografiske data fra Kartverket. I de områdene hvor det ikke finnes tilstrekkelige *FKB*-data er det benyttet høydedata fra *N50 kartdata*.

### Digital høydemodell basert på laserdata

Detaljgraden på en høydemodell basert på laserdata varierer fra datasett til datasett. Oppløsningen bestemmes av punkttettheten, det vil si antall registrerte punkter innenfor hver kvadratmeter. Fordi det er flere faktorer som kan påvirke resultatet fra en skanning, er det varierende hvor god punkttetthet og punktfordeling det er i laserdatasettet. Plattformen blir påvirket av vind og turbulens, og dette fører til at lyspulsene blir spredt uregelmessig utover terrenget. Når korridorene som blir skannet overlapper hverandre, skaper dette områder med høyere punkttetthet enkelte steder. Samtidig kan vann og blanke flater reflektere bort pulser slik at punkttettheten kan bli lavere. Dette vil si at selv om gjennomsnittlig punkttetthet er gitt, er ikke punktene nødvendigvis fordelt jevnt utover hele området.



FIGUR 6: EKSEMPEL PÅ PUNKTFORDELING

Figur 6 illustrerer et eksempel der 20 punkter er fordelt over et område på 16 m<sup>2</sup>. Den gjennomsnittlige punkttettheten er utregnet til 1,25 pt/m<sup>2</sup>. Likevel er det to kvadratmeter som ikke inneholder noen registrerte punkter. Pikslene uten data kan bli merket som uten verdi, NoData, eller bli interpolert på bakgrunn av de omkringliggende punktene. Cellene med flere registrerte punkter kan gis verdi etter maks/min verdi, eller etter et gjennomsnitt av punktverdiene. Et vanlig laserdatasett, skannet fra

<sup>26</sup> Kartverket, *Oppgradert DTM*, [http://www.statkart.no/Norge\\_digitalt/Norsk/Basisdata/Hoydedata/Oppgradert+DTM.d25-SwBH00X.ips](http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Basisdata/Hoydedata/Oppgradert+DTM.d25-SwBH00X.ips) (nedlastet 18. mars 2012)

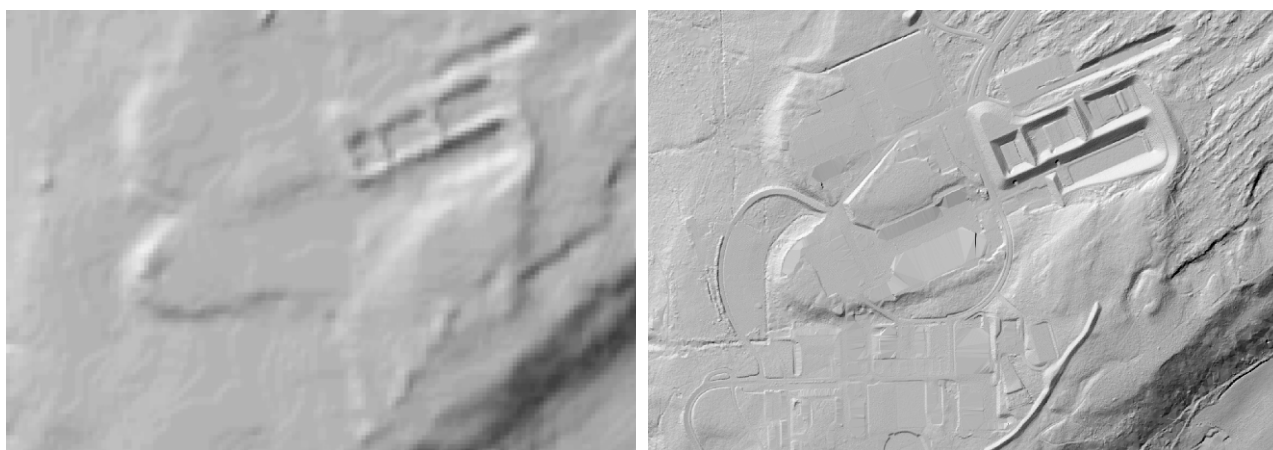
<sup>27</sup> Kartverket, *Parter*, [http://www.statkart.no/Norge\\_digitalt/Norsk/Parter/](http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Parter/) (nedlastet 25. april 2012)



luftbåren plattform, har gjerne en punkttetthet på 0,5-10 pt/m<sup>2</sup>. Ved bruk av helikopter og flere overflyvninger er det mulig å få opp mot 100 pt/m<sup>2</sup>.<sup>28</sup>

### Sammenligning

Figur 7 viser forskjellig høydedata over det samme området. På figuren er det lagt på en skyggeleggingseffekt for å visualisere forskjellene best. Bildet til venstre er fra terrenngmodellen til Kartverk med en oppløsning på 10 x 10 meter. Bilde til høyre er basert på høydedata fra LiDAR, og har en oppløsning på 1 x 1 meter.



FIGUR 7: 10 METERS DTM (T.V.) OG 1 METERS DTM (T.H.)

### 3.2.2. LAS-filer

Filformatet som rådataene fra en skanning lagres som kalles LAS. Formatet inneholder informasjon om hver enkelt pulsretur. Her lagres blant annet x-, y- og z-koordinater, intensitet og antall returer på de utsendte pulsene. LAS er et åpent filformat hvor dataene blir lagret i standardisert struktur, uavhengig av lasersystem og programvare. Dette bidrar til at distribuering og bearbeiding kan foregå på tvers av produsenter. LAS-formatet er en videreføring og komprimering av *ASCII XYZ*, som i korte trekk er en tabell med tekst der en rad viser til ett punkt. ASCII er et enkelt format og kan leses av de fleste tekstredigeringsverktøy. Fordi laserskanning genererer store mengder informasjon, ble formatet uegnet ettersom det ble for stort og tungt å behandle. Derfor ble LAS-formatet opprettet.

<sup>28</sup>Kartverket, *Presentasjon av Blom ASA*,

[http://www.statkart.no/filestore/Landdivisjonen\\_ny/Fylkeskartkontorene/Troms/PDF/Everksmte\\_Geovekst\\_/Blom20EverksmC3B8te2021\\_01\\_10\\_TromsC3B8x.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Landdivisjonen_ny/Fylkeskartkontorene/Troms/PDF/Everksmte_Geovekst_/Blom20EverksmC3B8te2021_01_10_TromsC3B8x.pdf) (nedlastet 10. mai 2012)



### 3.2.3. Hvordan behandle LAS-filer

Det finnes en rekke programmer for behandling og analysering av geografiske data. I MilGeo-miljøet er det hovedsakelig *ArcGIS Desktop* fra ESRI som blir benyttet (ArcGIS). Et problem med utarbeidelse av denne oppgaven var at den nyeste versjonen, ArcGIS 10.0, ikke støtter behandling eller analysering av LAS-filer direkte. For å kunne arbeide med LAS-filer i ArcGIS var det derfor nødvendig med en rekke konverteringer. Dette ble gjort gjennom forskjellige verktøy i *ArcToolbox*. Under følger et sammendrag av hvordan denne prosessen gjøres i ArcGIS 10.0, samt hvilke muligheter den nye versjonen ArcGIS 10.1 vil kunne tilby.

#### ArcGIS 10.0

Geodata AS har utarbeidet dokumentet *Bruk av 'LAS' filer i ArcGIS*<sup>29</sup>. Her beskriver det hvordan det er mulig å behandle LAS-filer i ArcGIS. Geodata AS benytter verktøy i *ArcToolbox* som konverterer LAS-filene over på et format som kan behandles av programvaren.

I dette dokumentet benyttes først verktøyet "Point File Information" for å skaffe oversikt over LAS-filene. Etter at LAS-filene er hentet inn gjennom verktøyet, visualiseres det som et polygonlag som viser deknningen og utstrekningen av LAS-filene. Informasjonen i LAS-filen blir lagret som rader i attributt Tabellen. I figur 8 er polygonene symbolisert etter punkttetthet.

OID *	Shape *	FileName	Pt Count	Pt Spacing	Z Min	Z Max	Shape Length	Shape
13	Polygon	NO06718_000166.las	2017315	1,439568	229,35	330,4	8178,6	4180593
14	Polygon	NO06718_000167.las	2018106	1,438645	231,03	300,65	8174,96	4176872
15	Polygon	NO06718_000168.las	2167787	1,388595	263,5	327,25	8177,94	4179918
16	Polygon	NO06718_000194.las	1923462	1,473658	308,01	384,17	8175,2	4177118
17	Polygon	NO06718_000195.las	1924886	1,472139	253,1	342,44	8169,8	4171601
18	Polygon	NO06718_000196.las	1503880	1,666761	208,24	291,73	8175,98	4177915
19	Polygon	NO06718_000197.las	1947250	1,465001	210,2	352,56	8177,28	4179244
20	Polygon	NO06718_000198.las	1893344	1,485423	210,74	350,54	8175,7	4177629
21	Polygon	NO06718_000199.las	1892653	1,4856	213,38	318,6	8175,18	4177097
22	Polygon	NO06718_000200.las	1809369	1,519093	235,26	286,69	8173,5	4175381

FIGUR 8: RESULTAT AV VERKTØYET "POINT FILE INFORMATION"

<sup>29</sup> Vedlegg B - *Bruk av 'LAS' filer i ArcGIS*



Fordi en LAS-fil kan inneholde millioner av punkter, er det hensiktsmessig å konvertere de til et multipoint-tema. Et multipoint-tema takler store mengder punkter på en bedre måte enn et vanlig punkt-tema. Denne konverteringen utføres gjennom verktøyet "LAS to Multipoint", som ligger under "3D Analyst Tools". Her hentes laserdataene inn, og det blir gitt muligheten til å velge hva slags punkter som skal konverteres.

Når punktene er lagt inn som multipoints brukes disse som grunnlag for et Terrain Datasett. Dette datasettet kan enkelt konverteres til en digital høydemodell i rasterformat ved hjelp av verktøyet "Terrain to Raster".

For å få det beste resultatet er det viktig å være klar over punkttettheten til laserdatasettet. Dette gjør det enklere å velge en hensiktsmessig cellestørrelse på høydemodellen til slutt. For å få ytterligere informasjon om denne prosessen henvises det til vedlegg B.

### **ArcGIS 10.1**

ArcGIS 10.1<sup>30</sup> har full støtte for behandling av laserdata. Det er mulig å behandle, analysere og visualisere LAS-filer uten å konvertere dataene. Versjonen kan også produsere terreng- og overflatemodeller, og det er mulig å gjennomføre klassifisering av punktskyer. Det er i tillegg enkelt å hente ut høydeinformasjon, og å måle avstand i høyde, lengde og diagonal retning. En spennende mulighet med ArcGIS 10.1 skal være å benytte klassifiserte punkter, av for eksempel bygninger, som bakgrunn for å skape 3D modeller. Per 11. mai 2012 er lanseringsdato satt til juni 2012.

---

<sup>30</sup> ESRI, "What's new in ArcGIS 10.1", [http://resourcesbeta.arcgis.com/en/help/pdf/whats\\_new\\_in\\_arcgis.pdf](http://resourcesbeta.arcgis.com/en/help/pdf/whats_new_in_arcgis.pdf), side 142 (nedlastet 30. april 2012)

### 3.3. Hvordan benytte et laserdatasett

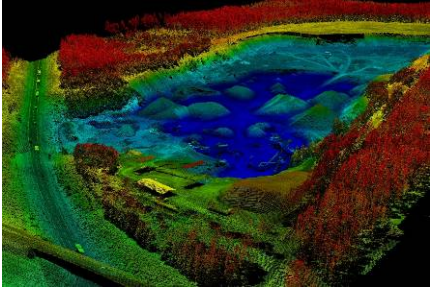


*”Hvordan kan Hæren utnytte de egenskapene som ligger i et laserdatasett (...)”*

Dette kapittelet tar for seg første del av problemstillingen. Kapittelet vil innledningsvis gå inn på hva slags informasjon som lagres i et laserdatasett. Videre vil egenskapene i et laserdatasett presenteres, og til slutt vil det fremlegges mulige anvendelser av produkter fra laserdata.

#### 3.3.1. Laserdatasettets oppbygging

De vanligste formatene som benyttes i GIS-analyser er raster- og vektordata. Laserdata vil derimot havne i en ny kategori. Et laserdatasett kan fremstilles som en punktsky ved at punktene visualiseres i et tredimensjonalt koordinatsystem. I en slik punktsky representerer hvert punkt en pulsretur. Et slik datasett kan inneholde millioner av punkter, noe som gjør laserdata svært omfattende.

For å gi et bilde av de forskjellige grunnlagsdataene har et laser-, raster og vektordatasett blitt sammenlignet i tabell 2. Filstørrelsen er hentet fra data over samme område.

Laserdata	Rasterdata	Vektordata
Tredimensjonalt	Todimensjonalt	Todimensjonal
Tar stor lagringsplass Filstørrelse: 200 Mb	Tar moderat lagringsplass Filstørrelse: 40 Mb	Tar lite lagringsplass Filstørrelse: 0,2 Mb
Opprettholder nøyaktighet og kvalitet når det blir arbeidet med	Behandling og konvertering av data kan medføre tap av informasjon	Opprettholder nøyaktighet og kvalitet når det blir arbeidet med
Krever spesiell programvare for visualisering og behandling	Krever ikke spesiell programvare for visualisering og behandling	Krever spesiell programvare for visualisering og behandling
		

TABELL 2: SAMMENLIGNING AV LASER-, RASTER- OG VEKTORDATA



Informasjonen som lagres i et laserdatasett er blant annet:

- x-, y- og z-koordinater
- Intensitet på returnerende puls
- Antall returnerende pulser
- Nummerering av pulsreturer
- Informasjon om laserstrålen (vinkel, bølgelengde, osv)

Det er kun høyde og intensitetsdata som kan hentes ut og benyttes direkte. Dataene behandles derfor i ettertid, og det er mulig å tilføre ytterligere informasjon. Denne informasjonen kan være:

- Klassifisering
- RGB-verdi (hentet fra *ortofoto*)

Ved å sette sammen informasjonen på ulike måter er det mulig å hente forskjellig informasjon. Neste kapittel går nærmere inn på hva slags informasjon som kan hentes ut, og i tillegg vil det presenteres hvordan dette kan anvendes i produkter.

### 3.3.2. Laserdatasettets egenskaper

#### Høydedata

Høydeinformasjonen kan hentes direkte ut fra laserdatasettet. Ettersom hvert punkt lagres med x-, y- og z-koordinater er det en enkel prosess å sette sammen et raster basert på z-verdien. Høydemodellen vil få en høy detaljgrad, ettersom et laserdatasett kan ha opptil flere registrerte punkter innenfor hver kvadratmeter. Som det beskrives i kapittel 3.1.3 kan en puls brytes opp i flere returer. Denne oppbrytningen gir brukeren mulighet til å velge hvilken pulsretur høydemodellen skal baseres på. Et eksempel kan være en modell basert på første returnerende puls. Høydemodellen vil da bli en overflatemodell.

#### Intensitet

Intensitet beskriver styrken på elektromagnetisk stråling. Hvis en lommelykt lyser på forskjellige overflater vil ulike materialer reflektere lyset med ulik intensitet. For eksempel vil snø reflektere mer av lyset enn sort asfalt. Fordi forskjellig type materiale på bakken absorberer forskjellig mengde av lyset, vil disse materialene også reflektere strålene med forskjellige styrke. Detektoren registrerer styrken på de reflekterte pulsene, noe som gjør det mulig å klassifisere hvilke materiale lyspulsene har truffet. Resultatet kan være et intensitetsbilde som vist på figur 9. Her blir terrenget fremstilt som et bilde der forskjellig intensitet blir gjengitt med forskjellige gråtoner, og på denne måten er det mulig å skille ulike materialer fra hverandre.



FIGUR 9: INTENSITETSBILDE OVER RENA LEIR

Tabell 3 viser et eksempel på reflektansverdier fra materialer. Disse verdiene er basert på en bølgelengde på 900 nm ( $\lambda = 900 \text{ nm}$ ).<sup>31</sup>

Materiale	Reflektans (%)
Snø	80-90
Løvskog	60
Sand, tørr (karbonat)	57
Sand, våt (karbonat)	41
Barskog	30
Betong, glatt	24
Asfalt med stein	17

TABELL 3: REFLEKTANSVERDIER

<sup>31</sup> Bjørn Barstad, *Høgdekartlegging med laserskanning frå fly*, (Norges landbrukshøgskole, 2002), side 2.



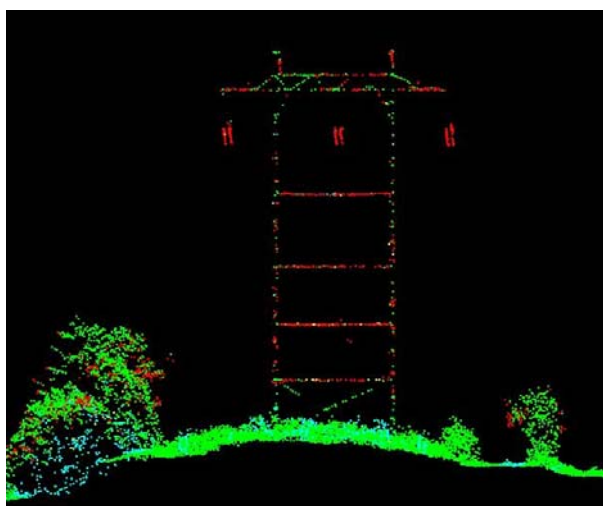


## Ekkoinformasjon

Informasjonen om hvordan pulsene brytes opp kalles *ekkoinformasjon*. Det er lasersystemet som setter begrensninger på hvor mange pulsreturer det er mulig å skille, men de fleste lasersystemer klarer 5 returer. Ekkoinformasjonen deles normalt inn i fire kategorier:

- Eneste retur
- Første av mange
- Mellomliggende
- Siste av mange

Eneste retur oppstår dersom pulsen kun har truffet bakken eller et hustak og hele strålen reflekteres fra ett sted. De resterende oppstår dersom vegetasjon eller tilsvarende bryter pulsen opp i flere returer. Denne informasjonen kan brukes til flere formål, blant annet klassifisering eller til å konstruere av overflatemodeller.



