



NIKU Rapport 22

Flybåren laserskanning og registrering av kulturminner i skog

Fase 3

Ole Risbøl, NIKU

Arnt Kristian Gjertsen, Skog og landskap

Kjetil Skare, Hedmark fylkeskommune

niku

 skog+
landskap


HEDMARK
FYLKESKOMMUNE



Risbøl, Ole, Gjertsen, Arnt Kristian, og Skare, Kjetil. 2008. Flybåren laserskanning og registrering av kulturminner i skog. Fase 3. – NIKU Rapport 22. 43 sider.

English title: Airborne laser scanning of cultural remains in forest. Phase 3. – NIKU Rapport 22. 43 p. In Norwegian with English abstract.

Oslo, oktober 2008

NIKU Rapport 22
ISSN 1503-4895
ISBN 978-82-8101-058-1

Rettighetshaver © Copyright Stiftelsen Norsk institutt for kulturminneforskning, NIKU.
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Redaksjon: Vigdis Andersen
Rapporten er ikke trykt, men er tilgjengelig som pdf-fil på www.niku.no

Kontaktadresse: NIKU, Storgata 2, 0155 Oslo
Postadresse: NIKU, P.O. Box 736 Sentrum, NO-0105 Oslo
Tlf: 23 35 50 00
Fax: 23 35 50 01

Tilgjengelighet:	Åpen
Prosjektnummer:	1561808
Oppdragsgiver:	Riksantikvaren
Faglig ansvarlig hos NIKU:	Hilde Amundsen

Sammendrag

I denne rapporten presenteres resultatene fra fase 3 av laserskanningsprosjektet som ble påbegynt med et pilotprosjekt i 2005. Hovedmålet med prosjektet har vært å teste ut, utvikle og etter hvert implementere flybåren laserskanning som metode for registrering og overvåking av kulturminner i skog.

I fase 3 hadde prosjektet som et av flere delmål å opparbeide kunnskap om registrering av mindre tydelige kulturminnetyper som finnes i skog. Elverum-dataene ble supplert med laserskanningsdata fra Hamar og Ringsaker kommune hvor spekteret av kulturminnetyper er bredere. Dataene ble analysert med et spesielt fokus på rydningsrøyser og i hvilken grad disse lar seg påvise på laserskanningskartene. Analyse førte frem til en konklusjon om at muligheten for å se små og lave rydningsrøyser blant annet er avhengig av om terrenget de ligger i er flatt eller ujevnt. I flatt terreng er det lettere å skille ut små og lave strukturer som fremstår som sannsynlige menneskeskapt anomalier i et ellers jevnt terreng. Tettheten av laserpunkter som når bakken og blir reflektert derfra er også avgjørende i forhold til om røysene vises på kartene. Hvis en lav røys er dekket av mange bakketreff vises den lettere enn hvis det er få bakketreff for eksempel på grunn av dekkende vegetasjon. Ofte vil en eller flere røyser i et rydningsrøysfelt imidlertid stå klarere frem enn de øvrige da de for eksempel er større enn de andre eller ligger i mer åpent terreng. Slike røyser vil dermed være indikatorer som viser at her er det et område som må sjekkes nøyere. Analysen av dataene fra Hamar og Ringsaker viste også at linjetemaer, slik som åkerreiner og hulveier fremsto ganske klart på laserskanningskartene og dermed kunne supplere de eksisterende feltregistreringene som var konsentrert om registrering av gravhauger og -røyser. Videre kom det frem at laserskanningsdata gir et godt grunnlag for å kvalitetssikre kartfestingen av enkeltminner og avgrensningen av hele felt slik de er angitt i kulturminneregisteret "Askeladden" og som ofte ikke helt samsvarer med virkeligheten.

Et annet delmål i denne fasen var å jobbe videre med å utrede kravet til oppløsning/punktetthet. Med utgangspunkt i dataene fra Elverum ble dette gjort ved å belyse punktsetthet, vegetasjonsdekket over kullgroper samt gropenes tilstand og mål. Betydningen av det å ha erfaring med tolkning av laserskanningskart ble også berørt i gjennomgangen. Punktsettheten har betydning for om kulturminner fremstår som tydelige på kartene, men utgjør samtidig ikke i seg selv noen entydig forklaring på hvorfor noen kullgroper sees med tydelighet, mens andre ikke gjør det. Årsaken er som oftest sammensatt av en rekke faktorer. Kulturminnets tilstand er av betydning og det samme gjelder dybden på kullgroper (og andre groper). Vegetasjonsdekket over kulturminnene spiller også inn. Meget tett vegetasjon gjør at laserstrålene reflekteres fra vegetasjonen fremfor å nå bakken som er en forutsetning for å fremstille detaljerte terrengmodeller. Det er også ting som tyder på at lav bakkenær vegetasjonen byr på større utfordringer enn høy vegetasjon (trær) da det er vanskeligere å skille ut bakketreff fra vegetasjonstrekk nær bakken enn treff fra trekroner. Det er mange usikkerhetsfaktorer knyttet til dette med etterprosessering av dataene og spørsmål knyttet til datarensingen og det anbefales at betydningen av denne for resultatet forfølges ytterligere. Analysen viste også at erfaring med å tolke laserskanningsdata og bruk av egnet programvare (analyse- og innsynsverktøy) har betydning for resultatet.

Det tredje delmål gikk på videre utprøving av automatisert mønstergjenkjenning som en rasjonell metode for tolkning av LIDAR-data. Dette ble gjort ved å fortsette uttestingen av *template matching* som er en automatisk metode for å finne gitte objekter på kartene. Template matching baseres på en mal som viser hvordan et bestemt kulturminne skal se ut (i dette tilfelle en kullgrop) og det utføres et automatisert søk etter strukturer som ligner på malen. Forsøket kan bare betegnes som delvis vellykket siden kun 40 % av kullgroperne i testområdet ble påvist ved denne tilnærmingen.

Det ble også gjort forsøk med bruk av objektgjenkjenning ved hjelp av programvaren *Developer* som baserer seg på en segmentering av piksler. Denne tilnærming viste seg å være svært komplisert og tidkrevende og forsøket kunne ikke fullføres innenfor prosjektet.

Forsøk med bruk av forskjellige bildeforbedringsbehandlinger viser derimot mot en rekke potensielle forbedringsmuligheter som kan bidra til å øke treffprosenten ved visuelle tolkninger av laserskanningskart.

Det siste delmål i fase 3 av prosjektet gikk ut på å utveksle erfaring med svenske kollegaer som også arbeider med LIDAR og kulturminner i skog. Dette målet ble oppnådd ved gjennomføringen av et felles arbeidsseminar i Falun sammen med arkeologer fra Länsstyrelsen i Dalarna, Skogsstyrelsen og Riksantikvarämbetet.

Med prosjektets fase 3 har vi kommet noen skritt nærmere hovedmålet samtidig som arbeidet med delmålene har avdekket nye utfordringer det vil bli arbeidet videre med innenfor pågående og fremtidige laserskanningsprosjekter.

Abstract

A LIDAR (light detection and ranging) airborne laser scanning project was initiated in 2005, and the results of Phase 3 of this project are presented in this report. The main objective was to test, develop and gradually implement LIDAR as a method for surveying and monitoring cultural remains in forest areas.

In Phase 3 one of the objectives was to increase knowledge regarding the monitoring of less visible cultural remains in forest areas. LIDAR data from Hamar and Ringsaker municipality, where the diversity of types of cultural remains is greater, supplemented data from Elverum. The data were analysed focusing especially on the degree to which clearance cairns could be detected on the laser scanning maps. Analysis led to the conclusion that the extent to which it is possible to detect small and low clearance cairns depends on whether the surrounding terrain is flat or uneven. It is easier to distinguish small and low structures which stand out as man-made anomalies in flatter terrain. The density of laser points reaching and being reflected from the ground is also decisive for the degree of visibility of the cairns on the maps. A low cairn covered by many ground hits will be more visible than if the ground hits are fewer, which may occur as a result of dense vegetation for example. However, some larger cairns situated in more open terrain will often appear more clearly than other cairns in a clearance-cairn site. Such cairns will therefore be indicative of an area that needs closer examination. The analysis of the Hamar and Ringsaker data also showed that linear structures, such as fossilised field banks and hollow ways, appeared quite clearly on the laser scanning maps, thereby supporting the existing field surveys that focused on burial mounds and cairns. Furthermore, we discovered that the laser scanning data provide a good basis for controlling the quality of the mapping of individual remains and the demarcation of whole fields in the cultural heritage database (known as "Askeladden"), and which are often not quite in accordance with reality.

A second objective of this phase of the project was to continue investigating requirements regarding the resolution/density of points. This was done by examining point density, vegetation covering charcoal pits, and the pits' condition and dimensions, using data from Elverum. Experience in interpreting laser scanning maps was of great value during the examination. The density of points is significant for the degree of visibility of the cultural remains on the maps, but offers in itself no explanation for why some charcoal pits can be seen clearly and others cannot. The reasons for this are usually numerous: the condition of the cultural remains, the depth of the charcoal pits (and other pits) etc. The vegetation covering the cultural remains is also important. The presence of very dense vegetation causes the laser beams to reflect from the vegetation rather than from the ground, a

precondition for making detailed terrain models. There are also indications that low, close-to-ground vegetation causes greater difficulties than higher vegetation (trees), since it is more difficult to distinguish ground hits from vegetation hits near the ground than from hits from tree tops. There are many uncertainties related to the post-processing and filtering of the data, and we recommend that the consequences of this for results are investigated further. The analysis also showed that experience in interpreting laser scanning data and the use of suitable software is important for the final result.

A third objective in this phase of the project was to further test the efficiency of the automatic structure detection system as a method for interpreting LIDAR data. This was done by continuing the testing of the *template matching*, an automatic method for finding given objects on the maps. Template matching is based on a model showing what certain cultural remains are supposed to look like (in this case a charcoal pit) and an automatic search for the structure similar to the template is performed. The test can be characterised as having been only partly successful, as only 40 % of the charcoal pits in the test area were identified using this approach.

Tests on object detection were also performed using the Developer software, which is based on pixel segmentation. This approach turned out to be very complicated and time consuming and the experiment could not be completed within the limits of this project.

Tests using different image editing programs point towards a range of potential possibilities for improvement which can increase the hit percentage in the visual interpretation of laser scanning maps.

The final objective in Phase 3 was to exchange experiences with Swedish colleagues who are also working with LIDAR and the detection of cultural remains in forest areas. A workshop was arranged in Falun together with archaeologists from Länsstyrelsen in Dalarna, Skogsstyrelsen and Riksantikvarämbetet.

With the completion of Phase 3 of we have moved closer to the project's main objective. At the same time, work on the secondary objectives has revealed new challenges, which we will continue to work on in the ongoing and future laser scanning projects.

Forord

NIKU, Norsk institutt for skog og landskap samt Hedmark fylkeskommune har i perioden 2005-2008 gjennomført prosjektet: "Flybåren laserskanning og kulturminner i skog." Prosjektet har i hovedsak vært finansiert av midler fra Riksantikvaren (RA). I tillegg til midlene fra RA har de deltakende institusjonene bidratt med midler i form av egeninnsats. De to første faser av prosjektet er rapportert i 2006 og 2007 (Risbøl et al. 2006a, Risbøl et al. 2007a). Resultatene av prosjektets del 3 legges frem i denne rapport.

Deltakere i prosjektet har vært Ole Risbøl, NIKU (prosjektleder), Arnt Kristian Gjertsen, Skog og landskap samt Kjetil Skare, Hedmark fylkeskommune. Vi vil med dette takke RA for finansiering av prosjektet og for faglige innspill underveis.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	3
Abstract.....	4
Forord	5
Innholdsfortegnelse	6
1. Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Målsetning i fase tre.....	7
2. Data og metode.....	9
2.1 Data	9
3. Resultater.....	10
3.1 Dokumentasjon av mindre distinkte kulturminnetyper.....	10
3.2 Synlighet og punktetthet.....	21
3.3 Mønstergjenkjenning/billedforbedring.....	27
3.4 Arbeidsseminar på Länsstyrelsen i Falun, Sverige.....	40
4. Formidling	40
5. Konklusjon.....	41
6. Referanser	43

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Siden 2005 har prosjektet årlig fått innvilget midler fra RA til å gjennomføre et prosjekt om bruk av flybåren laserskanning til registrering av kulturminner i skog. Prosjektet har gitt gode resultater som er presentert i to rapporter (Risbøl et al. 2006, 2007). Samtidig er det avdekket et behov for å videreutvikle metoden hva angår en optimalisering av bruken av LIDAR i registreringssammenheng. For å få best mulig utbytte av denne rapporten er det en fordel, men ikke en forutsetning om man er kjent med innholdet i de to foregående rapportene.

Hovedformålet med prosjektet er å utnytte ny fjernmålingsteknologi for å oppnå bedre oversikt over kulturminnebestanden i skog som grunnlag for en bedre forvaltning av denne. Prosjektets grunntanke er å prøve ut om laserskanning fra fly kan være et nyttig verktøy for å kartlegge, dokumentere og overvåke kulturminnebestanden i skog på en effektiv, kostnadsbesparende og kvalitetsmessig forsvarlig måte. En systematisk kartlegging av kulturminner i de store uregistrerte norske skogområder er svært tids- og ressurskrevende; forhold som gjør det nødvendig å se på alternative metoder med henblikk på å oppnå best mulig registreringsoversikt. Tradisjonelle fjernmålingsmetoder som flyfoto og satellitt har sine begrensninger i forhold til å detektere kulturminner som ligger skjult under vegetasjon, mens LIDAR med sin vegetasjonspenetrerende evne har en klar fordel når det gjelder identifisering av objekter på bakken som er dekket av trær eller annen vegetasjon (Barlindhaug et al. 2008).

Flybåren laserskanning kalles også LIDAR (*light detection and ranging*) og er en metode hvor et område som ønskes kartlagt laserskannes fra fly eller helikopter med formål å hente inn data som grunnlag for å lage digitale terrengmodeller (DTM). Datainnhentingene foregår ved at laserpulser sendes av gårde mot bakken fra utstyr montert under flyet eller helikopteret. Pulsene skytes ut i meget stor fart og med en frekvens på mellom 70 000 og 150 000 ganger per sekund. Lyspulsene reflekteres når de treffer for eksempel bygninger, vegetasjon eller bakken og LIDAR-sensoren ombord i flyet måler tiden det tar fra strålen emitteres til det reflekterte signalet når tilbake til flyet. Med lysets hastighet som en kjent faktor kan tiden omregnes til avstand. Med en tett fordeling av slike avstandsmålinger kan høydevariasjoner på bakken beregnes i forhold til avstanden til flyet som holder jevn høyde under operasjonen. Avansert GPS-utstyr i flyet sikrer georefereringen av hvert punkt som får en x-, y- og z-verdi med en nøyaktighet på få desimeter. De innsamlete XYZ-dataene kan så brukes til å generere høyoppløselige 3D-terrengmodeller som egner seg godt som grunnlag for analyser av forhold på bakken.

1.2 Målsetning i fase tre

I "LIDAR i skog"-prosjektet har det så langt vært jobbet med å analysere og tolke data fra et skogområde i Elverum. Området ble valgt ut da det representerer et typisk østnorsk skogområde hvor det finnes en tett bestand av kulturminner som til dels finnes i stort antall i store deler av landet: kullgroper, slagghauger etter jernproduksjon, fangstgroper og tjæregrofter. Ved fortsatt bruk av laserskanningsdata fra Elverum har vi i denne fase 3 av prosjektet hatt som mål å jobbe videre med noen av de begrensninger som er avdekket gjennom de to første faser av prosjektet, samt belyse noen spørsmål og problemstillinger som er kommet frem.

Kullgroper og jernvinneanlegg er de kulturminnetypene som så langt har stått i sentrum i prosjektet, da de utgjør hovedparten av kulturminner i skog i denne regionen. I tillegg har også enkelte tjæregrofter og fangstgroper inngått i analysearbeidet. I fase 3 har vi utvidet repertoaret med andre mindre distinkte kulturminnetyper som for eksempel tufter, rydningsrøyser, veifar og lignende. Med tanke på målet om å ta i bruk LIDAR som en registreringsmetode, er det viktig å opparbeide seg kunnskap om et så bredt spekter av kulturminner som mulig. Å fange opp

kulturminner som er lite synlige, slik som tufter og små rydningsrøyser sees på som en særskilt utfordring.

Det overordnede **hovedmål** med "LIDAR i skog"-prosjektet er å utnytte ny fjernmålingsteknologi for å oppnå bedre oversikt over kulturminner i skog som grunnlag for en bedre forvaltning av disse.

Fase 3 har hatt fokus på følgende delmål:

Delmål a: opparbeide kunnskap om registrering av andre, mindre distinkte kulturminnetyper som finnes i stort antall i skog.

Delmål b: jobbe videre med å utrede kravet til oppløsning/ punkttetthet.

Delmål c: videre utprøving av mønstergjenkjenning som en rasjonell metode for tolkning av LIDAR-data.

Delmål d: utveksle erfaring med svenske kollegaer som arbeider med LIDAR og kulturminner i skog.

Ad. delmål a (kap. 3.1): Prosjektgruppa har i denne fasen dradd inn flere kulturminnetyper i arbeidet. Med hensyn til en utvidelse av spektret av kulturminner vi jobber med, var tanken i utgangspunktet å bruke LIDAR-data fra Leksand kommune i Sverige som vi fikk tilgang på i 2007. Dette ble forsøkt, men dataene viste seg å ha en dårligere oppløsning enn forventet. Det var derfor ikke mulig å bruke de svenske dataene slik hensikten var. I stedet ble det anvendt LIDAR-data som Hedmark fylkeskommune har skaffet tilgang til fra Geovekst¹. Dataene stammer fra skanning av ny E6-trasé fra Gardermoen til Moelv og det finnes flere kulturminnetyper som dekkes av skanningen. Oppløsningen er 12 pkt/m² for noen områder og 4 pkt/m² for resten. Vår bruk ble i hovedsak avgrenset til rydningsrøyser og tufter og fortrinnsvis slike som ligger i skog eller er dekket av annen type vegetasjon. Eksempler på andre typer kulturminner ble også trukket inn.

Ad. delmål b (kap 3.2): Årets rapport omhandler også problematikk i skjæringspunktet mellom synlighet og punkttetthet/bakketreff.

Ad. delmål c (kap. 3.3): En tredje målsetning var å gå videre med å utvikle og ta i bruk mønstergjenkjenning som en automatisert form for tolkning av LIDAR-data. Denne delen ble knyttet opp mot området som prosjektet registrerte systematisk i felt i 2006. Metoden ble primært prøvd ut i forhold til kullgroper og forskjellige tilnærminger er testet ut og kombinert med noen erfaringer som er gjort innenfor prosjektet vedrørende bruk av sloping-funksjonen i QTM. Det er også gjort nye forsøk på å bruke programvaren eCognition til vårt formål.

Ad. delmål d: Det ble gjennomført et arbeidsseminar med våre svenske kollegaer i november 2007. På seminaret ble det presentert resultater fra LIDAR-prosjekter i de to land og utvekslet erfaringer. Et kort referat av møtet inngår i denne rapporten (kap. 3.4).

¹ Takk til Geovekst for velvillig å ha stilt data til vår disposisjon.

2. Data og metode

2.1 Data

En luftbåren laserskanning ble utført over testområdet nord i Elverum 28. juni 2005 (**figur 1**). Laserdataene ga grunnlag for en nøyaktig beskrivelse av terrengoverflaten med 2.53 punkter pr. kvadratmeter i gjennomsnitt. Leverandøren oppga punkttettheten til å være ca. 4 pr. kvadratmeter [$p\ m^{-2}$], men pilotstudien viste at tettheten varierte med typen vegetasjon: standardavviket var 1.60 [$p\ m^{-2}$]. For en detaljert beskrivelse av datasettet henvises til Risbøl et al. 2006a.



Figur 1. Feltarbeid i testområdet i Elverum i 2006. Etter at relieffkartene var tolket for kulturminner ble tolkningene verifisert i felt.

Datasettet fra Elverum har vært brukt til analyse og tolkningsarbeid i fase 1 og 2 av prosjektet og danner også grunnlag for analysene som er gjort i kapittel 3.2 og 3.3 i denne rapport. Kapittel 3.1 bygger derimot på et nytt datasett fra en skanning langs E6 gjennom Hamar og Ringsaker.

Programvaren som er brukt i tolkningsarbeidet av laserskanningsdataene er Quick Terrain Modeler (QTM) og Quick Terrain Reader (QTR). Dette er analyse- og innsynsverktøy spesiallaget til bruk på laserdata. I programvaren får man fram detaljerte 3D-modeller av det skannede landskapet (DTM). I QTM er det mulig å lyssette terrengmodellen fra ulike vinkler og retninger og manipulere høydeverdien i datasettet. Begge deler er viktig for å tydeliggjøre landskapsformasjoner og kulturminner. Det er også mulig å framstille tverrsnittet av en gitt landskapsformasjon eller kulturminner.

