



Rapport Miljøovervåking 03/06

# Flybåren laserskanning og kulturminner i skog

Et pilotprosjekt

Ole Risbøl, NIKU

Arnt Kristian Gjertsen, NIJOS

Kjetil Skare, Hedmark fylkeskommune

**NIKU**

 **NIJOS**  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

  
**HEDMARK**  
FYLKESKOMMUNE



---

# Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	2
1.1 Bakgrunn .....	2
1.2 Målsetning med pilotprosjektet .....	3
1.3 Testområdet.....	3
2. Lidar .....	6
2.1 Metoden.....	6
2.2 Datasett .....	7
3. Resultater .....	8
3.1 Påvisning og typebestemmelse .....	9
3.1.1 Antall bakketreff pr. kvadratmeter .....	14
3.1.2 Økt punkttetthet.....	19
3.2 Digital påvisning og typebestemmelse .....	22
3.3 Stedfesting.....	26
4. Konklusjon.....	28
5. Formidling.....	29
6. Referanser.....	29
Vedlegg A.....	31
Vedlegg B.....	32

## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

NIKU, NIJOS og Hedmark fylkeskommune har i fellesskap gjennomført et pilotprosjekt med formål å prøve ut flybåren laserskanning som metode til registrering av kulturminner i skog. Deltakere i prosjektet var Ole Risbøl, NIKU, Arnt Kristian Gjertsen, NIJOS og Kjetil Skare, Hedmark fylkeskommune med Risbøl som prosjektleder. Prosjektet ble gjennomført med finansiell støtte fra Riksantikvaren.

I forvaltningen av faste kulturminner og kulturmiljøer er det viktig med gode registre slik at det kvalitative omfanget av kulturminner er kjent og at kulturminnene har sikker stedfesting. Pr. i dag er de eksisterende kulturminneregistrene langt fra tematisk og geografisk dekkende. Skog og utmark er den delen av vårt landskap hvor oversikten over kulturminnebestanden er dårligst. Dette skyldes bl.a. at de nasjonale, systematiske kulturminneregistreringene, som ble gjennomført fra tidlig på 1960-tallet til slutten av 1980-tallet, i hovedsak ble konsentrert til innmarksområder (Skjelsvik 1978, Harby 2003). Dessuten er en først blitt kjent med det store omfanget av kulturminner i skog og utmark gjennom de omfattende arkeologiske prosjektene som er gjennomført de siste par årtier på Østlandet (Jacobsen & Larsen 1992, Narmo 2000, Risbøl 2005). Det er dermed store arealer hvor en ikke har den nødvendige oversikten som skal til for en forsvarlig forvaltning av kulturminner i skog og utmark.

I tillegg til at forvaltningen ikke har tilstrekkelig god oversikt til å ivareta sitt ansvar, er det slik at økt mekanisering og effektivisering av skogsdriften kombinert med flere krav fra sentralt hold om å ta hensyn til miljøverdier, oppleves av mange grunneier som en stor utfordring. Ansvar som grunneiere blir pålagt, fører i visse tilfeller med seg konflikter som ofte kan knyttes til manglende oversikt over miljøverdier i egen skog. Som eier av arealer med mange kulturminner påligger det grunneier et stort ansvar for at skogsdriften foretas på en bærekraftig måte som ivaretar miljøverninteressene og skjer innenfor de gitte juridiske rammene. Kulturminner ødelegges og skades jevnlig i strid med kulturminnelovens bestemmelse om automatisk fredning (Stenvik 1992, Risbøl in press). Dette skjer av og til med viten og vilje, men i skogsområder i hovedsak fordi man ikke har kjennskap til kulturminnebestanden på egen eiendom pga. den mangelfulle kartleggingen.

---

I den løpende arealplanforvaltningen er det også problematisk med mangelfull oversikt over kulturminnebestanden i store deler av landskapet. På grunn av gode økonomiske konjunkturer er det for tiden et stort arealpress knyttet til hytteutbygging i skog- og utmarksområder. Det kan også nevnes at mange utbyggingstiltak i bynære pressområder legges til skogområder pga. et sterkt jordvern (Swensen et al. 2004). I motsetning til skogavvirking blir utbyggingsprosjekter gjennomført etter Plan- og bygningsloven, og kulturminner som berøres fanges i hovedregelen opp som en del av den generelle saksbehandlingen og undersøkelsesplikten som pålegges av kulturminneloven. Derimot er arealplaner som berører kulturminner i skog- og utmarksområder vanskelige å vurdere på kommune- og kommunedelplannivå. Vanligvis fanges de største konfliktene opp på disse mer overordnede nivåene, men det forutsetter gode registreringer. I tillegg til nødvendigheten av gode registreringer som en forutsetning for god forvaltning, er det også i forskningssammenheng behov for mest mulig dekkende, pålitelige og ajourførte data.

Kulturminneregistrering i skog- og utmarksområder er tid- og ressurskrevende, og det jobbes stadig med å rasjonalisere kartleggingsarbeidet, bl.a. ved bruk av ny teknologi i registreringsarbeidet (Risbøl et al. 2002). Landbruksmyndighetene satser på å integrere kulturminneregistreringer i den pågående kartleggingen og takseringen av skogeiendommer gjennom prosjektet Miljøregistreringer i skog (Harby 2003).

Vi så et stort potensial i flybåren laserskanning for å påvise og kartlegge kulturminner fra lufta. Flybåren laserskanning som fjernmålingsmetode er relativ ny og brukes bl.a. ved volumberegning av skog, projektering av høyspenttraséer, samt kartlegging og utarbeidelse av terrengmodeller til bruk innenfor næringsrettet virksomhet. Metoden er under stadig utvikling og bruksområdene økes i takt med denne. Så vidt oss bekjent har flybåren laserskanning ikke vært brukt i arkeologiens tjeneste i Norden, mens enkelte arkeologer i for eksempel England og Tyskland så smått er begynt å se på metodens anvendelighet i arkeologien. Så langt har flybåren laserskanning vært anvendt til digital kartlegging av kjente anlegg som Stonehenge og borganlegg, mens forsøk med å bruke den i skog så langt er svært begrenset. Nylig ble metoden testet ut i forhold til fossile dyrkingsspor i et skogsområde sør i Tyskland (Sittler 2004), og i England har man i et prosjekt kartlagt kulturminner i Forest of Dean (Devereux et al. 2005). Resultatene av disse testene var svært lovende, og viser at metoden har et stort potensial i forhold til å lette arbeidet med å få oversikt over synlige kulturminner i skog.

## **1.2 Målsetning med pilotprosjektet**

Hovedmålet var å prøve ut flybåren laserskanning som metode for stedfesting og typebestemmelse av kulturminner i skog. Målgruppene for prosjektet er først og fremst skogeiere, skogforvaltningen og kulturminneforvaltningen som alle vil kunne ha nytte av bedre oversikt over kulturminnepopulasjonen i skogen de har ansvar for å forvalte. Implementeringen av metoden vil på sikt også kunne gavne kulturminneforskningen.

Det er mange problemstillinger som er aktuelle å belyse gjennom et slikt pilotprosjekt, men vi valgte bevisst å forholde oss til tre enkle målsetninger og i første omgang fokusere på metodens anvendelighet i forhold til:

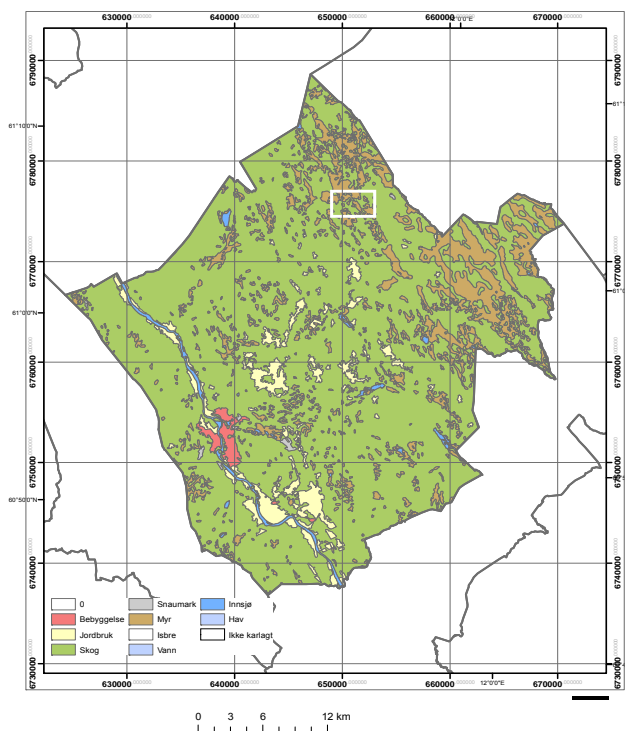
1. påvisning
2. stedfesting
3. typebestemmelse

## **1.3 Testområdet**

Ved utvelgelse av testområde ble forskjellige alternativer vurdert, men vi valgte til slutt et område nord i Elverum kommune nær grensen til Åmot kommune (**figur 1**).

Det valgte området ble ansett som spesielt velegnet for pilotprosjektet da deler av området var gjenstand for systematiske arkeologiske registreringer gjennomført av NIKU på vegne av Hedmark fylkeskommune og Forsvarsbygg. Disse registreringene ble utført i forbindelse med etableringen av standplasser knyttet til forsvarets nye øvelsesområde Gråfjell eller Regionfelt Østlandet (RØ), som ligger litt nord for vårt testområdet i Åmot kommune. I testområdet har vi dermed god oversikt over kulturminnetyper og i hvilket omfang de forekommer. De registrerte standplassområdene utgjør dermed referanseområder som kan sammenholdes med tolkninger av data fra laserskanningen av de tilstøtende områdene hvor kulturminnebestanden er ukjent.

Fire mindre standplassområder (125 daa, 125 daa, 200 daa, 3000 daa) ble registrert av NIKU i 2002 og 2003 (Risbøl 2002, 2003). Områdene ligger i et småkupert, til dels flatt terreng dominert av barskog med noe innslag av bjørk. Skogen veksler mellom tett granskog og mer åpen furuskog. Stedvis er det hogstflater og store myrpartier. Innenfor det største området er høydeforskjellen 60 m (fra 500 – 560 moh). I de to minste områdene ble det kun funnet én kullgrop, mens kulturminnetettheten var ganske stor i de to største områdene. Begrunnelsen for å laserskanne dette området var at tolkningene av laserdataene kunne sammenlignes med feltregistreringene i området.



**Figur 1. Elverum kommune med forsøksområdet tegnet inn som hvit rektangel.**

Områdets geografiske avgrensning er oppgitt med koordinater i tabellen under (**tabell 1**).

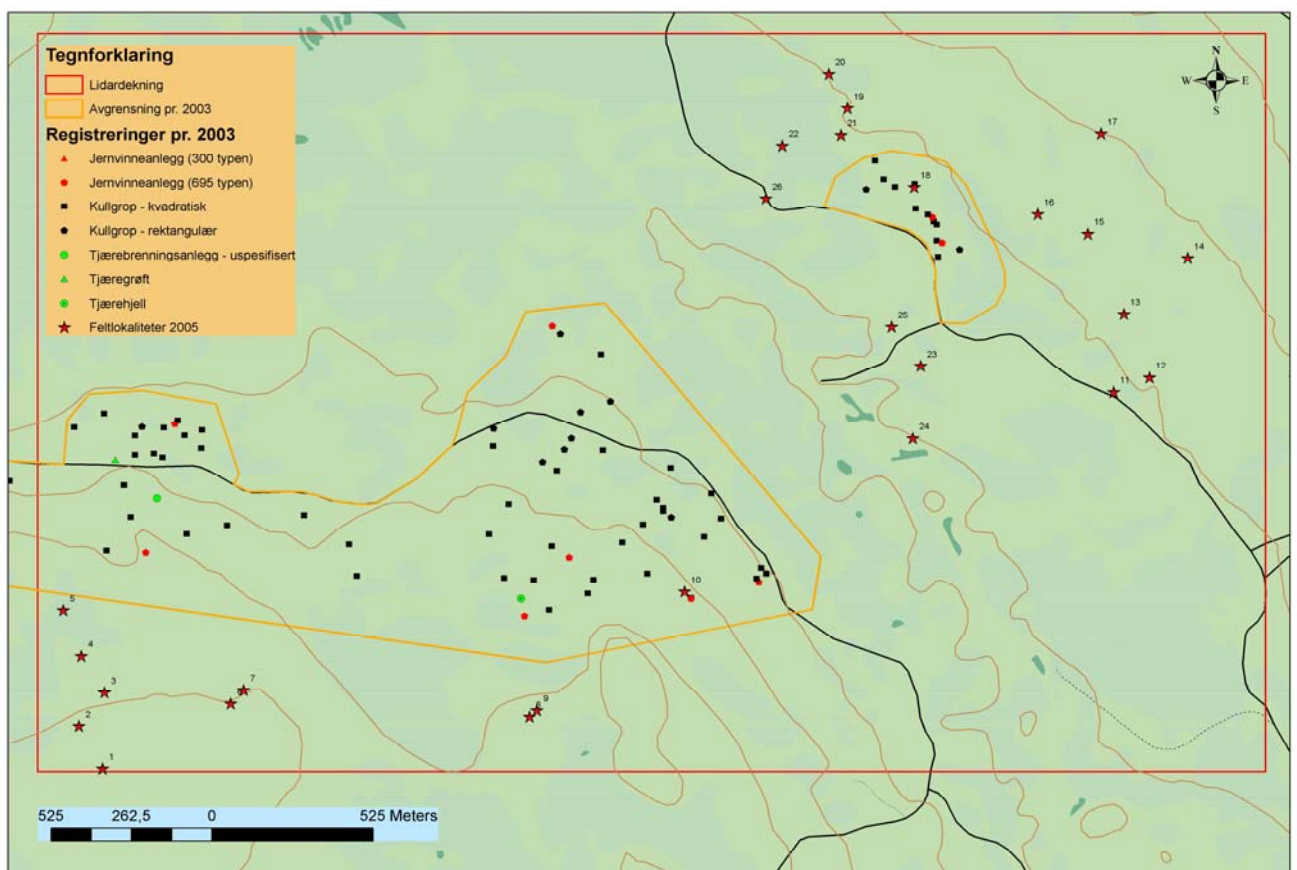
**Tabell 1. Koordinater (UTM32/WGS84) for dekningsområdet til laserflyvningen**

	X	Y
Hjørne sørvest	649000,000	6774500,000
Hjørne nordøst	653000,000	6777000,000

Firmaet Blom Geomatics A/S utførte laserskanningen av området, som har et areal på ca. 10 km<sup>2</sup>. Størrelsen på arealet sto i relasjon til hva som var økonomisk mulig, samtidig som vi

anså det tilstrekkelig stort til at vi kunne få belyst våre problemstillinger på en faglig tilfredsstillende måte. Det skannede området danner en rektangel som måler 4 km ØV og 2,5 km NS og ble lagt slik at det dekker det tidligere registrerte området på 200 daa og deler av området på 3000 daa. Innenfor disse områdene var det på forhånd registrert jernvinneanlegg, kullgroper og tjæregrofter (**figur 2**).

