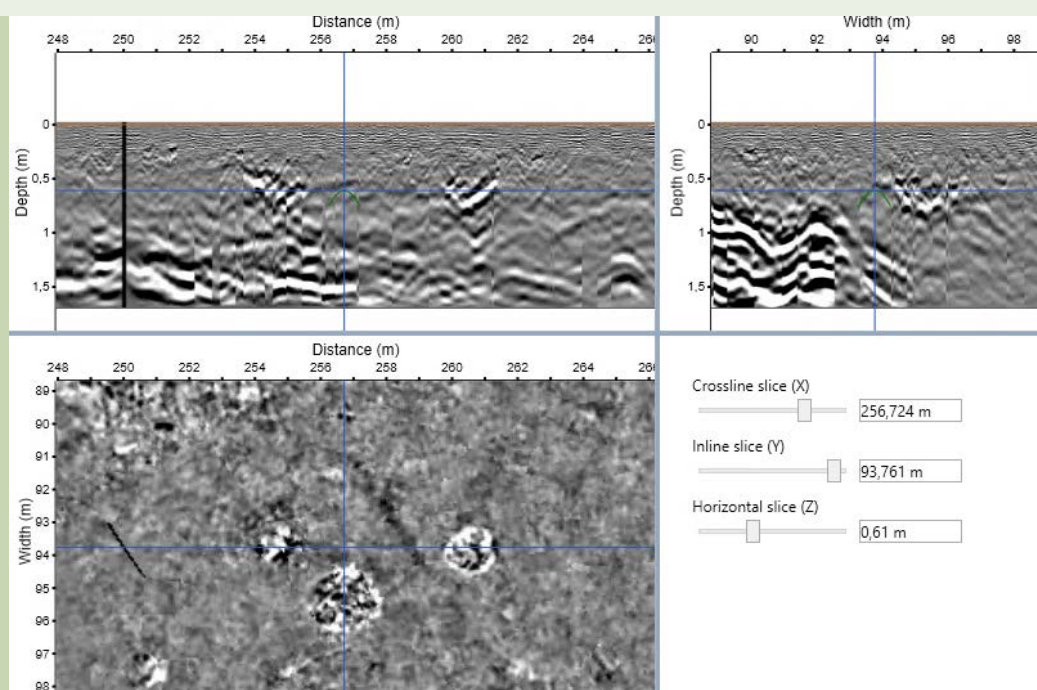


Arne Anderson Stamnes (NTNU Vitenskapsmuseet)
Lars Gustavsen (NIKU)

Avgrensning av arkeologiske kulturminner i dyrkamark.

Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner

NTNU Vitenskapsmuseet
arkeologisk rapport 2018-13



NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:13

Arne Anderson Stamnes (NTNU Vitenskapsmuseet)

Lars Gustavsen (NIKU)

Avgrensning av kulturminner i dyrkamark. Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner.

NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2014. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Rapportserien benyttes ved endelig rapportering fra prosjekter eller utredninger, der det også forutsettes en mer grundig faglig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/vitenskapsmuseet/publikasjoner>

Referanse

Stamnes, A. A. og L. Gustavsen 2018: NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:13. Avgrensning av kulturminner i dyrkamark. Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner.

Trondheim, Juni 2018

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Institutt for arkeologi og kulturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 21 16/73 59 21 45
e-post: postmottak@museum.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Bernt Rundberget (instituttleder)
Knut Paasche (avdelingsleder NIKU)

Kvalitetssikret av

Ellen Grav Ellingsen (serieredaktør)
Knut Paasche (avdelingsleder NIKU)

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Eksempel på kokegroper i georadar-data (NTNU Vitenskapsmuseet), samt bilde fra maskinelle søkesjakter (Telemark fylkeskommune).

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet

ISBN 978-82-8322-150-3
ISSN 2387-3965

Sammendrag

Stamnes, A. A. og L. Gustavsen 2018: NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:13. Avgrensning av kulturminner i dyrkamark. Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner.

NTNU Vitenskapsmuseet og Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) fikk i 2017 tildelt Forsknings- og utviklingsmidler fra Riksantikvaren for et felles prosjekt med tittelen «Avgrensning av arkeologiske kulturminner i dyrka mark». Målet med prosjektet var å undersøke anvendelighet og presisjon av storskala geofysisk kartlegging, og sammenligne dette med registrering- og utgravningsdata ved maskinell fflateavdekking. Prosjektet skulle også undersøke hvordan disse datasettene kunne anvendes for avgrensning, prognosedannelse, prosjektering og budsjettering av videre arkeologiske undersøkelser. Det var også viktig å diskutere hvordan resultatene fra de ulike metodene forholder seg til undersøkelsesplikten jfr. Kulturminneloven §9. Det ble gjennomført geofysiske undersøkelser av to lokaliteter, Øya i Melhus kommune og Dilling i Rygge kommune, og resultatene fra disse ble sammenlignet kvantitativt med resultatene fra maskinell sjakting og fflateavdekking. Det ble også utført statistiske analyser av sammenfallet mellom tettheten av geofysiske anomalier, påviste strukturer ved maskinell fflateavdekking, og utgravningsresultatene, for å kunne si noe om den romlige representativiteten til de ulike registreringsmetodene. Den maskinelle prøvesjaktingen hadde på Melhus en påvisningsgrad på 29% av de arkeologiske strukturerne funnet ved senere utgravning. Ved bruk av georadar ble 10% av de utgravde strukturerne identifisert ved den primære tolkningen av dataene, mens en direkte sammenligning viste at 23% var synlige i georadar-dataene. For Dilling var påvisningsgraden ved den maskinelle prøvesjaktingen på 39% av de utgravde strukturerne. Her ble 6% av de utgravde strukturerne identifisert ved den primære tolkningen av dataene, mens en direkte sammenligning viste at 18% av strukturerne var synlige i georadar-dataene. Generelt er påvisningsgraden for arkeologiske ildsteder, kokegroper, ovner og kokegroper sammenlignbar for maskinell sjakting og georadar-dataene, mens det er noe større variasjon for spesielt stolpehull. På Dilling var dette også den mest tallrike kategorien av arkeologiske strukturer. På Øya var det en bedre romlig korrelasjon for georadar-dataene (0,48 tolket/0,85 påvist), enn for resultatene fra den maskinelle prøvesjaktingen (0,15). På Dilling var korrelasjonen litt bedre for den maskinelle prøvesjaktingen (0,8), enn georadar-dataene (0,65 tolket /0,73 påvist), men resultatene er fremdeles sammenlignbare. Dette betyr at selv om en ikke påviser like høy prosentandel av strukturerne, er den romlige representasjonen av lokalitetene sammenlignbare, om ikke bedre med resultatene fra georadarundersøkelsen på denne typen lokaliteter. Det er ulike fordeler og ulemper med begge registreringsmetodene, som f.eks. at sjakting gir mer en direkte påvisning over et begrenset område, mens georadar gir fulldekkende datasett, og på den måten kan unngå fordyrende overraskelser. Samtidig oppfattes bruken av georadar som noe nytt og ukjent for mange, og forventningene om at en ved å anvende høyteknologiske metoder skal fremskaffe tilsvarende data som ved konvensjonelle metoder skaper en stor fallhøyde. Prosjektet har også vist at det er rom for forbedringer, bl.a. i å bli bedre i selve tolkningsfasen av georadar-dataene. Prosjektet har belyst en problemstilling som vi har kjent til, men som inntil nå ikke har vært belyst ved hjelp av kvantitative metoder. De geofysiske metodene vil kunne påvise enkelte kulturminnetyper, mens andre strukturer vil forbli uoppdaget. Samtidig ser vi at spredningsmønstrene stemmer godt overens med distribusjonen av strukturerne som er påvist ved maskinell fflateavdekking. Det er også en stor forskjell mellom mengden strukturer påvist ved maskinelle prøvesjaktinger og det man faktisk finner når man avdekker store områder. Det er derfor naturlig å spørre om de geofysiske metodene fungerer godt nok som registreringsverktøy jfr. Kulturminneloven §9, og om resultatene kan brukes i planleggings- og budsjetteringsøyemed. Vi vurderer bruken av geofysiske letemetoder som et supplement, og ikke en erstatning for andre registreringsmetoder. Videre mener vi at metodene kanskje vil fungere best som påvisnings- og prognoseverktøy til bruk tidlig i en planfase, for eksempel allerede på konseptvalgutrednings- eller konsekvensutredningsnivå. Overordnet sett har sammenligningene i denne rapporten gitt et viktig referansegrunnlag til hva man forvente av de ulike registreringsmetodene, og dermed også et nyttig bidrag til hvordan en kan anvende slike data forsvarlig i saksbehandling og planlegging, med høy overførings- og kunnskapsverdi inn mot alle ledd i forvaltningsapparatet i Norge og internasjonalt.

Nøkkelord: Arkeologiske registreringsmetoder, maskinell prøvesjakting, georadar, kvantitative analyser, forvaltning

Arne Anderson Stamnes, NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for arkeologi og kulturhistorie, 7491 Trondheim
Lars Gustavsen, Norsk institutt for kulturminneforskning, Digital arkeologi, Storgata 2, 0155 Oslo

Summary

Stamnes, A. A. og L. Gustavsen 2018: NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:3. Avgrensning av kulturminner i dyrkamark. Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner.

The NTNU University Museum and The Norwegian Institute for Cultural Heritage Research (NIKU) were in 2017 awarded research- and development funds from the Directorate for Cultural Heritage (Riksantikvaren) for a joint research project entitled "Delimiting archaeological sites in cultivated land". The aim of the project was to investigate the applicability and precision of large-scale geophysical investigations and to compare these with the results from traditional archaeological test-trenching and soil-stripping excavations. Another aim was to investigate various ways in which such datasets could be used for delimiting sites, creating prognosis for finding additional archaeological features, and budgeting and planning of archaeological investigations, with reference to §9 in the Norwegian Cultural Heritage Act. Two sites were investigated with geophysical methods; Øya in Melhus municipality and Dilling in Rygge Municipality. The results of these investigations were subjected to a quantitative comparison with the results from the test trenching previously performed by the respective county archaeologists, and the results of subsequent excavations undertaken by the regional archaeological museums. By comparing the results from the two methods of archaeological evaluation (test trenching and large-scale ground penetrating radar (GPR)-survey), we could get additional insight into the representability of these evaluation methods. The test-trenching performed at Øya had a detection rate of 29% of all features found at the subsequent excavation. When using GPR, 10 % of all excavated features were identified in the initial archaeological interpretation of the acquired data, while subsequent comparison of the GPR-data showed that 23% of all excavated features were, in fact, visible in the data. The detection rate at Dilling was 39% for the test trenching, while 6% of the excavated features were initially identified in the GPR data. The comparison of the excavated data and the GPR-data showed that 18% of the features were visible in the collected data. The detection rates of features such as cooking pits, pits, fire places, and ovens were generally comparable in both methods of evaluation, while there was a larger difference in relation to identifying postholes. Test trenching was generally more applicable for identifying postholes, most probably due to their physical size and the contrast of postholes in comparison with the technical limitations of GPR with respect to spatial resolution. The spatial correlation between the GPR data and the excavated features at Øya were (0.45 interpreted/0.85 visible), while the test-trenching had a low spatial correlation (0.15). At Dilling the spatial correlation between the excavation and the test trenching was higher (0.8), while the correlation for the GPR was slightly lower (0.65 interpreted/0.73 visible), but still comparable. This means that while you might not locate as high a percentage of the archaeological features, but the spatial representation of the sites are still comparable, if not better, based on the detectable features in the GPR-data on settlement sites of these types. There are different advantages and limitations to using each of these methods of evaluation. For instance, the visual and physical identification by test-trenching is an advantage, whereas the interpretation of GPR data requires another type of specialized skills. Test-trenching is a sampling strategy, whereas large-scale GPR surveys most often cover the entire area to be investigated and can offer additional information otherwise missed in-between the trenches. The project also showed that there is room for improvement in learning how to better identify the archaeological features in the GPR datasets. The project highlighted in a quantitative manner the applicability of the two methods. While GPR does find some archaeological feature types in a comparable rate to test-trenching, others are more easily missed. There is also a discrepancy between the number of features found when excavating the entire site and those indicated by the rate of features visible in the test trenches. The overall spatial pattern of anomalies identified by GPR represents the overall spread of archaeological features excavated well. It is therefore natural to ask if geophysical methods are "good enough" as a method of evaluation, cf. the Cultural Heritage Act §9, and if such results can be used in further planning and budgeting. We consider the use of geophysical methods as a supplement to other evaluation methods. We also consider geophysical methods as most applicable earlier in the stages of site evaluations. Overall, the results presented in this report are considered as important reference material for what to expect by the various archaeological evaluation methods, and an important contribution to how such data can be used in a sensible manner in planning and development-cases, with transferable knowledge to all stages of cultural heritage management in Norway and beyond.

Key words: Archaeological evaluation methods, test-trenching, ground-penetrating radar, quantitative analysis, cultural heritage management.

Arne Anderson Stamnes, NTNU University Museum, Department of Archaeology and Cultural History, NO-7491 Trondheim

Lars Gustavsen, Norwegian Institute for Cultural Heritage Research, Digital Archaeology, Storgata 2, NO-0155 Oslo

Arkivreferanser

Avgrensning av kulturminner i dyrkamark. Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner.

ØYA	
Fylke	Trøndelag
Kommune	Melhus
Gårdsnavn	Kvaal Nedre, Øien Øvre
Gårdsnummer	79/1 og 80/1
Lokalitet	Lokalitet B, Øya
Kulturminnetype	Gårdsanlegg, gravanlegg, fossil åkermark
Datering	Jernalder
Intrasisnr	2017/123
AskeladdenID	216179
Saksnummer (ePhorte)	2017/4507 (Øya, NTNU)
Aksesjonsnummer	2017/123
DILLING	
Fylke	Østfold
Kommune	Rygge
Gårdsnavn	Dilling
Gårdsnummer	67/1 og 69/1
Lokalitet	Dilling
Kulturminnetype	Gårdsbebyggelse, gravanlegg og dyrkningsspor
Datering	Jernalder

Innhold

1.	Innhold.....	6
2.	Innledning.....	8
3.	Bakgrunn og målformuleringer	9
3.1	Faglige mål.....	11
3.2	Resultatmål.....	11
3.3	Finansiering og økonomi	11
3.4	Prosjektgruppe	11
4.	Gjennomføring	12
4.1	Fremgangsmåte.....	12
4.2	Lokalitetsbeskrivelse – Dilling.....	13
4.3	Datainnsamling og prosessering – Dilling.....	13
4.4	Lokalitetsbeskrivelse – Øya	16
4.5	Datainnsamling og prosessering - Øya	17
5.	Statistiske analyser	20
5.1	Metode – Deskriptiv statistikk.....	20
5.2	Analysemetode – Tetthetsanalyse	22
6.	Resultater	23
6.1	Deskriptiv statistikk – Dilling	23
6.1.2	Undersøkellesområdene.....	23
6.1.3	Flateavdekking versus georadar.....	23
6.1.4	Flateavdekking versus sjakting	25
6.2	Tetthetsanalyse – Dilling	26
6.3	Deskriptiv statistikk – Øya	28
6.3.1	Undersøkellesområdene.....	28
6.3.2	Flateavdekking versus georadar.....	28
6.3.3	Flateavdekking versus sjakting	30
6.4	Tetthetsanalyse – Øya	31
7.	Diskusjon	34
7.1	Maskinell prøvesjakting versus utgravningssituasjonen.....	36
7.2	Resultatene vs. undersøkelsesplikten jfr. Kulturminneloven.....	37
7.3	Prosjektering og budsjettering	38
7.4	Forskningspotensiale.....	39
8.	Konklusjon	41
9.	Referanser	43
10.	VEDLEGG.....	45
10.1	Vedlegg A – Datagrunnlag Dilling	45
Flateavdekking versus georadar	45	
Flateavdekking versus sjakting	45	
10.2	VEDLEGG B – Dybdeskiver fra Dilling	46
10.3	VEDLEGG C – Datagrunnlag Øya.....	52
Flateavdekking versus georadar	52	
Flateavdekking versus sjakting	52	
10.4	VEDLEGG D – Dybdeskiver fra Øya.....	53

Figurliste

Figur 1: Oversiktsbilde over et jorde hvor man har utført maskinell prøvesjaktning.	9
Figur 2: Beregnet antall versus reelt antall arkeologiske strukturer.....	10
Figur 3: Lokalitetene Øya og Dilling.	12
Figur 4: Oversiktskart over registreringssjakter, utgravningsområde og område.....	13
Figur 5: NIKUs MALÅ MIRA III georadarsystem under kjøring på Dilling.	14
Figur 6: Eksempel på dybdeskiver generert fra georadarundersøkelsen ved Dilling.....	15
Figur 7: Tolkingskart fra georadarundersøkelsen ved Dilling.	15
Figur 8: Resultater fra fylkeskommunens prøvesjaktning på Øya.	16
Figur 9: Utgravningsresultater fra utgravningen på Øya	17
Figur 10: NTNUs 3d-radar GPR system	18
Figur 11: Dybdeskive fra Øya ved ca. 60-80 cm dybde.....	19
Figur 12: Eksempler på kokegroper i georadar-datasettet	19
Figur 13: Eksempel på analysegrunnlag.....	21
Figur 14: Utdrag fra punktenes egenskapstabell.	21
Figur 15: Prosentvis fordeling av utgravde strukturer ved Dilling.	23
Figur 16: Oversiktskart over strukturer avdekket ved flateavdekking ved Dilling.	24
Figur 17: Graf som viser påvisningsgrad ved georadar fordelt på strukturtype fra Dilling.	25
Figur 18: Graf som viser forholdet strukturer påvist ved sjaktning og flateavdekking, Dilling.	26
Figur 19: Tetthetsanalyse, Dilling. Strukturer som er påvist ved flateavdekking.....	27
Figur 20: Tetthetsanalyse, Dilling. Strukturer påvist i georadar-dataene	27
Figur 21: Tetthetsanalyse, Dilling. Strukturer påvist ved sjaktning	28
Figur 22: Prosentvis fordeling av utgravde strukturer på Øya.	29
Figur 23: Graf som viser påvisningsgrad ved georadar fordelt på strukturtype fra Øya.....	30
Figur 24: Påvisningsgrad mellom fylkeskommunens prøvesjaktning og museets resultater.....	31
Figur 25: Tetthetsanalyse, Øya. Strukturer som er påvist ved flateavdekking.	32
Figur 26: Tetthetsanalyse, Øya. Strukturer påvist i georadar-dataene.....	32
Figur 27: Tetthetsanalyse, Dilling. Strukturer påvist ved sjaktning	33
Figur 28: Eksempel på strukturer påvist med georadar-data, sammenlignet med prøvesjakter...	35
Figur 29: Huset fra Øya slik det fremsto i georadar-dataene og ved ortofoto	36

1. Innledning

NTNU Vitenskapsmuseet og Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) utarbeidet vinteren 2017 en felles søknad om FoU-midler fra Riksantikvaren, med et prosjekt kalt «Avgrensning av arkeologiske kulturminner i dyrka mark». Riksantikvaren tildelte den 06.04.2017 midler til gjennomføring av prosjektet. Målet med prosjektet var:

- i) å undersøke anvendelighet og presisjon av storskala geofysisk kartlegging jamført med registrerings- og utgravningsresultater ved maskinell flateavdekking
- ii) å undersøke hvordan ulike datasett kan anvendes for avgrensning, prognosedannelse, prosjektering og budsjettering av videre arkeologiske undersøkelser
- iii) å undersøke hvordan resultatene fra de ulike metodene forholder seg til undersøkelsesplikten jfr. Kulturminneloven §9.

Det ble gjennomført ble det gjennomført geofysiske undersøkelser av to lokaliteter og resultatene fra disse ble sammenlignet kvantitativt med resultater fra maskinell sjaktning og flateavdekking. Denne rapporten beskriver metodene brukt ved datainnsamling og påfølgende analyser. Videre diskuteres resultatene i forhold til rådende praksis ved arkeologiske registreringer i dyrka mark i Norge, og belyser utfordringer ved bruk av både geofysiske så vel som konvensjonelle kartleggingsmetoder. Rapporten er forfattet av Arne Anderson Stamnes ved NTNU Vitenskapsmuseet og Lars Gustavsen hos NIKU. Knut Paasche fra NIKU har vært med som prosjektkoordinator.

Forfatterne ønsker med dette å takke Riksantikvaren ved Mona Vibeke Moe og Jostein Gundersen for faglig og administrativ oppfølging. Vi retter også en stor takk til Ole Kjos og Per Erik Gjesvold fra Østfold fylkeskommune, Knut-Harald Stomsvik, Anne Haug og Rut-Helen Langbrekke Eikeland fra Trøndelag fylkeskommune, Lars Erik Gjerpe, Marie Ødegaard, Torgeir Winther, Linnea S. Johannessen og Jan Kristian Hellan fra Kulturhistorisk museum, samt Merete Moe Henriksen, Raymond Sauvage, Silje E. Fretheim, Ole Risbøl og Monica Svendsen fra NTNU Vitenskapsmuseet for å ha delt sine utgravningsresultater med oss, og for å ha bidratt med konstruktive tilbakemeldinger under arbeidet med prosjektet.