3. Resultater

3.1 Dokumentasjon av mindre distinkte kulturminnetyper

Prosjektet skulle i løpet av fase 3 utvide spektret av kulturminner. Utgangspunktet var at prosjektet fikk tilgang på LIDAR-data fra Leksand kommune i Sverige som dekket store arealer og kjente forekomster av dyrkningsspor mm. Da vi begynte arbeidet med de svenske dataene, virket den digitale terrengmodellen grovkornet, og det var vanskelig å se mindre terrengformasjoner og kulturminner. Ved å analysere et utvalgt område med Spatial Analyst i ArcGis ble det påvist at gjennomsnittlig antall bakketreff i området var på 0,8 pr m² mot en forventning om 5 pkt/m². Årsaken til dette er at det på grunn av tett vegetasjon bare er ca. en femtedel av de utsendte laserpulsene som har truffet bakken og blitt reflektert tilbake til sensoren. På grunn av dette var dataene av langt dårligere oppløsning enn forespeilet. Det var derfor ikke mulig å bruke de svenske dataene slik hensikten var.

I løpet av vinteren 2007/2008 fikk prosjektet i stedet tilgang til LIDAR-data fra Geovekst. Dataene stammer fra skanning av ny E6-trasé fra Gardermoen til Moelv og de dataene som prosjektet har fått tilgang til er fra traseen gjennom Hamar og Ringsaker kommune. Oppløsningen er oppgitt til 12 pkt/m² for arealene i nær tilknytning til E6, mens resterende omland er skannet med en oppløsning på 4 pkt/m². Oppløsningen angir sendte laserpulser og ikke reflekterte bakketreff. Da de svenske dataene ikke var nyttige til våre formål, ble det besluttet å bruke E6-dataene i stedet.

Som nevnt ovenfor hadde prosjektet som et av sine delmål å konsentrere seg om mindre distinkte kulturminnetyper, slik som rydningsrøyser og tufter, og fortrinnsvis de som ligger i skog eller er dekket av annen type vegetasjon. Det er svært få registrerte tufter innenfor arealet som er skannet i forbindelse med E6. Derfor er det her lagt vekt på røysfelt. Alle lokalitetene som er involvert i analysen inneholder både gravhauger, gravrøyser og rydningsrøyser.

Nedenfor er det lagt vekt på to lokaliteter: Vidarshov og Børstad i Hamar kommune. Erfaringene fra Vidarshov og Børstad er så brukt til å belyse to røysfelt i Ringsaker kommune: ett på Sollerud og ett på By.

Røysfeltene som ligger innenfor området som er skannet i forbindelse med E6, er ikke registrert så detaljert at det er mulig å utarbeide statistikk som sier noe om treffprosent.

Gravfelt på Vidarshov i Hamar kommune (figur 2).

Opplysninger i Askeladden:

Lokalitet - 3353 - Arkeologisk lokalitet.

Beskrivelse:

Ca. 25 gravhauger og -røyser. Diameter 5-20 m, høyde 0,5-2,5 m. De fleste synes urørte.

Terrengbeskrivelse:

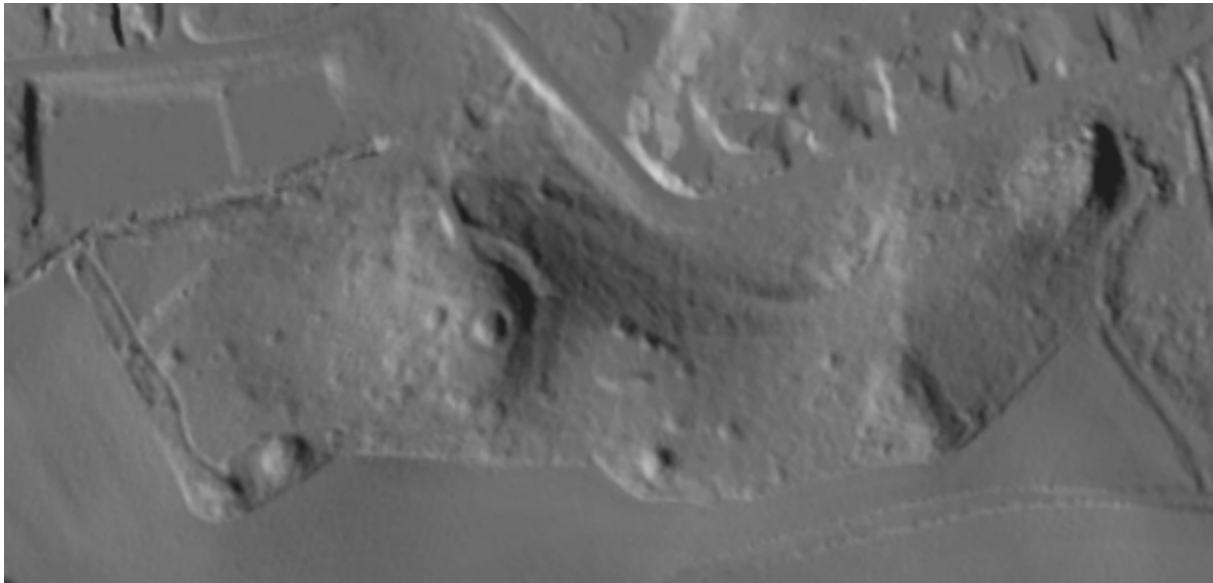
NØ-SV gående høyderygge.

Orientering:

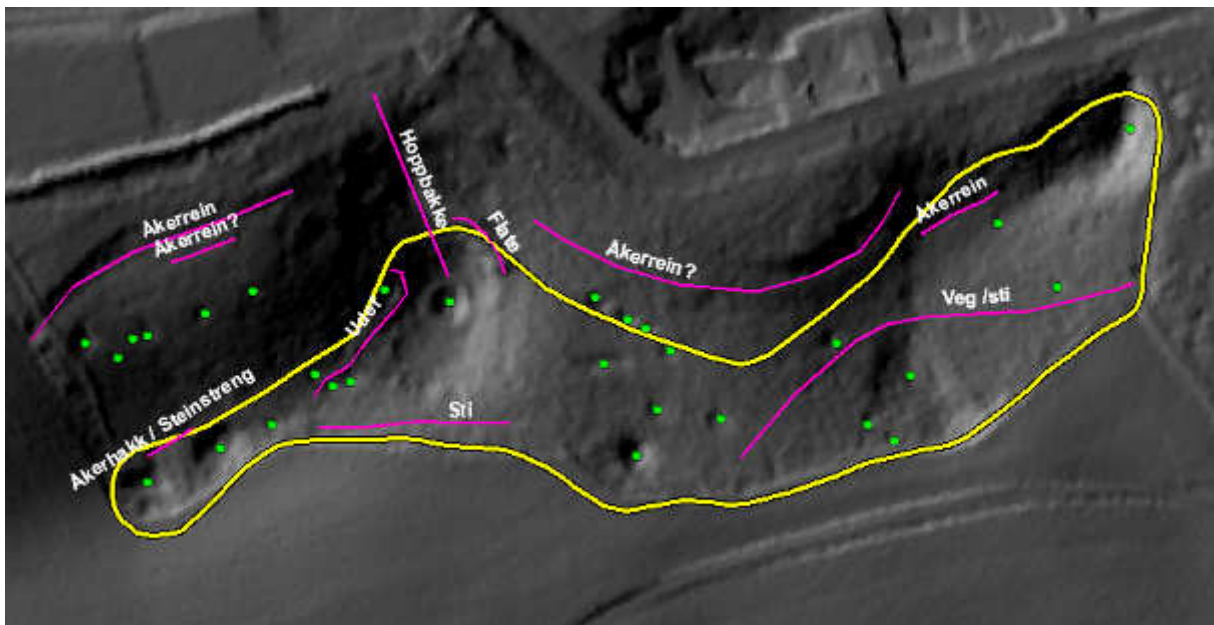
N til NØ for gården.

Figur 2. Flyfoto over gravfeltet på Vidarshov m/avgrensning angitt i Askeladden.





Figur 3. Relieff fra QT-reader over gravfeltet på Vidarshov



Figur 4. Relieff over gravfeltet på Vidarshov med tolkningene inntegnet.

DTMen over gravfeltet på Vidarshov viser at lokaliteten er for snevert avgrenset på nordsiden (**figur 3 og 4**). Dette gjelder ikke minst i nordvest, der det ligger en samling røysar og en åkerrein som ikke er tatt med.

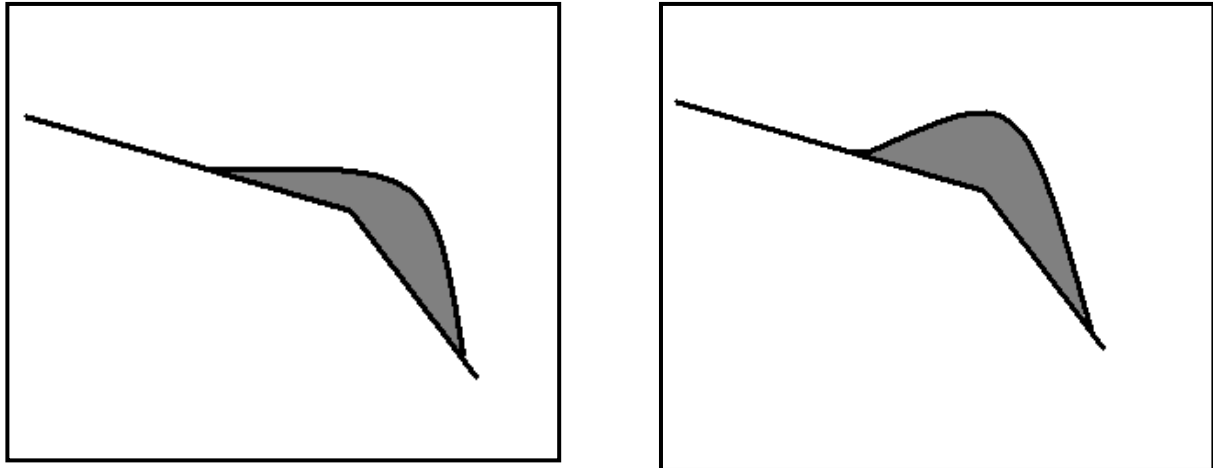
Medregnet de seks røysene/haugene utenfor avgrensningen i nordvest, kan det på terrenngmodellen påvises fem store hauger, hvorav to er avlange, og 23 mindre forhøyninger, som tolkes som røysar/hauger.

I tillegg kan man se ulike linjeformede strukturer som tolkes som veier/stier, steinstreng og/eller åkerreiner/åkerhakk.

Området er i hovedsak dekket av voksen granskog, mens det vest for hoppbakken er innslag av løvskog og åpne flater med bringebærkjerr og tornekratt. Siden skanningen er gjort i slutten av april (i 2005) kan det ikke ha vært nevneverdige blader på løvtrærne.

Erfaringer etter observasjoner i felt

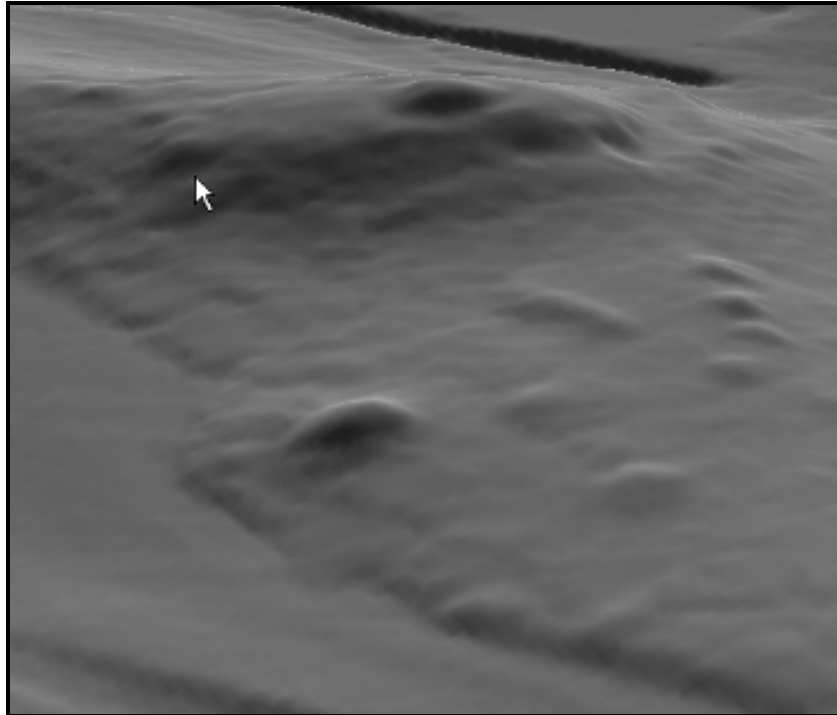
Konklusjonen etter en befaring på gravfeltet er at observasjonene i QT-reader i all hovedsak stemmer. Alle røysene/haugene som var oppdaget i QT-reader var røyser eller hauger. I felt viste det seg imidlertid at det var langt flere røyser enn det som vistes på LIDAR-dataene.



Figur 5a og 5b. Brinkrøys som er vanskelig å oppdage i en terrengmodell og brinkrøys som er enklere å oppdage i en terrengmodell

Dette var forventet, både fordi det framgår av LIDAR-dataene at det er store forskjeller i størrelsen på haugene/røysene, og fordi all erfaring tilsier at det ofte finnes små og lave røyser inne på et røysfelt.

En erfaring er at få av brinkrøysene hvis høyeste punkt går i ett med terrenget ovenfor (**figur 5a**), ble påvist i terrengmodellen før feltarbeidet. Etter utført feltarbeid, og dermed med bedre kjennskap til forholdene på stedet, viste det seg likevel å være mulig å identifisere enkelte av dem på terrengmodellen. Brinkrøysene som hever seg over bakkenivå også i forhold til bakken i overkant, er lettere å se (**figur 5b og 6**). Terrengets hellingsgrad er sannsynligvis også av betydning for hvor enkelt det er å gjenkjenne haugene/røysene. Dette fordi massen i haugene/røysene har lettere for å rase eller skli ut i bratte skråninger, slik at kulturminnet blir mer utflytende i formen.

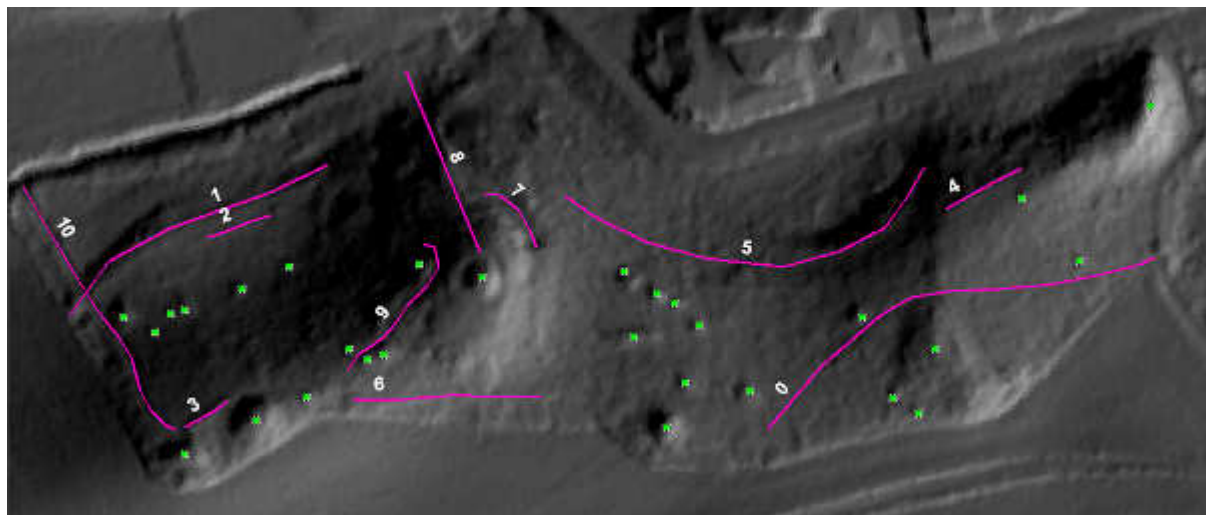


Figur 6. På relieffet peker pila på brinkrøys av den første typen, mens lengst til høyre, omtrent midt på, er det tre tydelige brinkrøys av den siste, tydelige typen.

Under feltarbeidet var det spesielt én røys som vi lurte på hvorfor ble oversett på terrengmodellen. Røysa er 2,5 m i diameter og omtrent 40 cm høy, og den skiller seg klart ut fra den flate bakken rundt. Ved en analyse av LIDAR-dataene ser man at det er 16 bakketreff innenfor et kvadrat på 36 m² rundt GPS-punktet. Dette gir et gjennomsnitt på 0,4 punkter pr m², noe som må regnes som en svært lav oppløsning, og være forklaringen på at den ikke synes på kartet. Noen få områder har opptil 9 treff pr m², mens hele feltet har en gjennomsnittlig oppløsning på 1,3 pkt/m².

Minst like interessant som erfaringene med selve haugene/røysene, er oversikten over menneskeskapte terrengformasjoner i tilknytning til haugene/røysene som ikke er øk-registrert, men som burde ha vært det siden det er tale om kulturminner. Det dreier seg især om lineære kulturminner; for eksempel trer åkerreinene klart fram på DTMen og er med på å komplettere oversikten over lokaliteten som kulturmiljø (**figur 7**).

En delkonklusjon er at ved registreringen av en lokalitet som Vidarshov, er LIDAR-dataene med på å gi en oversikt over området som kan bidra til bedre observasjoner i felt. Dessuten danner laserskanningsdata grunnlag for å kvalitetssikre eksisterende registreringer i tillegg til at det øker muligheten for å finne flere kulturminnetyper som er vanskelig å finne med "froskeperspektiv".



Id	QT-tolkning	Fasit
0	Veg /sti	Brei sti, men svinger ikke mot sør i vest
1	Åkerrein	Åkerrein
2	Åkerrein?	Ikke observert i felt: Bringebær og tornekrautt
3	Åkerhakk / Steinstreng	Lineær forhøyning (dyrkning/planering gammelt)
4	Åkerrein	Åkerrein
5	Åkerrein?	Åker med rein
6	Sti	Sti
7	Flate	Massetak (flate)
8	Hoppbakke	Hoppbakke
9	Udefinert	Hulvei mellom røyser?
10	Antatt dreneringsgrøft	Hulvei / sti

Figur 7. Relieff fra Vidarshov med tilhørende kommentarer fra felt. Ingen av disse var registrert fra før.

Gravfelt på Børstad i Hamar kommune (figur 8)

Opplysninger fra Askeladden:

Lokalitet - 70999 - Arkeologisk lokalitet.

Beskrivelse: 10-15 røyser. Diameter fra 4-10 m. Høyde 0,5-1 m. Røysene ligger rundt en fotballplass. Noen av dem har krater i toppen.

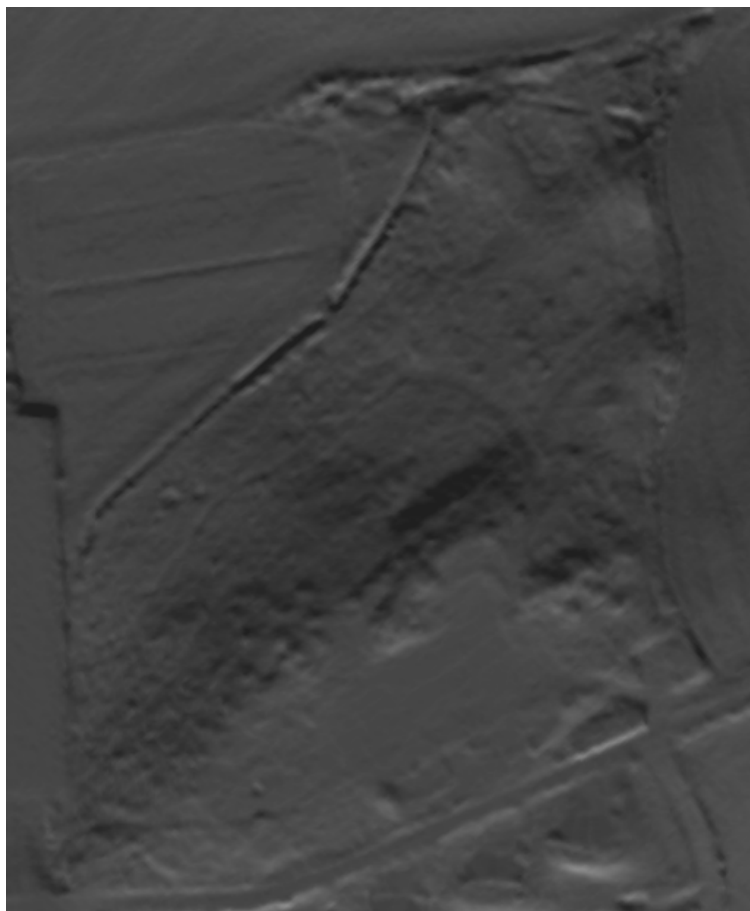
Terrangbeskrivelse: Havnehage. Haugene ligger rundt en åpen slette midt i hagen.