Et viktig kriterium for valg av testområde var at det skulle ha enkle og klare kulturminnetyper som etter all sannsynlighet ville la seg påvise og typebestemme. I testområdet er det i hovedsak jernvinne relaterte kulturminner som er registrert. De mest synlige elementene på jernvinneanleggene er slagghaugen(e) som kan være av forskjellig form og størrelse, men hovedparten ligger innenfor visse standardmål i undersøkelsesområdet. Gjennomsnittstørrelsen på de avlange slagghaugene, som ofte ligger parvis (de kan også opptre enkeltvis og i grupper på fire hauger) er: lengde 6,6 m, bredde 4 m og høyde 0,7 m. Inntil slagghaugene kan det i heldige tilfeller iakttas spor etter tufter i form av lave voller eller grunne forsenkninger og små groper som markerer hvor blesteroovnen har stått. Rundt jernvinneplassen har man produsert trekull i groper som fremstår som tydelige nedgravinger i bakken omgitt av en lav jordvoll. De kvadratiske kullgropene i denne regionen har en gjennomsnittlig ytre og indre diameter på henholdsvis 8 m og 4 m, og en gjennomsnittlig dybde på 1 m. Innenfor testområdet er det også registrert tjærefremstillingsanlegg, såkalte tjæregrofter som ligger i hellende terreng og består av to parallelle voller med en grøft imellom. En typisk tjæregroft i området er ca. 8 m lang, ca. 2 m bred og ca. 70 cm dyp.



**Figur 2.** Kartet viser området som ble laserskannet og de områder som var registrert fra før samt punktene som ble oppsøkt i felt.

---

## 2. Lidar

### 2.1 Metoden

De siste 10 årene har det vært en kraftig utviklingen av laserteknologi til bruk i kartlegging av terrengform og vegetasjon fra fly. Slike instrumenter går under betegnelsen LiDAR (LiDAR står for «Light Detection and Ranging») og består av en kraftig laser som sender ut nærinfrarødt lys og en mottakerer. Et LiDAR-instrument kan monteres i buken på småfly av samme type som brukes til flyfotografering.

Mottakeren i LiDAR-instrumentet måler svært presist gangtiden fram og tilbake for en puls med koherent lys (laser), og det er dermed mulig å beregne avstanden til det reflekterende objektet ved å konvertere tid til avstand ved bruk av lyshastigheten ( $3 \times 10^8$  m/s). I de senere år er det utviklet mottakere som kan lese laserpulser i brøkdelen av et nanosekund (lyset tilbakelegger ca. 30 cm på et nanosekund) og en kan dermed skille flere returer fra samme laserpuls.

Avstandsmålingene ville vært unyttige i seg selv hvis det ikke var mulig å georeferere punktmålingene til (x, y, z) datapunkter. Den nøyaktige lokaliseringen av laserhodet og informasjon om flyets orienteringsretninger (w, j, k) må være kjent for å kunne georeferere hvert laserpunkt individuelt. For å kunne gjøre dette er et LiDAR-instrument i grunnen et system av tre teknologier: laser (*light amplification by stimulated emission of radiation*), GPS (*global positioning system*), og INS (*inertial navigation system*). Med GPS, som består av 24 satellitter, som går rundt jorda i polare baner, kan en bestemme lokaliseringen svært nøyaktig (RMSE ned mot 5–10 cm), og med INS, som består av avanserte gyroskoper og et aksellerometer, kan en bestemme flyets orienteringsretninger med en nøyaktighet på 0.01 grader. Ved bruk av avansert Kalman-filtrering blir laserens ytre orientering beregnet (x, y, z, w, j, k) fra INS- og GPS-målingene, og dermed er det mulig å beregne terrengposisjonen til hver mottatt laserpuls (Sapeta 2000).

Flybårne LiDAR-instrumenter kan i dag måle et svært tett nett av punkter på bakken med en pulsfrekvens på opp til 100 kHz. Tettheten til punktene på bakken er en funksjon av flyhøyde, flyhastighet, og skanningsvinkel: de fleste LiDAR-systemer bruker et oscillerende speil for å generere en rad av pulser på tvers av flyretningen. LiDAR flys normalt i høyder fra 500–1500 m, og med hhv. 700 m, 250 km/t, 20° for flyhøyde, hastighet, og skanningsvinkel vil en 100 kHz LiDAR generere ca. 5,8 pulser/m<sup>2</sup>. Ved å fly på kryss og tvers kan punkttettheten økes. Frekvensen på antall laserpulser er styrt av lyshastigheten: dagens LiDAR-instrumenter må motta returene fra forrige laserpuls før en ny skytes ut. Det er imidlertid teknisk mulig å skille returene fra ulike pulser, og i framtiden vil slike instrumenter antakelig bli tilgjengelig. En vil da kunne øke pulsfrekvensen betraktelig og en vil oppnå større punkttetthet på bakken og dermed mer detaljerte terrengmodeller.

En laserpuls er en strålebunt som utvider seg med avstanden fra laseren, og diameteren når den når bakken er laserens IFOV eller fotavtrykk. Den vil for flybårne LiDAR-instrumenter være fra 15 til 60 cm avhengig av flyhøyden (op.cit). Sjansen er stor for at strålen treffer flere objekter på sin vei mot bakken og den vil derfor bli reflektert flere ganger. Den første returen kan være fra en tretopp, neste fra en grein, og den siste fra bakken. Den siste returen brukes til å generere terrengmodeller. Selv i tett skog vil vanligvis noe av strålebunten til en laserpuls nå bakken.

Nøyaktigheten til målingene er av stor betydning. Med økt flyhøyde vil posisjoneringsfeilen i horisontalplanet øke pga. vinkelfeilen knyttet til INS-instrumentet. I tillegg vil det være små feil knyttet til GPS-målingene og laseravstandsmålingene. Det er den samlede feilen av de tre komponentene som til sammen bestemmer nøyaktigheten til systemet. Typiske

---

feilestimater fra kommersielle leverandører ligger rundt 15–30 cm vertikalt og 0,5–1 m horisontalt.

I Norge har LiDAR-målinger bl.a. blitt brukt i skogkartlegging til å estimere bestandshøyde, bestandstetthet, volum, og diameterfordeling. For å måle trehøyde utnyttet tidsforskjellen mellom første og siste retur av en puls (Næsset 2002).

## 2.2 Datasett

Laserflyvningen ble utført av Blom Geomatics AS, og et LiDAR-instrument av typen Optech ALTM3100 ble brukt til oppdraget. Parametere som ble brukt for opptaket er beskrevet i **tabell 2**.

**Tabell 2. Parametere for laserflyvningen.**

Flyhøyde	1000 m
PRF	70.000 Hz
Sveipefrekvens	47 Hz
Halvvinkel	17 grader
Flyhastighet	75 m/s
Antall returer	4
Dato	28.06.2005

Datasettet har blitt undersøkt for systematiske feil. De beregnete høydeverdiene har ikke blitt kontrollert og kalibrert mot høydeflater, men høydene har blitt justert med 12 cm basert på erfaringer fra andre prosjekter. Punkttettheten er av leverandøren oppgitt til å være ca. 4 punkter pr. kvadratmeter.

**Tabell 3. Dataformat til LiDAR-datasettene**

X	Y	Z	I
648265.060	6777045.240	525.260	9.5
648265.120	6777044.570	524.220	10.4
648265.120	6777043.530	524.500	10.7
648265.140	6777042.650	524.200	8.5

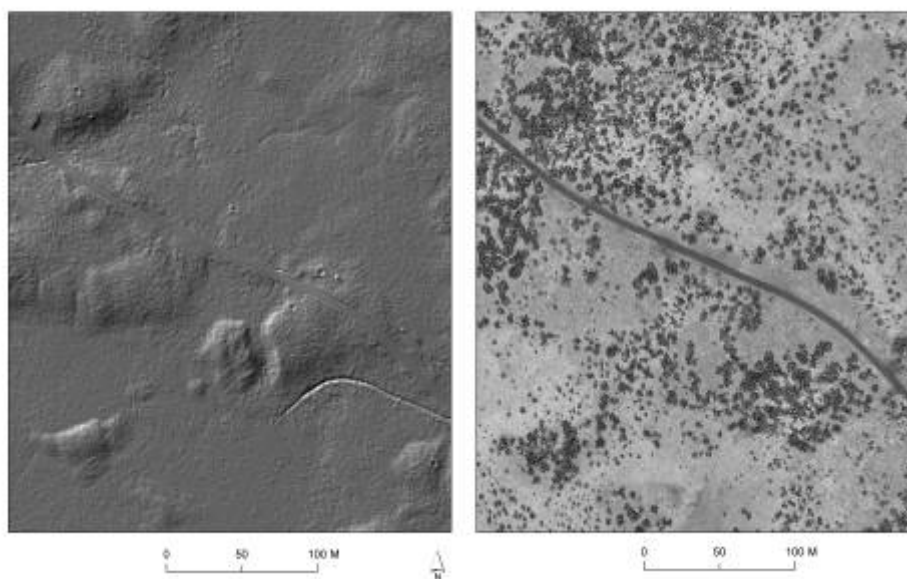
LiDAR-dataene ble levert som to ulike punktdatasett: ett sett som representerer bakketreff (4. retur) (DTM) og ett som representer alle andre punkter (DSM), dvs. treff i vegetasjonen. Punktdataene ble levert både som kommaseparert asciifil og i et binært LAS-format. Det siste tar mye mindre plass på disken. For både DTM og DSM er også en intensiteten til laserreturene lagret (se **tabell 3**).

I tillegg til punktdata ble det også levert relieffmodeller basert på datasettene (**figur 3**). Relieffmodellene gir tydelig inntrykk av terrengformene med konkave og konvekse former. Modellene blir laget ved å plassere en kunstig lyskilde i en bestemt posisjon og så beregne lysintensiteten for hvert flatelement. Resultatet blir et rasterdatasett der piksleverdiene er beregnet intensitet. I prosjektet ble lyskilden plassert i nordøst og ca. 20 grader over horisonten.

Som et tillegg til LiDAR-datasettet ble det også levert infrarøde flyfotoopptak gjort med et digitalt småformatskamera med en 4092 x 4079 stor sensorbrikke (**figur 4**) Bildeopptaket ble gjort samtidig med LiDAR-opptaket. Bildene ble ortokorrigert og satt sammen til et stort ortofoto som dekket hele området.

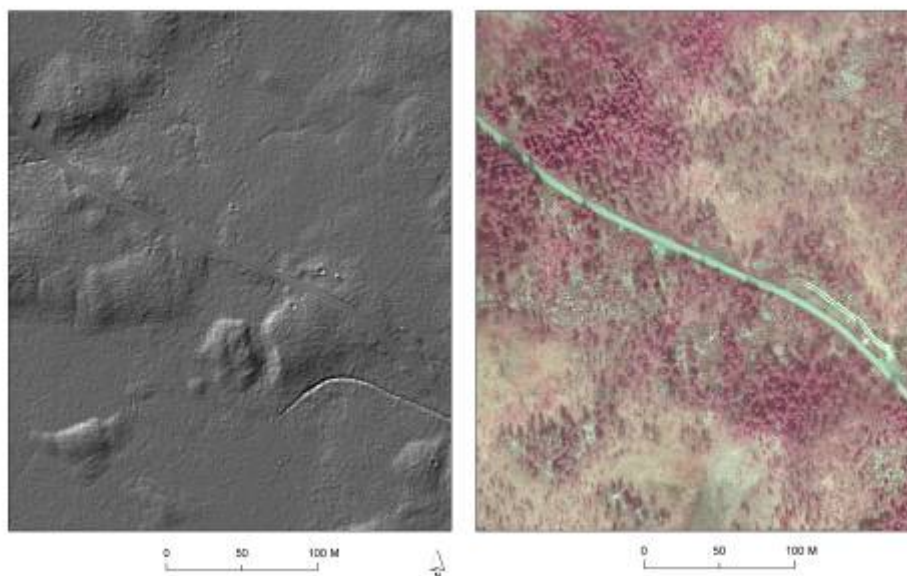


Relieffmodell og intensitetsmodell fra LiDAR



**Figur 3. Eksempel på relieff- og intensitetsmodell fra LiDAR-datasettet. I relieffdatasettet kan en lett se konkave terrengformer, mens intensitetsmodellen ligner et fotografi der trær avbildes som mørke objekter.**

Relieffmodell fra LiDAR og ortofoto fra småformatskamera



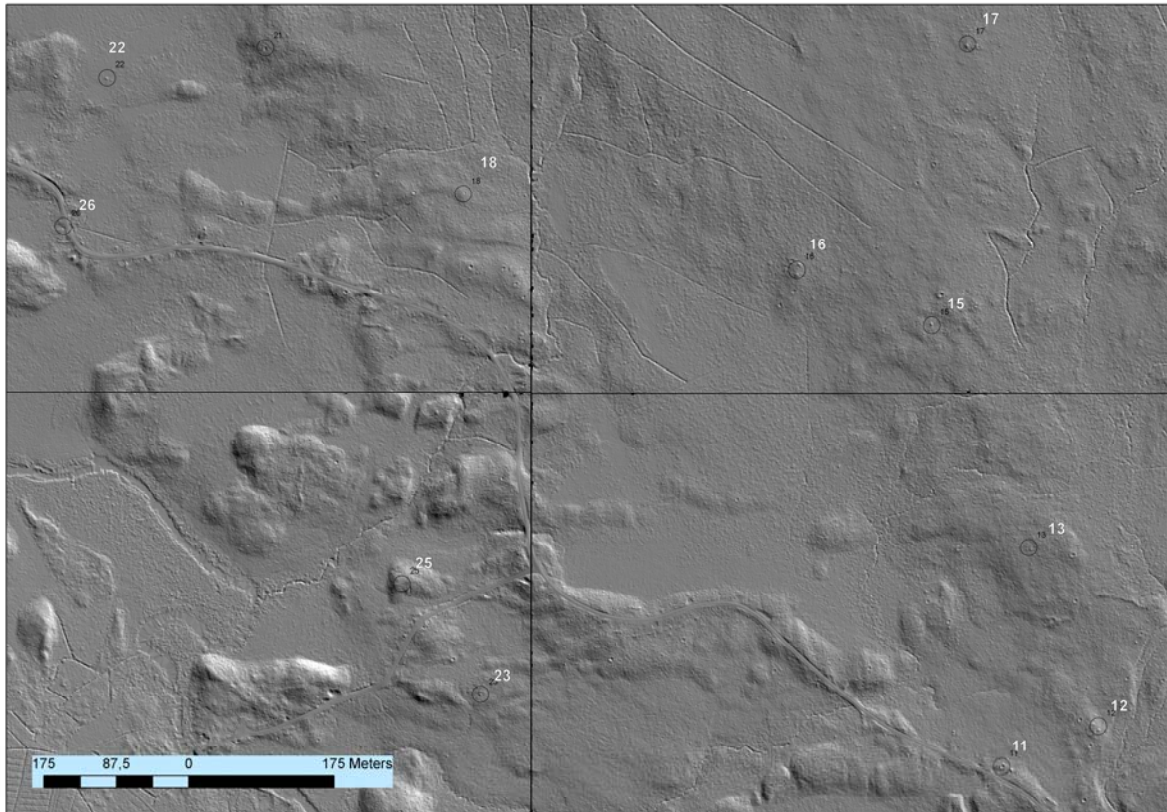
**Figur 4. Eksempel på relieff og nærinfrarødt flybilde tatt med hhv. LiDAR-instrumentet og det digitale småformatkameraet.**

### 3. Resultater

Med laserskanningen ble områdets topografi kartlagt detaljert og dataene ble overlevert oss i form av prosesserte relieffkart som beskrevet ovenfor. På disse kartene, som er helt



vegetasjonsfrie, fremstår det anomalier som i denne sammenheng skal forstås som høydeavvik i forhold til omgivelsene. Anomaliene fremtrer som enten konvekse eller konkave former som avtegner seg og som dannet grunnlaget for utvelgelse av de formasjoner som var interessante å studere nærmere (**figur 5**). Etter å ha gjort en visuell studie av kartene plukket vi ut et utvalg av de konvekse og konkave anomalier som vi ønsket å se nærmere på.