2. Bakgrunn og målformuleringer

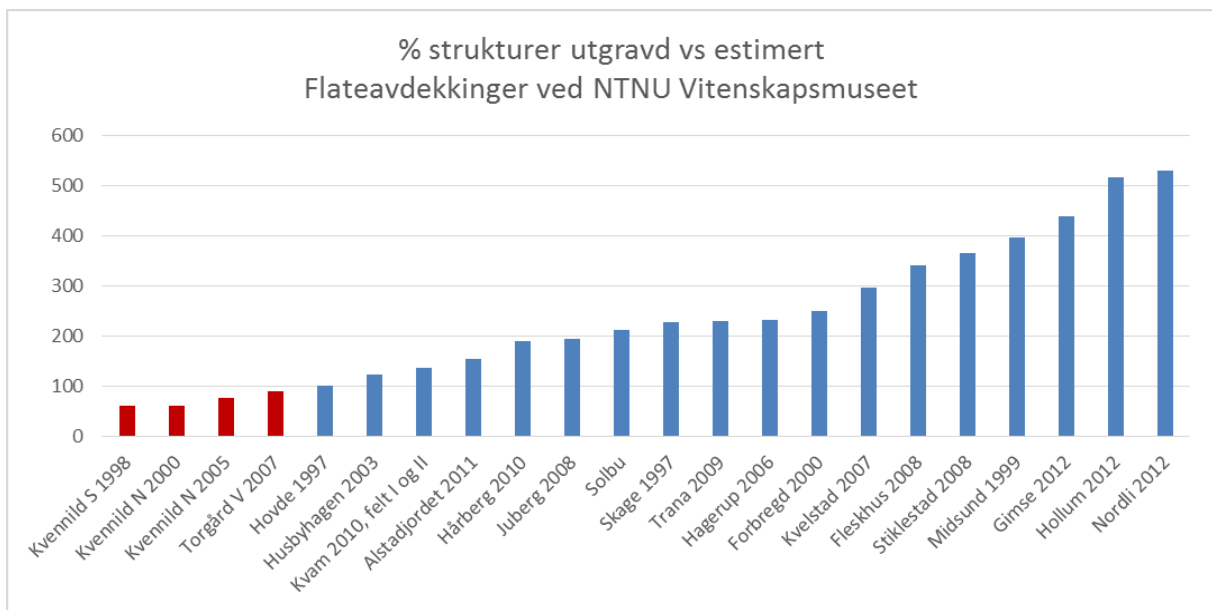
En forvaltningsarkeologisk registrering skal avklare hvorvidt et tiltak berører automatisk fredede kulturminner, og samtidig være godt nok utført slik at de regionale landsdelsmuseene kan budsjettere en arkeologisk utgravning på bakgrunn av de arkeologiske registreringene (Kahn, 2007). Maskinell sjaktning med påfølgende flateavdekking som metode har i løpet av de siste 25 årene blitt standard undersøkelsesmetodikk for registrering og utgravning av arkeologiske lokaliteter i dyrkamark (Løken et al., 1996, Høgestøl et al., 2005) Metodene har ført til økt kulturhistorisk kunnskap gjennom påvisning og kartlegging av arkeologiske lokaliteter som ellers ville ha forblitt urørte og/eller fjernet i forbindelse med utbygging (Figur 1). Typisk for maskinell sjaktning er at man graver 3 meter brede sjakter med 10-20 meters mellomrom over området som berøres av plansaken (Høgestøl et al., 2005, Iversen, 2013). Selv om denne metoden har mange fordeler, har den åpenbare, men ofte underkommuniserte begrensninger både i forhold til stratigrafiske forhold, representativitet og avgrensingsproblematikk, noe som igjen kan medføre usikkerhet i den etterfølgende budsjetterings- og planleggingsfasen. Det er også et fysisk inngrep, som kan medføre fysisk og kjemisk nedbryting av kulturminner og kulturlag. Blant annet er det demonstrert hvordan tettheten av påviste strukturer fra de maskinelle prøvesjaktene ofte ikke gjenspeiler den faktiske tettheten av arkeologiske strukturer påvist når man senere avdekker hele områder (se Figur 2). Med andre ord finner man aldri alt under selve registreringsfasen. Dette får nødvendigvis konsekvenser for hvordan man budsjetterer for videre utgravninger, og det påvirker også vurderinger relatert til kulturminneloven §9 – undersøkelsesplikten, samt forvaltningsloven §17, altså hvordan man avgjør hvorvidt en sak er godt nok opplyst før et vedtak treffes. Samtidig skal det være et klart forhold mellom størrelsen på utgiftene for en tiltakshaver og omfanget på det planlagte tiltaket (Guribye and Holme, 2001, Kahn, 2007).



Figur 1: Oversiktsbilde over et jorde hvor man har utført maskinell prøvesjaktning. Foto: Telemark fylkeskommune.

Geofysiske metoder representerer en annen måte å se arkeologi på, hvor man ved hjelp av elektriske, magnetiske og elektromagnetiske metoder kan produsere geofysiske kart som kan vise potensiell arkeologi. Fordelene er typisk en helhetlig dekning av et undersøkelsesområde uten å gjøre fysiske inngrep og hvor datainnsamlingen kan gjennomføres relativt raskt. I løpet av det siste tiåret har andelen av undersøkelser med geofysiske metoder hatt en markant økning, men antallet

fylkeskommuner som bestiller slike undersøkelser som ledd i den daglige forvaltningen er få, og aksepten for anvendelse av geofysiske registreringsmetoder som del av §9-undersøkelser er generelt lav. Samtidig har de arkeologiske landsdelsmuseene liten erfaring med hvordan man skal forholde seg til denne typen data som kunnskapsbidrag knyttet til budsjettering og prosjektgjennomføring. Manglende teknisk kunnskap og erfaringer omkring anvendeligheten av de ulike metodene gjør det også vanskelig for fylkeskommunens arkeologer å vurdere hvorvidt resultatene fra en geofysisk undersøkelse er gode nok i henhold til undersøkelsesplikten i kulturminneloven §9. Rent juridisk sett er det fylkesarkeologen som i siste ledd avgjør hvorvidt en geofysisk anomali er bevis godt nok for å påvise et kulturminne (Stamnes, 2016).



Figur 2: Beregnet antall versus reelt antall arkeologiske strukturer ved en serie utgravninger utført ved NTNU Vitenskapsmuseet i perioden 1998-2012. Beregningen er utført ved å dele antallet strukturer på arealet i m² for søkesjaktene, for så å multiplisere dette forholdstallet med det totale utgravningsarealet. I fire av prosjektene var antallet funn færre enn estimert (røde søyler), ett prosjekt likt estimert, og i 17 av totalt 22 prosjekt fant man langt flere arkeologiske strukturer enn estimert (blå søyler). Graf utarbeidet på grunnlag av tall fra Geir Grønnesby og Raymond Sauvage, NTNU Vitenskapsmuseet.

Både flateavdekking og geofysiske letemetoder har sine styrker og svakheter. For eksempel har det erfaringsvis vist seg vanskelig å gi gode prognoser for forventet antall funn av strukturer på bakgrunn av forekomstene av funn i maskinelle prøvesjakter, og ved geofysiske prosjekter har det vært vanskelig å påvise alle typer arkeologiske strukturer, noe som igjen henger sammen med valg av registreringsmetode, undergrunnsforhold, geofysisk kontrast i bakken og arkeologiske forhold. Dette åpner for en diskusjon rundt muligheter og begrensninger for de ulike feltmetodenes styrker og svakheter, og belyser hvordan valg av registreringsmetode er avgjørende for dokumentasjonen og de kulturhistoriske problemstillingene relatert til videre undersøkelser.

Generelt sett er det publisert få undersøkelser hvor resultatene fra geofysiske undersøkelser har blitt sammenlignet med arkeologiske registreringer og mot utgravningsresultater. Dette avslører et behov i forskningen, både nasjonalt og internasjonalt, hvor man presenterer erfaringstall som kan sammenlignes med påfølgende utgravningsresultater. Vårt prosjekt ble initiert for å fylle dette behovet ved å analysere kvantitative data med hensyn til anvendeligheten av ulike registreringsmetoder i forbindelse med gjennomføringen av §9-undersøkelser (jfr. kulturminneloven). Bruk og utprøving av teknologi er en del av metodeutviklingen i arkeologifaget, og har også andre konsekvenser enn kun effektivisering (Løkka, 2016). Merverdieffekten av tilgang til geofysiske data gjennom flere ledd i behandlingen av plansaker og for kulturminnevernet generelt, og ikke bare for det stadiet hvor det normalt gjennomføres arkeologiske registreringer jfr. Kulturminneloven §9, er i stor grad ubelyst (Gustavsen and Stamnes, 2012, Stamnes and Gustavsen, 2014, Stamnes, 2016).

Dette prosjektet anses som et ledd i kunnskapsbasert forvaltning, hvor en kan tilbakeføre kunnskap og erfaringer til de ulike aktørene som er involvert i arkeologisk kulturminneforvaltning i Norge. Prosjektet har fokus på å evaluere anvendeligheten av maskinell prøvesjaking og geofysiske metoder som registreringsmetode for avgrensning av lokaliteter i dyrka mark, og vil derfor ha en stor overførings- og kunnskapsverdi inn mot alle ledd i forvaltningsapparatet.

Et slikt prosjekt er derfor ment å være et bidrag til Riksantikvarens prioriterte forskningsbehov innen temaområdet «Forvaltningsmodeller og virkemiddelbruk», hvor «digitalisering, ny teknologi og konsekvenser for kulturminneforvaltningen» er ett av hovedpunktene.

3.1 Faglige mål

De faglige målene for prosjektet er som følger:

1. Kvantitativt undersøke anvendelighet og presisjon av storskala geofysisk kartlegging versus registrerings- og utgravningsresultater ved maskinell flateavdekking.
2. Undersøke hvordan ulike datasett kan anvendes til avgrensning, prognosedannelse, projektering og budsjettering av videre arkeologiske undersøkelser, samt hvordan resultatene fra de ulike metodene forholder seg til undersøkelsesplikten jfr. Kulturminneloven §9.

3.2 Resultatmål

For å nå disse faglige målene, ble følgende resultatmål definert i den innsendte prosjektsøknaden:

1. Det skal utføres geofysiske undersøkelser av to egnede lokaliteter, én på Østlandet og én i Trøndelag.
2. Det skal produseres beskrivende statistikk over sammenfallet av geofysiske resultater, arkeologiske registreringer og utgravningsresultater fra de undersøkte lokalitetene.
3. Det skal produseres korte rapporter for hver geofysiske undersøkelse, og en samlet rapport med erfaringstall, beskrivende statistikk og diskusjoner relatert til de faglige målene.

Alle resultatmålene er oppnådd. I følge punkt 3 skulle det produseres korte rapporter for hver geofysiske undersøkelse, men for enkelt å kunne sammenligne resultatene er datapresentasjonen og tolkningene i stedet innlemmet i denne hovedrapporten. Det ble i tillegg produsert en foreløpig rapport som ble oversendt Riksantikvaren i desember 2017, og prosjektet ble presentert på et FoU-seminar hos Riksantikvaren i januar 2018.

3.3 Finansiering og økonomi

Riksantikvaren tildelte den 06.04.2017 NTNU Vitenskapsmuseet og NIKUs prosjekt «Avgrensning av arkeologiske kulturminner i dyrka mark» 250 000 i FoU-midler (RA ref. nr. 17/00412). Prosjektet har en kostnadsramme på 375 000 kroner, og det ble søkt om 275 000 kroner. De resterende midlene ble dekket av interne forskningsmidler hos NTNU Vitenskapsmuseet og NIKU.

3.4 Prosjektgruppe

Prosjektleder er Arne Anderson Stamnes fra NTNU Vitenskapsmuseet, som også står ansvarlig for datainnsamling, analyse og rapportering for feltarbeidet utført av NTNU Vitenskapsmuseet. Knut Paasche er prosjektkoordinator, og Lars Gustavsen har hatt ansvaret for datainnsamling, analyse og rapportering for feltarbeidet utført av NIKU. Metode og framgangsmåte er koordinert mellom prosjektdeltagerne, for å sikre lik og representativ databehandling og sammenlignbare resultater.

3. Gjennomføring

For å nå de faglige målene ble det initiert geofysiske undersøkelser av to lokaliteter, én i Østfold og en i Trøndelag (Figur 3). Begge lokalitetene var allerede registrert av de respektive fylkeskommunene ved hjelp av konvensjonell sjakting, og de geofysiske undersøkelsene ble gjennomført i forkant av Vitenskapsmuseets og Kulturhistorisk museums (KHM) utgravninger hvor lokalitetene ble flateavdekket.



Figur 3: Lokalitetene Øya og Dilling ligger i henholdsvis Melhus kommune i Trøndelag og Rygge kommune i Østfold. Kartgrunnlag Statens kartverk, Geovekst, 2018.

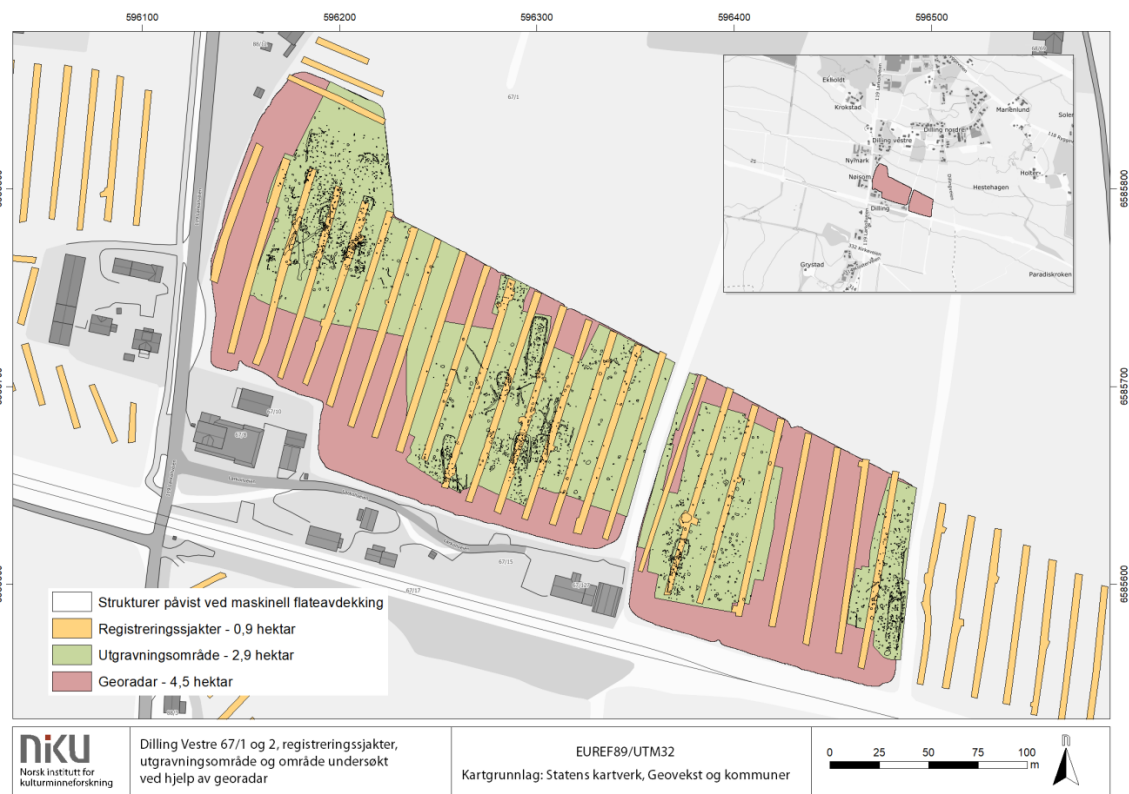
4.1 Fremgangsmåte

De geofysiske datasettene ble innhentet ved hjelp av to ulike georadar-systemer. Disse fungerer i prinsippet på samme måte, og ut fra de innhentede rådataene kan man generere sammenlignbare datasett for videre analyse. Etter prosessering ble datasettene visualisert, analysert og tolket i et geografisk informasjonssystem, der de påviste anomaliene ble tegnet ut som polygoner, og hvor hvert polygon ble gitt egenskaper i en egenskapstabell. Deretter ble georadar-datasettene og tolkningene av disse sammenlignet med resultatene fra landsdelsmuseenes utgravninger, og det ble utarbeidet tallgrunnlag for videre statistiske analyser. Tilsvarende sammenlignende analyser ble gjennomført på resultatene fra de konvensjonelle registreringene gjort i forkant av utgravningene.

4.2 Lokalitetsbeskrivelse – Dilling

På Dilling i Østfold, rett sør for Moss, kjørte NIKU den 8. mai 2017 georadar forut for et større utgravningsprosjekt som skal utføres i perioden 2017 – 2018. Området ble opprinnelig undersøkt av Østfold fylkeskommune i september 2015 i forbindelse med reguleringsplan for nytt dobbeltspor mellom Sandbukta-Moss-Såstad, initiert av BaneNOR (Kjos, 2016). Selve lokaliteten ligger på en slakt hellende, sørvendt åker, umiddelbart nord for Dilling stasjon, og ca. 2,5 km øst for Oslofjorden. Det lokale jordsmonnet er preget av hav- og strandavsetninger, og innenfor lokaliteten består dette hovedsakelig av siltig sand, med en forholdsvis høy andel jordfast stein. Områdets vestre del er klassifisert som Gleysol, midtre del Arenosol, og østre del Stagnosol (NGU, 2017, NIBIO, 2017).

Kulturminnelokaliteten, som er påvist av fylkeskommunen, har Askeladden id nr. 216874, og har et samlet areal på ca. 8 hektar. NIKUs georadar-undersøkelser dekket den vestre halvdel av lokaliteten, der totalt 4,5 hektar ble undersøkt. I løpet av de påfølgende utgravningene flateavdekket KHM ca. 2,9 hektar av lokaliteten, og 46 bygninger datert til eldre jernalder og fordelt på fire forskjellige husområder ble påvist (Ødegaard et al., 2018). Husene har stor variasjon i bevaringsgrad og konstruksjon. I tillegg ble det blant annet funnet graver, derav én urnegrav og flere branngraver, samt kokegroper, ildsteder og groper med ukjent funksjon (Figur 4).



Figur 4: Oversiktskart over registreringsjakter, utgravningsområde og område undersøkt ved hjelp av georadar ved Dilling.

4.3 Datainnsamling og prosessering – Dilling

Ved Dilling ble det benyttet et system av typen Malå MIRA (**Malå Imaging Radar Array**), et 16-kanals radarsystem der radarantennene har en senterfrekvens på 400 MHz (Figur 5). Antennene er plassert med 10 cm mellomrom, og er montert i en kasse som igjen sitter koblet til et terrengkjøretøy av typen Kubota RTV-X900 via en frontmontert hydraulisk løfteanordning. Systemet er bakkekoblet og drives fremover av terrengkjøretøyet i et systematisk mønster over undersøkelsesområdet. I forbindelse med datainnhenting og navigering er systemet avhengig av nøyaktig GPS-posisjonering, ettersom radarantennene utløser og leser målinger i henhold til denne. Datasettets oppløsning i kjøreretningen varierer altså med hastigheten. Ettersom systemet er satt til å ta målinger 50 ganger i sekundet, vil en

med en hastighet på 250 cm i sekundet (9 km/t) ha en nominell oppløsning i kjøreretningen på 5 cm. Til dette formålet brukes en RTK GPS-antenne av typen Javad Triumph fastmontert på antennekassen. Denne opererer som en roverantenne uavhengig av basestasjon og mottar i tillegg til GPS-signaler korrigerings signaler fra en geodetisk stasjon i nærområdet (via GSM/GPRS CPOS-abonnement fra Statens kartverk). Systemets lyttetid («time window») var satt til 61 nanosekund, og datasettene er prosessert til 3,05 m dybde. Radarsignalets hastighet, beregnet ut fra digital hyperbelftilpasning, er estimert til 0,08 m/ns.



Figur 5: NIKUs MALÅ MIRA III georadarsystem under kjøring på Dilling. Radarsystemet er utviklet av forskningsinstituttet LBI ArchPro i Wien, Østerrike. Foto: Lars Gustavsen, NIKU.

Etter innhenting av data, ble datasettene prosessert i felt for å bekrefte at hele området var undersøkt og som en første kvalitetsindikator. Senere ble datasettene analysert og finprosessert med høyere oppløsning, og med ulike parametere, for å fremskaffe de beste dybdeskivene i forhold til undergrunn og antatt arkeologi. Programvaren som ble brukt i etterarbeidsfasen var *APSoft 2.0*, en programvare utviklet av forskningsinstituttet *Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology* (LBI ArchPro) i Wien. I dette programmet kobles radardataene med GPS-informasjon sammen og datasettene filtreres. Forholdsvis store datasett (ca. 20 GB per hektar) kan her prosesseres i løpet av kort tid (2 - 7 min per hektar avhengig av oppløsning). Sluttresultatet blir et digitalt 3D volum, og fra dette kan det genereres georefererte dybdeskiver i form av rasterbilder (geo-tiff) i ønsket tykkelse (Figur 6).



Figur 6: Eksempel på dybeskiver generert fra georadarundersøkelsen ved Dilling. Dybeskivene representerer et 40 cm tykt, horisontalt snitt gjennom undergrunnen.

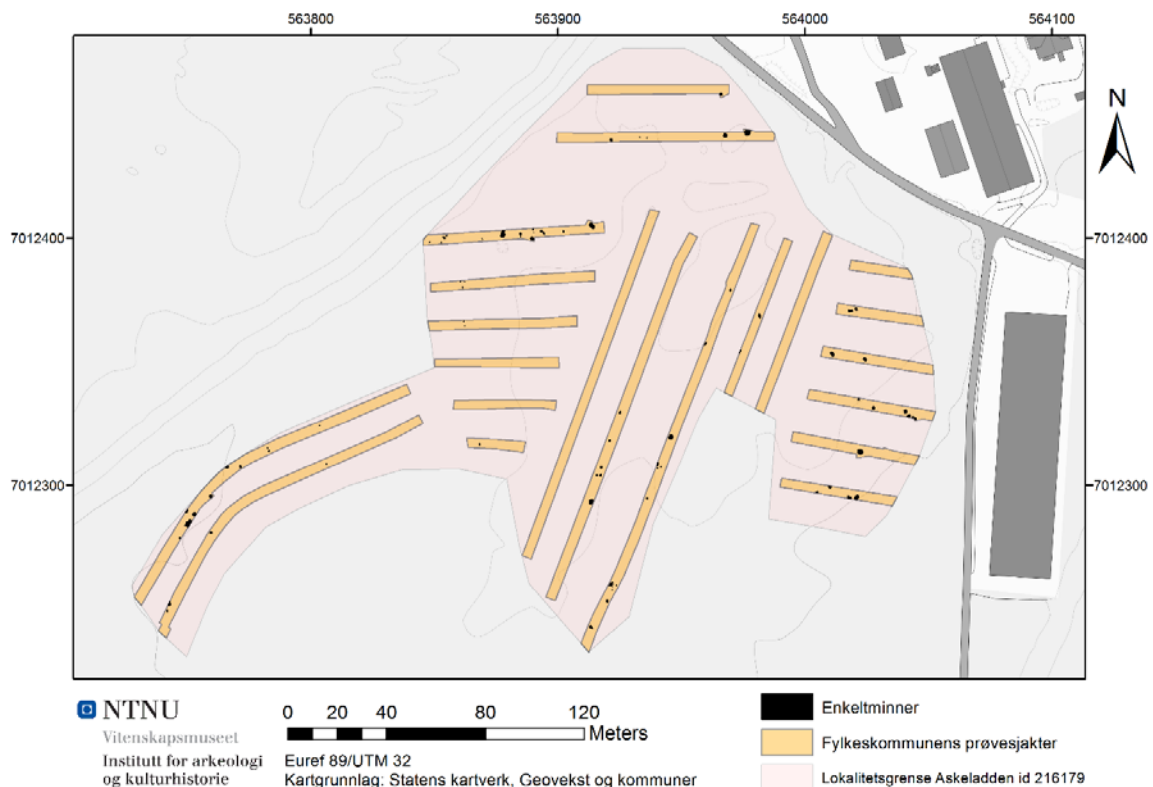


Figur 7: Tolkningskart fra georadarundersøkelsen ved Dilling.