Orientering: 400 m V for Børstad, 125 m SØ for Børstad Ungdomsskole.

Tolkningen av dataene over lokaliteten på Børstad i QT-reader viser at lokaliteten er for snevert avgrenset på nordsiden (**figur 9 og 10**). Opplysningene i Askeladden oppgir 10-15 røyser. Med bakgrunn i LIDAR-dataene, og med erfaringene fra Vidarshov i minne, ble 36 forhøyninger tolket som røyser. Det bør nevnes at terrenget på Børstad er mer ujevnt enn på Vidarshov, noe som gjør det vanskeligere å tolke dataene. LIDAR-dataene viser likevel med sikkerhet at det er langt flere røyser i området enn det som er oppgitt i Askeladden og erfaring tilsier at det er flere enn de 36 som er påvist i terrenngmodellen. Tilstedeværelsen av røyser tilsier at området har vært dyrket, men det er ikke mulig å se noen spor etter eldre åkrer i området.



Figur 8. Flyfoto over gravfeltet på Børstad m/avgrensning angitt i Askeladden.



Figur 9. Relieff over gravfeltet på Børstad

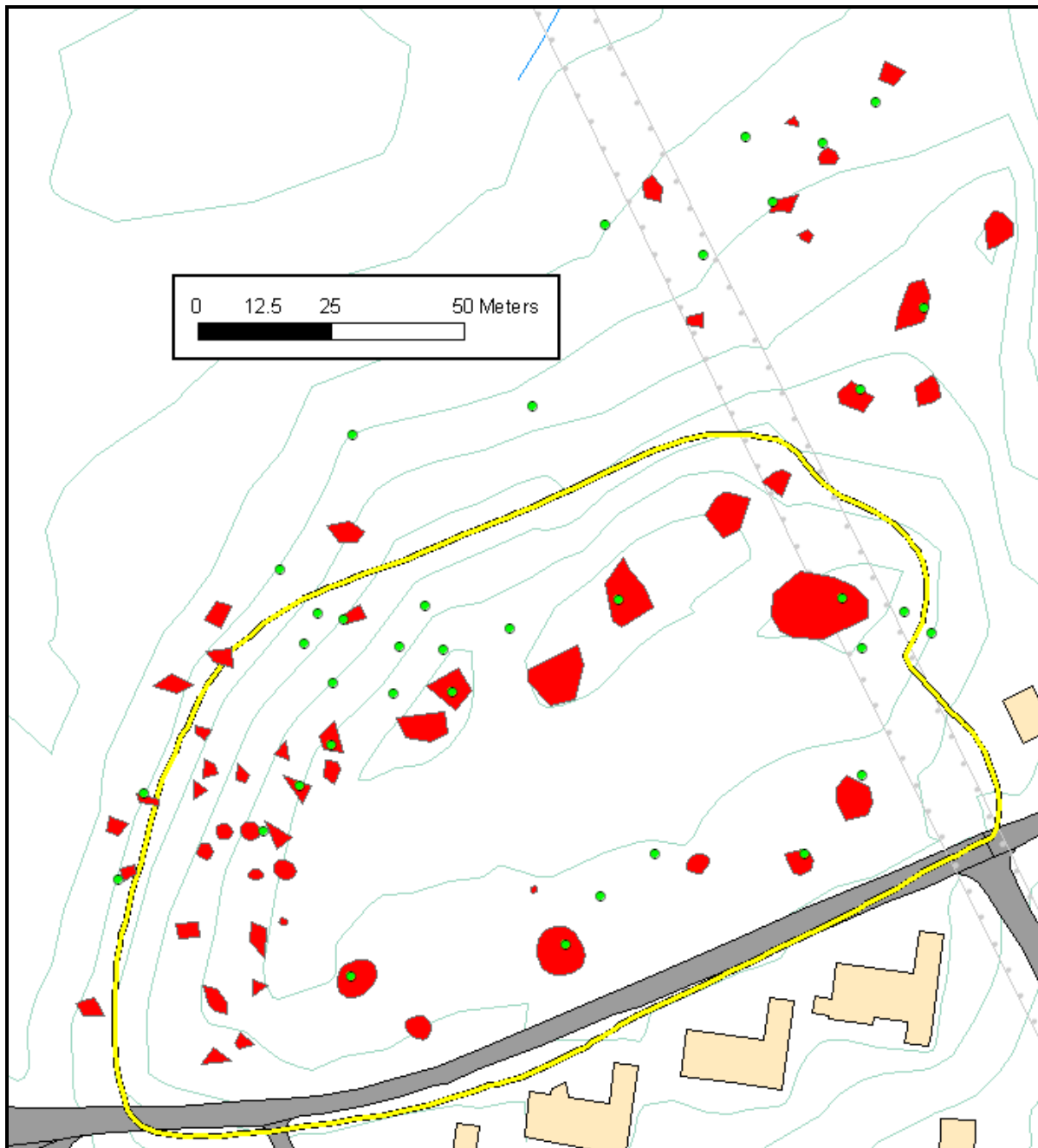


Figur 10. Relieff over gravfeltet på Børstad med avgrensningen fra Askeladden i tillegg til punktene som er tolket som røyser.

Parallelt med at prosjektet arbeidet med LIDAR-dataene foretok to arkeologer en registrering av området i forbindelse med en reguleringsplan. Gjennom dette arbeidet ble det fremskaffet en "fasit" som LIDAR-tolkingene kunne sammenlignes med. Sammenligningen mellom registreringene i felt og vurderingene basert på LIDAR-dataene var ikke veldig sammenfallende. Av de 36 punktene basert på tolkingen av LIDAR-dataene var det bare 16 som stemte overens med de 55 resultatene av feltarbeidet. Dette gir en treffprosent på kun 29 %.

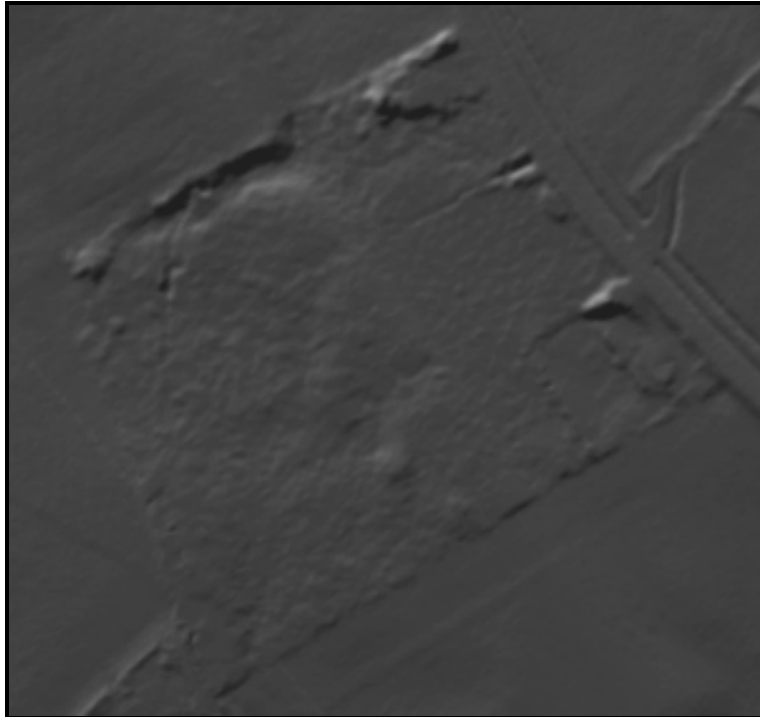
Erfaringer etter observasjoner i felt

I etterkant av analysen ble det foretatt en befaring for å finne mulige forklaringer på den lave treffprosenten. På stedet viste det seg at bakken i området var ujevn, noe som stemmer med tolkingen av dataene. I tillegg var det flere jordfaste steiner, store stubber, mye kompost/jorddunger, og andre moderne inngrep. For området sentralt i illustrasjonen nedenfor (**figur 11**) er en sannsynlig forklaring på en lund med svært store bjørketrær så ut som om de lå på små hauger, men haugene skyldes sannsynligvis trærnes rotsystem, som synes å ha løftet jorden, og ikke kulturelle faktorer.

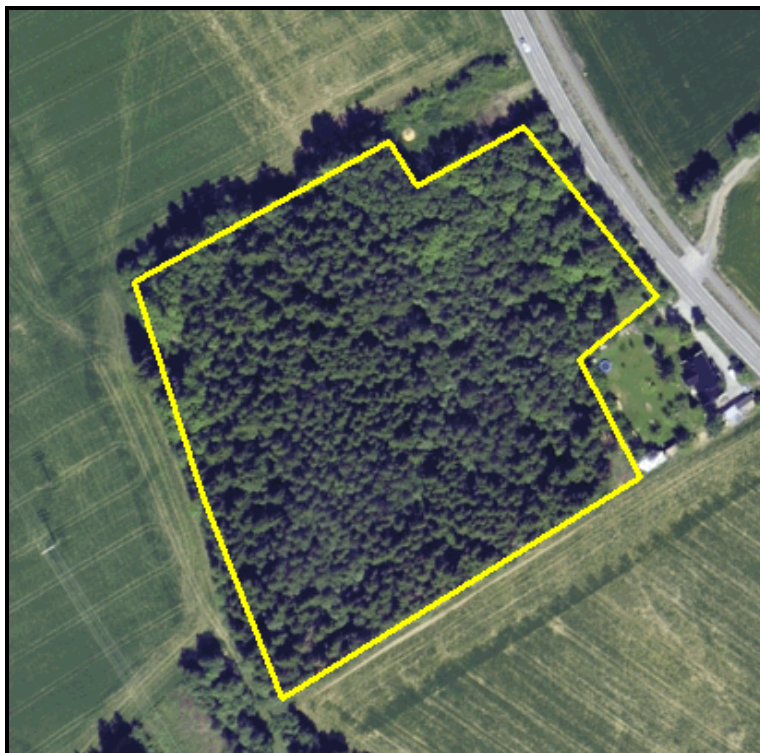


Figur 11. Gravfeltet på Børstad. De grønne punktene viser antatte røyser/hauger tolket på bakgrunn av en DTM i QT-modeler. De røde flatene er innmålte røyser/hauger under feltarbeid. Den gule linjen angir avgrensningen av lokaliteten i Askeladden.

Generell erfaring viser at bakken mellom rydningsrøyser på gamle dyrkningsflater ofte er relativt jevn på grunn av bearbeidingen av jorda. Konklusjonen på analysen av dataene fra Børstad er at der bakken ikke er utjevnet på grunn av dyrkning, er det vanskelig å skille beskjedne røyser fra naturlige forhøyninger, særlig i hellende terreng.



Figur 12. Relieff over gravfeltet på Sollerud.



Figur 13. Flyfoto over gravfeltet på Sollerud med avgrensning fra Askeladden

Røysfeltet på Sollerud, Ringsaker kommune

Røysfeltet på Sollerud er ikke lagt inn i Askeladden. Lokaliteten er registrert med i underkant av 50 svært flate og tettliggende røys. Unntaket er en røys, som er registrert som gravrøys.

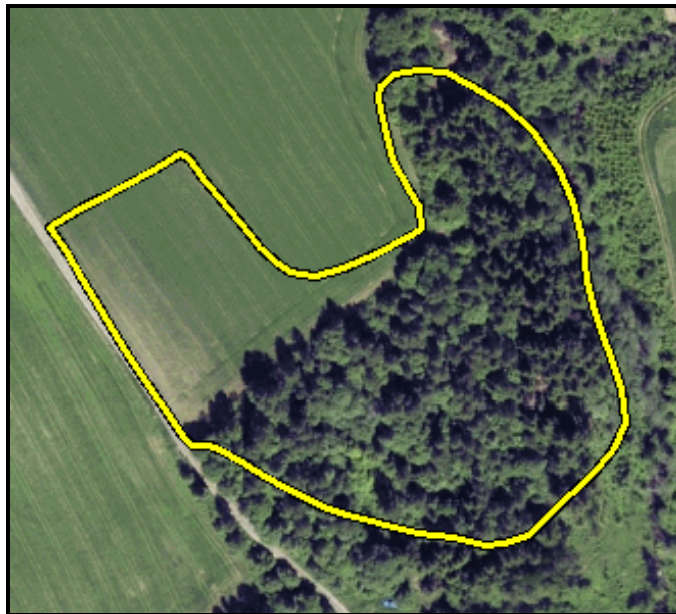
Gravrøysa er ca. 12 m i diameter og 0,4 -1,4 m høy og har en stor plyndringsgrop i midten (**figur 12 og 13**).

Det er ikke sikkert at dette røysfeltet ville ha blitt fanget opp på DTMen, dersom en ikke visste om det på forhånd. Den store gravrøysa er relativt synlig, men ikke direkte iøynefallende. Det er tett granskog i området og antallet bakketreff er ca. 1 pr m² (0,96). Muligheten for å oppdage denne typen røysfelt, hvor røysene er svært lave, må regnes som svært dårlige, med mindre det er enkelte røyser som skiller seg ut.

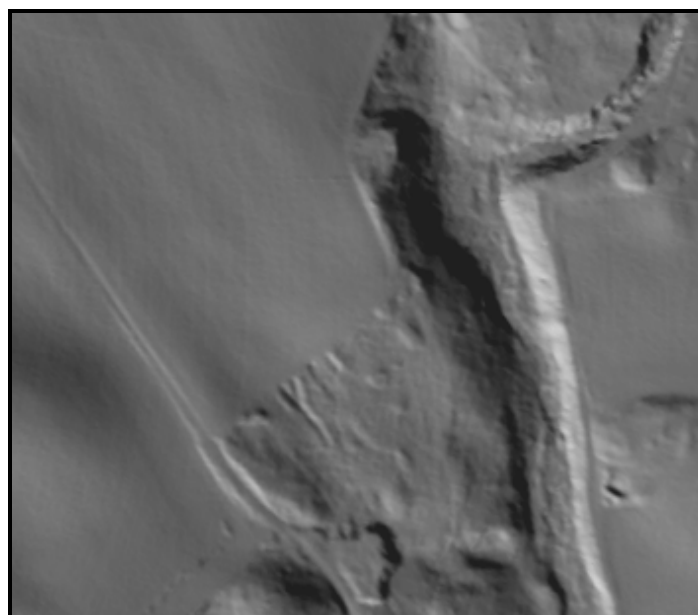
Gravfelt på By i Ringsaker kommune (figur 14 og 15)

Lokalitet - 68911 - Arkeologisk lokalitet.

Beskrivelse: Spredt utover ligger 30-40 hauger og røyser. Feltet inneholder trolig både gravhauger og rydningsrøyser. Diameter 6-20 m, høyde 0,3-1,5 m.



Figur 14. Flyfoto over gravfeltet på By med avgrensning fra Askeladden



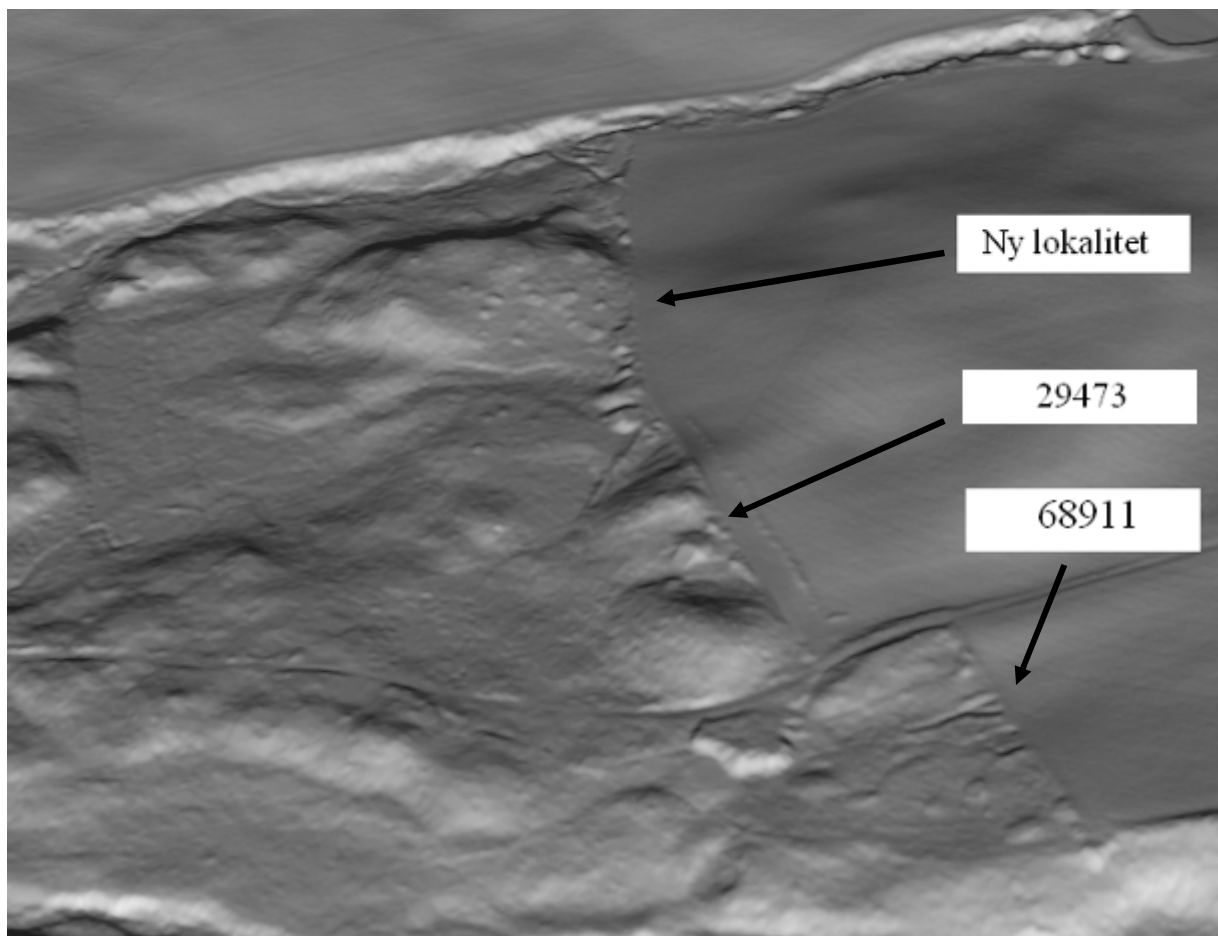
Figur 15. Relieff over gravfeltet på By.

Terrengbeskrivelse: Småkupert, svakt skrånende morenemark som i N grenser mot åker og i Ø mot en skråning, i V mot skogsbilvei og i S mot nyere steinfylling.
 Orientering: Midten av feltet: 450m SØ for hovedbygningen.

Det er ikke mulig å se alle de registrerte haugene og røysene. Men også her framkommer det tydelig av LIDAR-dataene at det her finnes et felt med hauger og/eller røysar. Det vises også lineære strukturer som ikke framkommer av registreringsopplysningene fra 1976. Det framkommer også her at avgrensningen i Askeladden ikke er i samsvar med dagens situasjon, i og med at deler av lokaliteten er fulldyrket mark.

I LIDAR-dataene er det mulig å observere 13 hauger/røysar, 5 store hauger og 8 små røysar. Erfaringene fra Vidarshov og Børstad tilsier at i dette området, med relativt flat og jevn undergrunn, er det sannsynlig at de fleste observerte forhøyningene er hauger og røysar. Men det er også sannsynlig at det ligger flere små røysar innimellom som ikke har blitt fanget opp. Dette bekreftes av det oppgitte antallet kulturminner i Askeladden på 30 – 40 stk. Likevel er det usikkert i og med at avgrensningen i Askeladden viser at deler av lokaliteten er dyrket bort, må en anta at flere av de opprinnelig registrerte kulturminnene er fjernet. De tydelige lineære strukturene er ikke lett å tolke. De kan være grøfter, men kan også være rester av hulveier.

Typisk for arbeidet med LIDAR-dataene langs E6, er at når man ser etter lokaliteter som er kjent fra før, oppdager man stadig nye lokaliteter i nærheten. Et eksempel ligger ca. 250 m sørvest for gravfeltet på By. Her er det helt tydelig at det ligger et uregistrert røysfelt på et framskutt platå i en sørvendt skråning (**figur 16**).



Figur 16. Relieff over gravfeltet på By med nyopplagde lokalitet.

Delkonklusjon

Med hensyn til mulighetene til å gjenkjenne felter med rydningsrøyser eller andre små og lave kulturminner i en terrengmodell basert på LIDAR-data, er det mange faktorer som spiller inn. De to vesentligste faktorene er henholdsvis røysenes størrelse sett i forhold til terrengets beskaffenhet rundt røysene (flatt kontra ujevnt) og antallet bakketreff innenfor lokaliteten.

Selv om det har vist seg vanskelig å påvise det eksakte antallet røyser på en lokalitet, er det ofte noen røyser som skiller seg ut på en slik måte at feltet oppdages. I tillegg kan man påvise åkerreiner, der de er tilstrekkelig store, og andre strukturer som stier, veifar og liknende.

Det er klart at man vil ha store problemer med å fange opp de eldste jordbrukssporene som kjennetegnes av lite bearbeiding av jorda og lave røyser. Men ofte finnes det enkelte røyser som er større enn de andre, noe som bidrar til at lokalitetene likevel kan oppdages i en digital terrengmodell.

LIDAR-dataene kan i mange tilfeller gi et godt overblikk før man drar ut i felt. De kan bidra til at man ikke blir for fokusert på enkeltstrukturer, men forholder seg til en mer helhetlig problemstilling.

3.2 Synlighet og punkttetthet

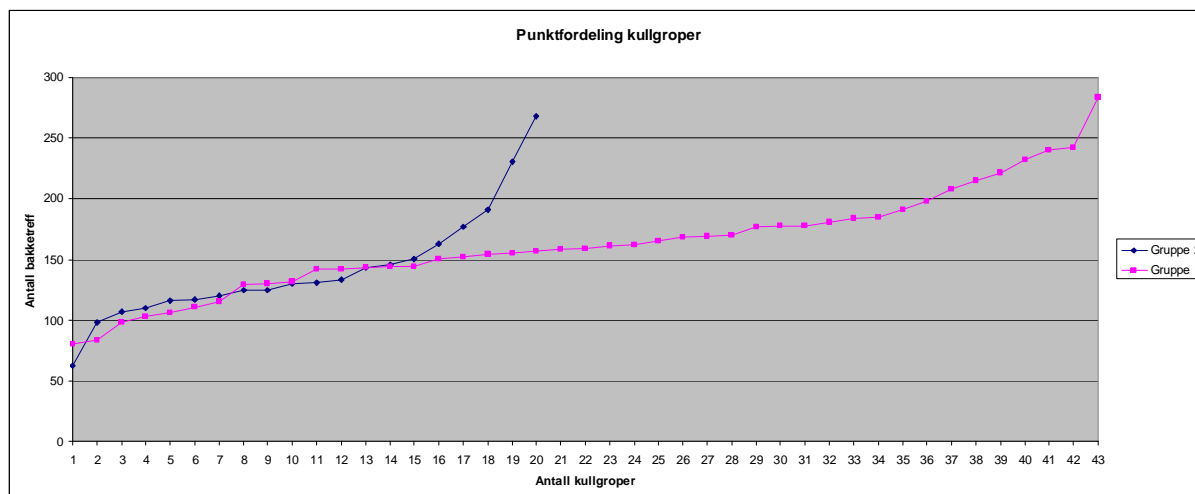
I vårt arbeid med LIDAR-dataene har vi tidligere oppnådd en omtrentlig tolkningsprosent på 75 % hva angår kullgroper når vi har basert oss på en visuell tolkning av DTMen. Tolkningen ble gjort med to forskjellige retninger på den kunstige lyskilden som gjør at kartene fremstår som relieffkart (Risbøl et al. 2007: 9ff). Ved bruk av en innsyns- og analyseprogramvare som QTM (omtalt under kapittel 3.1) som åpner for visse typer manipulasjoner av dataene, ble treffprosenten økt til rundt 80 %. Det er et mål å komme så nær 100 % som mulig og det er av interesse å utrede hvorfor noen kulturminner (i dette tilfelle kullgroper) er synlig og lar seg detektere på kartene, mens andre ikke gjør det. Innenfor denne prosjektfasen har vi derfor sett nærmere på denne problemstillingen og gjort en analyse av dataene med tanke på å belyse punkttetthet, vegetasjonsdekket over gropene samt gropenes tilstand og mål. Betydningen av det å ha erfaring med tolkning av DTMer berøres også i denne gjennomgangen.

Til beregningene ble de 63 registrerte kullgroper som ligger innenfor et 1,5 km² stort delområde anvendt. Dette delområde var gjenstand for systematisk manngardregistrering av prosjektdeltakerne i 2006, slik at vi har god oversikt over kulturminnebestanden i området og dokumentasjon av hvert kulturminne som ble innsamlet i henhold til gjeldende standarder. De 63 kullgropene kan inndeles i to grupper hvor gruppe 1 utgjør de 43 kullgropene som ble fanget opp ved den visuelle tolkningen av DTMen i fase 2 av prosjektet og gruppe 2 - de 20 kullgropene som ble oversett ved tolkningen av kartene, men funnet i felt.

Kullgropene i gruppe 1 ble avmerket på relieffkartene under tolkningsarbeidet og kartfestingen anses derfor å være meget presis siden plasseringen av den enkelte kullgrop kunne leses direkte fra kartene uten noen form for større avvik. Siden gruppe 2-gropene først ble funnet i felt og derfor er kartfestet med GPS, var denne kartfestingen beheftet med en viss unøyaktighet som statistisk ligger på mellom 5 og 10 meter i dette området (Risbøl et al. 2005). For å kunne jobbe med gruppe 2-kullgropene, gjennomgikk disse derfor først en korrigering av kartfestingen. Dette ble gjort i ArcGis med DTMen som grunnlag og hvor GPS-punktene så ble flyttet på plass med midtpunktet sentralt i gropene. Derved var det mulig å gjøre sammenlignende studier av de to gruppene.

Punktetthet

Med utgangspunkt i kullgropenes senterpunkt ble det laget en buffer på 5 meter rundt hver grop og antall punkter innenfor sirkelen ble beregnet. En buffer på 5 meter gir en diameter på 10 meter og skulle dermed dekke hele kullgropens flateutstrekning, da kullgroper i denne regionen har et gjennomsnittlig ytre tverrmål på 7,5 meter (Rundberget 2007: 248, tabell 34). Deretter ble antall punkter innenfor bufferen beregnet.² I snitt var det hhv 163 og 142 punkter i de to kategorier. I gruppe 1 var det gjennomsnittlig 2,06 pkt/m² innenfor variasjonen 80-284, mens tallet innenfor gruppe 2 var 1,81 pkt/m² med en variasjon på 62-268 (**figur 17**).

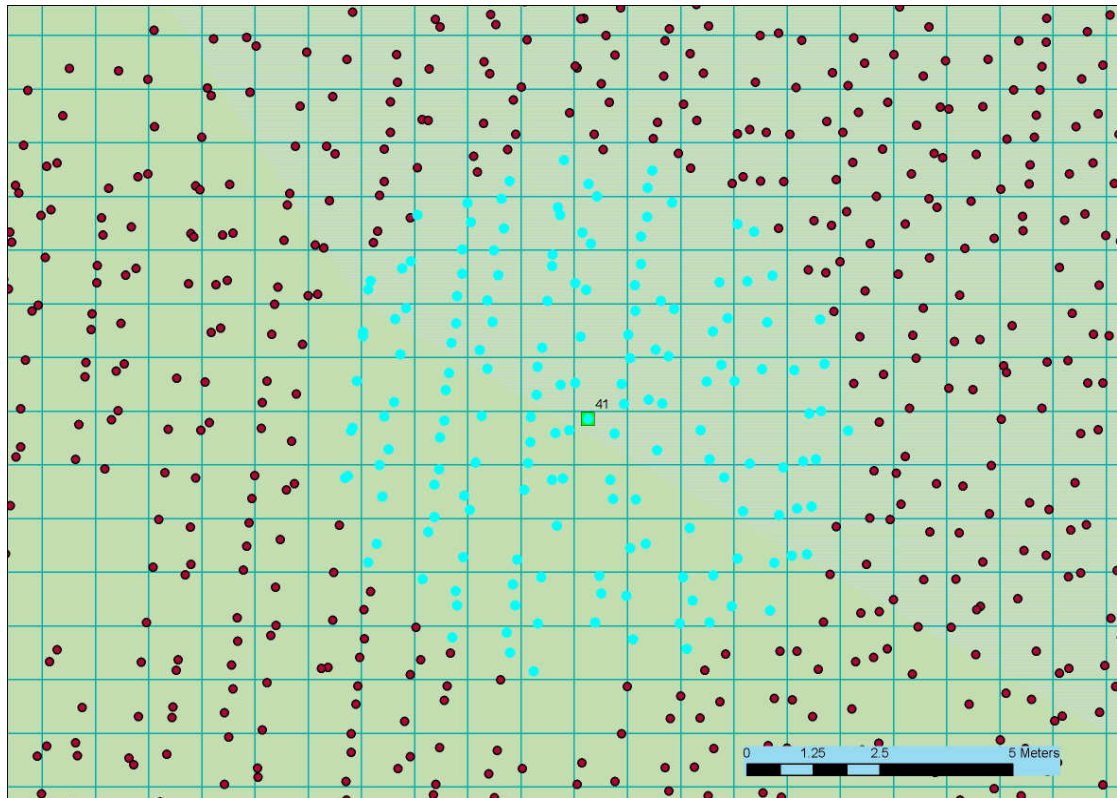


Figur 17. Grafen viser punktfordelingen i de to analyserte gruppene. Gruppe 1 er kullgroper som ble påvist på LIDAR-kartene, mens gruppe 2 er gropene som ikke ble sett ved tolkning av kartene.

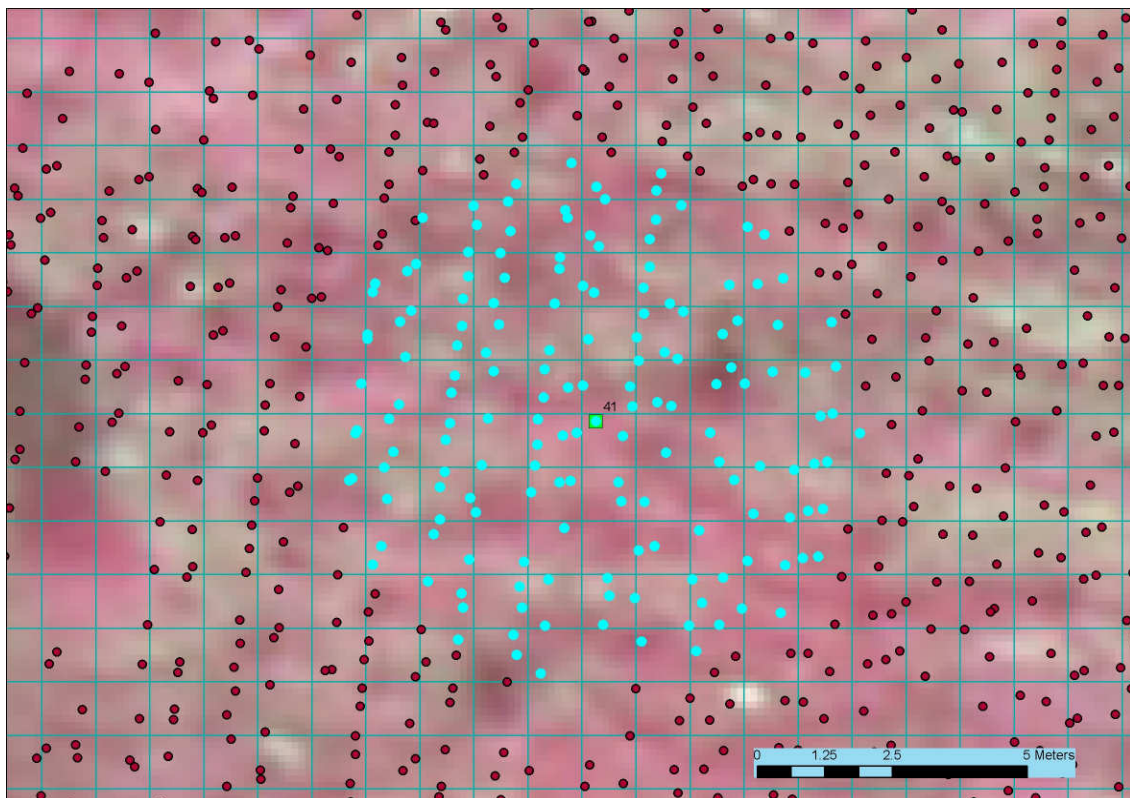
Tallene viser at kullgroperne som ble oversett ved den visuelle tolkningen av relieffkartene gjennomsnittlig er dekket av færre punkter enn dem som ble detektert på kartene. Forskjellen er imidlertid ganske marginal, og legger vi i tillegg standardvariasjonene til grunn, viser de at det er stor overlapp mellom de to gruppene. Det er dermed grunn til å konkludere at antall punkter ikke synes å være det avgjørende i dette tilfellet. Derimot medførte resultatet en hypotese om at *fordelingen* av punktene over kullgroperne kunne være utslagsgivende. Hvis bakketreffene klumper seg sammen innenfor en mindre del av sirkelen, mens andre deler er uten treff, utgjør det kanskje et tolkningsproblem. Det ble derfor gjort en analyse av punktfordelingen innenfor sirkelene som dekker kullgroperne. Analysen ble utført på følgende måte: Fra gruppe 1 ble groper med mindre enn 100 punkter plukket ut; altså groper som ble funnet på DTMen på tross av få punkter (gjelder tre groper). På samme måte ble kullgroper som ikke ble funnet på DTMen på tross av mange punkter (mer enn 150) plukket ut (gjelder seks groper). For hver av disse ni gropene ble det laget tre kart i ArcGis: et som viser punktspredningen (med punktskyen som grunnlag), et som viser vegetasjonen (IR-ortofotoopptak som kartgrunnlag) og et som viser DTMen (relieffkart som grunnlag).

Hva angår hypotesen om at punktfordelingen innenfor sirkelene skulle være av betydning, så viser øverste bilde i **figur 18a** at den kan avvises. Kullgroperne som ble oversett har god spredning på punktene som ikke avviker fra mønsteret vi ser hos gruppe 1-kullgroperne.

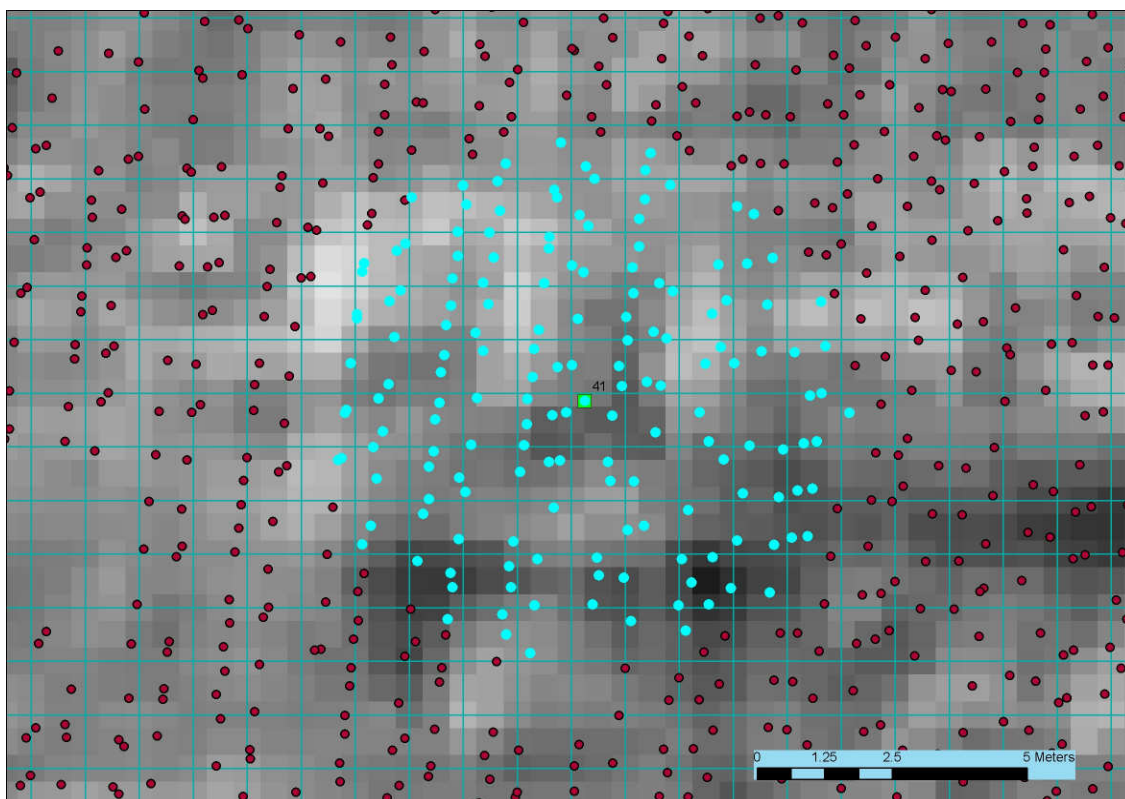
² Sirklenes areal utgjør 78,5 m² ($\pi \times r^2$) = 3,14 x 5 x 5.



Figur 18a. Eksempel på spredningen av bakketreff over kullgropa (Id41) som ikke ble funnet på LIDAR-kartene på tross av mange punkter. Punktene viser bakketreff – de røde i området rundt kullgropa og de 163 blå som dekker kullgropa.



Figur 18b. Samme utsnitt som figur 18a, men med infrarød ortofoto i bunn. Vegetasjonen (de røde områder) er ikke spesiell tett.



Figur 18c. Relieffkart av samme utsnitt som figur 18a og b.

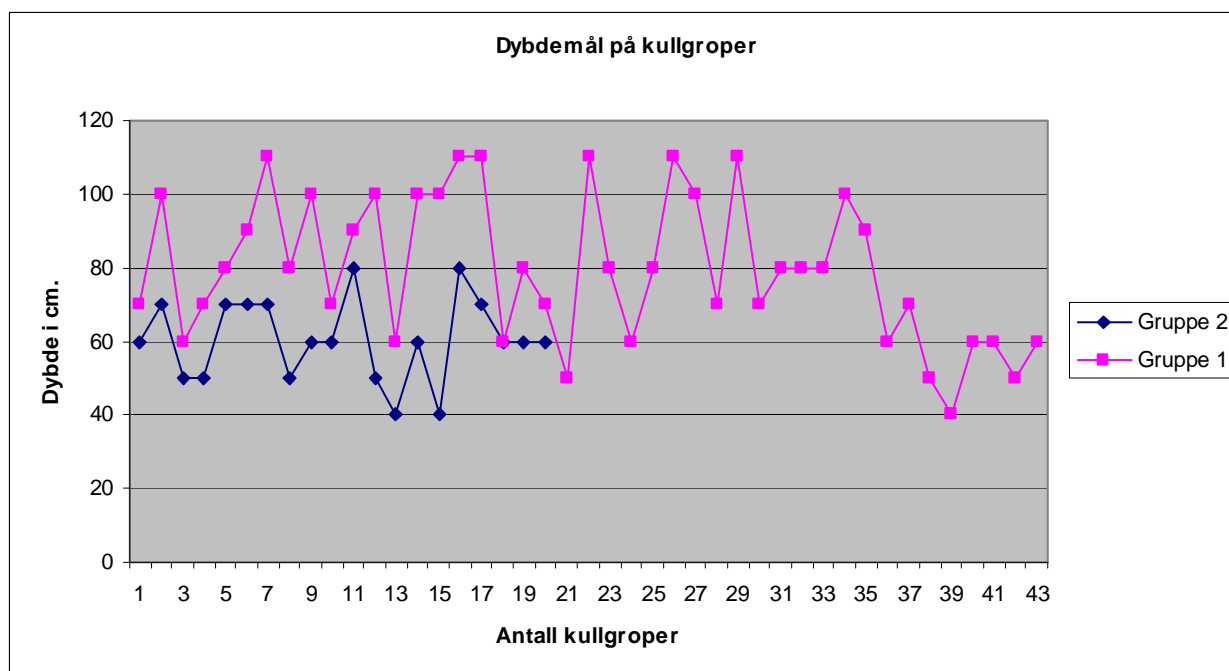
Vegetasjonsdekke

En analyse av vegetasjonsdekket har i denne studien en mer subjektiv karakter enn beregningen av punkttetthet, men en vurdering av IR-ortofotoopptakene gir ikke noen umiddelbar grunn til å si at vegetasjonsdekket over kullgropene er forklaringen på forskjellen mellom de to gruppene. Dette gjelder høyvegetasjon/trekronetetthet (**figur 18, midten**) selv om det synes å være en svak tendens til at gruppe 1-gropene ligger under storvokste trær. Undervegetasjonens betydning for resultatet er vi mer usikre på, men etter å ha begynt å jobbe med andre datasett fra andre områder av landet med andre typer landskap, synes lav vegetasjon å være en særskilt utfordring.

Tilstand og mål

Det er grunn til å tro at kulturminnets tilstand spiller inn og har betydning for resultatet. Er gropa lite synlig på grunn av gjenfylling, ødeleggelse eller lignende, hjelper det lite at det er mange punkter som dekker den. Dette er en erfaring vi har gjort tidligere med tre groper som ble oversett ved tolkningen av et annet delområde ved bruk av funksjonene i QTM. Disse gropene var dels ødelagt av kjørespor og dels gjenfylt med hogstavfall (Risbøl et al. 2007: 12f).

Med tanke på å analysere i hvilken grad kullgropenes synlighet kunne være avgjørende, ble det laget en statistikk over gropenes dybde i analyseområdet. Dybden på gruppe 1-gropene ligger innenfor en variabel på 40-110 cm med et snitt på 80 cm. For gruppe 2-gropene er variasjonen 40-80 cm med en gjennomsnittlig dybde på 61 cm. Tallene viser at det synes å være en viss sammenheng mellom dybde og gjenkjennelighet (**figur 19**). I likhet med ovenstående konklusjon, kan dette imidlertid heller ikke være hele forklaringen på problemet, da det også her er stor overlapp mellom de to kategoriene.



Figur 19. Dybden på kullgroper fordelt på de to analysegrupper.

Oppsummering

Gjennomgangen av problematikken rundt synlighet versus ikke-synlighet på relieffkartene har ikke gitt noen entydig forklaring på forskjellen mellom de to gruppene. Det er likevel gradsforskjeller i forhold til hvor relevant de forskjellige forklaringsmodeller er for nærværende analyse, og for å synliggjøre dette, kan relevansen omsettes på en skala fra 0-100, hvor 100 uttrykker høyest relevans:

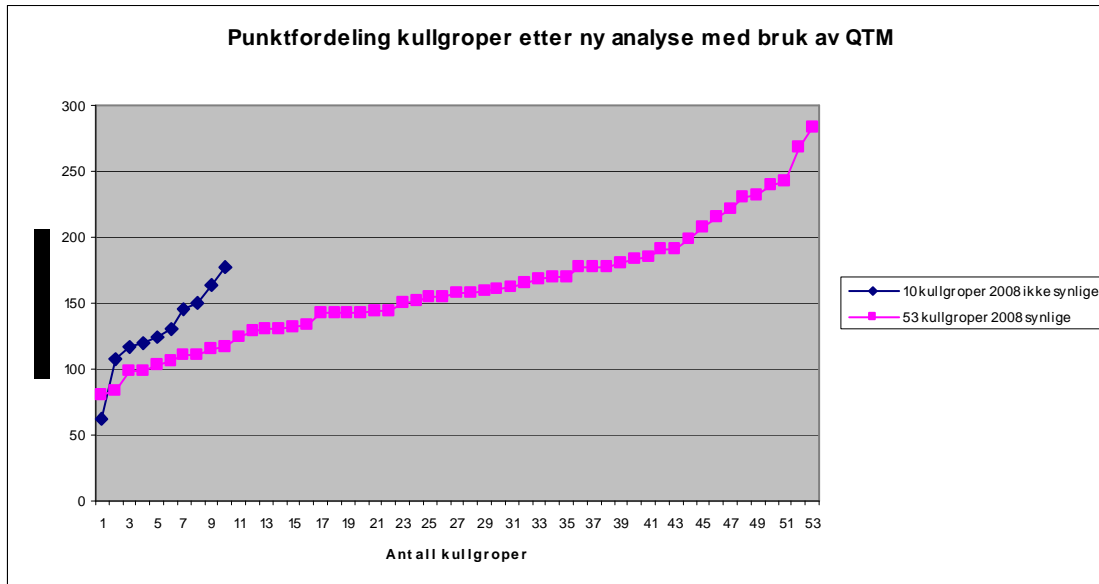
Antall bakketreff	50
Fordelingen av bakketreff	0
Kulturminnets tilstand	75
Kulturminnets form (dybde)	75
Vegetasjonsdekke (høy vegetasjon)	25

Et forhold det ikke har vært anledning til å gå inn på i denne sammenheng er konsekvenser av etterprosessering av dataene. Hva skjer rent konkret når dataene renses - hvordan skiller det mellom virkelige bakkepunkter og punkter oppå lav undervegetasjon for eksempel? Har interpoleringen av dataene en betydning for resultatet? Disse og lignende spørsmål er særdeles relevante og vil bli forfulgt ved videre utviklingsarbeid.

Erfaring og analyseverktøy

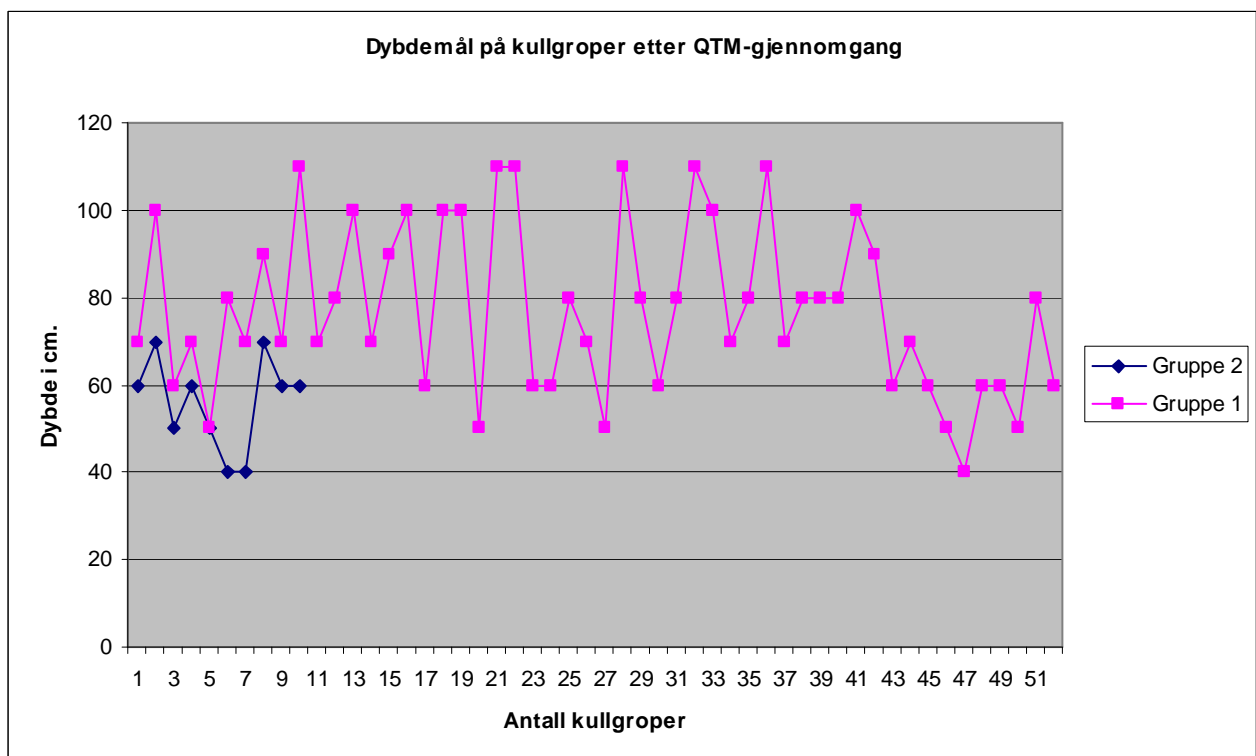
Avslutningsvis i dette kapitlet kan det nevnes at det ble gjort et nytt forsøk med å detektere kullgroper som i utgangspunktet ble oversett på relieffkartene tross mange bakketreff. De 6 utvalgte gropene i gruppe 2 med mer enn 150 punkter ble gått gjennom på relieffkartene på nytt med bruk av manipulasjonsfunksjonene i QTM. En slik ny tolkning medførte at tre av de seks fremdeles var vanskelig erkjennbare (4, 41 og 58) mens de øvrige tre faktisk var synlige på DTMen når det var kjent at de skulle være der (gjelder 24, 45 og 56). Dessuten kunne ytterligere sju av kullgropene som ikke ble påvist ved fjorårets tolkning erkjennes når kunnskap om deres beliggenhet var tilstede og kunne påvises med analysefunksjonene i QTM. Dermed er antallet kullgroper som vanskelig lar seg finne på relieffkartene i realiteten halvert fra 20 til 10. Det betyr i praksis at økt erfaring med å tolke og håndtere LIDAR-data kombinert med bruken av dertil egnet innsynsprogramvare i seg selv bør kunne øke treffprosenten.

Med denne kunnskapen på plass, ble det gjennomført en ny analyse av punkttetthet innenfor de to kullgropgruppene på basis av de nye tallene. I gruppe 1, som nå besto av 53 kullgropser som lot seg påvise på kartene, var det gjennomsnittlig 1,98 pkt/m² (mot 2,06 ved første gjennomgang) innenfor variasjonen 98-268, mens tallet innenfor gruppe 2, som nå utgjorde 10 gropser, var 1,66 pkt/m² med en variasjon på 62-177 (**figur 20**). Den nye gjennomgangen viser at det relative antall pkt/m² økte for gruppe 1 og minsket noe for gruppe 2, men at utslaget samlet sett likevel er lite.



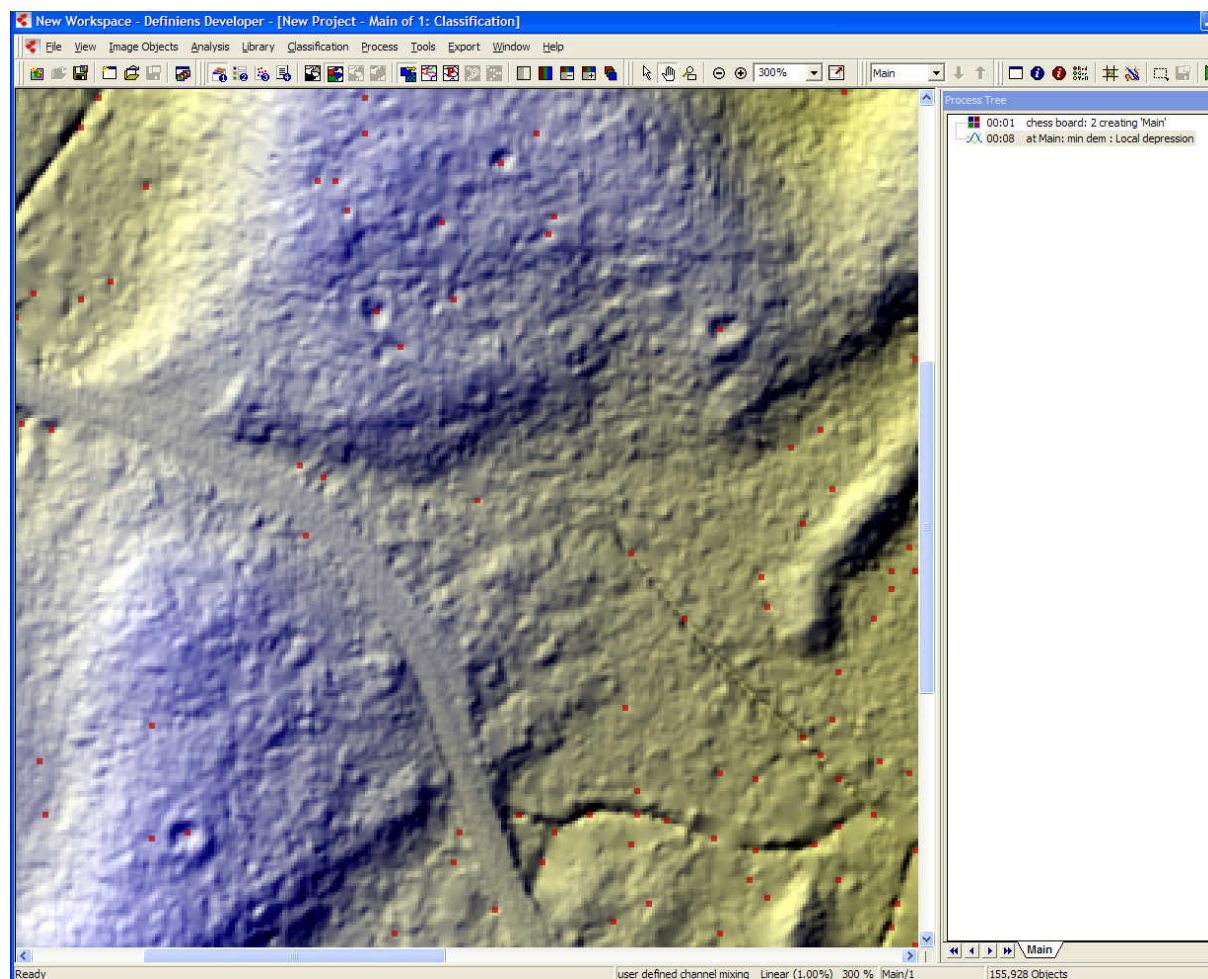
Figur 20. Grafen viser punktfordelingen i de to analyserte gruppene etter ny tolkning av relieffkartene med bruk av QTM.

En tilsvarende ny gjennomgang i forhold til dybden på kullgropene viser samme tendens som tidligere; at kullgropene som ikke lot seg detektere ligger alle i den nedre delen av skalaen hva angår dybde (**figur 21**).



Figur 21. Dybden på kullgropser fordelt på de to analysegrupper etter ny tolkning av relieffkartene med bruk av QTM.

3.3 Mønsterkjennning/billedforbedring



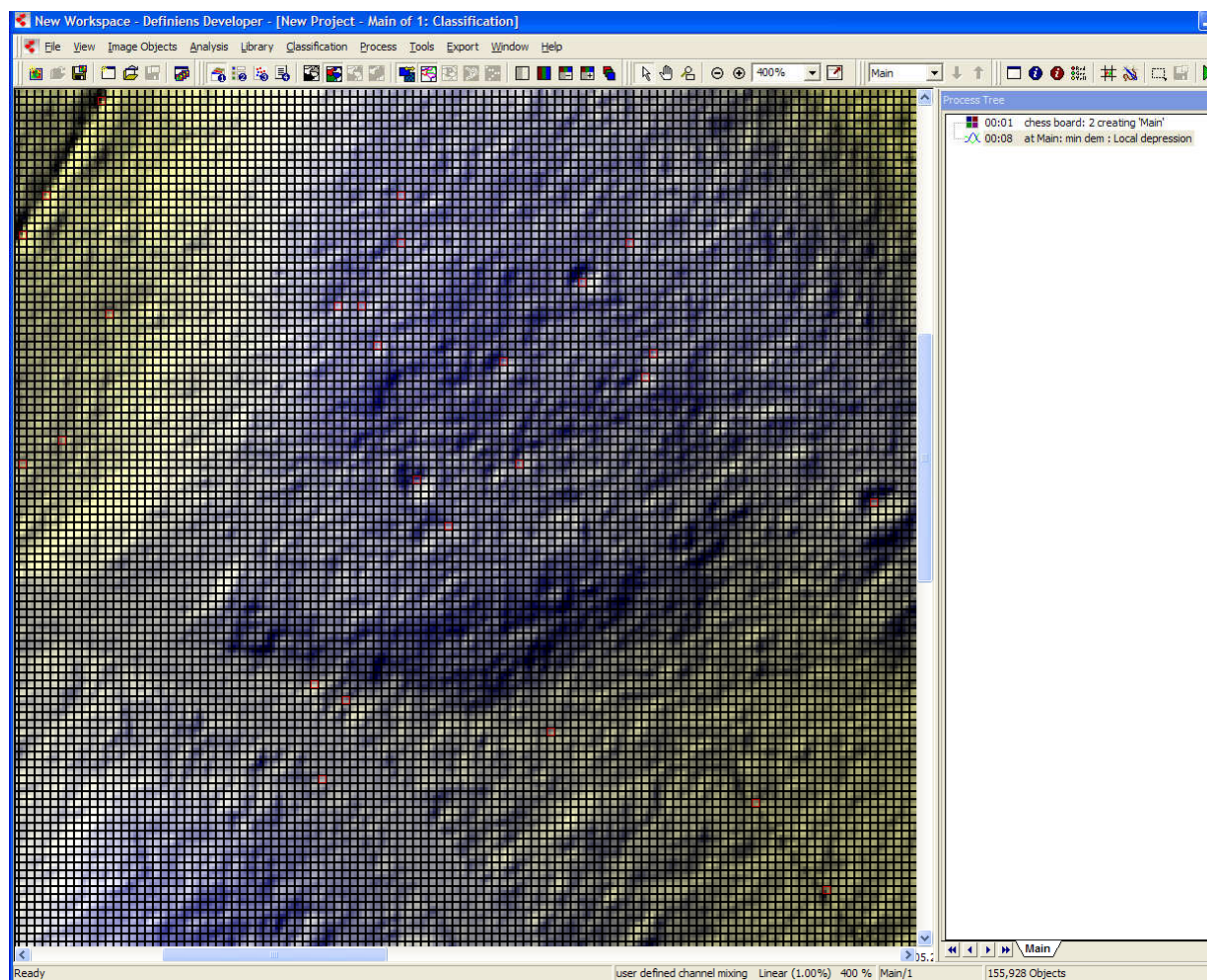
Figur 22. Fire tydelige kullgroper vist i Developer. Røde prikker representerer objekter som er klassifisert som lokale forsenkninger/groper (minimum terrenghøyde).

Bruk av Developer

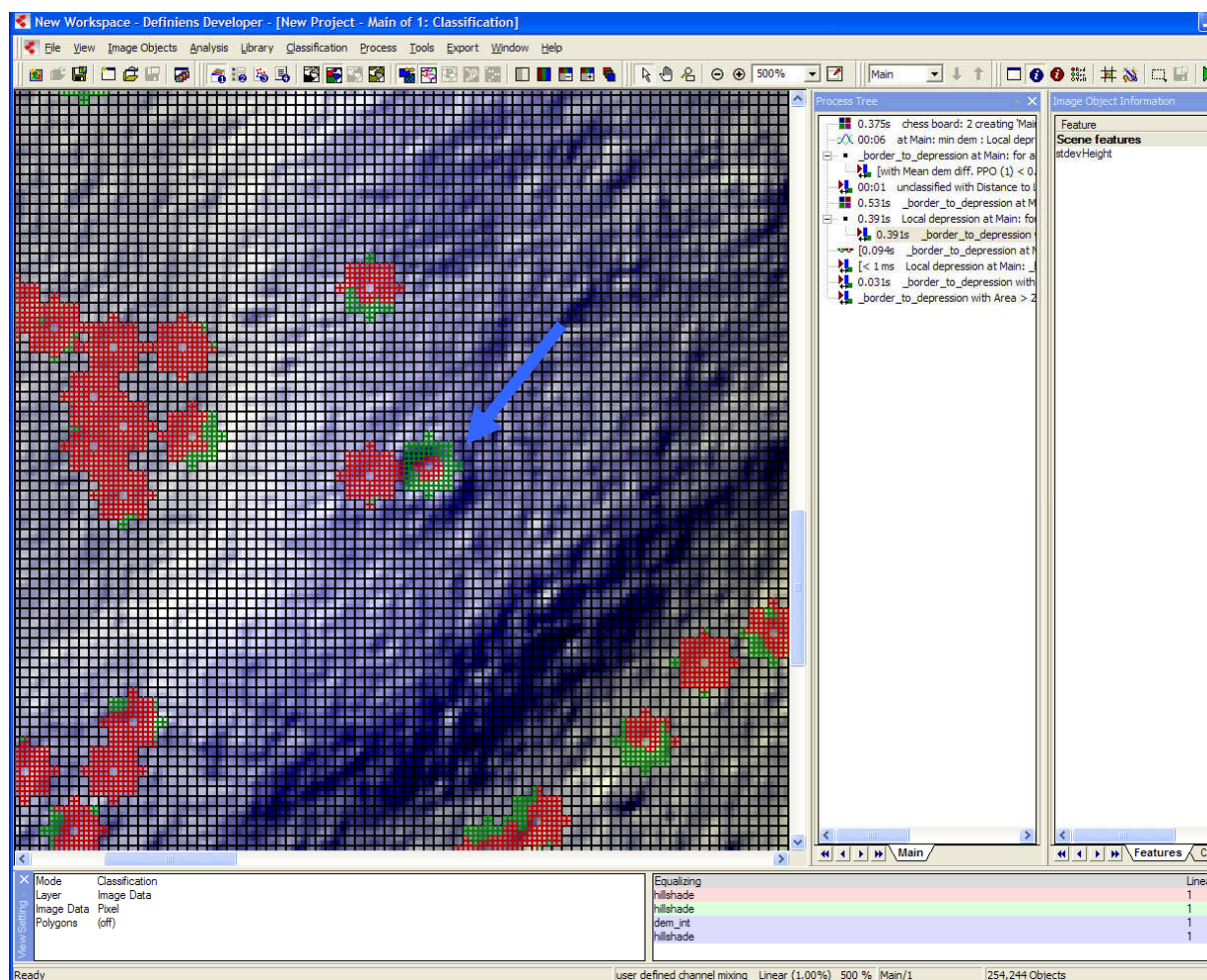
Developer (eCognition) analyserer bilder etter følgende hovedstrategi: bildet inndeles først alltid i segmenter. Segmentene består av et antall piksler som ligger inntil hverandre. Antall piksler i et segment kan i prinsippet være fra 1 til N, der N er hele settet av piksler i datasettet. Hvor store segmentene blir, styres gjennom parameterverdier i algoritmen som brukes for segmenteringen. Det er et mål å få laget segmenter slik at de best mulig beskriver objekter vi ønsker å kartlegge. Når et prosjekt har blitt segmentert kan segmentene analyseres og klassifiseres. Prosessen med segmentering og påfølgende analyse av disse kan være svært kompleks. Segmentering og påfølgende klassifikasjon består av en iterativ prosess der klassifikasjon etterfølges av en ny segmentering som igjen etterfølges av en ny klassifikasjon osv. Hvor kompleks denne prosessen er, avhenger av problemet og datasettene som brukes.

Figur 22 og **23** viser et skjermdump av Developer. En relieffmodell er tegnet i bakgrunnen med flere røde kvadrater over. De representerer segmenter som har blitt klassifisert til å være lokale minima eller groper i terrenget. Kullgroper vil alltid være representert som lokale minima i en høydemodell. Algoritmen "Find Local Ekstrema" finner lokale ekstremer som maksimum- og minimumverdier. I dette tilfellet ble det søkt etter lokal minimumsverdi for terrenghøyde. En søkeradius ble definert, og for hvert segment søkte algoritmen innenfor

radiusen. Segmenter som har lavest verdi, innenfor området definert av valgt radius, ble klassifisert som lokalt minimum (heretter referert til som lokalt grop). Vi ser av **figur 22** at mange flere segmenter enn de som ligger i bunnen av en kullgrop har blitt klassifisert. Det er en utfordring å få Developer til å skille mellom segmentene som representerer kullgroper fra de andre. En måte å gjøre dette på er å danne større segmenter som beskriver den geometriske formen til objektene. Større segmenter dannes ved å slå sammen nabosegmenter etter gitte kriterier som defineres av operatøren av programvaren. Det er en interaktiv prosess som består av prøving med ulike algoritmer og parametere. En kullgrop skal i prinsippet kunne skilles fra andre objekter som for eksempel grøfter ved at de er sirkulære og har en definert størrelse. Utfordringen er å definere segmenter i Developer som beskriver de ulike geometriske egenskapene til objektene.

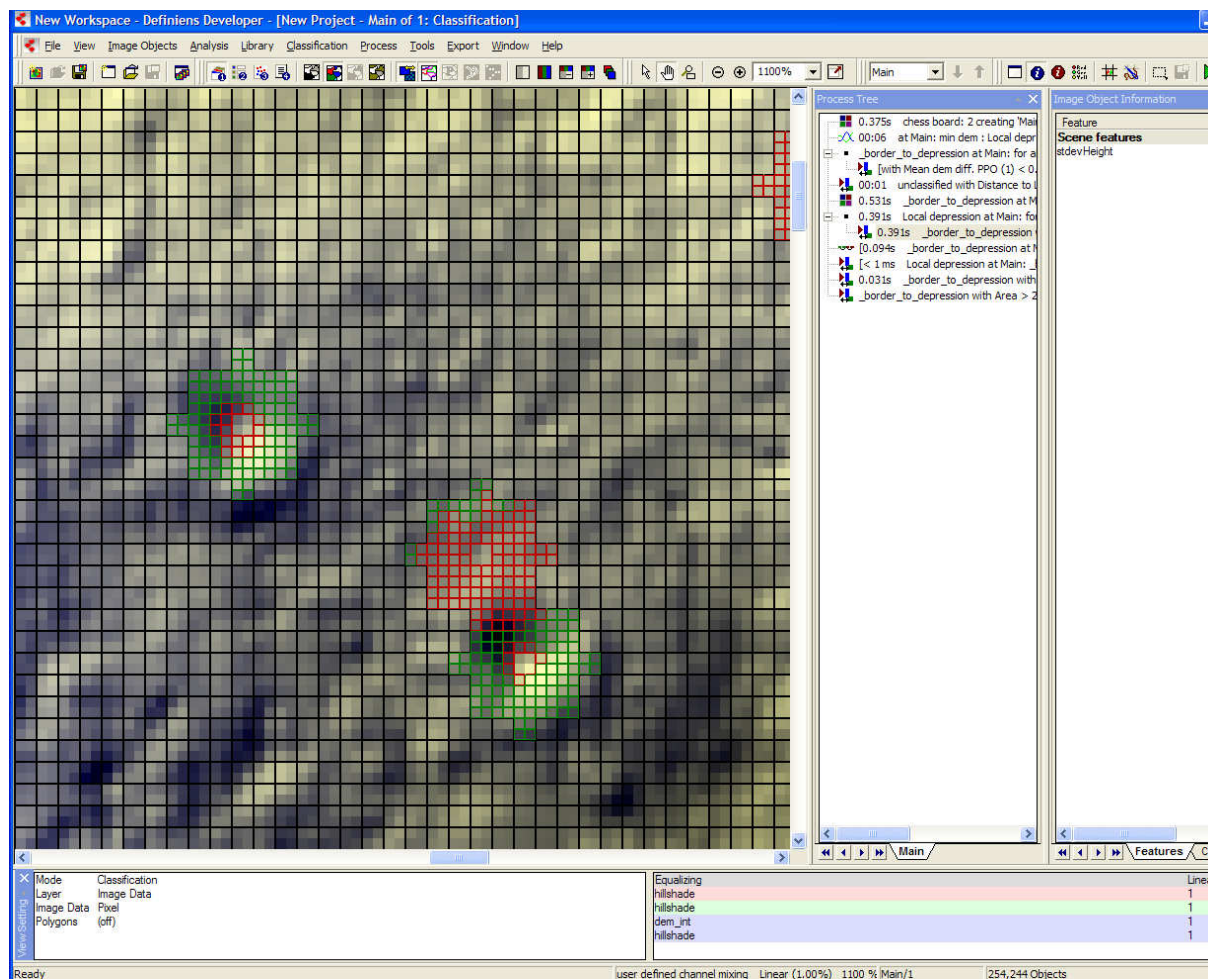


Figur 23. Bildeutsnittet viser segmentene som Developer har laget. Alle segmentene består av 4 piksler. Segmentene er klare for analyse i Developer. Røde segmenter representerer lokale groper og har blitt funnet med algoritmen "Find local extrema".



Figur 24. En tydelig kullgrop (markert med blå pil): Alle segmentene er kvadratiske og rundt hver lokale grop er det dannet mindre segmenter som kun består av ett piksel. Disse skal analyseres og målet er å skille mellom lokale groper som representerer kullgroper fra andre typer groper.

En strategi for å skille ut kullgroperne er å bruke arealet på det røde området rundt hver lokale grop. Først er lokalt naboområde definert rundt hvert hull. Det er gjort så stort at det akkurat vil kunne dekke en hel kullgrop med voll. Naboområdet er markert i grønt i figurene (**figur 24**). Innenfor dette grønne området er det så søkt etter områder som ikke ligger mer enn 20 cm høyere enn gropa. Disse områdene blir klassifisert som bunn og markert med rødt i figurene. En intakt kullgrop har et flatt område på noen kvadratmeter med ganske jevn høyde. En voll høyere enn 20 cm avgrensner den flate bunnen. Ideen er at groper som representerer kullgroper får dannet et rødt sirkulært område rundt objektet som representerer gropen. Det sirkulære området skal være mindre enn det grønne naboområdet. I **figur 24** markerer en blå pil en kullgrop. Vi ser at det har blitt dannet et rødt sirkulært område rundt segmentet som representerer gropa. Denne delen av naboområdet har blitt reklassifisert til grop. Restene av det grønne naboområdet danner nå en ring. Dette området ligger mer enn 20 cm høyere enn bunnen av gropa. Ringen representerer vollen rundt kullgropa. De andre objektene er ikke kullgroper. Vi ser at størrelse og form på de røde områdene er annerledes. En mulig metode for å skille ut kullgroper er å bruke størrelse og form på de røde og grønne områdene. Denne analysen kan antakelig gjøres i Definiens. Segmenter som "tilhører" samme objekt slås sammen, og de nye og større segmentene klassifiseres basert på størrelse og form. I **figur 25** ser vi to kullgroper og en grop som ikke representerer en kullgrop. Kullgroperne har en grønn ring rundt det røde kjerneområdet som representerer bunnen av kullgropa.

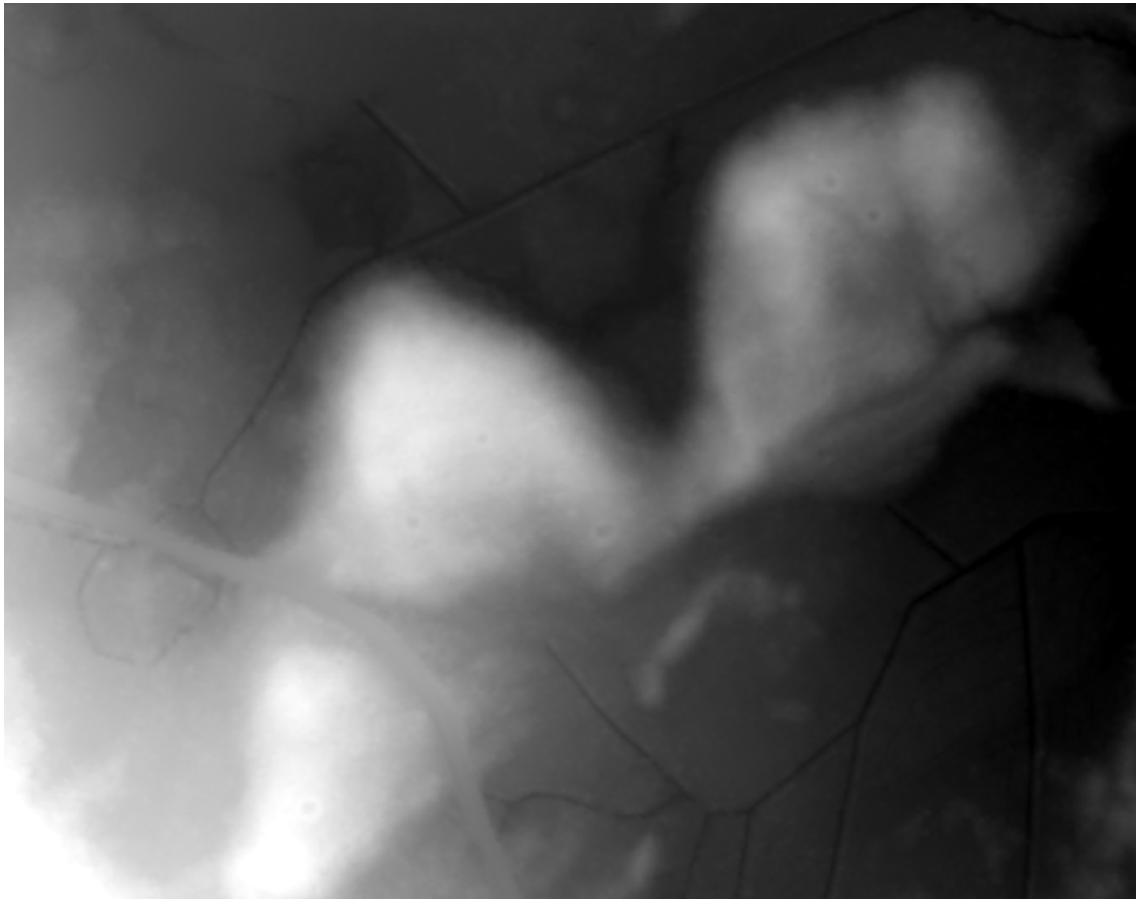


Figur 25. Figuren viser hvordan segmentene består av kvadratiske figurer. Segmentene rundt gropene er gjort mindre enn i resten av området. De to områdene med en grønn ring rundt et rødt senter representerer kullgroper.

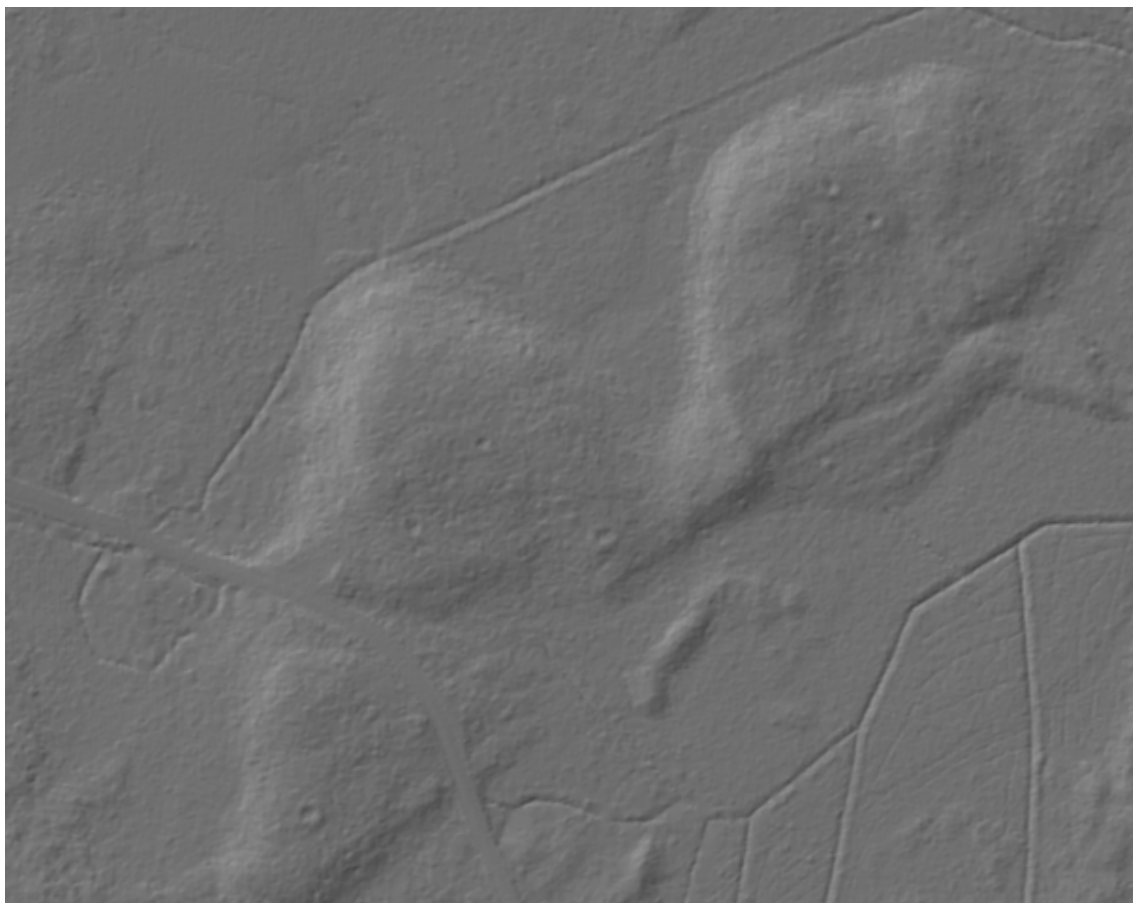
Vi fikk ikke gjort mer med denne metoden i prosjektet, og kom derfor ikke helt fram til en metode som klarer å plukke ut kullgropene og skille dem fra andre terrengformer. Vår erfaring er at Developer (eCognition) er et fleksibelt verktøy med mange algoritmer som kan brukes for å beskrive kullgroper basert på en detaljert høydemodell. Men det er krevende å lage en prosess bestående av mange algoritmer for å kunne finne og beskrive kullgropene.

Bildeforbedring for visuell analyse

Visuell analyse av kullgroper er en robust kartleggingsmetode. Den baserer seg på 1) erfaringene til bildetolkeren og 2) visuell framstilling av terrengmodellen basert på laserdataene. Høydemodellen egner seg dårlig for visuell tolkning (**figur 26**), så en form for bildeforbedring må brukes før tolkningen gjøres. I **figur 27** vises en relieffmodell, der høydemodellen har blitt "belyst" fra nordvest. En får fram skyggevirksomhet som framhever relieffet i høydemodellen. Kontrasten mellom helninger som vender mot lyskilden og helninger i le for lyskilden gjør at terrengformene blir lette å se. I forhold til de kulturminner som er tydeligst, er det forholdsvis enkelt å tolke en slik modell uten mye opplæring.

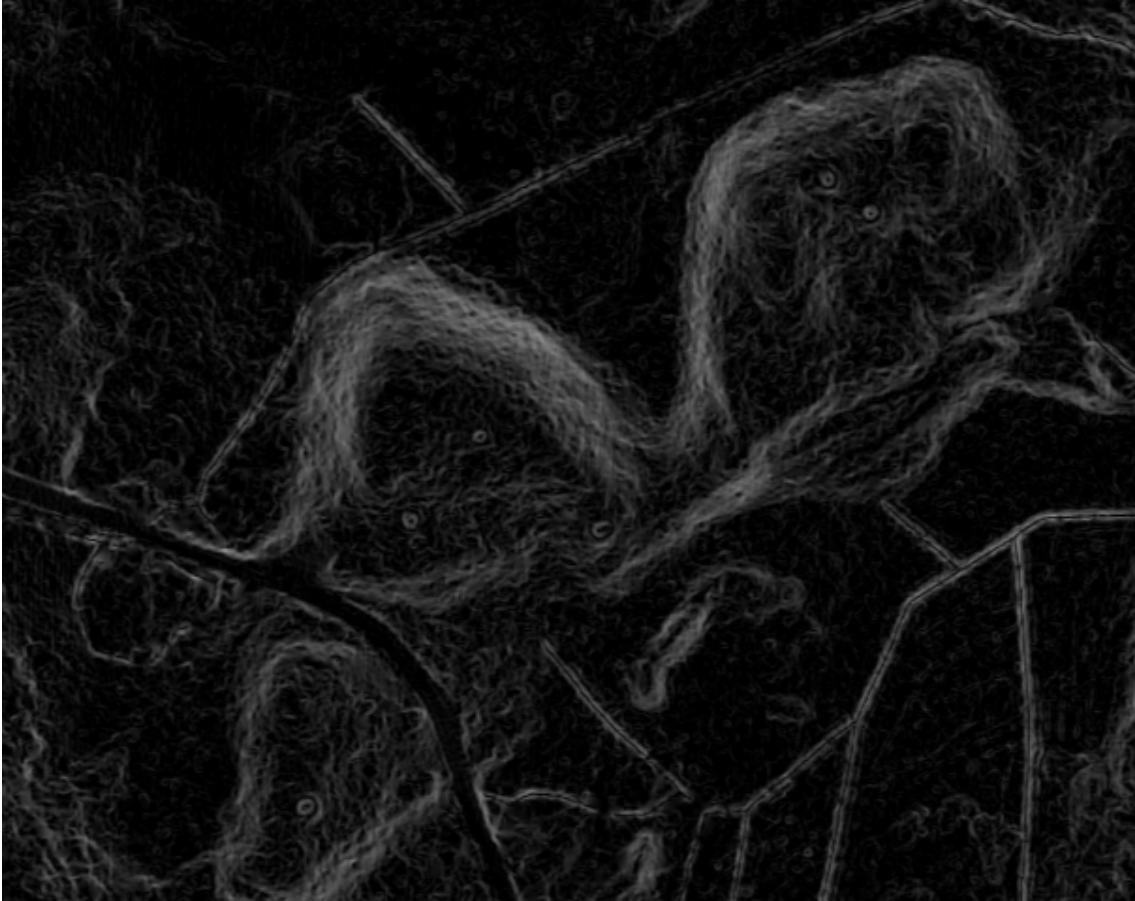


Figur 26. Høydemodellen basert på LIDAR-dataene. Kullgropene kan ses, men de er utydelige.

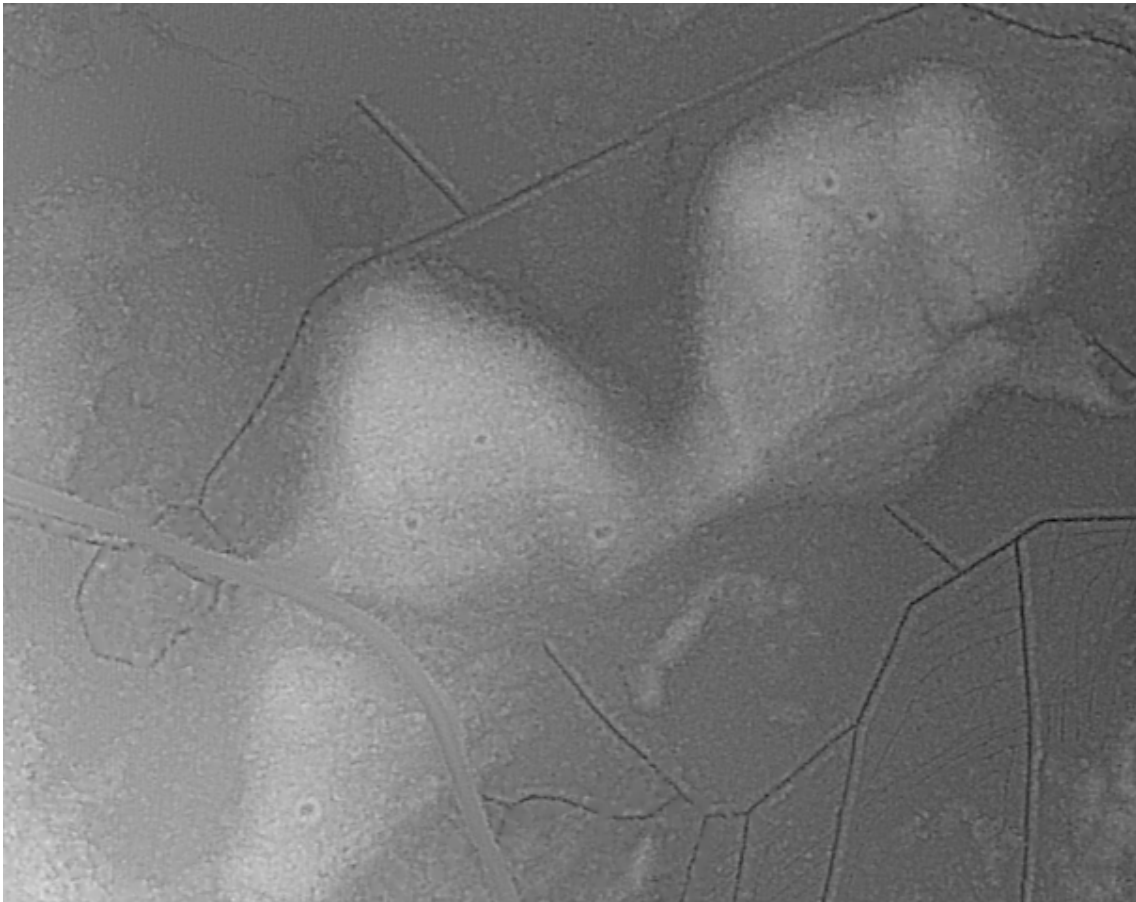


Figur 27. Relieffkart dannet ved kunstig "belysning" fra nordvest. Kullgropene kan ses forholdsvis lett.

I **figur 28** vises helningsgraden (slope). Flate områder framstår som mørke, mens stor helningsgrad gir lys tone. Kullgropene vises som sirkulære objekter og framstår som en lys ring med et mørkt område i midten. **Figur 29** viser resultatet etter at et Laplace- filter har blitt brukt på høydemodellen. Laplace filter er en form for derivasjon av modellen hvor piksler som representerer områder med rask endring i høydeverdi kommer fram. Vi ser at en kullgrop framstår som en lys ring med et mørkt sentrum. Ideelt sett er Laplace en isotropisk transformasjon, dvs. den er invariant mht. retning.



Figur 28. Helningsgrad (slope). Kullgroper gjenkjennes med en lys ring rundt et mørkt sentrum.



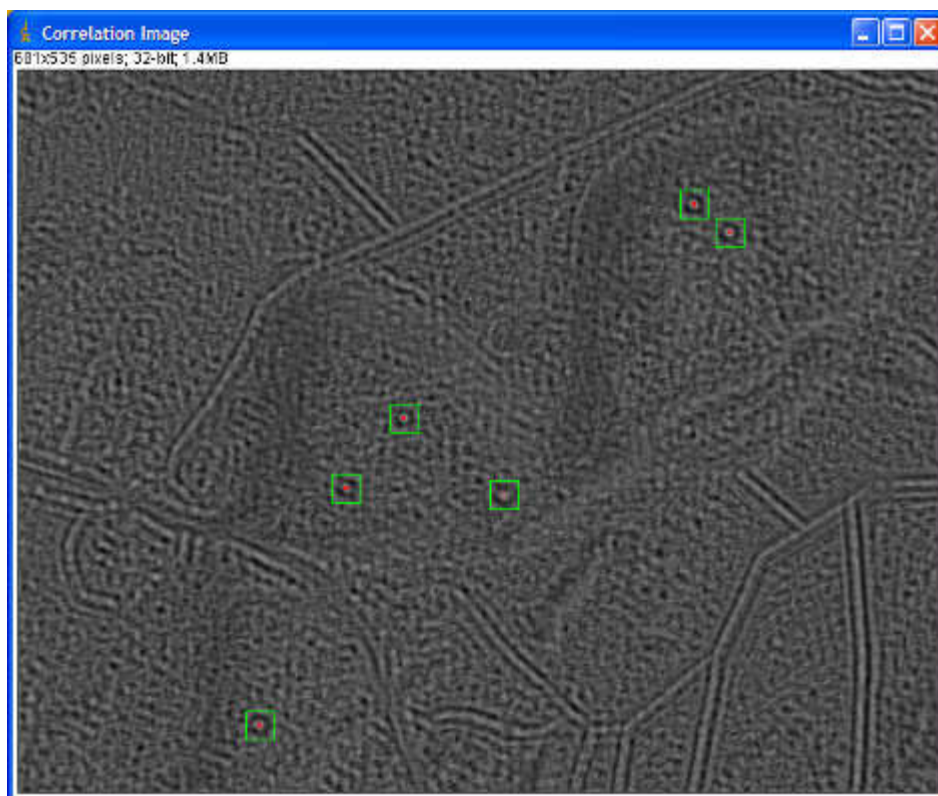
Figur 29. Laplace-filter anvendt på høydemodellen. Kullgropene framstår alle med et mørkt sentrum med en lys ring rundt.

Template matching

Template matching er en automatisk metode for å finne objekter. En typisk representant for et objekt plukkes ut manuelt fra datasettet og anvendes som mal. Malen består av et utsnitt som dekker objektet. En algoritme beregner en korrelasjonsverdi for alle pikslene i høydemodellen. For hver piksel i datasettet blir det definert et naboombåde som er nøyaktig like stort som malen og deretter blir det beregnet en korrelasjon basert på alle pikselverdiene i malen og i naboombådet. På denne måten beregnes det en korrelasjonsverdi for alle pikslene i datasettet. **Figur 31** viser det resulterende korrelasjonsbildet, mens **figur 30** viser resultatet etter at en terskelverdi for korrelasjonen er satt. Korrelasjonen er en verdi som ligger i intervallet 0-1. Terskelverdien er satt interaktivt og er en verdi mellom 0 og 1.



Figur 30. Template matching utført på Laplace-transformert høydemodell.



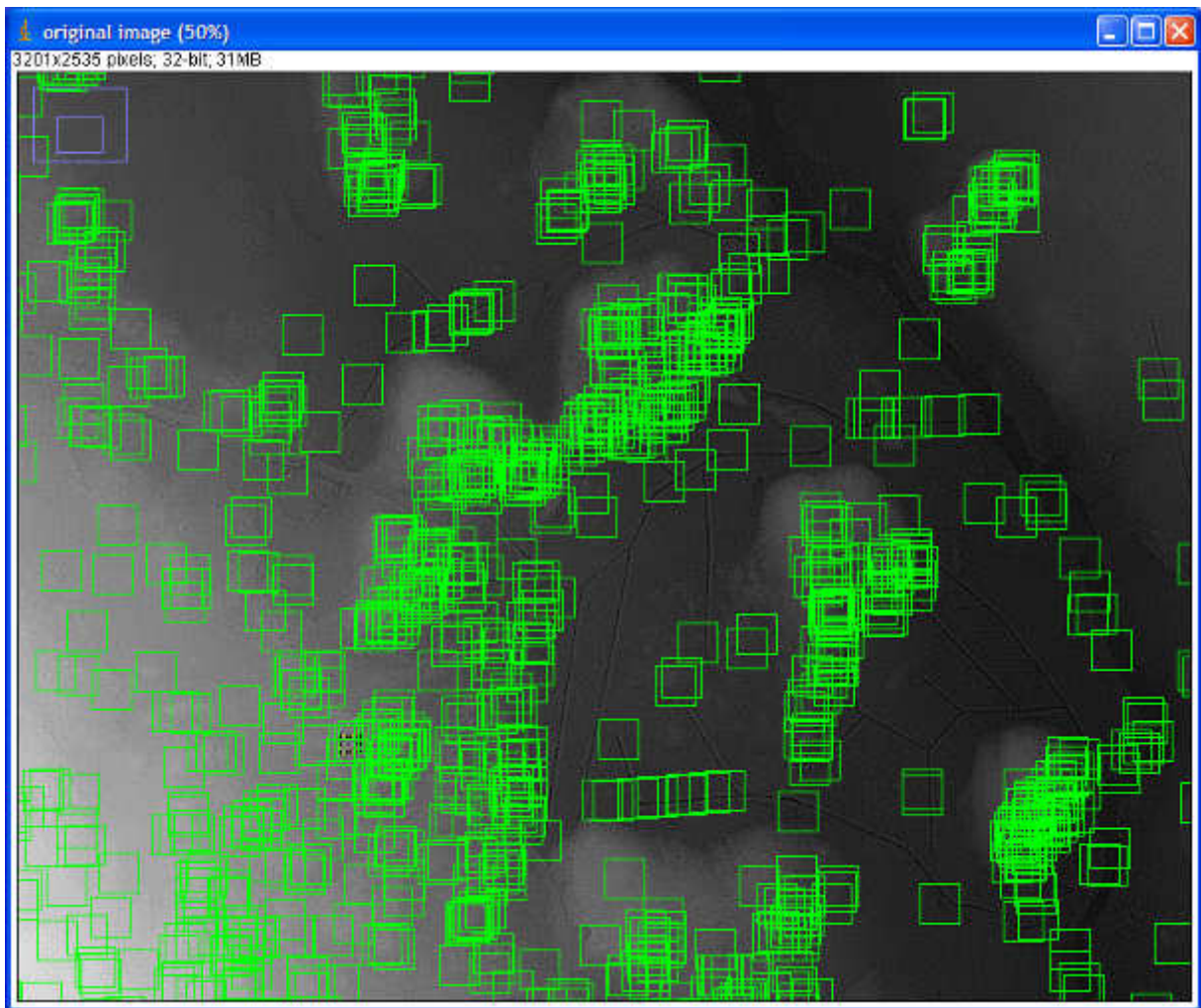
Figur 31. Korrelasjonsverdiene til pikslene. Høy korrelasjon betyr høy grad av match mot et templat.

Figur 32 viser et eksempel på valg av et templat (mal). Korrelasjonsberegningene vil selvsagt avhenge av valget av templat. Hvis det avviker fra det som er typisk (størrelse, form, tone) så vil korrelasjonen bli lav for relativt mange kullgroper ellers i datasettet. Denne prosessen må gjentas til en får et akseptabelt resultat. I **figur 33** vises resultatet av korrelasjonsberegningen. Terskelverdien er satt lavt slik at det blir mange match eller funn. Det er åpenbart for mange, så terskelverdien justeres litt oppover (**figur 34**). Etter noen runder med justering av terskelverdien kan resultatet eksporteres som en punktfil.

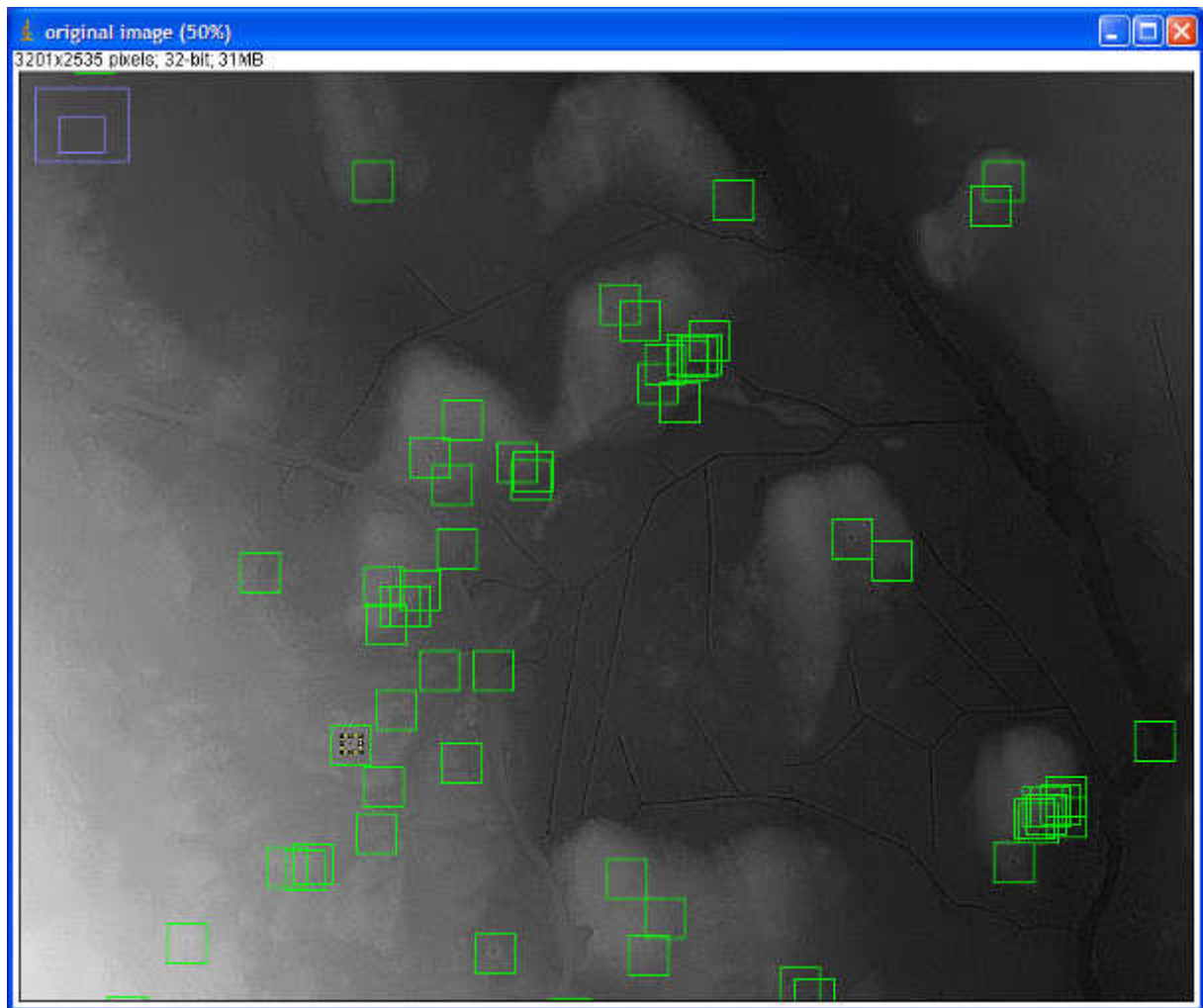
I **figur 30** ble terskelverdien satt til 0,45, og alle piksler over denne verdien ble plukket ut som potensiell kullgrop. **Figur 31** viser korrelasjonsverdiene for pikslene. Lyse områder har relativt høy korrelasjon.



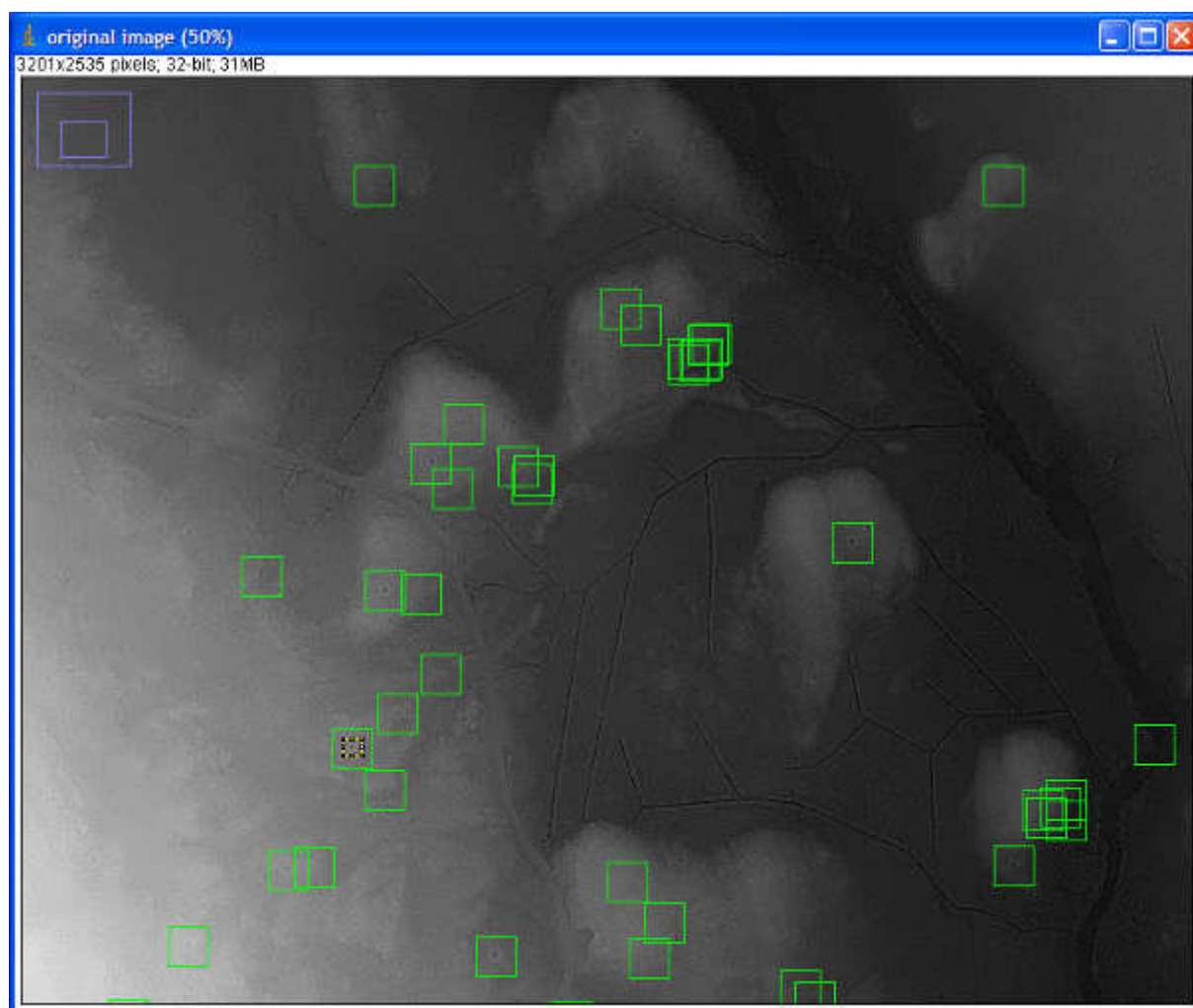
Figur 32. Valg av et template (markert med gult rektangel).



Figur 33. Setting av terskelverdien for korrelasjonen. Her er den satt lavt ($r = 0,30$) og det ble funnet alt for mange mulige kullgroper.



Figur 34. Terskelverdien er satt høyere ($r = 0,40$) og færre mulige kullgroper har blitt funnet.



Figur 35. Terskelverdien har blitt justert enda litt høyere ($r = 0,41$). Antall markeringer (grønne kvadrater) ser ut til å stemme godt med hva en kan tolke i datasettet som ble brukt for analysen.

Resultater

Vi har kun resultater fra template matching. Metoden med objektgjenkjenning i Developer kunne ikke fullføres i dette prosjektet. Bruken av Developer krever oppbygging av en relativt komplisert analyseprosess og brukeren må ha inngående kjennskap til programvaren og analysemetodene som kan brukes. Metoden med template matching derimot var enkel å utføre.

Matchingen ble utført på et transformert høydedatasett (se figur 33). I alt 31 potensielle kullgroper ble funnet og av disse var 27 kullgroper. I alt var det 67 kullgroper i testområdet, dvs. 40 av dem ble ikke funnet av metoden. Dette tilsvarer en funnprosent på 40 %.

Dimensjonene på alle 67 kullgropene ble målt i felt. Dybden av gropene antas å ha stor innvirkning på hvor tydelig de framkommer i høydemodellen. Statistikken for gruppen av kullgroper som ble funnet er 82,56 cm for middelveien og 19,53 cm for standardavviket. For gruppen av kullgroper som ikke ble funnet er tilsvarende verdier 65,75 cm og 17,23 cm. Gruppen som ble funnet av matching metoden er i gjennomsnitt ca. 17 cm dypere enn gruppen som ikke ble funnet.

Metoden er ikke blitt testet mer enn en gang. Det er grunn til å anta at resultatet vil endre seg med valg av templat og metode for transformasjon av høydemodellen. Det er mulig at

funnpresenten kan økes ved at en benytter en mer optimal kombinasjon av templat og transformasjon.

3.4 Arbeidsseminar på Länsstyrelsen i Falun, Sverige

Flybåren laserskanning som metode for kartlegging av kulturminner i skog testes ut i diverse miljøer i Europa. Bla. har det siden 2006 foregått et prosjekt i Dalarna i Sverige hvor en prosjektgruppe i länsstyrelsen jobber med LIDAR-basert kartlegging av seterområder i Leksand kommune i Dalarna.

Det er innledet et uformelt samarbeid mellom det svenske og det norske LIDAR-prosjektet. Bla. er det, som nevnt ovenfor, blitt utvekslet data og det har blitt utvekslet erfaringer. Den 14. og 15. november 2007 ble det gjennomført et felles arbeidsseminar i Falun hvor hensikten var å utveksle erfaring gjennom å presentere og diskutere resultater og utfordringer. I tillegg var planene om å få til et Interreg.-samarbeid mellom Hedmark fylkeskommune og Dalarna län om LIDAR og kulturminner på dagsordenen. Foruten prosjektgruppen og arkeologer fra Länsstyrelsen i Dalarnas län var det deltakere fra den svenske Skogstyrelsen og fra Riksantikvarämbetet.

På seminaret presenterte vi det norske prosjektet og de resultater som var oppnådd så langt. Dessuten hadde vi en gjennomgang av de utfordringer som en bør ta tak i ved videreutvikling av flybåren laserskanning som metode ved registrering av kulturminner i skog. Vårt arbeid med mønstergjenkjenning ble presentert, og videre omfattet presentasjonen en gjennomgang av metodens potensial i forvaltningen av kulturminner og –miljøer. Tilsvarende presenterte arkeologene fra länsstyrelsen sitt prosjekt. Bla. viste de hvordan de jobber med å integrere skogdata/vegetasjonsdata i sitt analyse- og tolkningsarbeid. Dessuten viste de hvordan de brukte LIDAR-dataene til å kvalitetssikre kartfestingen av tidligere registreringer. Det svenske prosjektet jobber nå med en rapport som vil bli publisert i løpet av 2008.

Avslutningsvis ble det konkludert med at videre samarbeid på tvers av landegrensene med fordel kan forankres i et Interreg.-prosjekt. Det ble derfor besluttet at Hedmark fylkeskommune og Dalarnas län tar initiativ til en søknadsprosess i løpet av 2008 rettet mot Interreg-programmet "Sverige-Norge".

4. Formidling

Dette er prosjektets tredje rapport. I tillegg til rapportene har resultater fra prosjektet blitt formidlet i andre sammenhenger gjennom prosjektforløpet. I 2007 fikk prosjektgruppa publisert en artikkel: *Flybåren laserskanning og kulturminner i skog. Ny teknologi i arkeologiens tjeneste* i tidsskriftet "Kart og Plan" (Risbøl et al. 2007b). Prosjektleder har dessuten holdt innlegg på et møte i referansegruppa for Statsskogs virksomhetshistorie på Norsk Skogmuseum i mai 2007 og på Norsk Romsenters seminar *Remote Sensing Archaeology in Cultural Heritage Management* i januar 2008. Videre ble prosjektet presentert i en tresiders artikkel i Forskerforum, Forskerforbundets medlemsblad nr. 5, mai 2008.

Prosjektet ble også presentert på Trøndelagskartdagen i Stjørdal i februar 2008 som samlet kartmiljøet i Trøndelag til en todagers konferanse med utstillinger og presentasjoner. Tittelen på presentasjonen som ble gitt av Gjertsen var "Laserskanning i kulturminnekartlegging".

Endelig var det et tv-innslag om laserskanning av kulturminner på NRK Østnytt, 27.05.2008 med Skare.

5. Konklusjon

I laserskanningsprosjektet har vi siden 2005 prøvd ut LIDAR som ny metode for registrering av kulturminneobjekter i skog basert på fjernmålingsdata fra et flybårent laserskanningsinstrument. På grunnlag av LIDAR-målingene ble det i pilotprosjektet i 2005 laget en detaljert terrengmodell fra testområdet i Elverum som i hovedsak har utgjort datagrunnlaget for tolkning og registrering av kulturminner i testområdet.

I fase 3 av prosjektet ble Elverum-dataene supplert med laserskanningsdata fra Hamar og Ringsaker kommune bla. for å få tilgang til skannede områder med et bredere spekter av kulturminnetyper (kap. 3.1). Analysen av de nye dataene har bidratt med en rekke nye resultater. Muligheten for å se små og lave kulturminner, slik som for eksempel rydningsrøysler, er avhengig av terrengets beskaffenhet. I flatt terreng er det lettere å påvise anomalier og tolke disse som potensielle kulturminner. Oppløsningen på terrengmodellen som igjen henger sammen med antall bakketreff per m² er av stor betydning for muligheten for å påvise kulturminner generelt og små og lave kulturminner spesielt. Dataene ble analysert med et spesielt fokus på rydningsrøysler og i hvilken grad disse lar seg påvise på laserskanningskartene. Hvis et lavt og uanselig kulturminne er dekket av mange bakketreff, er det lettere å påvise enn hvis det er få laserpulser som har nådd ned til bakken på grunn av dekkende vegetasjon, for eksempel. Innenfor området som er skannet i Hamar og Ringsaker ligger det flere kjente gravfelt som er registrert tidligere og som finnes i kulturminneregisteret "Askeladden". Analyse av relieffkart som dekker gravfeltene viste at de eksisterende registreringene kunne suppleres med bla. åkerreiner og hulveier som ikke var fanget opp ved de tidligere feltregistreringene. Spesielt åkerreiner kan være vanskelig å erkjenne ved ordinært feltarbeid, spesielt ved tett, bakkenær vegetasjon, mens de fremstår som relativt tydelige linjeformer på relieffkartene. Det samme gjelder andre linjetema som hulveier og stier.

Som resultatene fra Hamar og Ringsaker også viser gir laserskanningsdata også et godt grunnlag for å kvalitetssikre kartfestingen av enkeltminner og avgrensningen av kulturmiljøer, gravfelt osv. Både punkter og polygonavgrensninger slik de er angitt i "Askeladden" kan enkelt kvalitetssikres mot relieffkartene.

En viktig delkonklusjon er at selv om LIDAR-dataene ikke gir noen fullkommen oversikt over kulturminner i et område så gir de verdifull innsikt i et områdes potensial siden noen kulturminnetyper i regelen vil være synlige på kartene. Disse kan bidra med verdifull informasjon før en drar i felt.

Oppløsning/punktetthet og dens betydning for LIDAR-kartenes lesbarhet ble tatt opp i kapittel 3.2. Ved hjelp av dataene fra Elverum ble det gjort en rekke analyser av punktsetthet, vegetasjonsdekket over kullgroper samt gropenes tilstand og mål. Erfaring med tolkning av laserskanningskart og betydningen av bruk av egnet analyse- og innsynsverktøy ble også trukket inn i gjennomgangen. Analysen viste at det med punktsetthet er av betydning for om et kulturminne fremstår som tydelig eller ei. Samtidig utgjør antall bakketreff ikke noen entydig forklaring på hvorfor noen kulturminner er tydelige, mens andre ikke er det. Det er flere faktorer som spiller inn og griper inn i hverandre. Av de viktigste faktorer, i tillegg til tettheten av bakketreff, kan nevnes kulturminnets tilstand og om kulturminnet fremstår med en klar regelmessig form. Kulturminnetyper med klare geometriske former er lettere å skille fra naturformasjoner. Er det snakk om konvekse (hauger) eller konkave (groper) formasjoner er hhv høyden og dybden også av betydning for påvisningen.

Selv om en av laserskanningens store fortrinn er dens vegetasjonspenetrerende evne, er beskaffenheten av vegetasjonsdekket over kulturminnene også av betydning. Meget tett vegetasjon gjør at laserstrålene reflekteres fra vegetasjonen og ikke rekker ned på bakken.

I tillegg til tettheten, er vegetasjonens høyde også av betydning for resultatet. Analysearbeidet viser at det så langt er grunn til å konkludere med at lav, bakkenær vegetasjonen byr på større utfordringer enn høy vegetasjon (trær). Dette skyldes at lav vegetasjon ofte er tettere enn høy vegetasjon (for eksempel trekroner), men også at det er vanskeligere å skille ut bakketreff fra vegetasjonstrekk nær bakken enn treff fra trekroner høyt over bakken når dataene skal renses som en del av etterprosesseringen. Det er mange usikkerhetsfaktorer knyttet til dette med etterprosessering av dataene og dens betydning for kvaliteten på den endelige DTMen. Dette er en særskilt viktig problemstilling som det må jobbes videre med. Endelig viser analysearbeidet at erfaring med å tolke laserskanningsdata og muligheten for å ta i bruk egnet analyse- og innsynsverktøy også har betydning for tolkningsresultatet.

I kapittel 3.3 behandles det tredje delmål som gikk ut på å en videre utprøving av en automatisert mønstergjenkjenning som en rasjonell måte for å tolke LIDAR-data. Dette arbeidet ble så vidt påbegynt i fase 2 av prosjektet. Metoden baserer seg på bruken av *template matching* som er en automatisk metode for å detektere objekter med tilnærmet lik form og størrelse på laserskanningskartene. Søket er basert på en mal som er et fysisk utsnitt av et mindre område av terrengmodellen som viser hvordan en bestemt kulturminnetype ideelt sett skal se ut. Denne testen ble utført på kullgroper og med en tilfeldig valgt kullgrop som mal ble det utført et automatisert søk etter strukturer som ligner på malen. Ved testen ble kun 40 % av kullgropene påvist ved bruken av *template matching*, men det er godt håp om at metoden kan raffineres slik at treffprosenten økes til et mer tilfredsstillende nivå.

I tillegg til forsøket med *template matching* ble det også gjort forsøk med objektgjenkjenning ved hjelp av programvaren *Developer*. Dette er en programvare som baserer seg på segmentering av piksler. Denne metoden er svært kompleks og tidkrevende og forsøket kunne ikke fullføres innenfor prosjektets rammer.

Forskjellige bildeforbedringsmetoder ble også testet ut med tanke på å oppnå bedre grunnlag for visuelle tolkninger. Kunstig belysning av DTMen slik at det dannes relieffkart er et eksempel på bildeforbedring som har vært brukt hele veien gjennom prosjektet. Eksempler på andre bildeforbedringer som ble gjort er sloping og bruken av Laplace-filter som viser at det finnes en rekke potensielle forbedringsmuligheter som vil kunne øke treffprosenten ved visuelle tolkninger av høydemodellene.

I løpet av fase 3 har prosjektet utvekslet erfaring med svenske kollegaer som også arbeider med LIDAR og kulturminner i skog. Dette ble gjort ved gjennomføringen av et felles arbeidsseminar i Falun sammen med arkeologer fra Länsstyrelsen i Dalarna, Skogsstyrelsen og Riksantikvarämbetet.

Den overordnede konklusjonen etter gjennomføringen av fase 3 av prosjektet er fortsatt den samme: at flybåren laserskanning er en velegnet metode for å registrere kulturminner i skog, men at det samtidig er en del begrensninger det må jobbes med for å overkomme. Ikke alle kulturminnetyper lar seg påvise like lett, og vi har ennå et stykke å gå med å forbedre så vel den visuelle som den automatiserte tolkningen av relieffkartene. Hvordan etterprosessering av dataene foretas og dens betydning for kvaliteten på DTMen som ligger til grunn for tolkningene, må bli gjenstand for nærmere gransking.

LIDAR er et særdeles nyttig verktøy på et foreløpig litt grovmasket nivå som så langt egner seg godt som en støtte i forvaltnings- eller forskningsprosesser, men som ikke er noen fullgod erstatning for ordinært feltarbeid. Dette gjelder spesielt ikke hvis hensikten er å foreta systematiske registreringer av automatisk fredete kulturminner etter § 9 i Lov om kulturminner. For det første kan kulturminner som ikke er synlige over bakken påvises med denne metoden,

for det andre er det for eksempel fremdeles utfordringer knyttet til påvisning av mindre distinkte kulturminner og kulturminner med mindre regelmessig form.

6. Referanser

Barlindhaug, S., I.M. Holm-Olsen, T. Risan, O. Risbøl & M-L Bøe Sollund 2008: Fortiden sett fra luften – fjernmålingsmetoder til overvåking av kulturminner og kulturlandskap. I: Kart og Plan, vol. 2.

Risbøl, O., K. Skare & T. Risan 2005: Skog og kulturminner – en kritisk kommentar til prosjektet "Miljøregistreringer i skog – delprosjekt kulturminner". I: Utmark – Tidsskrift for utmarksforskning, <http://www.utmark.org/>

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2006a: Flybåren laserskanning og kulturminner i skog. Et pilotprosjekt. NIKU Rapport Miljøovervåking 03-2006.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2006b: "Airborne laser scanning of cultural remains in forests – some preliminary results from a Norwegian project. I: From Space to Place. 2nd International Conference on Remote Sensing in Archaeology (eds. Campana, S. og M. Forte). BAR International Series, vol. 1568. 2006, pp 107-112.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2007a: Flybåren laserskanning og kulturminner i skog. Fase 2. NIKU Rapport 18.

Risbøl, O., A.K. Gjertsen & K. Skare 2007b: Flybåren laserskanning og kulturminner i skog. Ny teknologi i arkeologiens tjeneste. I: Kart og Plan, vol. 67, s. 78-90.

Rundberget, B. 2007. Jernvinna i Gråfjellområdet. Gråfjellprosjektet, Bind I. Varia 63. Kulturhistorisk Museum, Fornminneseksjonen. Oslo.

NIKU publikasjonsliste / Publications

pr. 30. september 2008

Fra 2003 avslutter NIKU tidligere serier og etablerer to nye, NIKU Rapport og NIKU Tema. F.o.m. 2001 er samtlige utgivelser tilgjengelig på www.niku.no som pdf-filer.

Kontaktadresse / Publications can be bought from:
 NIKU, Postboks 736 Sentrum, N-0105 Oslo
 Tlf./Tel.: (+47) 23 35 50 00. Faks/Fax: (+47) 23 35 50 01
 E-mail: kirsti.e.sundet@niku.no

Nye serier f.o.m. 2003

NIKU Rapport

- 1 Bergstadens Ziir; Røros kirke. Tilstand og tiltak. *Brønne, J.* 2003. 97 s.
- 2 «Intet forandrer seg så ofte som fortiden». Om krusifiksene i Ringebu stavkirke. *Stein, M., Bronken, I. A., Nyhlén, T., Strandkogen, K. og E. S. Tveit.* 2003. 114 s.
- 3 Den bemalte og forgylte kalvariegruppen fra 1100-tallet i Urnes stavkirke. Konservering 2001-2003. *Frøysaker, T.* 2003. 89 s.
- 4 Samiske Kirkegårder. Registrering av automatisk freda samiske kirkegårder i Nord Troms og Finnmark. *Svestad, A. og Barlinthaug, S.* 2003. 15 s. **Utsolgt, kun som pdf-fil.**
- 5 Alterskapet i Grip stavkirke. Et 1700-talls alterskap fra middelalderen. Konservering 2001-2003. *Olstad, T.M.* 2003. 59 s.
- 6 Hamar Cathedral ruin. Archaeological investigations 1996-1998. *Reed, Stan.* 2005. 244 s. **Utsolgt, kun som pdf-fil.**
- 7 Samiske urgraver. Statusrapport med forslag til miljøovervåkingsprogram. *Myrvoll, E.R.* 2005. 37 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 8 Lysekroner frå Nøstetangen glasverk. Dokumentasjon, vurdering av originalitet, sikring og konservering. *Bjørke, A.* 2006. 55 s.
- 9 Evaluering av digitale dokumentasjonssystemer for arkeologiske utgravninger. *Molaug, P.B., Petersén, A., Risan, T.* 2006. 19 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 10 Kulturminneforvaltningens og planarbeidets historie på Røros. "Kulturarv og verdiskaping. Økonomiske virkninger av kulturarven på Røros". Arbeidspakke 1. *Andersen, S. og Brønne, J.* 2006. 89. s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 11 Ikonene i St. Georgs kapell, Neiden, Sør-Varanger kommune. Kontekst, motiver, teknikk og restaurering. *Norsted, T.* 2006. 71 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 12 Landskap og historie-GIS. Historisk landskapsanalyse i Vestre Slidre, Oppland. *Guttormsen, T. S.* 2007. 43 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 13 Konservering av Peter Reimers' altermalerier i Valle kirke, Lindesnes kommune i Vest-Agder. *Ford, T.-O. og Frøysaker T.* 2007. 30 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 14 Samiske kirkegårder. Registrering av automatisk freda samiske kirkegårder i Finnmark, Troms og Nordland. *Myrvoll, E.R.* 2007. 36 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 15 Kulturarv som kapital. En analyse av kulturarvskapitalens diversitet på Røros som et grunnlag for tenkning om verdiskaping. Delprosjekt 5 i forskerprosjektet "Verdiskaping Røros". *Guttormsen, T. S., & Fageraas, K.* 2007. 105 s + vedlegg. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 16 Konservering av kirkeskip. Bønsnes kirke, Hole kommune i Buskerud. *Smith, H.* 2007. 22 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 17 Kulturhistoriske registreringer. Porsangermoen – Halkavarri skytefelt. *Barlinthaug, S., Risan, T. & Thuestad, A.E.* 2007. 127 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)
- 18 Flybåren laserskanning og registrering av kulturminner i skog. Fase 2. *Risbøl, O., Gjertsen, A.K., og Skare, K.* 2007. 33 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)

19 Kulturminneverdier i by mellom bevaring og byutvikling. Et kunnskapsgrunnlag. *Omland, A., Berg, S.K., Mehren, A. og Eldal, J.C.* 2007. 59 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)

20 Lokala röster och lokala värden. En studie av Ålgårds kyrkas betydelse för icke-kyrkogångare. *Grahn, W.* 2007. 43 s. (Finnes kun som PDF-fil på nettet. Utskrift kan bestilles hos NIKU.)

21 Alterskapet fra senmiddelalderen i Hadsel kirke – et alterskap attribuert til Lekagruppen. - Undersøkelser og behandling av alterskapet. Oppmåling av fire skap i Lekagruppen. *Olstad, T.M.* 2008. 83 s.

NIKU Tema

1 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Eidskog kommune, Hedmark 2002. *Sollund, M.-L.* 2003. 20 s.

2 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Saltdal kommune, Nordland 2002. **Barlindhaug, S. og Holm-Olsen, I.M.** 2003. 22 s.

3 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Sandnes kommune, Rogaland 2002. *Haavaldsen, P.* 2003. 16 s.

4 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Skjåk kommune, Oppland 2002. *Binns, K.S.* 2003. 22 s.

5 NIKU strategiske instituttprogram 2001-2006. Verneideologi. NIKU-seminar 4. februar og 25. april 2002. *Seip, E.* (red.) 2003. 77 s.

6 Bevaring av samlingane ved fem statlege museer. Undersøkingar utført for Riksrevisjonen. *Bjørke, A.* 2003. 95 s.

7 På vandring i fortiden. Mennesker og landskap i Gråfjell gjennom 10 000 år. *Amundsen, H. R., Risbøl, O. & Skare, K.* (red.) 2003. 112 s. **Utsolgt, kun pdf-fil.**

8 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Bømlo kommune, Hordaland, 2003. *Binns, K.S.* 2005. 20 s.

9 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Horten kommune, Vestfold, 2003. *Sollund, M.-L.* 2004. 17 s.

10 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Lillesand kommune, Aust-Agder, 2003. *Sollund, M.-L.* 2004. 20 s.

11 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Sortland kommune, Nordland, 2003. *Holm-Olsen, I.M.* 2004. 17 s.

12 Landskap under press – Urbanisering og kulturminnevern. En studie med eksempler fra Nannestad og Stavanger. 2004. *Swensen, G., Jerpåsen, G., Skogheim, R., Saglie, I-L, Guttormsen, T.* S. 95 s.

13 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Sarpsborg kommune, Østfold, 2004. *Sollund, M.-L.* 2005. 29 s.

14 Fra vernesone til risikosone. Studier i middelalderbyene Bergen og Tønsbergs randsoner. *Nordeide, S.W.* (red.) 76 s.

15 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Skien kommune, Telemark 2005. *Sollund, M.-L.* 24 s.

16 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Grong kommune, Nord-Trøndelag 2005. *Sollund, M.-L.* 26 s

17 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Tromsø kommune, Troms 2005. *Holm-Olsen, I. M.* 22 s.

18 Kultur – minner og miljøer. Strategiske instituttprogrammer 2001-2005. *Egenberg I.M., Skar B. og Swensen, G.*(red.) 2006. 354 s.

19 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Fræna kommune, Møre og Romsdal, 2006. *Sollund, M.-L.* 2007. 19 s.

20 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Nord-Aurdal kommune, Oppland, 2006. *Sollund, M.-L.* 2007. 21 s.

21 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Eidskog kommune, Hedmark 2007. *Sollund, M.-L.* 2008. 20 s.

22 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Sandnes kommune, Rogaland 2007. *Sollund, M.-L.* 2008. 20 s.

23 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Saltedal kommune, Nordland 2007. *Thuestad, A.E.* 2008. 20 s.

24 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Skjåk kommune, Oppland 2007. *Thuestad, A.E.* 2008. 20 s.

25 Fortidens minner i dagens landskap. Status for automatisk fredete kulturminner i Guovdageainnu suohkan / Kautokeino kommune, Finnmark 2006. *Holm-Olsen, I.M. og Thuestad, A.E.* 2008. 19 s.

Annet

Kulturminner – en ressurs i tiden (Jubileumsbok – NIKU 10 år). *Paludan-Müller, C. og Gundhus, G.* (Red). 2005. 184 s.