FIGUR 10: PUNKTSKY VISUALISERT ETTER EKKOINFORMASJON (KILDE: TERRATEC)

## Klassifisering

Klassifisering av pulsreturene i et laserdatasett kan gjøres på tre måter:

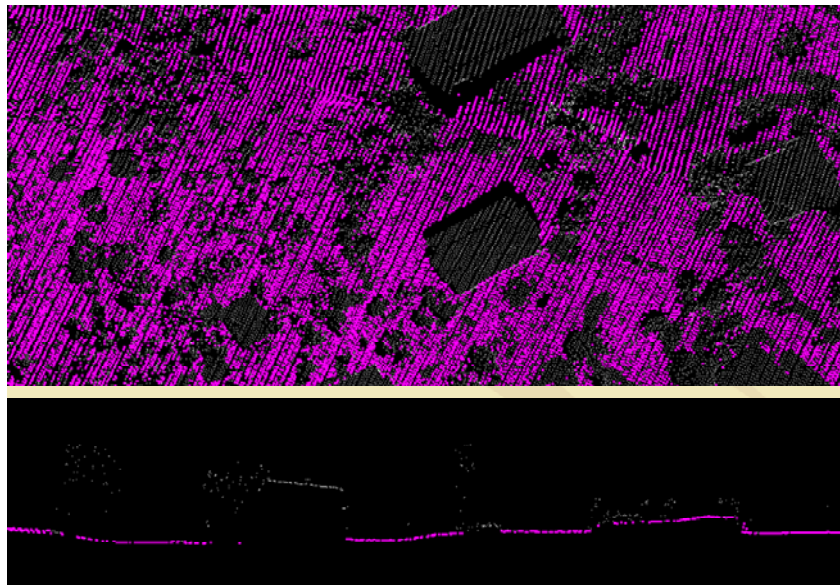
- Intensitet
- Geometri
- Ekkoinformasjon

### *Intensitet*

Intensitet kan benyttes for å klassifisere et datasett ved at intensitetsverdiene defineres manuelt. I denne metoden må intensitetsverdiene defineres i datasettet slik at objekter med samme intensitetsverdi blir klassifisert som samme type objekt. Dersom asfalt gjenkjennes til å reflektere 17 % av en lyspuls, kan datasettet programmeres til at alle punkter med denne verdien er asfalt.

*Geometri*

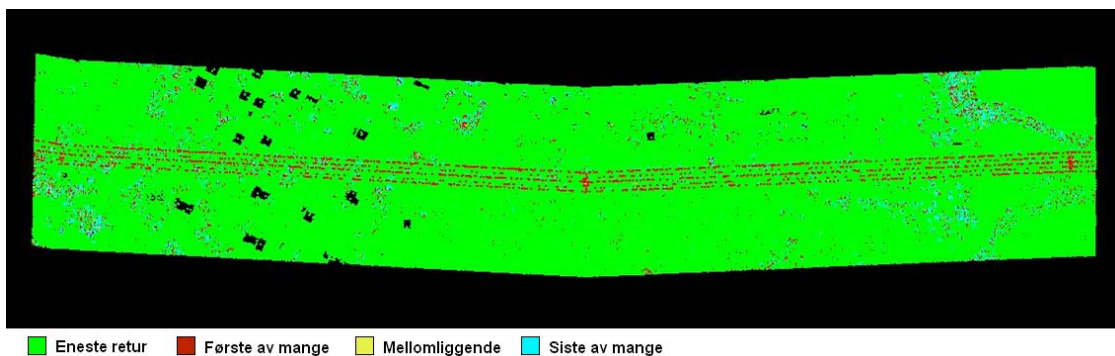
Å benytte geometrien til klassifisering vil si å se på hvordan punktene er plassert i forhold til hverandre. Dersom bakken skal klassifiseres, gjøres dette ved at datamaskinen velger ut de punktene med lavest høydeverdi i et datasett, og antar at disse er bakke. Videre benytter maskinen gitte maksimumsverdier for vinkel og avstand til neste punkt, og de omkringliggende punktene som er innefor disse grensene klassifiseres også som bakke. Deretter gjentas prosessen ut fra de nye punktene som legges til. Til slutt vil alle bakkepunktene i datasettet være markert. Figur 11 viser hvordan et slikt datasett ser ut ovenfra og i profil.



FIGUR 11: KLASSIFISERING AV BAKKEPUNKTER VED BRUK AV GEOMETRI (KILDE: TERRATEC)

*Ekkoinformasjon*

Det er også mulig å klassifisere datasettet ut fra ekkoinformasjonen. Figur 12 viser et eksempel der en kraftgate har blitt skannet. Som figuren viser vil "første av mange" returer høyst sannsynlig være en kraftlinje. Dette er også et eksempel på at metoden som benyttes til å klassifisere ikke kan brukes ukritisk i alle tilfeller. I et annet datasett kan "første av mange" like sannsynlig være øverste gren på et tre. Derfor må all klassifisering som gjennomføres kontrolleres manuelt og kvalitetssikres.



FIGUR 12: KLASSIFISERING FRA EKKOINFORMASJON (KILDE: TERRATEC)

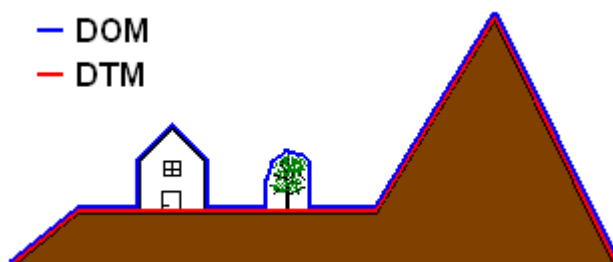


### 3.3.3. Produkter

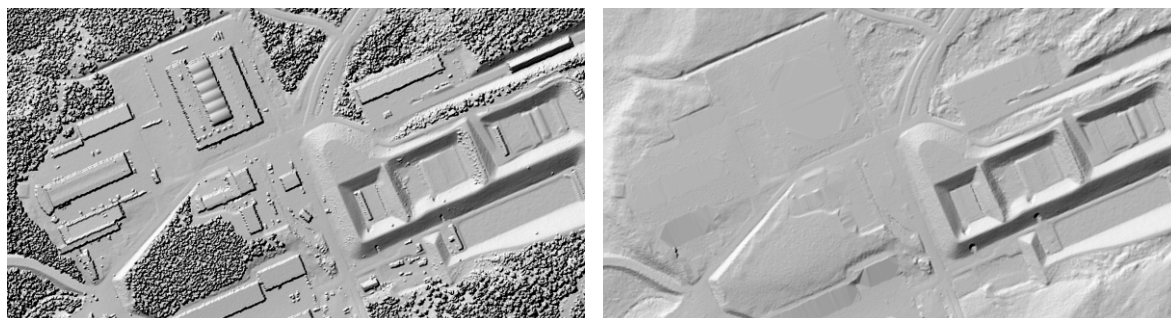
Kommersielle firmaer som driver med laserskanning leverer en rekke produkter basert på laserdata. Dette kan være kartlegging av skogsområder, utfallet av eventuell flom eller hvor kraftgater kan være utsatt for trefall. Mange av disse produktene vil være uinteressant for Hæren, men laserskanning gir også mange muligheter som kan være av stor verdi i forsvarssammenheng. Dette delkapittelet skal se på hvordan informasjon om høyde, intensitet, ekkoinformasjon og klassifisering kan gi Hæren bedre beslutningsgrunnlag.

#### Høydemodeller

Det fremstilles normalt to typer høydemodeller fra laserskanning; digital terrengmodell (DTM) og digital overflatemodell (DOM). Forskjellen på modellene er hvilke punkter som høydemodellen blir basert på. En DTM får høydeverdiene gitt fra de punktene som er klassifisert som bakke. En DOM inneholder verdien til de høyeste punktene, og en slik modell inkluderer bygninger og vegetasjon. Figur 13 viser et tverrsnitt av forskjellen på DTM og DOM.



FIGUR 13: OVERFLATEMODELL SAMMENLIGNET MED TERRENGMODELL



FIGUR 14: DOM (T.V) OG DTM (T.H.)

Figur 14 viser forskjellen på en DOM og en DTM i et rasterdatasett. Til venstre er en DOM hvor bygninger og skog synlig, men det er også mulig å se enkelte biler. På figuren til høyre er alle punktene som ikke er klassifisert som bakke tatt bort. Selv på områder som har vært dekket av skog under



skanningen kommer konturer på bakke tydelig frem. Områder hvor det har stått bygninger erstattes av en flate som er interpolert på bakgrunn av de omkringliggende bakkepunktene.

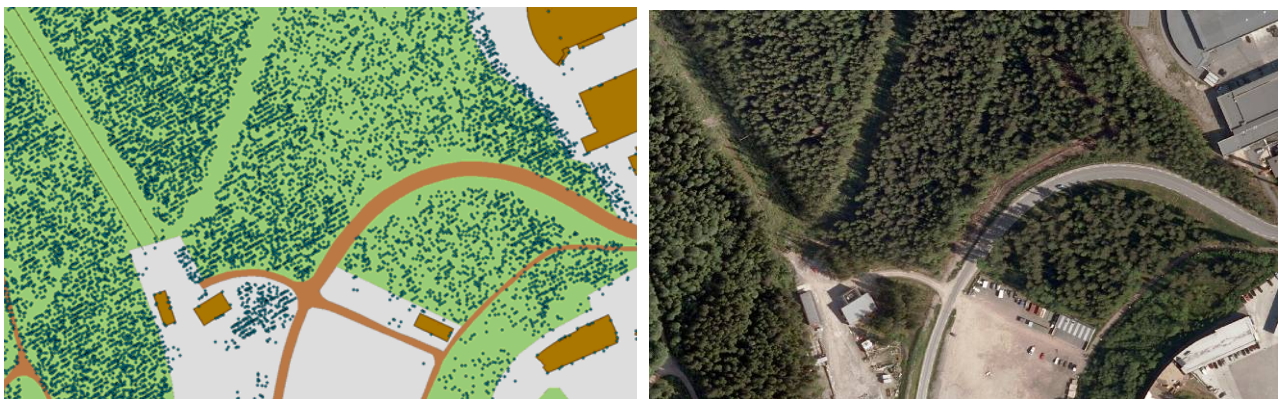
Høydemodellene har forskjellig bruksområder. En terrengmodell kan brukes til flomsonekartlegging eller masseberegninger, mens en overflatemodell kan benyttes til støy-, sikt eller signalanalyse.

### Skjulte egenskaper ved terrenget

Laserskanning kan også benyttes for å vise skjulte egenskaper ved terrenget. Ved å benytte ekkoinformasjonen er det mulig å hente ut detaljer om terrenget som ikke tidligere har vært digitalisert i vektor- eller rasterdata.

Vektordata kan inneholde informasjon om hvor det er skog, vei eller boligområder. Områdene som er merket som skog vil sjeldent kunne gi ytterligere informasjon om lokale forhold, som å beskrive tettheten på trær. Dersom det er områder i skogen som ikke har vegetasjon kommer ikke dette frem i et vektordatasett. Dette er det mulig å svare på ved å bruk av laserdata. Ved å benytte ekkoinformasjonen i laserdatasettet kan pulsene som har blitt brutt opp minst en gang vise hvor det er vegetasjon. Når man kjenner spredningen til vegetasjonen, kan dette si noe om fremkommeligheten. Områdene hvor pulsen ikke har blitt brutt opp vil mest sannsynlig være uten vegetasjon, eksempelvis åpne skogholt, parkeringsplasser eller veier.

De grønne områdene til venstre på figur 15 er klassifisert som skog i vektordataene. De blå prikkene er pulser som har blitt brutt opp minst en gang. Som det kommer frem av ortofotoet til høyre går det to akser gjennom skogholtet. Dette kommer ikke frem gjennom vektordataene, men ut fra laserdataene ser dette ut som områder uten trær. Denne metoden er relativt enkel, men kan likevel si mye om fremkommeligheten i et område.



FIGUR 15: VEKTORDATA OG "ANDRE RETUR"-PUNKTER (T.V.) SATT OPP MOT ORTOFOTO (T.H.)

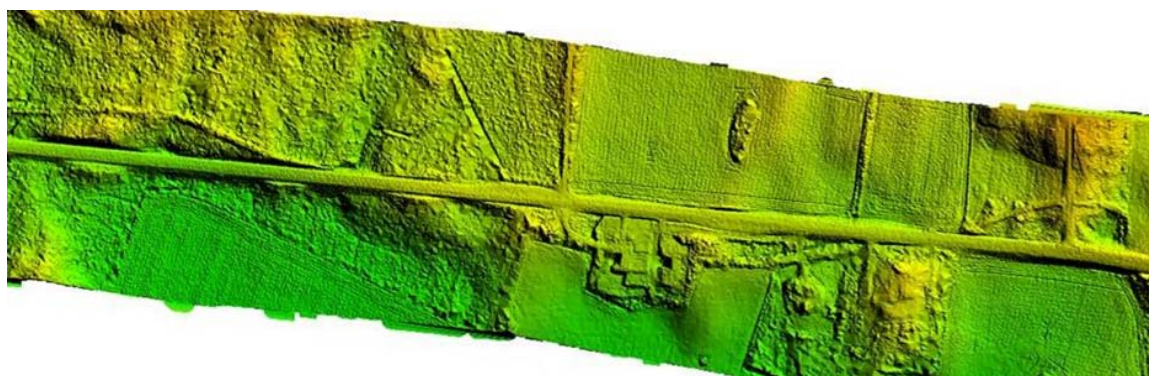


Figur 16 viser et ortofoto over en bilveg. Utover det som er synlig på bildet er det vanskelig å hente ut ytterligere informasjon om området.



FIGUR 16: ORTOFOTO OVER VEG (KILDE: TERRATEC)

Figur 17 viser en DTM over samme området som figur 16. Fordi det er mulig å klassifisere og skille ut bakkepunkter kan laserdata få frem egenskaper ved terrenget som ellers ikke ville vært synlig. Her kommer bakkestrukturen tydelig frem, og det kommer godt frem at det tidligere har gått en vei i området der den nye veien går. Ved å utnytte egenskapene i et laserdatasett på denne måten er det mulig å undersøke fremkommeligheten og terrengets struktur, og dersom det skal vurderes alternative fremrykningsakser.



FIGUR 17: FREMSTILLING AV TERRENGSTRUKTUR (KILDE: TERRATEC)

## Visualisering

Ved å lage overflatemodeller ut fra detaljert høydedata er det mulig å visualisere terrenget på en helt ny måte. Dersom et område blir visualisert på en oversiktig og lettleselig måte, vil brukeren få en god helhetsoversikt over terrenget. Dette kan være fordelaktig for å opparbeide en god situasjonsforståelse i en planleggingsprosess.

Figur 18 viser et grustak som er blitt modellert ved å drapere et ortofoto over en DOM.



**FIGUR 18: OVERFLATEMODELL DRAPERT MED ORTOFOTO**

Resultatet er en realistisk modell over området, der størrelse på veier og høyde på trær fremstilles svært virkelighetsnært. Det er mulig å bevege seg rundt i modellen slik at brukeren kan få en helhetsforståelse for hvordan terrenget ser ut.

Svakheten med en slik modell er at bygninger blir fremstilt feilaktig. Fordi en DOM interpolerer mellom punktene i laserdatasettet, vil bygninger få en "flytende" overgang. Resultatet er at bygninger får avrundede kanter og ser ut som telt. Dette fører til at modellen er svak i områder med mye bygninger.

En løsning på dette kan være å lage en DOM der bygninger er utelatt. Ved å kombinere en DOM uten bygg og isteden modellere byggene, for eksempel i Google Sketchup, vil modellene bli mer realistiske.





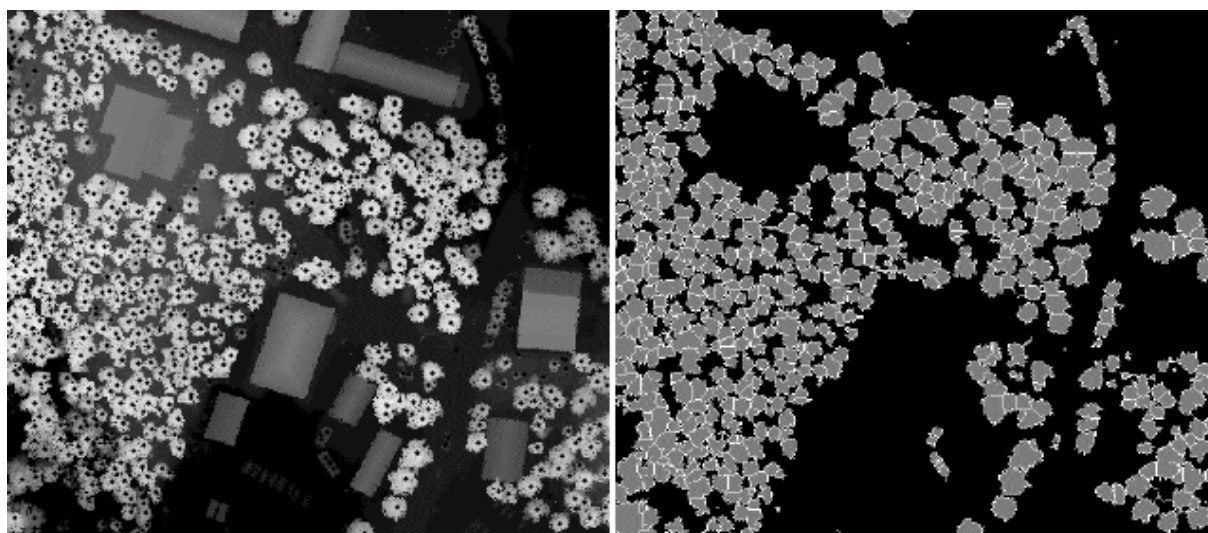
## Tredimensjonal modellering av omgivelsene

Produktene som har blitt presentert så langt i kapittelet har vært relativt enkle. Denne delen av kapittelet vil presentere mer avansert anvendelse av laserdata.

Studien *Towards rapid 3D modelling of urban areas*<sup>32</sup> er utført av Totalforsvarets forskningsinstitut (FOI) i Sverige. Her undersøkes det hvordan laserdata kan benyttes til å modellere terrenget og omgivelsene tredimensjonalt. Metoden er tidkrevende og avansert og benytter seg av mange av egenskapene til et laserdatasett.

Oppgaven beskriver trinnvis hvordan det er mulig å modellere terrenget ut fra en LAS-fil. Det første trinnet som blir beskrevet er å skille bakke fra terreng. Neste trinn er å skille menneskeskapte objekter fra naturlige objekter. Menneskeskapte objekter skiller seg ut ved at de består av sammenhengende, tette overflater med rette linjer, og at lyspulsene ikke blir brutt opp. Naturlige objekter har uforutsigbare struktur ettersom lyspulsene trenger igjennom vegetasjonen.

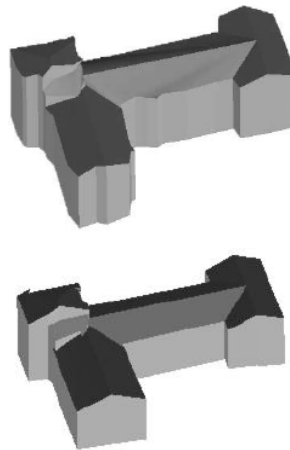
Neste steg er å klassifiseres de naturlige objektene. Metoden går ut fra det høyeste punktet på et tre og bruker algoritmer for å definere trekronen herfra. Ved å kombinere høyden på treet og omfanget på trekronen, kan størrelsen og tettheten på trærne visualiseres. Ved å se på strukturen til trekronen er det også mulig å bestemme tresorten.