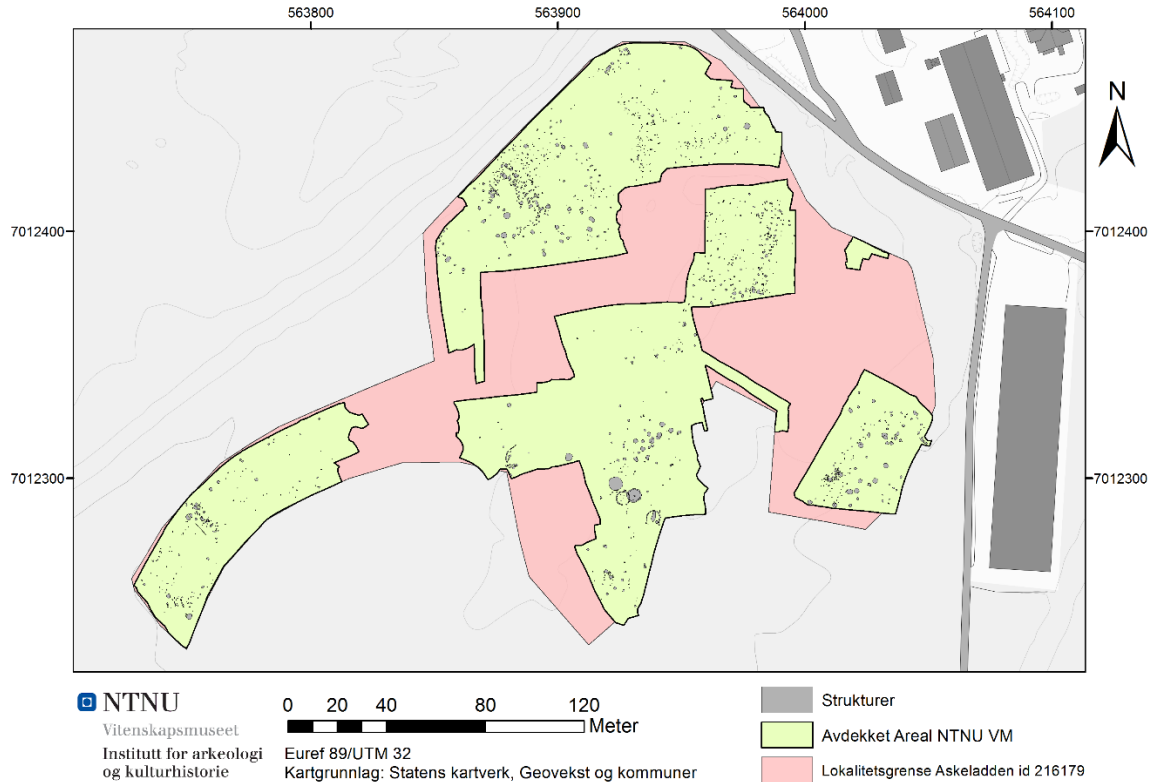
De georefererte dybdeskivene ble hentet inn i et geografisk informasjonssystem (ArcGIS 10.2.2) via programutvidelsen *LBIArchPro ArchaeoAnalyst*. Her kan dybdeskiver i ulike sjikt kombineres og visualiseres for videre analyse og tolkning. Ved Dilling ble det generert 5 cm tykke dybdeskiver som i ArcGIS ble slått sammen til 20 cm tykke skiver. Disse ble deretter gjennomgått systematisk og i kombinasjon med animerte utsnitt fra datasettet. Anomalier av interesse ble tegnet ut som polygoner, og disse ble deretter gitt en tolkning utfra form, størrelse, geofysisk respons og beliggenhet i forhold til andre anomalier (Figur 7).

4.4 Lokalitetsbeskrivelse – Øya

På Øya i Melhus kommune i Trøndelag kjørte NTNU Vitenskapsmuseet i perioden 23. – 24. mai georadar over et ca. 4 hektar stort område. Sør-Trøndelag fylkeskommune gjennomførte de arkeologiske registreringene i 2014 og 2015, i forbindelse med en større reguleringsplan for ny 4-felts motorvei i regi av Nye Veier (Figur 8). Lokalteten har Askeladden id nr. 216179, og var av fylkeskommunen beregnet til 3,47 hektar. NTNU Vitenskapsmuseet avdekket ca. 2,15 hektar av dette ved maskinell flateavdekking, og det ble påvist 150 kokegroper, et langhus og fire runde grøfter fra mulige gravhauger eller stakketufter (Figur 9). Avsetningstypen er klassifisert som breelv- eller elveavsetninger, og hav- og fjordavsetninger mot øst. Den østre delen viste seg i etterkant å bestå av leirholdige, blandede rasmasser. Teksturgruppene varierer fra siltig lettleire mot øst, siltig fin sand i sør, samt sand- og sandig silt i nord. De østre delene er klassifisert som Albeluvisol, sentrale områder som Fluvisol og Cambisols, og området mot vest er klassifisert som Stagnosols (NIBIO, 2017). Det er stor variasjon innenfor utgravningsområdet.



Figur 8: Resultater fra fylkeskommunens prøvesjaktning på Øya.



Figur 9: Utgravningsresultater fra utgravningen på Øya utført av NTNU Vitenskapsmuseet 2017.

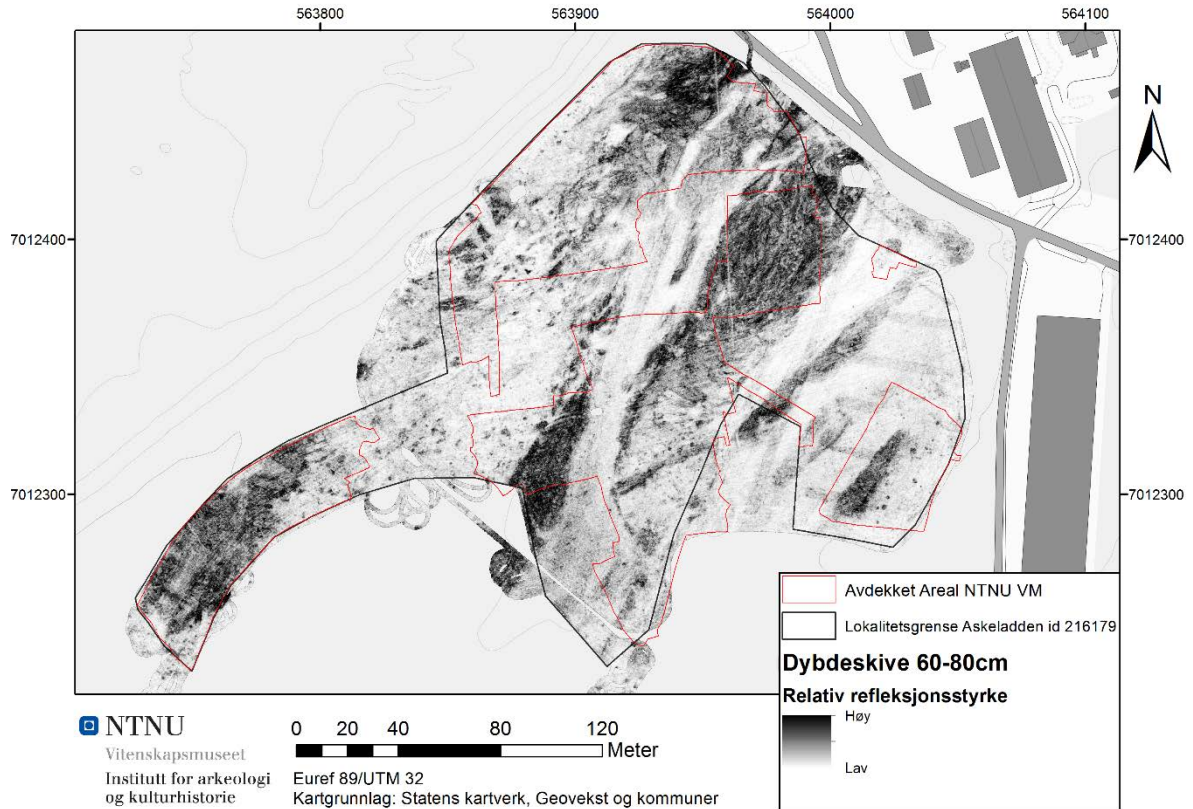
4.5 Datainnsamling og prosessering - Øya

På Øya ble det benyttet et georadarsystem av typen 3d-radar Mark IV Geoscope med et 20-kanalers antennesystem av typen DXG1820 (Figur 10). Systemet er et «step frequency»-system, som sender signaler i ulike steg i et bredt frekvensspekter, fra 100 til 3000 Mhz. Antennene er plassert med 7,5 cm mellomrom, og man stiller inn avstanden mellom målingene i kjøreretningen for hvert prosjekt – typisk mellom 5-10 cm. For dette prosjektet ble det anvendt målinger for hver 6 cm i kjøreretningen, med et frekvensskifte («frequency step») på 8 Mhz, en lyttetid («time window») på 62 nanosekund, og en sendelengde per frekvens («dwelltime») på 3 μ s. Lyttetiden avgjør hvor dypt man kan komme, mens en økt sendelengde per frekvens øker detaljgraden på de innsamlede dataene. Radarsignalet hastighet, beregnet ut fra digital hyperbeltilpasning, er estimert til 0,045 m/ns. Posisjonering foregikk med Leica Viva RTK GPS-antenne med mobilantenne, slik at en kunne motta korrigerings signaler fra en geodektisk stasjon. Dette gjennom et CPOS-abonnement fra Statens Kartverk, som ved ideelle mottakerforhold vil kunne gi en geografisk presisjon på ± 3 centimeter. For oversikt over posisjonering og navigasjon i felt ble programvaren «Farmer GPS» brukt.

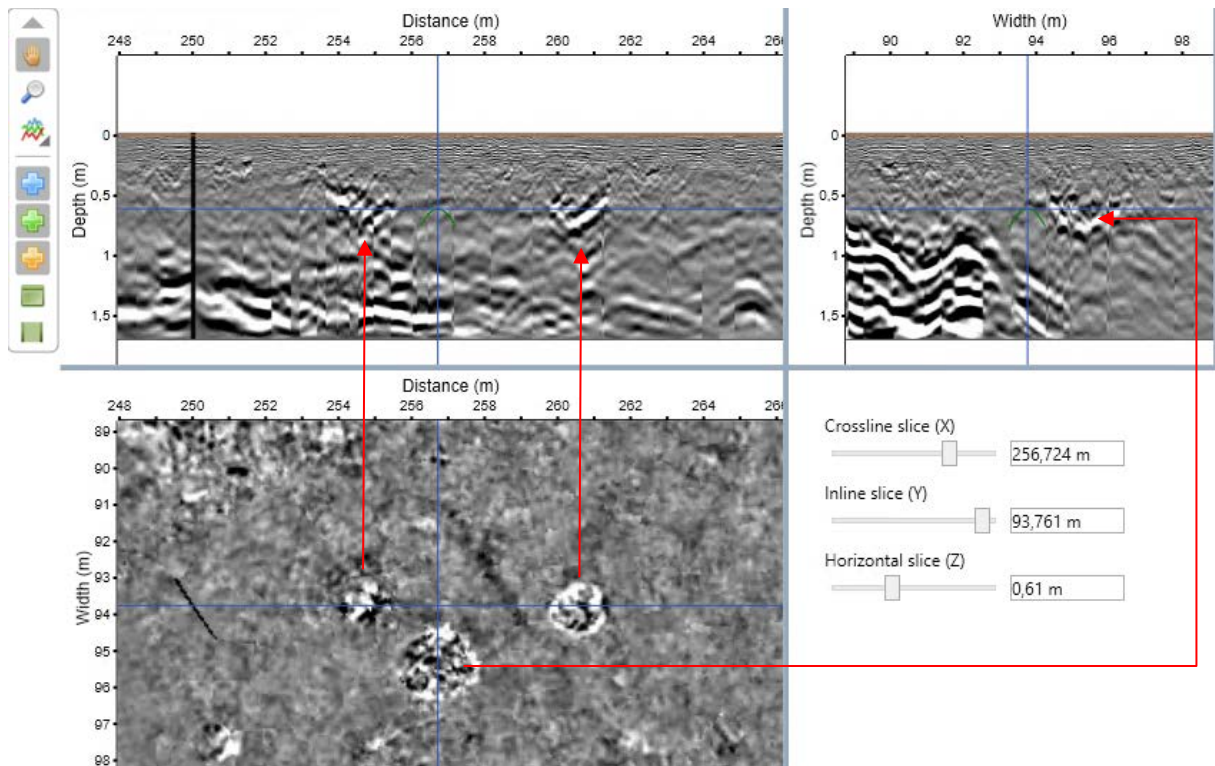


Figur 10: NTNUs 3d-radar GPR system montert på henger bak en traktor under kjøring på Øya. Foto: Arne Anderson Stamnes, NTNU Vitenskapsmuseet.

De innsamlede dataene ble kvalitetssikret i felt, med etterfølgende prosessering og analyse. Programvaren som ble brukt til dette er *3d-radar* sin egen programvare *3d-examiner*, som er spesialutviklet til dette formålet. I denne programvaren kan man legge til ulike prosesseringsmuligheter, og det presenterte datasettet er resultatet av en optimalisering av databehandlingen med utgangspunkt i undergrunnen på stedet. Programvaren kan eksportere tynne dybdeskiver som georefererte rasterbilder (geo-tiff), som kan tas rett inn i et GIS. Det ble tatt ut dybdeskiver for hver femte centimeter. I programvaren Arc GIS Desktop 10.3 ble så disse dybdefilene importert og slått sammen til 20 cm tykke skiver (Figur 11). Detaljer kan finstudies i *3d-examiner*, hvor man kan dobbeltklikke hvor som helst, og få frem planbilde og profiler i alle retninger av anomaliene man ønsker å studere i detalj (Figur 12). Selve tolkningsarbeidet foregikk ved å tegne ut anomalier manuelt i ArcGIS samtidig som datasettene ble studert i *3d-examiner*.



Figur 11: Dybdeskive fra øya ved ca. 60-80 cm dybde



Figur 12: Eksempler på kokegroper i georadar-datasettet presentert i programvaren 3d-examiner. Migrerte datasett, røde piler lagt på i etterkant.

4. Statistiske analyser

I tillegg til de geofysiske dataene, ble også de digitale innmålingsfilene fra fylkeskommunenes registreringer og landsdelsmuseenes arkeologiske undersøkelser samlet inn. Fremgangsmåten for analyse av disse dataene var som følger:

1. Utføre en uavhengig kulturhistorisk tolkning av de geofysiske dataene separat, uten å ta hensyn til hverken fylkeskommunens resultater eller de endelige utgravningsresultatene
2. Sammenligne de geofysiske resultatene med utgravningsresultatene
3. Sammenligne fylkeskommunenes registreringsresultater med utgravningsresultatene
4. Lage deskriptiv statistikk over sammenfall, påvisningsgrad, og dekningsgrad (hvor mye av utgravningsområdet var blitt registrert) for de ulike registreringsmetodene opp imot den påfølgende flateavdekkingen
5. Lage spredningskart og gjennomføre tetthetsanalyse av disse for å vurdere romlig sammenfall mellom de ulike metodene

5.1 Metode – Deskriptiv statistikk

For å kunne vurdere andelen arkeologiske strukturer som er påvist ved hjelp av georadar, har hver enkelt struktur i museenes innmålingsdata fått et eget punkt i ArcGIS (Figur 13). Disse punktene fungerer altså som en mal for de videre analysene. I punktenes egenskapstabell er det lagt til kolonner for type struktur, for hvorvidt strukturen er tolket uavhengig av fylkenes og museenes resultater, og for hvorvidt de kan påvises i georadardatasettene (Figur 14). Punktene er videre koblet mot museenes innmålingsdata slik at informasjon om strukturenes størrelse i plan og dybde kan avleses. Tilsvarende analyser er gjennomført mot resultatene fra fylkeskommunenes sjakting, slik at påvisningsgraden mellom de ulike metodene kan sammenlignes og vurderes. Med påvisningsgrad mener vi hvor stor andel av de jordgravde strukturene påvist ved en helhetlig utgravning det var mulig å påvise ved de ulike registreringsmetodene.

Resultatene fra analysen er i ettetid hentet inn et regneark, slik at det er mulig å utføre mer detaljerte statistiske analyser av datasettene. Her er informasjonen fra punktene organisert og ryddet for å få et mest mulig sammenlignbart datagrunnlag. Eksempelvis er avskrevne strukturer fjernet fra analysene. Strukturer som av museene er tolket som lag er også fjernet da det knytter seg noe usikkerhet til hvordan disse er tolket og dokumentert i felt. Videre er staurhull, stolpeavtrykk og strukturer med diameter under 10 cm fjernet da disse uansett ikke vil kunne påvises ved hjelp av georadar-systemene. Kategorien «grop» er i disse analysene en sammenslåing av kategoriene «grop» og «nedgravning». Det samme gjelder «grøft» og «veggrøft» som er slått sammen til «grøft». Museenes datasett er per dags dato ikke ferdigstilt etter endt utgravning, noe våre analyser må sees i lys av. Tallene som er brukt gir imidlertid en god indikasjon på hva som kan forventes når de endelige resultatene foreligger.



Figur 13: Eksempel på analysegrunnlag. Punktene representerer strukturer som er påvist ved hjelp av maskinell flateavdekking. De ulike fargene representerer hvorvidt strukturene er påvist i georadar-datasettene eller ikke.

Type	Detected	Certainty	Response
Stolpehull	1	0	Reflecting
Annet	1	0	Reflecting, weak
Annet	1	0	Reflecting, strong
Kokegrop	1	0	Reflecting, weak
Annet	1	0	Mixed
Stolpehull	1	0	Reflecting, weak
Annet	1	0	Reflecting, weak
Annet	1	0	Reflecting, weak
Grop	1	1	Reflecting weak
Grop	1	0	Reflecting, weak
Grop	1	0	Reflecting, weak
Stolpehull	1	0	Reflecting weak
Stolpehull	1	1	Reflecting
Stolpehull	1	1	Reflecting, strong
Grav	1	0	Reflecting
Stolpehull	1	0	Reflecting, weak
Stolpehull	1	1	Reflecting, weak
Stolpehull	1	0	Reflecting
Stolpehull	1	0	Reflecting, weak
Stolpehull	1	0	Reflecting, weak

Figur 14: Utdrag fra punktenes egenskapstabell.

I tillegg til analysen av resultatene fra georadar-undersøkelsene og de etterfølgende utgravningene, ble tilsvarende analyser gjennomført på datasettene fra den maskinelle sjaktningen utført i forbindelse med fylkeskommunenes registreringer. Dette for å fremskaffe et komparativt materiale for å kunne vurdere de ulike registreringsmetodene opp mot hverandre. Analysene ble gjennomført på samme måte som på resultatene fra georadar-undersøkelsene, og omfattet naturligvis kun de strukturene som var påvist innenfor sjaktene. Også her er strukturer som ble avskrevet, samt strukturer som er tolket som lag fjernet. Staurhull og strukturer under 10 cm i diameter er imidlertid beholdt, da disse anses som erkjennbare i forbindelse med sjaktning.

5.2 Analysemetode – Tetthetsanalyse

I tillegg til de deskriptive statistikkene er det gjort tetthetsanalyser av datasettene fra fylkeskommunene, museene og de geofysiske undersøkelsene. Dette for å kunne sammenligne, ikke bare påvisningsgraden struktur for struktur, men også hvorvidt det er et romlig samsvar mellom spredningen av strukturer i de ulike datasettene. Analysene er basert på *kernel density* kart som er generert fra punktdataene. Tetthetskartene kan lages med ulik radius som utgangspunkt, og vi har valgt å anvende en radius på 30 m. Denne bredden gjør at man kan estimere tetthet for arealer mellom fylkeskommunenes sjakter i tilfeller hvor det er opp mot 15 meter mellom sjaktene. Verdiene i de genererte kartene er deretter uthentet til et 2 x 2 m rutenett som er lagt over lokalitetene, og deretter hentet inn i et regneark. I regnearket er det gjennomført korrelasjonsanalyser mellom de ulike verdiene, slik at en kan tallfeste sammenfallet av strukturenes spredning når en sammenligner fylkeskommunens data eller georadar-tolkningene med utgravningsresultatene (Tabell 1).

KORRELASJONSKOEFFISIENT	BESKRIVELSE
≤ 0,35	Liten korrelasjon
0,36-0,67	Moderat korrelasjon
≥ 0,68	Sterk korrelasjon

Tabell 1: Klassifisering av korrelasjon anvendt for sammenligninger av tetthetsanalysen etter Taylor (1990).

5. Resultater

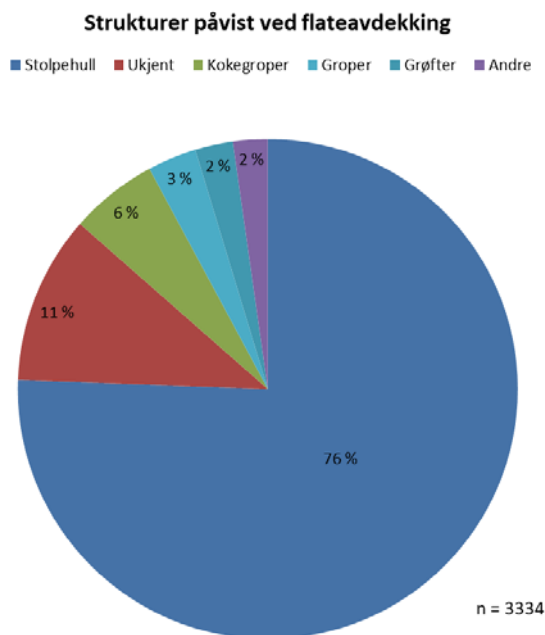
5.1 Deskriptiv statistikk – Dilling

6.1.2 Undersøkellesområdene

Lokaliteten på Dilling, slik den er avgrenset i Askeladden, har et areal på ca. 8 hektar, men det aktuelle området analysert i dette prosjektet utgjør bare 4 hektar av dette. De oversendte kartfilene fra fylkeskommunen viser at sjakter på ca. 3 m bredde ble lagt systematisk over området med ca. 10 m mellomrom. Det totale arealet avdekket ved hjelp av maskinell sjakting utgjør således 0,9 hektar, eller omtrent 23 % av den aktuelle delen av kulturminnelokaliteten slik den er avgrenset i Askeladden. Georadar-undersøkelsene strakte seg noe utover lokalitetens grenser, slik at 4,5 hektar, eller 113 % av analyseområdet ble undersøkt ved hjelp av denne metoden. Den maskinelle flateavdekkingen utført av museet i 2017 dekket 2,9 hektar av lokaliteten, noe som utgjør ca. 73 % av det totale analyseområdet.

6.1.3 Flateavdekking versus georadar

I følge de opprinnelige innmålingsdataene fra utgravningene på Dilling, ble det avdekket noe i overkant av 6200 strukturer¹. Etter å ha fjernet strukturer som i ettertid ble avskrevet, lag av ulike arter, staurhull og strukturer under 10 cm i diameter, er det totale antallet strukturer brukt i de følgende analysene 3334. Av disse utgjør 2531 stolpehull, 351 strukturer med ukjent funksjon, 190 kokegroper, 91 groper og nedgravninger, 82 grøfter (herunder veggrøfter), 28 ildsteder, 18 graver, 14 ovner, 11 kullflekker, 3 røyser og én brønn (Figur 15).



Figur 15: Prosentvis fordeling av utgravde strukturer ved Dilling.

Analysene av georadar-undersøkelsens påvisningsgrad viser at det totalt sett er lavt sammenfall mellom strukturene som er påvist ved hjelp av flateavdekking og de som kan påvises i georadar-datasettene (Figur 16 og Figur 17). Tolkningene av georadar-datasettene resulterte i 308 tolkede strukturer. Av disse ble 25 avskrevet ved utgravning, mens 89 ikke kunne gjenfinnes i felt. Samlet viser

¹ Tallet på innmålte og utgravde strukturer vil avvike noe fra det som er presentert i andre publikasjoner (f. eks. Ødegaard 2018). Dette kommer av at våre analyser er basert på den foreløpige dokumentasjonen i felt (sist oppdatert 13. august 2018), samt at mange strukturer og strukturtyper er utelatt fra analysene.

