

FORPROSJEKT: ASKJUM OG NORDRE SKUTERUD

Arkeologiske undersøkelser ved bruk av høyteknologiske, inngrepsfrie metoder; LiDAR, georadar og magnetometer.

Monica Kristiansen, Lars Gustavsen og Erich Nau





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)

Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Telefon: 23 35 50 00

www.niku.no

Tittel Forprosjekt: Askjum og Nordre Skuterud Arkeologiske undersøkelser ved bruk av høyteknologiske, inngrepsfrie metoder; LiDAR, georadar og magnetometer.	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 158/2015	Publiseringsdato 16.11.2015
	Prosjektnummer 1020239	Oppdragstidspunkt 2014
	Forsidebilde Georadar på Nordre Skuterud. MK/NIKU.	
Forfatter(e) Monica Kristiansen, Lars Gustavsen og Erich Nau	Sider 74	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Digital dokumentasjon, kulturminner og landskap	

Prosjektleder Monica Kristiansen
Prosjektmedarbeider(e) Manuel Gabler (LBI), Anne Herstad (Akershus FK), Lars Gustavsen, Erich Nau, Knut Paasche (NIKU)
Kvalitetssikrer Knut Paasche

Oppdragsgiver(e) Vegdirektoratet, Statens Vegvesen.
--

<p>Sammendrag</p> <p>Vegdirektoratet og Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) startet i 2015 et forsknings- og utviklingsprosjekt (FoU) som omhandler bruk av nyere avanserte metoder for registrering av arkeologiske kulturminner i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter. Formålet med prosjektet er å teste ut hvorvidt høyteknologiske fjernmålingsmetoder som geofysikk, flybåren laserskanning (LiDAR), samt satellittbilder og flyfoto kan supplere og eventuelt erstatte noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner i forkant av større veiprojekter, og på den måten begrense områder som skal sjekkes eller undersøkes på annen, konvensjonell måte. For å kunne gjennomføre en tidlig oppstart i uttestingen av disse metodene ble det i 2014 opprettet et forprosjekt som skulle omfatte en undersøkelse av utvalgte områder innenfor den ny traseen til nye E18 gjennom Ås og Ski. I samarbeid med Akershus fylkeskommune valgte Vegdirektoratet ut et testområde på gårdene Askjum og Nordre Skuterud. Disse områdene var ansett for å ha høyt potensiale for funn av automatisk fredede kulturminner, og omfattet et areal på ca. 8,7 hektar. Feltarbeidet ble utført i september 2014. Det ble anvendt motoriserte georadar- og magnetometersystem for innsamling av geofysiske data. I tillegg har NIKU utført analyser av LiDAR-skanninger. Ved hjelp av de høyteknologiske metodene ble det påvist flere automatisk fredede kulturminner på Askjum og Nordre Skuterud, beliggende både over og under overflaten. De tydeligste funnene dreide seg i hovedsak om større arkeologiske strukturer som overpløyde gravhauger og hulveisystemer, samt mulige rester av fossil åker/teigpløyning. Ved hjelp av fjernmålingsmetodene har det også vært mulig å kartlegge moderne grøfter/drenering, samt geologiske elementer. Undersøkelsen på Askjum og Nordre Skuterud viste imidlertid også at ikke alle arkeologiske strukturer lot seg påvise ved hjelp av de utvalgte metodene, og at det derfor er behov for å gjøre ytterligere uttesting av fjernmålingsteknikkene for å opparbeide større erfarings- og forskningsgrunnlag omkring disse utfordringene.</p>
--

<p>Emneord</p> <p>Geofysikk, Georadar, Magnetometer, LiDAR, arkeologi, Akershus, vegdirektoratet.</p>
--

Avdelingsleder

Knut Paasche

Forord

Undersøkelsen på Askjum og Nordre Skuterud er et forprosjekt til forsknings- og utviklingsprosjektet «Arkeologi i veien?», som utføres i samarbeid mellom Vegdirektoratet/Statens Vegvesen og Norsk Institutt for Kulturminneforskning (NIKU). FoU-prosjektet omhandler bruk av nyere avanserte metoder for registrering av arkeologiske kulturminner i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter. Formålet med prosjektet er å teste ut hvorvidt høyteknologiske fjernmålingsmetoder som geofysikk, flybåren laserskanning (LiDAR), samt satellittbilder og flyfoto kan supplere og eventuelt erstatte noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner, og hvordan disse metodene kan effektivisere planarbeidet og gjennomføringen av veiprojekter.

NIKU ønsker å takke Vegdirektoratet for initiativ og samarbeid i forbindelse med forprosjektet på Askjum og Nordre Skuterud og FoU-prosjektet «Arkeologi i veien?».

En spesiell takk rettes til prosjektleder Anne Herstad og de øvrige arkeologene fra Akershus fylkeskommune, som har arbeidet med de arkeologiske registreringene i forkant av byggingen av ny E18 i Ski og Ås. Vi er takknemlige for all hjelp med praktisk tilrettelegging av feltarbeidet, for samarbeidet og for at dere stilte feltene på Askjum og Skuterud til disposisjon for uttesting av de geofysiske metodene.

Innholdsfortegnelse

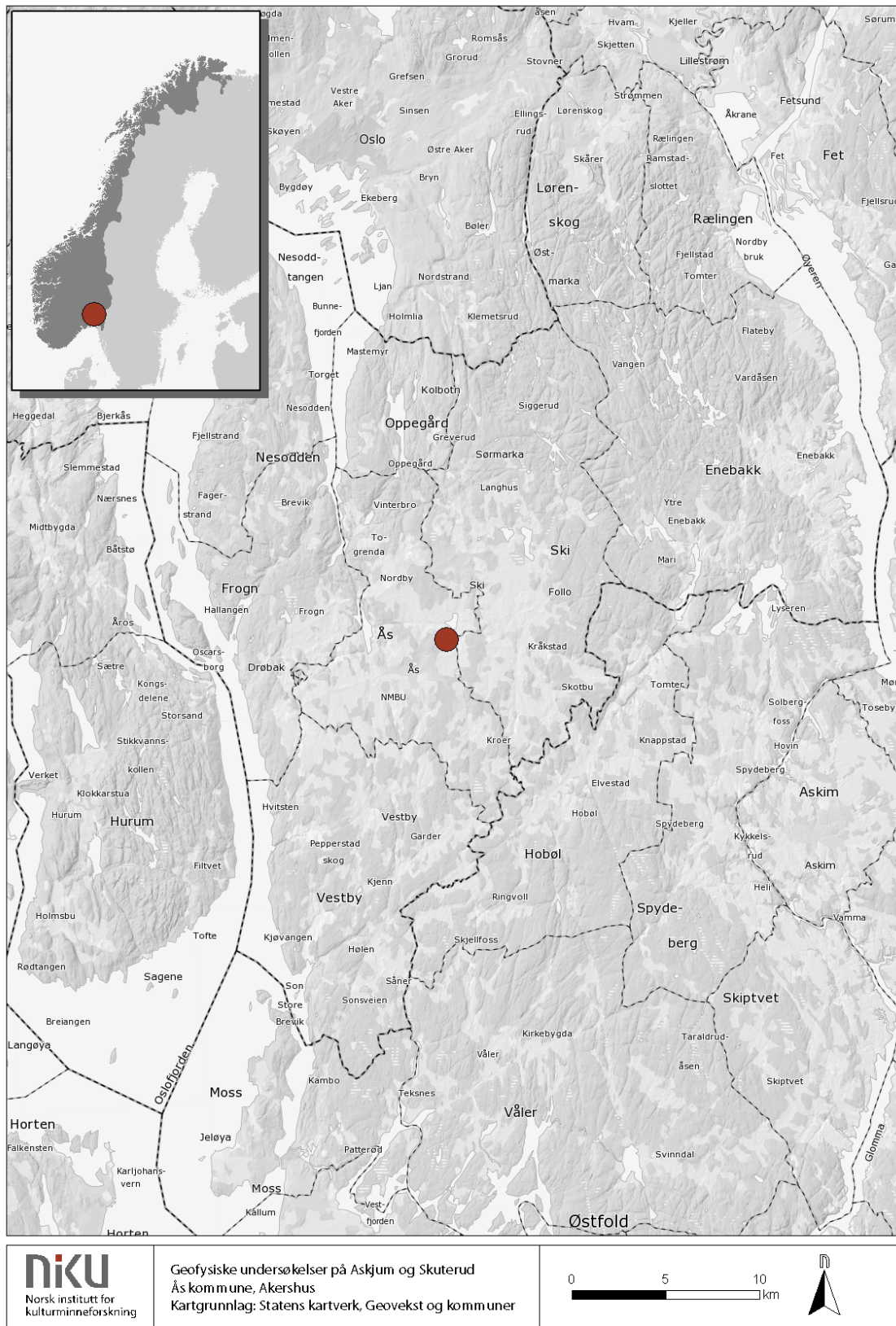
1	Innledning.....	7
2	Undersøkellesområdet	9
2.1	Landskap og jordsmonn	11
2.2	Kulturminner	14
3	Metode	15
3.1	LiDAR	15
3.2	Magnetometer	16
3.3	Georadar.....	17
4	Utstyr og gjennomføring av undersøkelsen	18
4.1	LiDAR – prosessering av laserdata.....	18
4.1.1	Prosessering	18
4.2	Geofysisk datainnsamling.....	20
4.2.1	Prosessering	22
4.2.2	Tolkning	22
4.3	Utsjekking av anomalier – sjakting.....	23
5	Arkeologisk tolkning og resultater	25
5.1	Geofysikk. Felt A – Nordre Skuterud	25
5.1.1	Geologi.....	25
5.1.2	Moderne strukturer.....	27
5.1.3	Arkeologiske strukturer	29
5.1.4	Andre anomalier.....	31
5.2	Geofysikk: Felt B - Askjum	33
5.2.1	Geologi.....	33
5.2.2	Moderne strukturer.....	34
5.2.3	Arkeologiske strukturer	36
5.2.4	Andre anomalier	41
5.3	LiDAR	42
6	Diskusjon: fjernmåling som arkeologisk registreringsmetode	46
6.1	Påviste kulturminner	46
6.2	Kulturminner, landskap og geologi.....	48
6.3	Metodene som registreringsverktøy	50
7	Litteratur.....	52
8	Appendiks.....	53
8.1	Dybdeskiver: Georadar felt A	53
8.2	Dybdeskiver: Georadar felt B	63
8.3	Magnetogram: Felt A.....	73
8.4	Magnetogram: Felt B.....	74

1 Innledning

Vegdirektoratet og Norsk Institutt for Kulturminneforskning (NIKU) startet i 2014 et forsknings- og utviklingsprosjekt (FoU) som omhandler bruk av nyere avanserte metoder for registrering av arkeologiske kulturminner i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter. Formålet med prosjektet er å teste ut hvorvidt høyteknologisk fjernmålingsmetoder som geofysikk, flybåren laserskanning (LiDAR), samt satellittbilder og flyfoto kan supplere og eventuelt erstatte noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner, og på den måten begrense områder som skal sjaktes eller undersøkes på annen, konvensjonell måte. Statens vegvesen og NIKU ønsker å utrede om og hvordan disse metodene kan effektivisere planarbeidet og gjennomføringen av veiprosjekter. Metodene skal prøves ut i ulike planfaser som konseptvalgutredninger (KVU), kommuneplaner/kommunedelplaner og reguleringsplaner. Metodene vil bli testet ut på reelle veiprosjekter i samarbeid med regionene i Statens vegvesen og den lokale kulturminneforvaltningen. Prosjektet skal utføres i 2015 og 2016, i tillegg til et forprosjekt som ble gjennomført i 2014.

Som en del av uttestingen av fjernmålingsmetoder i veiutbygginger er det er ønskelig å anvende metodene i flere ulike deler av Norge. For å kunne vurdere metodenes bruksområder på et bredere grunnlag er det viktig å teste dem i flere norske regioner og landskapstyper, med ulikt terreng, jordsmonn og ikke minst forskjellige kulturminnetyper. Det er også viktig å velge testområder hvor potensialet for arkeologiske funn er til stede, samt at de antatte funnene er av en karakter som kan la seg detektere ved fjernmåling.

I forbindelse med utbygging av E18 gjennom Ski og Ås valgte Statens vegvesen i samarbeid med Akershus fylkeskommune ut et testområde som både ut fra potensial for kulturminnefunn og beliggenhet i veitraseen ble ansett som velegnet for fjernmåling. Hovedprosjektet var på dette tidspunkt ennå ikke startet, og det ble derfor opprettet et forprosjekt hvor dette området skulle undersøkes med fjernmåling. Testområdet lå under Askjum og Nordre Skuterud gård i Ås kommune, Akershus fylke, og omfattet et areal på 8,7 hektar. Feltarbeidet ble utført i september 2014 i samarbeid med arkeologer fra Akershus fylkeskommune og NIKUs samarbeidspartner Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (LBI ArchPro), fra Østerrike.



Figur 1: Caseområdets beliggenhet.

2 Undersøkelsesområdet

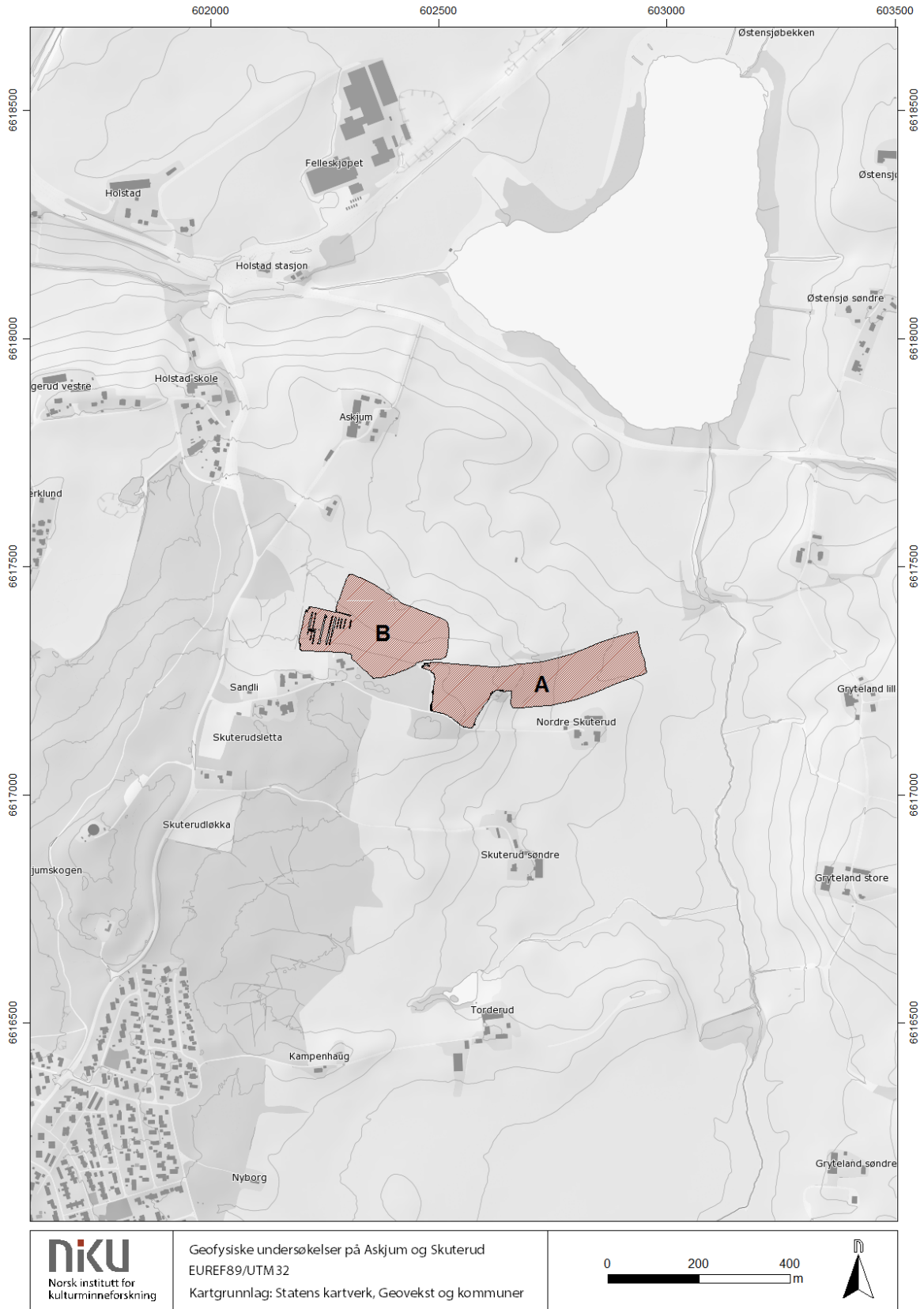
Askjum og Nordre Skuterud gård ligger i Ås kommune, Akershus fylke, omtrent midt mellom Ås og Ski sentrum. Gårdene ligger i forbindelse med et høydedrag som strekker seg fra Holstad og sørover mot Askjumsbogen, og fra undersøkelsesområdene er det vid utsikt over Østensjøvannet i nord og mot Grytelandgårdene i sørøst. I nord og vest grenser undersøkelsesområdet til Askjumsbogen. Områdene er i dag beiteland og dyrket mark, og historisk kartmateriale antyder at det meste av de undersøkte arealene har vært dyrket minst siden begynnelsen av 1800-tallet.

Undersøkelsesområdene ligger i dag til to ulike gårder, men opprinnelig har begge hørt til under Askjum-gården (*Askheim*), som ut fra navnets etymologi regnes å ha opphav allerede i jernalderen. Gården nevnes i flere middelalderske diplomer, de fleste datert på 1300-tallet, samt i etterreformatoriske kilder fra 1500-, 1600- og 1700-tallet. Det er usikkert hvor stort felt Askjum opprinnelig favnet, men Østensjøvannet nord for gården omtales i enkelte middelalderske diplomer som *Askheimvannet* (Rygh:60). Det er derfor rimelig å tro at gården på dette tidspunktet har hatt en langt større utstrekning enn i dag.

Nordre Skuterud ligger sørøst for Askjum, og omfatter deler av høydedraget i sør og flatene øst i undersøkelsesområdet. Gården har tidligere ligget til Askjum, og nevnes første gang i et diplom fra datert 1302 (ibid.:61). Rud-navnene knyttes til gårder som ble skilt ut og ryddet i løpet av tidlig- og høymiddelalder, og Skuterud skal antakelig være skilt ut fra Askjum på 11- eller 1200-tallet.



Figur 2: Utsnitt fra historisk militærkart for Akershus og Østfold, datert 1804 (Kilde: Kartverket (Det norske Jæger Corps). Norge 267 11b vest. 1804). Askjum (Aschim) og Nordre Skuterud sees SØ for Østensjøvannet.



Figur 3: Undersøkellesområdet på Askjum (felt B) og Nordre Skuterud (felt A).

2.1 Landskap og jordsmonn

Askjum og Skuterud ligger i tilknytning til et høydedrag som strekker seg fra området rundt Holstad og Østensjøvannet og sørvestover i retning Ås. Østre og nordre del av høydedraget domineres av gårder og duvende jordbruksland, mens de høyestliggende områdene i vest og sør er hovedsakelig skogbevokst. Felt A, som ligger på Nordre Skuterud, ligger på østsiden av dette høydedraget. I vest ligger feltet på et høytliggende platå, og det strekker seg derfra østover, i skrånende terreng, ned til sletten nord for gårdsbygningene. Området består av dyrket mark og undersøkelsen ble kjørt på kornstubb. Jordsmonnet varierer ut fra de topografiske forholdene, og består i vest av en sandig, og stedvis selvdrenerende undergrunn, og i øst en langt mer leirholdig jordsmonnstype dannet av havavsetninger. Undersøkelsesområdet omfatter et areal på til sammen 4,5 hektar.



Figur 4: Felt A, Nordre Skuterud, sett mot SØ. Foto: MK/NIKU.



Figur 5: Nordre Skuterud - Felt A, sett mot NV. Foto: MK/NIKU.

Felt B, beliggende på Askjum, er lokalisert på nordøstre side av det samme høydedraget. I den søndre og høyestliggende delen av feltet er terrenget relativt flatt, og faller derfra slakt nordover i retning Østensjøvannet. I sør grenser feltet til et mindre, skogbevokst område hvor det ligger et større gravfelt fra jernalderen (id 31555) og i øst, mellom Felt A og B, grenser undersøkelsesområdene til et dyrebeite hvor det er registrert ytterligere gravminner fra samme periode (id 70025). Jordsmonnet er sandig og selvdrenerende lengst sør, men går over til en stadig mer leirholdig jordsmonnstype i nord. Undersøkelsesområdet måler i alt 4,2 hektar.



Figur 6: Felt B - Askjum, sett mot Ø. Alleén til venstre i bildet utgjør feltets nordre avgrensning. Foto: MK/NIKU.



Figur 7: Askjum - Felt B, sørøstre del. Til venstre i bildet sees Østensjøvannet. Foto mot NØ. Foto: MK/NIKU

2.2 Kulturminner

På Askjum og Skuterud er det registrert en rekke gravminner fra jernalderen, flere beliggende i umiddelbar nærhet til undersøkelsesområdene. Like sør for felt B, innenfor Skuteruds eiendomsgrense ligger det et større gravfelt med 18 registrerte gravhauger (Askeladden id 31555). Haugene varierer noe i størrelse, men er alle registrert som rundhauger med diameter på 7-21 m. Generelt ser det ut til at de største haugene ligger i nord, mot grensen til felt B. Haugene er i stor grad plyndret. Sør- og vest for feltet ligger det i ytterligere fire gravhauger (id 94950, 94955, 70024, 41568) som trolig har tilhørt det samme feltet.

I øst, mellom felt A og B, ligger det nok et gravfelt (id 70025) hvor det tidligere har vært registrert 4 gravhauger. Fornminnene ligger på en liten høyde i landskapet og befinner seg innenfor et dyrebeite. De er derfor relativt godt synlige i terrenget. Gravenes størrelse varierer mellom 5-12 m i diameter, og er i mindre grad forstyrret av plyndring enn gravene i vest. Det har senere blitt påvist flere mulige gravminner i samme område.

I forbindelse med Akershus fylkeskommunes registreringer innenfor veitraseen, ble det påvist mengder med kulturminner på Askjum, Skuterud og tilstøtende gårder langs traseen. Funnene bestod blant annet av kokegroper, ildsteder, fossile dyrkingsslag og andre dyrkingsspor, kulturlag fra steinbrukende tid, veifar/hulveier, samt enkelte etterreformatorkiske levninger. Tidligere arkeologiske registreringer utført både sør og nord for undersøkelsesområdet har påtruffet samme type fornminner. Det store omfanget av kulturminner på stedet, fra både steinalder, jernalder og historisk tid, viser at området har hatt en lang og muligens kontinuerlig brukstid som strekker seg over flere tidsperioder.



Figur 8: Gravhaug tilhørende det vestre gravfeltet (id 70025), Askjum. Foto: MK/NIKU.

3 Metode

Målsetningen med forprosjektet ved Askjum og Nordre Skuterud var å undersøke hvorvidt nye, høyteknologiske metoder kan supplere eller erstatte konvensjonelle arkeologiske registreringsmetoder, og om bruk av slik teknikk kan være med på å effektivisere prosessene i forkant av større veiprojekt. For å kunne besvare denne problemstillingen ble det valgt ut tre metoder til å bistå det arkeologiske registreringsarbeidet; LiDAR (flybåren laserskanning), georadar og magnetometer. Felles for disse er at de er basert på teknikker som tar i bruk fysiske metoder for å registrere forhold over eller under bakken. De er inngrepsfrie, og kan dermed anvendes uten å gjøre skadelige eller invaderende inngrep i bakken. I tillegg har metodene de siste årene gjennomgått en utvikling hvor det har blitt mulig å gjennomføre effektiv innsamling av høyoppløselige data, og samtidig prosessere og fremstille tolkbare resultater av den innsamlede informasjonen. Metodene ble valgt ut på bakgrunn av flere elementer, alle viktige for å oppnå tilfredsstillende resultater:

- Forventede kulturminner
(*Kulturminnene må kunne påvises med de valgte metodene*)
- Landskap og vegetasjon
(*Terreng og fremkommelighet, mulighet for kvalitetsmessig god datainnsamling*)
- Kompetanse og tilgjengelighet
(*Erfaring og kunnskap om metodene, tilgjengelighet av utstyr og/eller data*)

I tillegg til de nevnte metodene har det også blitt tatt i bruk flyfoto fra arkiv, og den samlede informasjonen har blitt bearbeidet ved hjelp av geografiske informasjonssystemer (GIS).

3.1 LiDAR

LiDAR (*Light Detection And Ranging*) kalles på norsk ofte for *flybåren laserskanning* (FLS) eller *luftbåren laserskanning* (LLS). Som navnet tilsier er LiDAR en metode hvor et laserinstrument montert på et fly, helikopter, drone eller et annet luftbårent fartøy sender ut millioner av laserpulser ned mot bakken. Laserpulsene, som består av korte pulser av nærinfrarødt lys, sendes ut i en vifteform på begge sider av flyretningen ved hjelp av et speil som vipper frem og tilbake i en vinkel på ca. 20 grader. På denne måten kan man skanne en opptil 1000 m bred korridor under flyet. Når laserpulsene treffer solide objekter som bygninger, vegetasjon og terrengoverflaten, reflekteres de og sendes tilbake til laserskanneren hvor informasjon om hvert retursignal lagres. Ved hjelp av avansert GPS-teknologi beregnes refleksjonenes posisjon i x, y og z-koordinater. På denne måten kan man fremstille detaljerte og koordinatfestede høydemodeller av terrenget.

De reflekterte laserpulsene innehar, i tillegg til nøyaktige posisjonsdata, informasjon om egenskapene til objektene de er reflektert fra. Ved hjelp av avanserte algoritmer er det mulig å beregne hvilke treff som kommer fra vegetasjon, fra bygninger eller fra bakkens overflate, slik at man ved bruk av prosesseringsverktøy kan filtrere bort noen objekttyper til fordel fra andre. Innen arkeologien har det vist seg særlig nyttig å kunne filtrere vekk vegetasjon slik at man kan generere en modell av selve terrengoverflaten. På denne måten kan man, dersom terrengmodellen er detaljert nok, kunne se kulturminner som befinner seg i det skannede terrenget.

Innen arkeologien har LiDAR det siste tiåret blitt en stadig mer anvendt metode for å detektere og registrere kulturminner i terrenget (Gustavsen et al. 2013:19). Særlig har det vist seg nyttig i kulturminneforvaltningen og ved registrering av store og stedvis utilgjengelige arealer, som tidligere,

på grunn av skog og annen overflatevegetasjon, ikke har vært mulig å fjerndetektere med flyfoto og satellittbilder.

Laserdataene som samles inn under en LiDAR-skanning gjennomgår en etterprosessering, hvor hver refleksjon fremstilles som et punkt. Dette resulterer i en såkalt punktsky bestående av millioner av punkter som hver representerer laserpulsenes refleksjoner i terrenget. Disse punktene er vanligvis klassifisert som bakkepunkter og ikke-bakkepunkter, og kan importeres i et geografisk informasjonssystem (GIS) eller i annen programvare produsert for håndtering av laserdata. Ved hjelp av punktskyen kan man generere digitale terreng- og overflatemodeller, som igjen kan manipuleres og optimaliseres for arkeologisk bruk. Ved å visualisere terrenget på ulike måter, både ved justering av lys og skygge samt manipulering/overdriving av høydeverdier, kan man visualisere kulturminnernes form og beliggenhet, og i tillegg påvise strukturer i overflaten som ellers ikke fremstår tydelig i terrenget.

3.2 Magnetometer

Et magnetometer er et måleinstrument som måler styrken og retningen av jordens magnetfelt, og anvendes til å spore endringer i jordsmonnets magnetiske egenskaper. Prinsippet bak metoden er at jordens magnetfelt, som på den vestlige halvkule har en styrke på ca. 50 000 nanoTesla (nT), påvirker jordsmonnet på jordens overflate. De fleste jordtyper inneholder svakt magnetiserte jernoksider eller jernholdige mineraler som ved ytre påvirkning kan reagere og danne kraftigere magnetiske former. Denne påvirkningen kan for eksempel dreie seg om reduksjon eller oksidering, hvilket ofte kan oppstå som del av den naturlige jordsmonnutviklingen. Imidlertid kan slike magnetiske former også oppstå i forbindelse med menneskelig aktivitet. I motsetning til de fleste geologiske prosesser har menneskelig aktivitet ofte en liten, men svært lokal påvirkning på mengden magnetisk materiale i jorden, og kan ved hjelp av svært følsomme magnetometre la seg påvise som geofysiske anomalier i bakken.

Ikke all menneskelig aktivitet lar seg påvise ved hjelp av magnetometer, da ikke all aktivitet avsetter magnetiske spor. Imidlertid vil bruk av varme, som i ildsteder og kokegroper, påvirke jordsmonnets magnetiske evner. Ved å tilføre varme til et materiale, og deretter kjøle det ned igjen, vil materialet bli permanent magnetisert, og dette vil kunne detekteres ved hjelp av et magnetometer. I tillegg vil steiner eller steinansamlinger som har høyere magnetiske verdier enn områdene rundt registreres, og på denne måten kan man i enkelte tilfeller oppdage kjernerøyser fra utpløyde gravhauger eller steinpakninger i stolpehull der det har stått hus. Denne mekanismen knyttes til såkalt termoremanens, som relateres til materialer som er tilført varme. I tillegg kan materialer tilføres magnetisme (såkalt *indusert magnetisme*). Dette skjer blant annet ved at jordsmonn påvirket av menneskelig aktivitet ofte inneholder en høyere andel jernoksider og derfor har høyere magnetisk susceptibilitet (evne til å bli midlertidig magnetisert). I tillegg kan den magnetiske susceptibiliteten økes ved at mikroorganismer eller bakterier skaper en reduserende eller oksiderende atmosfære under nedbrytning av organisk materiale. Ved å måle og påvise variasjoner i disse egenskapene kan man ved hjelp av magnetiske metoder påvise menneskeskapt strukturer og andre levninger fra menneskelig aktivitet.

De innsamlede dataene må prosesseres og bearbeides for å kunne generere tolkbare fremstillinger av de magnetiske forholdene i bakken. I disse fremstillingene vil materialer som viser en høyere eller lavere magnetisk respons i forhold til en gitt normalverdi, vises som magnetiske *anomalier*.

Materialenes magnetiske egenskaper vil ha ulike signaturer i disse fremstillingene, slik at moderne jerngjenstander (rør, jernskrot, etc.) kan separeres fra f.eks. brent eller nedbrutt organisk materiale/jordsmonn. Dette er arkeologisk sett interessant informasjon som vil være en viktig kilde til fortolkning av magnetometerdataene.