**Figur 5.** Figuren viser et utvalg av de anomalier som ble valgt ut for nærmere studier (nummereringen viser til vedlegg A).

### **3.1 Påvisning og typebestemmelse**

Utvelgelsen ble gjort med tanke på å opparbeide oss erfaring med tolkningen av relieffkartene og det var derfor viktig å få et bredt sammensatt spekter av formasjoner å jobbe med. Det ble valgt ut 29 objekter fordelt på 26 lokaliteter som ble gitt en tolkning utelukkende basert på visuelle studier av kartene (**Figur 2, figur 6 og vedlegg A**). Objektene ble koordinatfestet via PC-skjermen og kartkoordinatene ble så lastet over på en håndholdt GPS-mottaker. Det var derfor lett å finne objektene ved hjelp av GPS-mottakeren da våre kartbaserte tolkningene senere ble fulgt opp av en tredagers befaring i felt hvor hensikten var å verifisere resultatet og kontrollere alle typer avvik tolket som potensielle kultur- og naturspor. Under feltarbeidet kom vi over ytterligere 30 kulturminner som ikke var blant de 29 utvalgte objektene, men som ble registrert slik at det samlede antallet registreringer ble 59. Av disse er 44 kulturminner og 15 naturformasjoner (vedlegg B).



**Figur 6. Ortofoto med alle 26 objektene som ble tolket. Blått rektangel viser grensene for LiDAR-opptaket. Mørke områder er fuktige myrområder, mens røde områder i bildet er vegetasjon. Mørkerøde områder er eldre og tett skog, mens lysrøde toner er ung skog eller gras- og urter.**

Av testobjekter ble det valgt ut 17 anomalier som ble antatt å være jernvinneanlegg med en eller flere slagghauger. I alt 13 av disse ble ansett som sikre, mens fire ble bedømt som usikre (**tabell 4**). Feltarbeidet viste at i realiteten var kun fem av disse jernvinneanlegg, mens så mye som 10 var diverse naturformasjoner, mens det på de resterende to lokaliteter ikke ble påvist noe i det hele tatt. Mange av de konvekse formasjonene som ble antatt muligens å være slagghauger viste seg i stedet å være diverse naturformasjoner som naturlige grushauger, flyttblokker, maurtuer og rotvelter. På to av lokalitetene kunne ingen formasjoner observeres - terrenget var helt flatt og ingen konvekse formasjoner var å se, noe som bidro til en diskusjon i prosjektgruppa om hvorvidt det kunne være et større dyr som har blitt registrert. Dette kan ikke utelukkes, men ifølge representanter for Blom Geomatics A/S kan det også skyldes feilklassifisering av punkter gjort av operatøren i etterprosesseringen. En slik feil kan skje for konvekse, men ikke konkave strukturer (Andresen og Aasen, muntlig meddelelse).

Tolkning	Fasit				
	Jernvinneanlegg	Kullgrop	Tjæregrøft	Natur	Ingenting
Jernvinneanlegg (17)	5			10	2
Kullgrop (3)		3			
Tjæregrøft (2)			1	1	
Dyrkningsspor (1)				1	
Kultur (3)		2	1		
Natur (3)	1			2	
I alt 29 objekter					

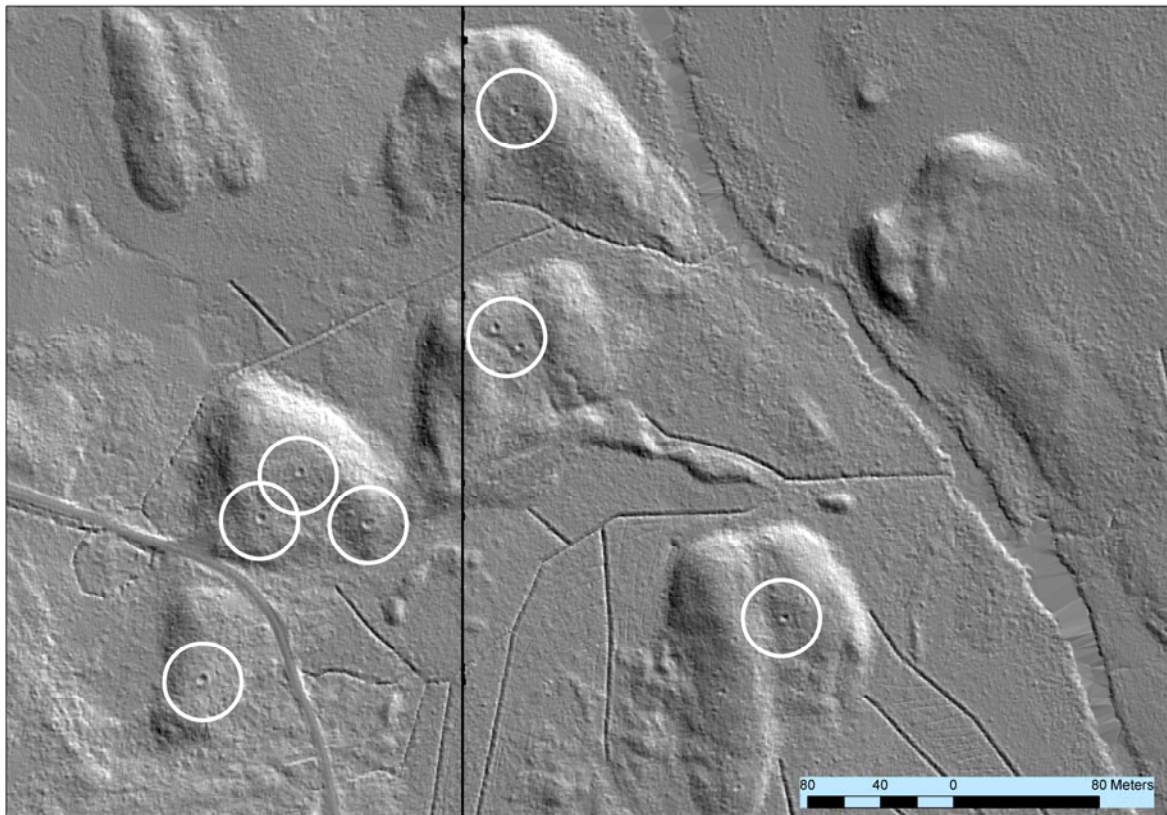
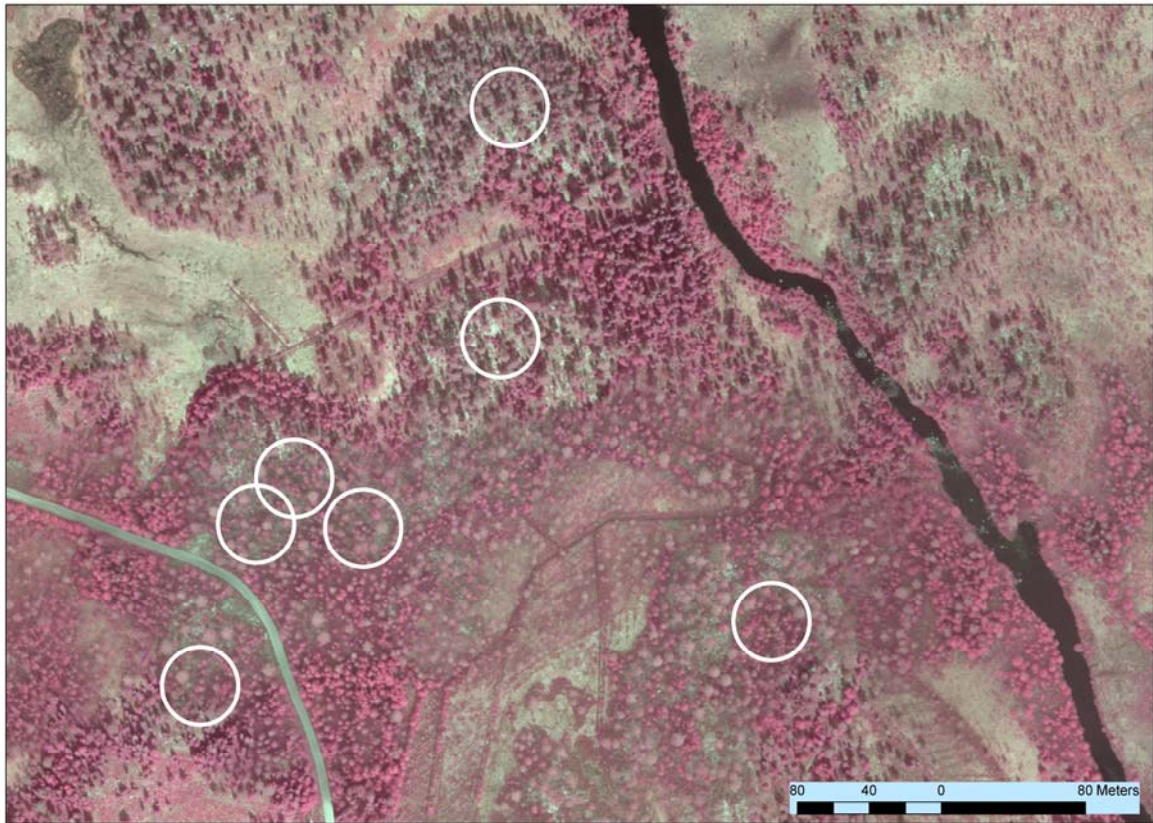
**Tabell 4. Figuren viser tolkning av utvalgte anomalier på relieffkartene og fasit etter feltarbeidet.**

---

Alle de tre strukturene som ble tolket som kullgroper viste seg å være det i virkeligheten. Ytterligere to strukturer tolket som "kultur" viste seg også å være kullgroper. To formasjoner ble tolket som tjæregroft, men den ene viste seg å være en samling av tuer og overgrodde stubber. Derimot viste en "kulturfolkning" seg å være en tjæregroft. Flere steder på relieffkartene var det store flate arealer med rillemonster som ble tolket som mulige dyrkingsspor – en folkning som ble ansett som meget usikker. Rillene viste seg, ikke helt overraskende, å være systematisk støy i datasettet som kan oppstå i dataprosesseringen. Av tre lokaliteter tolket som naturformasjoner viste to seg å holde stikk, mens en viste seg å være et jernvinneanlegg med to slagghauger.