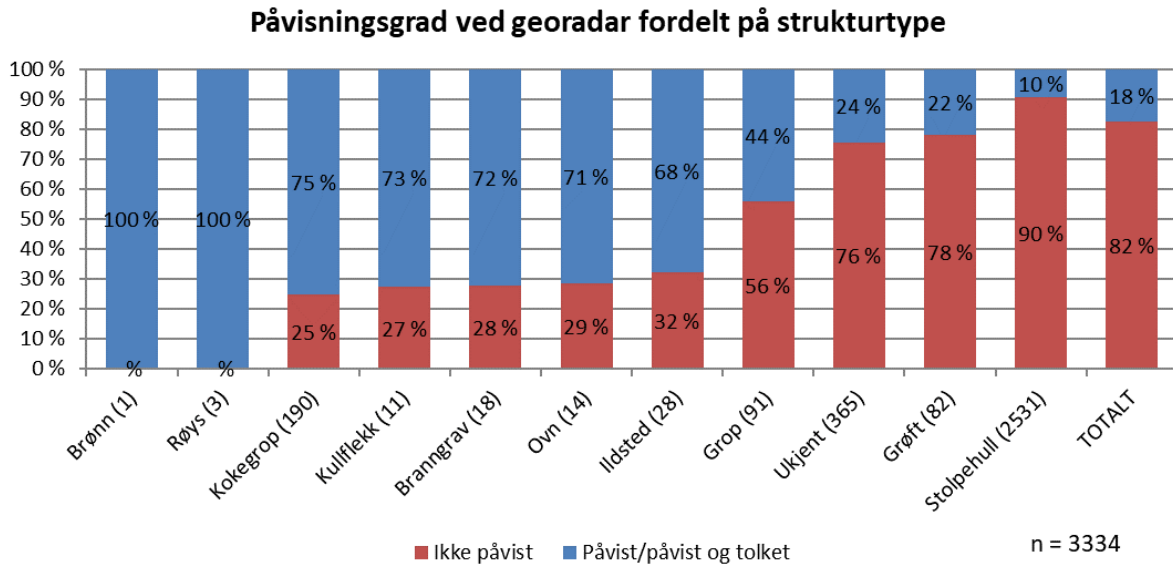
dette at 63 % av tolkningene av georadar-datasettene var korrekte, selv om påvisningsgraden sett under ett er forholdsvis lav.

Av de 3334 strukturene som er brukt i analysen ble altså 194 (ca. 6 %) tolket i første del av tolkningsprosessen, det vil si *før* de ferdige utgravningsresultatene var tilgjengelige. Når disse forelå, viste det seg at 416 ytterligere strukturer (ca. 12,5 %) kunne påvises i georadar-datasettene. Georadar-datasettene inneholdt altså 610 strukturer (ca. 18 %) som enten kunne påvises og tolkes, eller påvises i datasettene i ettertid. Av disse ble 25 strukturer som nevnt avskrevet ved utgraving, noe som betyr at datasettet som er brukt i analysene består av 585 (ca. 17,5 %) reelle, arkeologiske strukturer som er påvist og tolket i georadar-datasettet.

Strukturtypen som har definitivt lavest påvisningsgrad er stolpehullene. Det er påtruffet 2531 stolpehull ved utgraving og av disse er det kun 241 (10 %), som kan påvises i georadar-datasettene. Tilsvarende påvisningsgrad tilfaller grøftene der kun 18 (22 %) av 82 kan påvises. Videre kan 40 (44 %) av 91 groper påvises. Interessant nok har varmepåvirkede strukturer slik som ovner, branngraver, kokegroper, ildsteder og kullflekker en langt høyere påvisningsgrad (gjennomsnittlig ca. 71 %) enn de øvrige strukturene. Brønnen og de tre røysene som ble avdekket er også påvist i georadar-dataene, men utgjør ikke samlet et stort nok antall til å være statistisk signifikant.



Figur 16: Oversiktskart over strukturer avdekket ved flateavdekking ved Dilling. Strukturer i lilla er påvist med georadar.



Figur 17: Graf som viser påvisningsgrad ved georadar fordelt på strukturtype fra Dilling.

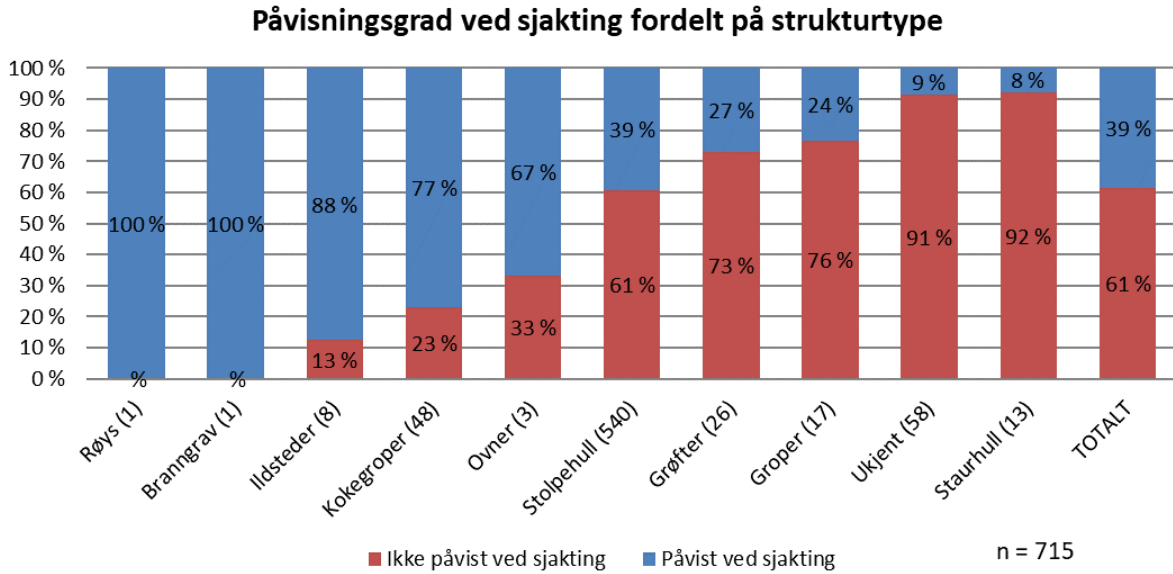
6.1.4 Flateavdekking versus sjakting

Ved den maskinelle flateavdekkingen ble det påvist totalt 632 strukturer innenfor arealet som ble undersøkt med sjakting i registreringsfasen (se Tabell 2).

STRUKTURTYPE	ANTALL
RØYS	1
BRANNGRAV	1
OVN	3
ILDSTED	8
STOURHULL	13
GROP	17
GRØFT	26
KOKEGROP	48
UKJENT	58
STOLPEHULL	540
TOTALT	715

Tabell 2: Utgravde strukturer innenfor fylkeskommunens prøvesjakter ved Dilling.

Analysene viser at, av de totalt 715 strukturerne som er påvist i sjaktene ved flateavdekking, er 277 (39 %) påvist ved sjakting, mens 438 (61 %) ikke ble påvist (Figur 18). Påvisningsgraden struktur for struktur må derfor sies å være moderat. Fordelt på strukturtyper ser vi at kun ett av staurhullene (8 %) ble påvist ved sjakting. Tilsvarende lav påvisningsgrad sees ved strukturer med ukjent funksjon, der kun 5 (9 %) kunne påvises ved sjakting. Grøfter og groper har en noe høyere påvisningsgrad. Her ble henholdsvis 7 (27 %) og 4 (24 %) påvist. Stolpehullene utgjør den mest tallrike strukturtypen i sjaktene. Av totalt 540 stolpehull ble 212 (39 %) påvist, og dette forholdet trekker nødvendigvis den totale påvisningsgraden betraktelig opp. Videre ble én av de tre ovnene påvist (67 %). Markante og lett erkjennbare strukturer som kokegroper og ildsteder har en moderat til høy påvisningsgrad. Av kokegropene ble 37 (77 %) påvist, mens 7 (88 %) av ildstedene ble påvist. I tillegg ble røysen og branngraven som ble avdekket ved flateavdekking også påvist ved sjakting.



Figur 18: Graf som viser forholdet mellom strukturer påvist ved sjakting og ved flateavdekking på Dilling. Tallene omhandler kun alle påviste strukturer ved utgraving innenfor det arealet fylkeskommunen sjaktet.

6.2 Tetthetsanalyse – Dilling

I motsetning til de deskriptive analysene av datasettene, viser tetthetsanalysene at det er godt samsvar mellom de ulike metodene. Som Figur 19 og Figur 20 viser, danner tetthetsanalysen av strukturer påvist i georadar-datasettene fire nokså markante konsentrasjoner. Disse samsvarer godt, rent visuelt, med strukturene og bosetningsområdene som er påvist ved den maskinelle flateavdekkingen. Korrelasjonsanalyser gjennomført av tetthetsanalysene viser at samsvaret mellom utgravningsresultatene og georadar-resultatene har en korrelasjonskoeffisient på 0,73. Ettersom en korrelasjon på 100 % gir en koeffisient på 1, viser våre resultater at det i dette tilfellet er en sterk korrelasjon mellom de to datasettene. Tilsvarende viser analysene at samsvaret mellom utgravningsresultatene og sjaktingen har en korrelasjonskoeffisient på 0,80 (Figur 21).



Figur 19: Tetthetsanalyse, Dilling. Kartet viser tetthetsanalyse av strukturer som er påvist ved flateavdekking.



Figur 20: Tetthetsanalyse, Dilling. Kartet viser forholdet mellom distribusjonen av strukturer påvist i georadar-dataene, med resultatene fra maskinell flateavdekking vist i sort.



Figur 21: Tetthetsanalyse, Dilling. Kartet viser forholdet mellom distribusjonen av strukturer påvist ved sjakting, med resultatene fra maskinell flateavdekking vist i sort.

For Dilling sin del er det altså et forholdsvis høyt samsvar mellom spredningen av strukturer som er påvist ved sjakting, georadar og ved flateavdekking (Tabell 3).

Metode	Påvisningsgrad	Korrelasjon
Sjakting	39 %	0,80
Georadar	6 % tolket / 18 % påvist	0,65 tolket / 0,73 påvist

Tabell 3: Oppsummering av påvisningsgrad og korrelasjonsanalyser ved Dilling målt opp mot flateavdekking.

6.3 Deskriptiv statistikk – Øya

6.3.1 Undersøkellesområdene

Lokaliteten på Øya, slik den er avgrenset i Askeladden, er på 3,47 hektar. Av dette har fylkeskommunen sjaktet 0,65 hektar, noe som tilsvarer 19 % av lokaliteten. Kartfilene oversendt fra fylkeskommunen viser en sjaktbredde på mellom 3,2 og 4,2 meter, og sjaktene er plassert med en innbyrdes avstand på mellom 9,5 og 18,5 meter, med et gjennomsnitt på ca. 13 m. Selve georadarundersøkelsen som ble utført av NTNU Vitenskapsmuseet dekket i alt 4 hektar, altså 114 % av lokaliteten. Utgravningsarealet utgravd av NTNU Vitenskapsmuseet tilsvarer 2,15 hektar, noe som tilsvarer 62 % av lokaliteten.

6.3.2 Flateavdekking versus georadar

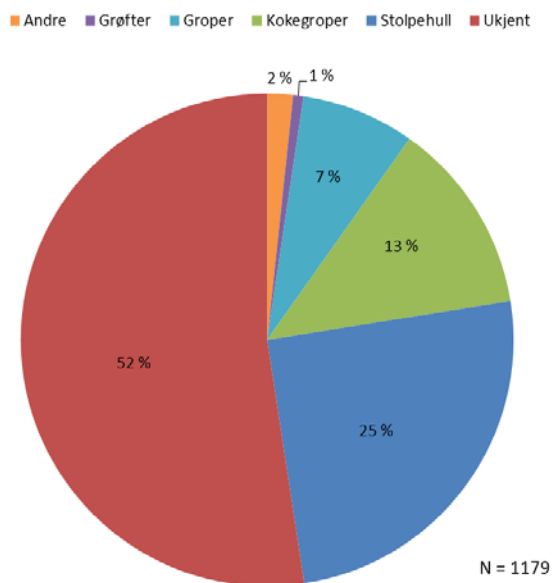
Innmålingsdataene fra utgravningene på Øya inneholdt 1566 strukturer. Når vi fjerner strukturer som ble avskrevet, ulike typer lag, staurhull og strukturer under 10 cm, samt strukturer som var målt inn flere ganger, ble det totale antallet som ble anvendt i våre analyser 1179 strukturer (Tabell 4 og Figur 22).

STRUKTURTYPE	ANTALL
UTEN KATEGORI	613
STOLPEHULL	294
KOKEGROPER	150
NEDGRAVNINGER	55
GROPER	30
ILDSTEDER	8
KULLFLEKKER	5
«ANNET»	6
SIRKULÆRE GRØFTER (MULIGENS STAKKETUFTER)	4
GRØFTER	4
AVFALLSGROPER	3
STEINPAKNINGER	3
STEINANSAMLING/STEIN/OVN/BRANNGRAV	1 av hver
TOTALT	1179

Tabell 4: Utgravde strukturer på Øya

Ved denne utgravningen ble innmålingene i Intrasis-prosjektet kun kategorisert som «arkeologisk», uten kategori, så lenge det ikke straks var åpenbart hva slags arkeologisk struktur det var som ble målt inn. Betegnelsen ble først skrevet inn i digitalt snittskjema ved utgravning, som etterfølgende ble koblet til Intrasis-prosjektet. På denne måten angir «uten kategori» alle strukturer som ikke ble snittet, noe som er en fordel i forbindelse med gjennomføringen av feltarbeidet, men som gir utslag i en skeivhet i statistikken i etterkant.

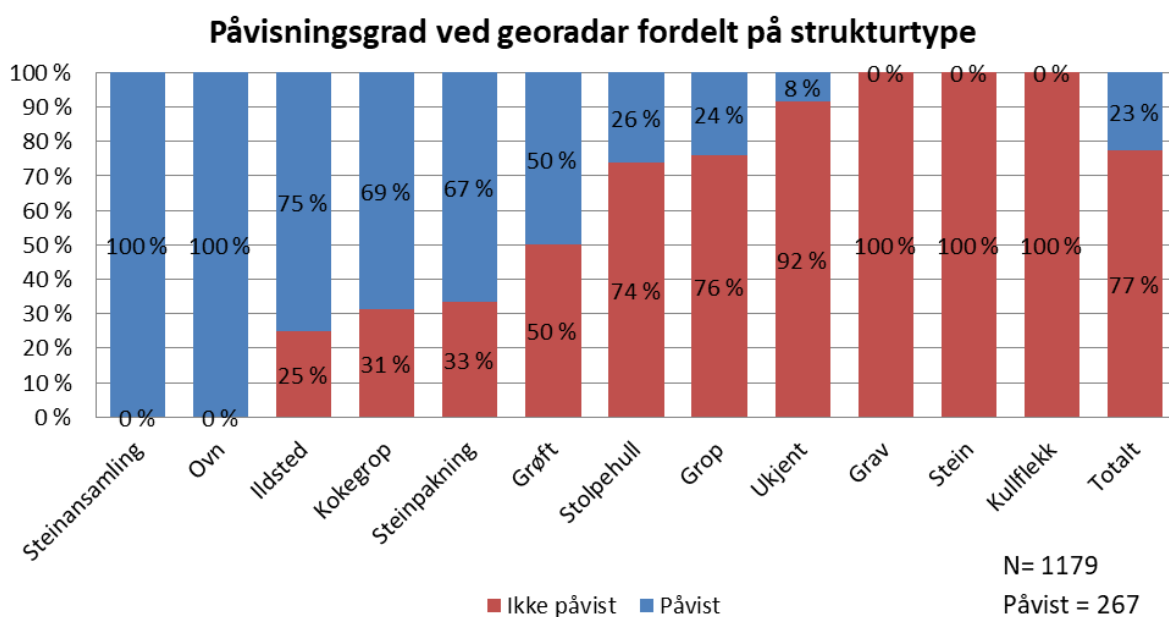
Strukturer påvist ved flateavdekking



Figur 22: Prosentvis fordeling av utgravde strukturer på Øya.

Den totale påvisningsgraden hvor georadaren påviste strukturer funnet ved flateavdekkingen er relativt lav (Figur 23). Av 1179 strukturer anvendt i analysen er totalt 267 arkeologiske strukturer synlige i georadar-datasettet. 10,4 % av disse, 123 strukturer, ble tolket i første omgang, og 12,6 % (144 strukturer) viste seg å være synlige i georadar-dataene ved sammenligning med utgravningsresultatene. Dette utgjør 23 % av totalen (267 strukturer). Den primære tolkningen eller omfattet 169 anomalier, hvorav 123 viste seg å være strukturer påvist under utgravningen, altså en treffprosent på 73 %. Så selv om den totale påvisningsgraden er relativt lav, 23 %, er kvaliteten på

tolkningene gode. Samtidig viser differansen mellom hva som opprinnelig ble tolket som mulig arkeologiske strukturer, og hva som faktisk var synlig i datasettet (betegnet som påvist) at det er rom for forbedring i arbeidet med å identifisere anomalier i datasettet. Det at 144 strukturer var synlige i dataene, men ikke ble identifisert og tolket som arkeologi, viser dette. På Øya er det, som på Dilling, spesielt varmpåvirkede strukturer med høyt steininnhold som ovner (100 %), ildsteder (75 %) og kokegrop (69 %) som har høy påvisningsgrad. For grøfter er påvisningsgraden 50 % (selv om 3 av 4 av de sirkulære grøftene ble påvist), og for stolpehull er den 25 %. Den strukturtypen med høyest andel i utgravningsdataene er «annet». Georadar-dataene påviste bare 8 % av disse. Det at disse strukturene ikke ble prioritert og ytterligere undersøkt, kan være et tegn på at en rekke av disse er diffuse strukturer med uklart opphav eller sammenheng, med lav prioritet. Det er grunn til å anta at en rekke av disse muligens ville ha blitt avskrevet ved videre undersøkelser. Den høye andelen av «annet» som ble utgravd, men ikke påvist i georadar-dataene, bidrar til å trekke den totale påvisningsgraden ned til 23 %.



Figur 23: Graf som viser påvisningsgrad ved georadar fordelt på strukturtype fra Øya.

6.3.3 Flateavdekking versus sjakting

NTNU Vitenskapsmuseet gravde ikke hele arealet som ble sjaktet av fylkeskommunen. Innenfor den delen av utgravningsområdet som var prøvesjaktet påviste NTNU Vitenskapsmuseet 171 strukturer. I alt 49 av disse ble påvist av fylkeskommunen. Fylkeskommunen hadde påvist 71 strukturer innenfor sjaktene (dyrkningslag og aktivitetslag ikke tatt med), og 49 av disse ble påvist ved flateavdekkingen, noe som tilsvarer en sikkerhet i tolkningene på 69 %. Noen av disse strukturene ble omdefinert av museet, og noen ble avskrevet eller ikke gjenfunnet.

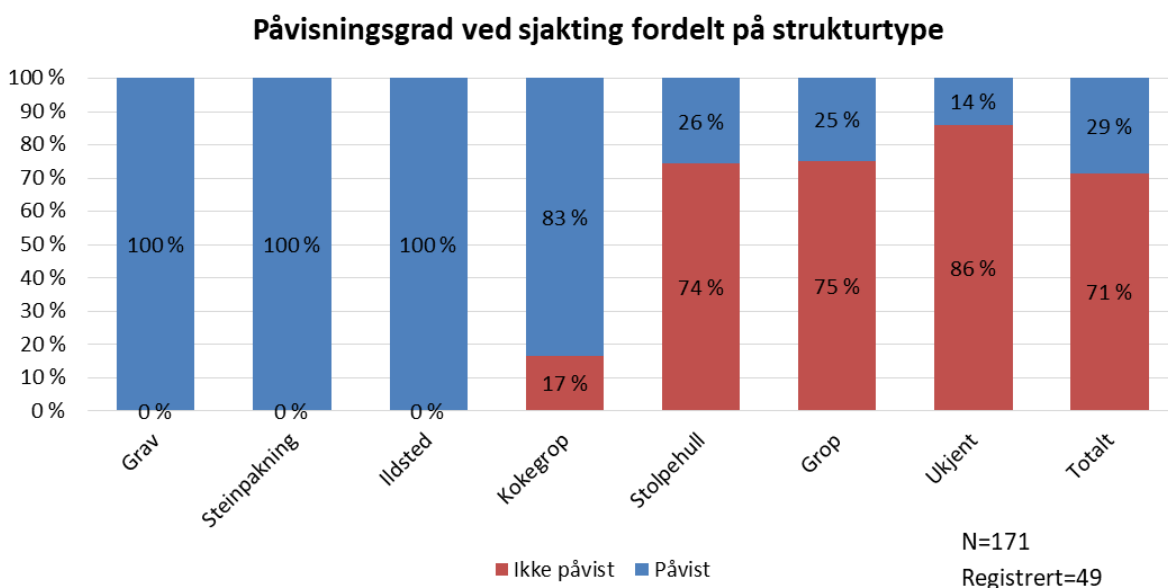
Tabell 5 viser strukturene som ble påvist ved NTNU Vitenskapsmuseets utgravning innenfor det arealet som sammenfaller mellom prøvesjaktene og utgravningen.

STRUKTURTYPE	ANTALL
STEINPAKNING	1
ILDSTED	1
GRAV	1
GROP	16

KOKEGROP	24
STOLPEHULL	35
UKJENT	93
TOTALT	171

Tabell 5: Utgravde strukturer innenfor fylkeskommunens prøvesjakter på Øya.