3.3 Georadar

Georadar (eng: *Ground Penetrating Radar* – GPR) er en variant av vanlig radarteknologi, og kan på mange måter sammenliknes med et ekkolodd. En senderantenne i georadaren sender ut høyfrekvente elektromagnetiske bølger ned i bakken, som enten reflekteres eller absorberes når de treffer på visse jordmasser, lagskiller eller objekter under overflaten. Hvorvidt signalene *reflekteres* avhenger av materialenes geofysiske egenskaper, samt at det er tilstrekkelig geofysisk kontrast mellom lagene eller objektene. Kontrasten er avhengig av materialenes elektriske ledeevne samt magnetiske egenskaper. Når bølgene treffer på absorberende masser, tappes de for energi ved å fortsette nedover i bakken uten å sendes tilbake til overflaten. Når de reflekteres, sendes retursignalene opp til en mottakerantenne i georadaren, hvor de registreres og digitaliseres. Ved å måle tiden fra de elektromagnetiske bølgene sendes ut til de returneres til antenne, kan man blant annet kalkulere dybden til de ulike strukturene eller objektene (Conyers 2012:25). Retursignalene vil, i tillegg til en relativ dybdeinformasjon, ha en «signatur» som angir om de er returnert fra absorberende eller reflekterende materialer. De returnerte signalene fremstilles i en profil, et slags digitalt tverrsnitt av jordsmonnet. Slik kan man ved hjelp av radarteknologi generere et tredimensjonalt bilde av jordsmonnet og eventuelle strukturer under bakken (ibid.).

Informasjonen som anskaffes med en georadar angir de ulike materialenes og objektenes geofysiske egenskaper i form av om de er absorberende eller reflekterende, samt hvilken dybde de befinner seg på. Hvorvidt strukturer eller objekter vil synes i radardataene, avhenger av en god kontrast mellom de ulike materialene. Georadar er derfor særlig godt egnet for å kartlegge solide, reflekterende objekter og strukturer, slik som murverk, steiner, hardpakkede overflater, luft- eller vannfylte hulrom, større metallobjekter, osv. Større nedgravninger kan også detekteres, særlig dersom det er tilstrekkelig fysisk kontrast mellom fyllmassen og det omkringliggende jordsmonnet. Det er normalt sett vanskelig å dokumentere strukturer mindre enn ca. 0,5 m i diameter ved hjelp av georadar.

I arkeologisk sammenheng anvendes bølgefrequenser mellom 100-1000 MHz. De lavfrekvente signalene har størst gjennomtrengingsevne, og vil dermed gå dypere ned i bakken. Antenner som sender ut høyere frekvenser vil ha lavere gjennomtrengingsevne, men vil imidlertid gi data med langt høyere vertikal oppløsning. Valg av radarantenne vil derfor avhenge av undersøkelsesområdets topografi så vel som stratigrafi. I de fleste arkeologiske prospekteringer anvendes det imidlertid oftest antenner med en senterfrekvens på 400-500MHz, som har en gjennomtrengingsdybde på 1,5-3 m og samtidig opprettholder en tilfredsstillende vertikal oppløsning (Gustavsen et al. 2013:51).

4 Utstyr og gjennomføring av undersøkelsen

4.1 LiDAR – prosessering av laserdata

Gjennom de ulike oppdragspartnernes medlemskap i Norge digitalt og geovekst var det innen prosjektoppstart mulig å fremskaffe LiDAR-data av middels god oppløsning (2 pkt.). Dette datasettet var av en kvalitet som gjorde det mulig å se de tydeligste kulturminnene over bakken, men ga ikke detaljert informasjon om de påviste kulturminnene. Ei heller kunne små og utydelige formasjoner i overflaten detekteres med de foreliggende skanningene.

I forbindelse med planleggingen av den nye E18 gjennom Ås og Ski var det planlagt å gjennomføre nye LiDAR-opptak med 5 pkt. oppløsning over hele veikorridoren. Opptaket var planlagt utført våren 2014, men grunnet tekniske problemer ble dette utsatt til høsten samme år. Skanningen ble utført av TerraTec 11. januar 2015. Vegetasjonen var på dette tidspunktet lav og således var forholdene for LiDAR-opptak for arkeologisk bruk gode.

Ut fra det store datasettet, som omfattet hele veitraseen, gjorde NIKU et utvalg på 12 .las-filer som inkluderte områdene rundt Askjum og Nordre Skuterud. De 12 filene dekker et areal på 3 km² og består av til sammen 25 280 596 punkter.

Filene er klassifisert i tre grupper; *unclassified* (vegetasjon o.l.), *ground* (bakketreff) og *noise* (støy). Fordeling av klassifisering er som følger:

- Unclassified – 9 040 636 (64,2 %)
- Ground – 16 239 491 (35,8 %)
- Noise – 469 (<0,1%)

Samlet gjennomsnittlig oppløsning (alle punkter) er ca. 8,4 pkt./m², noe som tilsier en punktavstand på ca. 34 cm. Dersom punktene som representerer vegetasjon og støy fjernes (dvs. fil med kun bakketreff) synker oppløsningen til ca. 6 pkt./m², og punktavstanden til ca. 40 cm.

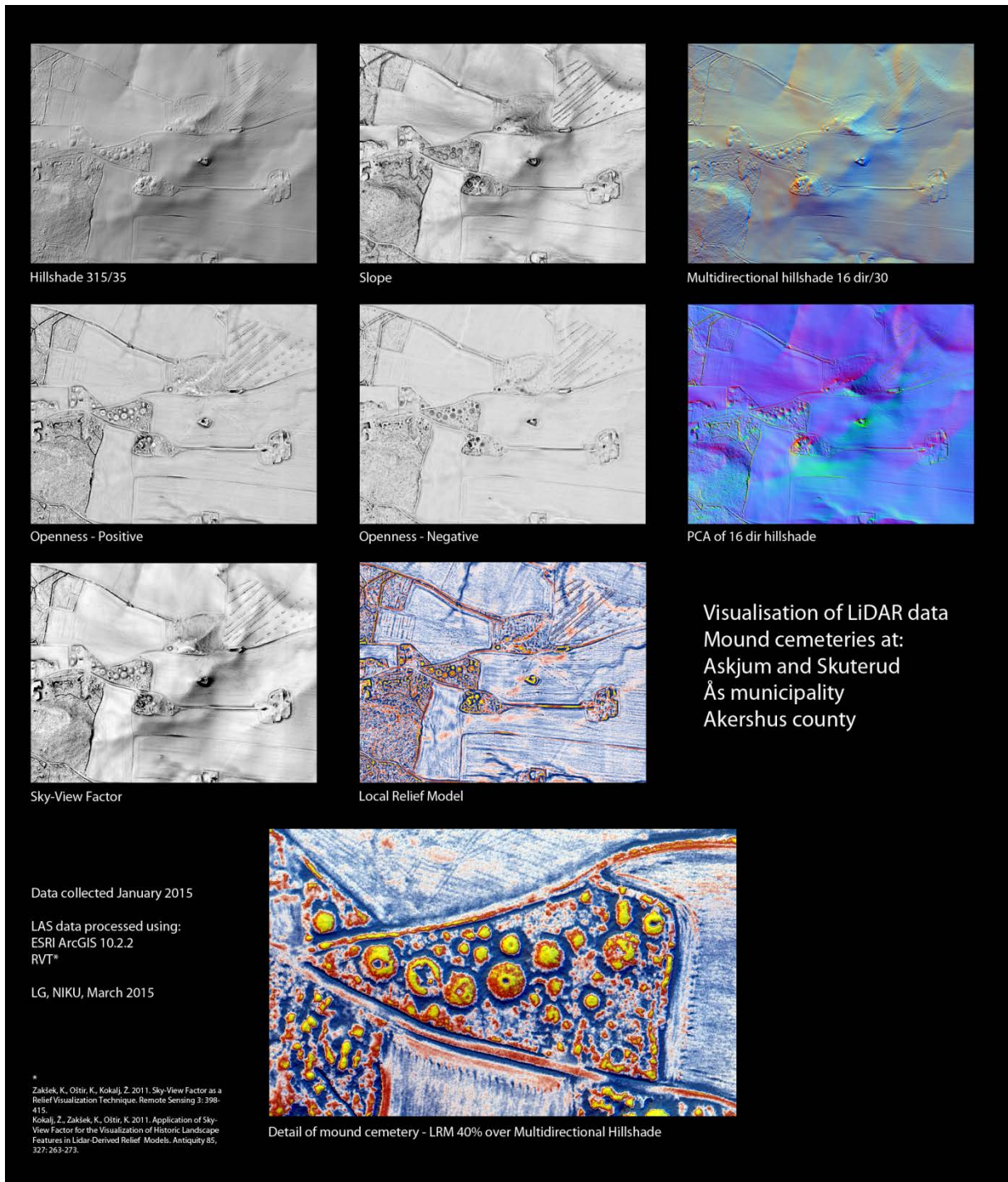
4.1.1 Prosessering

De 12 datasettene fra fokusområdet ble først hentet inn og satt sammen til én enkel punktsky i QTModeler 8.0 (www.appliedimagery.com) (QTM). Da det kun var bakkereturene som var av interesse for prosjektet, ble datasettene hentet inn med klassifisering, der vegetasjon og støy var filtrert vekk. Punktskyen ble deretter konvertert til en overflatemodell (DEM) med oppløsning på 40 cm. Overflatemodellen ble til slutt eksportert som en GEOTIFF (32-bit DEM) fil, som i all hovedsak er et høyoppløselig, georeferert tif-bilde.

For å kunne utføre ytterligere prosesseringer av laserdataene ble GEOTIFF-filen hentet inn i programvaren Relief Visualization Toolbox (RVT). Dette er et verktøy som baserer seg på bearbeiding av laserskanningsmodeller med fokus på visualisering av de mindre elementene i landskapet. Dette egner seg derfor godt for visualisering av arkeologiske strukturer i overflaten. Følgende 7 visualiseringer ble generert: Hillshade (315/35)¹, Multihillshade, 16-retninger (315/15), PCA. av Multihillshade, Openness – Negative, Openness – Positive, SkyView Factor og Slope.

¹ **315** angir lysretning fra 90 grader som er nord. 315 grader er altså lys fra nordvest. **35** angir lyskildens høyde over en digital «horisont».

I tillegg ble det laget en Simple Local Relief Model (SLRM) i ArchaeoAnalyst fra LBI (også omtalt i 4.2.2). Visualiseringsfilene er i georeferert .tif-format, som i tolkningsarbeidet ble lastet inn i ArcGIS for videre analyse.



Figur 9: Illustrasjon, ulike visualiseringer av LiDAR-data fra Askjum og Nordre Skuterud.

4.2 Geofysisk datainnsamling

I magnetometerundersøkelsen ble det anvendt et motorisert fluxgate magnetometer. Systemet består av 6 x Förster Ferex CON650 sensorer montert med intern avstand på 0,25 cm, hvilket gjør at man til en hver tid vil dekke en korridor på 1,5 m. Sensorene er montert på en spesialutviklet vogn som trekkes av en ATV (firehuling), og systemet kan føres med en hastighet på opptil 30 km/t, avhengig av terreng og markoverflate. Under gode forhold kan det i løpet av en arbeidsdag dekkes et areal på opptil 20 hektar med dette utstyret. I likhet med det motoriserte georadarsystemet anvendes det en feltlogger av typen Panasonic Toughbook CF19 og posisjoneringen utføres med en RTK GPS av typen Javad Triumph 1 (base/rover-konfigurasjon) via LBI ArchPros egenutviklede programvare LoggerVis.



Figur 10: Motorisert fluxgate-magnetometer under arbeid på Askjum - Felt B. Sett mot NNV. Foto: MK/NIKU.



Figur 11: Motorisert georadarsystem av typen Malå MIRA 1, her ført av Manuel Gabler fra LBI Archpro. Foto: MK/NIKU.

Georadarundersøkelsen ble utført med radarsystemet MALÅ MIRA I (Malå Imaging Radar Array), som er et motorisert georadarsystem bestående av 8 mottakere og 9 senderantenner (17 radarkanaler) som hver har en senterfrekvens på 400 MHz. Antennene er montert i to rekker med 8 cm avstand, slik at de til enhver tid dekker et område på 128 cm bredde. Radarsystemet ligger i en beskyttende boks og er montert på en hydraulisk lift foran på kjøretøyet, en kraftig Kubota mini-traktor. Ved hjelp av det hydrauliske systemet kan radarantennene føres med den til enhver tid ideelle avstand til bakken, og på den måten optimalisere datainnsamlingen. Systemet kan føres med en hastighet på ca. 10-12 km/t, og under normale forhold vil man med MIRA-systemet kunne dekke et areal på 3-5 hektar i løpet av en arbeidsdag.

Posisjoneringen av radarsystemet ble utført ved hjelp av en GPS-antenne med CPOS-abonnement av typen Leica GNSS 1200 med en såkalt base/rover-konfigurasjon. De registrerte georadar- og posisjoneringsdataene ble kontrollert og visualisert under kjøringen ved hjelp av de spesialutviklede programvarene MIRAsoft (MALÅ), samt LoggerVis (LBI ArchPro). Feltloggeren var av typen Panasonic Toughbook CF19.

4.2.1 Prosessering

I etterarbeidsfasen ble de innsamlede datasettene prosessert av Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) i Wien, Østerrike. Prosesseringen ble utført ved hjelp ZAMGs spesialutviklede programvare ApSoft 2.0. I programmet bearbeides den innsamlede informasjonen med hensikt å optimalisere den digitale gjengivelsen av landskapet under bakken. Prosesseringen starter med å koble georadardataene med posisjoneringsdataene, slik at hver av de mottatte geofysiske refleksjonene koordinatfestes. Ved å sette sammen denne informasjonen genereres det et tredimensjonalt datavolum som illustrerer de geofysiske forholdene både horisontalt og vertikalt, og disse dataene kan igjen prosesseres, manipuleres og presenteres på ulike måter for å frembringe en best mulig gjengivelse av de elementene man ønsker å undersøke.

I deler av undersøkelsesområdet, i sær vestre del av felt B, gjorde de geologiske forholdene det stedvis utfordrende å påvise enkelte kulturminnetyper med georadar. Dette fordi grunnen bestod av heterogene masser, som igjen fremstilles som reflekterende og absorberende geofysiske anomalier. Dette gav svært mye «støy» i datasettene og var med på å maskere kulturminnene. I forsøk på å dempe effekten av geologien, og forsterke andre anomalier i datasettene, ble det derfor utført ulike filtreringer av georadardataene. Filtringene bestod i hovedsak av å fjerne ulike elementer fra de geofysiske dataene som kan virke forstyrrende eller maskerende på det man leter etter – i dette tilfellet arkeologiske strukturer. I tillegg ble det brukt et filter som fjerner lineære artefakter i datasettene. Disse linjene dannes ofte som konsekvens av kjøremønsteret, og i noen tilfeller av sårenner eller andre strukturer i åkerens overflate, og er således ikke av arkeologisk interesse. Da de ulike filtreringene gir nyanseforskjeller i hvordan de geofysiske forholdene under bakken er presentert, har det vært viktig å benytte alle datasettene i tolkningsarbeidet.

Fra de prosesserte, tredimensjonale datasettene ble det utarbeidet horisontale fremstillinger av jordsmonnet, såkalte *dybdeskiver*, av det undersøkte området. Dybdeskivene kan noe enkelt beskrives som digitale plantegninger av de geofysiske forholdene under bakken, og genereres i 5, 10, 20 og 50 cm tykkelse.

4.2.2 Tolkning

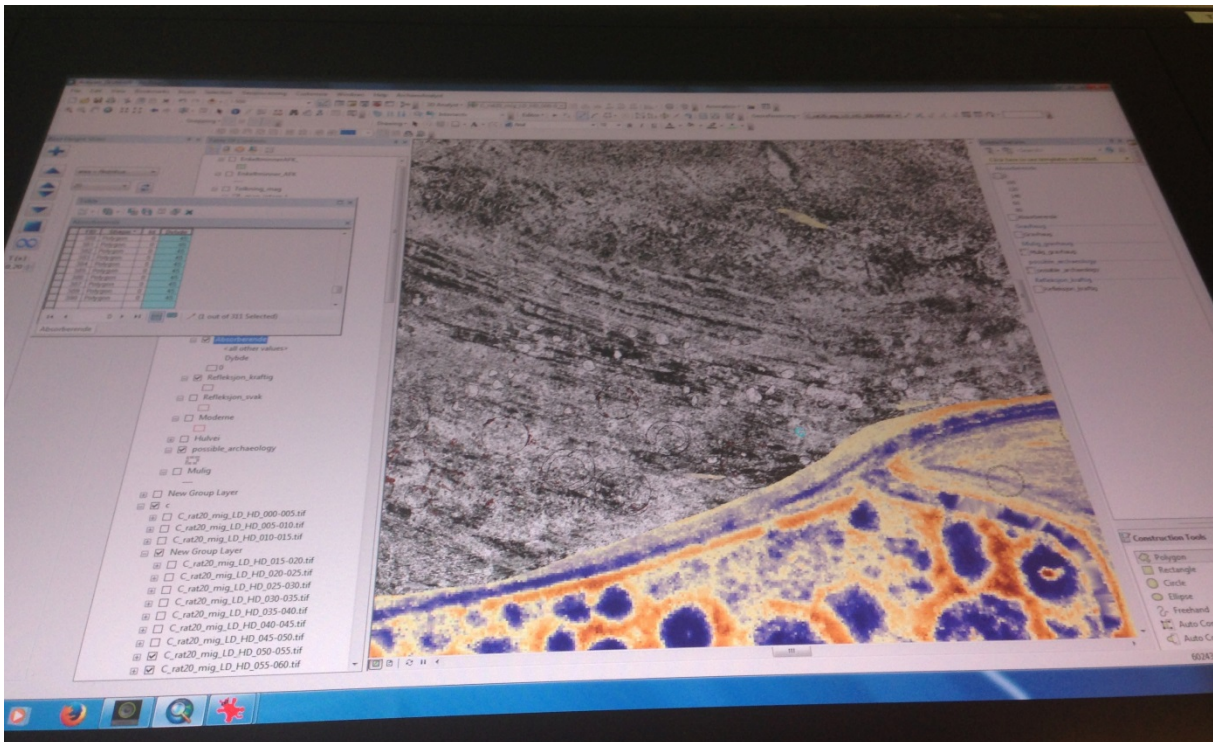
Dybdeskivene ble i dette prosjektet fremstilt i gråtone TIF-bilder, og georeferert til ETRS UTM 32. I disse bildene fremstilles de geofysiske forholdene i bakken ved at reflekterende materialer gjengis som mørke grå eller sorte områder, mens absorberende materialer avtegnes i hvit eller lys grå farge. Bildene ble lagt inn i en geodatabase sammen med informasjon om blant annet dybde og posisjon, og ble deretter lastet inn i et geografisk informasjonssystem (GIS²). For bedre visualisering av dataene og mer systematisk uttegning av anomalier ble det anvendt et GIS-verktøy, *ArcheoAnalyst*, utviklet av LBI Archpro for arkeologisk tolkning av geofysiske data.

Georadarresultatene er analysert ved å studere dybdeskivene for å avdekke geofysiske anomalier som indikerer menneskeskapte strukturer eller objekter. I analyseprosessen settes dybdeskivene sammen til animasjoner hvor man beveger seg stratigrafisk nedover i datasettene, slik at anomaliens vertikale og horisontale utbredelse lettere kan oppdages og settes i sammenheng med hverandre. Anomalier av arkeologisk interesse, samt andre formasjoner som representerer moderne inngrep, geologi eller andre fenomener i grunnen, har deretter blitt tegnet inn i kartet og tilføyd informasjon om dybde og tolkning.

² ESRI ArcMap 10.2.2

Som georadardataene, tolkes magnetometerdataene gjennom påvisning av geofysiske anomalier. Resultatene av målingene fremstilles i et gråskala TIF-bilde, hvor de magnetiske anomaliene er synlige som sorte og hvite områder. De magnetiske egenskapene gir særegne signaturer, som gir økt informasjon om de geofysiske anomaliene. I motsetning til georadardataene inneholder ikke de magnetiske målingene dybdeinformasjon.

Det ble anvendt digitale tegnebrett av typen Wacom Cintiq HD 24 Touch og Wacom Cintiq HD 26. Resultatene av analysen er presentert i kartform.



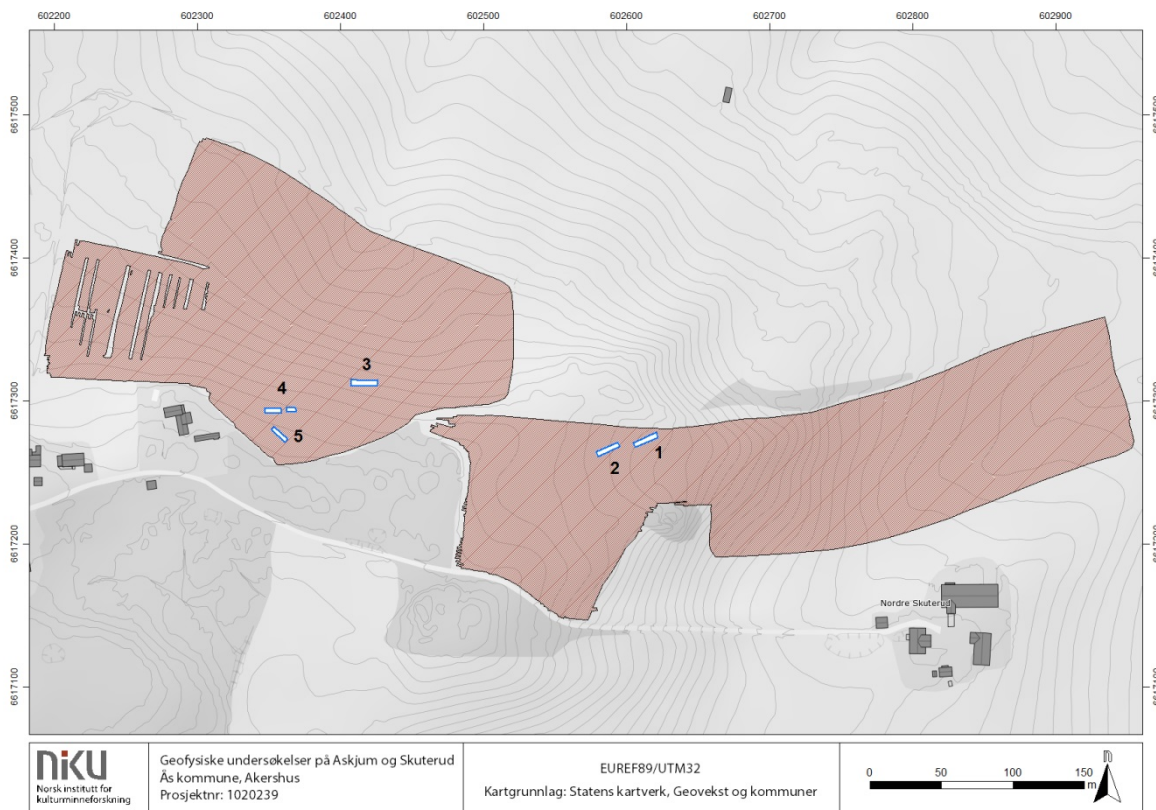
Figur 12: Tolkning av georadar- og LiDAR-data i ArcMap 10.2.2. Foto: MK/NIKU.

4.3 Utsjekking av anomalier – sjakting

Etter at georadarundersøkelsen var gjennomført og de første analysene av de geofysiske resultatene var påbegynt, ble det utført prøvesjaktninger for å etterprøve påviste anomalier i datasettene. Sjaktenes størrelse varierte ut fra anomaliens beskaffenhet og de lokale grunnforholdene. I felt A ble det åpnet to sjakter for å etterprøve noen gropliknende, reflekterende anomalier, samt en ringformet struktur som var påvist på platåets nordøstre del. Anomaliene lå til dels dypt og det var derfor usikkert hvorvidt disse var naturlige fenomener eller forårsaket av menneskelig aktivitet. Sjaktene var ca. 17 m lange og 3,5-3,6 m brede, og ble gravd i opptil 1 m dybde. I felt B ble det gravet tre sjakter i områdetets søndre del, alle for utsjekking av anomalier på forhånd tolket som mulige/sannsynlige arkeologiske strukturer. Sjaktenes lengde varierte mellom 13,5-21 m, bredden målte ca. 3,5 m og det ble gravet ned til undergrunn. Avdekkede strukturer i bakken ble dokumentert ved digital innmåling, foto og skriftlig beskrivelse. I etterarbeidet ble de innmålte strukturene sammenliknet med georadar- og magnetometerdataene, for å avdekke i hvor stor grad strukturenes fremtoning i de geofysiske dataene var i samsvar med deres virkelige form og størrelse.



Figur 13: Uttesting av geofysiske resultater på Askjum – felt B. Christine Boon og Sara Langvik Berge fra Akershus Fylkeskommune renser opp i sjakt 5. Foto: MK/NIKU.



Figur 14: Sjakter for utsjekking av geofysiske anomalier.

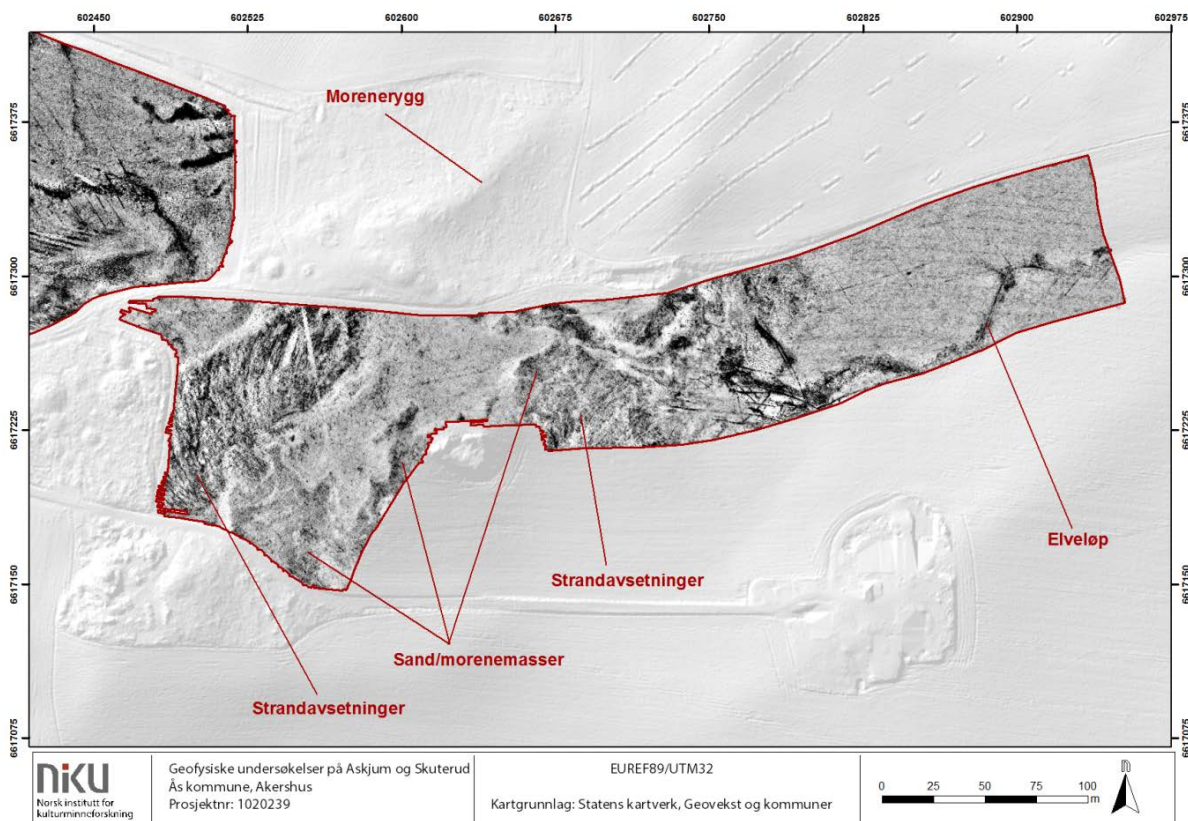
5 Arkeologisk tolkning og resultater

5.1 Geofysikk. Felt A – Nordre Skuterud

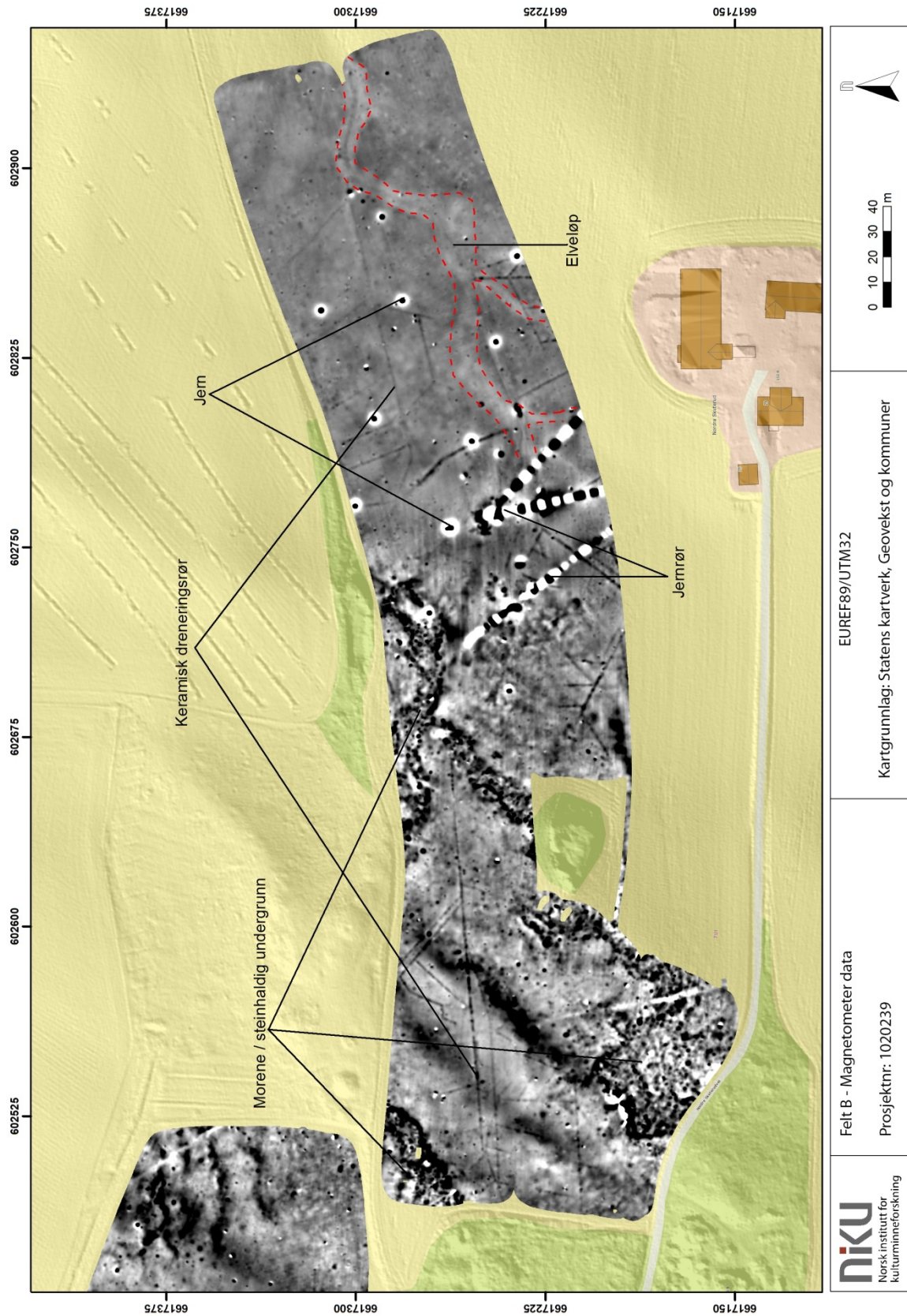
5.1.1 Geologi

Jordsmonnsmålingene utført av Institutt for skog og landskap viser at grunnen i felt A er sammensatt av både sand- og leirholdige jordsmonnstyper. I øst, på den lavereliggende sletten nord og vest for Nordre Skuterud gård, er det påvist lett leirholdig, stagnerende jordsmonn dannet av havavsetninger. I georadardataene fremstår denne massen som «nøytral», ved at det avgir lite geofysiske refleksjoner. Ut fra de geofysiske dataene ser de leirholdige massene ut til å være dominerende i undersøkelsesområdet østlige del, spesielt i de lavereliggende partiene og i nedre del av skråningen opp mot plataet. Dette stemmer med observasjoner gjort i forbindelse med fylkeskommunens sjaktning i området.