FIGUR 19: GJENKJENNING AV TRÆR (KILDE: FOI)

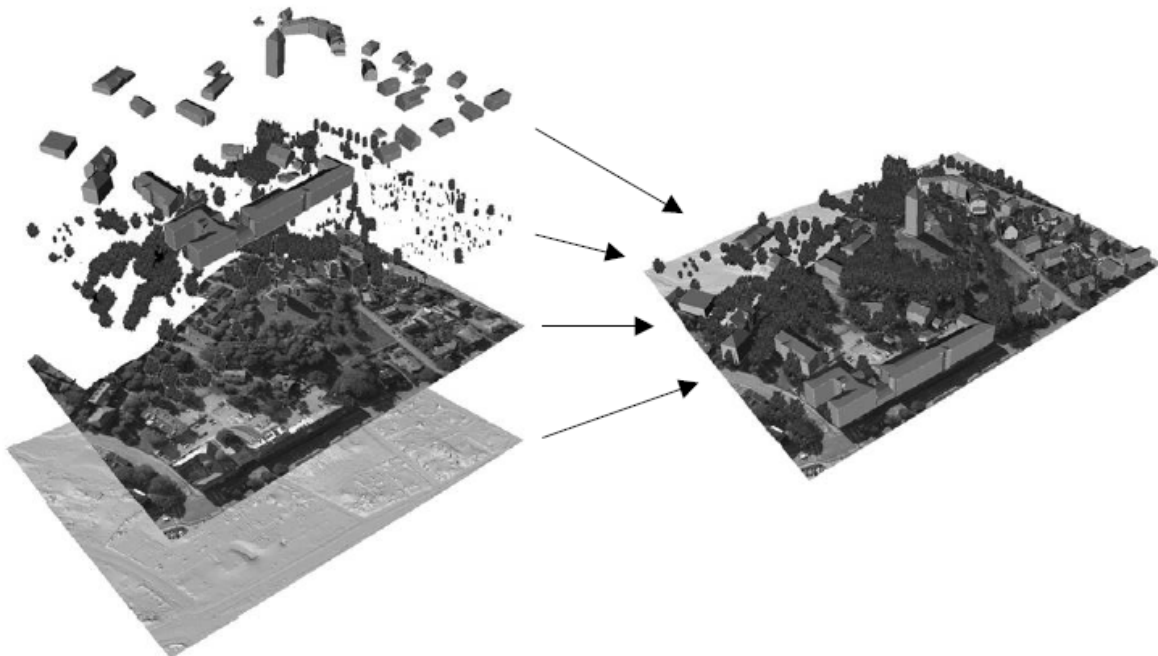
Det siste steget er å modellere bygninger. Objektene som blir skilt ut som menneskeskapte har et definert omriss. Dette er primært bygninger, men kan også være installasjoner og kjøretøy. Ved å beregne avstanden fra punktene som blir definert som taket på bygningen, til punktene som blir definert som bakke, kan bygningshøyden beregnes. Omrisset på bygningene blir definert ved at en datamaskin beregner ytterpunktene av overflaten til bygningen. Etter at omrisset på bygningene er definert, kan bygningen modelleres tredimensjonalt. Ut fra omrisset kan sidene på bygget glattes ut til en naturlig modell som vist på figur 20.

<sup>32</sup> Ulf Söderman, Simon Ahlberg, Åsa Persson, Magnus Elmqvist, *Towards rapid 3D modelling of urban areas*, (FOI, 2004)



**FIGUR 20: BYGNINGER MODELLERT I 3D (KILDE: FOI)**

Etter at punktskyen er klassifisert og modellert, settes de forskjellige delene sammen. Resultatet blir en virkelighetsnær, tredimensjonal modell slik figur 21 viser. Denne metoden stiller krav til høy punktetthet og er ressurskrevende og avansert. Det presiseres i kilden at det utvikles algoritmer for å automatisere denne prosessen. Dette er avansert bruk av laserdata som viser hva som er mulig å hente ut av informasjon fra en LAS-fil.



**FIGUR 21: KLASSIFISERTE OBJEKTER SETTES SAMMEN TIL EN TREDIMENSJONAL MODELL (KILDE: FOI)**



## 3.4. Siktanalyse

*"(...) kan informasjonen i et laserdatasett benyttes til å gjøre resultatet fra GIS-analyser mer virkelighetsnære?"*

For å svare på andre del av problemstillingen har det blitt utført siktanalyser med forskjellig høydemodeller som grunnlagsdata. Siktanalyse ble valgt ettersom analysen baseres utelukkende på høydeinformasjon. Dette vil kunne gi et godt bilde av detaljgraden til høydemodellene. Siktanalyser benyttes ofte av MilGeo-operatører for å kunne vurdere skuddfelt eller innsyn mot akser og objekter.

### 3.4.1. Tidligere arbeid innen siktanalyser

Våren 2008 ble det ved Krigsskolen utarbeidet et hovedprosjekt med tittelen *Bruk av ulike høydedata i ESRI Spatial Analyst Viewshed*<sup>33</sup>. Fokuset til oppgaven var å se på analysefunksjonen "Viewshed" i ArcGIS og belyse modellene som denne funksjonen baserer sine kalkulasjoner på. Oppgaven sammenliknet også forskjellige høydemodeller ved å gjennomføre siktanalyser, og vurdere resultatene opp mot hva som var synlig i virkeligheten. Høydemodellene som ble vurdert var fra *DTED2*, *FKB*-data og *LiDAR*. Studiens konklusjon var at høydemodellen basert på laserdata hadde den beste oppløsningen og gav mest virkelighetsnært resultat fra analysen. Forfatterne bemerker riktignok at laserdatasettet som ble benyttet var mangelfullt. De har også hatt vanskeligheter med å behandle og visualisere laserdataene på grunn av treg programvare og svak maskinkapasitet.

Siden 2008 har det kommet en ny, landsdekkende høydemodell med bedre oppløsning. Det har også kommet forbedret programvare og datamaskiner med høyere kapasitet. På bakgrunn av dette så gruppen det hensiktsmessig å gjennomføre et nytt forsøk der siktanalyser blir brukt for å vurdere de forbedrede høydemodellene, i tillegg til å sammenligne *DOM* og *DTM* fra på laserdata.

---

<sup>33</sup> Andreassen, Bolme, Helseth, *Bruk av ulike høydedata i ESRI Spatial Analyst Viewshed*, (Krigsskolen, 2008)

### 3.4.2. Fremgangsmåte

Det ble først valgt ut to steder i Rena leir som var egnet for å gjennomføre siktanalyser. Stedene som ble valgt var ved taket på Treningscenter Ingeniør (32V PN 28696 82191) og sandvollen rundt skytebanene inne i leiren (32V PN 29014 82312). Videre i oppgaven vil stedene omtales som utsiktspunkt. Treningscenter Ingeniør beskrives som Ingeniørbygget, og sandvollen rundt skytebanene omtales som sandvollen.



FIGUR 22: UTSIKTSPUNKTER I RENA LEIR

Etter at utsiktspunktene var plassert ble det tatt bilder 180° i den mest hensiktsmessige retningen.

Neste steg var å utføre siktanalyser ved å benytte verktøyet "Viewshed" i ArcToolbox. Det ble plassert et punkttema i hvert utsiktspunkt, og deretter ble analysene gjennomført med hver høydemodell som grunnlagsdata.



## Høydemodeller

Følgende høydemodeller ble brukt som grunnlagsdata:

- 10 meters DTM
- 10 meters DTM med bygg
- 1 meters DTM
- 1 meters DOM

### *10 meters DTM*

Høydemodellen er satt sammen av Kartverket og er en terrengmodell med celledørrelse på 10 x 10 meter.

### *10 meters DTM med bygg*

Dette er en modifisert utgave av Kartverkets terrengmodell. Ettersom modellen i utgangspunktet kun viser terrenget, har bygninger blitt lagt på i ettertid. Ved å bruke FKB-data som grunnlag har bygninger blitt lagt inn i modellen med en bygningshøyde satt til 10 meter. Høyden på bygningene ble hentet ut fra laserdatasettet. Modellen ble brukt for å se hvordan en egenprodusert overflatemodell fungerer dersom laserdata ikke er tilgjengelig. Vegetasjon er ikke med i modellen.

### *1 meters DTM basert på laserdata*

Denne terrengmodellen ble produsert med laserdata. Prosessen for å fremstille modellen er tilsvarende beskrivelsen i kapittel 3.2.3, og har en oppløsning på 1 x 1 meter. Modellen ble produsert for å vurdere om en terrengmodell med bedre oppløsning vil gi bedre resultater enn Kartverkets 10 meters DTM.

### *1 meters DOM basert på laserdata*

Dette er en overflatemodell som er produsert ut fra samme datasett som 1 meters DTM. Høydeverdiene i modellen er basert på informasjonen fra laserdatasettet der bygninger og vegetasjon er gitt korrekt høyde. Modellen har en oppløsning på 1 x 1 meter.



### 3.4.3. Resultater

#### Treningscenter Ingeniør

Figur 23 viser resultatet fra bildene som er 180° i sørøstlig retning fra utsiktspunktet ved Ingeniørbygget.



FIGUR 23: SIKT FRA TAKET PÅ TRENINGSENTER INGENIØR

#### 10 meters DTM

Resultatene fra analysen som er utført med 10 meters DTM gir et feilaktig inntrykk av hva som er synlig. Resultatet tilsier at det er mulig å se gjennom bygninger og skog. Resultatet blir slik fordi infrastruktur og vegetasjon ikke er med i en terrengmodell.



FIGUR 24: ANALYSE MED 10 METERS DTM



### 10 meters DTM med bygg

Den modifiserte terrenngmodellen med bygninger gir et bedre resultat. Av resultatet kommer det frem hvordan bygninger naturlig hindrer sikten. Høyden på bygninger og form på tak er derimot ikke korrekt. Skog er heller ikke tatt med i modellen, så ut i fra analyseresultatene ser det ut til at denne ikke påvirker sikten. Selv om det vil være mulig ha noe innsyn gjennom spredt vegetasjon, vil skog stort sett sette begrensinger på sikten.



FIGUR 25: ANALYSE MED 10 METERS DTM MED BYGG



### 1 meters DTM

Resultatene fra terrenngmodellen basert på laserdata gav en bedre gjengivelse av virkeligheten enn 10 meters DTM. Her kommer mindre høydeforskjeller bedre frem, og resultatet viser at modellen har en høyere detaljgrad. Likevel stemmer resultatet lite med det som faktisk er synlig. Resultatet på figur 26 gir inntrykket av at det er mulig å se igjennom bygg, på samme måte som figur 24.



FIGUR 26: ANALYSE MED 1 METERS DTM



### 1 meters DOM

Overflatemodellen fra laserdata gir den beste gjengivelse av hva som er synlig i virkeligheten. Figur 27 viser at sikten naturlig begrenses av bygninger og vegetasjon. Basert på høydeinformasjon i laserdatasettet er bygninger og skog modellert med virkelig høyde og form. Legg merke til hallen øverst på figuren, hvor det kommer frem fra resultatet at det er mulig å se deler av det buete taket.

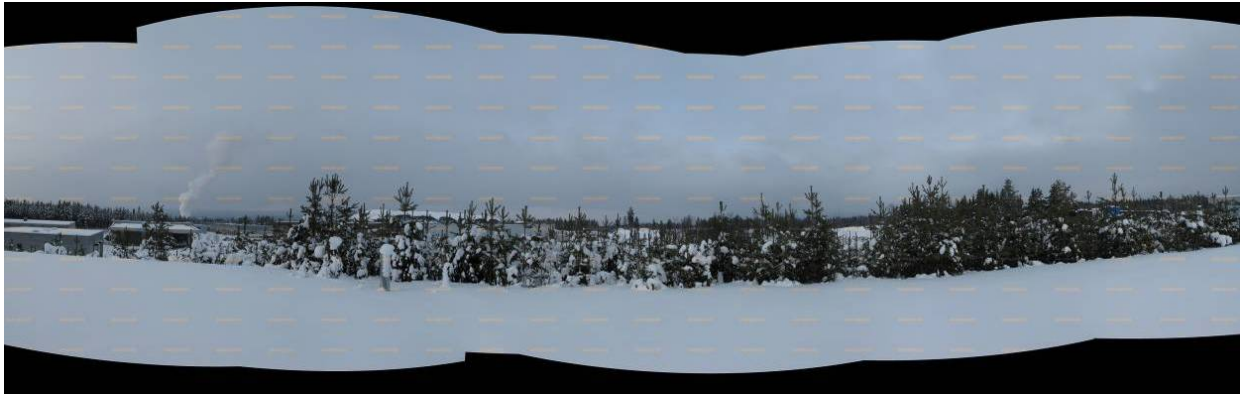


FIGUR 27: ANALYSE MED 1 METERS DOM



## Sandvoll

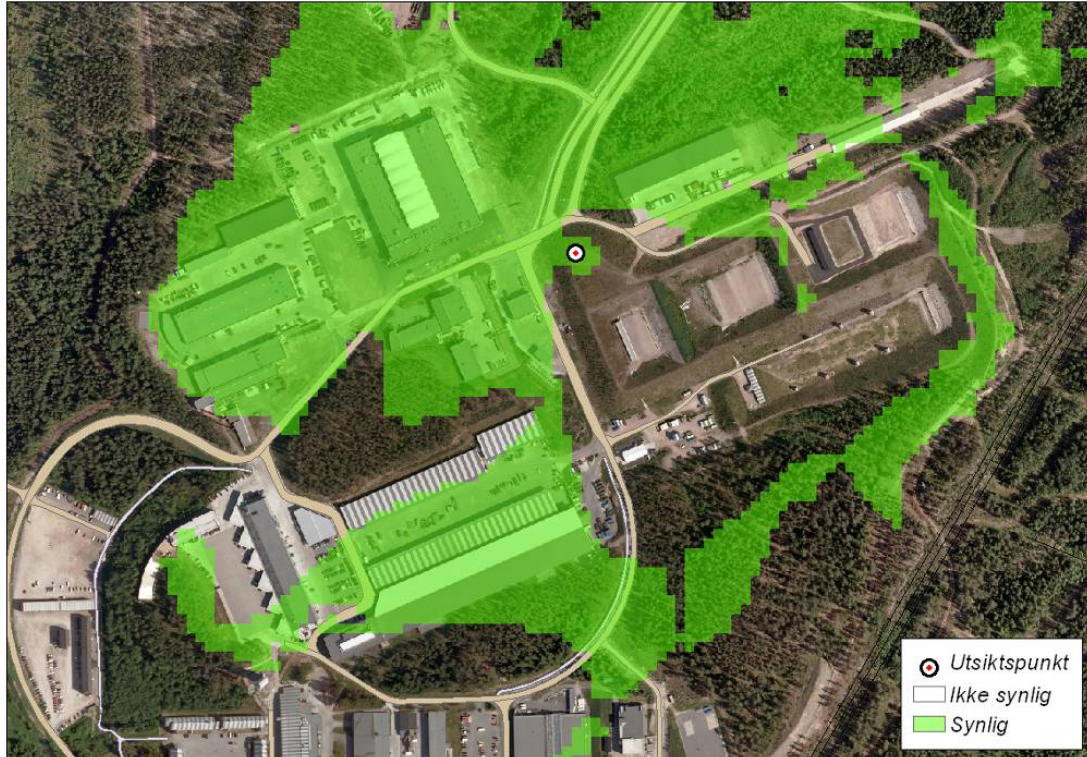
Figur 28 viser hva som var synlig i utsiktspunktet ved sandvollen. Bildene viser synsfeltet 180° i vestlig retning.



FIGUR 28: SIKT FRA SANDVOLLEN

## 10 meters DTM

Figur 29 viser resultatet fra siktanalysen som er basert på 10 meters DTM. Resultatet viser mye av det samme som resultatene med samme høydemodell fra Ingeniørbygget.

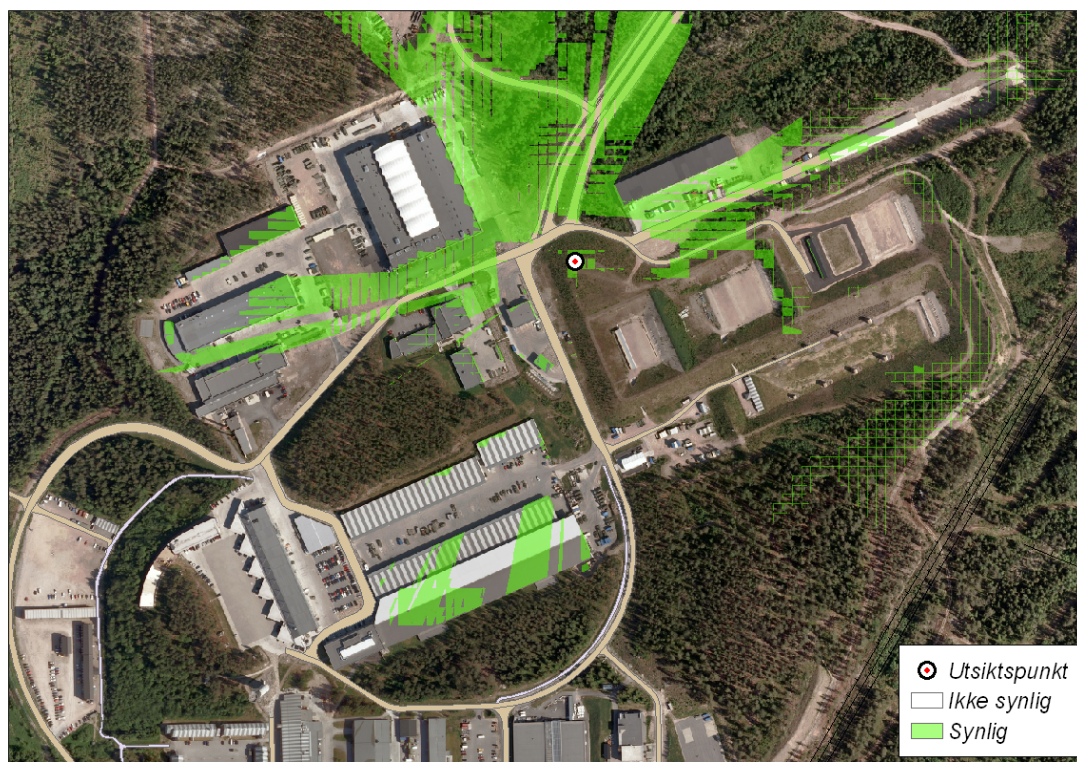


FIGUR 29: ANALYSE MED 10 METERS DTM



### 10 meters DTM med bygg

Denne modellen gir igjen et bedre resultat enn modellen som ikke inkluderer bygg. Dersom det sees bort fra bildet på figur 28 ser dette ut til å være et naturlig resultat. Resultatet stemmer ikke med figur 28 ettersom vegetasjon rett i forkant av utsiktspunktet begrenser synsfeltet. Ettersom høydemodellen ikke inkluderer vegetasjon, kommer dette naturligvis heller ikke frem av resultatet.