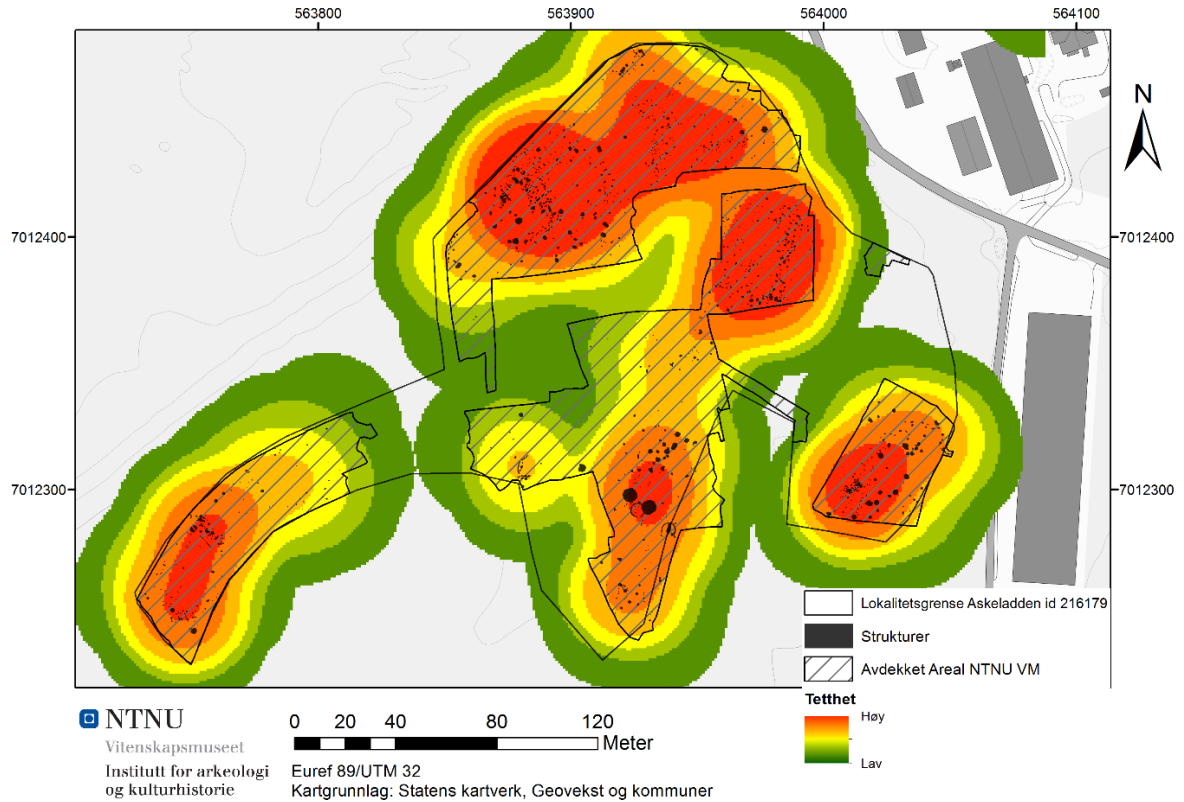
Totalt ble 29 % av de utgravde strukturene påvist av fylkeskommunen (49 av 171 strukturer), noe som må sies å være relativt lavt (Figur 24). Markante og lett gjenkjennbare strukturer som kokegrop (83 %), steinpakning (100 %) og ildsted (100 %) har høy påvisningsgrad, mens ymse grop (registrert som avfallsgrop eller nedgravninger) har en påvisningsgrad på 25 %. For stolpehullene er påvisningsgraden 26 %. Av kategorien «ukjent», er påvisningsgraden kun 14 %. Det er grunn til å anta at flere av strukturene kategorisert som «ukjent» muligens ville ha blitt avskrevet ved videre undersøkelser da de ble nedprioritert i forhold til videre dokumentasjon ved utgravningen. Samtidig avdekket flateavdekkingen arkeologiske strukturer under dyrkningslag, noe som trolig er med på å minske påvisningsgraden. Disse eldre dyrkningslagene ble påvist av fylkeskommunen, men de stoppet gjerne når de kom ned på dyrkningslagene, og utgravningen vil derfor påvise en struktur på et sted som i realiteten lå skjult under dyrkningslaget fylket påviste.



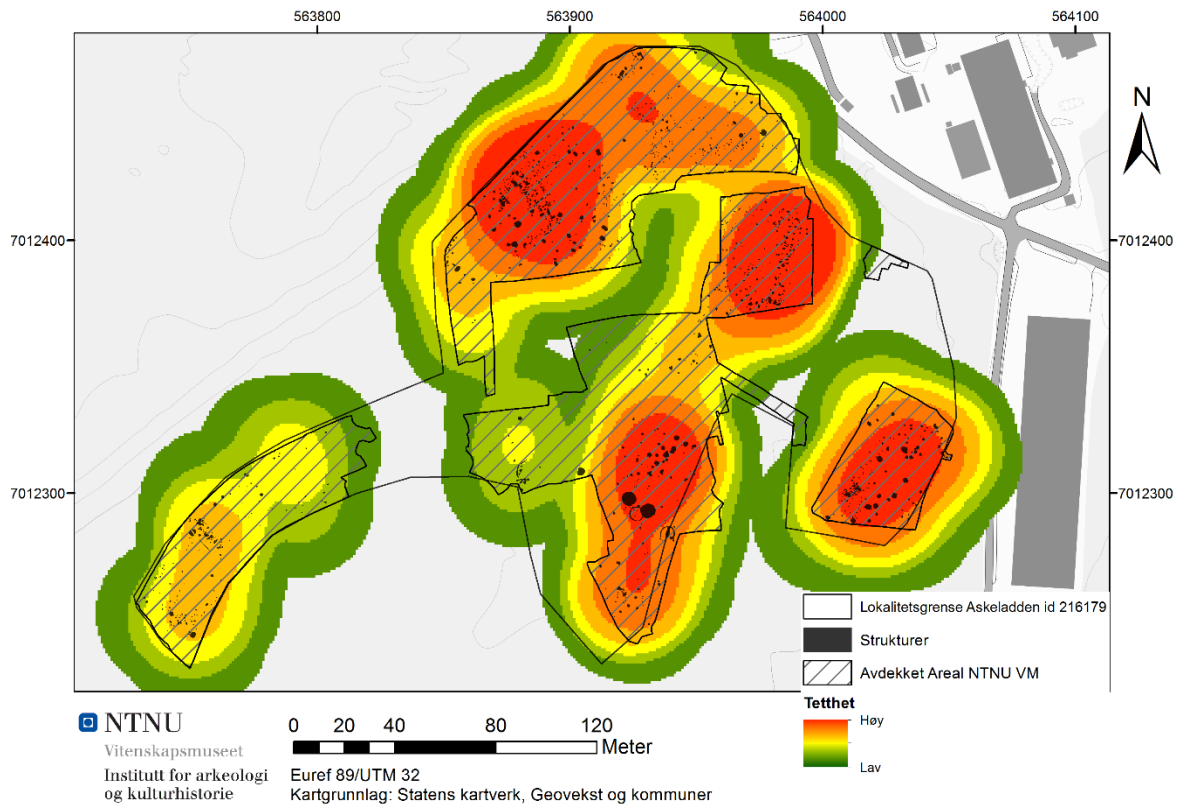
Figur 24: Påvisningsgrad mellom fylkeskommunens prøvesjakter og museets utgravningsresultater fra Øya

6.4 Tetthetsanalyse – Øya

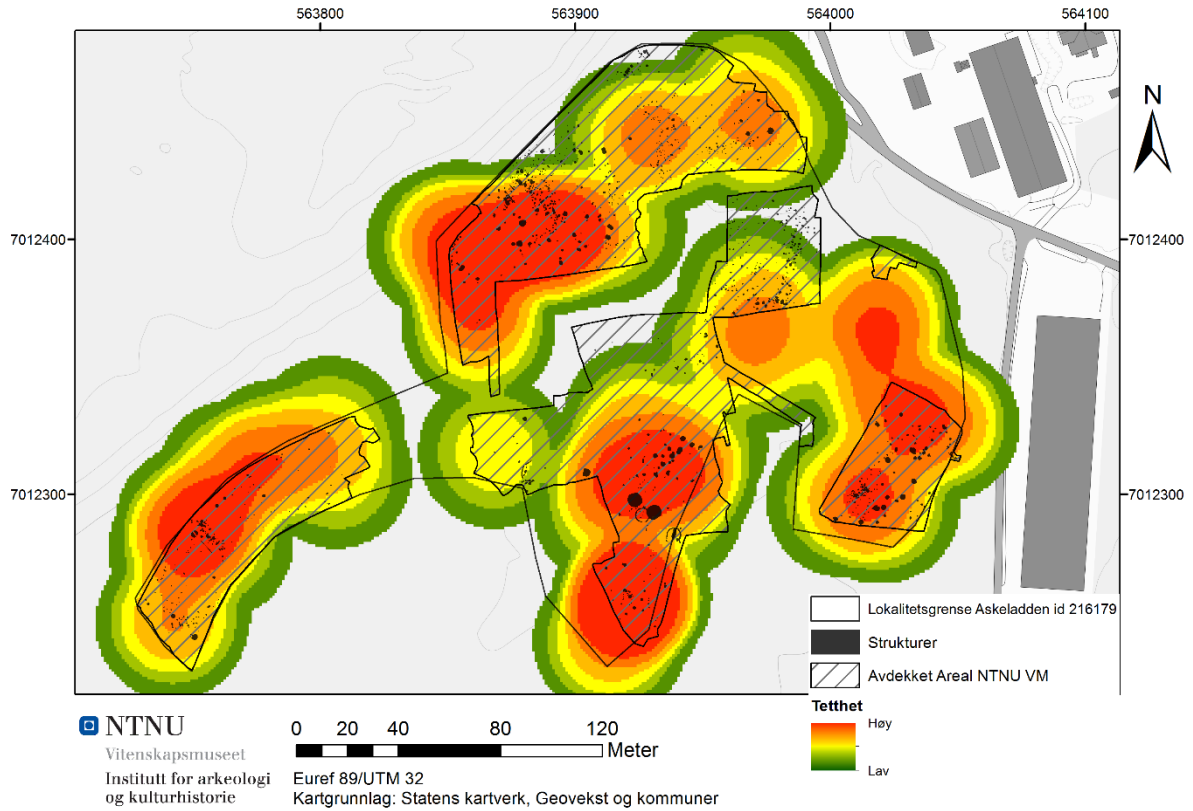
Tetthetsanalysene utført på materialet fra Øya viser lavt samsvar mellom henholdsvis utgravningsresultatene (Figur 25) og fylkeskommunenes registreringer (Figur 27) med en korrelasjonskoeffisient på 0,15. Derimot var det en moderat korrelasjon på 0,48 mellom de tolkede georadar-anomaliene og utgravningsresultatene. Det er en sterk korrelasjon på 0,85 mellom de påviste georadar-anomaliene og utgravningsresultatene (Tabell 6 og Figur 26). For datasettet over påviste anomalier, er korrelasjonen høyere sammenlignet med både utgravning og georadar-data fra Dilling (se 3). Rent visuelt er det et relativt godt samsvar mellom tetthetsanalysene basert på fylkeskommunens resultater og utgravningene i flere av områdene (Figur 25 og Figur 27), men dårlig i området omkring langhuset i nordøst, samt helt mot nord. For de tolkede georadar-dataene er det relativt godt visuelt samsvar i de fleste områder, bortsett fra i øst (Figur 26). I øst er undergrunnen mer sandholdig og siltig, og i georadar-dataene er det tydelige laminerte lagavsetninger, noe som kan ha hindret en god geofysisk respons fra de arkeologiske strukturene.



Figur 25: Tetthetsanalyse, Øya. Kartet viser tetthetsanalyse av strukturer som er påvist ved flateavdekking.



Figur 26: Tetthetsanalyse, Øya. Kartet viser forholdet mellom distribusjonen av strukturer påvist i georadar-dataene, med resultatene fra maskinell flateavdekking vist i sort.



Figur 27: Tetthetsanalyse, Dilling. Kartet viser forholdet mellom distribusjonen av strukturer påvist ved sjakting, med resultatene fra maskinell fflateavdekking vist i sort.

Metode	Påvisningsgrad	Korrelasjon
Sjakting	29 %	0,15
Georadar	10 % tolket / 23 % påvist	0,48 tolket / 0,85 påvist

Tabell 6: Oppsummering av påvisningsgrad og korrelasjonsanalyser ved Øya.

6. Diskusjon

På bakgrunn av disse resultatene kan en si noe mer om de muligheter, begrensninger, feilkilder og erfaringer dette prosjektet har ført til. Jevnfør de faglige målene for prosjektet er det viktig å belyse hvorvidt registreringsresultatene gir et godt grunnlag og utgangspunkt for prognosedannelse, prosjektering, saksbehandling og budsjettering.

Analysene av datasettene fra Dilling viser at det, struktur for struktur, er lite samsvar mellom resultatene fra georadar-undersøkelsene og resultatene fra flateavdekkingen. Her er kun 19 % av det totale antallet strukturer avdekket ved flateavdekkingen påvist i georadar-dataene. Til sammenligning viser analysene at fylkeskommunens sjakting har påvist 42 % av strukturene som senere ble funnet ved påfølgende flateavdekking. Analysene som er gjennomført i dette prosjektet gir en klar indikasjon på hvorfor påvisningsgraden i georadar-datasettene i dette tilfellet er lav. Denne må i sin helhet sees på bakgrunn av lokalitetens karakter, og hvilke strukturtyper som dominerer. Hele 76 % av alle strukturene som er brukt i analysen består av stolpehull. Dette er en strukturtype som normalt er vanskelig å påvise ved hjelp av geofysiske metoder. Stolpehull består av nedgravninger som er gjenfylt med masser som visuelt kan skilles fra undergrunnen, og det er nettopp slik de defineres ved utgravning. Imidlertid betyr ikke dette at massenes tekstur og sammensetning nødvendigvis er vesentlig ulikt det omkringliggende jordsmonnet. I slike tilfeller vil den geofysiske kontrasten mellom strukturene og de omkringliggende jordmassene være lav, eller til og med ikke-eksisterende, og strukturene vil dermed ikke kunne påvises ved hjelp av geofysiske metoder. Dette kan forklare at fylkeskommunens påvisningsgrad av denne strukturtypen var 39 %, mot 10 % i georadar-dataene (Tabell 7). Stolpehullene på Dilling var mellom 5 og 101 cm i diameter med et gjennomsnitt på ca. 33 cm, mens de påviste strukturene var mellom 18 – 500 cm i diameter med et snitt på 70 cm (+43cm ved 1 standardavvik). Dette betyr altså at det er en større sjanse for å detektere strukturer i georadar-dataene når de er fra 27 cm (70 minus 1 std - 43cm) i diameter og større, selv om størrelsen ikke alene forklarer påvisningsgraden. Våre analyser fra Dilling viser eksempelvis at varmpåvirkede strukturer som ovner, kokegroper, ildsteder og branngraver har en påvisningsgrad som er tilnærmet den som oppnås ved sjakting. Dette skyldes trolig et høyere nivå av organisk materiale i fyllmassene, noe som igjen fører til at strukturene holder et høyere fuktighetsnivå enn jordmassene rundt (Gustavsen et al., 2018). Dessuten vil i tillegg den ansamlingen med stein man ofte ser i kokegroper, sammenlignet med undergrunnen ellers, bidra til at disse lettere detekteres. Strukturernes fyllmasser skiller seg derfor, i tekstur og sammensetning, markant fra det omkringliggende jordsmonnet og den høye geofysiske kontrasten fører til at de lettere lar seg påvise i georadar-dataene. Dette er strukturer som også har høy påvisningsgrad i de maskinelle prøvesjaktene (jfr. Tabell 7 og Tabell 8). Med høyt innhold av kull og steiner, har ofte varmpåvirkede strukturer en høy visuell kontrast til undergrunnen.

Hvis man sammenligner påvisningsgraden mellom de strukturene som ble påvist i prøvesjaktene og georadar-dataene for hele området direkte, får man følgende resultat på henholdsvis Dilling og Øya:

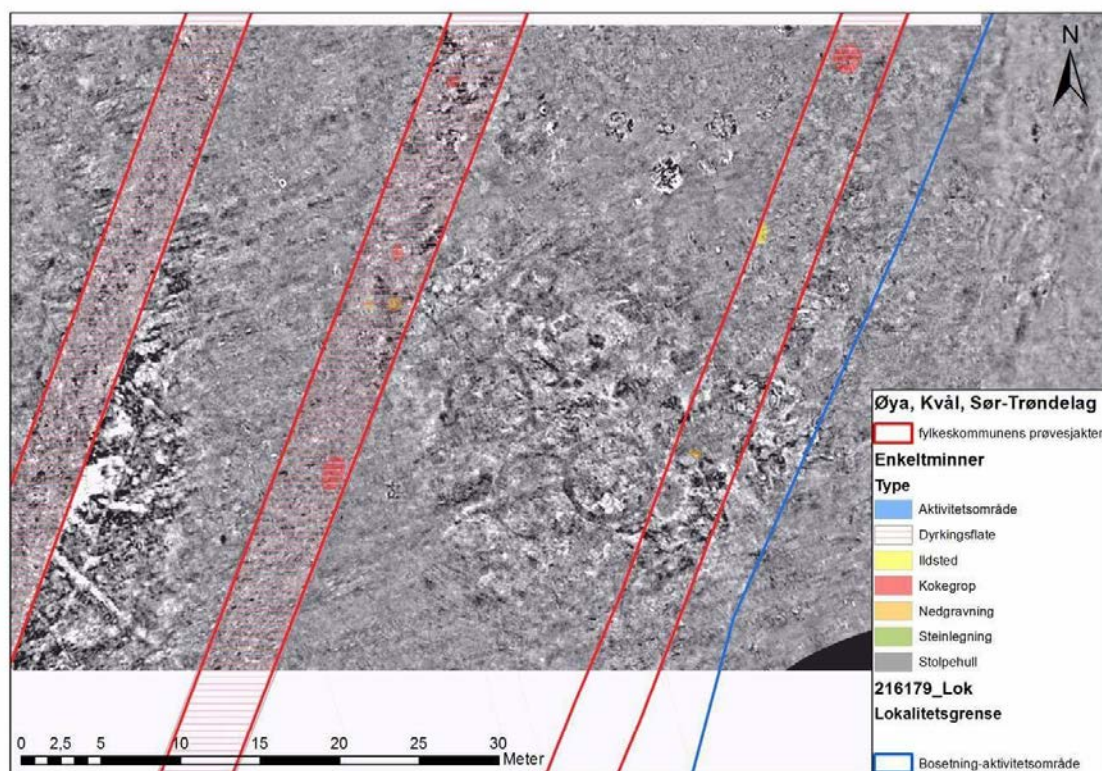
Strukturtype	Påvisningsgrad Sjakting	Påvisningsgrad Georadar
Røyser	100 %	100 %
Branngraver	100 %	72 %
Ildsteder	88 %	68 %
Kokegroper	77 %	75 %
Ovner	67 %	71 %
Stolpehull	39 %	10 %
Groper	24 %	44 %
Grøfter	27 %	22 %
Ukjent	9 %	24 %

Tabell 7: Direkte sammenligning mellom påvisningsgraden av de største funngruppene på Dilling. Celler i blått indikerer lik treffprosent, grønt høyere treffprosent og rødt indikerer lavere treffprosent.

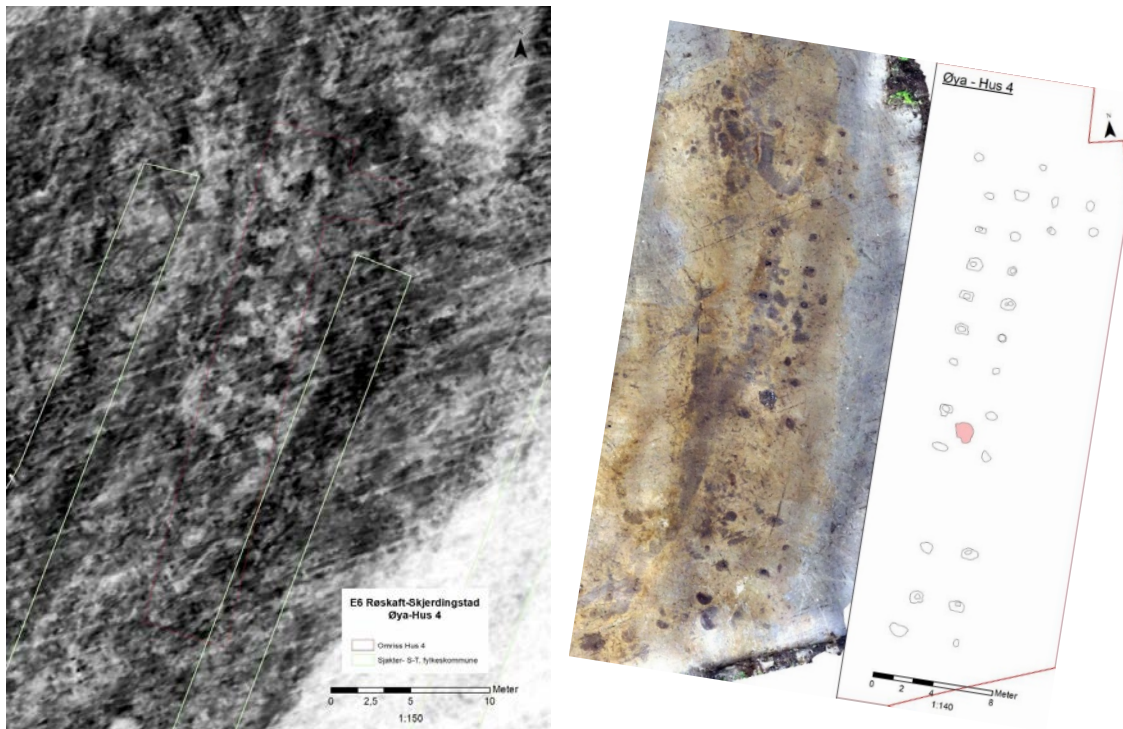
Strukturtype	Påvisningsgrad Sjakting	Påvisningsgrad Georadar
Graver	100 %	0 %
Steinpakninger	100 %	67 %
Ildsteder	100 %	75 %
Kokegroper	83 %	69 %
Stolpehull	26 %	26 %
Groper	25 %	25 %
Ukjent	14 %	8 %

Tabell 8: Direkte sammenligning mellom påvisningsgraden av de største funngruppene på Øya. Celler i blått indikerer lik treffprosent, grønt høyere treffprosent og rødt indiker

Resultatene fra Øya viser en lignende trend, hvor påvisningsgraden for ildsteder, ovner og kokegroper typisk også er god for begge metoder. I motsetning til på Dilling, er det på Øya omtrent lik påvisningsgrad for stolpehull og groper for de to metodene. Dette henger sammen med plasseringen av det påviste huset, samt størrelsen og karakteren på stolpehullene til huset. Bakgrunnsbildet i georadar-dataene i området hvor huset lå bar preg av en kraftig geofysisk kontrast for det som ved fjerning av matjordslaget rent visuelt så ut som en relativt homogen og steinfri elveavsetning. Stolpehullene her var generelt ganske store, og hadde en negativ geofysisk kontrast som skilte seg fra de omliggende områdene. I andre deler av undersøkelsesområdet, f.eks. mot vest, hvor undergrunnen besto av silt/leirholdige rasmasser var stolpehullene vanskelig å detektere i georadar-dataene, mens det var en kraftig geofysisk kontrast hva gjelder kokegroperne (Figur 12). Når det gjelder «grav», henviser dette til den ene branngraven som ble funnet. Derimot påviste georadaren tre sirkulære grøfter (av i alt fire funnet ved flateavdekkingen), som ikke ble funnet ved registreringen da de befant seg midt mellom to av fylkeskommunens registreringssjakter (Figur 28). En tilsvarende situasjon har vi for huset som ble påvist (Figur 29). Totalt sett er det på Øya mindre forskjell mellom metodene enn det som er tilfellet på Dilling, med 29 % påvisningsgrad for maskinell prøvesjakt, og 23 % for georadar, mens de tilsvarende tall fra Dilling er 42 % og 19 %.



Figur 28: Eksempel på strukturer påvist med georadar-data, sammenlignet med prøvesjakter. Det ligger tre runde grøfter i midten av bildet, og en samling av kokegroper i midten mot nord.



Figur 29: Huset fra Øya slik det fremsto i georadar-dataene (til venstre) og ved ortofoto og planinnmålinger fra utgravningen (til høyre). Fylkeskommunens prøvesjakter er markert med gult.