I undersøkelsesområdets sørøstre del kan man se tydelige spor etter eldre elve- og bekkeløp. Disse elveløpene, såkalte *paleokanaler* fremstår i georadardataene som svært tydelige, reflekterende anomalier som bukker seg langs undersøkelsesområdets søndre kant, og er stedvis også synlig i terrengoverflaten (LiDAR). Elveløpenes alder kan ikke bestemmes. I skråningen som leder opp mot plataet i vest er det i georadardataene påvist tydelig endring i grunnforholdene. Jordsmonnet består i dette området av lagvise avsetninger av henholdsvis reflekterende og absorberende materiale, og representerer med all sannsynlighet gamle strandavsetninger. Under Akershus fylkeskommunes sjaktearbeider ble det påvist sandholdig grunn i området, hvilket også stemmer med jordsmonnsmålingene i området.



Figur 15: Geologiske formasjoner fremkommer tydelig i georadardataene.



Figur 16: Resultater fra magnetometerundersøkelsen på felt A, Nordre Skuterud.

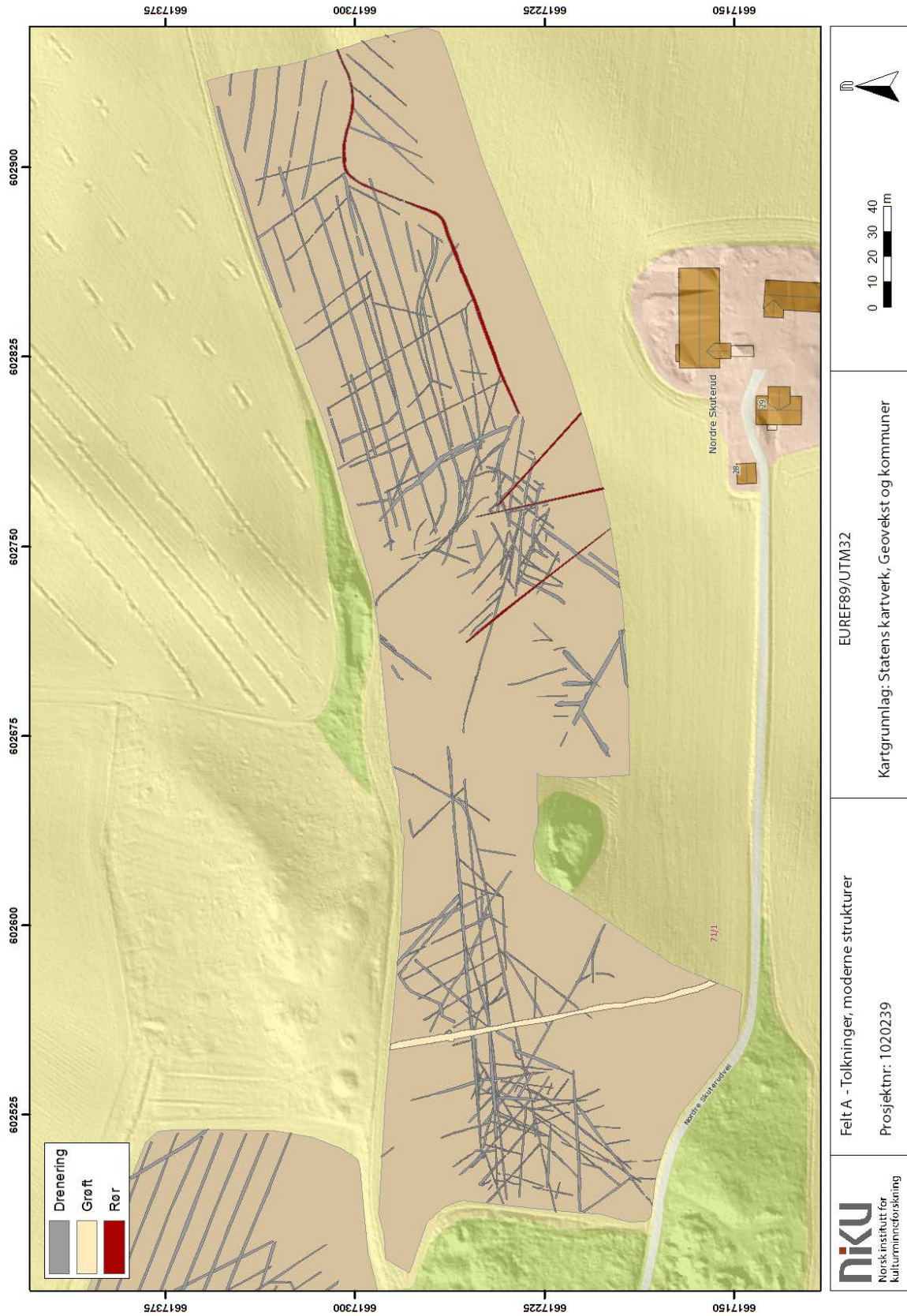
Langs plataets østre kant, samt i øvre del av den nevnte skråningen, er det påvist et skifte i det naturlige jordsmonnet. I dette området strekker det seg et belte av svakt reflekterende jordsmonn som tydelig skiller seg fra leirmassene i øst. Massene fremstår som til dels heterogene og inneholder tydelig en del stein. Ifølge jordsmonnskartleggingene dreier dette seg om sandholdig jordsmonnstype med gode dreneringsegenskaper. Under Akershus Fylkeskommunes sjaktearbeider ble også overgangen mellom leirholdig og sandig jordsmonn påvist i disse områdene.

Sentralt på plataet i vest er det observert et område med kraftig reflekterende jordsmonn, som tydelig skiller seg fra undergrunnen i nord og øst. Dette jordsmonnet kommer svært tydelig frem i georadardataene og fremstår svært visuelt dominerende i dybdeskivene. Tettstilte, parallelle linjer av henholdsvis reflekterende og absorberende art viser at jordsmonnet er dannet av eldre strandavsetninger. Ifølge jordsmonnskartleggingen skal grunnen i dette området bestå av siltholdig, dårlig drenert masse (stagnosol), og ser man på magnetogrammet fra dette feltet kan man se at grunnfjellet ligger høyt i dette partiet. Under prøvesjaking nordøst på plataet ble det påvist leire- og siltholdige, til dels fuktige masser, samt lommer av svært organisk, brunsort jord som med all sannsynlighet kan relateres til myrdannelse. Mye taler derfor for at arealet sentralt på plataet periodevis har vært fuktig eller oversvømt, og generelt har dårlige dreneringsevner.

5.1.2 Moderne strukturer

De geofysiske dataene viser at det er gravd et stort antall dreneringsgrøfter innenfor felt A. Grøftene representerer minst to til tre generasjoner med drenering, og på plataet i vest er det særlig stor tetthet med grøfter kryssende i alle retninger. Dreneringsgrøftene fremstår i datasettene som klart avgrensede, reflekterende anomalier. Grøftene opptrer i overgangen mellom matjord og undergrunn og er synlige fra og med 20-30 cm dybde og ned til ca. 110-120 cm under overflaten. Dybdene er relative da signalhastigheten kan variere avhengig av jordsmonnets sammensetning og egenskaper. I tillegg til dreneringsgrøftene er det i midtre del av felt A påvist rørgrøfter for vann/avløp, hvilket kommer svært godt frem i magnetometerdataene. I tillegg til dreneringsgrøfter er det i vestre del av felt A påvist en større rørgrøft som strekker seg 132 m over jordet i retning NNV-SSØ. Grøften er 2,5-3 m bred og har et varierende dybdemål på ca. 1,5-1,8 m. Ifølge grunneier er grøften gravet for få år siden. I LiDAR-dataene kan man se at den samme grøften, som er synlig som en forsenkning i overflaten, fortsetter inn i beiteområdet i nord, forbi hauglokaliteten id 70025. Den strekker seg videre nordvestover og inn i felt B, hvor den samme grøften igjen blir synlig i georadardataene.

De omfattende dreneringene, og da i særdeleshet i områdets vestre del, har gjort betydelige inngrep i grunnen. Den store tettheten av maskingravde grøfter medfører at eventuelle lag, strukturer og konstruksjoner av arkeologisk interesse i dette området trolig har blitt ødelagt eller forstyrret av inngrepet. I tillegg vil slike inngrep være med på å komplisere analysen av de geofysiske dataene. Å påvise arkeologiske strukturer i bakken ved hjelp av fjernmålingsdata krever nemlig at disse har gjenkjennelige former, samt at kontrasten mellom strukturen og de omkringliggende områdene er tilstrekkelig. Grøftene kan ha ødelagt kulturminnene i bakken slik at de ikke lengre har en gjenkjennelig form, og kan dessuten ha bidratt til uttørring av kulturlag eller fyllmasse i nedgravde strukturer. På den annen side antyder tettheten av dreneringsgrøfter på plataet at jordsmonnet i dette området er fuktig og med dårlige dreneringsevner – hvilket igjen kan tyde på at det har vært mindre egnet for bosetning.



Figur 17: Tolkningskart, moderne strukturer i felt A - Nordre Skuterud.

5.1.3 Arkeologiske strukturer

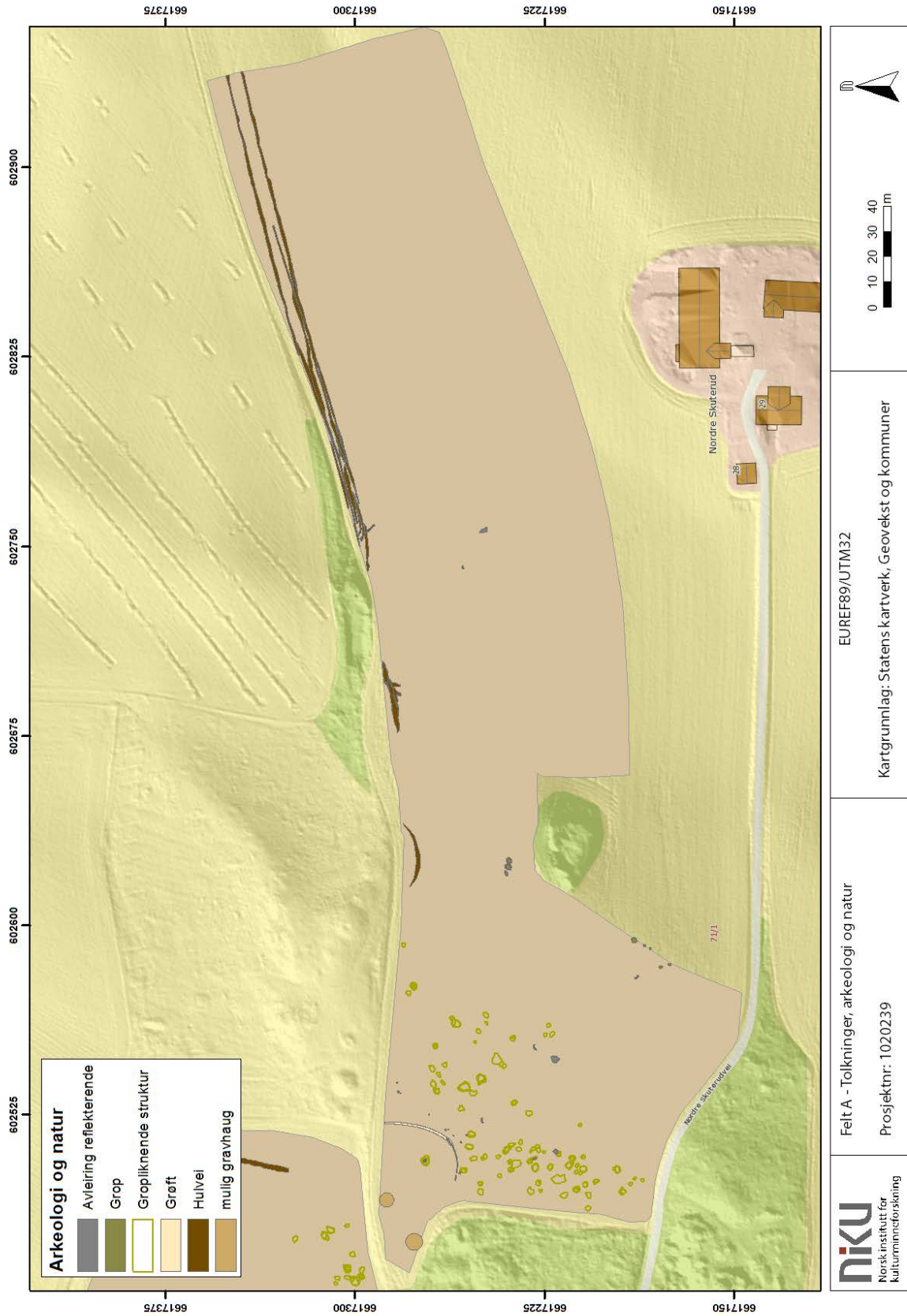
I østre del av felt A, langs undersøkelsesområdets nordøstre kant, er det påvist to lineære formasjoner som strekker seg parallelt langs åkerkanten i retning nordøst-sørvest. Strukturene fremtrer ca. 40-50 cm under overflaten og er i georadardataene synlig ned til ca. 100 cm dybde. De har et gjennomsnittlig breddemål på ca. 1,2-1,3 m og ser begge ut til å ha et svakt konvekst tverrsnitt. Ytterkantene er noe ujevne og ser til forskjell fra dreneringsgrøftene ikke ut til å danne et klart kutt, men har mer ujevne kanter.

I forbindelse Akershus fylkeskommunes sjaktinger i felt A ble deler av den nordre strukturen avdekket og registrert. Strukturen lå like under matjordslaget og dens utstrekning og form samsvarer i stor grad med anomaliene i georadardataene. På bakgrunn av dens form og beliggenhet ble den av Akershus fylkeskommunes arkeologer tolket som en hulvei, og da de to påviste anomaliene fremstår som identiske i georadardataene ansees det som svært sannsynlig at den søndre strukturen representerer nok en hulvei.

De antatte hulveiene strekker seg fra østre kant av undersøkelsesområdet og minst 190 m i vestlig retning. I øst, i en lengde på ca. 150 m, ligger disse tilnærmet parallelt og med jevn avstand på ca. 5 m. Omtrent midt i felt A endrer strukturene karakter, og blir smalere, avgir til dels svakere refleksjoner og danner flere forgreininger. Forgreiningerne er noe grunnere enn i vest og ligger på ulike dybder under overflaten. I dette partiet strekker anomaliene seg ca. 75 m videre mot vest, hvor enkelte faser ut og forsvinner. Andre forgreininger ser imidlertid ut til å bøye av mot nord og ut av undersøkelsesområdet, i retning det østre gravfeltet (id 70025). Lengre vest, på platåets nordre side, er det i tillegg påvist strukturer som trolig er rester av samme hulveissystem. Disse knyttes det noe usikkerhet til, da de ikke henger tydelig sammen med sikre hulveisstrukturer, men mye tyder på at de representerer deler av et slikt veifar.



Figur 18: Den avdekkede hulveien på Nordre Skuterud. Foto: AFK



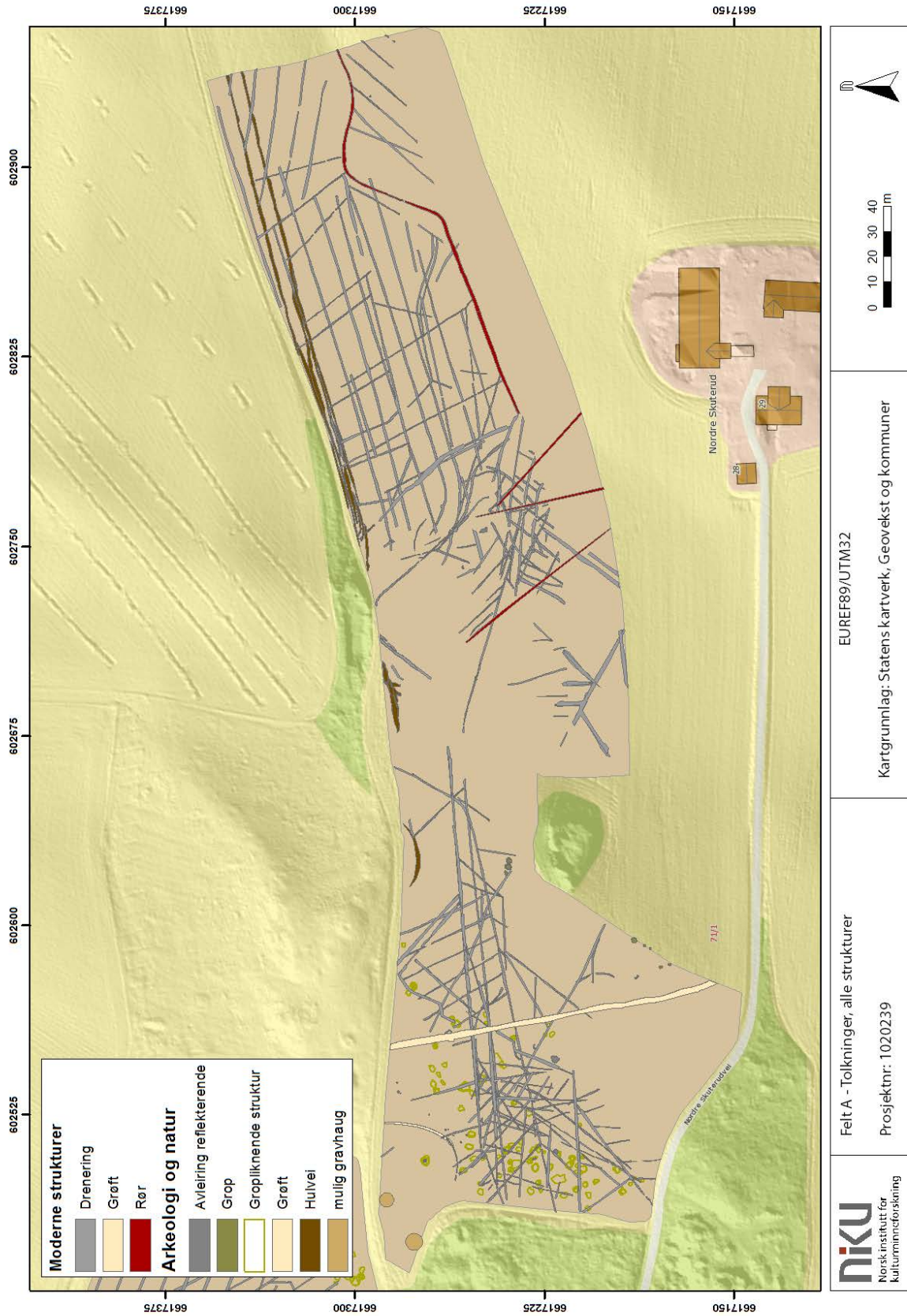
Figur 19: Tolkingskart over arkeologiske og naturlige strukturer.

I vestre del av felt A, på platået og i hellingens øvre del, er det påvist reflekterende anomalier hvis form og geofysisk respons antyder at de representerer grop. De antatte gropenes størrelse varierer fra ca. 0,8-2,5 m i diameter, og fremstår i georadardataene som runde, ovale samt mer amorfe forsenkninger i undergrunnen. Forsenkningene er mellom 30 og 80 cm dype (relative dybder) og inneholder reflekterende materiale. Å gi en definitiv tolkning av disse groplignende strukturene er vanskelig, da de er av en form og størrelse som kan representere så vel naturlige som menneskeskapte strukturer. Imidlertid ser flere groper ut til å inneholde stein eller annet kraftig reflekterende materiale, hvilket taler for at de kan være menneskeskapte. Tar man de tidligere registrerte kulturminnene i området i betraktning, er det nærliggende å tro at flere av gropene kan være kokegrop, ildsteder eller former for avfallsgrop. Det skal nevnes at det lokale jordsmonnet er noe heterogent og inneholder en del stein, og det kan derfor ikke utelukkes at de påviste gropene representerer naturlige fenomener.

Under Akershus fylkeskommunes sjakting i felt A ble det påvist flere gropstrukturer under pløyselaget. Disse befant seg hovedsakelig innenfor de sandholdige områdene i vestre og midtre del av undersøkelsesområdet. I tillegg ble det påvist kulturlag med steinalderartefakter, samt enkelte fyllskifter av ukjent funksjon. De fleste gropene fremstod som mindre fyllskifter inneholdende noe kull og stein, og ble tolket som kokegrop. Det ble også påvist rester av ildsteder samt en steinfyllt gropstruktur av ukjent funksjon. Alle gropstrukturene lå i sandholdig undergrunn, og var av varierende størrelse og form. De sandholdige strandavsetningene i området avga i seg selv kraftige geofysiske anomalier. Disse anomaliene har delvis virket maskerende på kulturminnene i bakken, men har også stedvis hatt en form og geofysisk respons som har vært svært lik de dokumenterte gropstrukturene. I enkelte tilfeller var ikke gropene synlige i georadardataene, og i andre tilfeller var det vanskelig å skille mellom gropstrukturene og andre refleksjoner fra den heterogene undergrunnen, hvilket i stor grad har gjort tolkningsarbeidet vanskelig. Tynne kulturlag og steinalderartefakter kan ikke påvises med georadar, og har derfor ikke inngått i analysen.

5.1.4 Andre anomalier

I vestre del av felt A er det registrert en rekke absorberende anomalier som fremtrer fra og med ca. 60-80m dybde. Anomaliene er hovedsakelig runde eller ovale, ca. 10-60 cm dype og måler mellom 1,7 og 3,5 m i diameter. De har hovedsakelig et konvekst tverrsnitt, og deres form og størrelse gjør at de minner om grop eller forsenkninger. De fleste strukturene er påvist omtrent midt på platået. Det er uklart hva de groplignende strukturene representerer, og det var tidlig i prosjektet spekulasjoner om hvorvidt det dreide seg om et kokegropfelt, eller eventuelle flatmarksgraver. Imidlertid ser man ut fra dybdeberegningene at de fleste oppstår først et stykke ned i undergrunnen, hvilket kan indikere at det dreier seg om naturlige fenomen. Det ble ikke utført sjakting i denne delen av undersøkelsesområdet, men sjakting utført på samme type strukturer i felt B kunne ikke påvise strukturer som kunne relateres til de geofysiske anomaliene. For videre diskusjon omkring disse funnene, se kapittel 4.3.4. Lengre øst på platået ble det påvist noen mindre, reflekterende anomalier som ble undersøkt ved sjakting (sjakt 1 og 2, se Figur 12). Det ble imidlertid ikke påvist noen strukturer som samsvarte med anomaliene. Disse lå i et område med til dels fuktig silt- og leirholdig jordsmonn, og refleksjonene var etter all sannsynlighet av geologisk karakter.



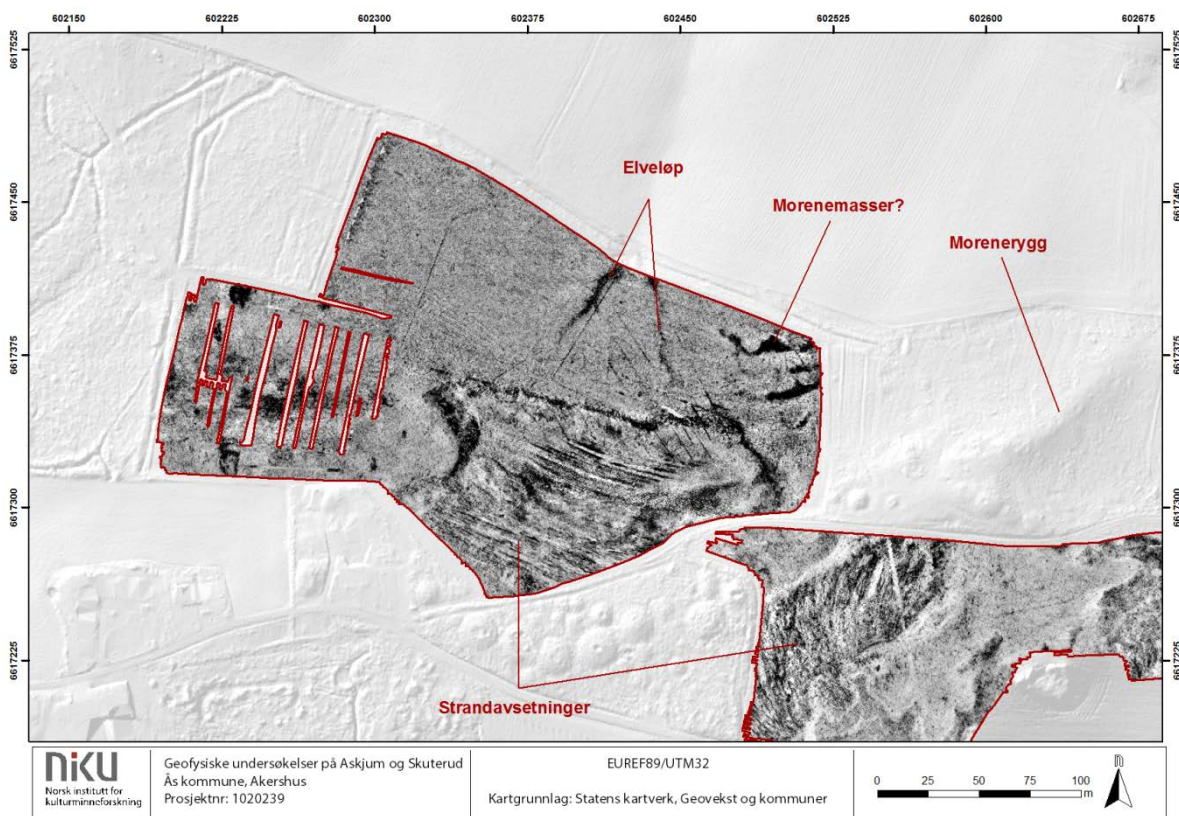
Figur 20: Sammendrag, tolkningskart med alle registrerte strukturer.

5.2 Geofysikk: Felt B - Askjum

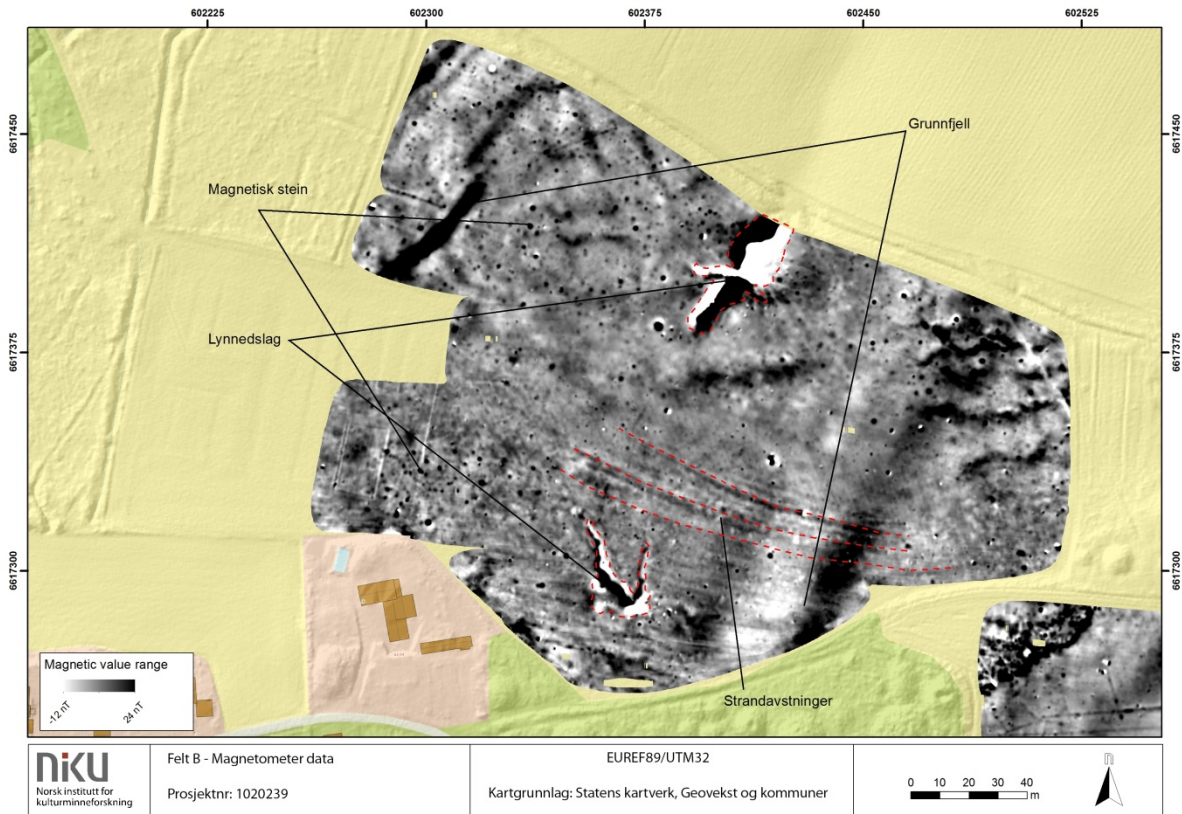
5.2.1 Geologi

I felt B er det påvist tegn etter strandavsetninger i feltets sørøstre og høyestliggende del. I georadardataene er disse synlige som tettstilte, parallelle linjer av henholdsvis reflekterende og absorberende materiale. Linjene er orientert ca. øst-vest og følger terrengets kurvinger. Avsetningene fremstår som kraftigst i nord, mens lengst sør i feltet er massene tydelig noe mer homogene. De vannavsatte massenes beliggenhet, samt terrengets form, viser at nordre del av undersøkelsesområdet har utgjort en bred bukt hvor sjøen har vasket marine masser inn mot land.

I nordre del av feltet fremstår undergrunnen mer homogen og ser ut til å inneholde lite reflekterende materiale. Ifølge jordsmonnskartleggingen er området dominert sjøbunnsavsetninger og består av silt- og leirholdig masse. I dette området er det påvist to elveløp, såkalte *paleokanaler*, som strekker seg nordover og ut av nordre feltgrense. De samme elveløpene er også synlige i terrengmodellen, og danner mindre forgreininger mot sørvest og sørøst. Paleokanalene representerer eldre, tørrlagte elveløp. Georadardataene antyder at disse nå er lagt i rør, hvilket antakelig betyr at elven har eksistert frem til moderne tid.



Figur 21: Geologiske formasjoner påvist i georadardataene.



Figur 22: Resultater fra de magnetiske undersøkelsene på Askjum (felt B).