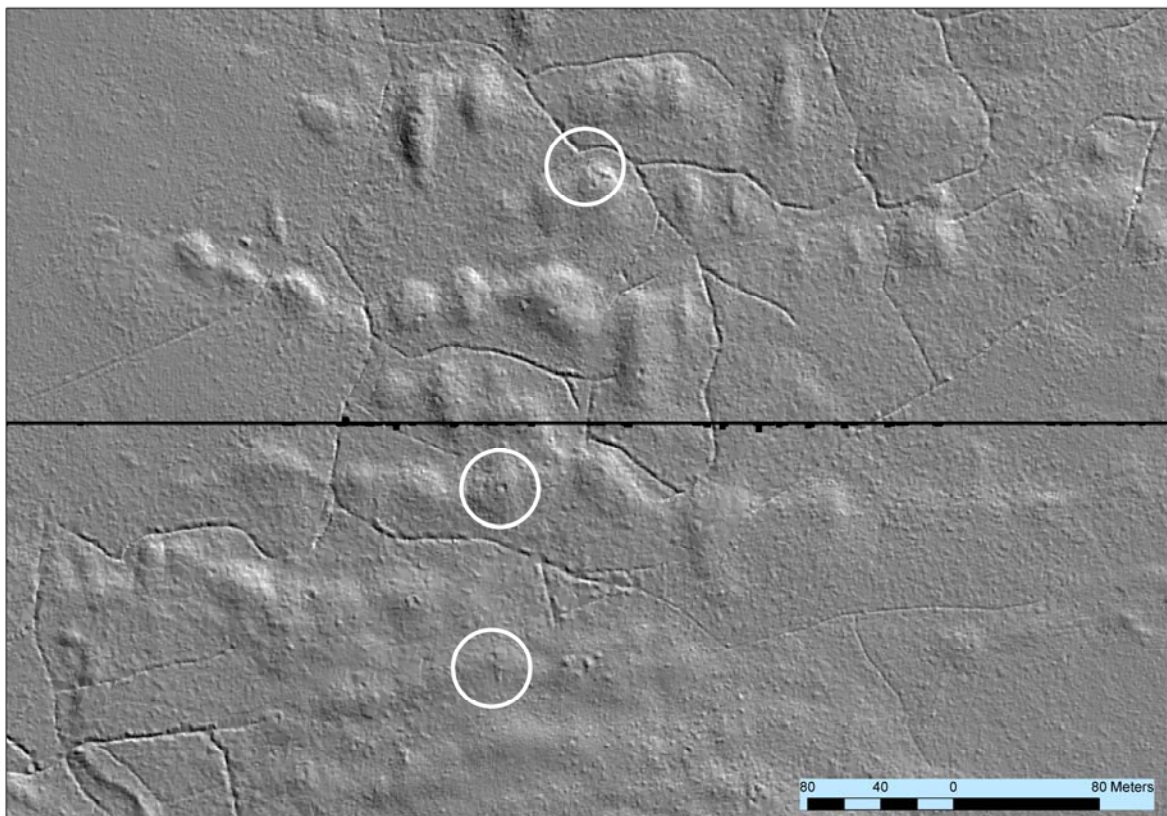
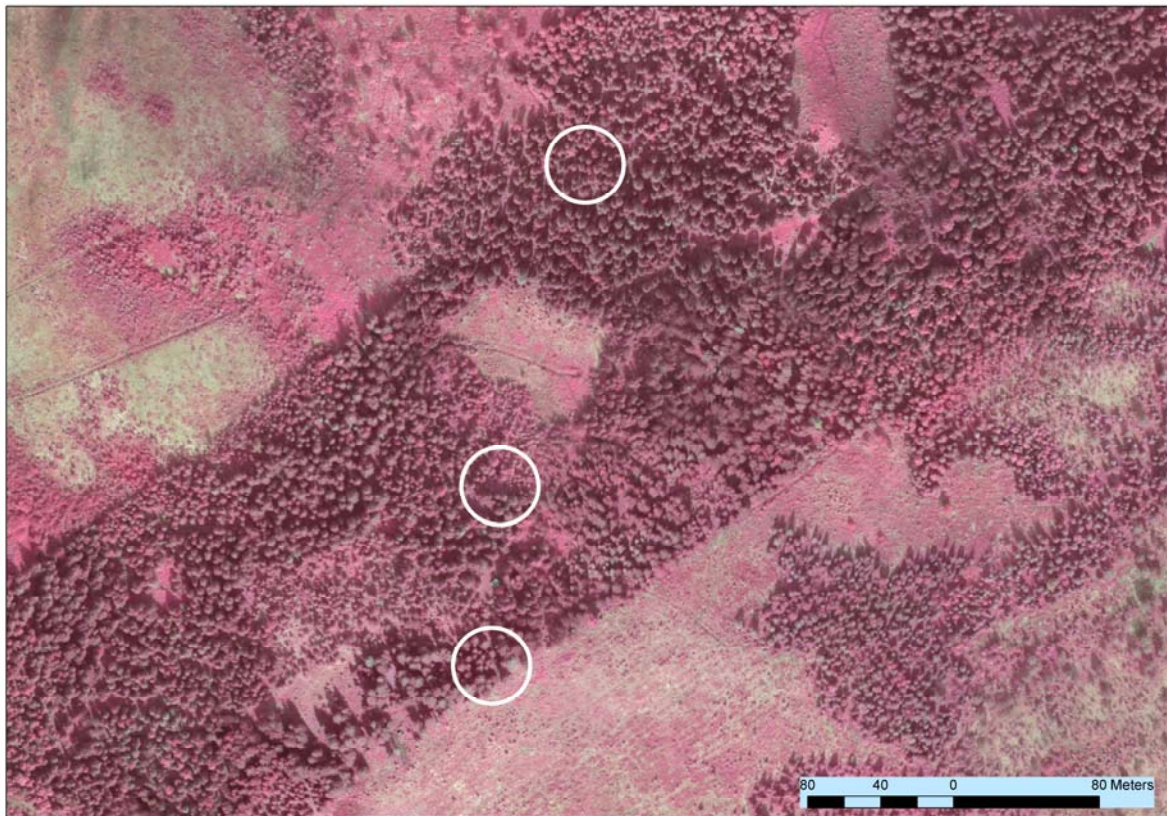
Det er en utfordring å skille mellom kulturdannede former og naturdannelser. Dette gjelder i særdeleshet slagghauger, som kan være vanskelig å skille fra andre typer hauger i terrenget. For andre typer kulturminner var dette problemet mindre. Kullgropene, med sine regelbundne form og størrelse, fremstår i hovedsak som de letteste kulturminnetypene å tolke på relieffmodellene. Likevel er det stor forskjell på graden av synlighet til kulturminnene; dette gjelder også for kullgroper. Det ser ut til at tettheten til vegetasjonen over kulturminnene påvirker hvor godt de kommer fram i relieffmodellene (**figur 7/ I-IV**).





**Figur 7/ I-II. Kullgroper i åpen skog vist på ortofoto og relieffkart.**

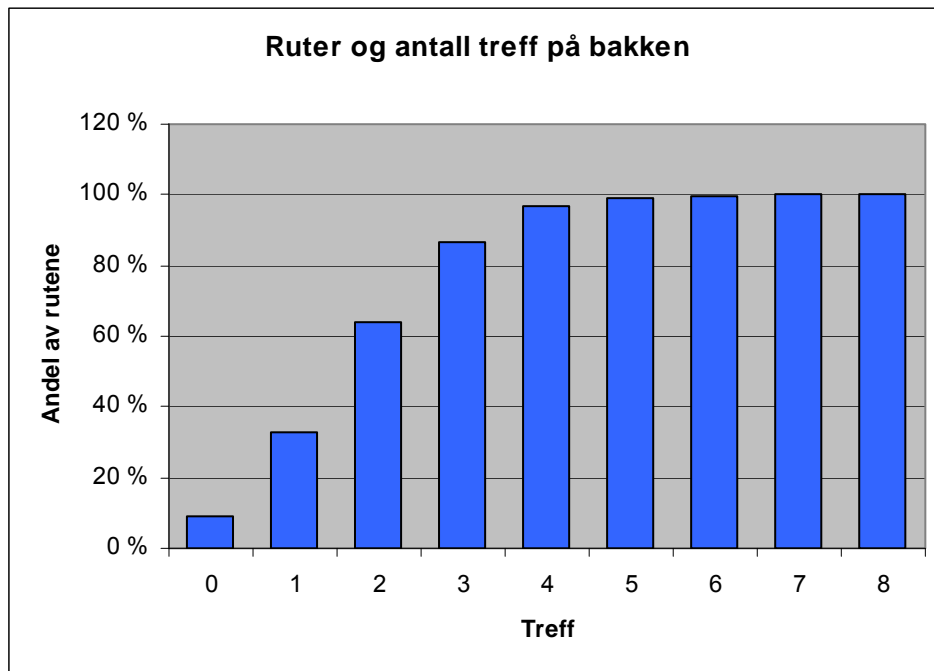




**Figur 7/ III-IV. Kullgroper i tett skog vist på ortofoto og relieffkart.**

### 3.1.1 Antall bakketreff pr. kvadratmeter

Antall treff på bakken er avgjørende for hvor tydelig små terrengdetaljer vises. Leverandøren oppga tettheten til å være ca. 4 punkter pr. kvadratmeter [ $p/m^2$ ]. For å sjekke tettheten ble et rutenett definert over et delområde og antall punkter innenfor hver kvadratmeterrute talt opp. I **figur 8** vises den kummulative fordelingen av antall punkter pr. kvadratmeter. Vi ser at ca. 60% av kvadratmeterrutene har 2 eller færre treff og at relativt få kvadratmeterruter har mer enn 4 treff.

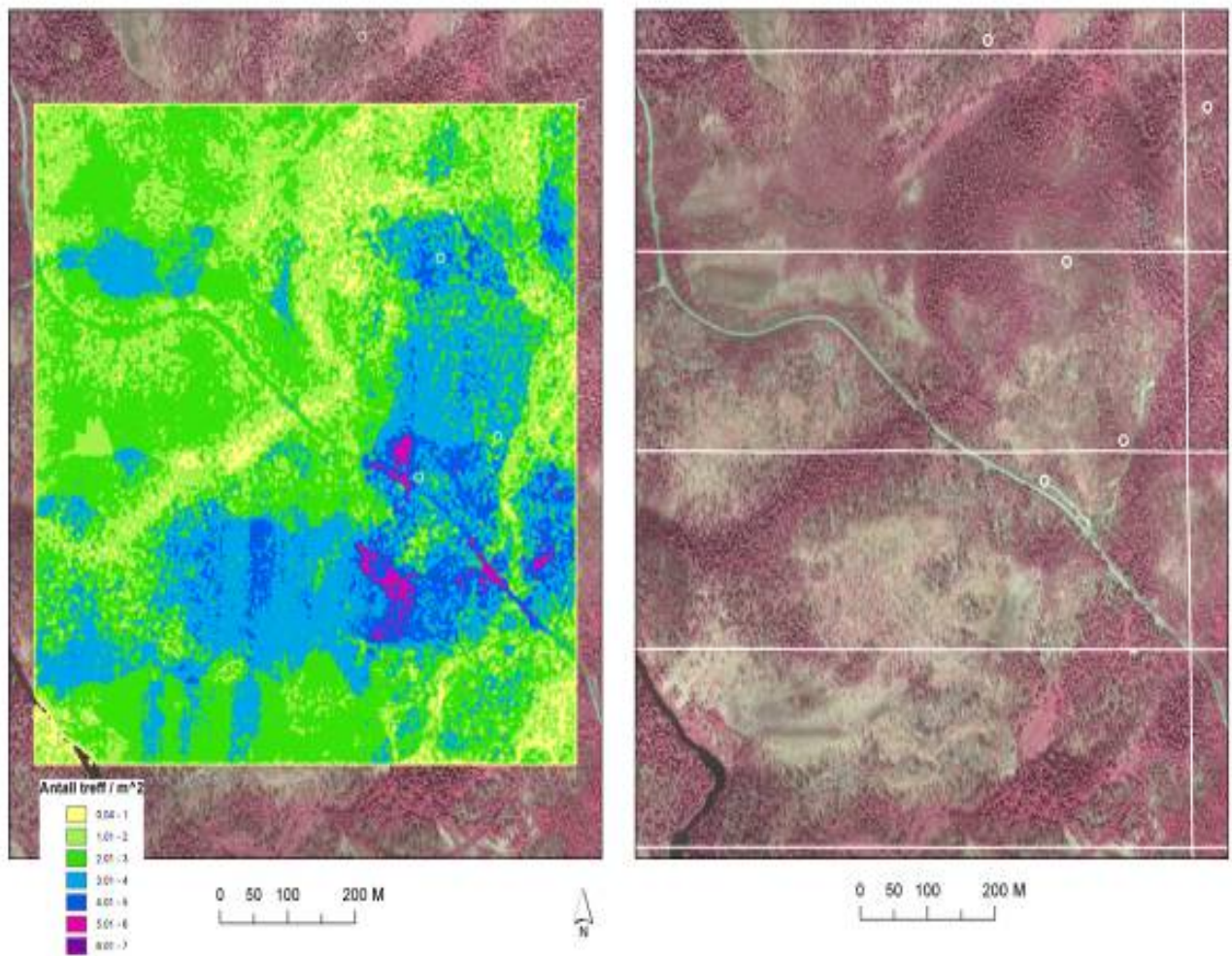


**Figur 8.** Kummulativ fordeling av antall treff i kvadratmeterruter.

I **figur 9** er antall treff pr. kvadratmeter illustrert for et delområde. Antall treff innenfor en sirkel med diameter på 6 meter ble brukt for å beregne punkttettheten. Vi ser at tettheten av punkter avtar der det er tett skog. Objekter er markert med hvite sirkler, og de ligger i områder hvor tettheten av bakkepunkter er mellom 3 til 4 punkter pr. kvadratmeter. Statistikk beregnet fra dette datasettet viser at gjennomsnittlig punkttetthet er  $2,53 p/m^2$  med et standardavvik på  $1,60 p/m^2$ .



### Antall bakketreff pr. kvadratmeter

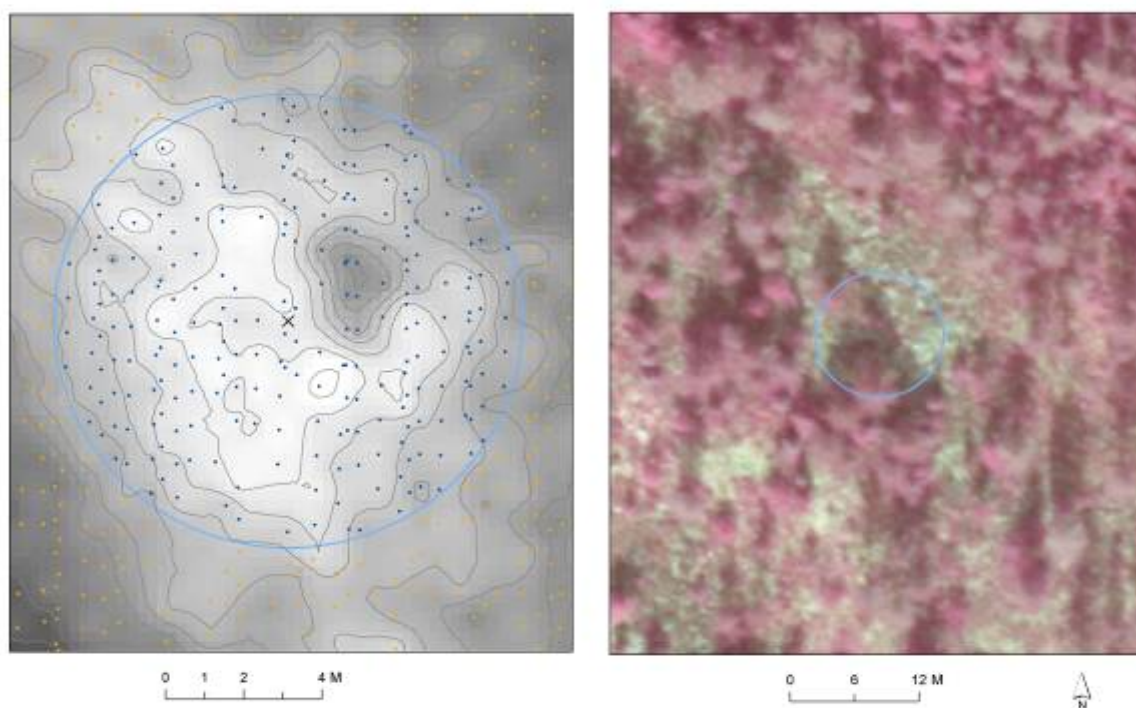


**Figur 9. Antall bakketreff pr. kvadratmeter. I tett skog er antall bakketreff færre enn over åpne myrpartier.**

Enkelte kullgroper framsto som mindre tydelige uten at en i felt kunne se noen årsak. På ortofotokartene var det heller ikke spesiell tett vegetasjon over disse sammenlignet med andre tilsvarende kullgroper i samme område. En sammenligning av en utydelig kullgrop og en svært tydelig ble derfor gjort. I figurene under vises eksempler på to slike kullgroper (nr.18 og nr.12 – nummereringen viser til "feltlokaliteter" på figur 2 og "lidarnr" i vedlegg B). I den utydelige kullgropa (nr.18) er tettheten med punkter beregnet til 2,17 p/m<sup>2</sup>, mens det tilsvarende tallet for den tydelige kullgropa er 3,00 p/m<sup>2</sup>. Vi ser dermed at skogen er tettest der det er færrest bakketreff

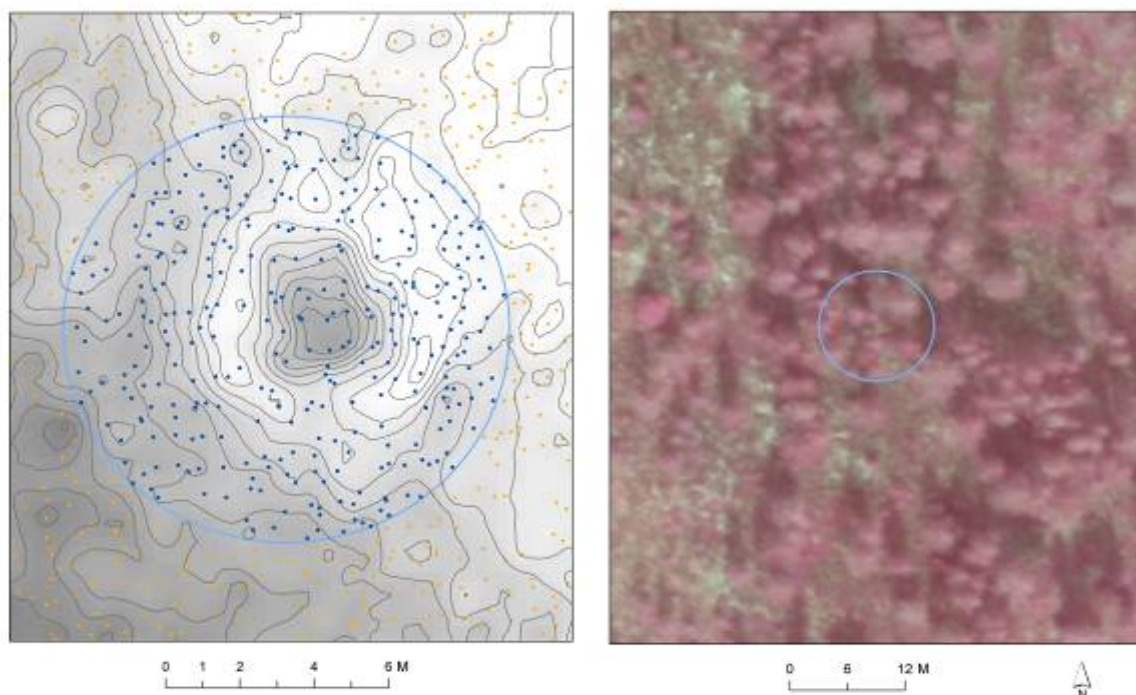


Objekt nr. 18 - Kullgrop



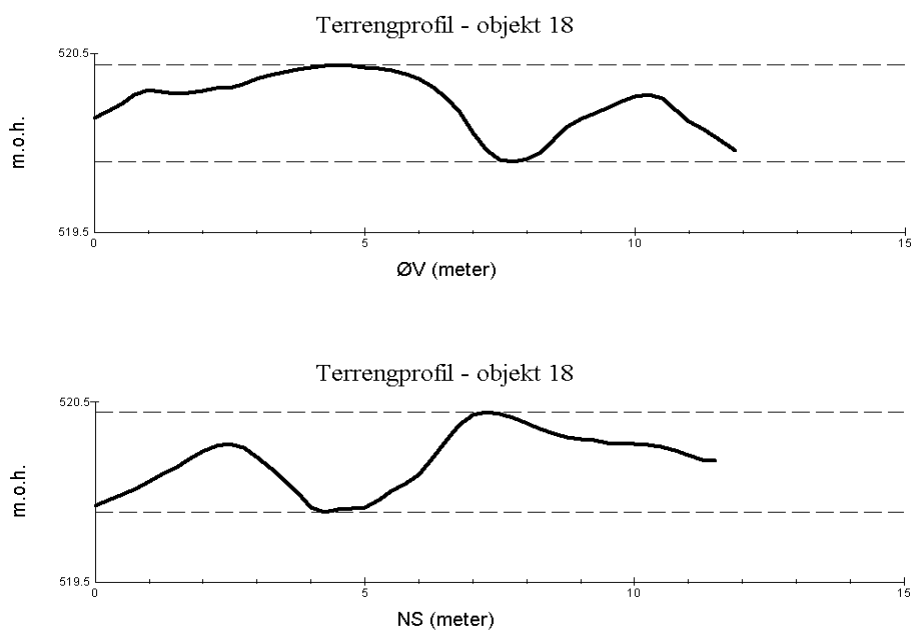
Figur 10. Kullgrop nr. 18 som var relativt utydelig i relieffmodellen. Antall treff innenfor en sirkel med radius 6 meter var 245, noe som tilsvarer 2,17 punkter pr. kvadratmeter.

Objekt nr. 12 - Kullgrop ved jernvinnelanlegget

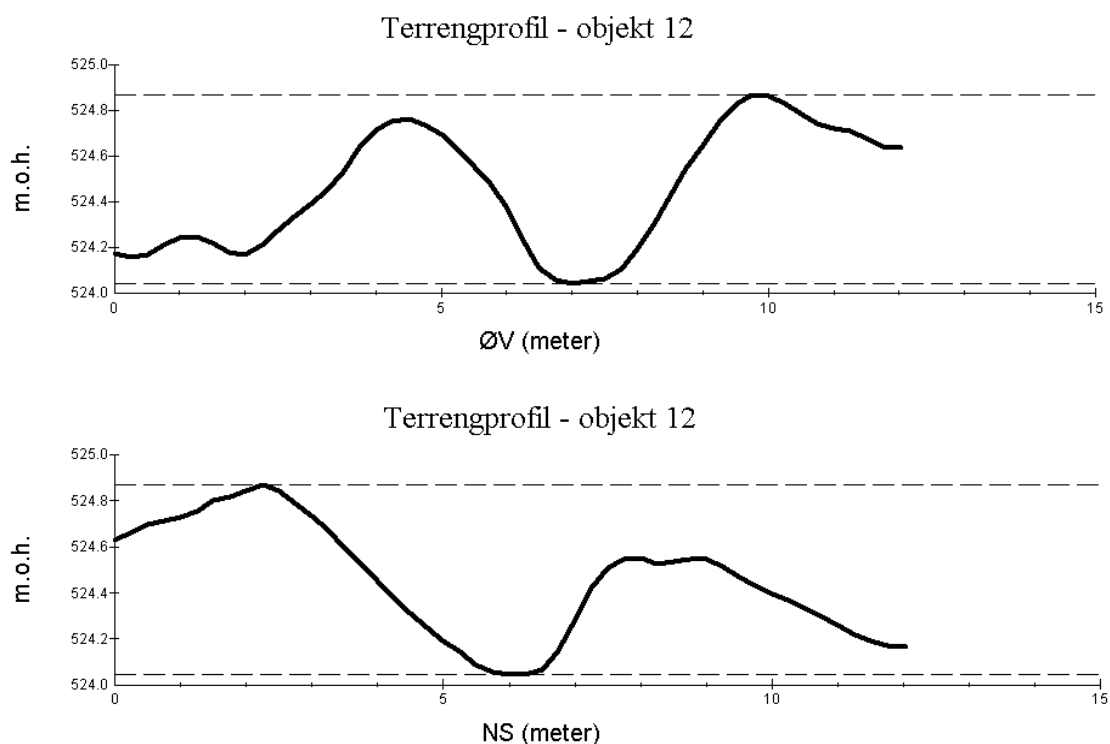


Figur 11. Kullgrop nr. 12 som var relativt tydelig i relieffmodellen. Antall treff innenfor en sirkel med radius 6 meter var 339, noe som tilsvarer 3,00 punkter pr. kvadratmeter.

Profiler av kullgropene er illustrert i profiltegningene i **figur 12 og 13**. Vi ser at den tydelige er ca. 90 cm dyp, mens den utydelige er ca. 50 cm dyp.

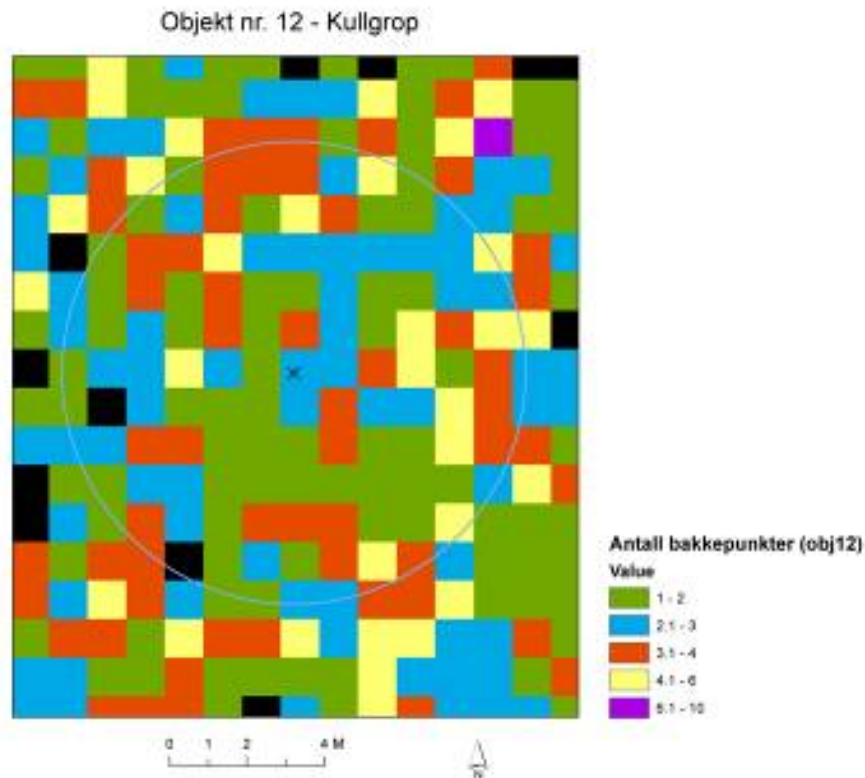


**Figur 12. Terrengprofiler av den utydelige kullgropa.**



**Figur 13. Terrengprofiler av den tydelige kullgropa.**

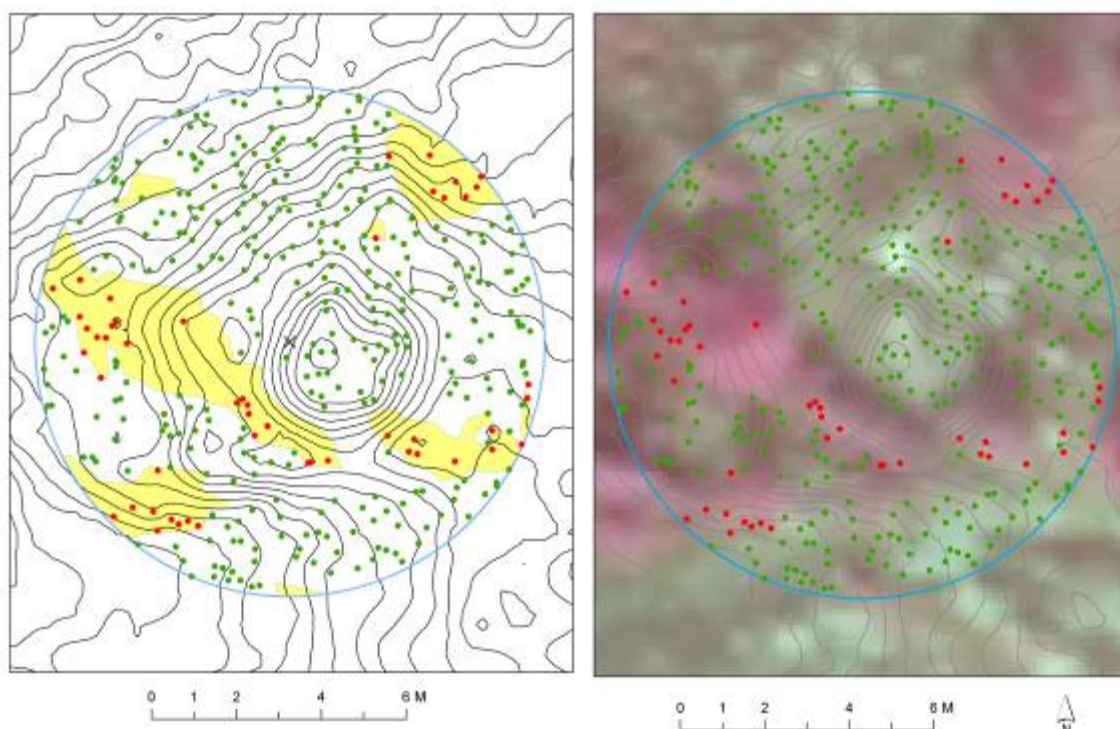
I figuren under vises i detalj punkttettheten for den tydelige kullgropa. Vi ser at den varierer fra 0 punkter pr. kvadratmeter (svart rute) til over 4.



**Figur 14. Punkttetthet for den tydelige kullgropa. Vi ser at tettheten varierer over korte avstander. Svarte felt er helt uten punkter.**

Trær og/eller bunnvegetasjon som dekker deler av kullgroper vil kunne skygge for laserpulser og redusere antall pulser som når bakken og blir reflektert tilbake til mottaker på LiDAR-instrumentet. En kullgrop (nr. 11) dekket av lave bjørketrær ble plukket ut for å teste hvor mye trekronene skygger for laserpulsene.

Objekt nr. 11 - Kullgrop



**Figur 15. En kullgrop delvis dekket av unge og lave bjørketrær. Gule områder er tolket som kronedeke områder. Røde prikker er bakketreff under trekroner og grønne er bakketreff der det ikke er trekroner.**

**Figur 15** viser et eksempel på hvordan lave bjørketrær kan skygge for laserpulser, slik at færre returer fra bakken når mottakeren i LiDAR-instrumentet. I tabellen under vises statistikk for antall laserpulser reflektert fra bakken. Vi ser at det er beregnet et avvik på 42 bakkepulser, dvs. trærne har i dette tilfellet skygget bort 42 bakketreff.

	Observert		Beregnet		avvik
	antall	Antall %	Areal %	antall	
Tredekt areal	50	13,0	21,7	92	-42
Åpent areal	334	87,0	78,3	334	0
Totalt	384	100,0	100,0	426	-42

**Tabell 5. Statistikk over observert antall bakkepunkter og forventet antall bakkepunkter**

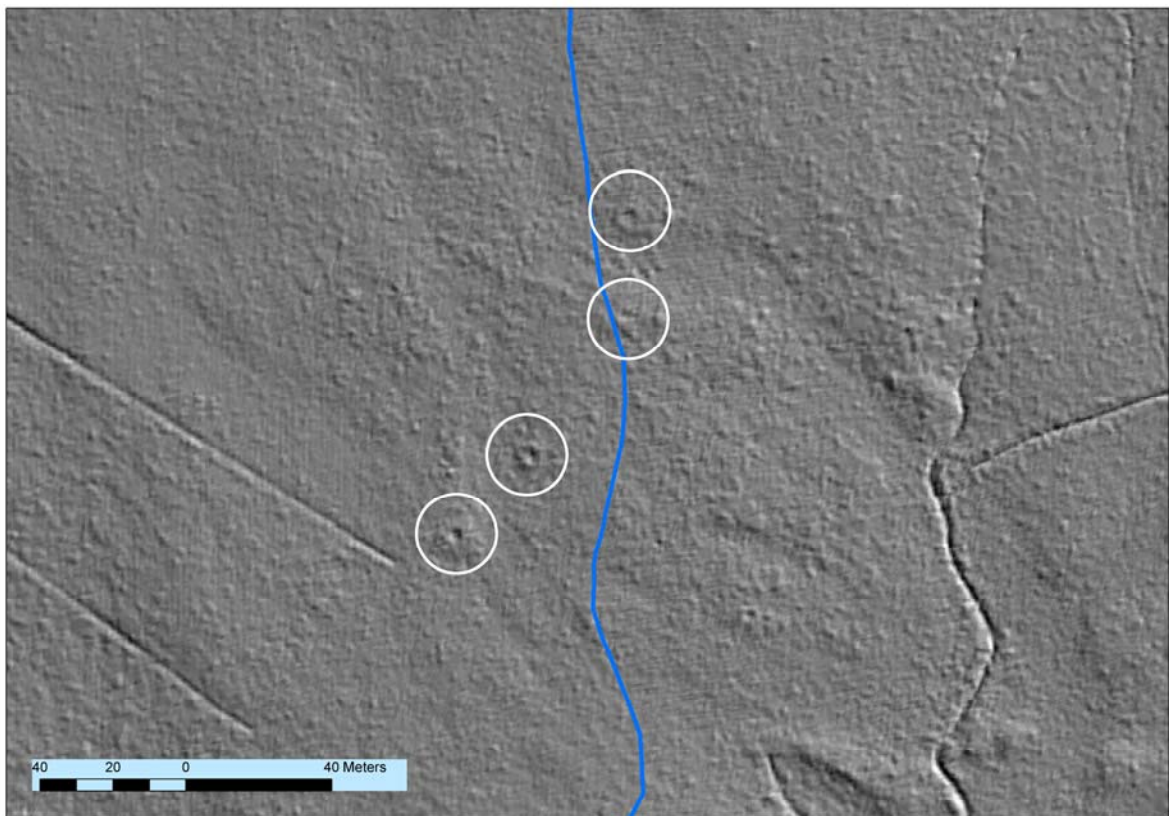
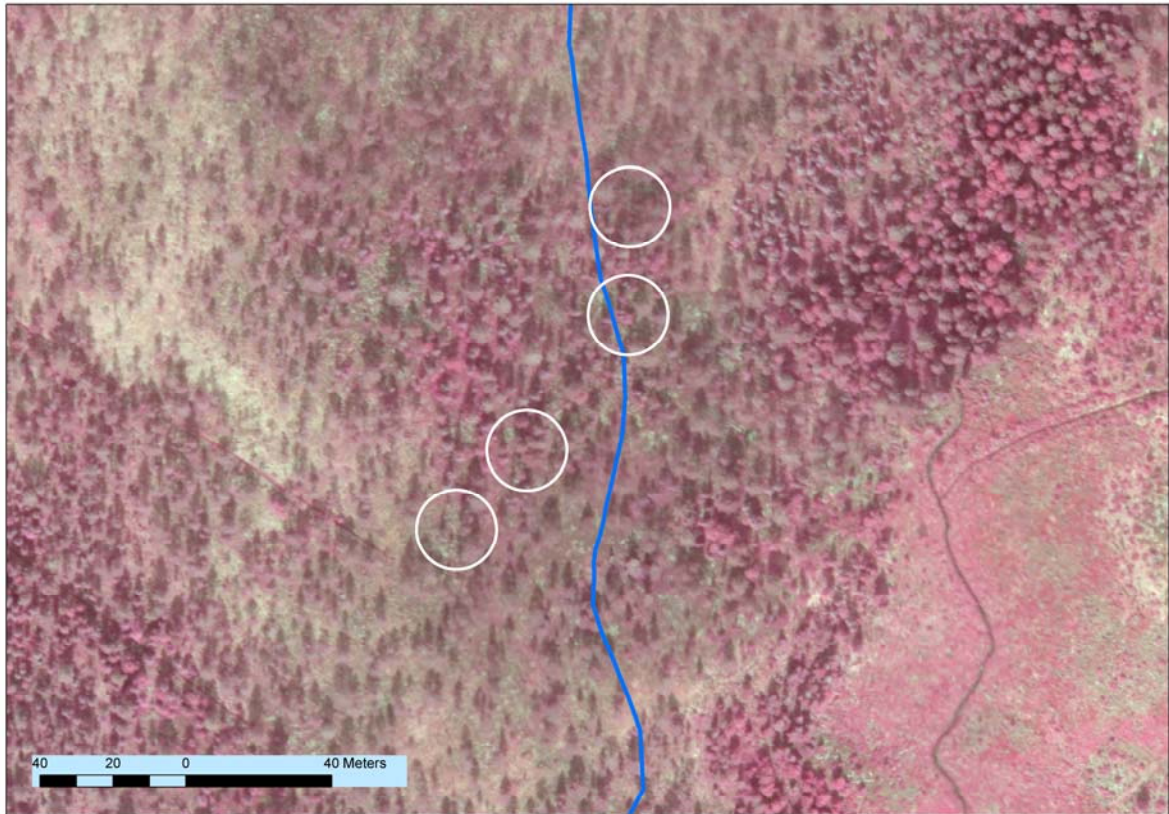
### 3.1.2 Økt punkttetthet

Synligheten av kulturminneobjektene er nært forbundet med tettheten av registrerte laserpunkter fra bakken. Laserskanningen over testområdet ble utført med ca. 4 punkter pr. kvadratmeter. Antall punkter kan økes med antall overflyvinger (i ulike retninger) og flyhøyde. Med flere registrerte bakketreff vil objekter under tett vegetasjon kunne bli mer synlig og lettere å tolke. Flere laserpulser pr. kvadratmeter må naturligvis vurderes i forhold til de økte kostnader som en tettere kartlegging vil medføre. En økning av punkttettheten vil generere store datamengder, noe som i seg selv er en utfordring å håndtere.

---

Gjennomgangen ovenfor viser at vegetasjonens gjennomtrengelighet er utslagsgivende for hvor synlig anomaliene opptrer på relieffmodellene. For å sjekke om en økning i antall punkter ved å fly over samme område på kryss og tvers vil bidra til å bedre resultatet har vi gjort en enkel analyse av dataene. Området vårt ble laserskannet ved øst-vest flyving, men rutinemessig ble det fløyet to striper nord-sør lengs vest og lengst øst i testområdet. Langs de to stripene har vi dermed teoretisk dobbelt så mange punkter som i området ellers. Øst i testområdet ligger fire kullgroper nærmest på rekke i relativ lysåpen skog, hvor de to vestligste ligger utenfor området med dobbeltdekning, mens de to øvrige ligger innenfor. Som **figur 16** viser, er det ikke slik at dobbelt så mange punkter gjør kullgropene mer synlige, snarere er det slik at den ene av kullgropene som teoretisk er belagt med dobbelt så mange punkter er mindre synlig enn de to som ligger utenfor. Fotografier tatt av disse fire kullgropene viser at vegetasjonen er relativ lik rundt disse, med unntak av den minst synlige hvor det står en kraftig forbusket bjørk oppi selve gropa. Dette stemmer godt med analysen som er presentert ovenfor og indikerer at tettheten av vegetasjonen er veldig avgjørende for synligheten av anomalier. Samtidig avdekker analysene at det ser ut til av vegetasjonstypen også er av avgjørende betydning, hvor lauvskog er en mer kritisk faktor enn barskog.





**Figur 16. De to kullgroper til højre for den blå linjen har teoretisk dobbelt så mange bakkepunkter som de to til venstre. Ortofoto øverst og relieffbilde nederst.**

---

### 3.2 Digital påvisning og typebestemmelse

Ved en visuell analyse av relieffkartene kan en stor del av kulturminnen påvises og typebestemmes. Etter hvert som en opparbeider erfaring med å lese kartene vil kvaliteten på tolkningen forbedres. Likevel er det flere utfordringer i forhold til både påvisning og typebestemmelse som gir grunn til å se på alternative måter å nærme seg en bedre bruk av laserdataene. Den viktigste hindringen synes så langt å være tett vegetasjon. En annen utfordring er å fange opp de kulturminner som er lite synlige over bakken på grunn av størrelse.

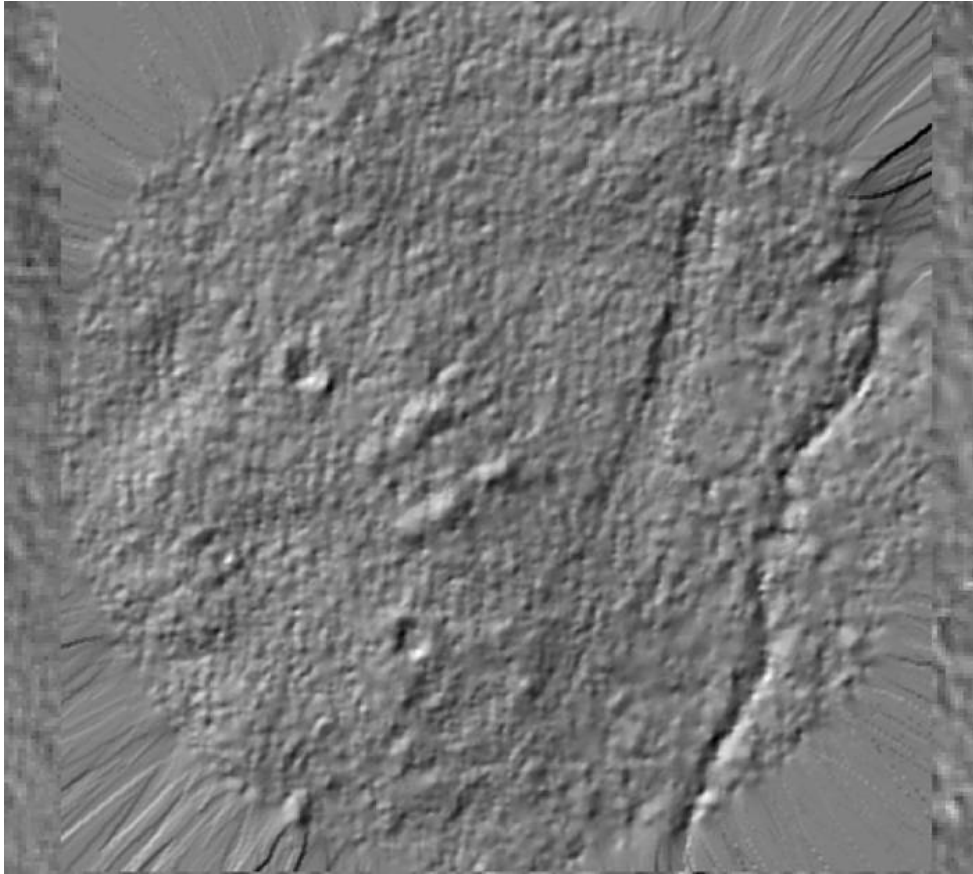
#### Lysmanipulasjon

Som nevnt ovenfor er relieffkartene laget ved «å belyse» terrengmodellen med en lyskilde plassert lavt over horisonten for å gjøre høydevariasjoner lett synlige. Vårt datasett er levert med belysning fra NØ som gir lys på NØ-siden av anomaliene og skygger på deres SV-side. Det er en sammenheng mellom lysretningen og graden av synlighet. Hvilken vei objektene er orientert i forhold til lyset kan være avgjørende for om de er synlige. Et eksempel på dette er jernvinneanlegg nr. 12. Anlegget består av to avlange, parallelle slagghauger orientert NØ-SV. Dette gjør at lyset går på langs av slagghaugene som fremtrer mindre synlige (**figur 17**). Forflyttes lyset derimot 90°, slik at det kommer fra NV, dannes det kraftigere lys/skyggeeffekter og slagghaugene blir tydeligere (**figur 18**). Å flytte rundt på lyskilden på denne måten er en forholdsvis enkel operasjon i GIS.



**Figur 17. Jernvinneanlegg med to slagghauger og to kullgroper med skrålys fra nordøst.**

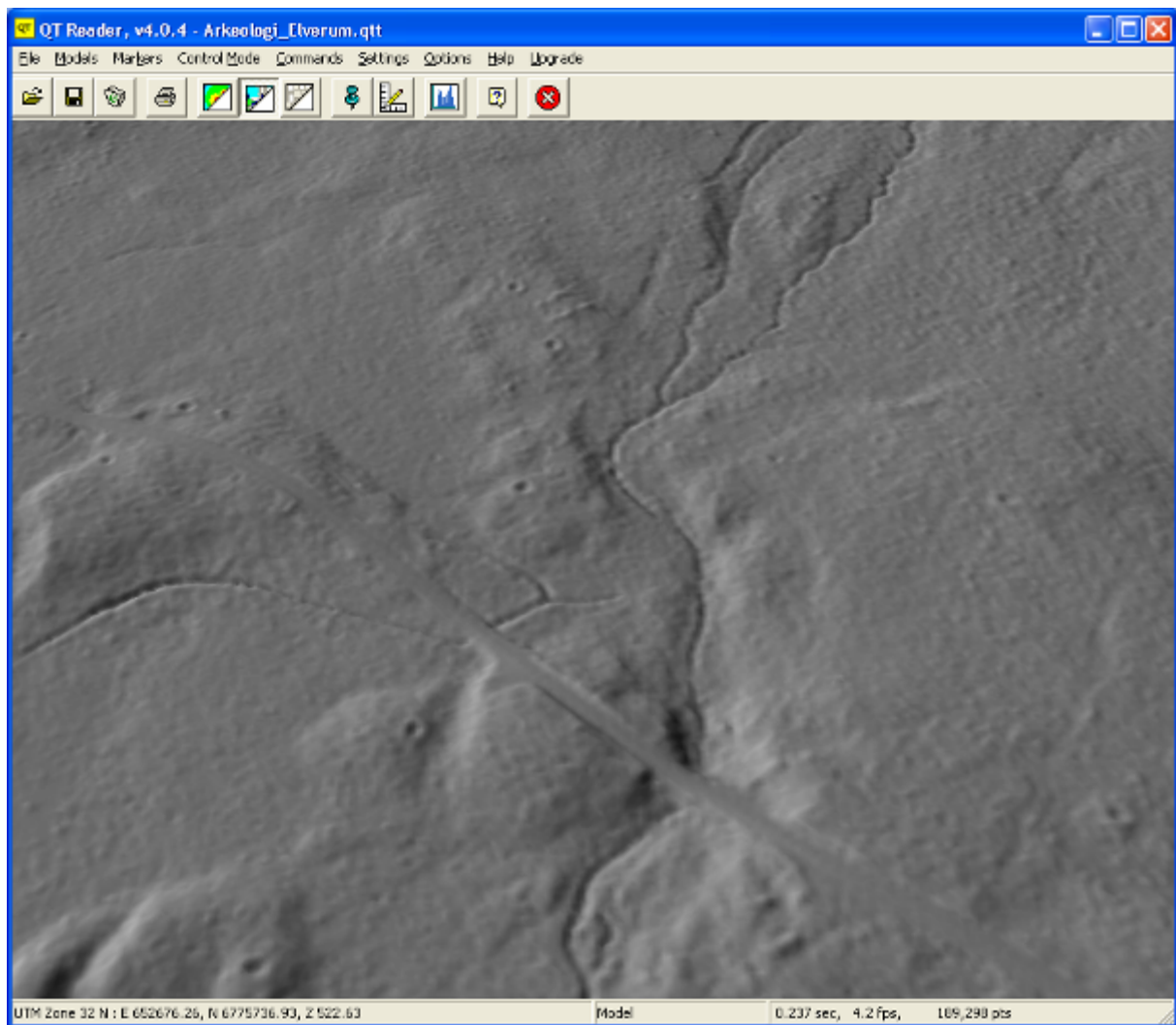




**Figur 18. Som figur 17, men skrålyset er flyttet fra nordøst til nordvest og de to slagghaugene fremtrer tydeligere.**

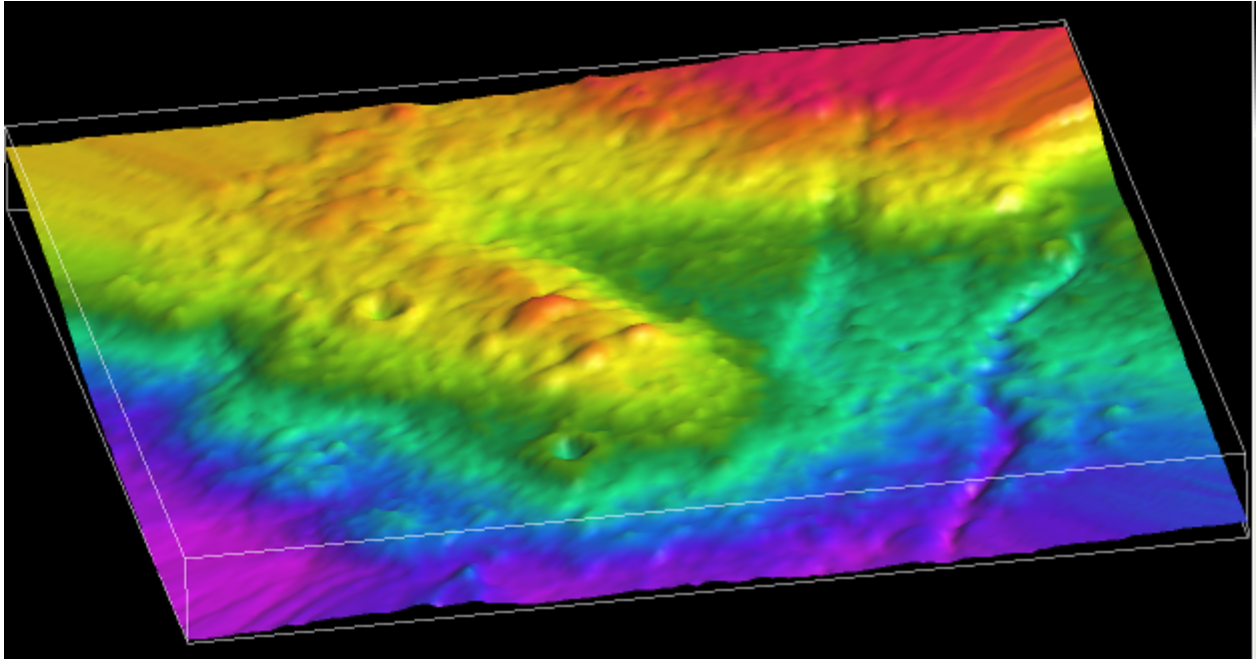
#### DTM-modellering

En annen metode som er relevant for å bedre tolkningen av laserdataene er å fremstille en digital terrengmodell på bakgrunn av laserdataene og så foreta en manipulering av disse. Ved å overdrive z-verdiene (høydeverdiene) oppnår en å forsterke anomaliene slik at de fremstår som tydeligere og lettere å tolke. Et eksempel på dette er manipulasjonen som er foretatt av jernvinneanlegg nr. 12 med de to kullgropene (**figur 19**). En ser tydelig sirkulære, små konkave terrengformer. Disse ble tolket til å være kullgroper. Mellom to av kullgropene kan en også se to parallelle og avlange konvekse terrengformer. Disse ble tolket til å være slagghauger i et jernvinneanlegg.

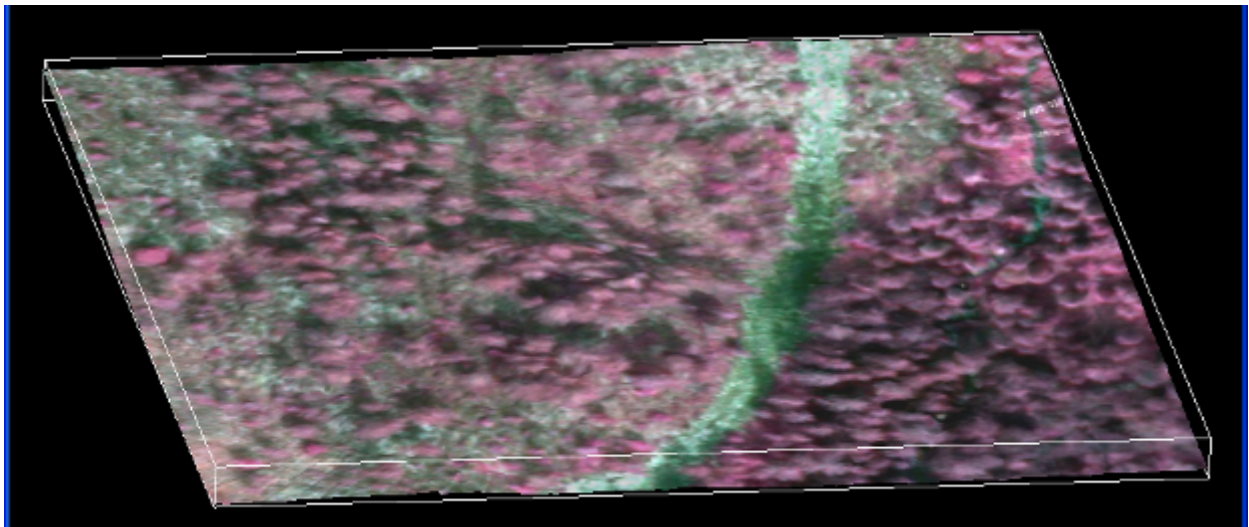


**Figur 19. Område rundt objekt nr. 12.**

Terrengmodellen, som er basert på alle bakketreffene, kan brukes for å lage perspektivplott av terrenget. Konkave og konvekse former trer da tydelig fram. Et jernvinneanlegg i området er illustrert i **figur 20**. Vi ser tydelig to parallelle slagghauger med to tilhørende kullgroper. Den øverste kullgropa er 90 cm dyp, og den lengste slagghaugen er 17 m lang.



**Figur 20. Perspektivplott av et jernvinneanlegg. To kullgroper og to slagghauger ses tydelig.**



**Figur 21. Perspektivplott av samme område som i figuren over. Ortofotot er drapert over terrengmodellen, og en ser at vegetasjonen skjuler jernvinneanlegget.**

I **figur 21** er samme område illustrert i perspektiv, men her er ortofotot drapert over terrengmodellen. Det er nå ikke mulig å se anlegget.

En systematisk surfing gjennom en manipulert digital terrengmodell av området vil muligens bidra til å gjøre det enklere å typebestemme formasjonene i de fleste tilfeller, men ikke alle. En slik fremgangsmåte vil sikkert også gjøre det mulig å fange opp objekter som er lite synlige over bakken. Likevel vil det trolig være en utfordring å skille mellom natur- og kulturobjekter.

#### Mønstergjenkjenning

Kulturminnene i området er relativt homogene i form og størrelse. Å utarbeide et mønstergjenkjenningsprogram kan derfor være en aktuell tilnærming. Et mønstergjenkjenningsprogram mates med data som karakteriserer formen på det en er ute

etter og gjør programmet i stand til å lete etter og finne tilsvarende datasett. En slik fremgangsmåte fordrer at de enkelte kulturminnetypene har tilnærmet lik form. I vårt undersøkelsesområde tilfredsstiller nok kullgropene dette kriteriet, tjæregrøftene til en viss grad, mens jernvinneanleggene i mindre grad tilfredsstiller kriteriet om tilnærmet lik form.

### Geomagnetiske målinger

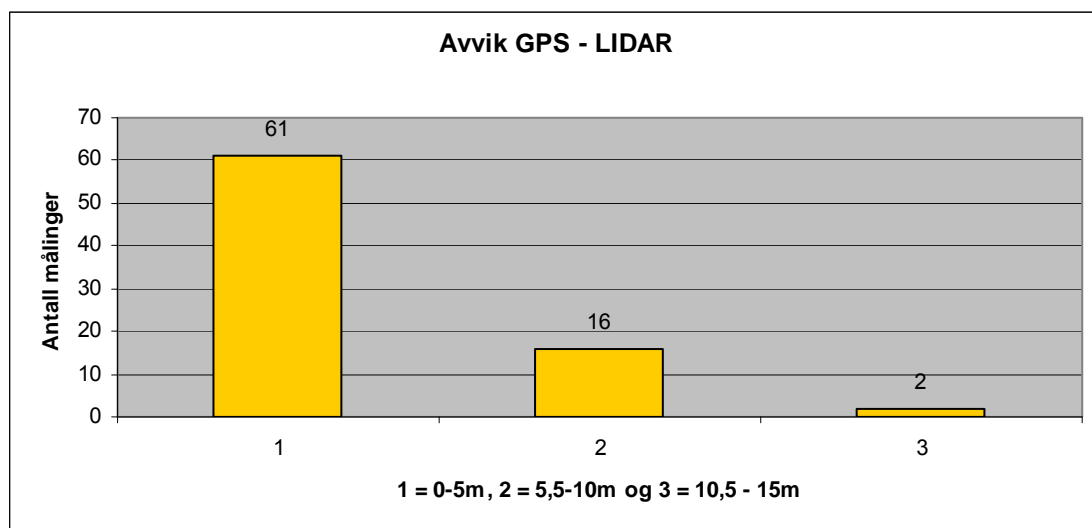
Blom Geomatics A/S leverer flybåren geomagnetiske målinger som en av sine tjenester. Om dette er anvendelig for vårt formål er ennå uviss, men en ting som må undersøkes nærmere.

## **3.3 Stedfesting**

Et delmål var å undersøke hvor godt metoden egnet seg til stedfesting av kulturminner. Dette innebærer å undersøke hvor nøyaktig de påviste kulturminnene kan kartfestes /georefereres. Nøyaktigheten på stedfestingen er avhengig av flere forhold:

For det første er nøyaktigheten på georefereringen av rasteret av avgjørende betydning. Blom Geomatics AS brukte Optech, ALTM 3100 som LiDAR-instrumentet. Dette instrumentet er svært avansert og kan sende ut 100 000 laserpulser i sekundet (100 kHz). I prosjektet ble det brukt 75 kHz. Horisontal nøyaktighet er oppgitt til  $1/2000 \times$  flyhøyden og vertikal nøyaktighet til  $< 15$  cm ved 1200 m flyhøyde. Med en flyhøyde på f.eks. 700 m vil nøyaktigheten i horisontalplanet bli ca. 35 cm. Flyhøyden under innmålingen i Elverum var på 1 000 m.

For 79 av kulturminnene er det foretatt en sammenligning av GPS-innmålingene og LiDAR-dataene (**figur 22**)<sup>1</sup>. GPSen som er brukt er av typen Garmin GPS 12. Der GPS-punktet ligger innenfor kulturminnet, slik det lar seg avgrense på LiDAR-rasteret, er avviket satt til 0 m. For de GPS-innmålingene hvor punktet ligger utenfor kulturminnet, er avviket satt til avstanden mellom GPS-punktet og sentrum av kulturminnet. Dette gir en usikkerhet på 2 til 3 m fordi GPS-innmålingene i flere tilfeller er tatt på vollen til kullgropene og ikke i midten. Likevel gir sammenligningene en pekepinn på GPSens nøyaktighet i dette området. Gjennomsnittlig avvik ble på 3,5 m for de 79 kontrollerte kulturminnene.

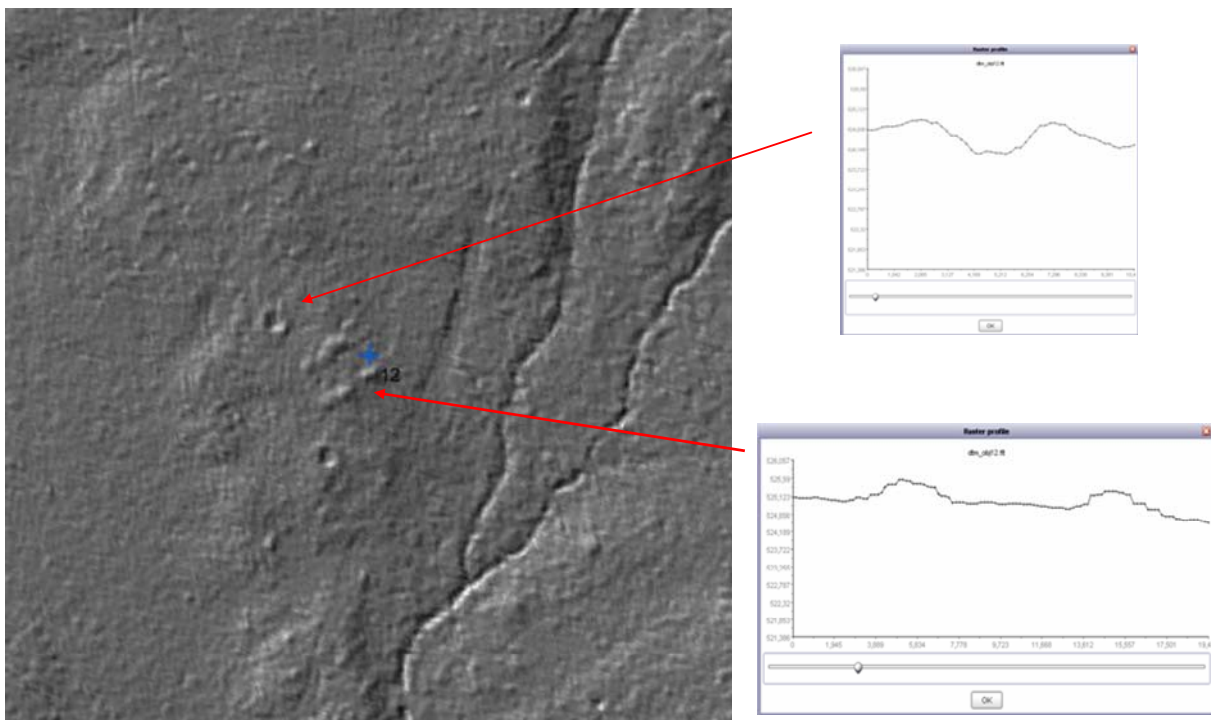


**Figur 22. Avvik på GPS-målingene av 79 kulturminner.**

<sup>1</sup> De 79 kulturminner gjelder både de som ble registrert i 2005 og noen av de tidligere registrerte kulturminner. Antallet ble økt for å bedre det statistiske grunnlaget.

Et annet forhold er at kulturminnene som registreres har en romlig utstrekning - på et kart er de flater eller polygoner og ikke et punkt. Hvor nøyaktig grunnlag metoden gir for å stedfeste kulturminnene som flater, er avhengig av hvor godt kulturminnene lar seg avgrense i relieffkartet. Der kulturminnenene lar seg avgrense relativt tydelig, er metoden godt egnet til å gjengi kulturminnene som flater. Det er likevel viktig å påpeke at selv på kullgroper som vises tydelig i relieffkartene, ikke nødvendigvis er lette å avgrense utstrekningen på vollen. Å fremstille profiltegninger av det enkelte kulturminnet er en potensiell løsning på avgrensingsproblematikken som vist ovenfor. Det er mulig å lage ganske nøyaktige snitt gjennom kulturminnene basert på laserdataene (**figur 23**). Ved å sammenholde relieffkartene med profiltegningene vil det være mulig å foreta en relativt nøyaktig avgrensning av kulturminnet eller anlegget – i hvert fall av de deler som er synlige over bakken. De deler av et anlegg som ikke er synlige over bakken vil ikke kunne fanges opp med laserskanning.

## Profiler



**Figur 23. Profil gjennom kullgrop (øverst) og jernvinneanlegg med to slagghauger (nederst). Tegningene er utført på basis av lidarpunktene.**

Når et kulturminne først er påvist er metoden så nøyaktig at punktfesting eller koordinatfesting av kulturminnet er uproblematisk. Dersom koordinatene skal brukes til å finne kulturminnet, vil nøyaktigheten til GPSen være det kritiske punktet for om man finner kulturminnet. I vårt tilfelle er avviket til GPSen så lite at dette ikke vil by på noe problem. For kulturminner som framtrer tydelig på relieffkartet, gir metoden et godt grunnlag til å definere kulturminnet som en flate. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at mange synlige kulturminner er vanskelig å avgrense; også i felt.



---

## 4. Konklusjon

Relieffkartet, basert på terrengmodellen fra laserdatasettet, gir grunnlag for å påvise og typebestemme mange av de kulturminnene som finnes i området. Visuelle tolkninger er ikke alltid tilstrekkelig for å påvise og typebestemme alle kulturminner som er synlige over bakken. Det er behov for å utrede forskjellige typer analyseverktøy for å kunne øke dekningsgrad og treffsikkerhet. En optimalisert bruk av laserskanning til registrering av kulturminner i skog krever at det jobbes videre med tre hovedutfordringer: 1. hvordan håndtere områder hvor det er tett vegetasjon og hvor det er stort innslag av løvtrær?, 2. typebestemmelse - hvordan skille mellom forskjellige kulturminnetyper og ikke minst mellom natur- og kulturobjekter? og 3. hvordan fange opp lite synlige kulturminner?

På sikt vil det også være nødvendig å jobbe videre med andre typer kulturminner i skog for å opparbeide en referanseramme. Metodens anvendelighet bør også testes opp mot forskjellige skog- og terrengtyper. Det vil også være naturlig å utføre lønnsomhetsanalyser hvor kostnadene ved bruken av laserskanning som registreringsmetode sammenlignes med tradisjonelle registreringsmetoder.

Som metode har laserskanning også et stort potensial i forhold til miljøovervåking. Datainnsamling er en tidkrevende del av miljøovervåkingsprosjekter, og ulike fjernmålingsmetoder har en viktig funksjon i overvåkingsprogrammer da de kan gi oversikter over store arealer. Både flybilder og satellittbilder har imidlertid sine begrensninger der vegetasjonsdekket hindrer sikten til markoverflaten. Som vist gjennom pilotprosjektet vil bruk av laserskanning bidra til å dekke større deler av landskapet med fjernmåling. I miljøovervåkingssammenheng vil metoden ikke bare kunne bidra til å få oversikt over hvor mange kulturminner som fjernes, men også over det potensielle skadeområdet på det enkelte kulturminnet. Som vist ovenfor er det mulig å lage 3D-fremstillinger av kulturminnene som er anvendelige både for oppmåling og for gjennomføring av endringsanalyser over tid.

Metoden åpner også for muligheter til volumberegninger, noe som er aktuelt i forhold til for eksempel produksjonsberegninger i jernvinna. Slike beregninger ligger til grunn for mye av den kulturhistoriske forskningen rundt jernvinnas samfunnsmessige betydning i forhold til organisering, bosetting og økonomi. Det er også aktuelt å jobbe videre med utvikling av metoden i kombinasjon med andre typer fjernmålingsdata, som for eksempel magnetiske målinger, optiske satellittbilder og infrarøde flybilder.

Flybåren laserskanning har gjennom pilotprosjektet vist seg å være et velegnet verktøy for å registrere kulturminner i skog, men foreløpig på et relativt grovmasket nivå. Potensialet for at metoden kan videreutvikles slik at den vil dekke behovet til arkeologiske registreringer er imidlertid meget stort.

I en videreføring av prosjektet vil vi velge ut et testområde innenfor de 10 km<sup>2</sup> som vil bli gjenstand for dybdeanalyser utelukkende på bakgrunn av laserdataene. Området vil omfatte både åpen og tett skog. Vi vil vektlegge følgende analyser:

1. En visuell studie av relieffkartene
2. En visuell studie av relieffkartene med manipulasjon av belysningsretningen
3. En analyse ved hjelp av et mønstergjenkjenningsprogram
4. En analyse ved hjelp av en 3D digital terrengmodell

Det vil bli utarbeidet et sett av kriterier som de fire analysetilnærmingene vil bli gjennomført etter, slik at det vil være mulig å sammenligne dem. Dette gjelder spesielt i forhold til treffsikkerhet og målbarhet, men også tidsbruken til de forskjellige tilnærmingene. De kartbaserte og digitale analysene vil bli fulgt opp av feltarbeid hvor det utvalgte området vil bli registrert med manngard slik en tradisjonell arkeologisk registrering i skog utføres. Med denne metodiske tilnærmingen er

---

det et mål å finne frem til den analysemetoden som sikrer best mulig kvalitet og kostnadseffektivitet ved en evt. implementering av laserskanning i forvaltnings- og forskningsarbeid.

## 5. Formidling

Prosjektgruppen ønsker å formidle resultater fra prosjektet fortløpende. I løpet av prosjektperioden er resultatene formidlet på to seminarer: I november 2005 deltok Risbøl på et forskerseminar på Klaipeda Universitet i Lithauen med foredraget: "Air-borne laser scanning of cultural features in Norwegian forests – presentation of a pilot project." I mars 2006 ble prosjektet presentert på Riksantikvarens seminar om nyere metoder for registrering av arkeologiske kulturminner.

Resultatene av pilotprosjektet formidles gjennom denne rapport og i tillegg vil prosjektgruppa skrive en felles artikkel til tidsskriftet "Kart og Plan" med publisering i løpet av 2006. Vi ønsker også å lage en presentasjon på de deltakende institusjoners hjemmesider.

## 6. Referanser

Devereux, B.J., G.S. Amable, P. Crow & A.D. Cliff 2005: The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies. I: *Antiquity* Vol. 79, 305, pp 648-660.

Harby, S. 2003: Kulturminneregistreringer under lupen. i: *Kulturmiljø og landskap. Fortidsminneforeningens årbok 2003*.

Jacobsen, H. & J.H. Larsen 1992: *Dokkfløys historie. Dokkfløy fra istid til kraftmagasin*. Lillehammer 1992.

Narmo, L.E. 2000: *Oldtid ved Åmøtet*. Åmot historielag.

Næsset, E. (2002). "Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data." *Remote Sensing of Environment* 80 (1): 88-99.

Risbøl, O., T. Risan, R. Bjørnstad, S. Fretheim & B.H.E. Rygh 2002: *Kulturminner og kulturmiljø i Gråfjell, Regionfelt Østlandet, Åmot kommune i Hedmark. Arkeologiske registreringer 2002, fase 4*. NIKU-publikasjoner 125. Oslo 2002.

Risbøl, O., M.B. Kræmer & T. Risan 2003: *Regionfelt Østlandet – arkeologiske registreringer 2003, fase 5. Åmot kommune, Hedmark fylke*. NIKU Rapport 15/03. Oslo 2003.

Risbøl, O. 2005: Kulturminner i Gråfjell – kulturhistoriske resultater fra registreringsprosjektet. i: "Utmarkens grøde" – mellom registrering og utgraving i Gråfjellområdet, Østerdalen. *Varia* 59. *Universitetets Kulturhistoriske Museer*. Oslo 2005.

Risbøl in press: Bevaring og forvaltning av kulturminner i skog. I: Eds. Egenberg, I.M., Skar, B. & G. Swensen. NIKU Strategiske instituttprogram 2001-2006. - NIKU Tema.

Sapeta, K. (2000). Have You Seen the Light? LIDAR Technology Is Creating Believers, *GEOWorld*.

Sittler, B. 2004: Revealing historical landscapes by using airborne laser scanning. A 3-D modell of ridge and furrow in forest near rastatt (Germany). *Proceedings of the ISPRS working group*



---

VIII/2: *Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment*. International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, vol. XXXVI, part 8/W2. Freiburg 2004.

Skare K. 2003: Arkeologiske registreringsmetoder. i: *På vandring i fortiden. Mennesker og landskap i Gråfjell gjennom 10 000 år*. (Red.: Amundsen, Risbøl & Skare). NIKU Tema 7. Oslo 2003.

Skjelsvik, E. 1978: Registrering av fornminner for det økonomiske kartverket i Norge 1963-1977. *Fornvännen. Tidskrift för svenskt antikvarisk forskning*. Stockholm.

Stenvik, L. 1992: *Skogsdrift og kulturminner*. FOK-programmets skriftserie nr. 4. Program for forskning om kulturminnevern. Norges Allmennvitenskapelige forskningsråd. Oslo.

Swensen, G., G. Jerpåsen, R. Skogheim, I-L. Saglie & T. Guttormsen 2004: *Landskap under press – Urbanisering og kulturminnevern. En studie med eksempler fra Nannestad og Stavanger*. NIKU Tema 12. Oslo 2004.

## Vedlegg A

Nr.	Tolkning	Sikker	Usikker	Feltmerkna	Breddemål	Lengdemål	Høydemål
1	Jernvinneanlegg med tre slagghauger	x		Jernvinneanlegg med fire slagghauger og tre kullager			
2	Tjæregroft		x	Tuer og overgrodde stubber - fire stk. med 40-60 cm mellom haugene. Danner en avlang formasjon. Maurtue 8 m i SØ			
3	Kultur		x	Kullgrop med spesielle grøfter i N			
4	Jernvinneanlegg med to slagghauger	x		Maurtue i NV og naturlig haug i SØ. Innbyrdes avstand 4 m.	3,3 m/ 1 m	3,7 m	1 m/ 0,4 m
5	Jordbearbeidingsspor		x	Gressmyr (data-artifakt)			
6	Jernvinneanlegg med to slagghauger	x		Jernvinneanlegg med fire slagghauger			
7	Jernvinneanlegg med en slagghaug	x		Naturlig liten haug + to-tre stubber i samling med kvist og kvas	4,2 m	4,2 m	0,6 m
8	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		To kvisthauger med jord, torv og stubber	4 m/ 4 m		1 m/ 0,7 m
9	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		To kvisthauger med jord, torv og stubber	4 m/ 3 m		0,5 m/ 1 m
10	Jernvinneanlegg med en slagghaug	x		Ingen spesielle formasjoner			
11	En slagghaug og en kullgrop		x	Naturlig grushaug og kullgrop	3,4 m	3,4 m	1 m
12	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		Jernvinneanlegg med to meget lange slagghauger			
13	Jernvinneanlegg med to slagghaug		x	Maurtue	1,7 m	1,7 m	0,6 m
14	Kultur		x	Kullgrop			
15	En slagghaug		x	Maurtue	2,3 m	2,3 m	0,9 m
16	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		Jernvinneanlegg med to slagghauger og kullgrop			
17	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		Jernvinneanlegg med to slagghauger			
18	Reg. kullgrop (utydelig på kartet)	x		Noe grunn kullgrop			
19 S	Natur	x		Jernvinneanlegg med to slagghauger			
19 N	Natur	x		Jordfast steinblokk - tilgrodd	5,3 m	6,5 m	1,2 m
20	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		Ingen spesielle formasjoner			
21	Jernvinneanlegg med en slagghaug og en kullgrop		x	Kullgrop			
22	Jernvinneanlegg med to slagghaug	x		Naturlig haug (tue)	4,4 x 3,5 m		0,4 m
23	Jernvinneanlegg med en slagghaug	x		Rotvelt	2 x 3,2 m		1,5 m
24	Kultur		x	Mulig tjæregroft med grøft og to groper			
25	Tjæregroft		x	Tjæregroft			
26	Natur		x	Massetak til vei med gjenværende grushaug	5,3 m	8,5 m	1,6 m

## Vedlegg B