Tetthetsanalysene fra Dilling viser, i motsetning til den deskriptive statistikken, at det er godt samsvar mellom spredningen av strukturer påvist i georadar-datasettene og strukturene som er påvist ved den påfølgende flateavdekkingen. Den matematiske sammenligningen av tetthetskartene fra de to metodene viser en korrelasjonskoeffisient på 0,73. Til sammenligning viser en tilsvarende sammenligning av resultatene fra sjaktingen og flateavdekkingen en koeffisient på 0,80, altså et marginalt bedre samsvar. Dette kan sannsynligvis sees i sammenheng med at et relativt stort areal (23 % av området) ble sjaktet. Kort sagt: resultatene viser at det er godt samsvar mellom spredningen av påviste strukturer og den faktiske lokalitetsavgrensningen, selv om man ved bruk av georadar ikke har klart å påvise mer enn 18 % av alle strukturene på lokaliteten.

På Øya er det mindre sammenfall å se i tetthetsanalysene for fylkeskommunens prøvesjakter (korrelasjonskoeffisient på 0,15) sammenlignet med georadar-dataene (korrelasjonskoeffisient på 0,48 for de tolkede og 0,85 for de påvisbare anomaliene). Trolig henger dette sammen med relativt kompliserte stratigrafiske forhold på stedet, hvor en ved flateavdekkingen avdekket strukturer under lag (rasmasser og dyrkningslag) som ble påvist av fylkeskommunen, men hvor prøvesjaktene bare stedvis ble gravd igjennom hele eller deler av disse lagene. På Øya er det romlige sammenfallet bedre for georadar-dataene, sett opp mot utgravningsresultatene, enn for de påviste strukturene fra den maskinelle prøvesjaktingen. Her er det heller ikke så stor forskjell på påvisningsgraden mellom de to registreringsmetodene (maskinell prøvesjaktning versus georadar) som på Dilling.

Spørsmålet blir derfor: selv om man ikke påviser alle arkeologiske strukturer, vil så den dominerende romlige konsentrasjonen av påviste strukturer fremdeles reflektere den helhetlige utbredelsen til de arkeologiske lokalitetene? Det virker slik. På Dilling var sammenfallet godt for begge metoder, på Øya var sammenfallet lavt for den maskinelle prøvesjaktingen og moderat til sterk for georadar.

7.1 Maskinell prøvesjaktning versus utgravningssituasjonen

§9-fasen i en forvaltningssak skjer normalt relativt nært i tid etter at tiltakshaver har fremmet en plansak. Dette betyr at man ikke nødvendigvis selv kan bestemme når man skal ut og utføre en registrering, og det kan dermed være dårlig med tid. For eksempel ble Øya registrert på senhøsten

(oktober/november), med høyst varierende lysforhold og enkelte dager med snøfall. Her var også undergrunnsforholdene kompliserte, med forskjellige typer undergrunn, samt rasmasser, gamle bekkeleier og dyrkningslag.

På Dilling var undergrunnen mindre variabel, men det var relativt stenrik moreneundergrunn med en god del jordfaste steiner. Dette kompliserer også registreringsfasen, og ved selve utgravningen ble det brukt mye tid til finrensing. Under finrensingen kom flere strukturer tydeligere frem, og ved å avdekke større arealer har man også fått større kontroll på lagskiller (overgangen matjordslag og steril/kulturpåvirket undergrunn). I tillegg har man bedret mulighetene for å se sammenhengene mellom strukturene og aktivt undersøke områder hvor det «mangler» stolpehull i noe som ellers kan se ut som systematiske stolperækker.

7.2 Resultatene vs. undersøkelsesplikten jfr. Kulturminneloven

Kulturminneloven nevner ikke hvordan en arkeologisk registrering skal skje, men forskriftet «Om lov om Kulturminner» (Miljøverndepartementet, 1977-1978) sier at det ansvarlige organ kan belaste tiltakshaver for utgifter til kontroll, befaringer, prøver av grunnen og arkeologiske utgravninger. Riksantikvaren har utgitt en veileder for §9-undersøkelser, som sier at det som hovedregel skal anvendes velkjente metoder, som visuell overflateregistrering, prøvestikk og maskinell sjakting ved gjennomføring av feltarbeidet, men at det etter avtale med tiltakshaver kan være aktuelt å anvende ulike former for fjernmåling. Bruken av slike metoder skal da begrunnes med henvisning til faglige og/eller praktiske vurderinger. Hverken utgravninger eller registreringer skal brukes til metodetesting dersom dette medfører økte kostnader for tiltakshaver (Riksantikvaren, 2015). Forvaltningslovens §17 sier at «Forvaltningsorganet skal påse at saken er så godt opplyst som mulig før vedtak treffes» (Justis- og beredskapsdepartementet, 1967), men samtidig må det være nær og reell sammenheng mellom utgiftene til en arkeologisk registrering og det aktuelle tiltaket (Kahn, 2007). Samtidig er det opp til forvaltningsorganets faglige skjønn å avgjøre hvilken metode de mener bør anvendes for å løse de oppgavene som kreves av dem på en balansert måte. Det er forvaltningsorganene som i siste ende avgjør hvorvidt tolkningen av en geofysisk anomali skal kunne vurderes som et kulturminne. Tolkningene blir gjerne gjennomført av en spesialist, hvis erfaring og kompetanse til å utføre arkeologiske tolkninger av et geofysisk datasett bør vektlegges når forvaltningen skal bedømme om resultatene tilfredsstillende de krav som forvaltningen stiller i henhold til undersøkelsesplikten. Dette pålegger spesialisten som skal utføre arbeidet mye ansvar, samtidig som det stiller krav om at de ulike forvaltningsorganene bør ha forhåndskunnskaper om muligheter og begrensninger til ulike tilgjengelige registreringsmetoder, inkludert geofysikk (Stamnes, 2016).

Registreringen skal, uavhengig av metode, altså være god nok til å avklare hvorvidt det er en konflikt mellom tiltaket og eventuelle kulturminner, og planens påvirkning på disse. Samtidig skal registreringen være utført på en måte så den gir tilstrekkelig grunnlag for en kulturminnefaglig uttalelse i saken. Dette gjelder både for det forvaltningsorganet som gjennomfører registreringen, tilråding fra rette forvaltningsmuseum og for Riksantikvaren som fatter vedtak om dispensasjon fra loven. Arbeidet skal dermed gi nok informasjon for videre saksbehandling i alle ledd og budsjettering av eventuelle utgravninger (Klima- og miljødepartementet, 1979, Kahn, 2007, Riksantikvaren, 2015). Ofte blir også de arkeologiske registreringene eneste kunnskapskilde til en lokalitet eller et kulturminne. Dette for eksempel hvis tiltaket ikke blir noe av og videre utgravning som ledd i planprosessen dermed ikke blir utført. På denne måten har også de arkeologiske registreringene i seg selv en verdi for bruk videre i arkeologisk forskning (Bjørge, 1988).

I denne sammenhengen er det rimelig å spørre seg om i hvilken grad man kan stole på tolkningene fra de geofysiske metodene? De preliminare tolkningene for Dilling hadde en treffprosent på 6 %, mens det etterfølgende var klart at 18 % av alle de arkeologiske strukturene var mulig å påvise. På Øya var treffprosenten på 10 %, mens i alt 23 % var mulig å påvise med georadar. Avviket mellom de tolkede og påviste strukturene viser at det er rom for forbedring i å tolke disse datasettene. Samtidig var tolkningene relativt presise: På Øya var prosentandelen av anomaliene i det geofysiske datasettet som ble tolket som arkeologiske, og som ble påvist som arkeologiske strukturer ved senere utgravning, på

73 %. På Dilling var tallet ca. 63 %. Tallene viser f.eks. at hvis man forventer en bosetning med kokegroper eller andre større groper, er det en stor sjanse for at en ved en høyoppløselig georadarundersøkelse og maskinell sjakting kan påvise disse gropene relatert til bosetningen. Samtidig vil små strukturer som f.eks. stolpehull være vanskeligere å påvise, spesielt i georadar-dataene. Hvis det er grunn til å anta at husene har veggrøfter, vil det være en større sjanse for at man klarer å påvise disse med begge metoder. For georadar-dataene har tolkningene og de påviste strukturene en middels til god representasjon av lokalitetenes utstrekning på begge lokalitetene, selv om lokalitetene er av forskjellig arkeologisk karakter og geologisk kontekst. På Dilling representerte den maskinelle prøvesjaktingen bedre lokalitetens utstrekning enn hva samme metode gjorde enn på Øya. Til sammenligning har en i Irland erfaring fra magnetiske undersøkelser som viser at en i stor grad kan anvende magnetiske geofysiske områder til å peke ut områder hvor arkeologiske spor er fraværende. Statistikken derfra viser at det var lite med arkeologi i de områdene hvor de magnetiske metodene heller ikke viste nærvær av geofysiske anomalier (Bonsall et al., 2014). Selv om dette er en metode som baserer seg på andre geofysiske prinsipper enn georadar, er det en sammenlignbar erfaring.

7.3 Prosjektering og budsjettering

Resultatene viser at en generelt avdekket flere strukturer ved utgravningssituasjonen enn ved noen av registreringsmetodene (se Figur 17, Figur 18, Figur 23 og Figur 24). Dette harmonerer godt med innrykket man har hatt ved å sammenligne tetthetsgraden av påviste strukturer fra resultatene fra maskinell prøvesjakting med utgravningsresultatene ved NTNU Vitenskapsmuseet (Figur 2). Ved å avdekke større arealer har man bedre kontroll over overgangen mellom matjordlaget og steril grunn/kulturlag, samt bedre oversikt over sammenhengen mellom strukturer. En bruker gjerne også mer tid til å rense opp, og ettersom områdene blir liggende åpne en stund kan kontrasten til undergrunnen både fremheve synligheten til strukturene og noen ganger det motsatte. Dette er faktorer som gjør at en som regel finner flere strukturer ved utgravningene enn det prognosene fra prøvesjaktingen tilsier. Dette er da også noe det blir tatt høyde for ved den etterfølgende anvendelse av registreringsresultatene for budsjettering av utgravningsprosjektet.

Tilsvarende kan de presenterte resultatene for georadar-dataene anvendes. De gir inntrykk av potensialet metoden har til å påvise ulike strukturer, og gir oss erfaringer i hvordan en best mulig kan tolke slike datasett. Resultatene viser også at de påvisbare strukturene i stor grad reflekterer lokalitetenes utstrekning, og i tilfellet Øya bedre enn resultatene fra den maskinelle prøvesjaktingen. Dessuten er det helt klare fordeler ved fulldekning av en lokalitet for å minske risikoen for overraskelser i etterkant, overraskelser som vil kunne påvirke de faglige vurderingene forvaltningen skal foreta, saksbehandlingstid og budsjetter. Påvisningen av huset og de sirkulære grøftene på Øya, som lå eksakt mellom sjaktene, kan stå som eksempel på dette (se Figur 28 og Figur 29). Uforutsette endringer sent i plan- og utbyggingsprosessen kan fort bli fordyrende elementer for prosjektet som helhet (Institution of Civil Engineers, 2009).

I hvilken grad de geofysiske resultatene kan brukes som kildegrunnlag alene, er avhengig av de forventninger og gode prognose man har til funn i området, samt forventede arkeologiske spor. Som et eksempel på dette kan nevnes Hedmark fylkeskommunes pågående registreringsprosjekt i forbindelse med ny jernbanetrasé gjennom Stange, der storskala georadar-undersøkelser ble gjennomført i de delene av planområdet som hadde lav prognose, mens prøvesjakting ble konsentrert til områder med høyt potensial (Gustavsen, 2017). I et slikt tilfelle vil funn i lavprognoseområdene bli mer en ekstrainformasjon som man ellers kanskje ville ha gått glipp av. Enkelte fylkeskommuner har nå tatt i bruk geofysiske metoder i sitt planarbeid, og denne tendensen ser ut til å øke. Her benyttes metoden, ikke bare til å påvise områder med arkeologiske strukturer, men også til å kartlegge andre fenomener som eksempelvis moderne inngrep som utplanering og utfylling, samt naturfenomener som strandlinjer og gamle elveløp. Dette gjør at store områder kan nedprioriteres med tanke på maskinell sjakting, noe som kan bidra til å holde budsjettene nede, samtidig som at feltarbeidet kan fokuseres mot områder med høyere potensiale. I lys av resultatene fra dette prosjektet, kan man se dette som én av flere mulige måter hvor en kan kombinere ulike registreringsmetoder som del av en

mer helhetlig vurdering av området, og som en måte å forbedre kildegrunnlaget for videre prosjektering, saksbehandling og budsjettering. Det er viktig å påpeke at en kombinasjon av andre registreringsmetoder (geofysiske eller direkte fysiske) kan være relevant å vurdere, avhengig av landskap og prognose. Det kan være faglig relevant å undersøke hvordan man best mulig kan kombinere eventuell storskala geofysiske undersøkelser med mindre, målrettede prøvesjakter i forbindelse med en kulturminnefaglig vurdering. Resultatene viser eksempler på hvordan en ved kombinasjon av ulike registreringsmetoder kan få en raskere og bedre avgrensning av arkeologiske lokaliteter, og enklere kunne foreta dispensasjonsbehandling på bakgrunn av et større kunnskapsgrunnlag. Det vil bli lettere for universitetsmuseene å prosjektere arkeologiske undersøkelser ved en eventuell dispensasjonssak, samt gjøre faglige prioriteringer underveis i utgravningsprosjektene. Samtidig vil tidlig påvisning gi et bedre vern av kulturminner i dyrkamark.

Et annet viktig spørsmål er hvorvidt kostnadene av å kombinere flere metoder i en tidlig fase kan forsvares fra et kulturminnefaglig synspunkt. Er det forsvarlig å øke kostnadene i en tidlig fase, hvis dette bidrar til at man får et bedre datagrunnlag for sine uttalelser, unngår overraskelser i en senere fase, eller reduserer saksbehandlingstiden som følge av dette? Dette vet vi lite om per i dag, men det er liten tvil om at mer kunnskap i en tidlig fase vil redusere tidsbruk og kostnader relatert til planlegging, budsjettering og prosjektering, samtidig som man kan ta bedre faglige valg og unngå overraskelser og endringer sent i arbeidet. Hvorvidt dette representerer en kostnadsbesparelse i sin helhet, altså totalt for saksbehandlingen av en sak gjennom hele sitt forløp, vet man så langt lite om. Derimot er kostnadsspørsmål en klar begrensning for aksepten for bruk av alternative registreringsmetoder til maskinell prøvesjakter sett fra fylkeskommunene sin side, da det ofte ikke blir ansett som mulig å gi økonomisk rom for bruk av flere metoder ved arkeologiske registreringer (Stamnes, 2016).

Et viktig element i en slik debatt, er i hvilken grad de geofysiske metodene har en verdi for andre interesser som er involvert i planleggingsprosessen ut over de arkeologiske. Trolig vil kunnskap fra de geofysiske målingene være av interesse i geotekniske vurderinger av undergrunnen, samt for landbruksformål osv. Blant annet påviser geofysikk som regel infrastruktur og dreneringsgrøfter, samt at en får kunnskap om jordbunnsvariasjoner som kan ha relevans for utbygger. Det er derfor grunn til å anta at kartlegging med geofysikk kan gi en flerdriftsfordel igjennom å la andre få tilgang til måleresultatene.

7.4 Forskningspotensiale

Selv om resultatene fra analysen er interessante i seg selv, utgjør de ikke en fullstendig kartlegging av problemkomplekset, men gir snarere et grunnlag for videre forskning. For å kunne teste hypotesene som vil komme ut av dette prosjektet er det tatt ut ca. 30 jordprøver fra ulike strukturer på Dilling, samt fra omliggende undergrunn og fra matjordslaget. En tilsvarende mengde er tatt ut fra strukturer og undergrunn på Øya. Det er tenkt at disse skal analyseres i løpet av 2018. Både analysene og eventuelle påfølgende formidling av resultatene gjennom publikasjoner er tenkt gjennomført med interne forskningsmidler fra NIKU og NTNU.

Databehandlingen, det analytiske rammeverk samt metoden anvendt for å sammenligne registreringsmetodene med utgravningsresultatene, er overførbar til andre prosjekter. Det vil være interessant å følge opp disse undersøkelsene med tilsvarende undersøkelser under andre geologiske og arkeologiske forhold, for å si noe om effekten de har for påvisningsgraden forbundet med flere ulike metoder. Er det noen typer undergrunn som resulterer i generelt lavere påvisningsgrad, og hvordan er f.eks. forholdet mellom plassering av lett påviselige strukturer som kokegroper, ildsted og ovner sett i forhold til lokalitetens utstrekning som helhet? Hvordan påvirker eventuelt bruken av flere ulike geofysiske metoder kvaliteten på sluttresultatet?

En analytisk evaluering av maskinell prøvesjakter som påvisningsmetode er også av høy interesse for forskning og forvaltning som ledd i en kunnskapsbasert forvaltning. I Norge er det i liten grad gjennomført sammenlignende analyser av resultater fra geofysiske undersøkelser og påfølgende arkeologiske utgravninger. Et relevant spørsmål her er hvilken presisjon man kan forvente av metoden,

og i hvordan den praktiseres. Erfaringstall for ulik arkeologi og forskjellige undergrunnsforhold vil være viktig referansemateriale for forvaltningen, og gjør at man bedre kan forstå metoden og dens potensiale og begrensninger.

I tillegg vil det være av interesse å kartlegge i hvilken grad geofysiske datasett generert gjennom storskala georadar-undersøkelse kan være av interesse for andre, og fortrinnsvis tidligere, faser av planleggings- og utbyggingsprosesser. Dette kan være i kartlegging av infrastruktur og dreneringsforhold, eller i forbindelse med mer geotekniske vurderinger. Dette kan komme inn som ledd i ulike plannivåer av saksbehandlingen, og ikke kun i de stadier hvor man vanligvis gjør en kulturminneregistrering jfr. kulturminneloven §9 (Gustavsen et al., 2013, Stamnes, 2016).

Det er også et potensial i å undersøke hvordan best kombinere ulike registreringsmetoder på en kostnadsbesparende måte, samt hvordan tilgangen til mer kunnskap i en tidlig fase påvirker saksgang og faglige vurderinger senere i prosessen.

7. Konklusjon

De presenterte resultatene representerer kun to casestudier, men dette arbeidet kan fungere som et godt referansegrunnlag for liknende studier i fremtiden og for forvaltningen i deres arbeid. Ved å øke kunnskapen om hva man kan påvise med de ulike metodene, hvor presise tolkningene er, og hvor godt de reflekterer utstrekningen til lokalitetene, tilføres ny erfaringsbasert viten om anvendeligheten og presisjonen til maskinell prøvesjaktning og anvendelsen av storskala georadar-undersøkelser ved registrering av kulturminner tilbake til de arkeologiske miljøene. Dette arbeidet er således et viktig bidrag for å evaluere og forstå kvaliteten og anvendbarheten til de ulike registreringsmetodene.

Som alle andre arkeologiske metoder har både maskinell sjaktning og geofysikk sine styrker og svakheter. Men metodene vurderes ofte skjævt opp mot hverandre. Avhengig av ståsted fremheves ofte én metodes svakheter og en annen metodes fordeler. Debatten blir ofte polarisert og en unngår å se nyansene mellom motpolene. Den maskinelle prøvesjaktningen gir en fordel ved at en utfører tolkningen basert på direkte visuell og fysisk observasjon av strukturene. Dette gir trolig en økt følelse av trygghet når materialet skal anvendes i kulturminnefaglige uttalelser. Samtidig har resultatene i denne rapporten demonstrert at det, til tross for en relativt høy dekningsgrad, er en hel del strukturer som ikke ble identifisert i fylkeskommunenes prøvesjakter, men først dukket opp i forbindelse med utgravning. Slike og andre begrensede forhold er naturligvis allerede kjent, men kanskje har maskinell sjaktning blitt en såpass etablert metode at begrensningene aksepteres som en del av metodens natur, uten at de diskuteres videre?

Motsetningsvis er geofysiske undersøkelser ny og ukjent grunn for mange, og kravene til at en undersøkelse skal anses som vellykket oppleves som langt høyere enn for konvensjonelle metoder. Ved geofysiske undersøkelser blir tolkningen av dataene basert på geofysiske målinger av undergrunnen, og representerer dermed en annen måte å «se» arkeologi på. Kvaliteten på tolkningene og klassifikasjonen av geofysiske anomalier er i tillegg til maskinvare, valg av oppløsning og geologiske forhold, avhengige av erfaringen til den som utfører disse, og det kan derfor oppfattes som et usikkerhetsmoment når det ikke er en selv som utfører tolkningene, slik det oftest er ved maskinell prøvesjaktning.

Her skal det konstateres at også de geofysiske metodenes begrensninger er godt kjent, noe som ofte kommuniseres, men som det bare unntaksvis tas hensyn til i forbindelse med oppdragsbestilling og –gjennomføring av arkeologiske registreringer. Årsaken til dette er naturlig nok kompleks, men grunner kanskje i manglende erfaring, kunnskap og bestillerkompetanse. Forventningene til at de høyteknologiske verktøyene skal frembringe samme type informasjon som man er vant med ved konvensjonelle metoder er gjerne høy, og fallhøyden for geofysikk som metode blir deretter. Dette er en problemstilling som kan, og over tid vil, løses ved økt kunnskaps- og erfaringsoverføring mellom de ulike fagmiljøene. Enkelte fylkeskommuner har i større grad enn før tatt i bruk geofysiske metoder i sitt planarbeid, og dette vitner om en økt forståelse for hvordan metodene fungerer og hvordan de bør brukes for å oppnå et best mulig resultat.

Dette prosjektet har demonstrert hva som er mulig med den teknologien vi anvender nå, men viser også hvor det er rom for forbedringer, f.eks. i forskjellen mellom de preliminare tolkningene av georadar-datasettene og hva som faktisk var synlig som anomalier i dataene. Likevel var ca. 75 % av alle anomalier identifisert i datasettet fra Øya arkeologiske, noe som er en relativt høy andel av positive treff. Anvendelsen av flere ulike geofysiske metoder på samme areal kan også styrke kvaliteten på tolkningene. I dette arbeidet har fokuset vært på georadar som geofysiske metode. Bruken av georadar har økt betraktelig de siste ti årene i Norge, og systemer med høy oppløsning og med effektiv datainnsamling er i stor grad blitt standard ved bruk av geofysiske undersøkelser på dyrkamark (Stamnes, 2016, Gustavsen et al., 2018). De geofysiske heldekkende datasettene, gir også et godt utgangspunkt for å forstå landskapsdanning og geologiske forhold, samt tidligere paleokanaler og elve/bekkefar, og ikke minst oversiktsbilder av dreneringsgrøfter. Alt dette er data som kan ha

merverdi for andre forhold, som oppdaterte dreneringskart, geologiske vurderinger og studier av landskapsregresjon.

Analysene som er gjort i forbindelse med prosjektet «Avgrensning av kulturminner i dyrkamark» har frembragt kunnskap om påvisningsgrad ved konvensjonell sjakting og bruk av georadar, og har samtidig belyst fordeler og ulemper med de ulike registreringsmetodene i forhold til maskinell flateavdekking. Her skal det påpekes at tallene vi har presentert er basert på to enkeltundersøkelser fra to ulike undersøkelsesområder med ulike undergrunnsforhold og ulik type arkeologi. Datasettene er således ikke direkte sammenlignbare, og sikre slutninger kan foreløpig ikke trekkes. Til tross for dette ser vi enkelte likhetstrekk mellom de statistiske analysene, og metoden som er brukt danner grunnlag for tilsvarende analyser av tidligere og fremtidige undersøkelser.