5.2.2 Moderne strukturer

I likhet med felt A ble det påvist store dreneringssystemer i felt B, spesielt i nordre og vestre del av feltet. Dreneringsgrøftene fremstår som kraftig reflekterende strukturer, og er synlige under pløyelaget (fra ca. 40 cm dybde). Det er påvist minst to generasjoner med drenering, hvorav det ene er sentrert i de gamle elveløpene (paleokanalene) lengst nord i feltet og sprer seg derfra i vifteform mot sørvest og sørøst. Dreneringsgrøftene er særlig synlig i de leirholdige massene i nordre del av feltet, men er kun stedvis representert i sør. Det er uklart hvorvidt dette skyldes at det andre dreneringssystemet befinner seg i søndre halvdel av feltet, og består av parallelle, øst-vestgående grøfter. I tillegg er det påvist ytterligere moderne grøfter som trolig representerer vann, avløp og annen infrastruktur.

De fleste moderne strukturene fremtrer klart og tydelig i dybdeskivene, men i forbindelse med analysen av georadardataene er det observert svært svake, ofte lineære anomalier som i mange tilfeller ser ut til å være fortsettelsen av de kraftig reflekterende dreneringsgrøftene. Under sjakting i nordre del av felt B ble det påtruffet en grøftelignende struktur som var kuttet ned i undergrunnen. Grøften kan så vidt sees georadardataene, men er meget utydelig og ble først observert etter at den var påvist under sjaktingen. Den måte ca. 65 cm i bredden, var ca. 40 cm dyp og ble registrert i en lengde på i overkant av 9 m. Grøften dannet en kurve og var orientert ca. NØ-SV, og var avgrenset i begge ender. Den var skarpt skåret ned i grunnen og hadde et tydelig moderne preg. Grøften var gjenfylt med masse fra undergrunn og pløyelag. Dens kurvatur samsvarte med strandavsetningene i undergrunnen, hvilket trolig forklarer hvorfor den var vanskelig å se i georadardataene. Det er uklart hvilken funksjon grøften har hatt.



Figur 23: Tolkning av moderne strukturer på Askjum - felt B.



Figur 24: Grøft i sjakt 3 på Askjum (felt B). Denne var svært vanskelig å få øye på i georadardataene, grunnet manglende kontrast til den naturlige undergrunnen. Bilde tatt mot SV. Foto: MK/NIKU.

5.2.3 Arkeologiske strukturer

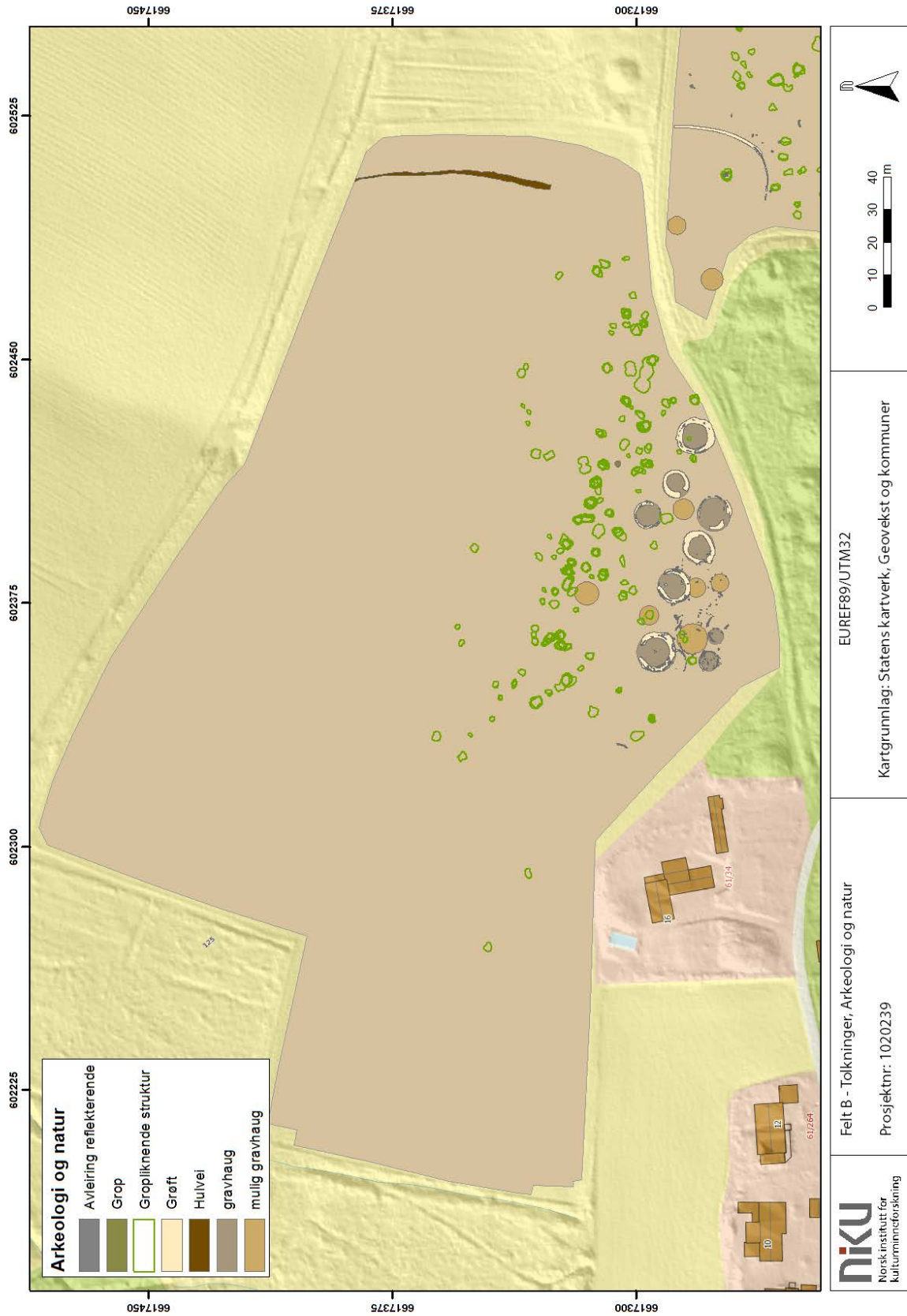
Gravhauger

I sør, i feltets høyest beliggende område, er det påvist strukturer tolket som rester av overpløyde gravhauger fra jernalder. Det er påvist levninger av til sammen 8 graver, liggende i overgangen mellom matjord og undergrunn (i georadardataene fra ca. 20 cm dybde) og er synlige ned til ca. 45-50 cm dybde under overflaten (relative dybder). I tillegg er det påvist tre svært svake, sirkulære anomalier som er tolket som mulige gravhauger.

Blant de totalt 8 registrerte gravhaugene kan kun 3-4 av disse betraktes som relativt godt bevarte. De påviste strukturene i bakken representerer hovedsakelig rester av fotgrøfter som tidligere har omringet selve haugstrukturen. De fleste strukturene fremtrer i øvre sjikt som ringformede eller tilnærmet ringformede, absorberende anomalier. Fotgrøftene er gjennomsnittlig 1,5-2 m brede, er beregnet til å være ca. 30-45 cm dype, og har et svakt konvekst tverrsnitt. I bunnen av strukturene, særlig langs grøftens ytre og indre kant, er det registrert smale, kraftig reflekterende anomalier som følger fotgrøftenes form. Det er uklart hva disse anomaliene representerer, samt hvilket materiale de består av, men muligens dreier deg seg om dypere gravde sjikt i strukturen hvor f.eks. vann eller mer humøst materiale har samlet seg. I midten av enkelte gravminner er det påvist mindre, reflekterende anomalier muligens kan være bunn av sentralgraver.

For noen av gravstrukturene er det kun bunnsjiktet som kan registreres i georadardataene. Som beskrevet over består disse av smale, ringformede anomalier av reflekterende materiale, og opptrer noe dypere enn de bedre bevarte gravminnene. Det er påvist én struktur hvor kun dette sjiktet er synlig. I tillegg er det i det samme området påvist en rekke anomalier med liknende karakter som «bunnstrukturene», men med så stor fragmenteringsgrad at de er for usikre til å tolkes som gravminner. Dette er særlig tilfellet i feltets søndre og høyestliggende del, hvor den maskinelle planeringen ser ut til å ha vært mest omfattende.

Dersom man ser de påviste gravhaugene i sammenheng med det tilstøtende gravfeltet i sør (id 31555, se Figur 28), er det en betydelig større tetthet av hauger i det bevarte gravfeltet enn mellom de overpløyde gravminnene. Da området har vært planert i moderne tid, etter sigende ved hjelp av store maskiner, er det stor sannsynlighet for at det har vært flere graver i dette området som er fjernet eller betydelig skadet og dermed ikke har kunnet fanges opp ved hjelp av georadar. Muligheten for at det finnes mindre rester av fotgrøfter og sentralgraver i området må derfor holdes åpen.



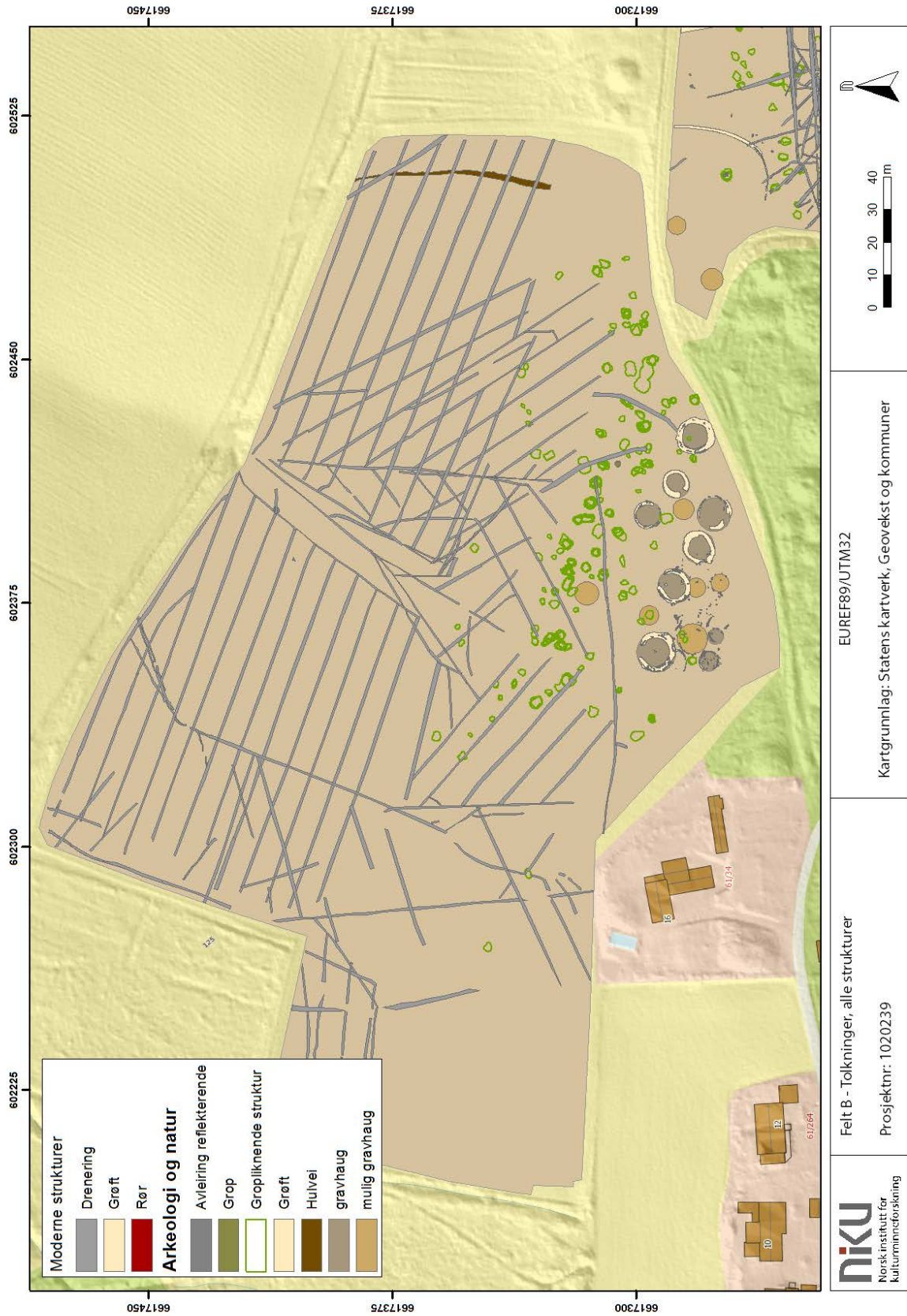
Figur 25: Tolkningskart over de arkeologiske og antatt naturlige strukturene i felt B.

Høsten 2014 ble det i samarbeid med Akershus fylkeskommune gjennomført maskinell sjakting i det aktuelle området, med hensikt å etterprøve geofysiske anomalier påvist i georadardataene. Etterprøvingen ble utført på en godt bevart gravstruktur, hvor så vel anomaliene og tolkningen ble ansett som svært sikker, samt på noe mer fragmentert struktur som representerte sannsynlige rester av en gravhaug. Over førstnevnte gravstruktur ble det gravd en ca. 3 m bred sjakt tvers over den påviste gravstrukturens fotgrøft. Midten av graven ble unnlatt sjakting for å unngå kontakt med eventuelle rester av sentralgrav. Fotgrøften ble påvist ved ca. 30-40 cm dybde, og dens form og størrelse passet svært godt med hvordan den fremstod i georadardataene. Fotgrøften målte 1,5-2,1 m i bredden og graven hadde en diameter på ca. 12,5 m. Fyllmassen bestod av siltig sand iblandet humus, og var først svært vanskelig å oppdage under sjaktingen. Etter noe tørking fikk fyllmassen en grålig brunfarge som skilte seg klart fra det omkringliggende jordsmonnet, og strukturens form og avgrensning kom da tydelig frem. Strukturen ble kun avdekket i overflaten og det var derfor ikke mulig å undersøke fotgrøftens reelle dybde og form i snitt, ei heller fyllmassens sammensetning.

I søndre del av felt B ble det utført sjakting i et område hvor det var observert anomalier tolket som rester av ett eller flere overpløyde gravminner. Bakgrunnen for denne tolkningen var at anomaliene, selv om de var fragmenterte, hadde lik karakter som de kraftig reflekterende strukturene som var observert i bunnen av flere fotgrøfter lengre nord på feltet. I tillegg kunne man ved hjelp av ulike visualiseringsteknikker se at noen av anomaliene dannet deler av sirkulære strukturer. Under sjaktingen ble det raskt tydelig at undergrunnen var forstyrret av dype pløyespor og hjulspor fra anleggs- eller jordbruksmaskiner. Dette stemte godt med at området, ifølge lokale beboere, skal ha vært maskinelt ryddet og planert på 1950- eller 60-tallet. I det avdekkede området hvor den mulige gravhaugen var observert, ble det registrert et svakt fyllskifte iblandet spredte kullforekomster. Fyllskiftet bestod av humusblandet, siltig sand, og så ut til å danne en svakt kurvet struktur. Imidlertid var denne så utydelig at de ikke kunne tolkes med sikkerhet. Den kullholdige massen kunne relateres til de kraftig reflekterende strukturene i georadardataene, men det var ikke mulig å se noen formasjoner som kunne bekrefte eller avkreftede den foreløpige tolkningen. I etterkant ser man at det burde vært sjaktet bredere for å få bedre oversikt over den mulige strukturen, slik at man hadde hatt et klarere grunnlag for å tolke de geofysiske dataene. I georadardataene fremstår strukturen som så overbevisende at det er vanskelig å forestille seg hvilke andre fenomener som skulle dannet en sirkulær struktur med så stor likhet til de øvrige gravminnene. Dette kan derfor være et eksempel på hvordan geofysikk kan gi en bedre oversikt over undersøkelsesområdet, og dermed har bedre forutsetninger for å påvise fragmenterte strukturer i bakken. Samtidig kan kulturminnet ha kommet så langt i forvittringsfasen at dets geofysiske kontrast er større enn den visuelle kontrasten. På denne måten kan kulturminner i enkelte tilfeller lettere oppdages ved hjelp av geofysiske metoder enn ved inngrep i bakken.



Figur 26: Påvisning av fotgrøfter fra en overpløyd gravhaug på Askjum (sjakt 4a+b). Da gravingen ble utført for å etterprøve anomalier, ble det med vilje unngått å grave i senter av haugen pga. muligheten for å påtreffe en sentralgrav. I bakgrunnen sees Christine Boon og Sara Langvik Berge fra Akershus Fylkeskommune. Bilde tatt mot SV. Foto: MK/NIKU.



Figur 27: Tolkningskart over felt B – Askjum, alle anomalier.

Groper

Nær de overpløyde gravminnene er det påvist et fåtall groplignende strukturer under pløyelaget. Strukturene fremstår som kraftig reflekterende, runde strukturer og måler mellom 1,75 og 2,5 m i diameter. Dybden varierer fra ca. 30-50 cm. Deres form og størrelse kan på mange måter sammenliknes med kokegroper, men dette er det umulig å avgjøre da disse ikke har en geometrisk form som skiller seg fra andre typer groper. Gropenes beliggenhet nær gravfeltet forsterker imidlertid muligheten for at det dreier seg om kulturminner.

I øst, nær det østre gravfeltet (id 70025), er det påvist en mulig arkeologisk struktur som strekker seg langs feltets østre kant. Strukturen har en tilnærmet lineær form og er i georadardataene synlig som middels til kraftig reflekterende. Den fremtrer under pløyelaget, er ca. 30 cm dyp og måler ca. 1,7-1,8 m i bredden. Strukturen strekker seg minst 64 m i retning nord-sør, og ser ut til å fortsette videre forbi feltgrensen i nord (se Figur 29). Strukturen er på flere steder kuttet av moderne dreneringsgrøfter. Dens form og geofysiske egenskaper kan på flere måter sammenliknes med hulveiene øst i felt A, og dens beliggenhet i det hellende landskapet på vestsiden av gravfeltet antyder at strukturen representerer en hulvei eller en annen type veifar. Det er ikke mulig å datere strukturen ut fra georadardataene, og da den i sør er svært uklar har det ikke vært mulig å sette denne i sammenheng med påviste hulveier ved gravfeltet og i felt A.

5.2.4 Andre anomalier

I søndre del av felt B, i samme område som de påviste gravhaugene, er det påvist et flertall anomalier i som i form og størrelse har blitt tolket som groper. Strukturene er gjengitt i datasettene som absorberende anomalier, de har rund eller oval form, og måler hovedsakelig mellom 2-3,5 m i diameter. De fleste anomaliene ser ut til å ligge like under pløyelaget og har en beregnet dybde på opptil 30 cm. Da de groplignende anomaliene er påvist i nærheten av de overpløyde gravhaugene på Askjum, ble de først tolket som mulige kokegroper. Erfaringer fra liknende lokaliteter imidlertid vist at slike anomalier også kan representere trerøtter eller rotvelt/trefelling, og det var derfor behov for å sjekke disse strukturene før de kunne gis en noe sikrere tolkning som kulturminner. Ved sjakting ble det, noe overraskende, ikke påtruffet noen synlig struktur som kunne knyttes til den groplignende anomalien. Det er svært uklart hvorfor strukturen ikke var synlig, men muligens dreier det seg om et geologisk fenomen. Imidlertid er det fortsatt sannsynlig at de fleste absorberende gropene i området faktisk er groper, og det kan ikke utelukkes at det dreier seg om kokegroper eller andre gropstrukturer av arkeologisk interesse. Det er imidlertid også sannsynlig at gropene er relatert til felling av skog. I flyfoto fra 1945 kan man se at det aktuelle området fortsatt var skogsbevakst, noe som stemmer overens med at det søndre partiet skal ha blitt ryddet først på 1950/-60-tallet. Gropene kan derfor være rester av trerøtter eller igjenfylling etter rotopptrekk.

5.3 LiDAR

Da Akershus fylkeskommune har anvendt de samme LiDAR-dataene til påvisning og registrering av kulturminner innenfor den oppsatte vegtraseen, er det ikke utført en detaljert analyse av skanningsdataene over hele området. I stedet ble arealene nærmest undersøkelsesområdene på Askjum og Nordre Skuterud prioritert, da dette i tillegg til å gi økt kunnskap om kulturminnemiljøet i dette området, også kan bidra til tolkningen av resultatene fra de geofysiske undersøkelsene.

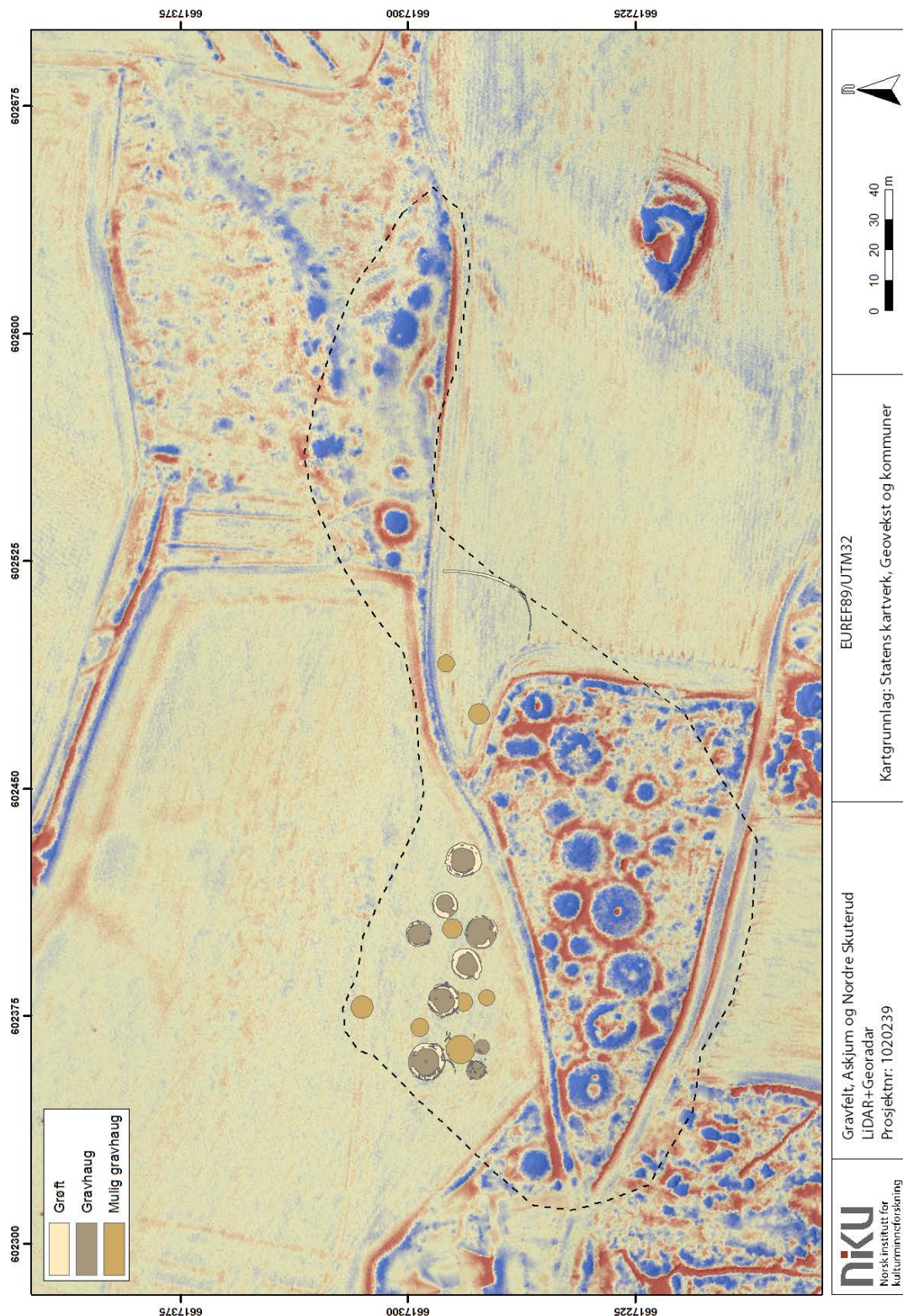
Gravminner

I den enkle hillshade-modellen over Askjum og Skuterud trer de allerede kjente gravminnene tydelig frem datasettene. Overflateregistreringer har tidligere påvist 18 hauger i det vestre gravfeltet (id 31555) og 4 hauger i det østre (id 70025). I LRM-modellen ser det imidlertid ut til at det er ytterligere hauger i disse områdene som trolig representerer graver. Enkeltgravens avgrensning og form er godt synlige i overflatemodellen, og det er mulig å se plyndringsgroper og enkelte andre detaljer i gravens overflate. Erfaringsmessig er det ofte mulig å uthente ytterligere informasjon om gravhaugers form og oppbygging ved å utføre små, men likevel effektfulle manipulasjoner av modellen. I dette tilfellet ble det generert en LRM-modell, hvis effekt er å fremheve små anlegg som ikke utgjør store endringer i terrenget, og samtidig fjerne effekten av større, omliggende terrengformasjoner. I den manipulererte modellen kommer haugenes avgrensning tydeligere frem enn i hillshade-modellen, og gir i enda større grad en god dokumentasjon av gravens form og størrelse. I tillegg fremtrer fotgrøftene, som ikke kunne observeres i overflatemodellen, tydelig i LRM-modellen.

Som nevnt ovenfor ser det ut til at det er flere haugstrukturer på Askjum og Nordre Skuterud enn det som tidligere er registrert (jmf. oppføringer i Askeladden). I vestre gravfelt (id 31555) er det beskrevet 18 gravhauger, hvilket ut fra mål og beskrivelser ser ut til å omfatte de største og mest tydelige gravminnene. Imidlertid ser det i LRM-modellen ut til å være opptil 22 gravminner på dette feltet. De uregistrerte strukturene dreier seg alle om mindre hauger, hovedsakelig beliggende i nordre del av gravfeltet. Det må påpekes at det ikke fra NIKUs side er gjort noen etterprøving av LiDAR-resultatene, og det er derfor mulig at enkelte av de nylig påviste haugene ikke er graver. Imidlertid er det mulig å se antydning til fotgrøfter rundt de uregistrerte haugene, hvilket ytterligere styrker tolkningen av at dette dreier seg om gravminner. De mulige gravhaugene måler ca. 6-7 m i diameter (kun haug).

I østre gravfelt (id 70025) var det opprinnelig registrert 4 hauger. Gravene ligger i beitemark og til dels godt synlig i overflaten. Øst for de registrerte haugene fremtrer det i LRM-modellen ytterligere 2 sirkulære forhøyninger som trolig representerer gravhauger. Begge strukturene er ca. 10 m i diameter og fremkommer tydelig i LiDAR-dataene. Rundt den ene haugen er det observert fordypninger som trolig representerer en fotgrøft. De tidligere uobserverte haugene ligger på en mindre bergrygg, hvor det naturlig nok eksisterer ujevnheter i overflaten. Imidlertid er de påviste haugliknende strukturene påfallende like, og ligger dessuten ved siden av en av de tidligere registrerte haugene. Det knyttes derfor stor sannsynlighet til at de påviste forhøyninger er gravhauger. Under overflateregistreringene i 2014, observerte arkeologer fra Akershus fylkeskommune ytterligere haugliknende forhøyninger nord og nordøst for de sikre gravene. De nordøstliggende forhøyningene er påvist i forbindelse med en annen, langsgående bergrygg, hvor det også eksisterer ujevnheter i overflaten. Disse mulige haugene er det imidlertid ikke synlige i LRM-modellen, men fremstår heller som mer naturlige ujevnheter i overflaten. De registrerte

gravminnene kan derfor være geologiske fenomener, eller være bygget opp på en annen måte enn de øvrige haugene og av den grunn fremstå svært annerledes i LiDAR-skanningene. Det samme gjelder for de nyregistrerte gravminnene i nord.

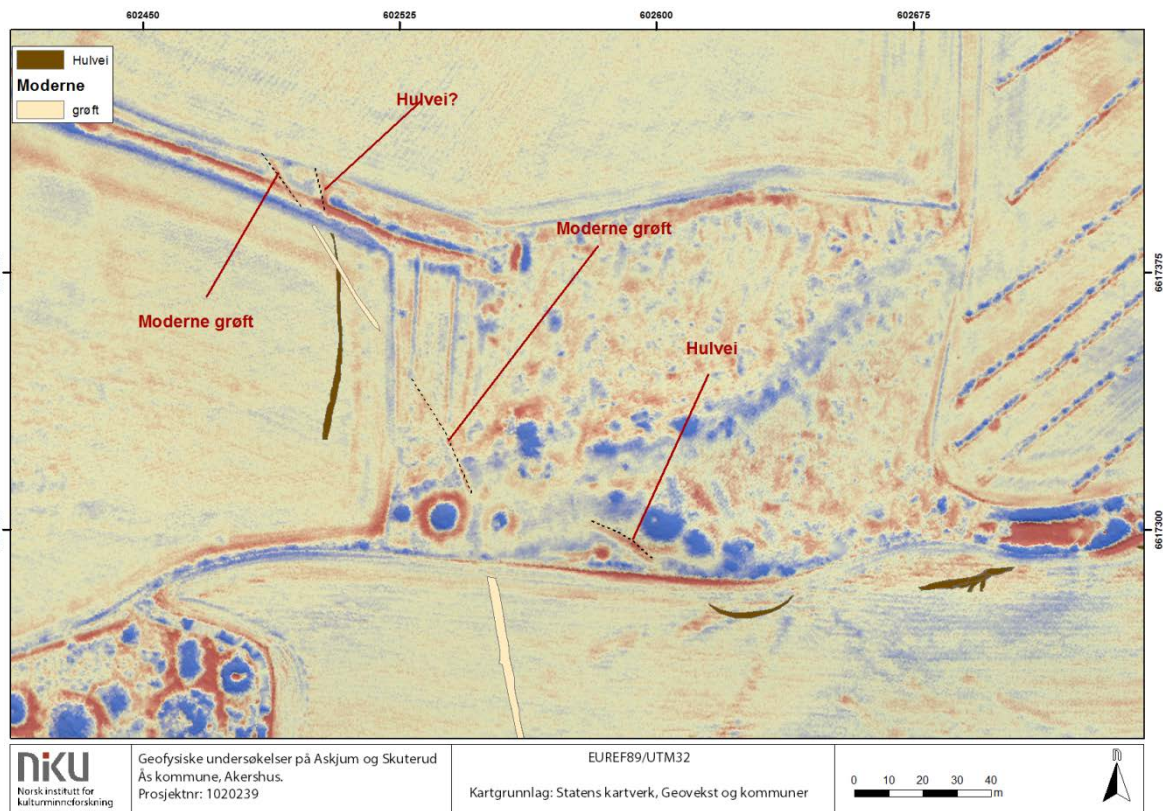


Figur 28: Detekterte gravhauger ved hjelp av georadar og prosesserte LiDAR-skanninger. Den stiplede linjen angir forslag til gravfeltets utbredelse. Det er imidlertid påvist mulige strukturer i nordøst under overflaterregistreringer i 2014.