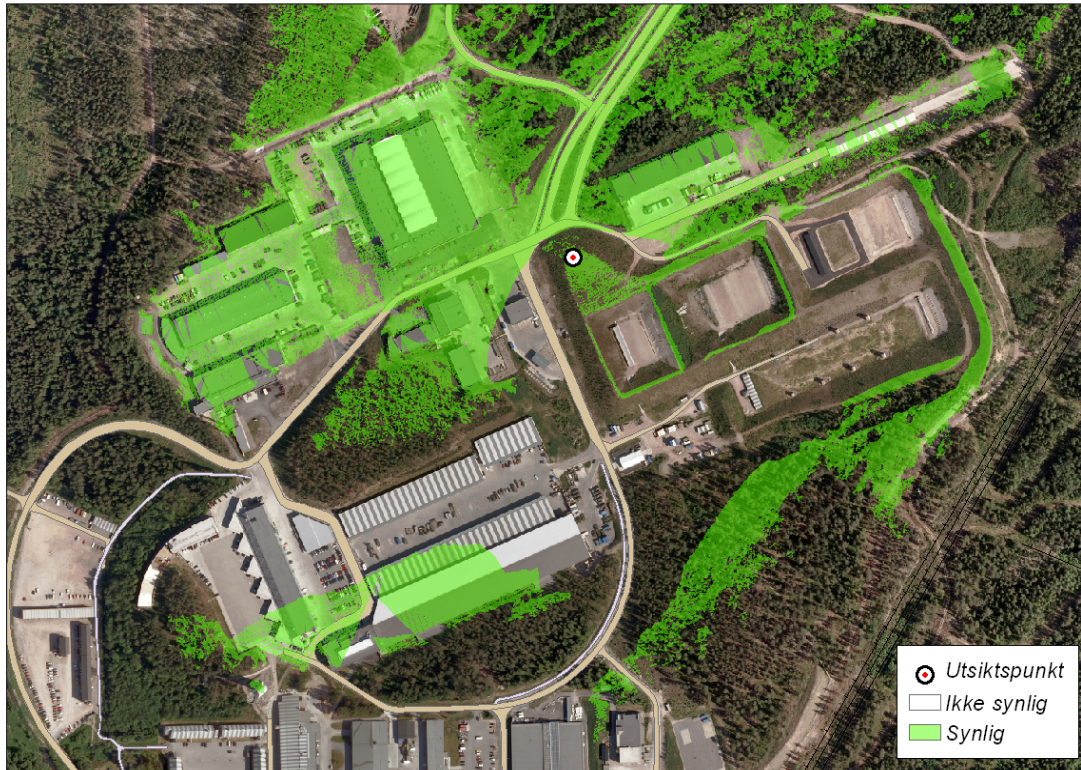


FIGUR 30: ANALYSE MED 10 METERS DTM MED BYGG



### 1 meters DTM

Resultatene fra analysen med 1 meters DTM ligner på resultatene fra 10 meters DTM. Det er mye av de samme områdene som angivelig skal være synlig, og man får det samme inntrykket av at bygg og vegetasjon er gjennomsnittlig. Forskjellen er detaljgraden som her er bedre, noe som gjør at mindre konturer i terrenget kommer frem.



FIGUR 31: ANALYSE MED 1 METERS DTM



### 1 meters DOM

Resultatet fra siktanalysen med overflatemodellen som grunnlag gir et resultat der sikten begrenses av bygninger og skog. Figur 32 viser mye det samme resultatet fra den modifiserte høydemodellen. Hovedforskjellen er igjen at laserdata gir en bedre detaljgrad, og mindre konturer blir fanget opp. Likevel er resultatet lite virkelighetsnært. Ut fra bildet på figur 28 er det tydelig at økt vegetasjon i område setter store begrensninger på faktisk sikt. Dette er vegetasjon som har vokst opp etter at området ble skannet, og der derfor ikke med i datasettet.



FIGUR 32: ANALYSE MED 1 METERS DOM



#### 3.4.4. Oppsummering

Resultatene fra siktanalysene viser at det kan være store forskjeller mellom resultatene fra analysen og hva som faktisk er synlig fra utsiktspunktene. Kartverkets 10 meter DTM gir et lite virkelighetsnært resultat i begge analysene og egner seg dårlig til å gjøre vurderinger om sikt. Dette skjer som et resultat av den grove oppløsningen, og at bygninger og vegetasjon ikke er med i modellen. 1 meters DTM gir også et lite virkelighetsnært resultat, men modellen skiller seg fra 10 meter DTM fordi mindre terrengkonturer kommer bedre frem på modellen basert på laserdata. Dette viser at oppløsningen ikke nødvendigvis er avgjørende for at en siktanalyse skal få et bedre resultat. Overflatemodellen med 1 meters oppløsning gir det mest virkelighetsnære resultatet. Dersom en overflatemodell basert på laserdata ikke er tilgjengelig, vil det gi et mer virkelighetsnært resultat ved å kombinere 10 meters DTM med bygninger.

Analyseresultatet fra sandvollen som er basert på overflatemodellen fra laserdata stemmer ikke overens med kontrollbildene. Fordi laserdataene som ble benyttet er fra 2006 stemmer ikke informasjonen overens med forholdene slik de var da bildene ble tatt. På de seks årene som har gått siden området ble skannet har det vokst opp vegetasjon som begrenser reel sikt. Dette belyser en utfordring at laserdata krever ajourhold for å gi en realistisk fremstilling av terrenget. Utfordringer er at overflatemodeller ikke vil være fullstendig like lenge som en terrengmodell ettersom vegetasjon og infrastruktur endrer seg fortere enn terrenget.

##### Vurdering av analysemetode:

Fordi kun siktanalysen ble benyttet til å vurdere de ulike høydemodellen, kan dette ha påvirket resultatet. Dersom andre analysemetoder hadde blitt brukt vil resultatet muligens blitt annerledes. Dette forklares med at det ikke var analysen i seg selv som skulle vurderes i oppgaven, men heller et virkemiddel for å svare på problemstillingen.

Analysen ble gjennomført i februar 2012. Laserdatasettet ble skannet sommeren 2006 og begynner derfor å bli gammelt. Fordi billedtakningen fra utsiktspunktene ble utført på vinterstid, kan dette ha påvirket resultatene.



## 4. DRØFTING OG KONKLUSJON

### 4.1. Drøfting

Laserdata byr på en rekke muligheter og utfordringer. Dette kapittelet presenterer momenter gruppen har identifisert i løpet av prosjektperioden.

#### **Programvare**

Det ble tidlig avdekket at tilgjengelig programvare ikke støttet behandling av laserdata direkte. For at et laserdatasett skal kunne behandles i ArcGIS 10.0 har det derfor vært nødvendig å utføre en rekke konvergeringer. Dette gjorde behandling til en omfattende prosess. Etter at konverteringene var utført var det kun høydedata som kunne hentes ut. Denne informasjonen ble videre brukt til å produsere overflate- og terrengmodeller. Dette forutsetter at laserdataene på forhånd er klassifisert og tilrettelagt. For å utnytte potensialet som ligger i en LAS-fil er det derfor behov for å ta i bruk ny programvare som støtter filformatet. Mye av dette vil muligens bli forbedret når ArcGIS 10.1 blir lansert.

#### **Produkter**

Produktene som ble presentert i kapittel 3.3.3 ble fremstilt ved ulike anvendelse av informasjon i LAS-filen. Disse produktene kan deles inn i to kategorier:

- Produkter som vil gi forbedrede grunnlagsdata i GIS-analyser.
- Avanserte produkter som vil gi ny informasjon om terrenget og belyse aspekter som ikke er mulig i dag.

#### *Forbedring av analyser*

Gjennom kapittel 3.4 kom det frem at høydemodellene basert på laserdata ga resultater som stemmer bedre med reell sikt. Bedre oppløsning på terreng- og overflatemodellen gav utslag på resultatet ved at mindre konturer i terrenget ble synlige. Spesielt overflatemodellen gav et vesentlig mer virkelighetsnært resultat. Likevel er ikke en slik modell feilfri: Fordi en overflatemodell består av en sammenhengende overflate gir resultatet inntrykket av at vegetasjon ikke er mulig å se igjennom. Selv om synsfeltet vil begrenses vil det være mulig å se gjennom deler av vegetasjonen.

#### *Andre produkter*

Avanserte produkter benytter informasjonen i laserdatasettet i større grad. Terreng- og overflatemodellene benyttes som grunnlag, men ved å kombinere dette på ulike måter er det mulig å hente frem andre produkter. I kapittel 3.3.3 beskrives det hvordan det er mulig å vurdere fremkommeligheten ved å kombinere ekkoinformasjonen med vektordata. Det er også vist hvordan terrenget kan visualiseres tredimensjonalt ved bruk av overflatemodeller og ortofoto. Disse produktene er relativt enkle å lage, og som visuelle virkemidler vil dette gi brukeren en fordelaktig forståelse av omgivelsene.

Produktene som presenteres til slutt viser ytterligere avansert bruk av laserdata. Eksemplene viser hvordan det er mulig å visualisere bakkestrukturen under vegetasjon og hvordan modellere omgivelsene tredimensjonalt. Slike produkter forutsetter svært god punktetthet, men informasjonen som fremstilles vil være svært nyttig i planleggingen av oppdrag.

### **Oppløsning**

For å fremstille høydemodeller som kan benyttes på et stridsteknisk nivå, krever det i større grad god punktetthet. Det må likevel vurderes hva som er "godt nok". Det er ikke alltid hensiktsmessig å ha for høy punktetthet da dette fører til at datasettene blir svært store. Informasjonen vil bli tyngre for datamaskin og programvare å behandle, i tillegg til at distribueringen blir vanskeligere.

### **Ajourhold**

En utfordring med forbedret oppløsning er at det krever hyppigere ajourhold for å forsikre at datasettet er fullstendig. Dette gjelder spesielt ved bruken av overflatemodeller. En terrengmodell inneholder kun høydeinformasjon til bakkepunkter, der av bygninger, infrastruktur og vegetasjon er tatt bort. Fordi terrenget forandrer seg lite over tid, vil en terrengmodell forbli fullstendig lengre. En overflatemodell er mer sårbar dersom det skjer forandringer med bygninger eller vegetasjon. Når oppløsningen blir forbedret vil detaljene bli mer fremtredene, noe som vil føre til at overflatemodellen fortære blir utdatert. Dette kan i verste fall føre til at det blir tatt feilaktige vurdering på bakgrunn av at brukeren oppfatter datasettet til å være av bedre kvalitet enn det som er realiteten.

### **Produksjon**

Dersom Hæren beslutter å ta i bruk laserdata forutsetter dette en betydelig kompetanseheving. Dette innebærer at distributører og brukere har kjennskap til hva slags informasjon som ligger i et laserdatasett, og hvordan informasjonen kan brukes til å fremstille produkter. På den måten vil en bruker kjenne til hva slags produkter laserdata kan levere, å dermed vite hva som kan bestilles.

### **Generelt**

I denne oppgaven har det blitt presentert en rekke produkter. Utover det som har blitt undersøkt ut fra problemstillingen, må det vurderes om det faktisk er et behov for å ta i bruk laserdata. Det er lett å bli påvirket av stilige bilder og avansert fremstilling av produkter. Dersom dagens vektor- og rasterdata blir bedre ajourholdt, vil dette muligens være av tilstrekkelig kvalitet for analysene MilGeo-operatørene utfører. Dette har ikke vært et aspekt som har blitt vurdert i oppgaven.



## 4.2. Konklusjon

Konklusjon er basert på vurderinger og drøftinger som er foretatt gjennom oppgaven. Fordi problemstillingen er todelt vil også konklusjonen bli presentert i to deler:

*"Hvordan kan Hæren utnytte de egenskapene som ligger i et laserdatasett (...)?"*

Gjennom kapittel 3.3 har det blitt presentert hvordan et laserdatasett er bygd opp. Videre har det blitt vist ulike produkter som kan lages ved bruk av laserdata. Fordi egenskapene i et laserdatasett kan benyttes for å hente ut ulik informasjon, vil dette kunne fremstille produkter som visualiserer nye aspekter ved terrenget. Det konkluderes med at produktene som er presentert kan gi bedre beslutningsgrunnlag i Hæren. For å lage slike produkter er det nødvendig med kompetanseheving.

*"(...) kan informasjonen i et laserdatasett benyttes til å gjøre resultatet fra GIS-analyser mer virkelighetsnære?"*

Andre del av problemstillingen ble besvart gjennom kapittel 3.4. Her ble det gjennomført siktanalyser med ulike høydemodeller, hvor resultatene ble vurdert opp mot reel sikt. Det konkluderes med at høydemodeller basert på laserdata vil gi mer virkelighetsnære resultater. Spesielt overflatemodeller vil gjøre resultatene mer realistiske ettersom bygninger og vegetasjon er tatt med i modellen.

Oppgaven avdekker også at behovet for ajourhold øker når detaljgraden blir bedre. På grunn av bedre oppløsning vil detaljer komme tydeligere frem, som videre fører til at overflatemodellene er avhengig av å oppdateres for å holdes fullstendig.

Basert på erfaringene gruppen har tilegnet seg har det blitt utarbeidet et vedlegg med forslag til videre arbeid<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> Vedlegg C – Forslag til videre arbeid med LiDAR

## 5. LITTERATURLISTE

### Bøker

Asbjørn Johannessen, Per Arne Tufte og Line Christoffersen, *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*, (Abstrakt forlag AS, 2010)

Dag Ingvar Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser?*, (Høyskoleforlaget, 2010)

Olav Dalland, *Metode og oppgaveskriving for studenter*, (Gyldendal Akademisk, 2001)

### Dokumenter

Andreassen, Bolme, Helseth, *Bruk av ulike høydedata i ESRI Spatial Analyst Viewshed*, (Krigsskolen, 2008)

ASPRS, *ASPRS LIDAR GUIDELINES: Horizontal Accuracy Reporting*,  
[http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/Horizontal\\_Accuracy\\_Reporting\\_for\\_Lidar\\_Data.pdf](http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/Horizontal_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf) (nedlastet 16. april 2012)

Bjørn Barstad, *Høgdekartlegging med laserskanning frå fly*, (Norges landbrukshøgskole, 2002)

Christina Grönwall, *Ground Object Recognition using Laser Radar Data*, (Linköping universitetet, 2006)

ESRI, *What's new in ArcGIS 10.1*,  
[http://resourcesbeta.arcgis.com/en/help/pdf/whats\\_new\\_in\\_arcgis.pdf](http://resourcesbeta.arcgis.com/en/help/pdf/whats_new_in_arcgis.pdf) (nedlastet 30. april 2012)

Geodata AS, *Bruk av 'LAS' filer i ArcGIS*, (Geodata, 20??)

Halvard Bjerke, *Bruk av laserdata ved ajourhold av arealressurskartet AR5*, (Ås: UMB, 2011)

Hans-Christian Palm, *Detection of vehicle-sized objects in LADAR-images in scenes with large objects or clutter using local operator*, (FFI, 2008)

Hans-Christian Palm, *Innledende prosessering: Camo first / Camo Last*, (FFI, 2007)

Hans-Christian Palm, Trym Vegard Haavardsholm, Halvor Ajer, *Detection of military objects in LADAR images*, (FFI, 2007)

Kartverket, *Kvalitetssikring av oppmåling, kartlegging og geodata (Geodatastadarden)*,  
<http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/geodata.pdf>, (nedlastet 16. februar 2012)

Kartverket, *Ordbok for kart og oppmåling*,  
[http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok\\_k\\_o.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Standardisering/docs/ordbok_k_o.pdf) (nedlastet 16. februar 2012)



Kartverket *Presentasjon av Blom ASA*,

[http://www.statkart.no/filestore/Landdivisjonen\\_ny/Fylkeskartkontorene/Troms/PDF/Everksmte\\_Geovekst\\_/Blom20EverksmC3B8te2021\\_01\\_10\\_TromsC3B8x.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Landdivisjonen_ny/Fylkeskartkontorene/Troms/PDF/Everksmte_Geovekst_/Blom20EverksmC3B8te2021_01_10_TromsC3B8x.pdf) (nedlastet 10. mai 2012)

Krigsskolen, *Studiehåndbok Krigsskolen Ingeniør 2011-2012*, (Oslo, 2011)

Leica, *Leica ALS50-II Brochure*,

[http://www.geodis.cz/uploads/dokumenty/laserove\\_skenovani/070501\\_ALS50\\_II\\_Brochure\\_e.pdf](http://www.geodis.cz/uploads/dokumenty/laserove_skenovani/070501_ALS50_II_Brochure_e.pdf) (nedlastet 13. april 2012)

Simon Ahlberg, Ulf Söderman, Åsa Persson, Magnus Elmqvist, *High-resolution Environment Models to Support Rapid and Efficient Mission Planning and Training*, (FOI, 2004)

TerraTec AS, *Retiring GPS Base Stations*, [http://www.terratec.no/doc/TerraPOS\\_Hydro\\_business.pdf](http://www.terratec.no/doc/TerraPOS_Hydro_business.pdf) (nedlastet 8.mars 2012)

Ulf Söderman, Simon Ahlberg, Åsa Persson, Magnus Elmqvist, *Towards rapid 3D modelling of urban areas*, (FOI, 2004)

## **Nettsider**

Bluesky World, *A brief history of LiDAR*, <http://www.lidar-uk.com/a-brief-history-of-lidar/> (nedlastet 27. januar 2012)

Kartverket, *Oppgradert DTM*,

[http://www.statkart.no/Norge\\_digitalt/Norsk/Basisdata/Hoydedata/Oppgradert+DTM.d25-SwBH00X.ips](http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Basisdata/Hoydedata/Oppgradert+DTM.d25-SwBH00X.ips) (nedlastet 18. mars 2012)

Kartverket, *Parter*, [http://www.statkart.no/Norge\\_digitalt/Norsk/Parter/](http://www.statkart.no/Norge_digitalt/Norsk/Parter/) (nedlastet 25. april 2012)

Teton Conservation District, *What is LiDAR?*, <http://www.tetonconservation.org/index.cfm?id=what-is-LiDAR> (nedlastet 30. januar)

## 6. VEDLEGGSLISTE

### - Vedlegg A

Oppgavens forprosjekt, *Bruk av LiDAR i Hæren*, 21.05.2011

### - Vedlegg B

Dokument utgitt av GeoData AS, *Bruk av 'LAS' filer i ArcGIS*, Utgitt 20??

### - Vedlegg C

Forslag til videre arbeid med LiDAR







KRIGSSKOLEN

KS-INGENIØR

FORPROSJEKT RAPPORT FOR BACHELOR GRAD I  
INGENIØRFAG MED FORDYPNING I MILGEO

BRUK AV LIDAR I HÆREN

**Even Ingjær**

**Fredrik Roverud Narum**

Kull Aubert 09-12

21.12.2011

Hovedveileder: Ragnar Øien

Veileder: Halvard Bjerke



## 1. INNHOLDSFORTEGNELSE

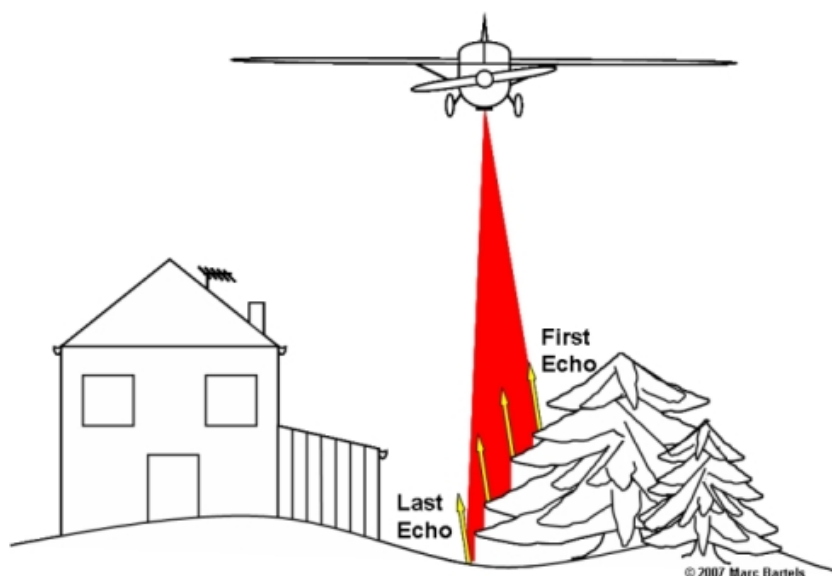
1.	Innholdsfortegnelse.....	2
2.	Innledning.....	3
2.1.	Introduksjon til LiDAR.....	3
2.2.	Eksempler .....	4
2.3.	Mål.....	6
3.	Litteratursøk.....	7
4.	Problemstilling .....	8
5.	Metode.....	9
5.1.	Bakgrunn for valg av metode.....	9
5.2.	Metodekritikk.....	9
6.	Avgrensninger og ressursbruk.....	10
6.1.	Økonomi .....	10
7.	Organisering .....	11
7.1.	Suksesskriterier.....	11
7.2.	Veiledere.....	11
8.	Fremdriftsplan.....	12

## 2. INNLEDNING

Vi har valgt å skrive om laserskanningssystemet LiDAR (Light Detection and Ranging) i vår hovedoppgave. Vi fikk interesse for temaet etter at Halvard Bjerke holdt en presentasjon av sin masteroppgave på Krigsskolen, der han forklarte flere av bruksområdene til LiDAR. Dette syntes vi virket som et interessant tema, og ble nysgjerrige på hvordan Forsvaret kan dra nytte av denne datainnsamlingsmetoden. Etter et møte med FMGT og Blom Geomatics AS så vi at data fra laserskanning har et stort potensial for Hæren, valget falt derfor på dette emnet.