Prosjektet har belyst en problemstilling som vi har kjent til, men som inntil nå ikke har vært belyst ved hjelp av kvantitative metoder. De geofysiske metodene vil kunne påvise enkelte kulturminnetyper, mens andre strukturer vil forbli uoppdaget. Samtidig ser vi at spredningsmønstrene stemmer godt overens med distribusjonen av strukturene som er påvist ved maskinell flateavdekking. Det er derfor naturlig å spørre om de geofysiske metodene fungerer godt nok som registreringsverktøy jfr. kulturminneloven §9, og om resultatene kan brukes i planleggings- og budsjetteringsøyemed. Vi vurderer bruken av geofysiske letemetoder som et supplement, og ikke en erstatning for andre registreringsmetoder. Videre mener vi at metodene kanskje vil fungere best som påvisnings- og prognoseverktøy til bruk tidlig i en planfase, for eksempel allerede på konseptvalgutrednings- eller konsekvensutredningsnivå. Dersom et større planområde undersøkes ved hjelp av geofysiske metoder vil en potensielt kunne påvise større strukturer og anlegg. Selv om man ikke påviser hver enkelt struktur innenfor en lokalitet, vil en således kunne sile ut områder med høy tetthet av påvisbare og tolkbare anomalier, og resultatene vil kunne brukes i det videre planarbeidet. Samtidig kan en ved utforming av konkrete problemstillinger kunne avklare disse ved målrettet bruk av en metode. Spørsmålet «Er det noe her?» er et helt annet enn «Kan man se fotgrøftene fra et utplanert gravfelt også på motsatt side av åkerskillet eller veien?»

Slike analyser er aldri tidligere gjennomført på et norsk materiale, og analysene fra dette prosjektet utgjør derfor et særlig interessant grunnlagsmateriale for videre forskning, og har også internasjonal relevans. Prosjektet har derfor gitt økt erfaring, og er et godt datagrunnlag for videre forskning. De statiske resultatene og diskusjonene vil ha stor overførings- og kunnskapsverdi inn mot alle ledd i forvaltningsapparatet i Norge.

8. Referanser

- BJØRGO, T. 1988. Registreringer som styrende faktor i arkeologisk forskning. *In: INDRELID, S., SOLBERG, B. & HAGEN, A. (eds.) Festskrift til Anders Hagen.* Bergen, Norway: Historisk Museum, Universitetet i Bergen.
- BONSALL, J., GAFFNEY, C. & ARMIT, I. 2014. A Decade of Ground Truthing: Reapprasing Magnetometer Prospection Surveys on Linear Corridors In Light of Excavation Evidence 2001-2010. *In: KAMERMANS, H., GOJDA, M. & POSLUSCHNY, A. G. (eds.) A Sense of the Past. Studies in current archaeological applications of remote sensing and non-invasive prospection methods.* Oxford, England: Archaeopress.
- GURIBYE, R. & HOLME, J. 2001. Kapittel II - Automatisk fredete kulturminner. *In: HOLME, J. (ed.) Kulturminnervern - Lov, Forvaltning, Håndhevelse Bind II. Kulturminneloven med kommentarer.* Oslo, Norway: Økokrim.
- GUSTAVSEN, L. 2017. Georadarundersøkelser mellom Ottestad stasjon og Åkersvika Stange kommune, Hedmark fylke. NIKU Oppdragsrapport 118/2017. Norsk institutt for kulturminneforskning.
- GUSTAVSEN, L., CANNELL, R. J. S., NAU, E., TONNING, C., TRINKS, I., KRISTIANSEN, M., GABLER, M., PAASCHE, K., GANSUM, T., HINTERLEITNER, A., POSCETTI, V. & NEUBAUER, W. 2018. Archaeological prospection of a specialized cooking-pit site at Lunde in Vestfold, Norway. *Archaeological Prospection*, 25, 17-31.
- GUSTAVSEN, L., PAASCHE, K. & RISBØL, O. 2013. Arkeologiske undersøkelser. Vurdering av nyere avanserte arkeologiske registreringsmetoder. *In: SMÅDAHL, E. (ed.) Statens Vegvesen rapporter.* Vegdirektoratet, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen. Miljøseksjonen. .
- GUSTAVSEN, L. & STAMNES, A. A. 2012. Arkeologisk geofysikk i Norge - En historisk oversikt og statusvaluering. *Primitive Tider*, 14, 77-93.
- HØGESTØL, M., SELSING, L., LØKEN, T., NÆRØY, A. J. & PRØSC-DANIELSEN, L. 2005. *Konstruksjon og byggeskikk. Maskinell flateavdekking - metodikk, tolkning og forvaltning*, Stavanger, Norway, Arkeologisk museum i Stavanger.
- INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS 2009. *Civil engineering procedure*, London, England, Thomas Telford Ltd.
- IVERSEN, F. 2013. Big bang, lordship or inheritance? Changes in the settlement structure on the threshold of the Merovingian Period, South-Eastern Norway. *In: KLÁPŠTĚ, J. (ed.) Hierarchies in rural settlements* Turnhout: Brepols Publishers.
- JUSTIS- OG BEREDSKAPSDEPARTEMENTET 1967. Lov om behandlingsmåten i forvaltningsaker (forvaltningsloven). *In: BEREDSKAPSDEPARTEMENTET, J.-O. (ed.) LOV-1967-02-10.* Justis- og beredskapsdepartementet.
- KAHN, M. 2007. *Lærebok i kulturminnerett*, Trondheim, Norway, Tapir akademisk forlag.
- KJOS, O. A. I. 2016. Arkeologisk registrering. Dobbeltsporprosjektet, Sandbukta-Moss-Såstad. Sak: 13/10294. *Upublisert rapport.* Sarpsborg: Kulturminneseksjonen, Østfold fylkeskommune.
- KLIMA- OG MILJØDEPARTEMENTET 1979. Forskrift om faglig ansvarsfordeling mv. etter kulturminneloven. *In: MILJØDEPARTEMENTET, K.-O. (ed.).*
- LØKEN, T., PILØ, L. & HEMDORFF, O. 1996. *Maskinell flateavdekking og utgravning av forhistoriske jordbruksboplasser - en metodisk innføring*, Stavanger, Norway, Arkeologisk Museum i Stavanger.
- LØKKA, N. 2016. Kulturarv i Vestfold. Effektivisert kulturminneforvaltning for regionen. *TF-rapport.* Telemark: Telemarksforskning.
- MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977-1978. Om lov om kulturminner. Ot.prp.nr 7. *In: MILJØVERNDEPARTEMENTET (ed.) 7.* Ministry of Climate and Environment.
- NGU 2017. Database for løsmassegeologi. NGU (Norges geologiske undersøkelse/Geological Survey of Norway).
- NIBIO 2017. Kilden. Ås: NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi/Norwegian Institute of Bioeconomy Research).

- RIKSANTIKVAREN 2015. Veileder - Retningslinjer for gjennomføring av undersøkelsesplikten og budsjettering av arkeologiske registreringer i henhold til kulturminneloven §9, jf. §10. *In: HERITAGE, D. F. C. (ed.)* Last edited 23.11.2015 ed. Oslo, Norway: Directorate for Cultural Heritage.
- STAMNES, A. A. 2016. *The Application of Geophysical Methods in Norwegian Archaeology: A study of the status, role and potential of geophysical methods in Norwegian archaeological research and cultural heritage management*. PhD, Norwegian University of Science and Technology.
- STAMNES, A. A. & GUSTAVSEN, L. 2014. Archaeological Use of Geophysical Methods in Norwegian Cultural Heritage Management - a Review. *In: KAMERMANS, H., GOJDA, M. & POSLUSCHNY, A. G. (eds.) A Sense of the Past. Studies in current archaeological applications of remote sensing and non-invasive prospection methods*. Oxford: Archaeopress.
- TAYLOR, R. 1990. Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 6, 35-39.
- ØDEGAARD, M., WINTHER, T., GJERPE, L. E. & HELLAN, J. K. 2018. Gårder fra bronse- og jernalder - foreløpige resultater fra Dobbeltspor Dilling. *Primitive Tider*, 19, 31-42.

9. VEDLEGG

10.1 Vedlegg A – Datagrunnlag Dilling

Flateavdekking versus georadar

	Ikke påvist	%	Påvist	%	Totalt
Røys	0	0,0	3	100,0	3
Brønn	0	0,0	1	100,0	1
Ovn	4	28,6	10	71,4	14
Branngrav	5	27,8	13	72,2	18
Kokegrop	47	24,7	143	75,3	190
Ildsted	9	32,1	19	67,9	28
Kullflekk	3	27,3	8	72,7	11
Grop	51	56,0	40	44,0	91
Ukjent	276	75,6	89	24,4	365
Grøft	64	78,0	18	22,0	82
Stolpehull	2290	90,5	241	9,5	2531
TOTALT	2749	82,5	585	19,0	3334

Flateavdekking versus sjakting

	Ikke påvist ved sjakting	%	Påvist ved sjakting	%	Totalt
Røys	0	0,0	1	100,0	1
Branngrav	0	0,0	1	100,0	1
Ildsteder	1	12,5	7	87,5	8
Kokegroper	11	22,9	37	77,1	48
Ovner	1	33,3	2	66,7	3
Stolpehull	328	60,7	212	39,3	540
Grøfter	19	73,1	7	26,9	26
Groper	13	76,5	4	23,5	17
Ukjent	53	91,4	5	8,6	58
Staurhull	12	92,3	1	7,7	13
TOTALT	438	61,3	277	38,7	715

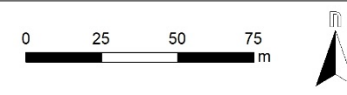
10.2 VEDLEGG B – Dybdeskiver fra Dilling

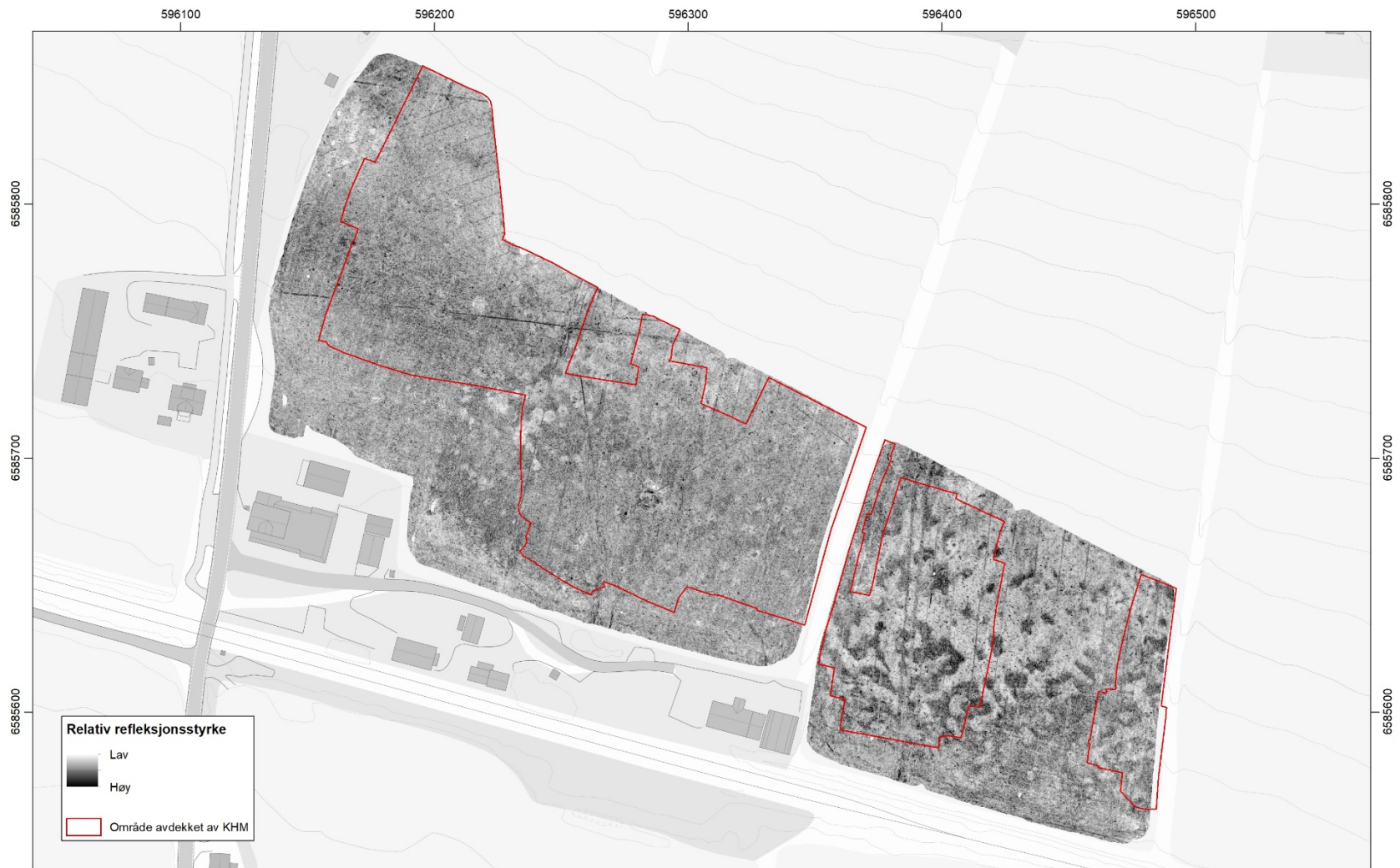


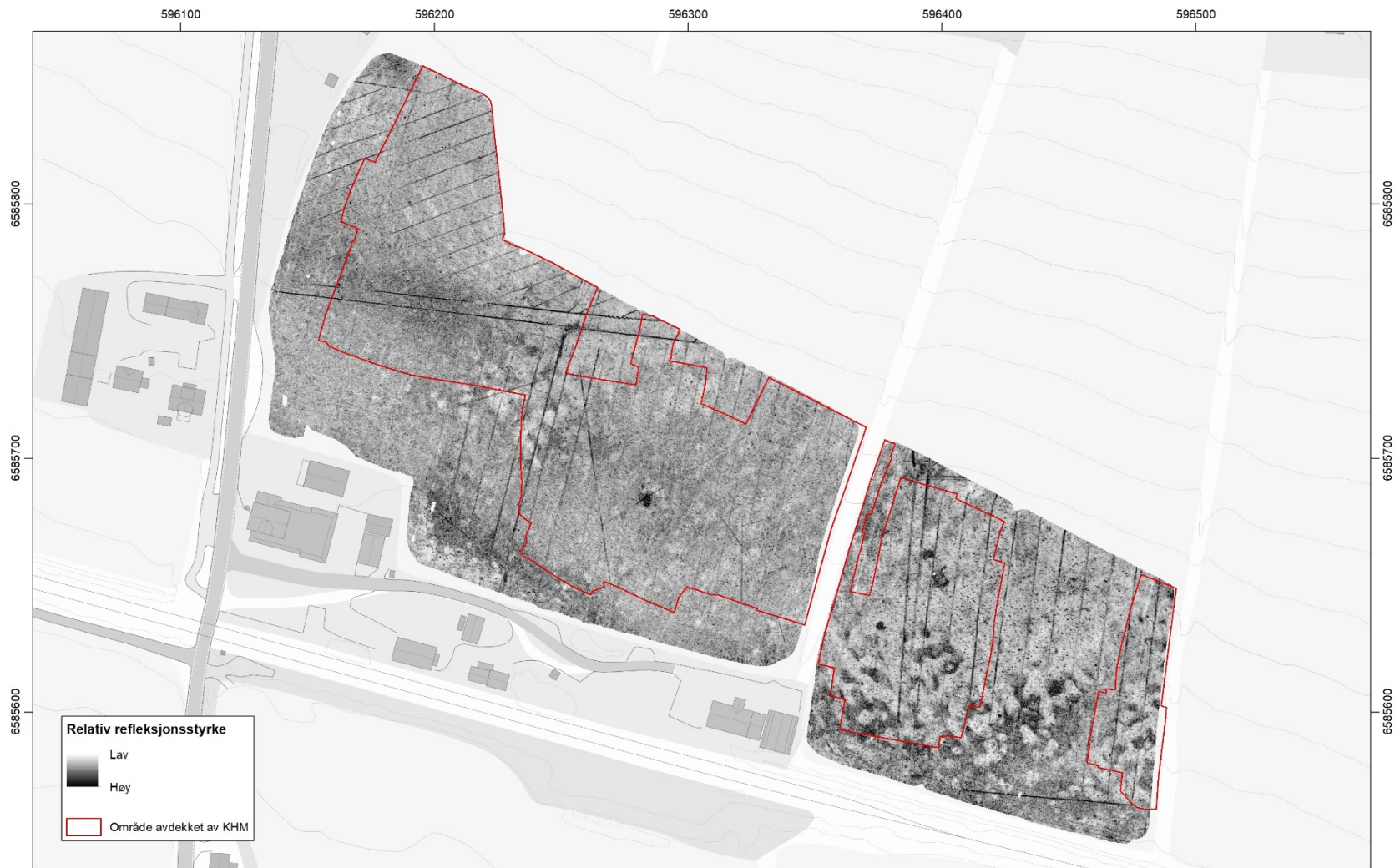
NIKU
Norsk institutt for
kulturminneforskning

Georadarundersøkelse ved Dilling Vestre 67/1 og 2
Dybdeskiver 20 - 40 cm

EUREF89/UTM32
Kartgrunnlag: Statens kartverk, Geovekst og kommuner







Relativ refleksjonsstyrke

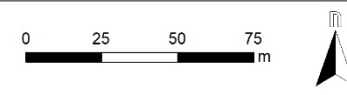
Lav
 Høy

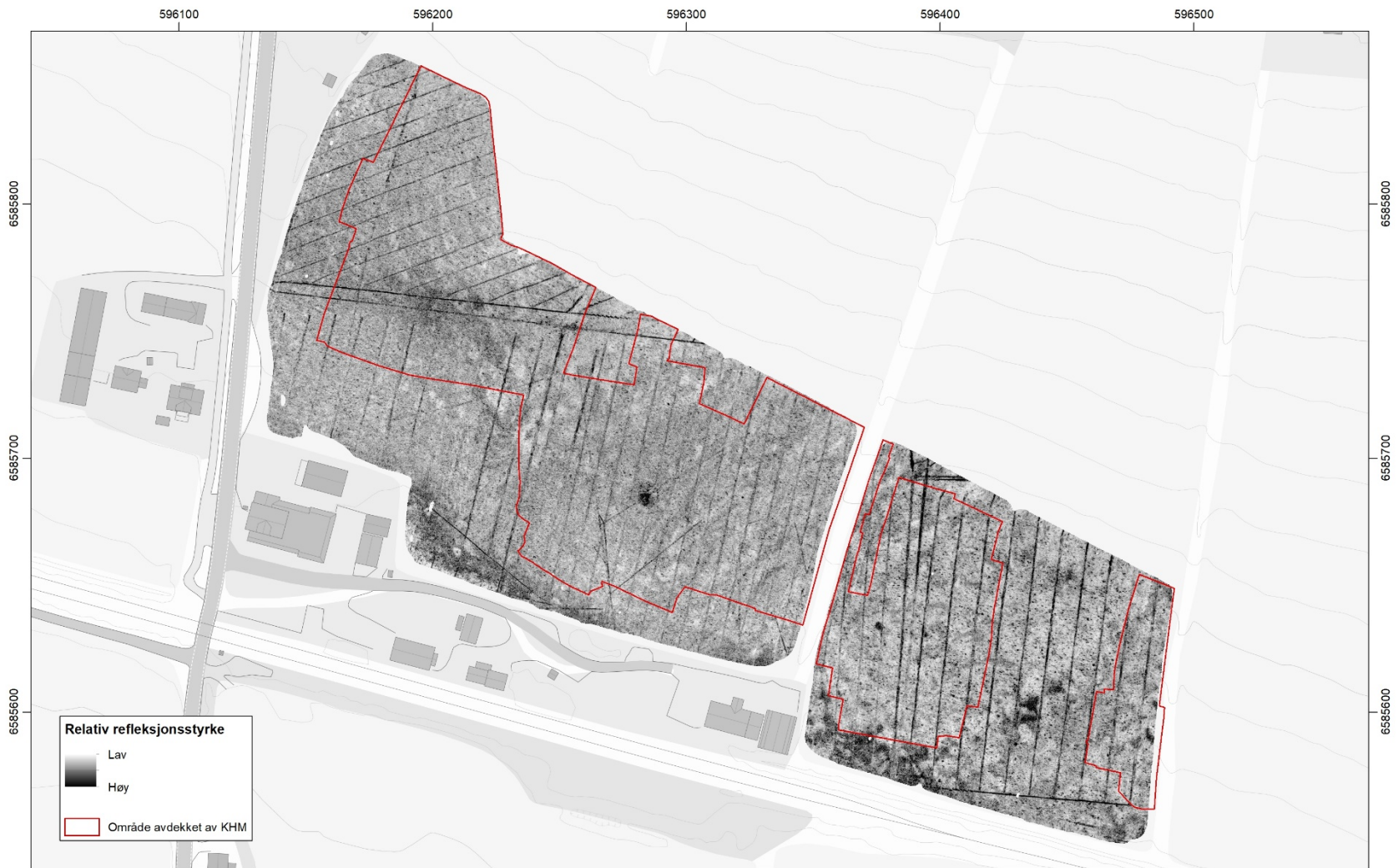
Område avdekket av KHM

NIKU
Norsk institutt for kulturminneforskning

Georadarundersøkelse ved Dilling Vestre 67/1 og 2
Dybdeskiver 60 - 80 cm

EUREF89/UTM32
Kartgrunnlag: Statens kartverk, Geovekst og kommuner

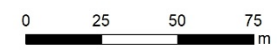




NIKU
Norsk institutt for
kulturminneforskning

Georadarundersøkelse ved Dilling Vestre 67/1 og 2
Dybdeskiver 80 - 100 cm

EUREF89/UTM32
Kartgrunnlag: Statens kartverk, Geovekst og kommuner





10.3 VEDLEGG C – Datagrunnlag Øya

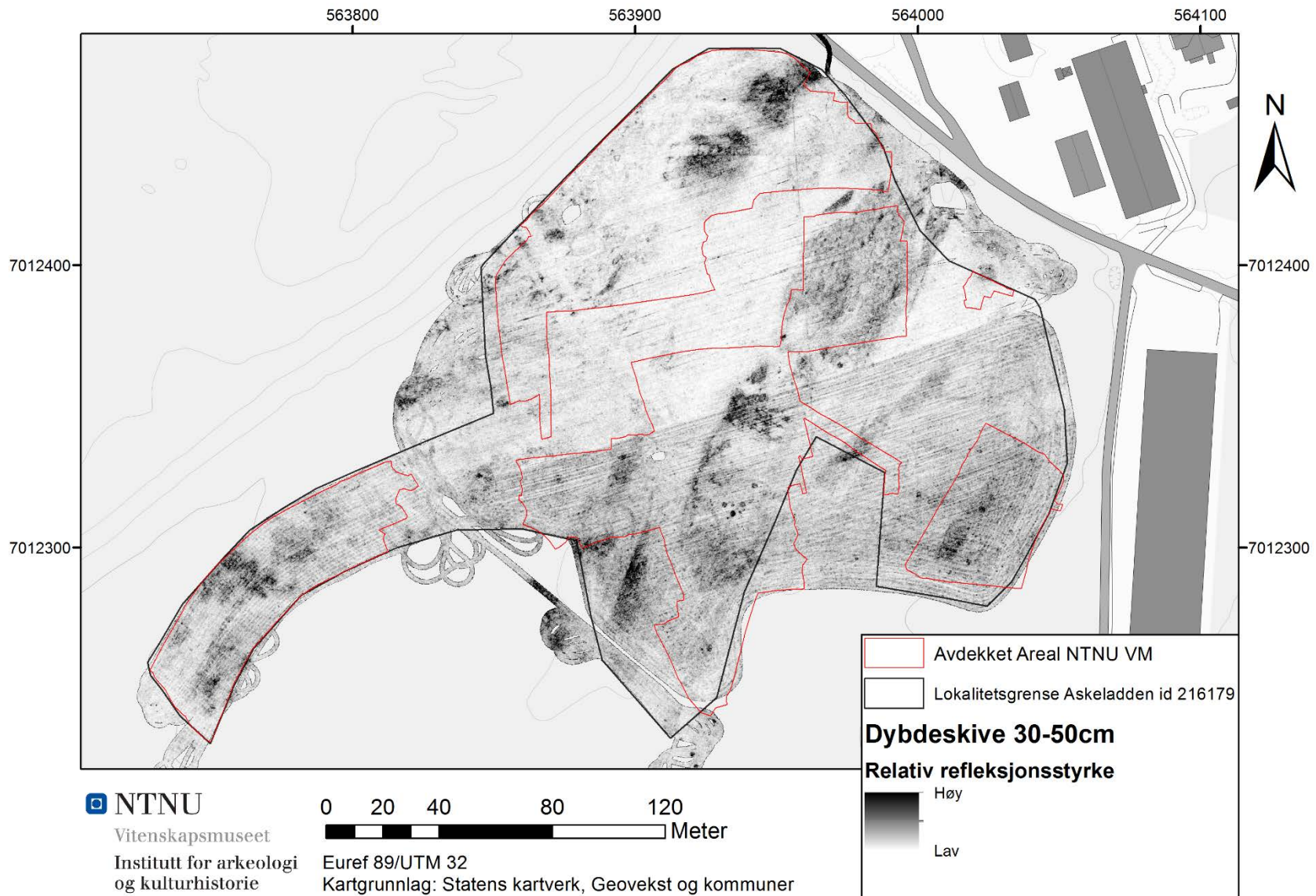
Flateavdekking versus georadar

	Ikke påvist	%	Påvist	%	Totalt
Steinansamling	0	0 %	1	100 %	1
Ovn	0	0 %	1	100 %	1
Ildsted	2	25 %	6	75 %	8
Kokegrop	47	31 %	103	69 %	150
Steinpakning	1	33 %	2	67 %	3
Grøft	4	50 %	4	50 %	8
Stolpehull	219	74 %	78	26 %	297
Grop	67	76 %	21	24 %	88
Ukjent	569	92 %	51	8 %	620
Grav	1	100 %	0	0 %	1
Stein	1	100 %	0	0 %	1
Kullflekk	5	100 %	0	0 %	5
TOTALT	916	77 %	267	23 %	1183