Hulveier

I LiDAR-dataene er det påvist kun enkelte, små formasjoner som kan tolkes i retning av å være gamle hulveier. Disse strukturene har vært vanskelig å påvise, og langt verre å tolke, da de har fremstått som svake forsenkninger i bakken som heller ikke har vært særlig langstrakte. Imidlertid har det vært mulig å peke på to strukturer som ser ut til å ligge i fortsettelsen av hulveier (eller anomalier tolket som hulveier) i de geofysiske dataene. En av disse er også i observert og registrert som hulvei i forbindelse med fylkeskommunens overflateregistreringer. Den andre mulige hulveien ligger i utkanten av undersøkelsesområdet og kan være oversett, men kan også være avskrevet som kulturminne.

De antatte hulveiene er som nevnt begge observert i relasjon til anomalier i georadardataene, som også er tolket som hulveier. Dette sammenfallet kan virke styrkende på så vel LiDAR-tolkningen som georadartolkningene.

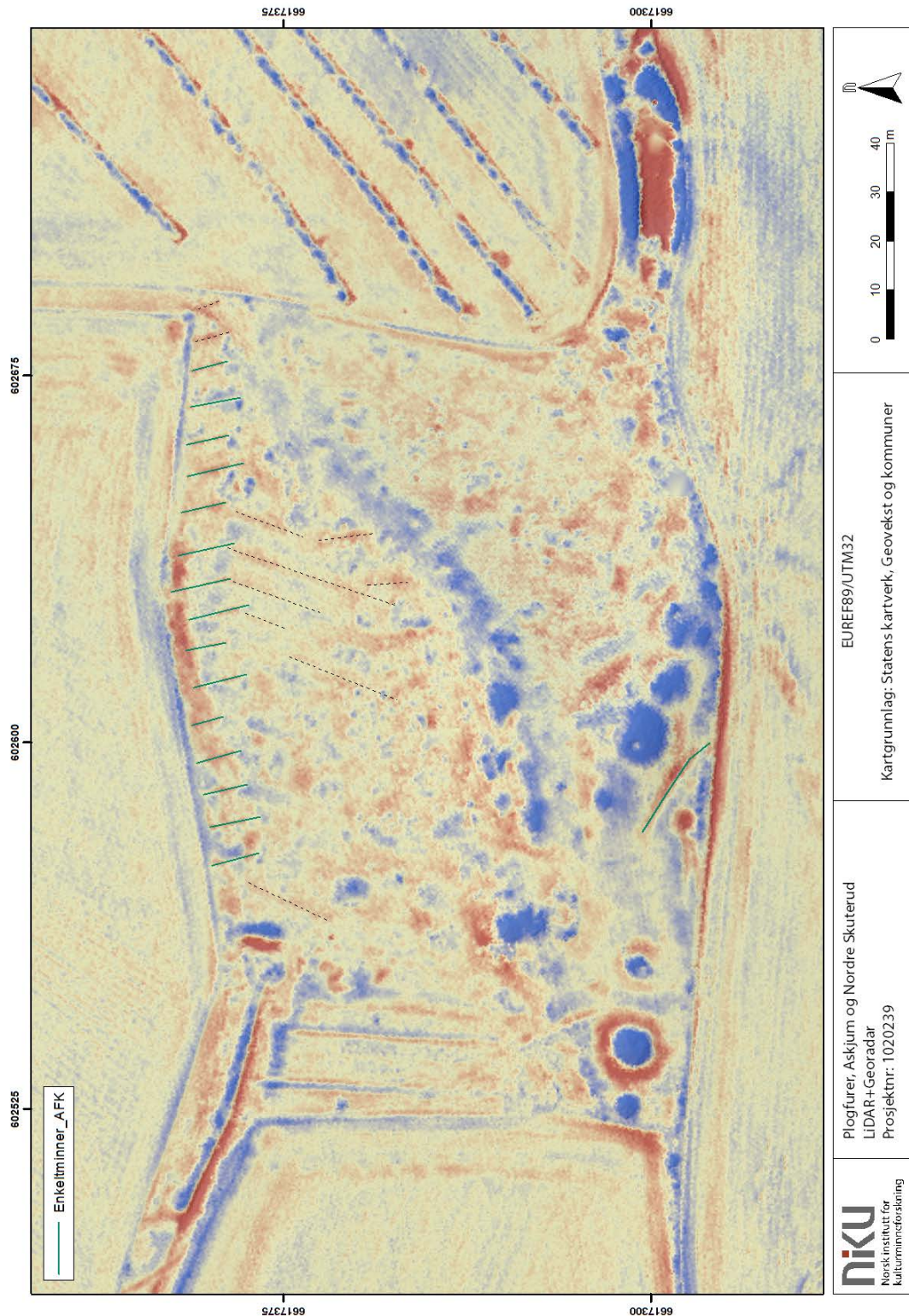


Figur 29: Illustrasjon av hulveier og en moderne grøft som kan påvises i både LiDAR-skanningene og i de geofysiske dataene.

Andre strukturer

Innenfor dyrebeitet på Askjum, i nordre kant av området, er det observert strukturer som trolig kan relateres til fossil åker. Lengst nord ligger det en rekke med mulige pløyerenner som alle er orientert i retning NV-SØ. Disse er kun 7-12 m lange og ligger med en intern avstand på ca. 7-8,5 m. Strukturene er godt synlige i flyfoto og ble i 2014 registrert av Akershus fylkeskommune som furer fra teigpløying. Sør for de antatte pløyerennene er det observert ytterligere lineære strukturer. Disse fremstår langt mindre tydelig enn strukturene lengre nord, men er likevel synlig i LRM-modellen. De

lineære strukturer ligger parallelt med en avstand på ca. 6,5-8 m og strekker seg ca. 30 m i retning SV-NØ. Lengst sør, nær gravene i det østre gravfeltet, ser det ut til å være rester av ytterligere strukturer med omtrentlig NV-SØ-orientering. Med utgangspunkt i strukturenes beliggenhet og romlige relasjon til pløyefurene i nord, tolkes de som mulige pløyefurer.



Figur 30: Strukturer trolig relatert til fossil åker/teigpløying. De grønne linjene er plogfurer registrert av Akerhus fylkeskommune. De stiplede linjene er strukturer påvist i LiDAR-dataene.

6 Diskusjon: fjernmåling som arkeologisk registreringsmetode

Hovedmålet med forprosjektet er å teste ut nyere avanserte arkeologiske registreringsmetoder for å utrede om slike metoder kan erstatte eller supplere tradisjonelle arkeologiske undersøkelsesmetoder i forbindelse med veiprojekter. Resultatet fra forundersøkelsen skal, sammen med resultater fra kommende undersøkelser i FoU-prosjektet, være med på å danne grunnlag for en større analyse av hvordan nye metoder kan være med på å effektivisere planarbeidet og gjennomføringen av fremtidige veiprojekter.

I det følgende kapitlet vil resultatene fra de geofysiske undersøkelsene og LiDAR-analysen vurderes med utgangspunkt i prosjektets hoved- og delmål. Vurderingen vil først diskutere i hvilken grad metodene har kunnet påvise automatisk fredede kulturminner, og hvordan funnene samsvarer med resultater fra sjakting og andre registreringer. Deretter vil det sees nærmere på hvordan metodene har fungert som registreringsverktøy på Askjum og Nordre Skuterud, samt hvordan erfaringene fra undersøkelsen kan danne grunnlag for videre utforskning av emnet i hovedprosjektet «Arkeologi i veien?»

- **Funnpåvisning**

Hvilke kulturminner er påvist? Hvilke kulturminner har ikke blitt påvist?

Har det blitt identifisert strukturer som etter konvensjonell registrering viste seg ikke å være kulturminner? Har det blitt registrert anomalier som ikke kunne tolkes, men som etter sjakting viste seg å være kulturminner?

Hva har ikke fungert ved bruk av nye metoder? Hvilke forhold kan virke inn på resultatene?

- **Funnenes kontekst**

Har bruken av nye metoder gitt ny eller annen kunnskap om kulturminnene? Har metodene påvist kulturminner eller detaljer ved kulturminnene som kanskje ikke kunne oppdages ved sjakting?

Ser man sammenhenger mellom kulturminner og geologi? Og hvordan kan denne informasjonen anvendes i den videre planleggingsfasen?

- **Nye avanserte metoder som registreringsverktøy**

I hvilken grad kan metodene anvendes som arkeologisk registreringsverktøy? Er undersøkelsesplikten oppfylt på Askjum og Skuterud?

6.1 Påviste kulturminner

Et sentralt moment i vurderingen av nye metoders anvendelse innen arkeologisk registreringsarbeid, er *hvorvidt, og i hvor stor grad*, disse teknikkene har vært egnet for å påvise kulturminner over og under bakken. Da det ikke er gjort sjaktinger eller flateavdekkinger i hele området, og det dermed ikke foreligger noen «fasit» over alle kulturminner på stedet, vil det ikke være mulig å gjennomføre en kvantitativ analyse av resultatene. I stedet vil resultatene fra de geofysiske undersøkelsene og

LiDAR-analysene gjennomgås og vurderes i henhold til de observasjoner som ble gjort ved bruk av tradisjonelle metoder i det samme området.

Bruk av **magnetometer** på Askjum og Nordre Skuterud hadde en eksperimentell dimensjon, da det var usikkert hvorvidt det lokale jordsmonnet var egnet for magnetisk prospektering. I Norge er det nemlig svært mye magnetisk grunnfjell, og dermed også mye naturlig jordsmonn som inneholder magnetisk stein. Slike komponenter fremkommer ofte svært prominente i magnetometerdataene, slik at eventuelle magnetiske anomalier dannet av menneskelig aktivitet blir maskert. Dette var dessverre også tilfellet på Askjum og Skuterud. De magnetiske komponentene i undergrunnen er svært dominerende, og selv kjente kulturminner er usynlige i magnetometerdataene. Kun én kokegrop, beliggende på Nordre Skuterud, ble påvist ved hjelp av magnetometer.

LiDAR- og georadarundersøkelsene gav imidlertid langt bedre resultater i påvisning av kulturminner. Ved hjelp av laserskanningene utført høsten 2014, og prosessering av disse dataene, var det mulig å kartlegge gravhaugene i området med en detaljeringsgrad som trolig ikke har vært mulig med tidligere skanninger. Området er i dag svært tilvokst og det er også derfor usannsynlig at den samme informasjonen har vært mulig å oppnå ved hjelp av overflaterregistrering. Det ble også påvist ytterligere hauger som trolig representerer uregistrerte gravminner. I de prosesserte skanningene var det i tillegg mulig å se spor etter fossil åker/teigpløying, små partier av hulveier, samt moderne inngrep.

Kulturminnene som er påvist ved hjelp av georadar, dreier seg i stor grad om større, nedgravde eller forsunkede strukturer i bakken. På Askjum er det påvist rester av minst 8 overpløyde gravhauger, alle beliggende i fortsettelsen av det vestre gravfeltet (Id 31555), samt en mulig veifar som strekker seg langs undersøkelsesområdets østre kant. På Nordre Skuterud er det registrert et hulveisystem bestående av to parallelle hulveier som strekker seg mer enn 200 m gjennom feltet. De observerte kulturminnene har latt seg påvise med georadar da de hatt god nok fysisk kontrast til den naturlige undergrunnen og samtidig vært store nok og til å kunne fanges opp med denne teknikken. Etterprøving viser at deres størrelse og form er relativt godt gjengitt i dybdeskivene, og dette har lagt et godt grunnlag for den senere tolkning av de innsamlede data.

I tillegg til gravene og veifarene er det både på Askjum og Nordre Skuterud påvist anomalier som ut fra form og geofysisk respons er klassifisert som groper. Deres størrelse, geofysiske respons og beliggenhet tilsier at det kan dreie seg om mulige kokegroper. Kokegroper er blant de vanligste kulturminnene man finner i Norge og kan knyttes til bosetningsaktivitet i perioden mesolitikum til middelalder, med særlig vekt på romertid og folkevandringstid. Utfordringen med å påvise slike kulturminner ved hjelp av georadar, er at kokegroper verken har en distinkt form eller andre karakteristikker som skiller dem fra andre typer groper. Det er derfor sjelden mulig å utføre en sikker tolkning av slike strukturer uten en viss etterprøving av de geofysiske anomaliene. I ett tilfelle har disse anomaliene blitt påvist ved sjakting, men de øvrige strukturene må betraktes som mulige kulturminner.

Det nevnte sjaktearbeidet viste også at det fantes arkeologiske strukturer i undersøkelsesområdet som *ikke* fremkom tydelig i georadardataene. På Nordre Skuterud ble flere kokegroper, groplignende fyllskifter og et mulig ildsted ble avdekket i den sandige undergrunnen i vestre halvdel av felt A. Kun én av disse, en dyp og steinfylt kokegrop, kunne påvises ved hjelp av nye metoder. De øvrige gropstrukturene var i stor grad fraværende i de geofysiske dataene. Enkelte av strukturene ser ut til å

ha avgitt svake refleksjoner, men de geofysiske anomaliene er utydelige og reflekterer ikke på noen måte strukturenes virkelige form og størrelse. De avdekkede kokegropene var relativt små og ser fra fotografisk dokumentasjon ut til å ha inneholdt til dels små mengder stein og kull. Likevel var strukturene av en størrelse og sammensetning som kan forventes å påvises med georadar. Årsaken til deres fravær i de geofysiske dataene er dels at kontrasten mellom gropstrukturene og den naturlige undergrunnen var utilstrekkelig, og dels at jordsmonnets heterogenitet har virket maskerende på de arkeologiske strukturene. I Figur 15 kan man se hvordan den lokale geologien er visuelt svært dominerende i georadardataene. Jordsmonnet, bestående sand, silt og konsentrasjoner av små og middels store steiner, avgir i seg selv kraftige anomalier som gjør det svært vanskelig å påvise mindre strukturer i bakken. I tillegg har steinansamlinger og naturlige masseskifter avgitt geofysiske anomalier som kan forveksles med menneskeskapt groper. Disse forholdene førte til at det var tilnærmet umulig å identifisere kokegroper og liknende strukturer i de sandholdige massene på Nordre Skuterud.

I eksemplet ovenfor er det beskrevet en situasjon hvor noen kulturminner hadde manglende fysisk kontrast til undergrunnen, og derfor ikke kunne identifiseres i georadardataene. Derimot var den *visuelle* kontrasten stor nok til at de ble oppdaget under søkesjaktning. På Askjum var det ved ett tilfelle påvist kulturminner som sannsynligvis var lettere å oppdage i georadardataene enn ved sjaktning. Som beskrevet i kapittel 3.3.3 ble i området mellom de påviste gravhaugene i felt B og det vestre gravfeltet (id 31555) påvist en rekke små, kraftig reflekterende anomalier. Da disse liknet på strukturer påvist i bunnen av fotgrøftene lengre nord på feltet, ble de tolket som mulige rester av utplanerte gravhauger. For å etterprøve resultatene ble det åpnet en sjakt som krysset en av de tydeligste strukturene i dette området. Til tross for at denne strukturen ser relativt overbevisende ut i georadardataene, var det ikke mulig å påvise noen tydelig struktur i den åpnete sjakten. Kun deler av et svakt fyllskifte av silt- og kullblandet humus ble registrert på stedet, men den antatte strukturen fremstod så uklar i sjakten at den ikke kunne tolkes som et sikkert gravminne slik den var avdekket. Sannsynligvis ville en fullstendig avdekking av anomalien kunne påvist det antatte gravminnet, men dette ble ikke gjort av tidsmessige grunner. Det viktigste poenget er at strukturen, eller liknende strukturer med samme fragmenteringsgrad, vil i mange tilfeller være vanskelig å påvise ved sjaktning fordi en delvis avdekking sannsynligvis ikke vil gi tolkbare resultater. I slike tilfeller kan geofysiske metoder kan ha en fordel foran sjaktning, fordi noen kulturminner, enten de består av flere, adskilte strukturer, er fragmenterte eller nedbrutte, ofte må sees i en større sammenheng for å kunne tolkes.

De geofysiske metodene, og da i all hovedsak georadar, bidro altså til å påvise en rekke kulturminner på Askjum og Nordre Skuterud. Overpløyde gravhauger, samt veifar og gropstrukturer ble ved hjelp av disse metodene registrert og kartfestet uten å gjøre inngrep i bakken. Imidlertid var det andre kulturminner i undersøkelsesområdet som, enten grunnet manglende kontrast til den heterogene undergrunnen, eller utilstrekkelig størrelse, ikke kunne sees i georadardataene. Disse lot seg imidlertid påvise ved hjelp av konvensjonelle registreringsmetoder. Dette er et viktig moment i vurderingen av inngrepsfrie metoder som registreringsverktøy, og er ofte ankepunktet mot bruk av slik metodikk i kulturminneforvaltningen. Dersom man ikke kan se alle typer kulturminner med disse metodene, hvordan kan da undersøkelsesplikten oppfylles?

6.2 Kulturminner, landskap og geologi

Som forsøkt vist i de foregående kapitlene, har man ved bruk av nye, høyteknologiske metoder samlet inn store mengder med informasjon om landskapet over og under markoverflaten på Askjum

og Nordre Skuterud. Denne informasjonen har, naturlig nok, i hovedsak vært fokusert mot påvisning og registrering av kulturminner, men dataene inneholder også viktig og anvendelig informasjon om området som vil ha betydning for vår forståelse av undersøkelsesområdet som helhet. I dette menes først og fremst geologiske og naturlige prosesser, men også påvisning av moderne inngrep og andre forhold som kan gi oss et utvidet rammeverk for tolkning og vurdering av kulturminneområdet som helhet.

I georadar- og magnetometerdataene har det vært mulig å se geologiske formasjoner som gir viktig informasjon om det lokale jordsmonnet. Ved å tolke de geofysiske responsene, samt sammenlikne resultater fra Skog og Landskaps jordsmonnskartlegginger og også observasjoner fra søkesjaktninger, har det vært mulig å kartlegge de ulike jordsmonnstypene og deres utbredelse i undersøkelsesområdet. I tillegg har andre geologiske fenomener som paleokanaler (eldre elveløp), strandavsetninger og høytliggende grunnfjell gitt ytterligere informasjon om grunnforholdene og hvordan landskapet har endret seg over tid. Grunnen til at disse elementene er interessante i en arkeologisk registreringssammenheng, er at de geologiske forholdene må antas å ha hatt innvirkning på hvordan et område har blitt brukt. Blant annet vil kunnskap om de lokale jordsmonnsforholdene kunne anslå hvilke områder som har egnet seg til bosetning og annen stedfast aktivitet, og hvilke som kan ha vært uegnet. Jordsmonn med dårlige dreneringsegenskaper må antas å ha vært mindre ettertraktet som bosetningsområde, særlig dersom andre, nærliggende områder har hatt andre og mer egnede undergrunnsforhold. Samtidig vil gamle elveløp, innsjøer, myrer og strandområder ha virket styrende på hvordan mennesker har beveget seg i og benyttet seg av landskapet.

På Askjum og Nordre Skuterud kunne de fleste funnene relateres til sandige, godt drenerte områder. Dette ser man på Askjum, der gravhaugene og gropene ligger i de sandige strandavsetningene lengst sør på feltet, mens det lengre sør ikke er blitt påvist strukturer. I dette tilfellet kan man naturligvis argumentere for at de gode grunnforholdene sammenfaller med fordelaktige topografiske forhold, fordi funnene også ligger på en høyde med god utsikt i flere retninger. Men for Nordre Skuteruds del er dette annerledes. På dette feltet var det nemlig stor forventning knyttet til plataået i vest, som ligger høyt og solrikt til med vidt utsyn mot både nord og øst, og dessuten er nærmest omringet av kulturminner. I de geofysiske målingene ser man imidlertid at det sentrale plataået delvis består av leirholdig undergrunn, hvilket også understøttes av jordsmonnskartleggingene og observasjoner fra arkeologiske sjaktning. Sentralt og vest på plataået er det påvist vannavsatte, sandholdige masser som i utgangspunktet bør gi god drenering, men grunnet høytliggende grunnfjell og andre topografiske forhold har vannet trolig samlet seg i dette området i stedet for å dreneres bort. Et stort antall moderne dreneringsgrøfter i dette området understreker området dårlige dreneringsegenskaper. Dette antyder at større deler av plataået, som i utgangspunktet var ansett som svært lovende ut fra topografi og nærhet til kulturminner, sannsynligvis har vært dårlig egnet for bosetning i forhistorisk tid. Samtidig har den ekstensive dreneringen trolig ødelagt eventuelle strukturer som skulle finnes i dette partiet. At man ikke kan se arkeologiske strukturer i de geofysiske dataene fra det sentrale plataået, betyr ikke at det ikke finnes kulturminner i dette området. Men de geologiske forholdene og tettheten av moderne grønfter tatt i betraktning, må sannsynligheten for å påtreffe kulturminner i dette området sies å være kraftig begrenset.

I både georadar- og magnetometermålingene var det også mulig å påvise andre forhold i undergrunnen. Langs det samme plataåets nordre, østre og delvis søndre kant, samt i øvre del av skråningen som leder ned til sletten i øst, har det vært mulig å påvise belter av både sandige

strandavsetninger og morenejord. I disse områdene har det under sjakting blitt påvist flere kulturminner i form av kokegroper, ildsteder og kulturlag. Ifølge fylkeskommunens arkeologer ble det ikke påvist kulturminner utenfor de sandige områdene, med unntak av hulveier og noen etterreformatoriske strukturer. Dette betyr at informasjon om de lokale geologiske forholdene kan ha en viktig betydning i forståelsen av området og hvordan det har vært benyttet i tidligere perioder. I forvaltningsperspektiv kan denne informasjonen gi en viktig pekepinn på hvilke områder som har høyt potensiale, og derfor burde undersøkes nærmere dersom det ikke kan påvises arkeologiske strukturer i de geofysiske dataene.

Drenering og grøfter for moderne infrastruktur er strukturer som ofte kommer godt frem i de geofysiske dataene. I mange tilfeller er utstrekningen og omfanget av dreneringen ukjent for både jordbruker og kulturminnemyndighetene, da disse systemene ofte er av noe alder og heller ikke har vært søknadspliktige. Kartlegging av slike inngrep kan gi betydningsfull informasjon om jordsmonnets egenskaper, og ikke minst tilstanden til den lokale undergrunnen og eventuelle kulturminner i bakken. Moderne grøfting kan ha gjort direkte inngrep i kulturminnene, men kan også ha redusert bevaringsforholdene ved å slippe luft ned i undergrunnen og tørke ut jordsmonnet. I en utredningssak kan denne informasjonen derfor ha betydning for vurderingen av kulturminneområder og deres bevaringstilstand. Som nevnt i forrige kapittel var dreneringen i området medvirkende til tolkningen av grunnforholdene og også vurderingen av potensialet for arkeologiske funn på Nordre Skuterud. I tillegg var det, ved sammenstilling av de geofysiske dataene med LiDAR-skanningene, mulig å påvise moderne inngrep i bakken som strakk seg gjennom det østre gravfeltet, og ikke minst avskrive denne strukturen som kulturminne (hulvei).

6.3 Metodene som registreringsverktøy

Undersøkelsen på Askjum og Nordre Skuterud har vært første del i forsknings- og utviklingsprosjektet «Arkeologi i veien?». Hensikten med undersøkelsen var å starte den første testingen av ulike høyteknologiske, inngrepsfrie metoder inn mot arkeologiske registreringer, og samtidig bistå i Akershus fylkeskommunes registreringsarbeid i forkant av anlegningen av ny E18 gjennom Ås og Ski. Hovedmålet med FoU-prosjektet er å undersøke i hvilken grad, og på hvilken måte, slike metoder kan bistå det arkeologiske registreringsarbeidet i forkant av store veiprojekter.

Hovedfokus med forundersøkelsen på Askjum og Nordre Skuterud har naturlig nok vært å registrere kulturminner. Innenfor caseområdet lyktes to av tre av de utvalgte metodene, LiDAR og georadar, å gjøre nettopp dette. Grunnet innhold av magnetisk stein i det lokale jordsmonnet viste magnetometer seg å være uegnet som registreringsmetode på den aktuelle lokaliteten. Resultatene fra LiDAR- og georadarundersøkelsen viser at det er mulig å påvise flere kulturminnetyper med god nøyaktighet og presisjon, uten at det utføres ytterligere inngrep eller registreringer på stedet. Imidlertid gjelder dette fornminner som har en størrelse og materiell sammensetning som lett lar seg detektere, og som i tillegg har en så karakteristisk størrelse og form at de vanskelig kan forveksles med geologiske, naturlige eller moderne formasjoner. Likevel finnes det en rekke andre fornminner som ikke faller inn i denne kategorien. Kokegroper, ildsteder og større stolpehull kan ofte påvises, men trenger en god og sikker kontekst for kunne tolkes som automatisk fredede kulturminner. Hulveier og andre veifar er ofte godt synlige i både LiDAR-skanninger og geofysiske data, men kan, særlig i jordbruksområder, forveksles med både moderne grøfter og gamle elveløp. I tillegg vil en del steinalderlokaliteter, samt dyrkings-, bosetnings- og aktivitetsområder uten tydelige strukturer ikke la seg påvise med hverken LiDAR eller georadar, fordi de ikke kan brukes til å detektere gjenstander,

tynne kulturlag eller veldig små strukturer og konstruksjoner. Som undersøkelsen også viste, kan manglende geofysisk kontrast mellom strukturene og undergrunnen medføre at noen kulturminner ikke er synlige i datasettene. Spørsmålet om hvorvidt ikke-destruktive, høyteknologiske metoder kan *erstatte* konvensjonelle registreringsmetoder som sjakting, flateavdekking eller prøvestikking avhenger derfor av lokalitetens beskaffenhet og prosjektets problemstillinger. På Askjum og Nordre Skuterud ble ikke undersøkelsesplikten oppfylt kun ved bruk av inngrepsfrie metoder, men med kombinasjonen av LiDAR-skanninger, geofysiske metoder og søkesjakting var det mulig å fremskaffe et sammensatt bilde av kulturmiljøet som ikke hadde vært mulig kun ved bruk av én registreringsteknikk.

En mer aktuell problemstilling i denne sammenhengen er derfor hvordan inngrepsfrie metoder kan *supplere* eller rettere sagt brukes *i kombinasjon med* tradisjonelle registreringsmetoder. Både de nye og de tradisjonelle metodene har alle sine fordeler og ulemper, og det bør således settes fokus på å implementere de ulike metodene på riktig sted, på riktig måte og til riktig tid i registreringsprosessen. Ved større utbyggingsprosjekter skal ofte svært store arealer undersøkes for kulturminner. Som regel omfatter områdene ulike typer terreng, med ulike typer kulturminner og gjerne med et varierende potensiale for arkeologiske funn. Ofte skal også registreringen omfatte områder som ikke nødvendigvis vil berøres direkte av utbyggingen. I slike prosjekter brukes det store mengder tid og ressurser på søkesjakting i jordbruksarealer, samt overflaterregistrering og prøvestikking i utmark, beiteområder og bebygde arealer. Dette arbeidet settes normalt i gang sent i planleggingsprosessen, vanligvis på reguleringsplannivå eller detaljplannivå. I tillegg til å være kostbart og tidkrevende, er ofte inngrepet i bakken av betydelig ulempe for jordbruket og andre brukere av de berørte områdene. I tillegg kan undersøkelsene potensielt skade både matjord og arkeologiske strukturer ved inngrep i bakken.

De høyteknologiske metodene vil derfor være svært godt egnet til innledende kartlegging av tiltaksområdene. Ved opptak og analyse av høyoppløselige LiDAR-skanninger, gjennomføring av storskala geofysiske undersøkelser, samt bruk av eventuelle satellittbilder og andre kilder til fjernmåling, vil det, på en effektiv og inngrepsfri måte, være mulig å samle inn høykvalitets data som danner det første grunnlaget for den arkeologiske registreringen. Når dataene er analysert og tolket med hensyn til kulturminner, moderne strukturer, jordsmonn, topografi og andre geologiske forhold, vil kulturminneforvaltningen med dette som grunnlag kunne spisse seg inn på de områdene hvor ytterligere undersøkelser er nødvendig. Dette kan dreie seg om etterprøving av usikre anomalier, uttak av daterbart materiale fra detekterte kulturminner, nedprioritere/forkaste områder med lavt potensiale, samt prøvestikking eller søkesjakting i områder hvor det ikke er observert fornminner i fjernmålingsdataene, men som likevel er vurdert som potensielle funnområder.

I det videre arbeidet med FoU-prosjektet vil erfaringene fra Askjum og Nordre Skuterud danne et naturlig utgangspunkt for utredningene omkring hvordan høyteknologiske, inngrepsfrie metoder på best mulig måte kan bistå den arkeologiske registreringen i forkant av store veiprojekter. Det vil være viktig å opparbeide seg flere erfaringer med hensyn til metodevalg og metodekombinasjoner, dataprosesseringer for optimalisert gjengivelse av den innsamlede informasjonen, samt gjenkjenning og tolkning av ulike typer kulturminner. Det vil forsøkes å implementere de nye metodene i ulike deler av planprosessen for å undersøke når slike undersøkelser vil gi best effekt, og arbeide tett sammen med kulturminneforvaltningen i både tolkningen og eventuelle etterprøvinger av resultater.

7 Litteratur

- Conyers, Lawrence .B. 2012 Interpreting Ground-penetrating Radar for Archaeology. Left Coast Press inc. Walnut Creek, California.
- Gustavsen, Lars et al. 2013 Arkeologiske undersøkelser. Vurdering av nyere avanserte arkeologiske registreringsmetoder. NPRA reports, Statens vegvesens rapporter.

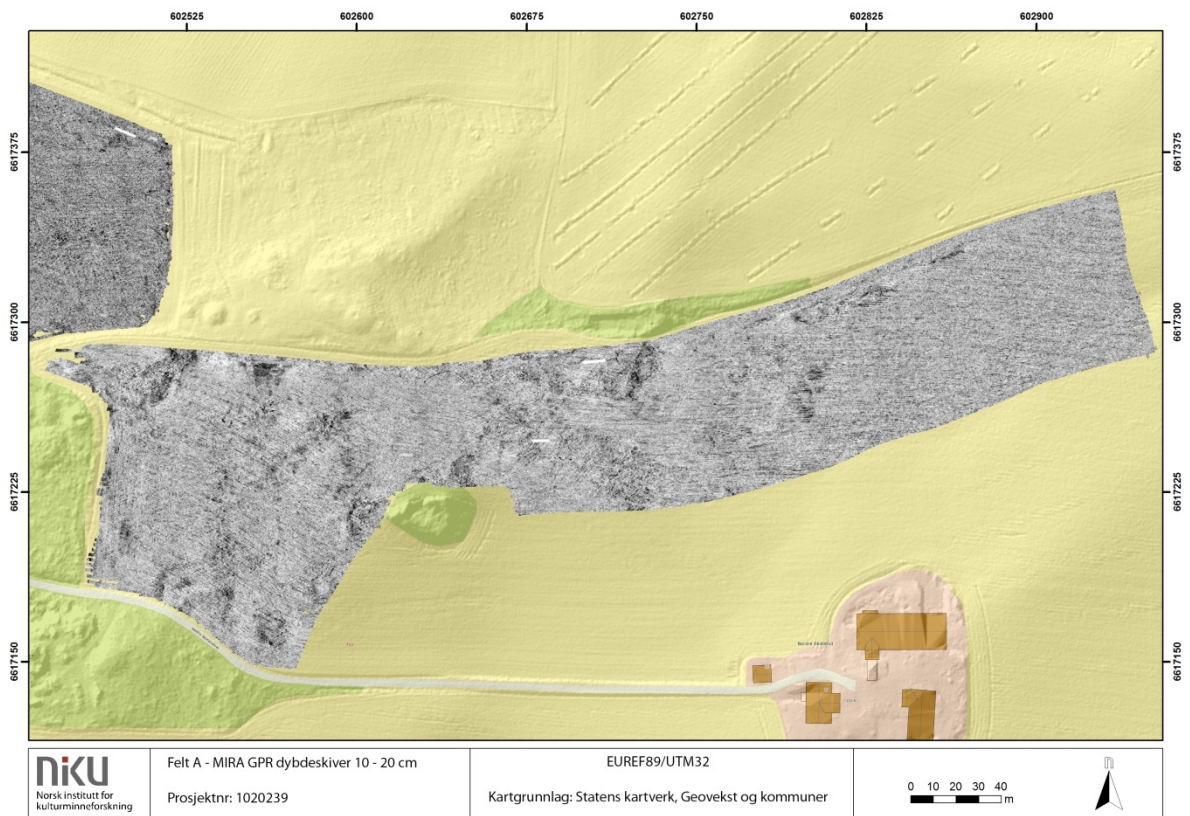
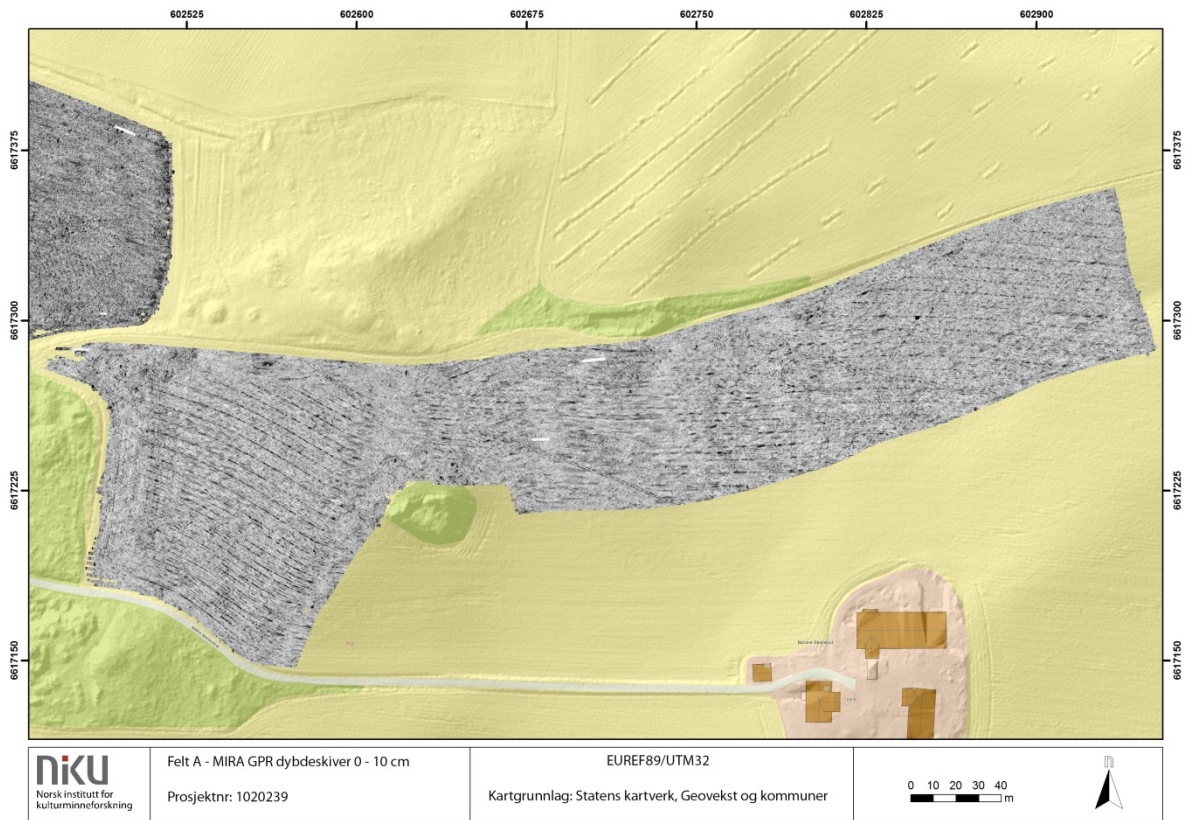
Internettkilder

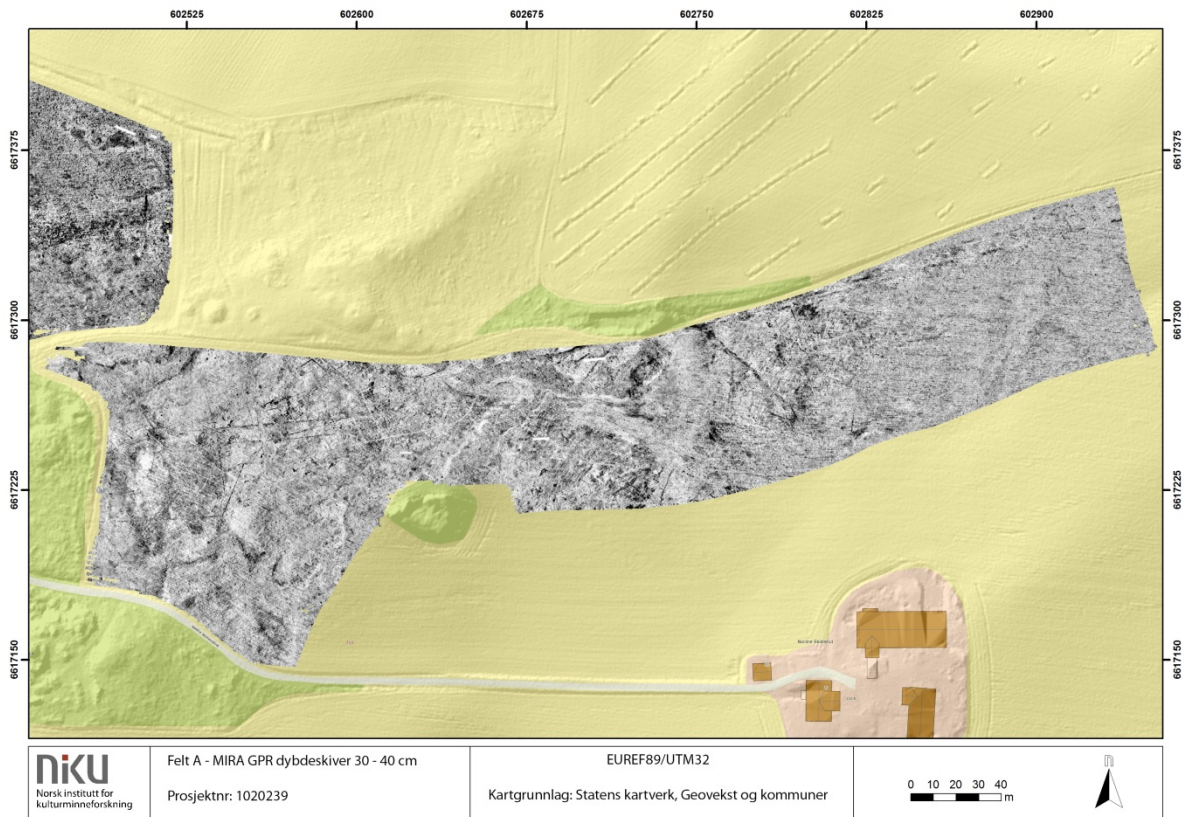
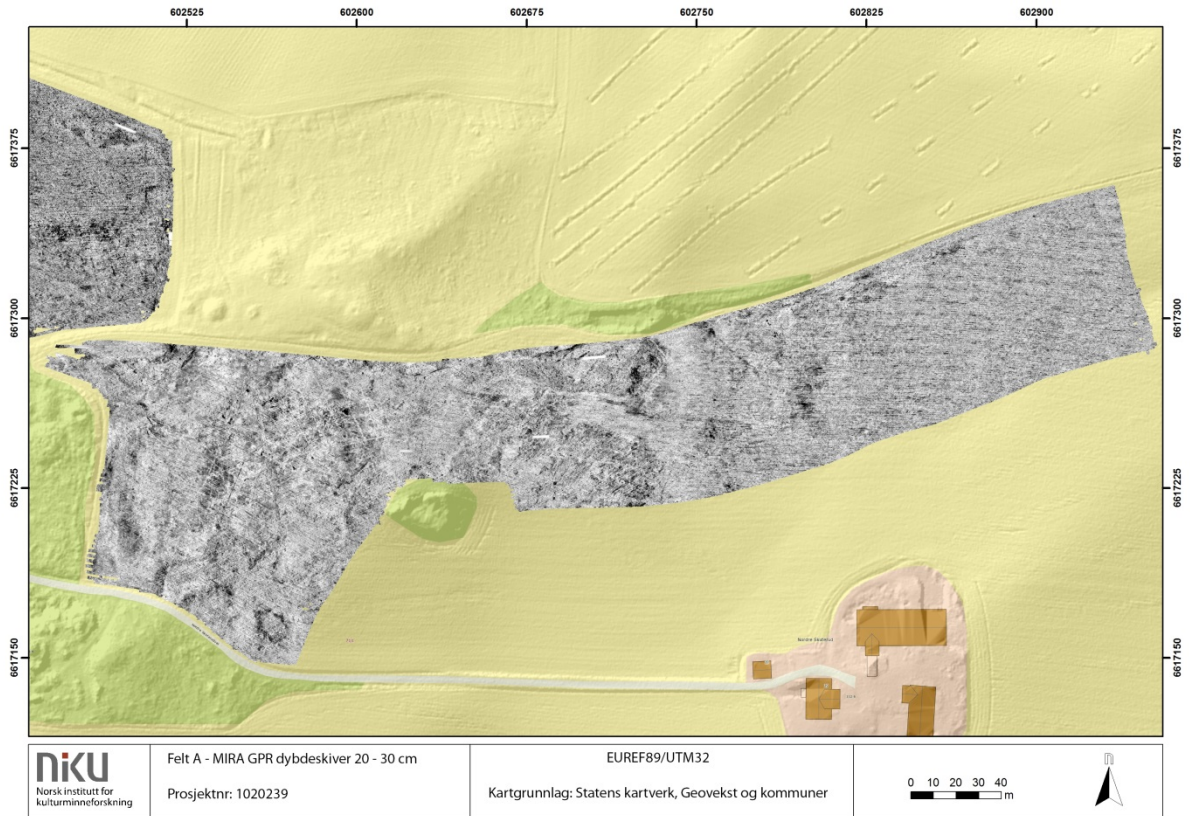
Kartverket, historiske kart: <http://kartverket.no/Kart/Historiske-kart/>

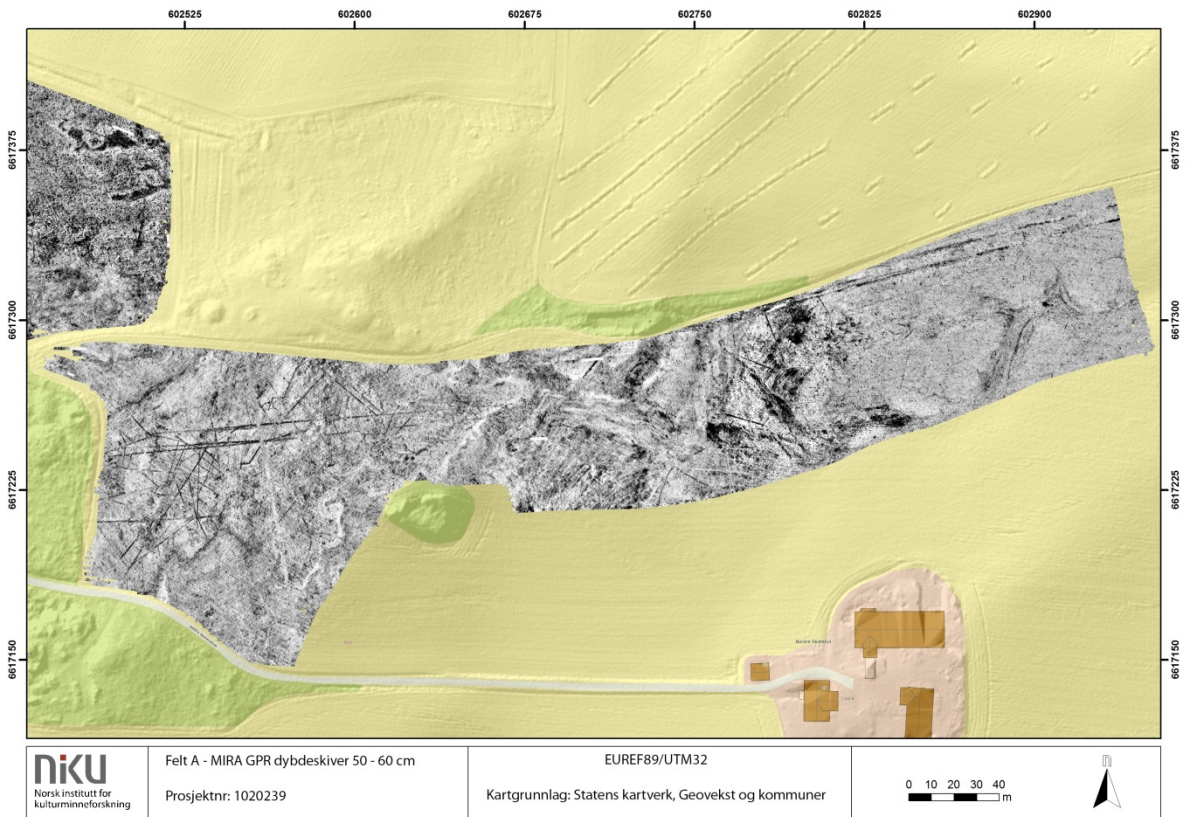
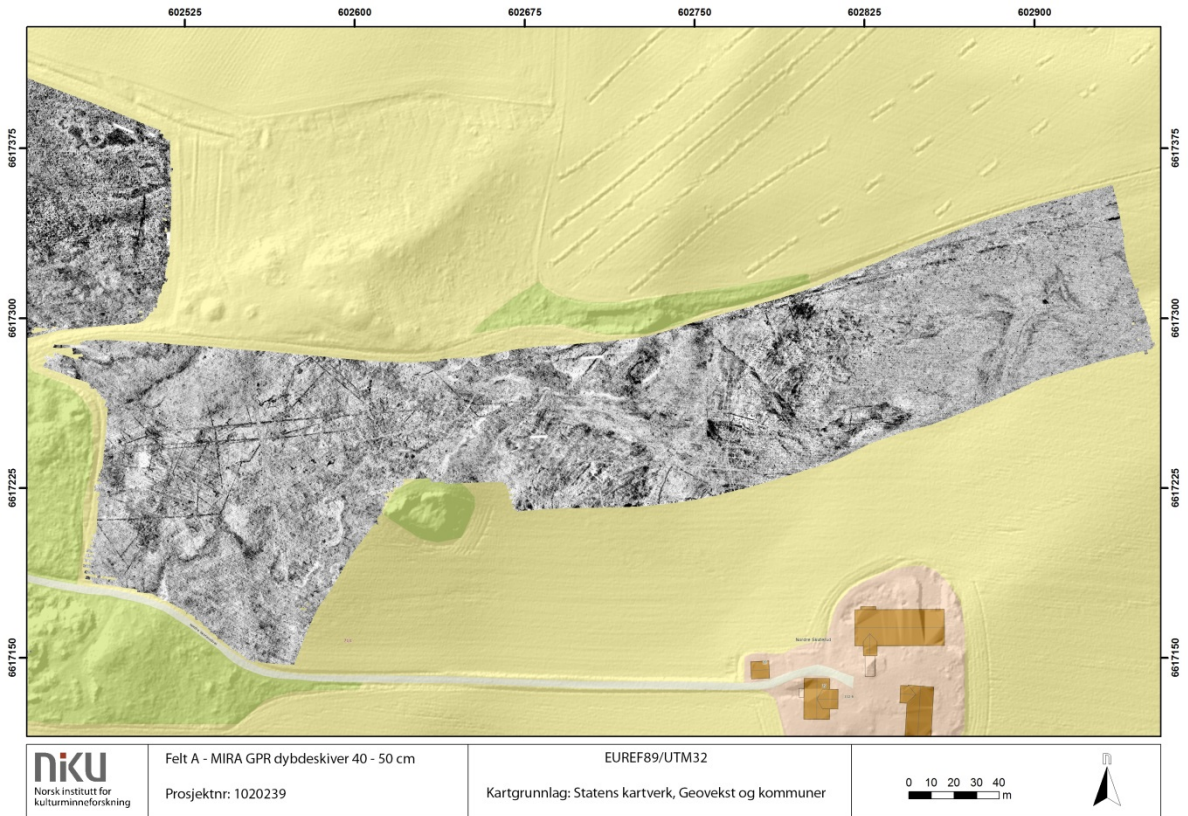
Rygh, Oluf 1898: *Norske Gaardnavne*: http://www.dokpro.uio.no/rygh_ng/rygh_felt.html

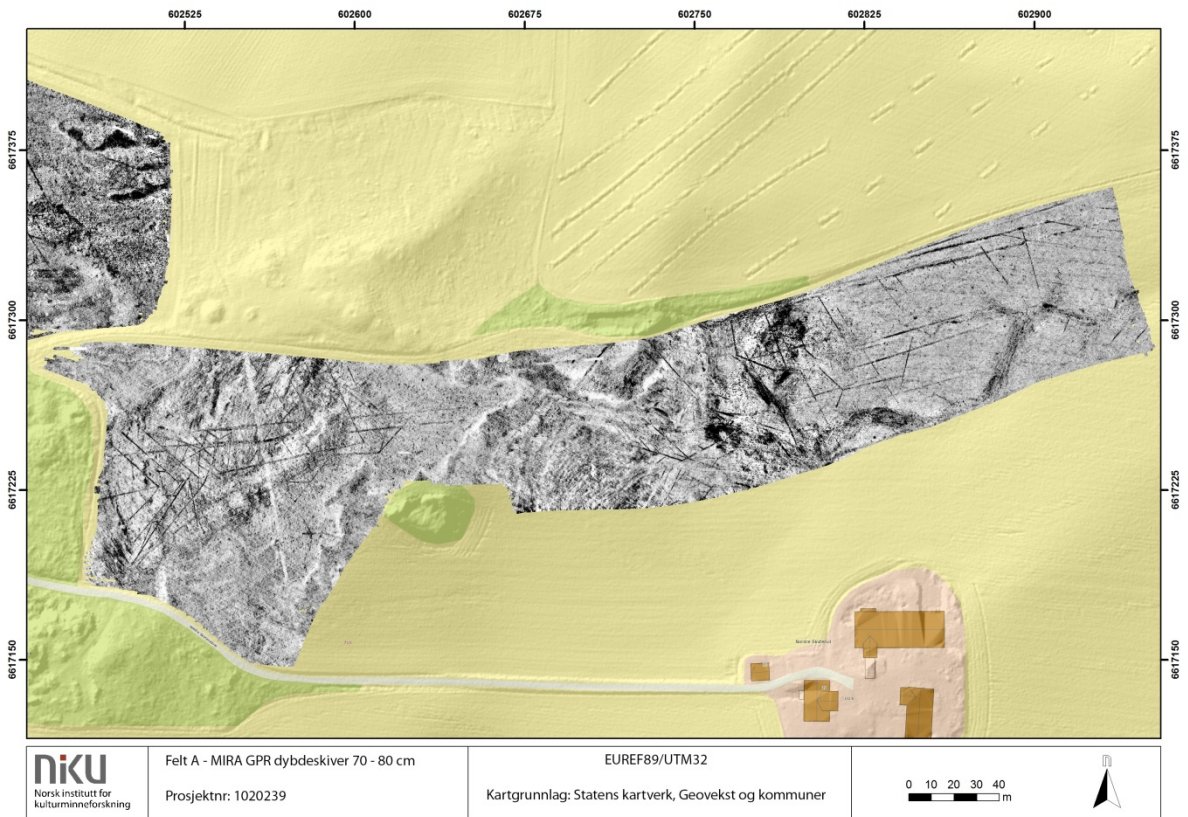
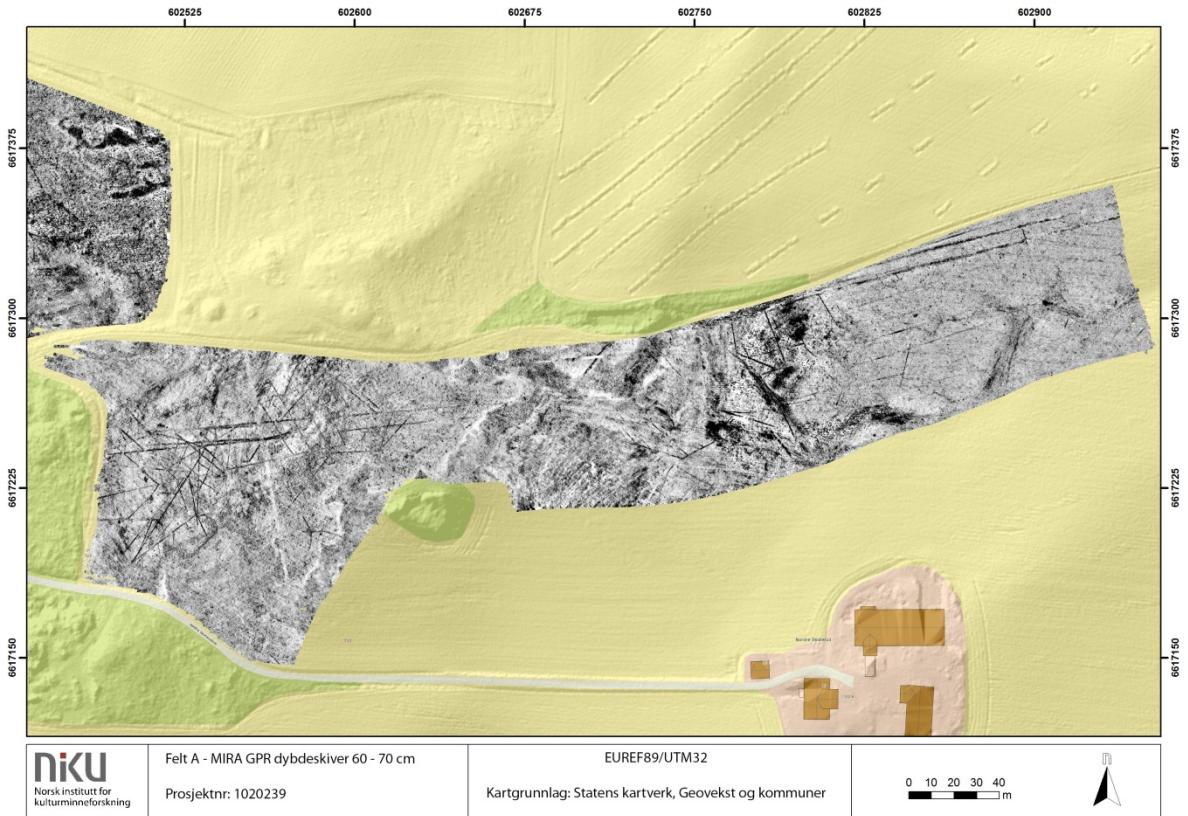
8 Appendiks

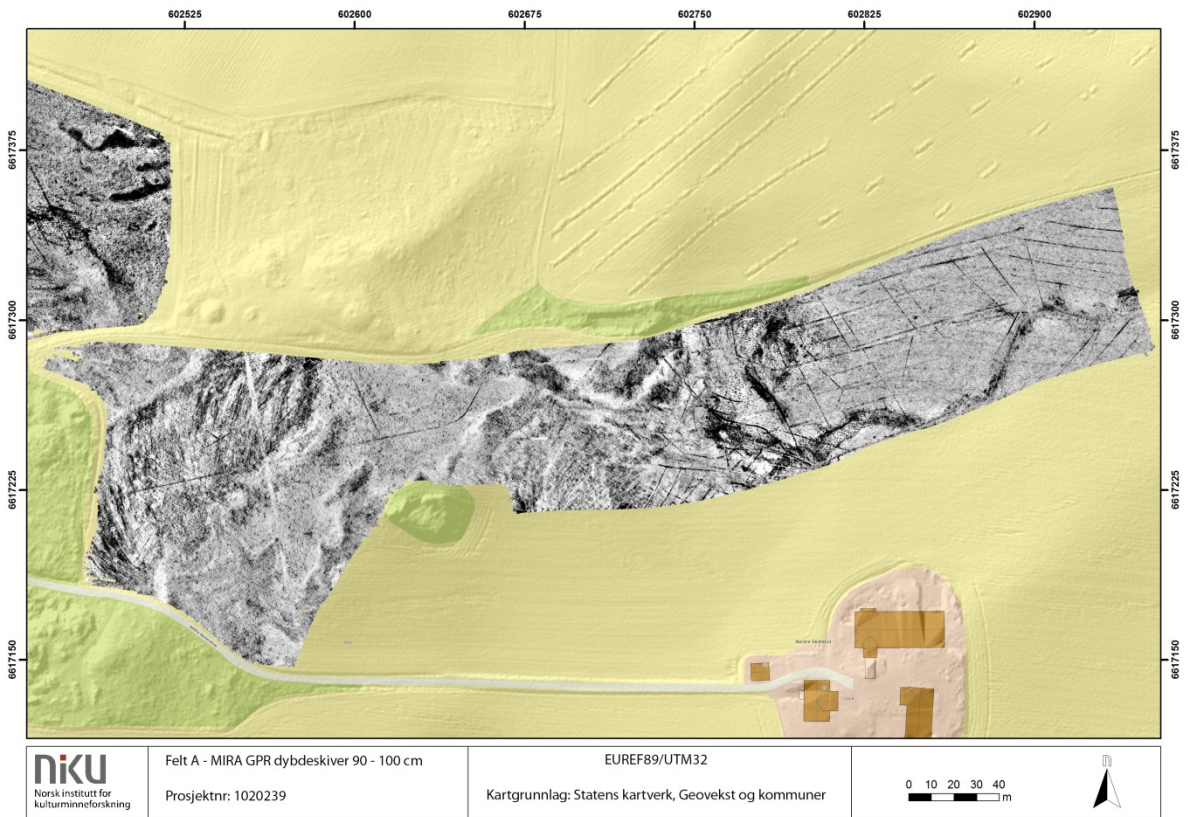
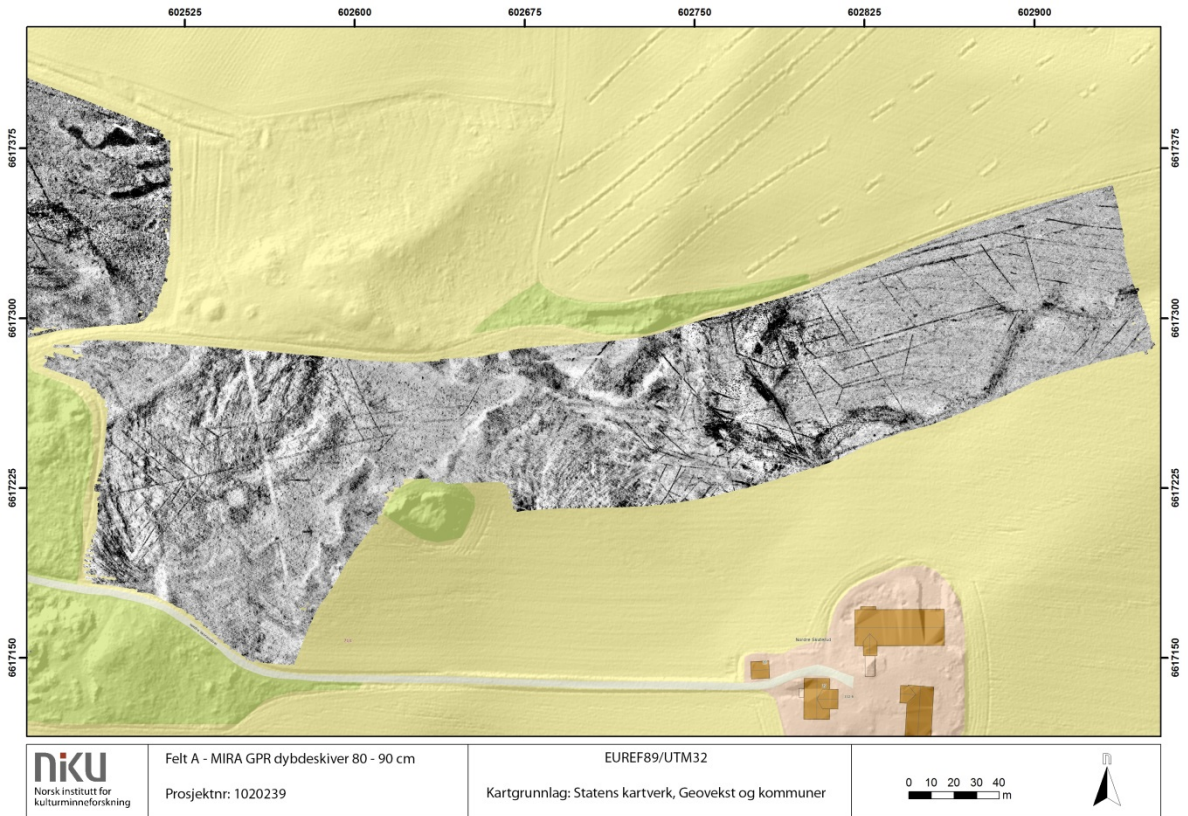
8.1 Dybdeskiver: Georadar felt A

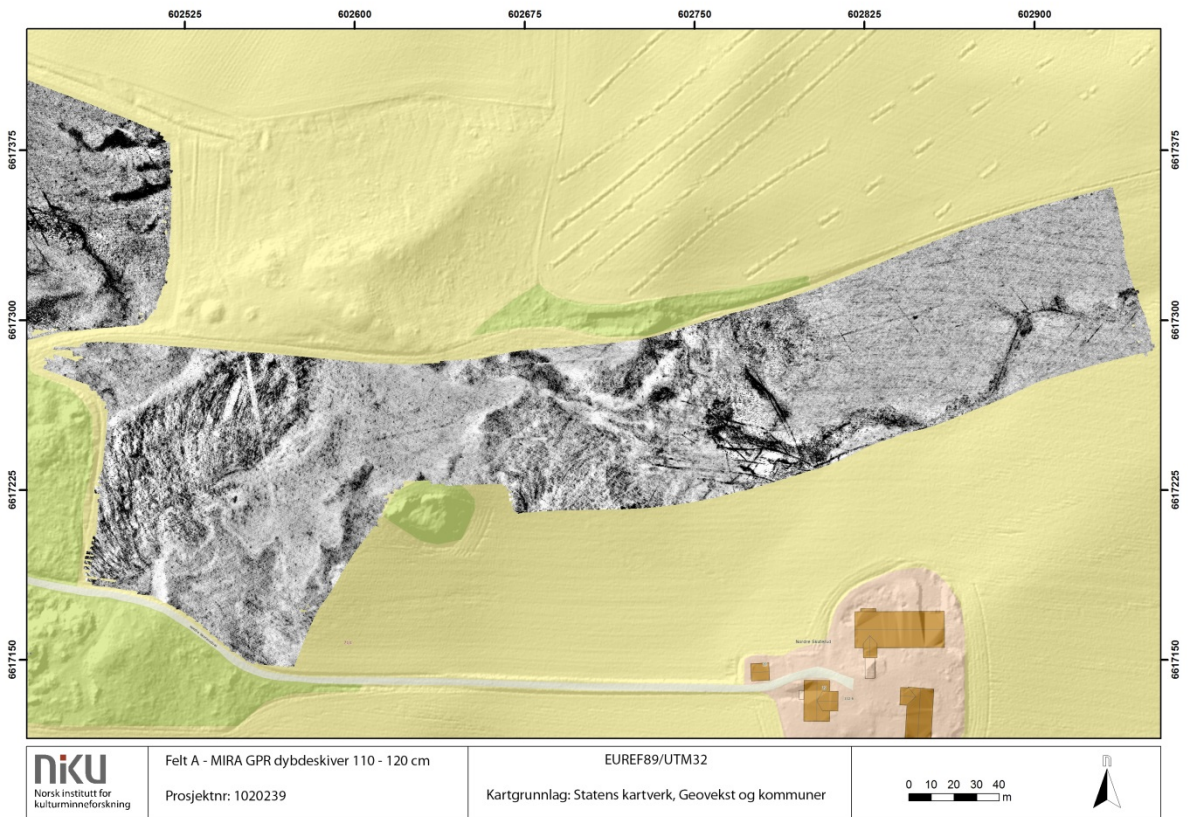
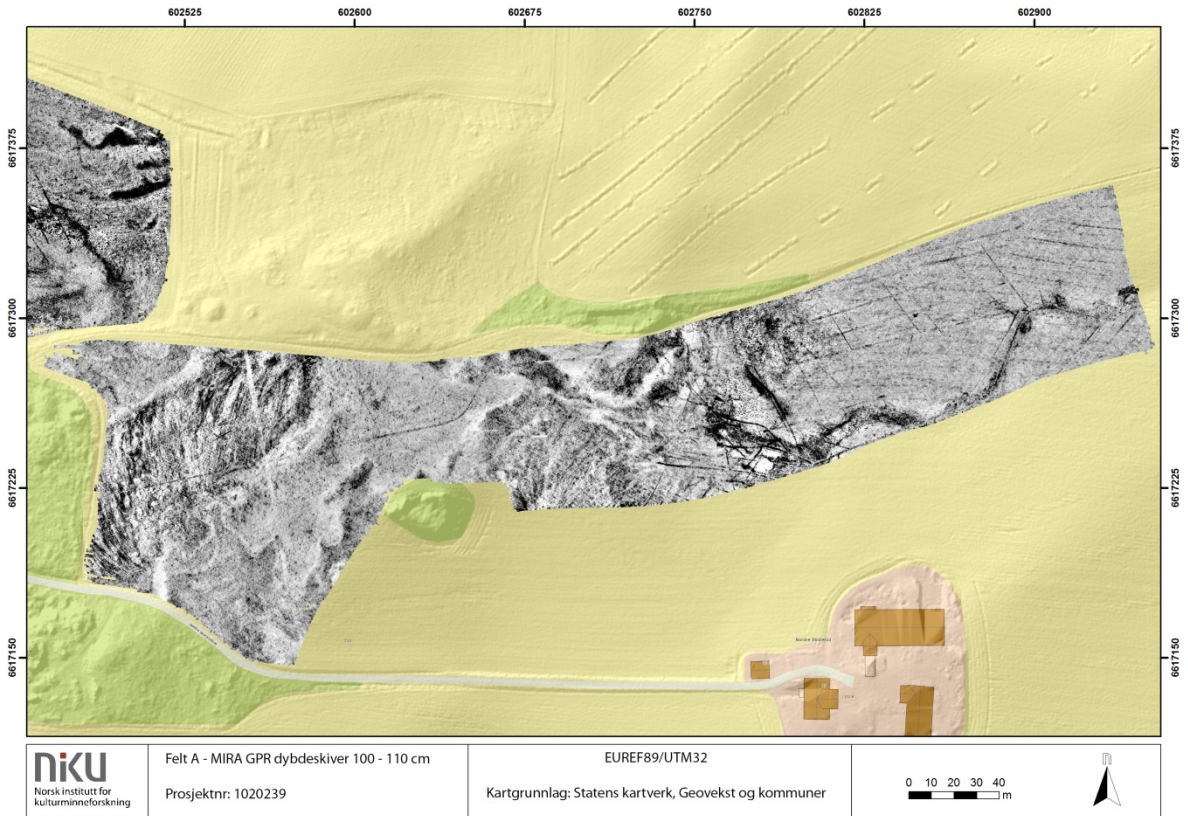


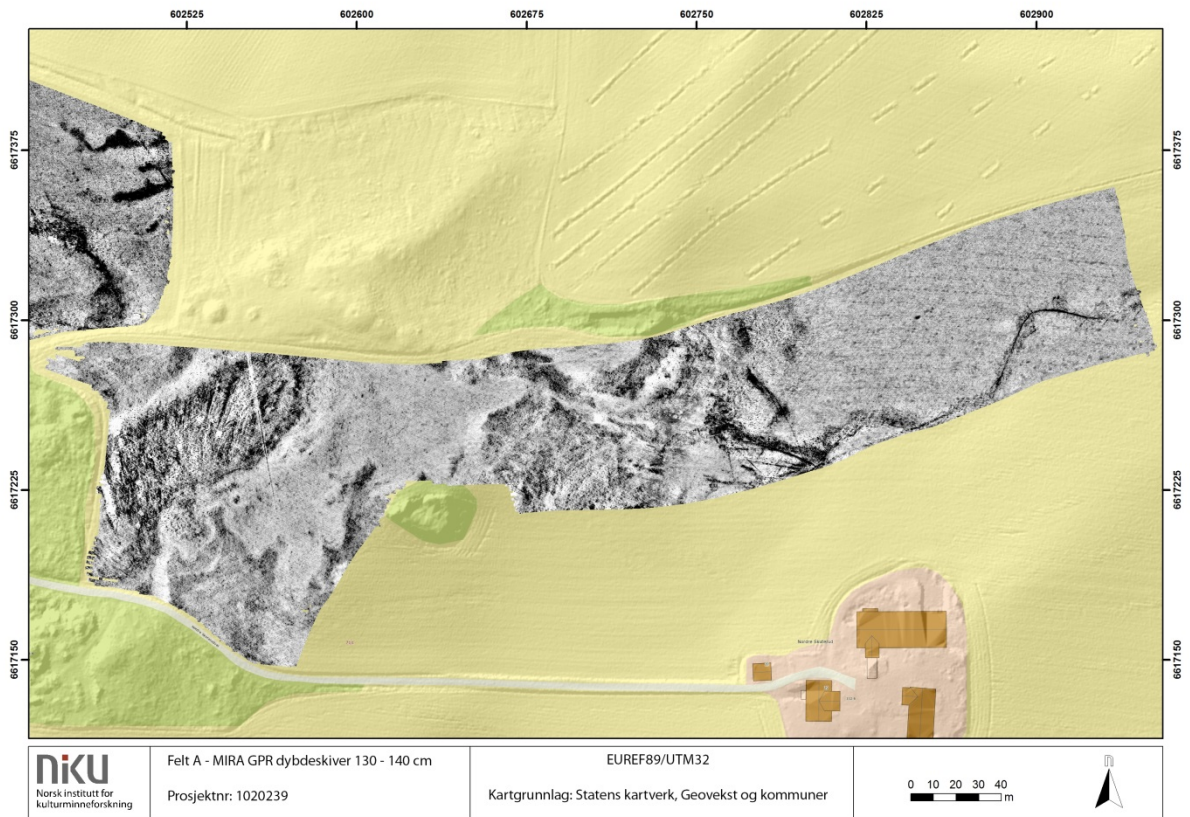
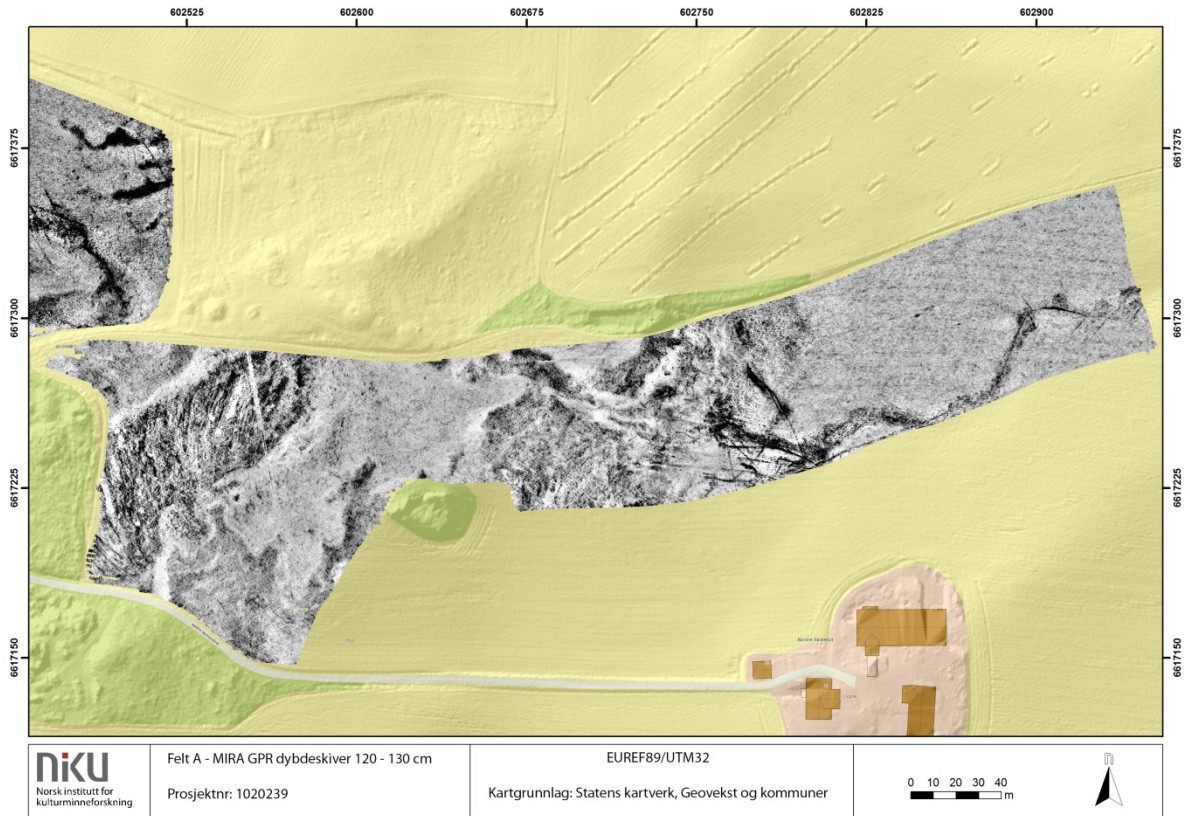


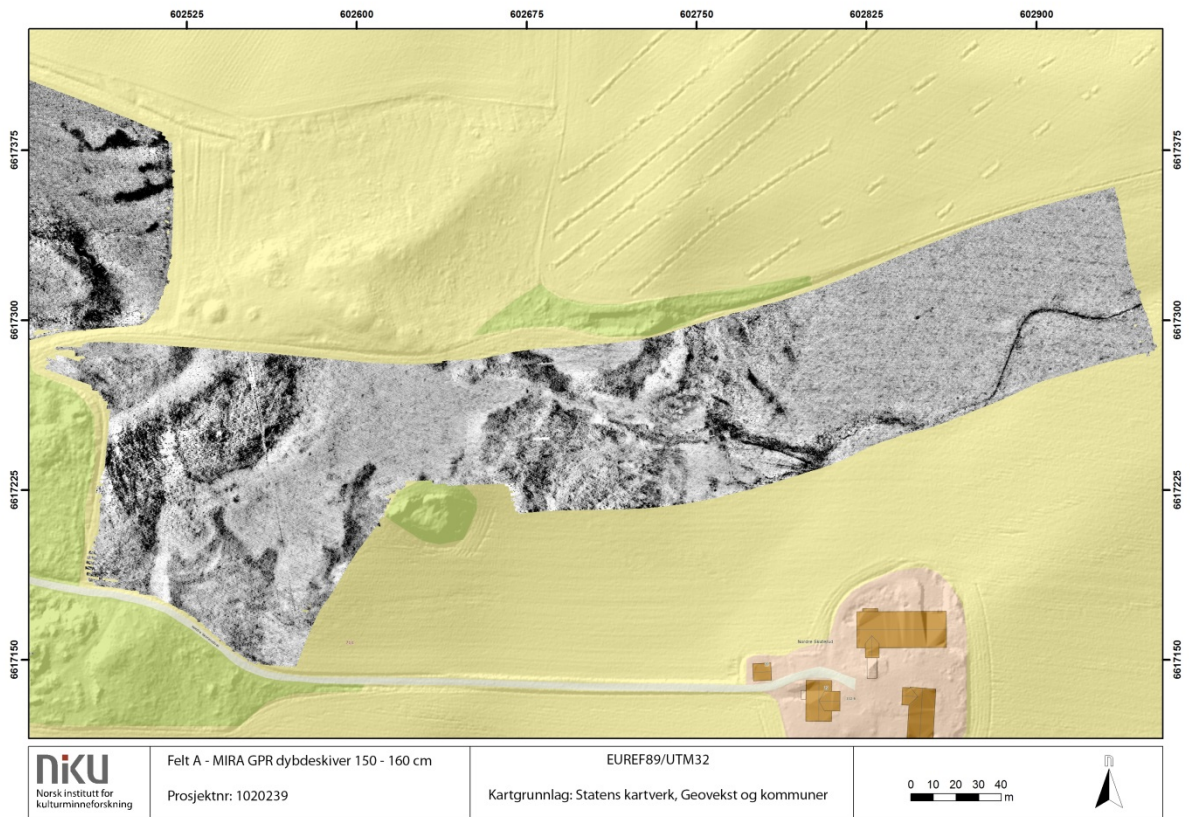
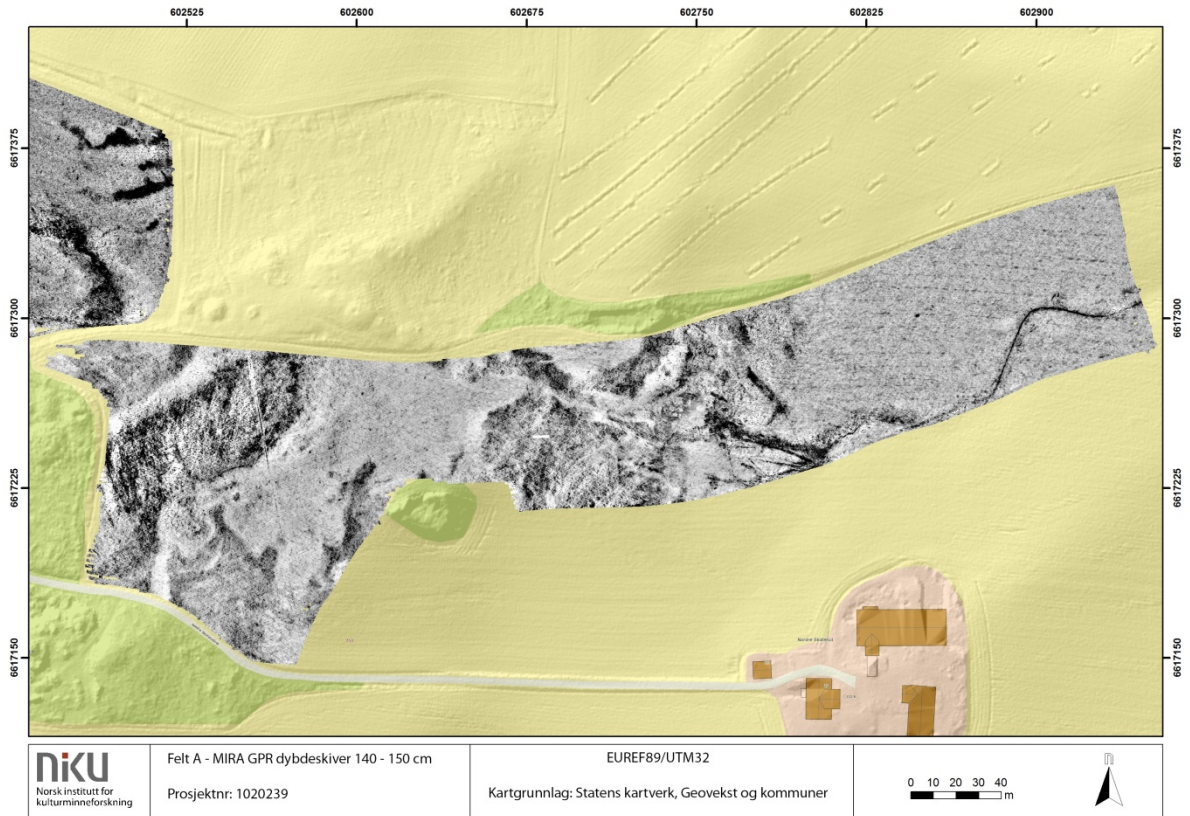


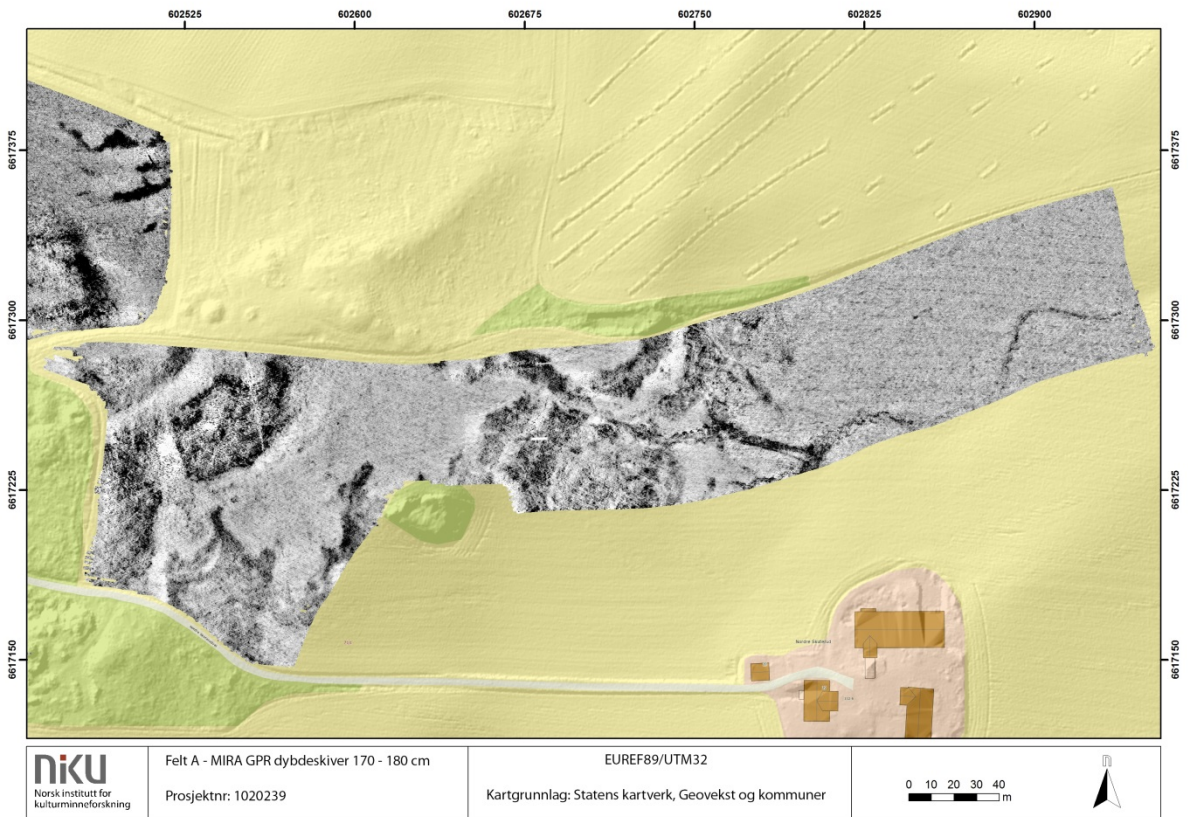
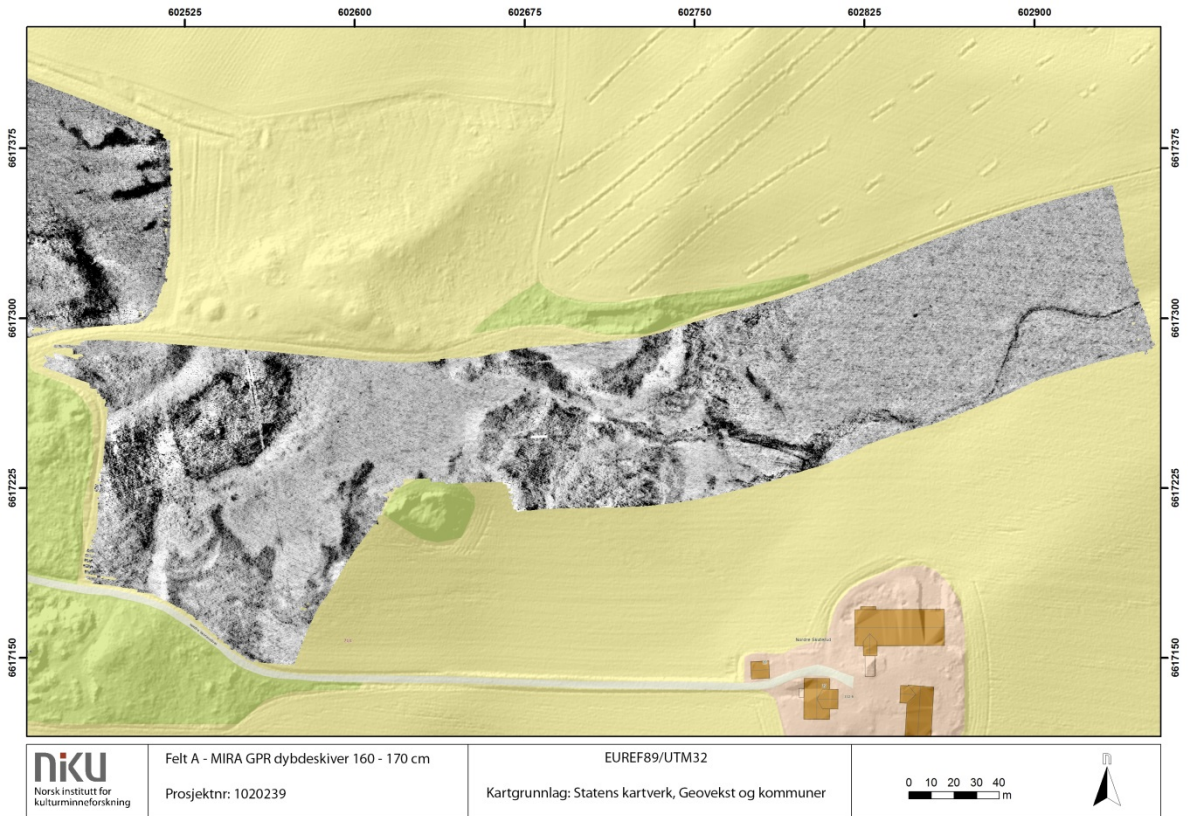


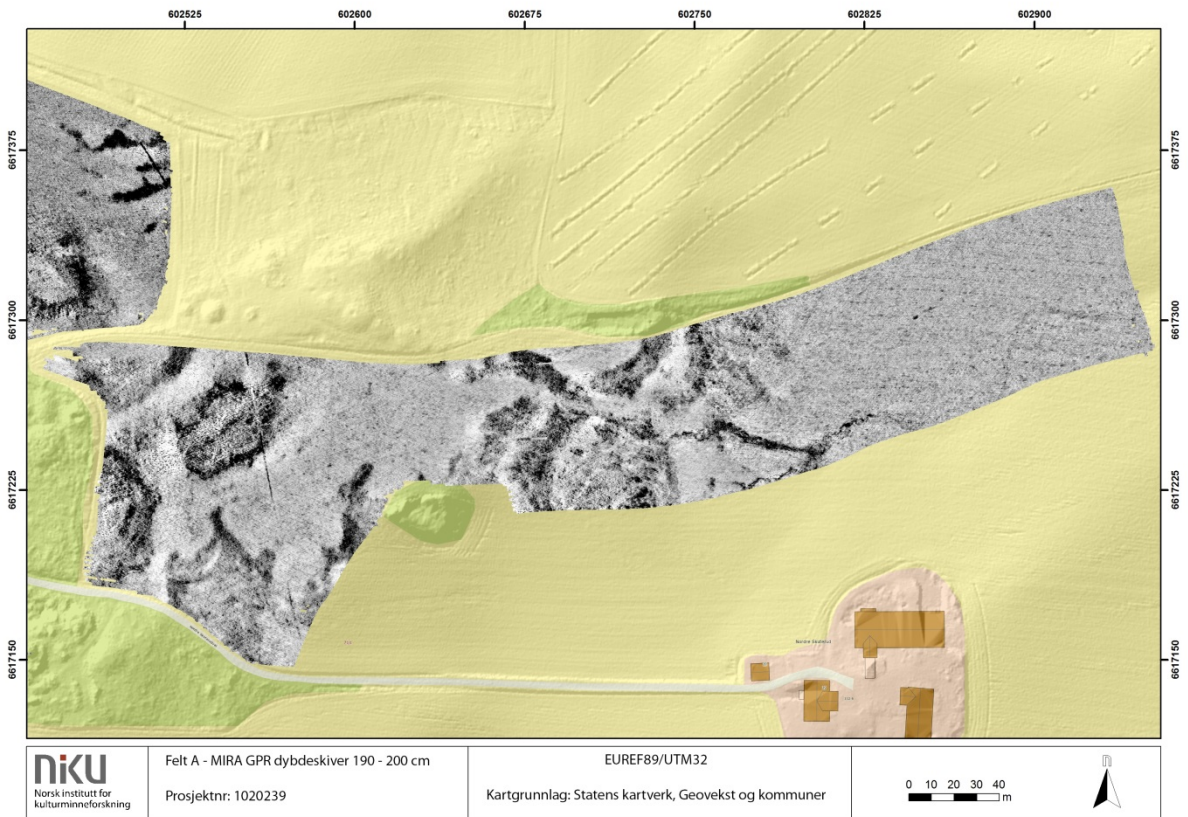
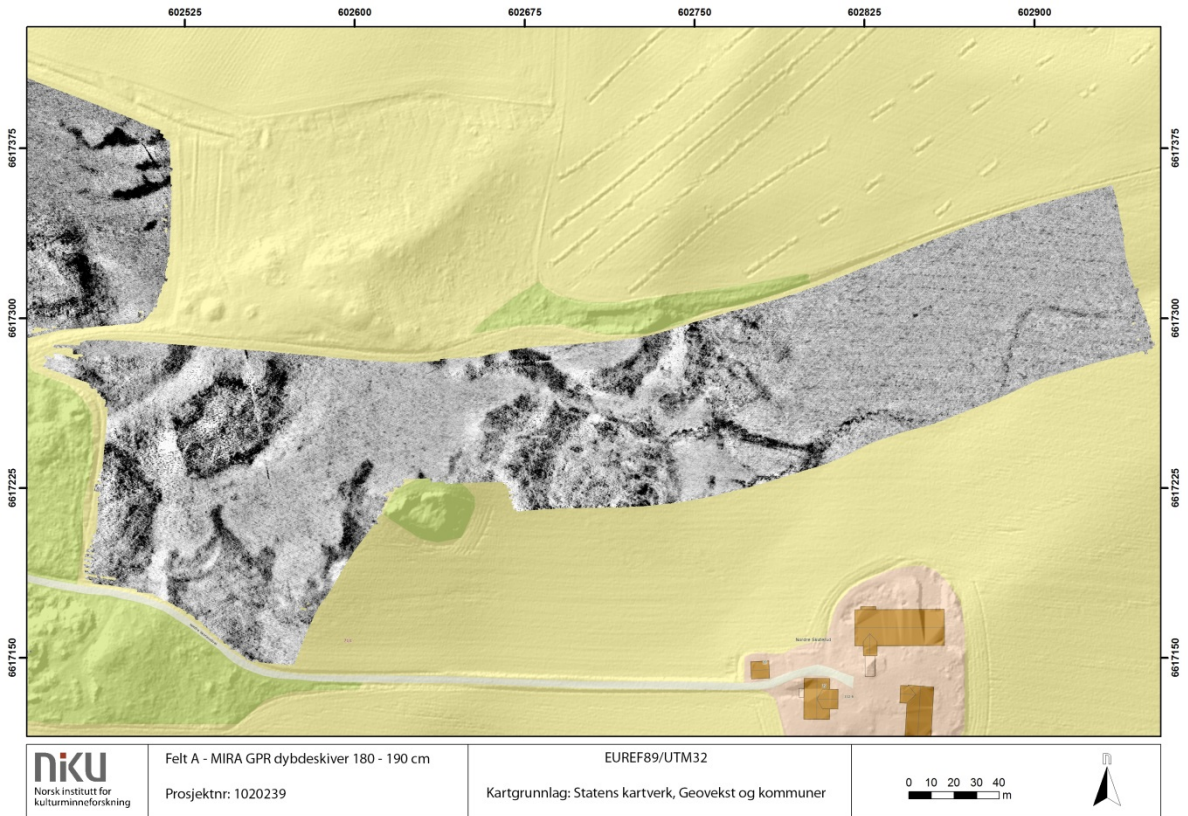






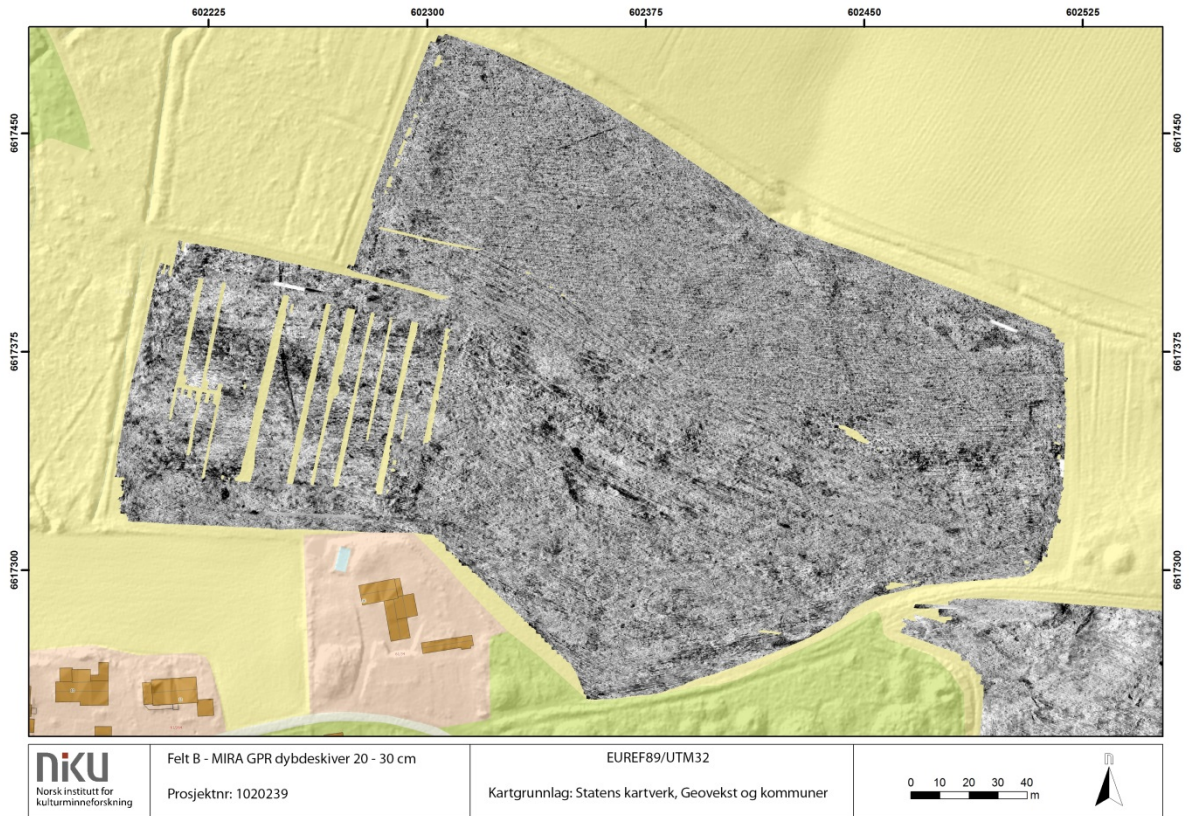


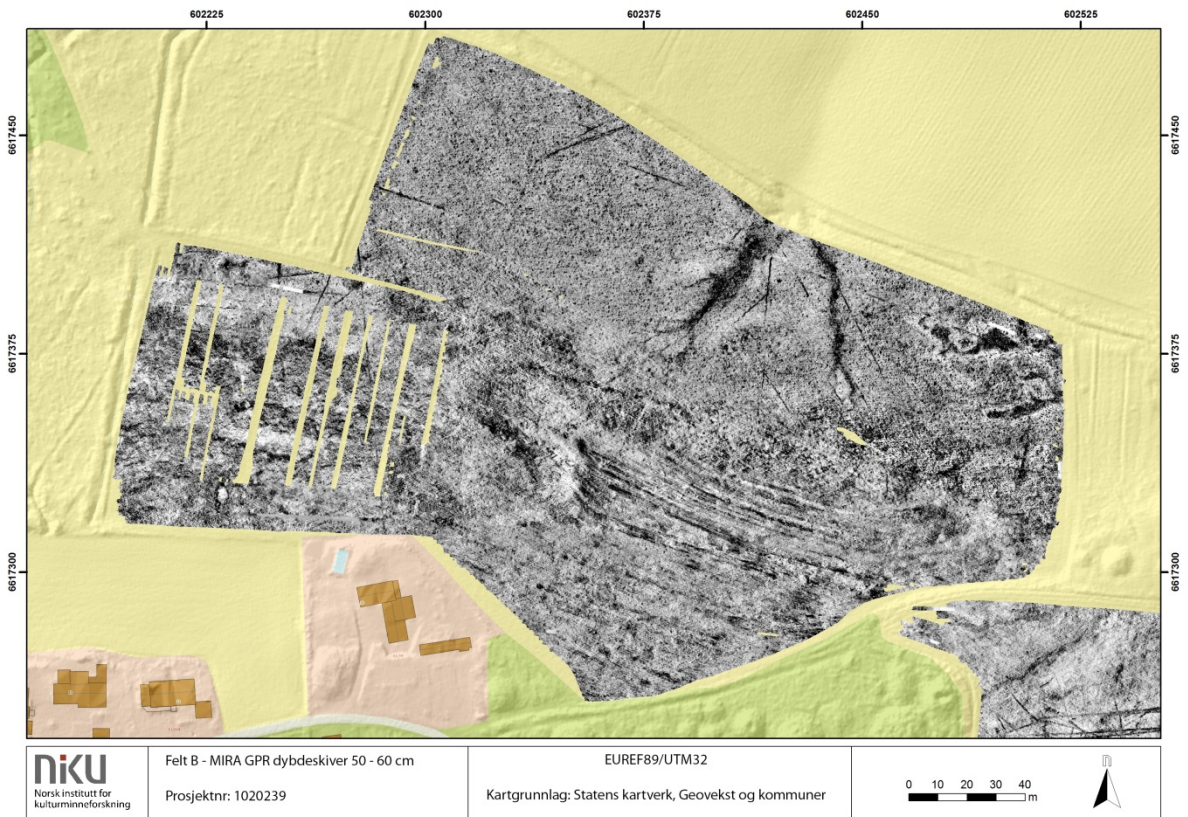


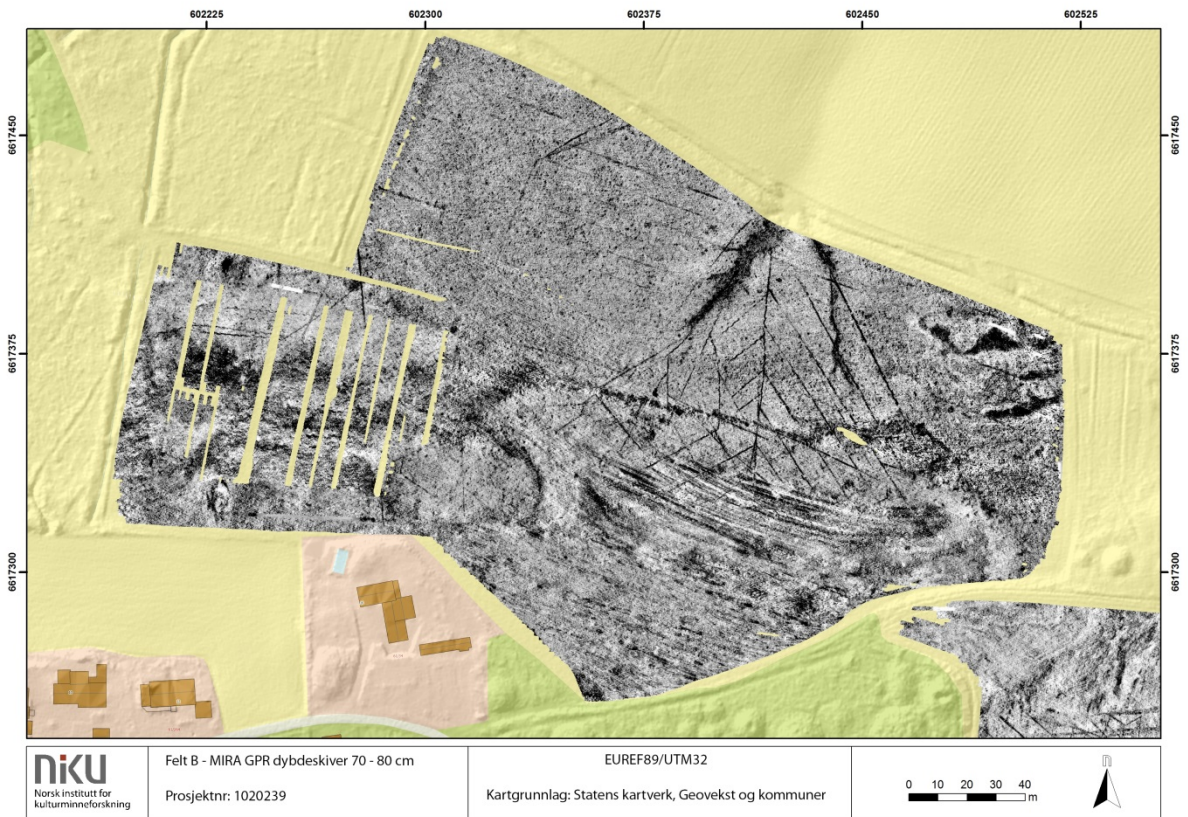
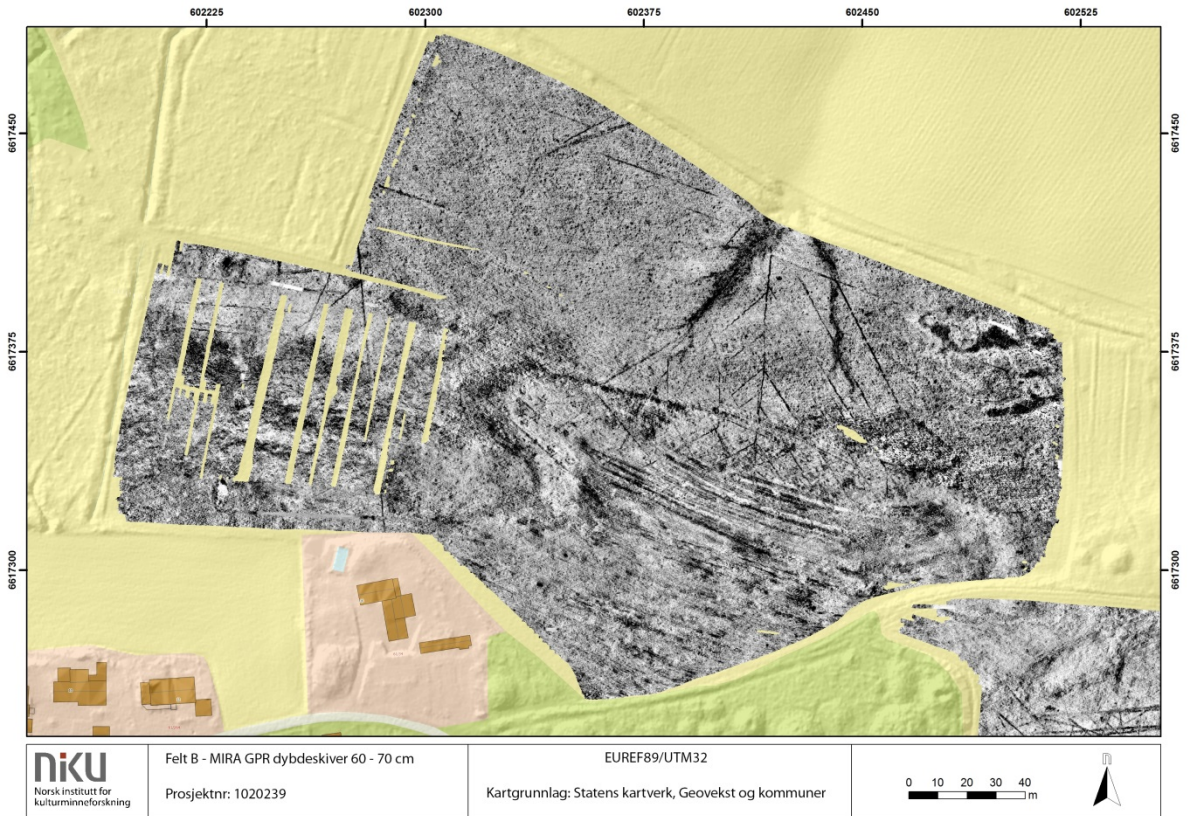


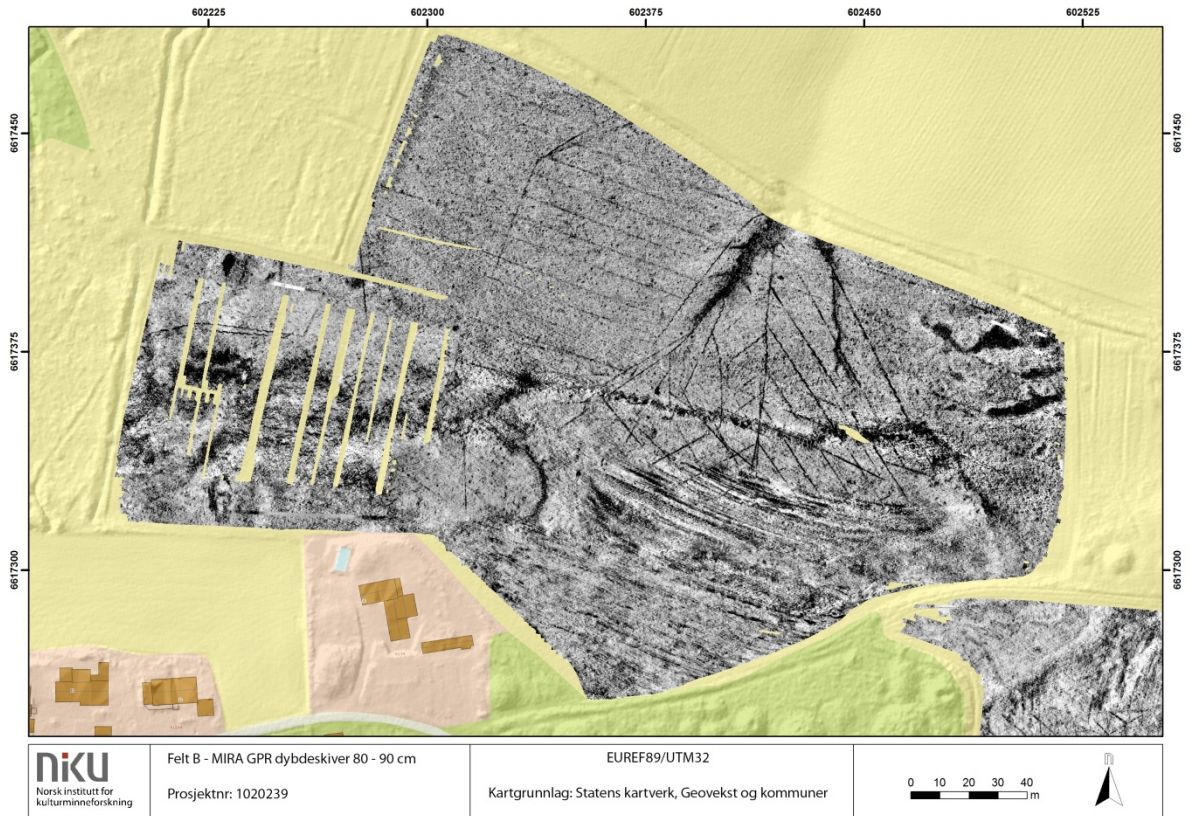
8.2 Dybdeskiver: Georadar felt B



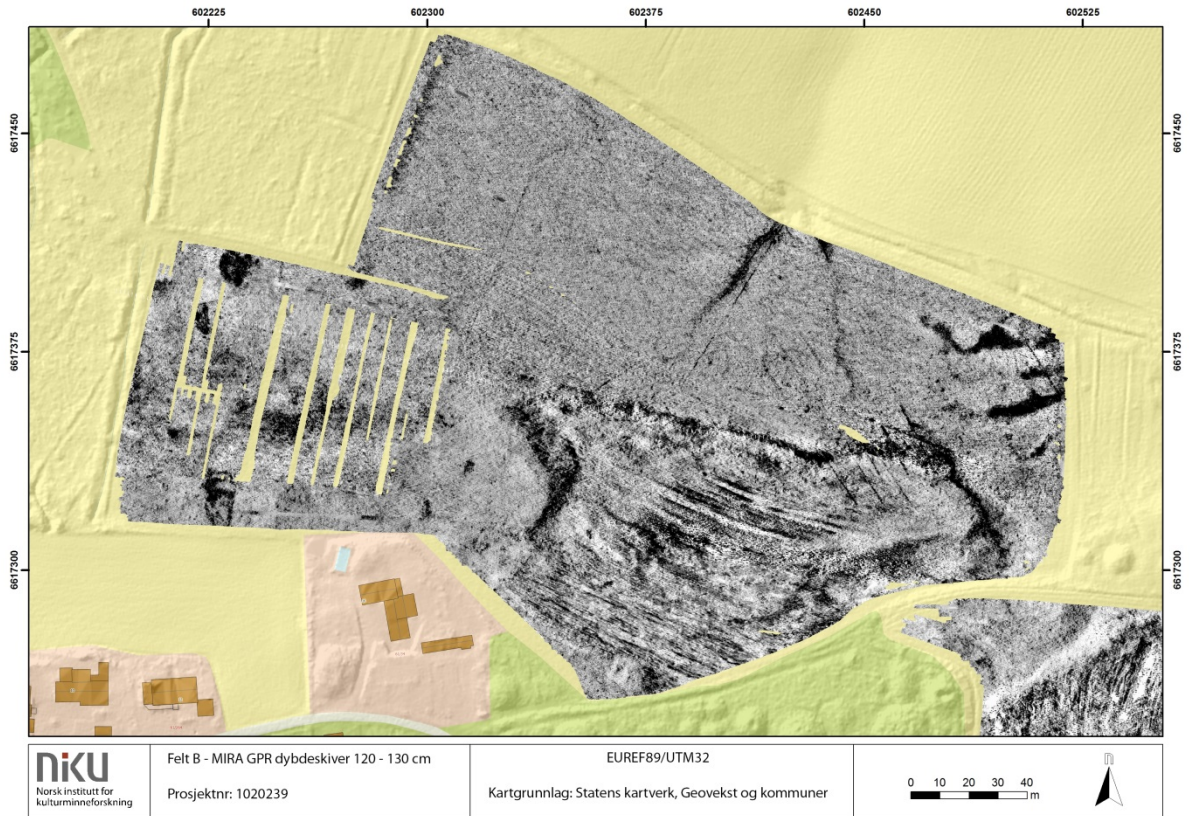




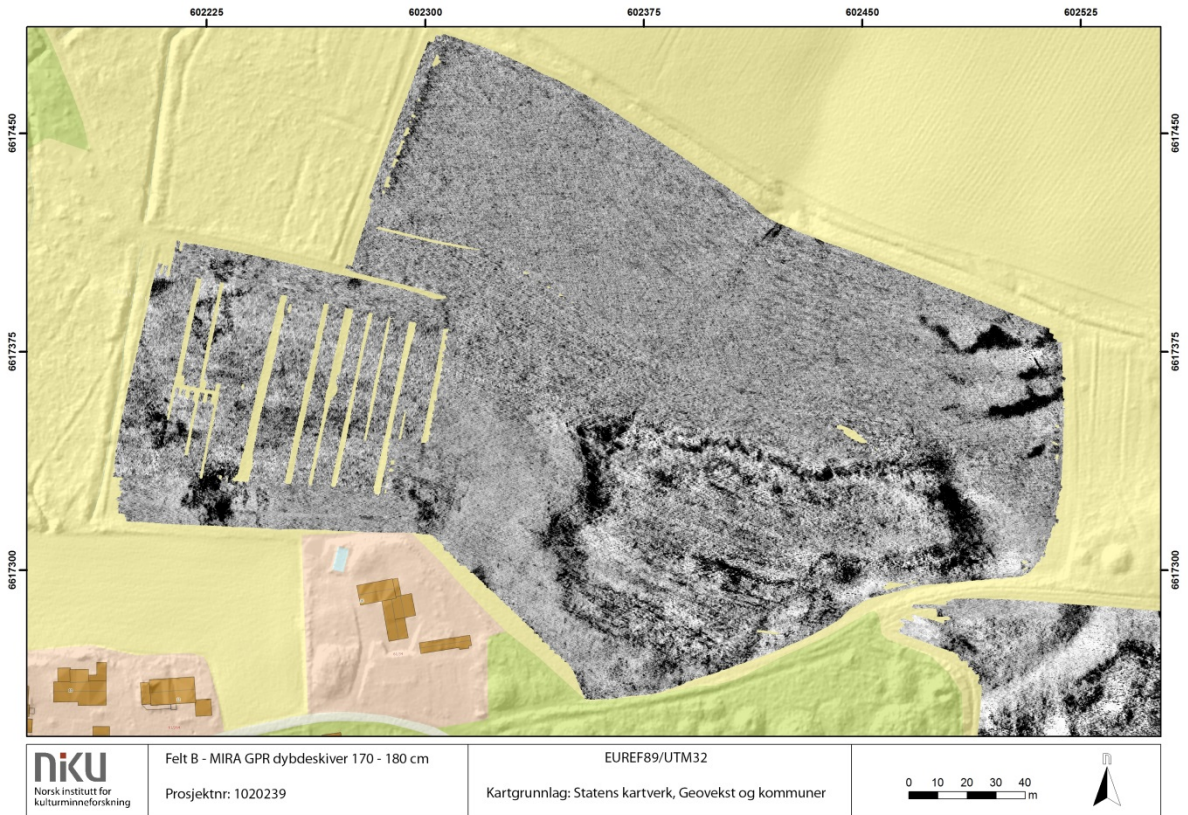


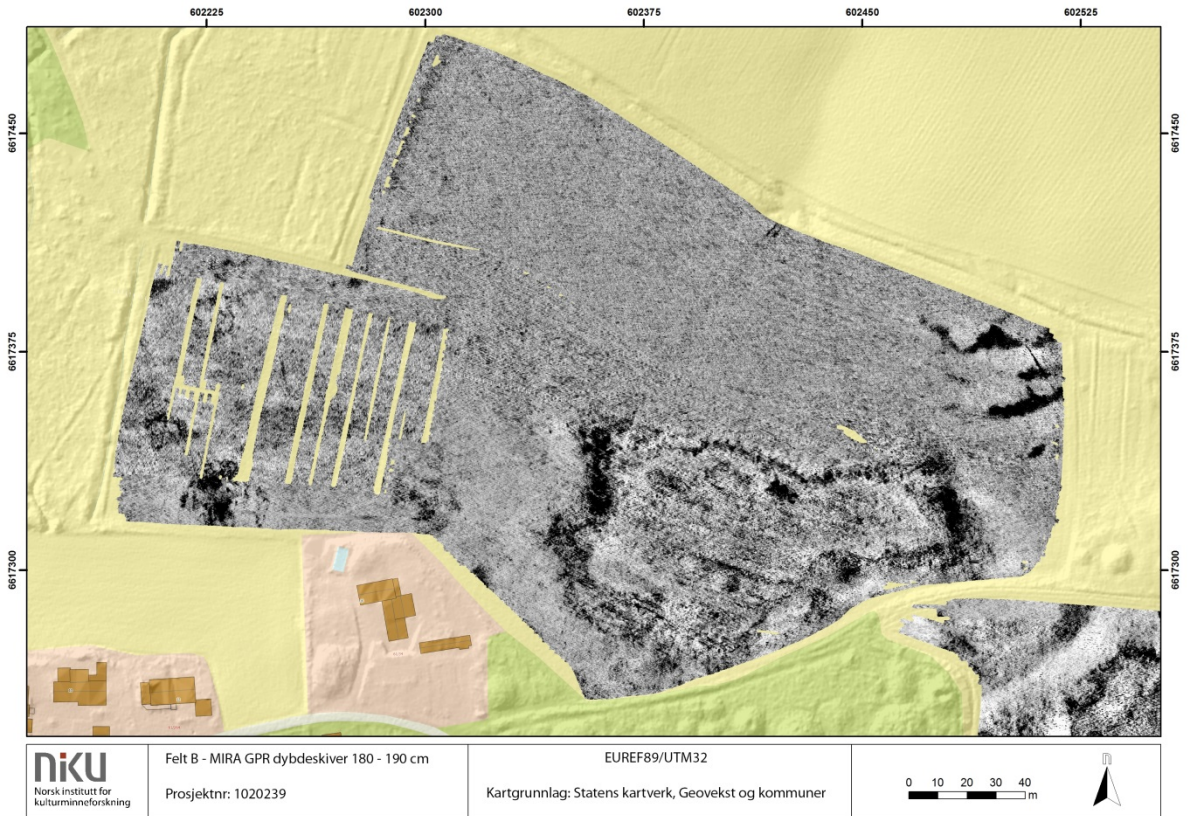




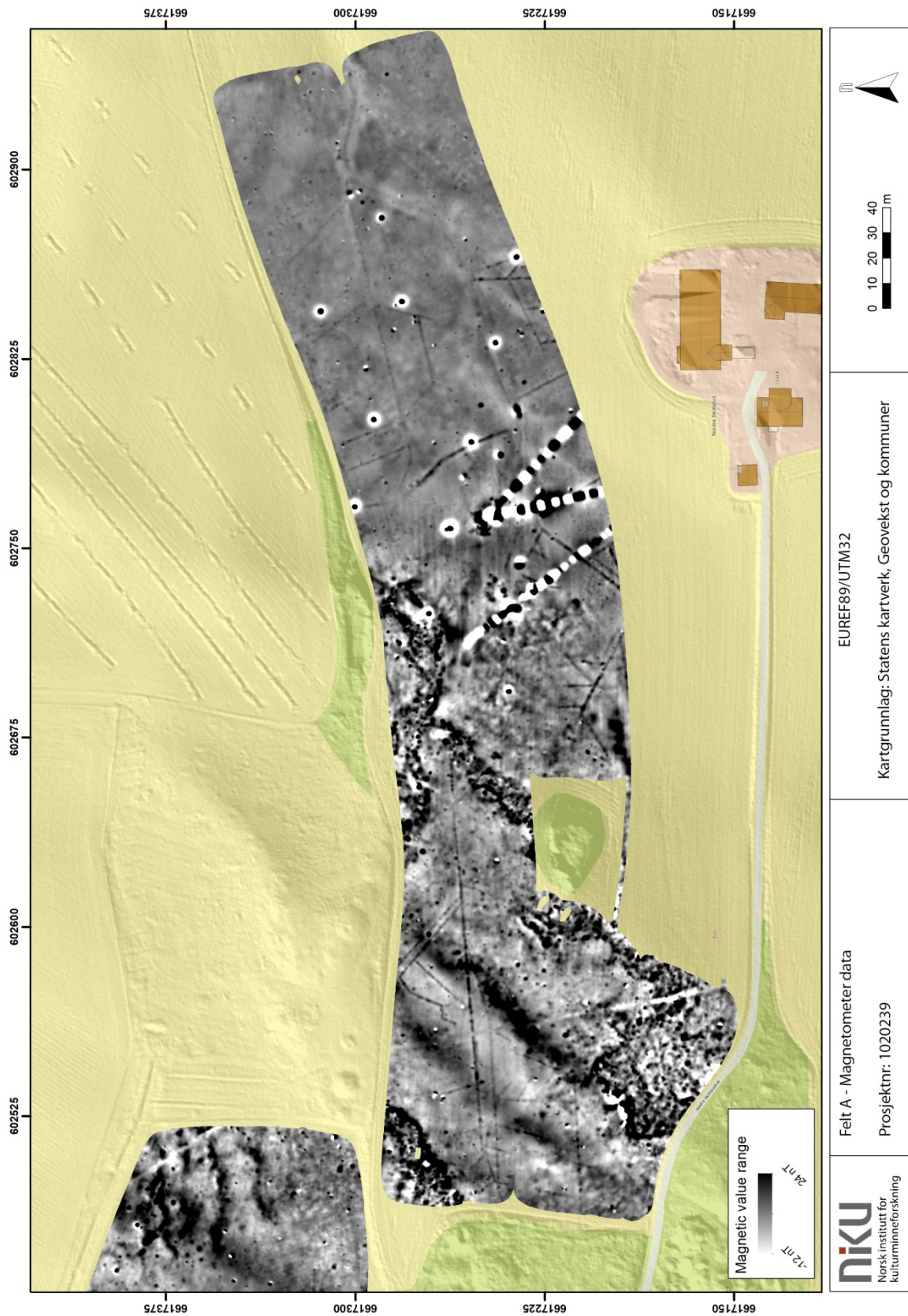




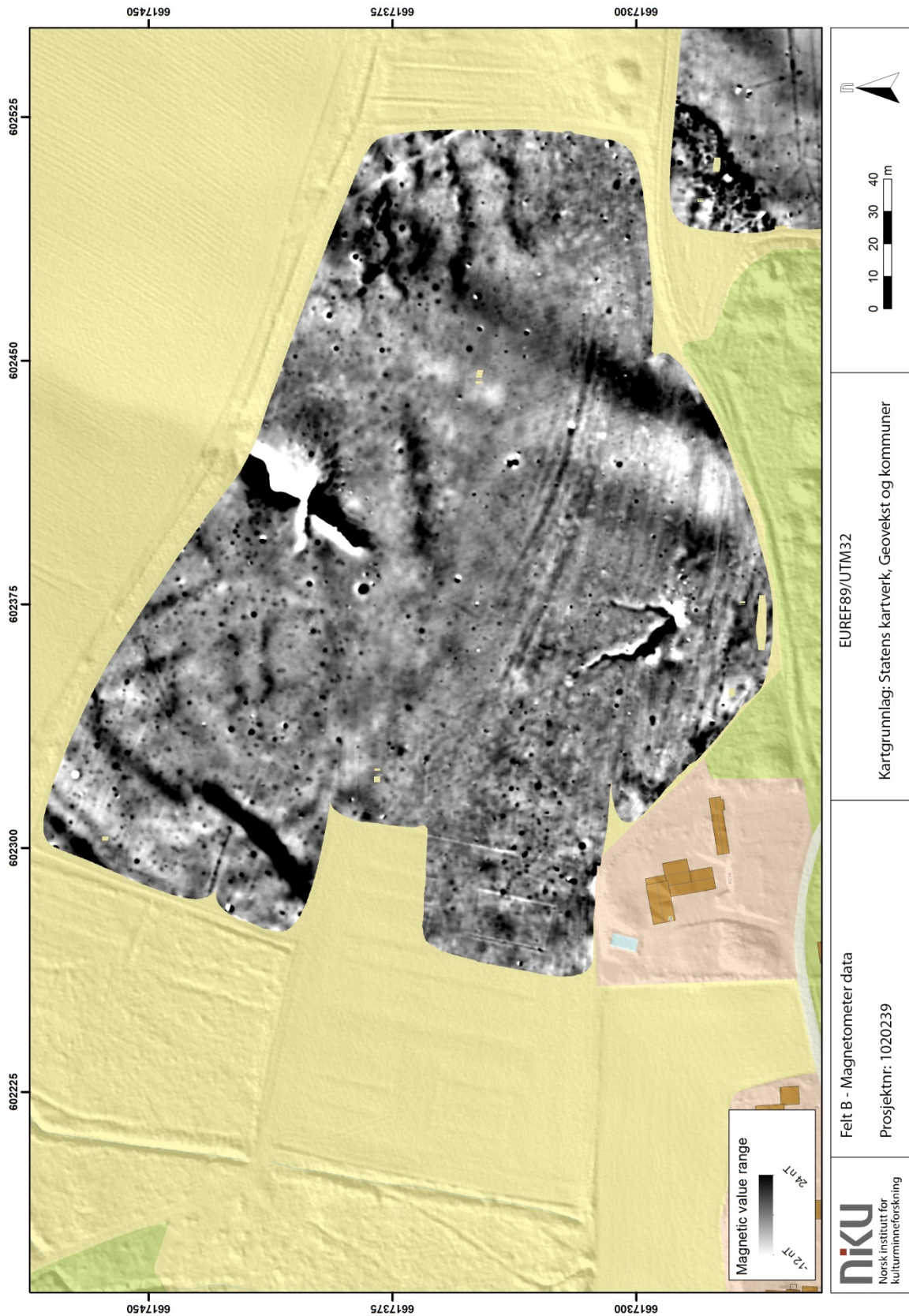




8.3 Magnetogram: Felt A



8.4 Magnetogram: Felt B



Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Oppdragsrapport 158/2015

NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736 Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112 Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 1b
7013 TRONDHEIM
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00