### 2.1. Introduksjon til LiDAR

Egenskapene til LiDAR gjør at man kan hente ut mer informasjon fra et sett med LAS-filer<sup>1</sup>, i motsetning til en tradisjonell terrengmodell som kun inneholder høydedata. For at en skanning skal kunne utføres kreves det fire komponenter: plattform, GNSS, INS og laser. En plattform vil typisk være et fly eller helikopter (heretter omtalt som flyet). Ved hjelp fra et posisjoneringssystem, Global Navigation Satellite System (GNSS), er flyets posisjon til enhver tid kjent. Inertial Navigation System (INS) beregner flyets orientering i luften for å vite hvilken retning lyspulsene sendes ut i. Når flyet beveger seg over terrenget vil laseren sende ut lyspulser som reflekteres av bakken, og blir fanget opp av skanneren. Siden flyets posisjon og orientering er kjent, og man kjenner lysets hastighet, kan man beregne avstand og retning til punktene på bakken. Disse punktene kan da georefereres med xyz-koordinater. Grunnen til at vi får mer informasjon ut ifra en laserskanning enn kun xyz-koordinater, er fordi skanneren også registrer intensiteten og antall returer hver puls har blitt brutt opp i (se figur 1).



FIGUR 1 – REFLEKTERTE LYSPULSER BRYTES OPP I VEGETASJON

<sup>1</sup> LAS – Filformatet punktdatasettene etter en laserskanning blir lagret som.

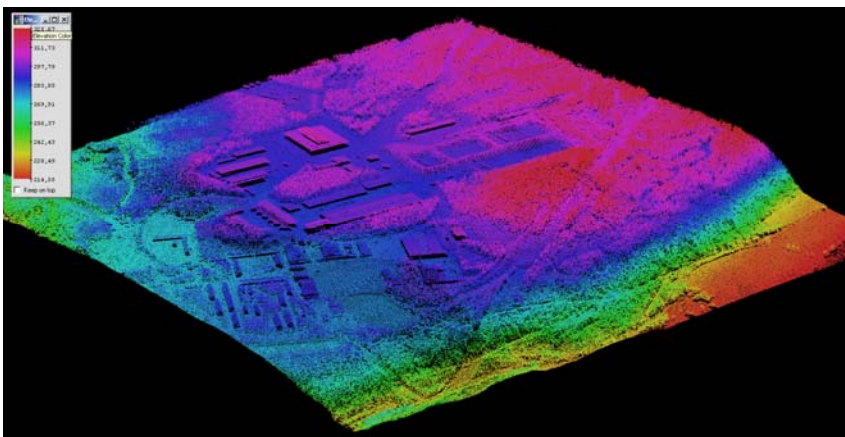


### Under har vi listet opp styrker og svakheter ved LiDAR:

- + LiDAR er en aktiv sensor<sup>2</sup>. Det vil si at det ikke trengs sollys for å foreta skanning.
  - + Spesielt gunstig i områder med små konturer og kontraster; ørken, isbre, snødekt terreng.
  - + Fungerer til en viss grad gjennom skyer.
  - + Punktsky: Inneholder mer informasjon enn bare xyz-koordinater.
  - + Rask og effektiv datainnsamling som krever lite etterarbeid.
- 
- Gir ikke sanne farger på bilder.
  - Pulser som ikke blir returnert, eller reflektert i en annen retning, vil gi NoData/manglende punkter.
  - Svak på blanke flater som for eksempel blikktak.

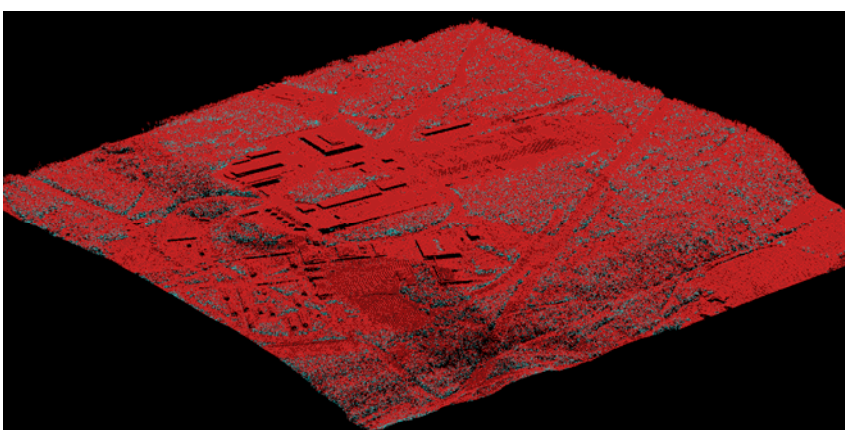
## 2.2. Eksempler

Her er noen eksempler på data man kan få ut etter en skanning.



FIGUR 2 - KLASSIFISERT ETTER HØYDE I TERRENGET

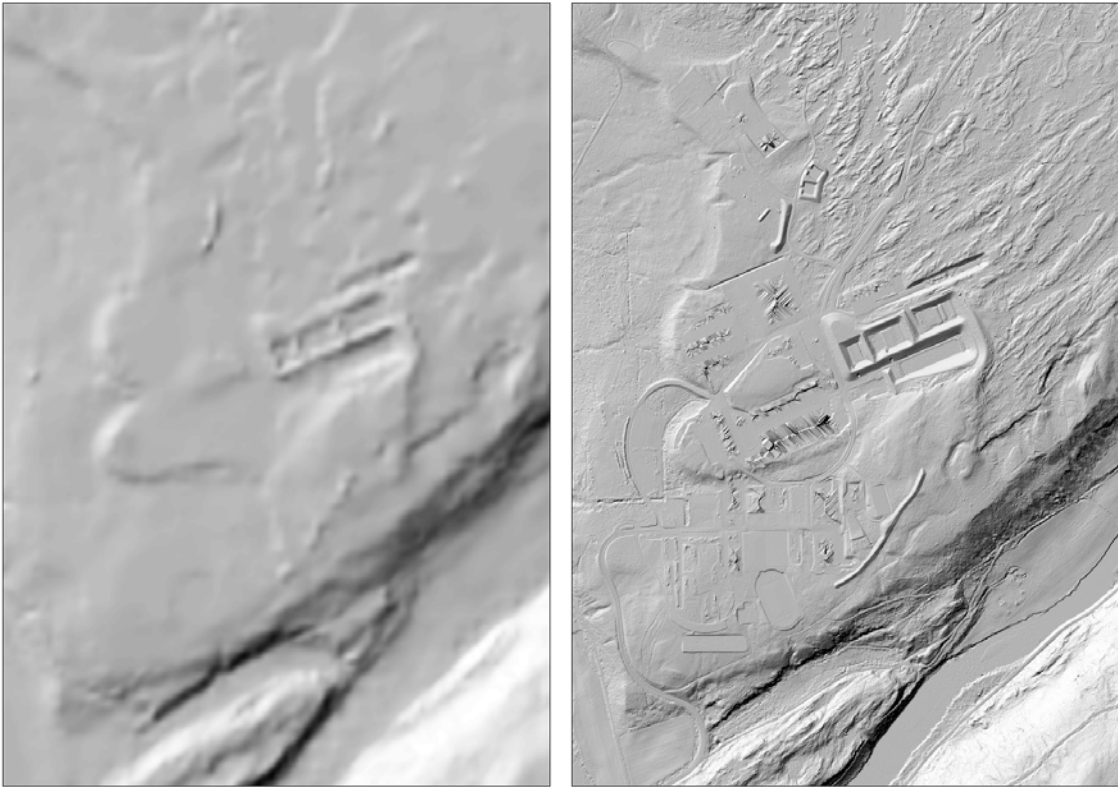
Figur 2 viser punkter som er klassifisert etter hvor høyt de befinner seg i terrenget. Med denne metoden kan man visualisere høydeforskjellene på en god måte.



FIGUR 3 - KLASSIFISERING ETTER ANTALL PULSRETURER

Figur 3 viser punktene som er klassifisert etter antall returnerende pulser. Rød farge symboliserer punkter med kun en retur, og en lysere farge indikerer at pulsen har blitt brutt opp i flere returer. Bygninger og bakke vil gi en retur, mens skog gir flere returer ettersom vegetasjonen bryter opp pulsen.

<sup>2</sup> Aktiv sensor – sensoren belyser over flaten selv



FIGUR 4 – DTM 10x10M (T.V.), DTM 1x1M (T.H.)

På figur 4 ser man kvalitetsforskjellen mellom en tradisjonell DTM (Digital Terreng Modell) med cellestørrelse 10 x 10 meter, og en DTM oppbygd av LiDAR-data med cellestørrelse 1 x 1 meter. En 10 meters DTM fungerer godt dersom man skal analysere et større geografisk område, men dersom man ønsker en mer detaljert analyse på et mindre område, her representert ved Rena leir, er man avhengig av bedre oppløsning på dataene. På figur 4 er skog og bygninger tatt bort, og modellen er kun satt



FIGUR 5 – INTENSITETSBLIDE

sammen av sist returnerende puls (bakken). Dette gjør det mulig å få frem for eksempel veier som på et ortofoto ville vært dekket av skog.

Til slutt har vi på figur 5 vist et bilde som er basert på intensiteten til de returnerende pulsene. Dette gir et resultat som kan minne om et sort/hvit bilde, men som fremdeles kun er basert på georefererte punkter og pulsenes intensitet.



Dette er noen eksempler på hvorfor vi mener at en hovedoppgave om LiDAR vil være av interesse for oss og Hæren, samtidig som det vil være nyttig kompetanse for oss i senere arbeid som MilGeo-operatører.

### 2.3. Mål

Vi har satt opp følgende mål for hovedprosjektet:

#### **Effektmål**

Gjennom hovedoppgaven ønsker vi å belyse hvilke muligheter som Hæren kan dra nytte av ved bruk av laserskanning. Ved å sammenlikne dagens grunnlagsdata og opplyse om nye bruksområder, ønsker vi å øke interessen og åpne muligheten for at denne teknologien i større grad blir tatt i bruk i Hæren. Vi tror laserskanning vil effektivisere innsamling, bearbeiding og analysearbeidet av grunnlagsdata, i tillegg til de mulighetene som åpnes. Dette kan være med å forsterke MilGeo som støtteressurs, og gjøre ressursen mer nøyaktig enn det den er i dag.

#### **Resultatmål**

Resultatet med hovedoppgaven vil være todelt; I første del vil vi sammenlikne dagens grunnlagsdata med skanning foretatt med LiDAR. Dette vil vi gjøre ved å sammenlikne oppløsning og nøyaktigheten mellom dagens rådata og LiDAR. I andre del vil vise eksempler på hvilke muligheter som kan åpne seg ved bruk av laserskanning. Dette vil bli gjort ved at vi presenterer eksempler på arenaer der laserskanning blir brukt i det sivile, for så å trekke paralleller til hvordan Hæren kan dra nytte av dette.

#### **Læringsmål**

Læringsmålet vårt består av to delmål: Det første vi ønsker å oppnå er å øke vår kompetanse om laserskanning og LiDAR. Dette vil være aktuelt for oss i senere arbeid som MilGeo-operatører, og gi gode forutsetninger og forståelse for hvordan laserskanning kan bli brukt som grunnlagsdata. Det andre vi ønsker å oppnå med hovedoppgaven er å tilegne oss erfaring om hvordan man utarbeider en større oppgave. Dette inkluderer prosessen med datainnsamling, gruppearbeid og drøfting av data.



### 3.LITTERATURSØK

Gruppemedlemmene hadde tilnærmet ingen kunnskap om LiDAR før prosjektperioden startet. Vi har benyttet forprosjektet til å opprette forbindelse med kontaktpersoner innen fagmiljøet, og vi har satt opp en liste med sentrale personer som vi har vært i kontakt med og vil samarbeide med videre. Vi vil ikke bare benytte disse til faglig støtte, men også diskutere de teoriene og løsningene vi har.

<b>Aktør</b>	<b>Kontaktperson</b>	<b>Kontaktinfo</b>
BLOM Geomatics AS	Morten Ekeberg	morten.ekeberg@blomasa.com
BLOM Geomatics AS	Floris Jan Groesz	floris.jangroesz@blomasa.com
FMGT	Hans Ivar Bull	FisB / 23 09 23 88

TABELL 1 - OVERSIKT OVER KONTAKTPERSONER

Vi har satt opp en liste over litteratur vi vil benytte oss av i forbindelse med hovedoppgaven. Noe av litteraturen har vi allerede lest, mens annet må vi anskaffe og sette oss inn i.

<b>Kilde</b>	<b>Forfatter</b>	<b>Type</b>	<b>Utgitt</b>
Bruk av laserdata ved ajourhold av arealressurskartet AR5	Halvard Bjerke	Masteroppgave	2011
Hvordan gjennomføre undersøkelser?	Dag Ingvar Jacobsen	Faglitteratur	2005
Høgdekartlegging med laserskanning frå fly	Barstad	Artikkel	2002
Object-oriented land cover classification of lidar-derived surfaces	Brennan & Webster	Artikkel	2006
Laserskanning i Geovekst-prosjekter, med vekt på samordning mellom skogbruket og geovekst.	Statkart	Rapport	2008
GIS: Geografiens språk i vår tidsalder	Grinderud	Faglitteratur	2008
Handbok Ingeniørrekongosering	Hæren/GIH	Militært reglement	2011

TABELL 2 - LITTERATUROVERSIKT

Vi presiserer at tabellene er dynamiske, og de vil bli oppdatert etter hvert som prosjektarbeidet pågår.



## 4. PROBLEMSTILLING

Vi ønsker å undersøke hvilke muligheter laserskanning tilbyr, samt hvilke nye områder som åpner seg dersom Hæren velger i større grad ta i bruk denne teknologien i sine kartanalyser. I dag utfører MilGeo-operatørene stort sett analyser som er basert på høydemodeller, der den mest utbredte terrengmodellen har en cellestørrelse på 10 x 10 meter. Dette fungerer fint dersom man skal gjøre analyser på store geografiske områder der det ikke er krav til like stor detaljgrad. Dersom man trenger bedre nøyaktighet innenfor et mindre område er ikke dette lenger tilstrekkelig.

Laserskanning utført fra fly kan levere terrengmodeller med oppløsning ned til 1 x 1 meter. Samtidig registrer laserskanneren antall og intensitet på de reflekterte pulsene. Dette vil kunne åpne nye muligheter for MilGeo som ressurs og vil gjøre beslutningsgrunnlaget mer nøyaktig og med større sikkerhet.

Ut ifra dette har vi satt en foreløpig hypotese:

*Ved bruk av LiDAR-data er det mulig å få et bredere spekter av analyser, og større nøyaktighet på disse.*



## 5.METODE

I denne oppgaven velger vi å benytte oss av kvalitativ metode for informasjonsinnhenting. Dette fordi fagfeltet med laserskanning og LiDAR er relativt lite utbredt, og utvalget av informanter er begrenset. Som et resultat av dette vil vi benytte oss av snøballmetoden<sup>3</sup>. Snøballmetoden innebærer at vi intervjuer sentrale informanter innenfor fagfeltet, og disse kan henwise oss videre til aktuelle informanter.

### 5.1. Bakgrunn for valg av metode

Vi har valgt en kvalitativ metode ettersom LiDAR og laserdata er et teknisk avansert fagfelt der det i dag er noen få, sentrale firmaer og personer som innehar kompetanse om temaet.

En kvalitativ innsamlingsmetode går ut på at det vektlegges detaljer, nyanserikdom og det unike ved hver respondent<sup>4</sup>. Med hovedoppgaven ønsker vi å undersøke hvilke muligheter LiDAR kan åpne for Forsvaret, og med den kvalitative metoden har vi også muligheten for å endre problemstilling og undersøkelsesopplegg etter hvert som vi arbeider med temaet<sup>5</sup>. Vi ser også at ved å gå i dybden med den kvalitative metoden vil vi sikre oss den mest relevante informasjonen. Ettersom informantene har erfaring fra daglig virke og praktisk anvendelse av laserskanning, kjenner de godt til bruken og vet best hva som er praktisk gjennomførbart.

Vi har under forprosjektet vært i kontakt med informanter som har henvist oss til viktig litteratur fra tidligere oppgaver, artikler og foredrag, og vil benytte oss av dette i oppgaven.

### 5.2. Metodekritikk

Ved å benytte kvalitativ metode er det mulig at vi går glipp av aktuell informasjon om temaet. Som et resultat av at vi benytter snøballmetoden kan dette føre til at relevante informanter ikke kommer med, dersom de ikke er innenfor deres kontaktnettverk.

Ettersom noen av informantene jobber i sivile, kommersielle firmaer er det mulig de ønsker å selge seg og sitt produkt. Dette kan føre til at informasjonen styres i en retning, og hindrer oss i få en objektiv fremstilling av mulighetene med LiDAR. Informasjonen vi får fra litteraturen vil vi sette opp mot de forskjellige informantene. På tross av enkelte svakheter, ser vi det som klart mest hensiktsmessig å benytte denne metoden.

---

<sup>3</sup> "Introduksjon til samfunnsvitenskaplig metode" Johannessen, Tufte, Kristoffersen, 2004, s 109

<sup>4</sup> "Hvordan gjennomføre undersøkelser?" Jacobsen, 2005, s 129

<sup>5</sup> "Hvordan gjennomføre undersøkelser?" Jacobsen, 2005, s 130



## 6. AVGRENSNINGER OG RESSURSBRUK

Som en overordnet avgrensning har vi valgt å fokusere oppgaven til å omhandle Hæren som bransje i Forsvaret.

Under følger avgrensninger vi har satt for å begrense omfanget og sørge for et godt produkt som samsvarer med problemstillingen.

- Vi har fått LAS-filer fra FMGT som dekker Troms og Hedmark fylke. Vi vil fokusere på området Rena leir i Østerdalen, og analysene vi gjør vil derfor dekke dette området.
- For å kunne sammenlikne data fra laserskanning med dagens datagrunnlag som høydemodeller og ortofoto, vil vi benytte data samlet inn ved bruk av luftbåren plattform. Ved luftbåren plattform forenkler vi ikke bare omfanget, men vi anser dette som den mest aktuelle løsningen for Hæren sitt bruksområde.
- For å sikre at oppgaven samsvarer med realistiske løsninger har vi valgt å fokusere oppgaven på hva som er økonomisk forsvarlig og praktisk gjennomførbart. Dersom vi hadde undersøkt muligheten for daglig skanning med fly over et området, for eksempel å undersøke jordforandringer for å avdekke IEDer eller finne spor i snøen, ville ikke dette latt seg gjennomføre i realiteten. Økonomisk sett hadde dette vært alt for dyrt, og prosesseringen hadde tatt for lang tid.
- Som et resultat av at vi ønsker å vise hva slags muligheter som kan åpne seg med LiDAR har vi valgt å vise bredden av mulige produkter som kan fremstilles. Vi har derfor valgt bort alternativet å gå i dybden på en metode eller ett produkt.
- Vi velger å ikke se på det tekniske aspektet med laseren og hvordan en skanning blir gjennomført i praksis. Vi vil forklare hvordan dette foregår, men vi vil ikke ha fokus på dette i oppgaven.

### 6.1. Økonomi

Mye av ressursene vi trenger tilgang til finnes allerede på Krigsskolen i dag; Personell med fagkompetanse om temaet, veiledere, noe litteratur og hjelpemidler. Derfor har vi ikke behov for så mye midler, men vi har satt opp et foreløpig budsjett over det vi likevel kan komme til å trenge:

Anskaffelse av faglitteratur	1000 kr
Reiseutgifter	4000 kr
Påskjønnelse til BLOM ASA	1000 kr
Endnote lisens/program	? kr

## 7. ORGANISERING

Hovedoppgaven vil bli skrevet av en gruppe bestående av to personer; Even Ingjær og Fredrik R. Narum. Even Ingjær har tidligere erfaring som kanonkommandør i Artilleribataljonen og Fredrik R. Narum som stormingeniør i Ingeniørbataljonen. Vi avslutter nå vårt 5. semester på Krigsskolens ingeniørutdanning med fordypning innen militær geografi, og skal i 6. semester skrive hovedoppgaven som omhandler temaet LiDAR. Vi kommer i all hovedsak til å benytte "MilGeo-labben" som arbeidsrom der vi kan diskutere og bearbeide informasjon.

Ettersom gruppen kun består av to personer velger vi å ikke ha noen ansvarsfordeling innad i gruppen. Fremdriften i oppgaven vil bli sikret ved kontinuerlig dialog mellom gruppemedlemmene. Den praktiske innsamlingen av informasjon og bearbeiding vil foregå som gruppearbeid, mens dokumentasjon og rapportskrivning vil i større grad foregå individuelt. Ved kontinuerlig dialog og diskusjon vil vi kvalitetssikre arbeidet. Vi har satt opp en overordnet fremdriftsplan, og vil benytte denne for å sikre en god fremdrift og forsikre oss om at vi overholder milepæler. Vi har valgt å ikke sette opp en detaljert fremdriftsplan ettersom denne fort kan bli utdatert, og velger isteden å basere oss på jevnlig fremdriftsmøter.

### 7.1. Suksesskriterier

Ved å arbeide disiplinert og målrettet, samt å ha dialog og konstruktive diskusjoner internt i gruppen, vil vi sikre effektivt og godt prosjektarbeid. Siden temaet er teknisk krevende vil vi også sørge for at vi opprettholder god dialog mellom informanter og veiledere slik at vi kan benytte oss av kunnskapen og erfaringen deres i størst mulig grad. Vi vil jobbe jevnt med oppgaven for å unngå at arbeid utsettes til slutten av skriveperioden. Til slutt vil vi tilstrebe å være ferdig med oppgaven en uke før innleveringsfristen for å sikre grundig gjennomlesing og språkvask før oppgaven leveres inn.

### 7.2. Veiledere

Hovedveilederen vår i prosjektet er Ragnar Øien, med Halvard Bjerke som faglig veileder. Ragnar Øien har bred erfaring som MilGeo-operatør i Hæren, og kjenner godt til hvilke områder som bør forbedres i forhold til dagens grunnlagsdata og produkter. Halvard Bjerke har tidligere skrevet en masteroppgave<sup>6</sup> om bruk av LiDAR til ajourhold av arealressurskartet AR5, og hans kompetanse innenfor LiDAR skanning vil være til stor hjelp når det kommer til systemets bruksområder og praktiske innsamling. Vi vil ha et tett samarbeid med veilederne under hele prosjektperioden for å kvalitetssikre av vi er på rett vei.

---

<sup>6</sup> "Bruk av laserdata ved ajourhold av arealressurskartet AR5", Bjerke, 2011, Universitetet i Ås



# 8.FREMDRIFTSPLAN

## Fremdriftsplan og Milepæransvarskart

Versjon 1, dato 21.12.11

Prosjekt: Hovedprosjekt  
Even Ingjær, Fredrik R. Narum

A = Ansvarlig  
B = Beslutningsmyndighet  
U = Utfører arbeid  
F = Fremdriftsansvarlig  
R = Må rådspørres  
I = Må informeres  
r = Kan tilkalles for diskusjon

Milepæler	Dato	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Even Ingjær	Fredrik R. Narum	Ragnar Øien	Ekstern
Levert inn forprosjekt			◆																						
Litteratur og datainsamling fullført																									
Intervju av informanter																									
Endelig problemstilling utarbeidet																									
Siste utkast ferdig																									
Kvalitetssikring gjennomført																									
Levert inn hovedoppgave																									

# BRUK AV “LAS” FILER I ARCGIS

Denne artikkelen gir en innføring i hvordan man med ArcGIS + 3D Analyst fra ESRI kan utnytte de verdifulle data som etableres som LAS. Laserdata er store filer, og det kreves kunnskap og godt verktøy for å hente ut verdien av dataene.

## Innhold

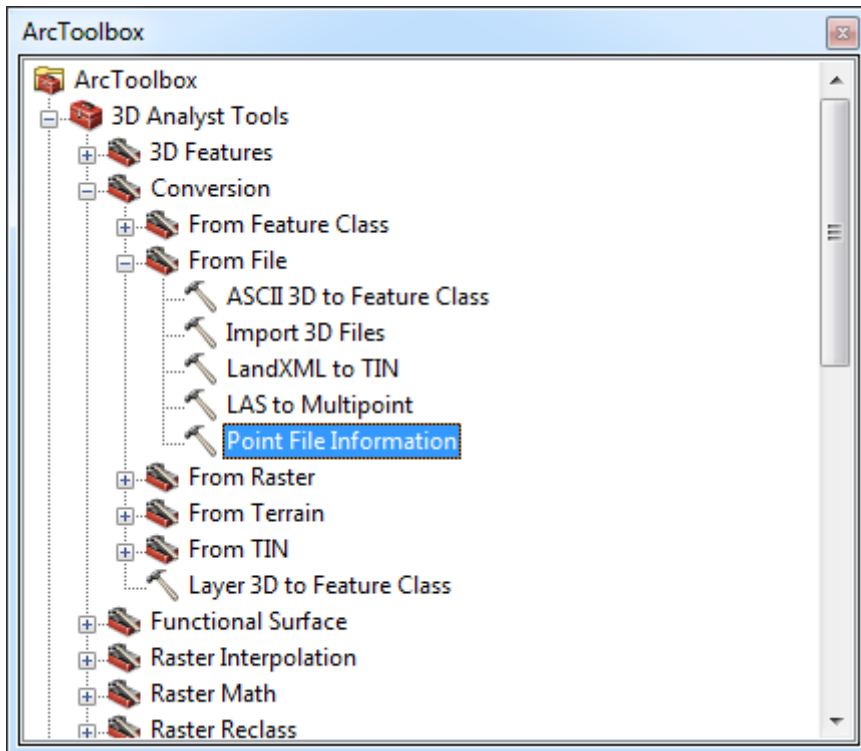
Steg 1: Skaff deg oversikt over dine laserdata .....	2
Steg 2: Konverter laserfilen til multipoint .....	3
Steg 3: Lag Terrain .....	6
Steg 4: Konverter Terrain til raster .....	8
Steg 5: Legg på skygge for å få 3D effekt.....	10
Aktuelle kurs.....	12
Nyttige linker: .....	13

Denne artikkelen gir en innføring i hvordan man med ArcGIS + 3D Analyst får benyttet laserdata i ArcGIS og generert nyttige produkter som overflatemodell og bakkemodell. Laserdata er store filer, med mengder av verdifull informasjon. Laserdata i dette eksemplet er lånt fra Stavanger kommune for å demonstrere hvordan laserdata kan benyttes i ArcGIS.

Disketten fra Stavanger kommune inneholdt 4 GB med 85 las-filer. Hver las-fil varierte i størrelse fra 0 – 120 MB.

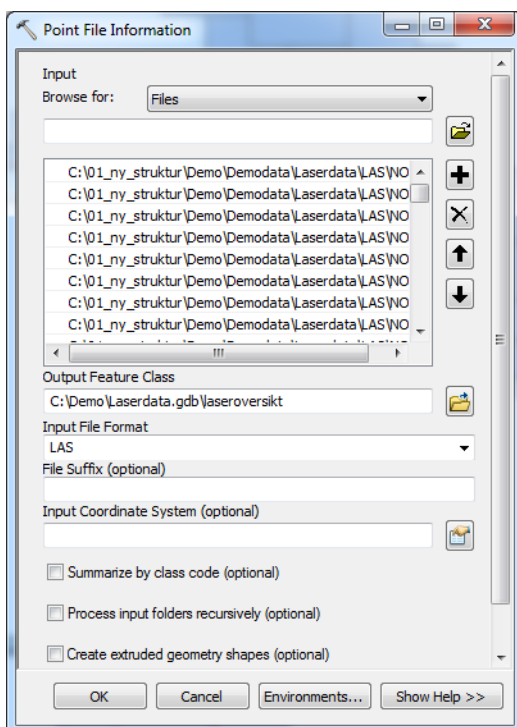
## Steg 1: Skaff deg oversikt over dine laserdata

I 3D Analyst finnes det et verktøy som heter **Point File Information**. Dette verktøyet gir deg en rask oversikt over utstrekningen til hver enkelt las-fil.



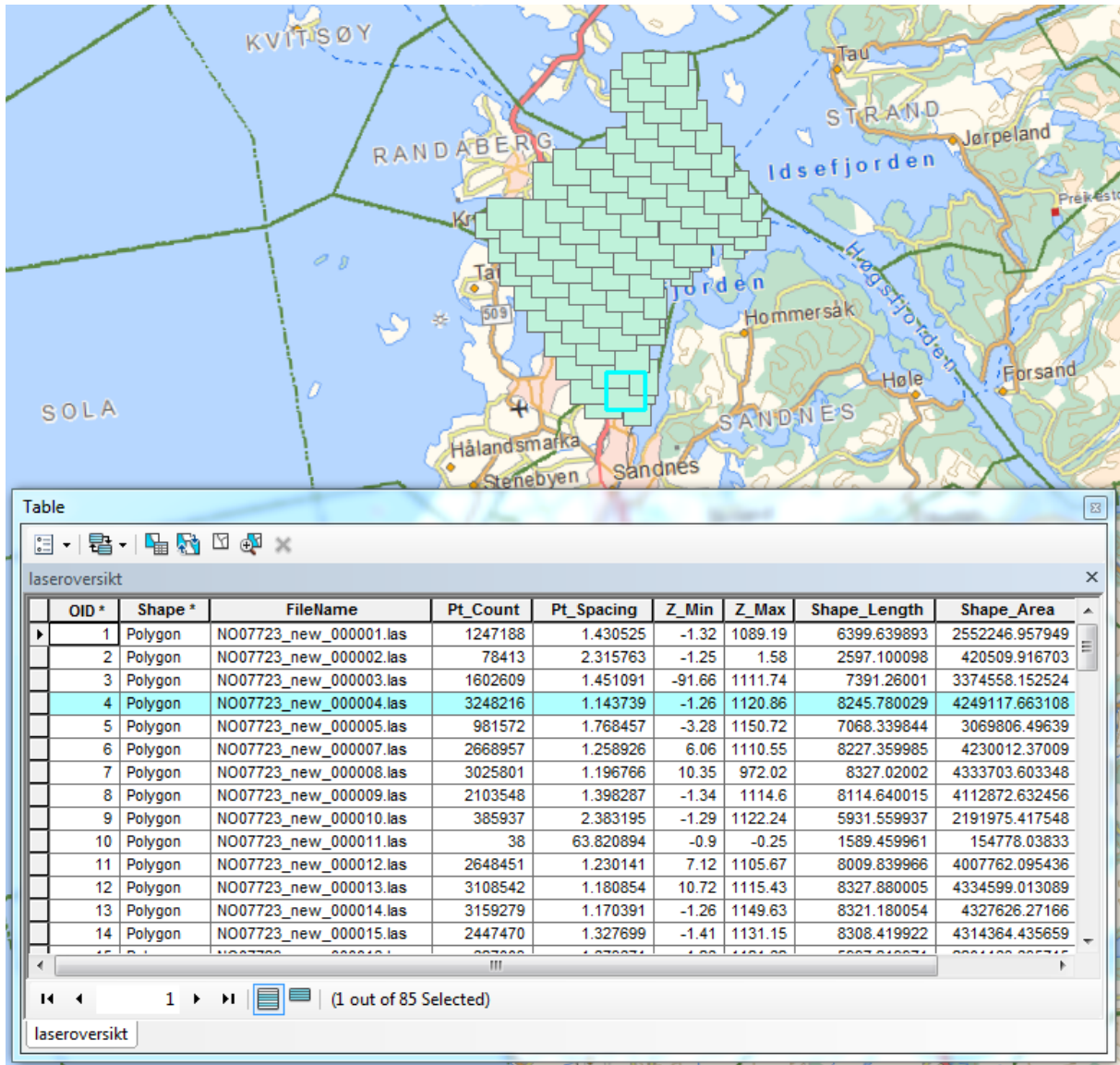
Alle 84 las-filene leses inn i dialogen “Point File Information” og ny Output Feature Class benevnes. Kaller den nye geodatabasen for laserdata og den nye featureklassen laseroversikt.

Input filformat blir selvfølgelig LAS





Trykker OK og jobben er ferdig i løpet av 19 sekunder. En featureklasse med polygonobjekter som viser dekningsområdet for hver lasfil blir dannet. Objektene har forskjellige egenskaper, f.eks. antall laserpunkter innenfor polygonet, gjennomsnittlig avstand mellom punktene, maksimum og minimum z verdier og navn på las-fil.

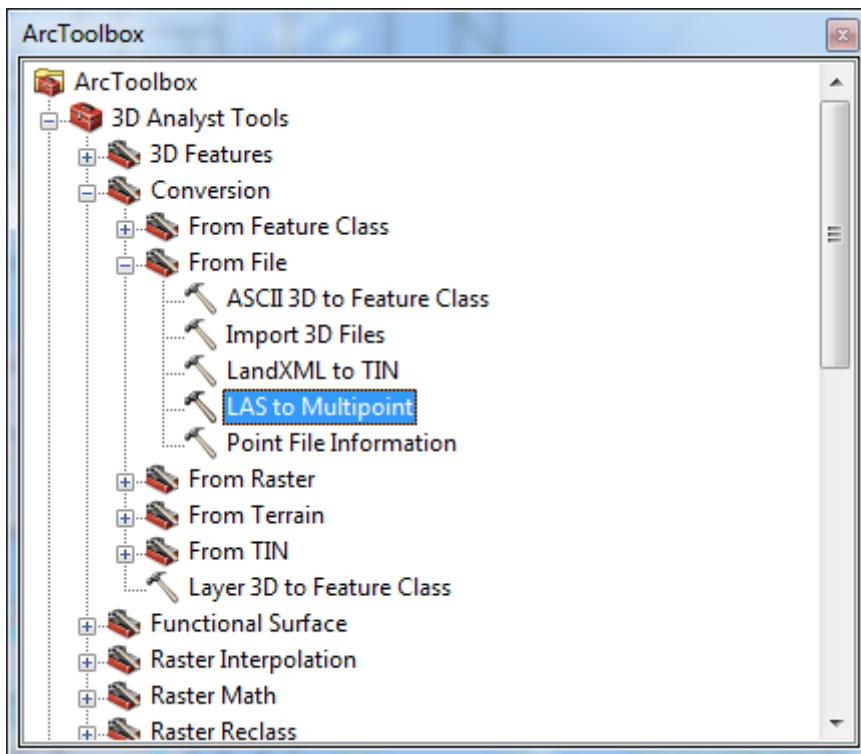


Gjennomsnittlig avstand (Average point spacing) er listet i egen kolonne for hver LAS fil. Et gjennomsnitt av denne kolonnen er et godt utgangspunkt for videre behandling. Ikke benytt ekstreme utslag, her 63 på en av filene.

Hvis man ønsker å finne ut hvor mange laspunkter det er innenfor f.eks. 10\*10 meters ruter, så gjøres det med verktøyet Point to Raster etter at vi har fått laget multipoint objekter.

## Steg 2: Konverter laserfilen til multipoint

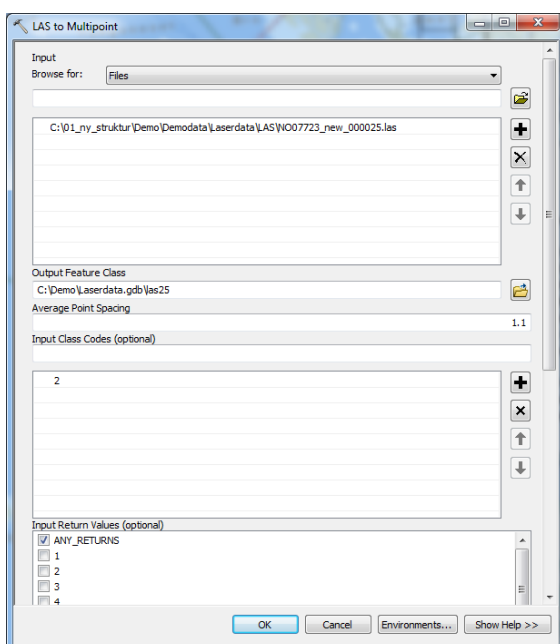
Konvertering av las-filene foretas ved hjelp av verktøyet LAS to Multipoint. Man kan bygge en modell som konverterer mange las-filer samtidig, men test først arbeidsløypen ved å konvertere et par manuelt.

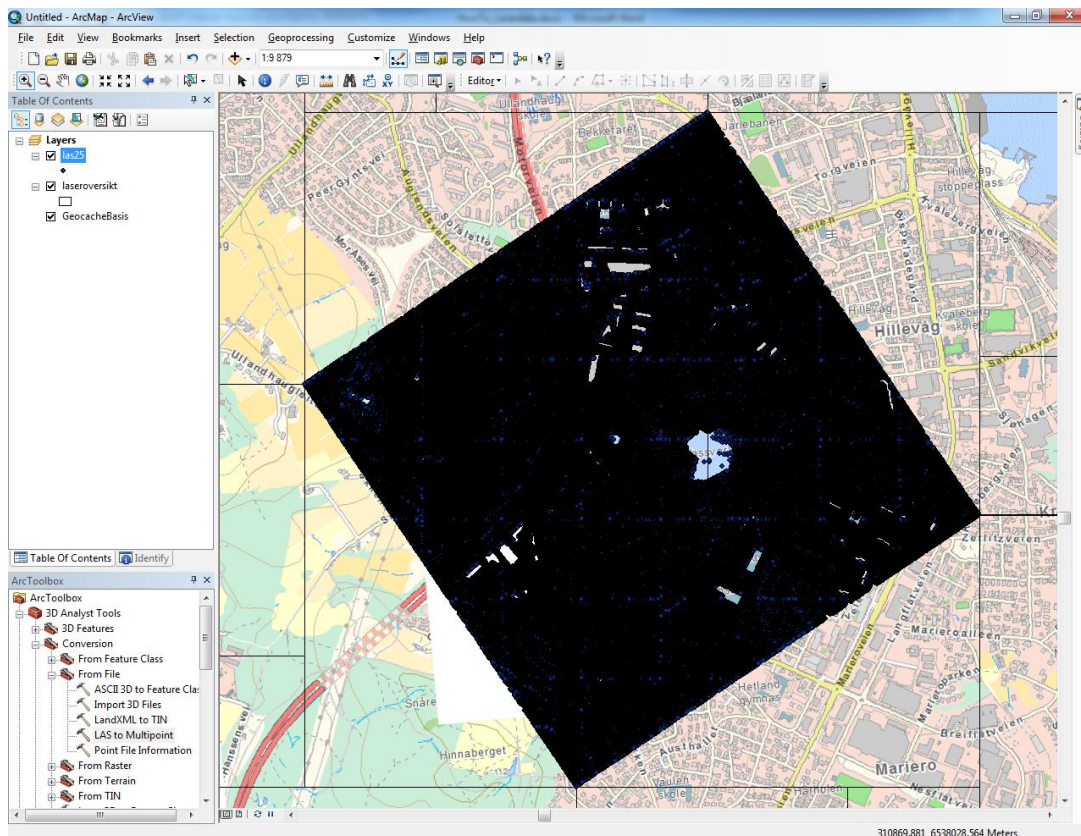


I første omgang skal det lages en multipoint fil som består av bakkepunktene. Bakkepunktene er kodet med verdien 2, og denne verdien brukes som et utvalgsriterium.

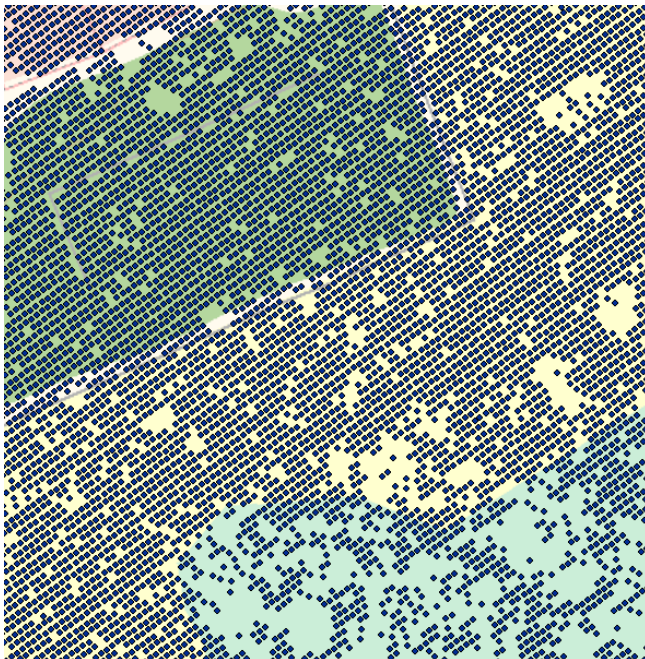
Her er det mange valgmuligheter, så en regel kan være:

Verdien 2 er bakke, og består av *ulike* returnnr. Noen ganger er første retur (1) også bakke. Bakke er derfor kodet med verdi 2 fra leverandør for å forenkle datauttrekk. Viktig å skille mellom ClassCode 2 og Retur 2. Retur 2 kan i noen tilfeller være feks ei grein litt lenger ned på treet enn hva første retur på øverste grein. Således kan bakkepunkt være retur nr 3 eller høyere, men blir da klassifisert i ClassCode2.





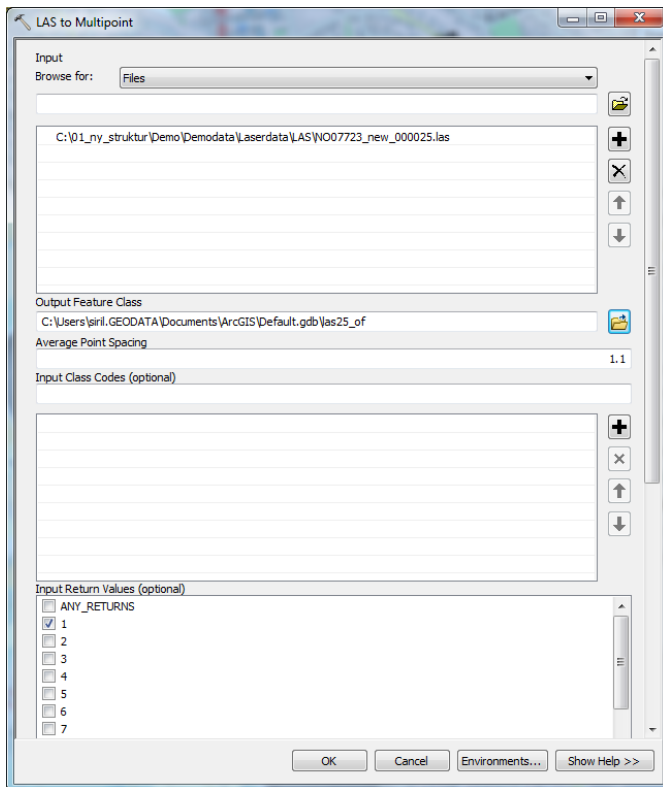
Det blir dannet et nytt lag her kalt "las25", som består av punkter som ligger på bakken eller veldig nær bakken. Det kan være tykt gress eller bakkevegetasjon som blir klassifisert som bakke, men dette er veldig nært bakke.:-) Zoom inn og det blir synlig at laget består av punkter som ligger tett i tett. Noen hull i datasettet kan observeres.



"Hullene" i mønsteret over kan være f.eks vegetasjon eller bygninger, eller andre ting som *ikke* er klassifisert som bakke.

Samme metode benyttes for å lage en multipoint data som består av overflatepunktene. Altså ikke bakkenivå, men toppen av trær, bygninger etc. LAS to Multipoint kjøres igjen på samme laserfil, men nå kun med 1 retur punktene.

Her velges retur 1 fordi dette alltid er øverste punkt, uavhengig av om det er trær, busker eller bakke. I motsetning til forrige dialog der det ble valgt value 2 og any point som da anga bakkepunkt uavhengig av value.



Resultatet er 2 punkt-datasett.

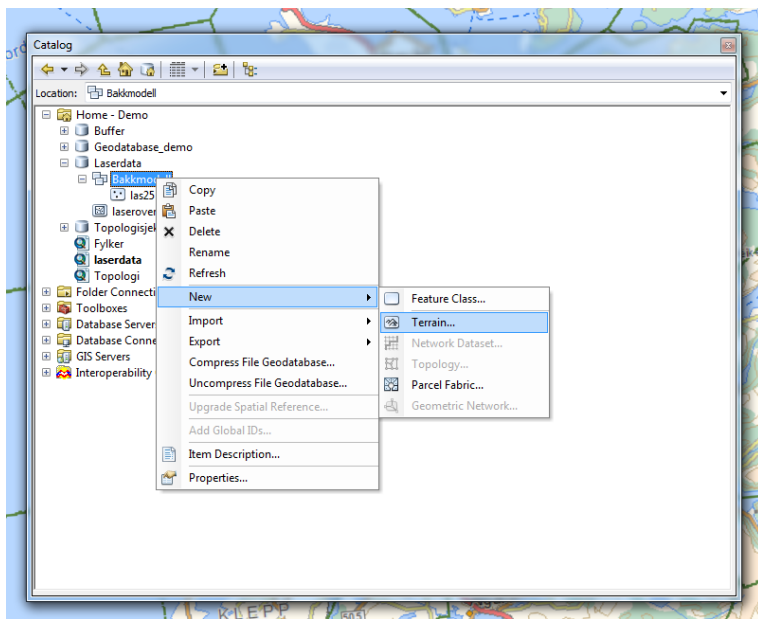
Bakkemodell og overflatemodell.

- Bakkemodell definert av: value 2, any return
- Overflatemodell : ingen value, return 1 (Førsteretur til laseren)

### Steg 3: Lag Terrain

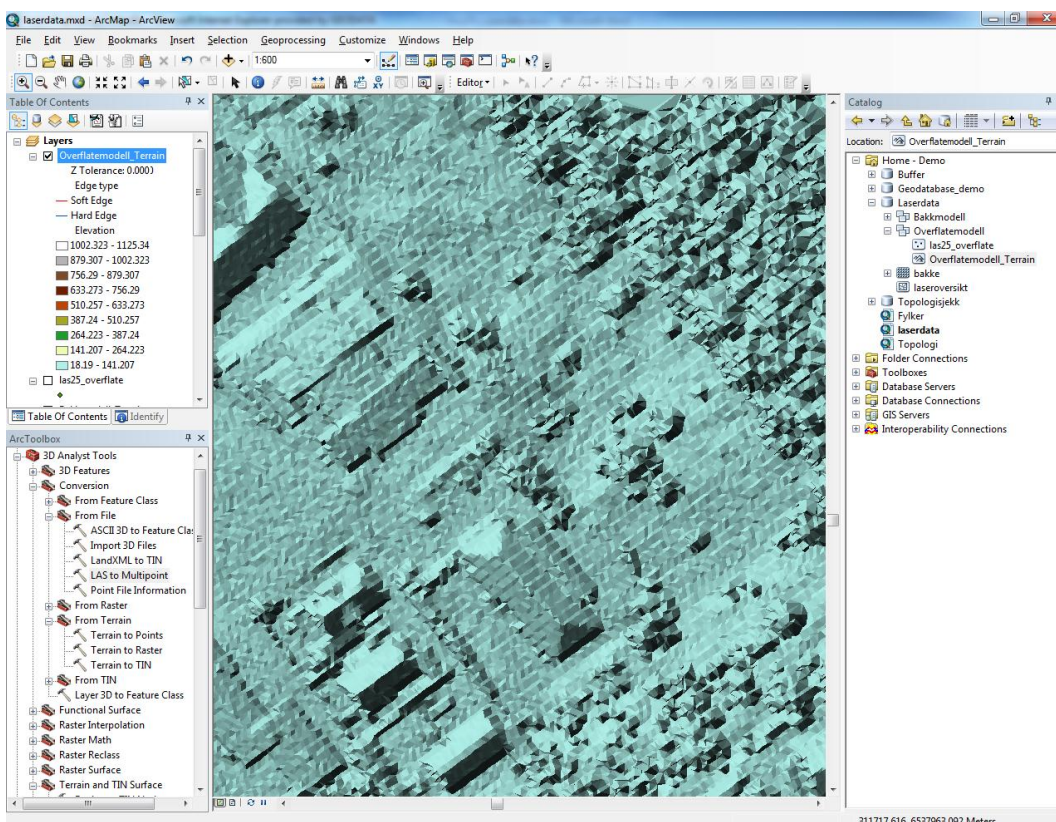
I dette steget lages et Terrain datasett av punktene. Et nytt Feature Dataset opprettes i geodatabasen og punkt featureklassen kopieres inn i dette Feature Datasettet. Deretter velges New -> Terrain.





Et terreng-datasett er et TIN-basert datasett som bruker geodatabase featureklasser som datakilder. Et triangulert uregelmessig nettverk (TIN) er en datastruktur som brukes til å modellere overflater, slik som høyde (fra LAS punktene), som et sammenhengende nett av ikke overlappende trekkanter.

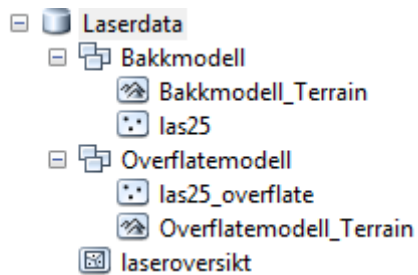
Overflatemodellen som Terrain er ikke fin å se på.



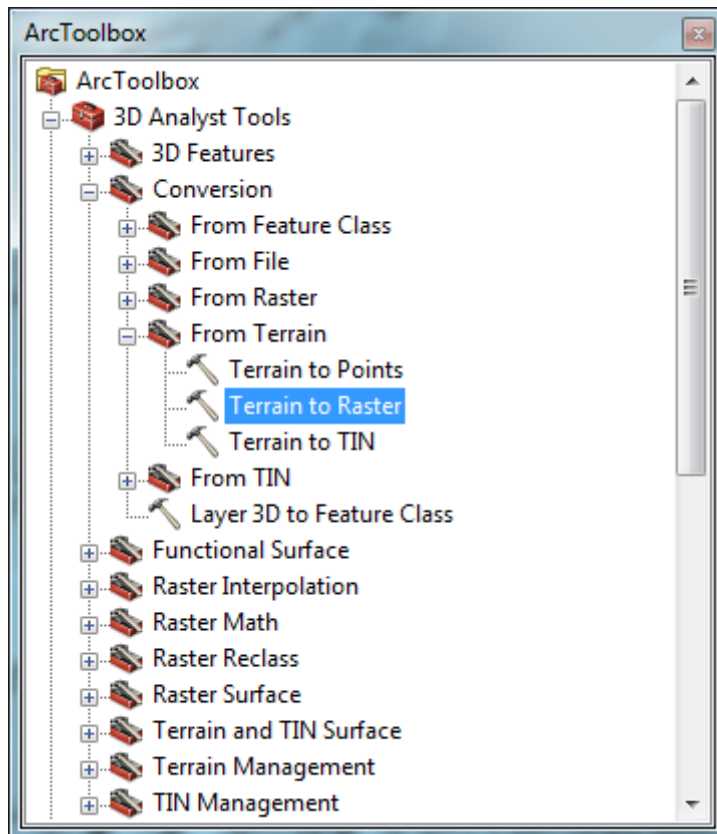
Konverter denne Terrain modellen til raster, for å få en bedre optegning.

## Steg 4: Konverter Terrain til raster

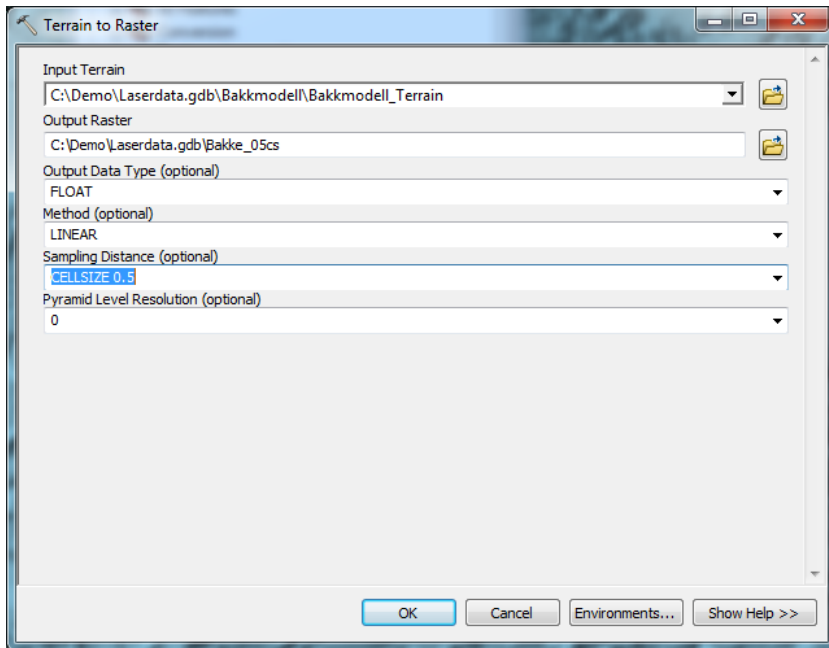
Databasen består nå av bl.a. 2 Terrain (Bakkmodell\_Terrain og Overflatemodell\_Terrain) og disse konverteres til raster.



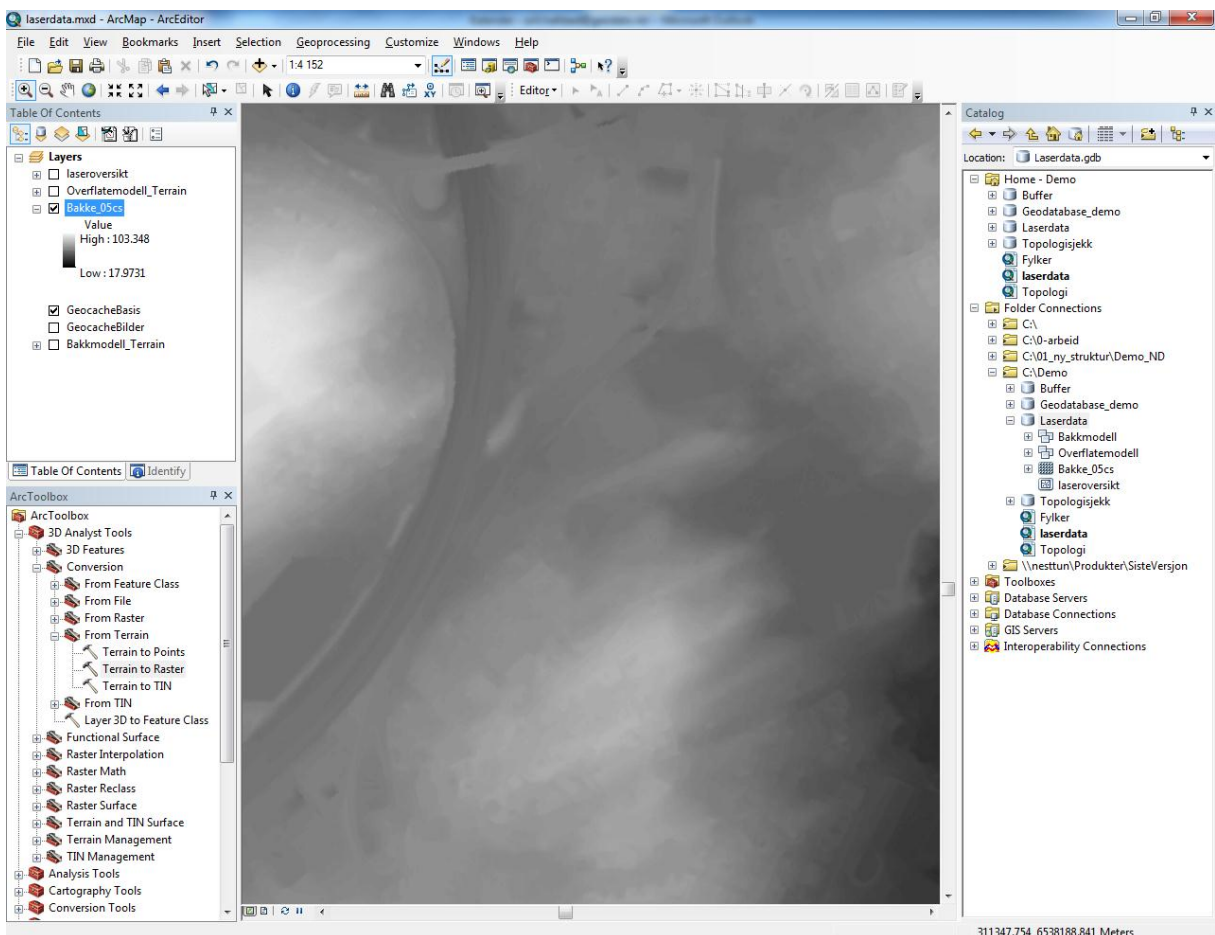
Bruk verktøyet Terrain to Raster til denne oppgaven.



Hvilke cellestørrelse som skal brukes må du eksperimentere litt med. Her er brukt cellestørrelse 0.5 og rasteret benevnes Bakke\_05cs.



Jobben tar litt tid avhengig av størrelsen på modellen. I dette tilfellet ca 2 min.



Slik ser bakkemodellen ut etter at den er generert. Ved å legge på skygge får den en 3D effekt.

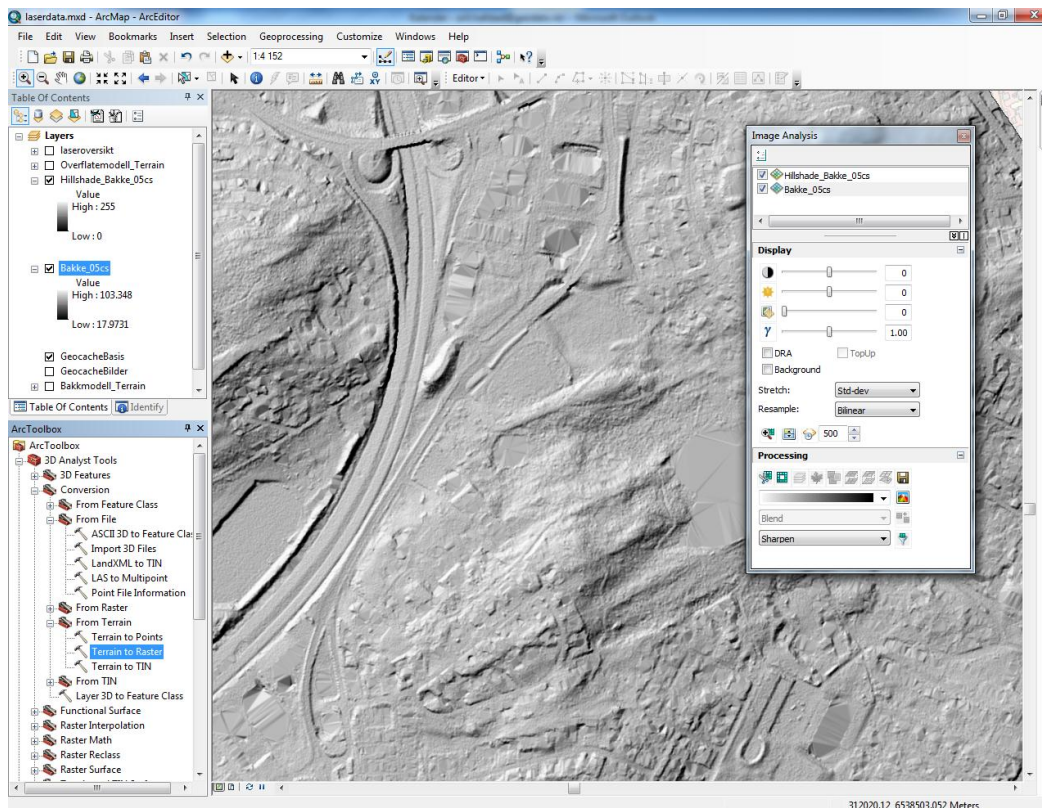


## Steg 5: Legg på skygge for å få 3D effekt

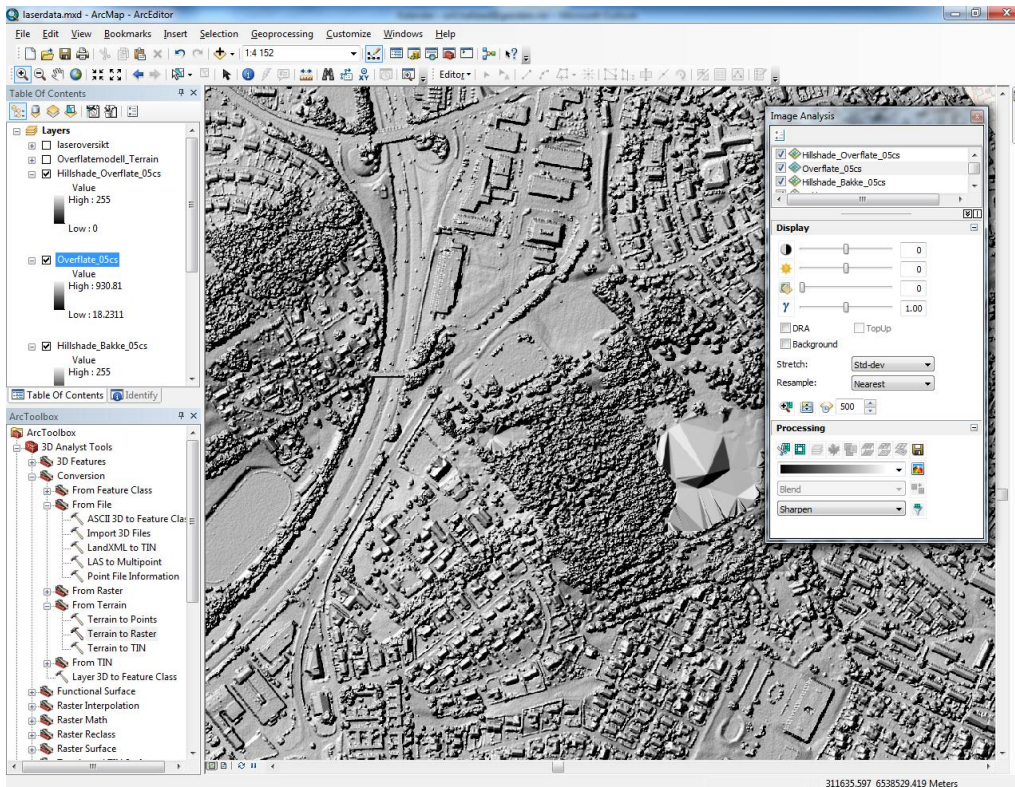
Skygge kan legges på ved hjelp av to tastetrykk i dialogen **Image Analysis**.



Funksjonene i Image Analysis aktiveres under Windows menyen.



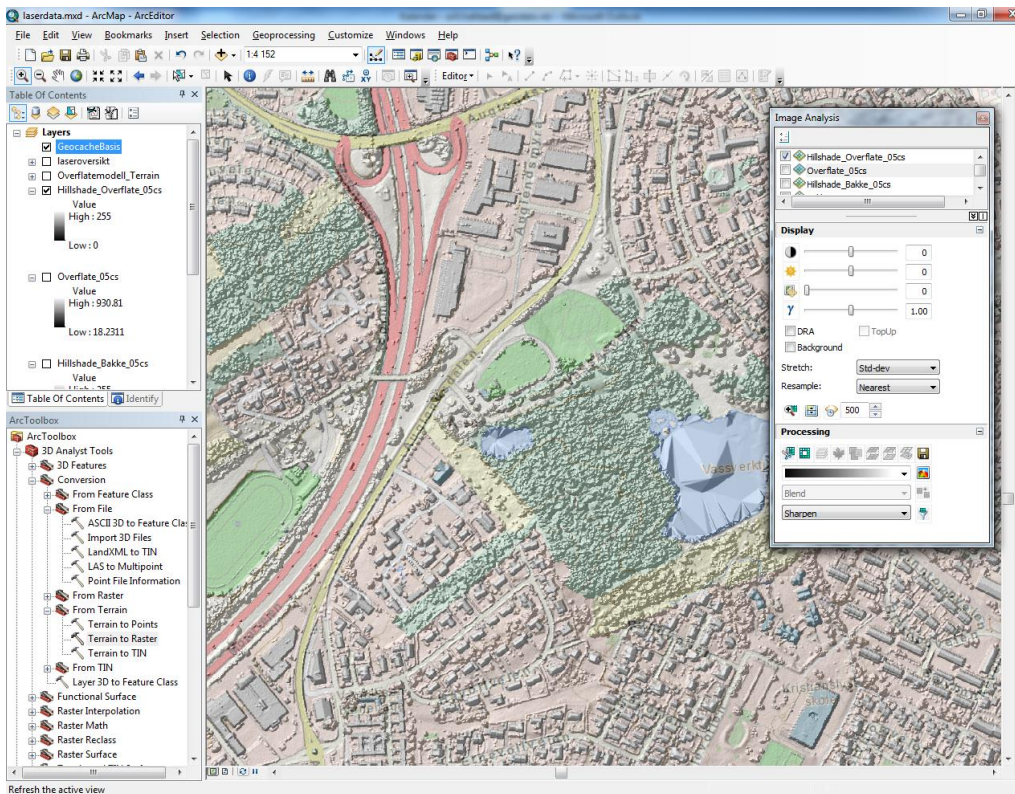
Bruk samme fremgangsmåte for å lage overflatemodellen (med bygninger og vegetasjon):



Den ferdige modellen kan brukes som bakgrunn til grunnkartet for å skape litt liv i kartet.



Som du ser blir det litt rare verdier der hvor laseren treffer vannflata, så dataene kunne med fordel ha blitt vasket mot vannflate datasettet. Du ser også at biler er synlig på veiene.

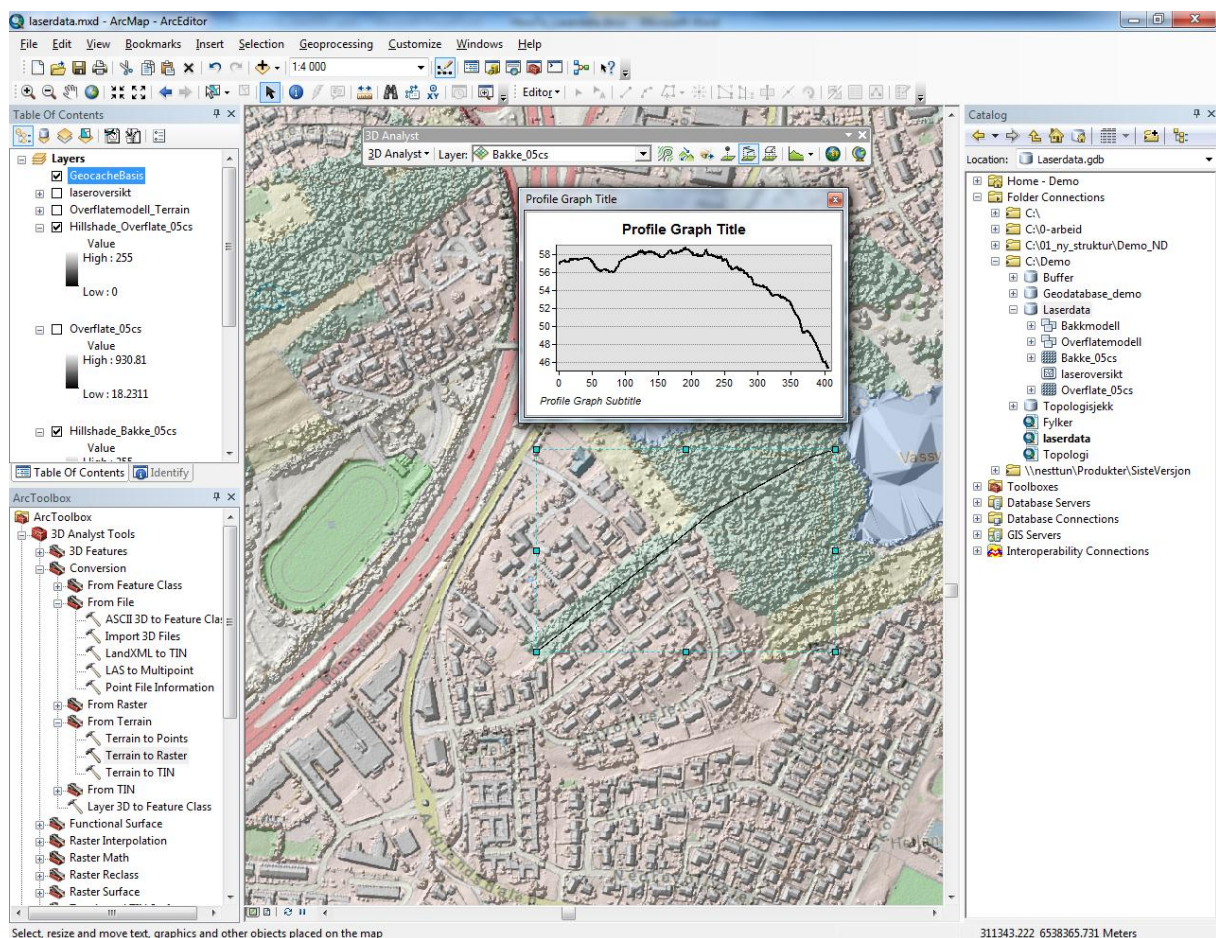




Du har nå lært at laserdata kan hentes inn i ArcGIS på følgende måte:

- Få oversikt over laserdata med verktøyet **Point File Information**
- Konverter laserdata ved hjelp av verktøyet **LAS to Multipoint**
- Generer et Terrain basert på punktskyen
- Konverter Terrain til Raster ved hjelp av verktøyet **Terrain to Raster**
- Legg på skygge på rasteret for å få 3D effekt ved hjelp av vinduet **Image Analysis**

Videre kan du hente rasteret inn i ArcGlobe eller ArcScene, eventuelt gjøre 3D Analyser i ArcMap (se under).



Vi anbefaler kurs for å bli kjent med 3D og raster mulighetene i ArcGIS:

## Aktuelle kurs

- [3D GIS med ArcGIS Desktop](#)
- [Lage og analysere overflater med ArcGIS Spatial Analyst](#)

Lykke til!

## Nyttige linker:

Master oppgave:

[http://www.statkart.no/filestore/Geovekstforum\\_-\\_Ekstranett/Referaterinnkallinger/Master\\_OPPGAVEN.pdf](http://www.statkart.no/filestore/Geovekstforum_-_Ekstranett/Referaterinnkallinger/Master_OPPGAVEN.pdf)

Whitepaper fra Esri:

<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/lidar-analysis-forestry-10.pdf>

Foredrag fra Geodata:

[http://www.geoforum.no/lokalavdelinger/sognOgFjordane/filer/foredrag-fra-lokale-plan-og-kartdagar-2011/gis-analyse-ved-hjelp-av-laserdata/at\\_download/file](http://www.geoforum.no/lokalavdelinger/sognOgFjordane/filer/foredrag-fra-lokale-plan-og-kartdagar-2011/gis-analyse-ved-hjelp-av-laserdata/at_download/file)

Blogg hos Geodata:

<http://www.geodata.no/Geosupport/Geoblogg/ArcGIS-Desktop/Dates/2009/3/Laserdata-i-ArcGIS/>

## **Vedlegg C - Forslag til videre arbeid med LiDAR**

**10.05.2012**

Vedlegget er utarbeidet på bakgrunn av erfaringer gjort under prosjektperioden.

### **Hvordan behandle et laserdatasett i ArcMap 10.1**

Anno 11.mai 2012 har ESRI planlagt å lansere ArcGIS 10.1 i juni 2012. Denne versjonen skal ha full støtte for behandling og analysing av laserdata. En oppgave kan være å undersøke de forskjellige funksjonene i programvaren, samt å vurdere hvordan programvaren kan benyttes for å lage produkter med tilgjengelig laserdata.

### **Sette sammen laserdatasettet over Troms fylke**

På MilGeo-serveren på Krigsskolen ligger et laserdatasett over Troms fylke. Dette laserdatasettet er delt opp i mange undermapper, og slik det er strukturert i dag er det uoversiktlig og vanskelig å benytte. En oppgave kan derfor være å sammenfatte disse laserdataene til høydemodeller i et rasterformat. Da gjerne to utgaver, en terrengmodell og en overflatemodell. En utfordring med laserdatasettet er at de på noen områder inneholder store tomrom. Dette er en utfordring fordi det ikke er mulig å produsere en sammenhengende modell, men det kan likevel være interessant for MilGeo-miljøet i Nord-Norge å ha høydemodeller med bedre oppløsning av områder der det er mulig.

### **Benytte LiDAR til "Euclidean Distance"**

MilGeo-operatører blir ofte spurt om å si noe om fremkommelighet. Verktøyet "Euclidean Distance" kan brukes til dette. Dette verktøyet vurderer helning på terrenget og ut ifra dette foreslår den mest kostnadseffektive ruten. En mulig oppgave vil være å gjennomføre en slik analyse der en høydemodell basert på laserdata blir sammenliknet med dagens 10 meters DTM, og vurdere hvilke resultat som blir mest hensiktsmessig.

### **Hvordan modellere et terreng tredimensjonalt**

Studien *Towards rapid modelling of urban areas* tar for seg hvordan det er mulig å benytte egenskapene i et laserdatasett til å modellere og visualisere terreng og bebyggelse i 3D. Alternativet i dag er å benytte Google Sketchup til tredimensjonal visualisering. En aktuell oppgave vil være å sammenlikne hvordan laserskanning kan benyttes til modellering i stedet for Google Sketchup.

### **Kartlegge hvordan det er mulig å kombinere helirek med laserskanning**

Helikopterrekognosering blir i dag gjennomført ved at et helikopter flyr samtidig som fotografer tar bilder av aktuelle områder, akser eller bygninger. Fordi helikopterrekognosering blir gjennomført der det er tiltenkt å sende inn egne styrker, kan det være aktuelt å vurdere bruken av laserskanning kombinert med en helikopterrekognosering. Dersom helikopterrekognosering kan bli gjennomført med en laserskanner montert på undersiden, vil dette muligens bidra til forbedret beslutningsgrunnlag. En laserskanning vil da kunne bidra til å få bedre terrengmodeller over et spesifikt område, vise skjulte egenskaper ved terrenget, og eventuelt benyttes i endringsdeteksjon for å avdekke om det har skjedd forandringer i fiendens posisjoner, infrastruktur eller lignende. Oppgaven kan vurdere mulighetene for å montere en laserskanner på helikopteret, og vurdere de økonomiske og praktiske aspektene ved dette.

### **Vurdere mulighetene for å benytte LiDAR til endringsdeteksjon**

I masteroppgaven til Halvard Bjerke blir det sett på hvordan laserskanning kan brukes for å detektere endring slik at arealressurskart kan vedlikeholdes. Dette har overføringsverdi til forsvarssammenheng. Det kan være interessant å se om det er mulig å detektere militære kjøretøy eller en motstanders utgruppering. Gruppen har også fått informasjon via åpne kilder at det amerikanske forsvaret vurderer å ta i bruk laserskanning for å avdekke eventuelle IED-er som er blitt nedgravd.