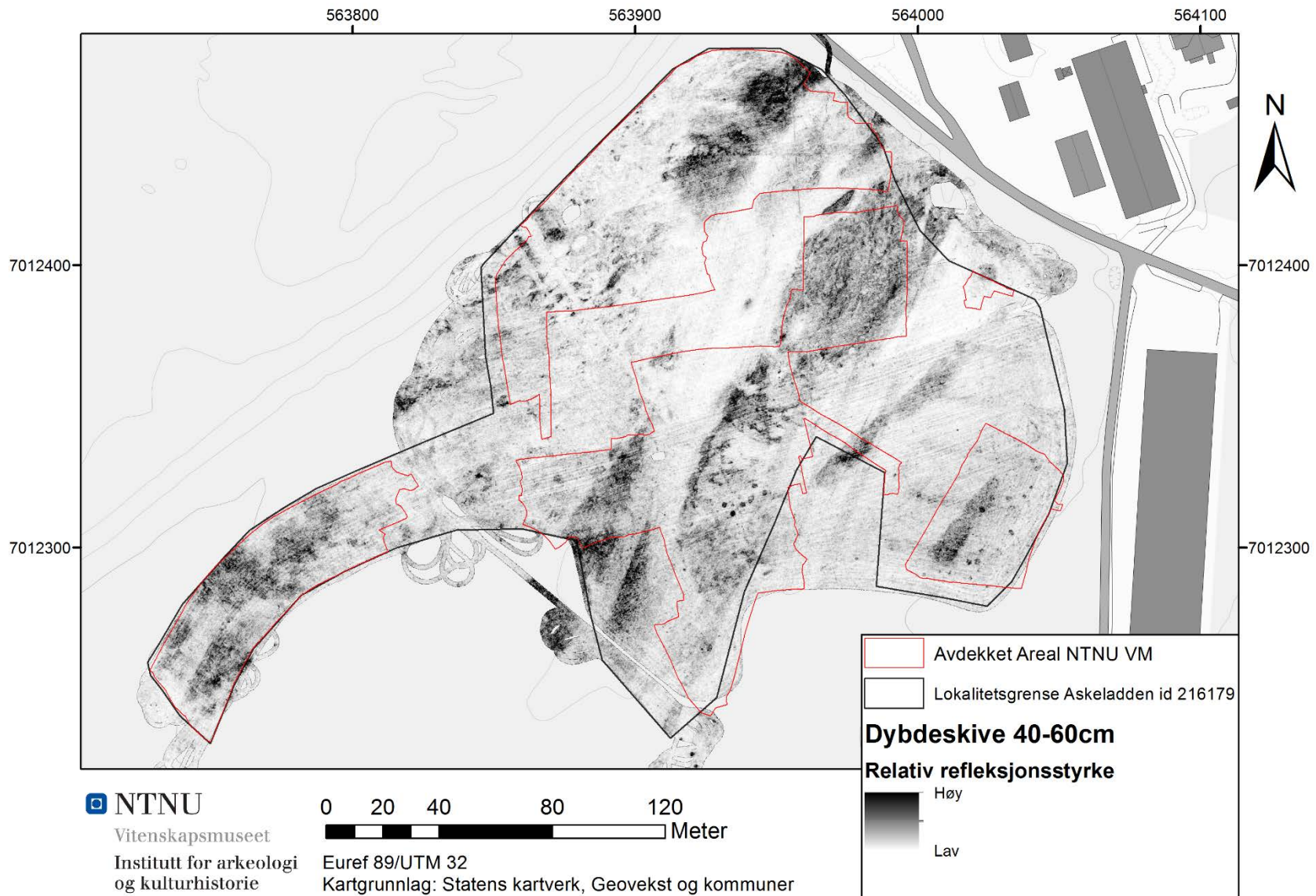
Flateavdekking versus sjakting

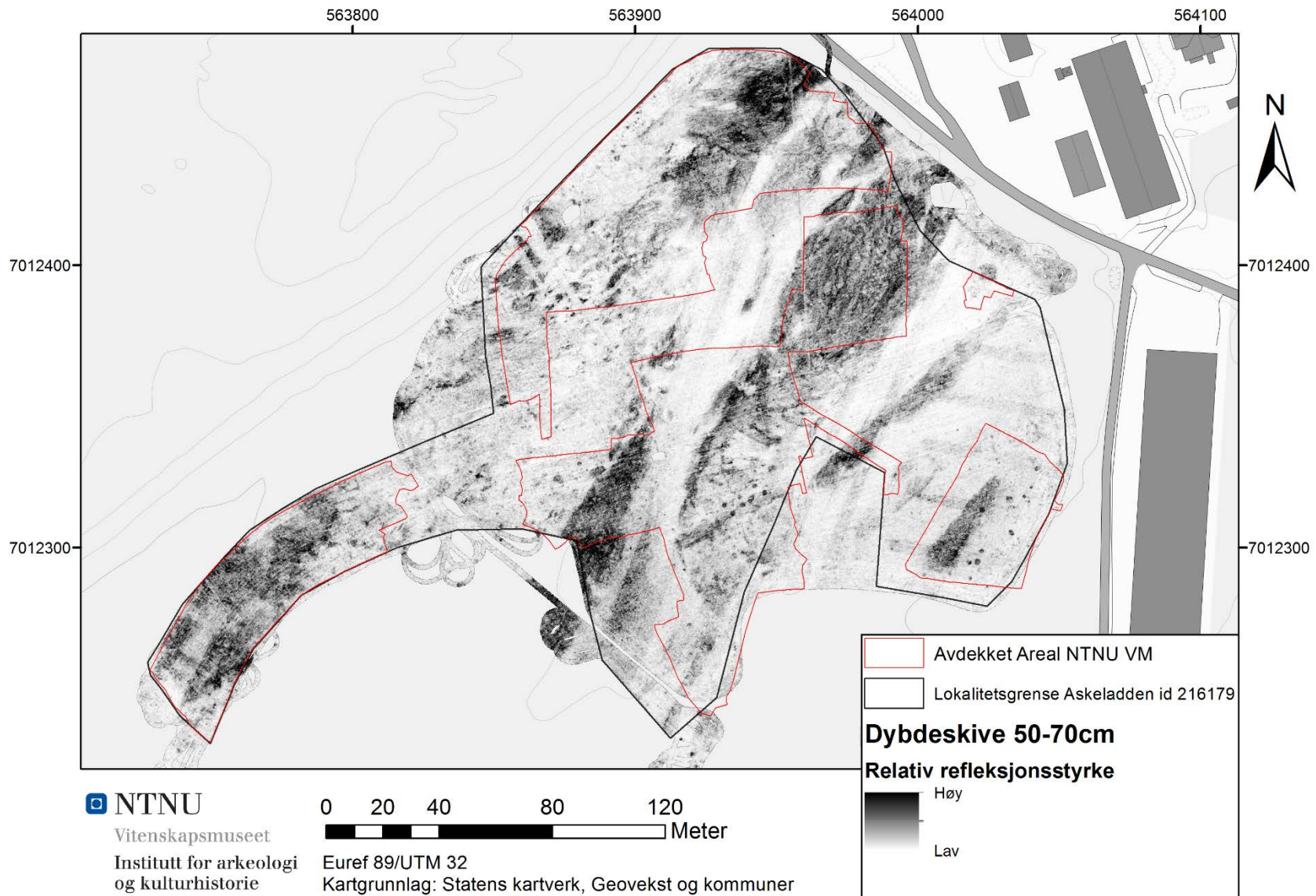
	Ikke påvist	%	Påvist	%	Totalt
Grav	12	0 %	4	100 %	16
Steinpakning	0	0 %	1	100 %	1
Ildsted	0	0 %	1	100 %	1
Kokegrop	4	17 %	20	83 %	24
Stolpehull	26	74 %	9	26 %	35
Grop	80	75 %	13	25 %	93
Ukjent	0	86 %	1	14 %	1
TOTALT	122	71 %	49	29 %	171

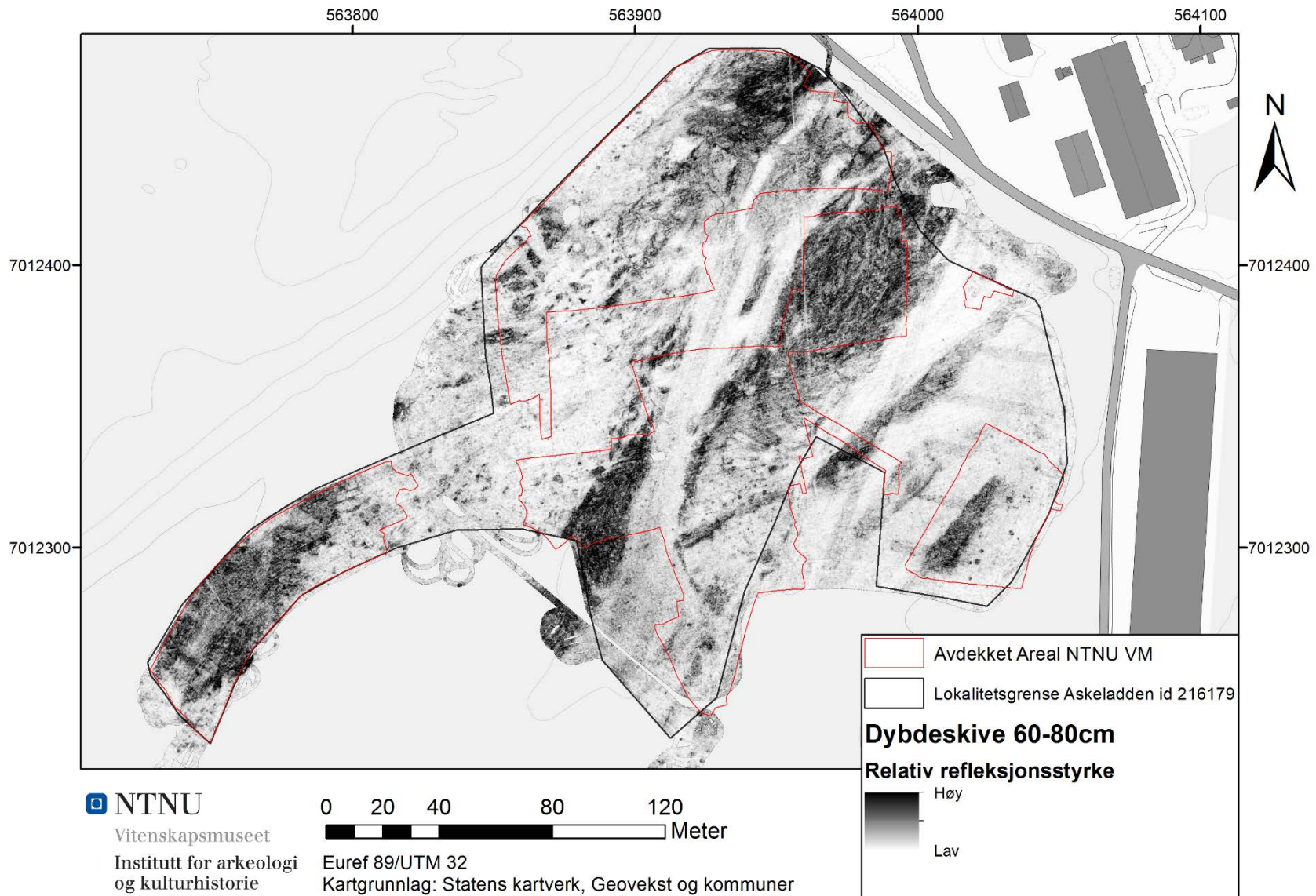
10.4 VEDLEGG D – Dybdeskiver fra Øya

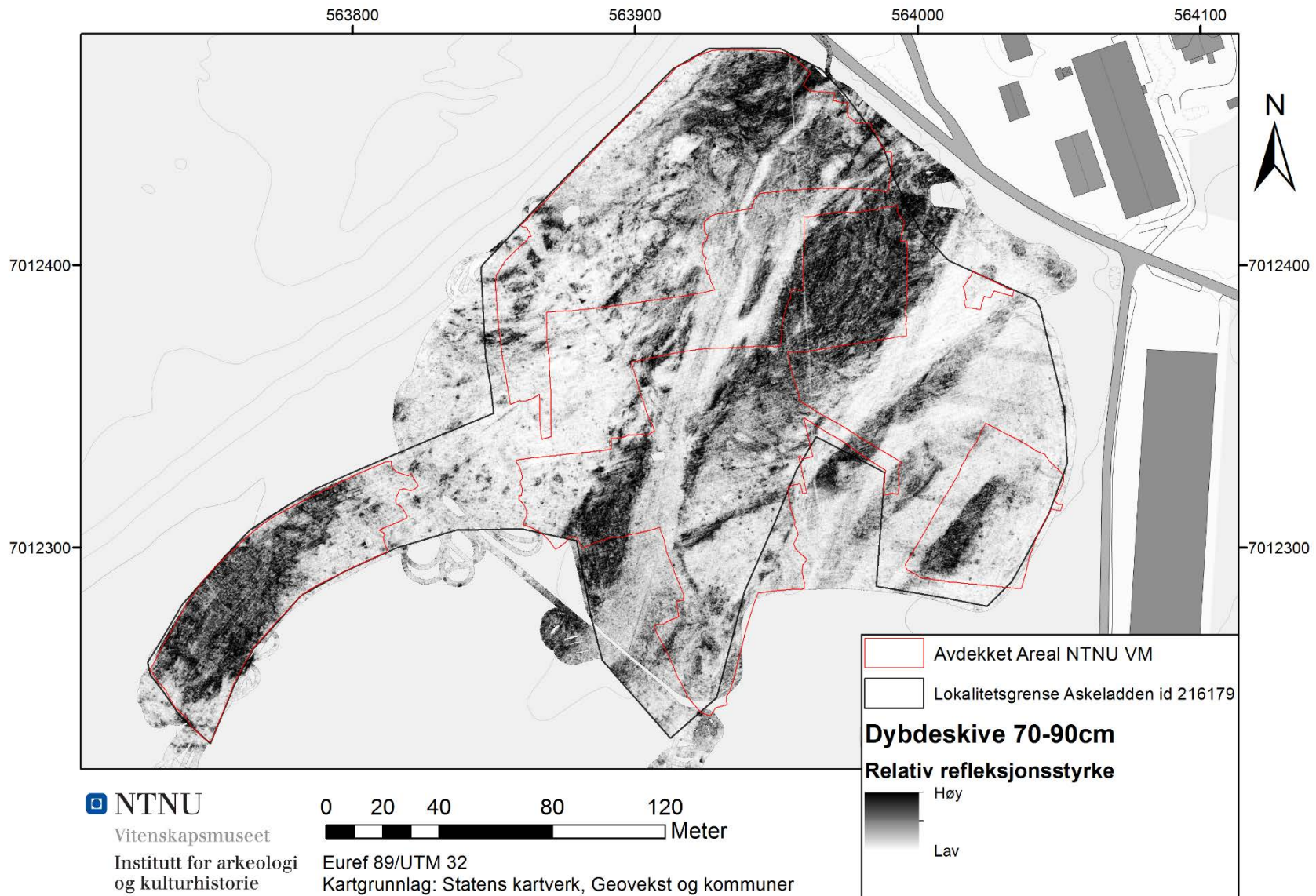


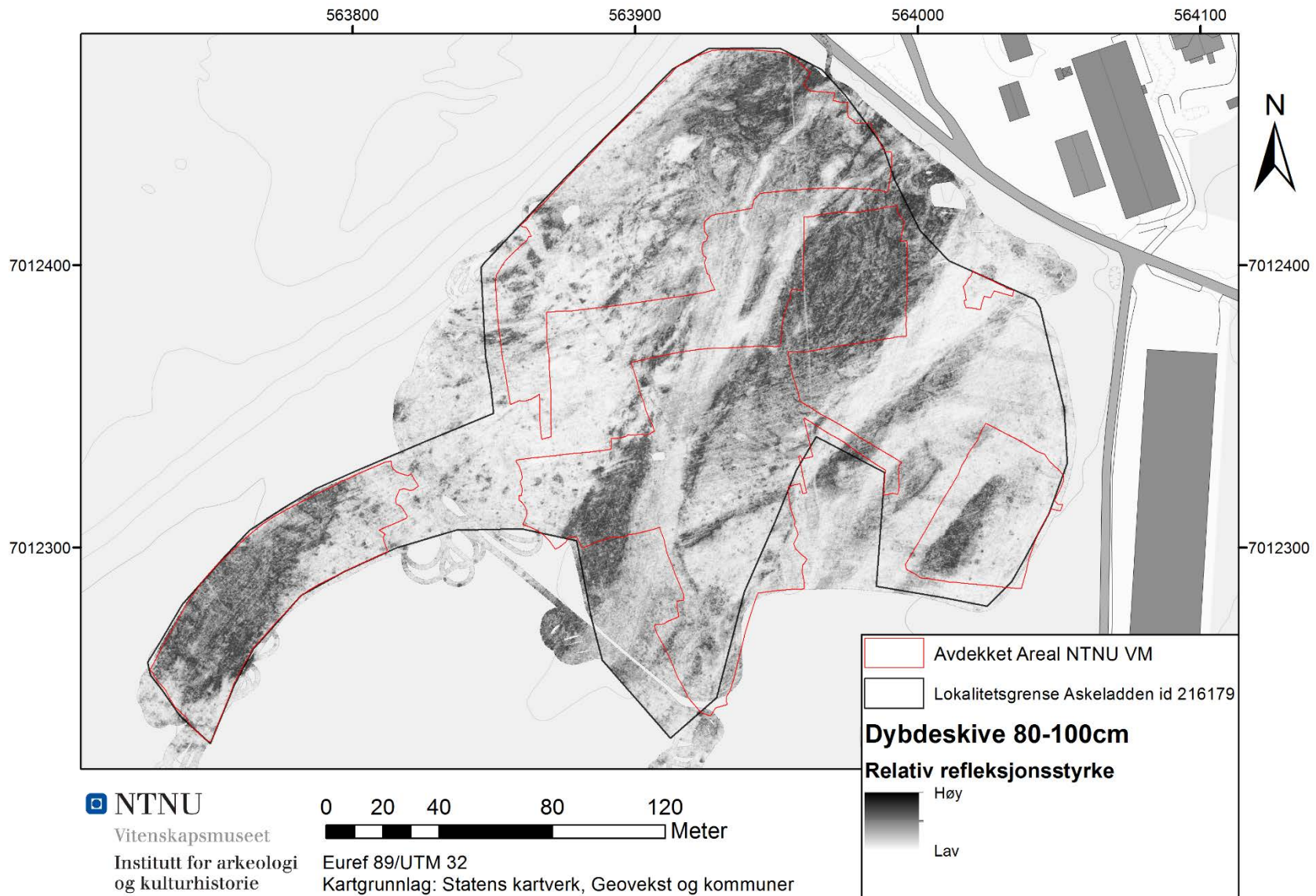
NTNU
 Vitenskapsmuseet
 Institutt for arkeologi
 og kulturhistorie











Denne rapporten er et samarbeidsprosjekt mellom NTNU Vitenskapsmuseet og NIKU, og er finansiert av Riksantikvaren.

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur, kultur og vitenskap. Museet skal sikre og forvalte de vitenskapelige samlingene og aktivisere dem gjennom forskning, formidling og undervisning.

Institutt for arkeologi og kulturhistorie har forvaltningsansvar for automatisk fredete kulturminner og skipsfunn i Nordmøre, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, nordlige Romsdal og Nordland til og med Rana. Seksjonen foretar arkeologiske undersøkelser på kulturminner over og under vann, i henhold til kulturminneloven.

TEMAR (TErrestrial, Marine and Aerial Remote sensing for archaeology) hos NTNU Vitenskapsmuseet er en forskergruppe med eksperter innenfor terrestriel, marin og luftbårne fjernmålingsteknologier for bruk innen arkeologi.

Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø for norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet fokuserer på kulturminner og kulturmiljøer som et aktivum for samfunnet, og driver kulturminnerelatert forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører.

NIKUs avdeling for digital arkeologi arbeider med høyteknologiske forsknings- og forvaltningsprosjekter i forbindelse med arkeologiske registreringer, kartlegging, dokumentasjon og bevaring.

ISBN 978-82-8322-150-3

ISSN 2387-3965

© NTNU Vitenskapsmuseet

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse