

Arne Anderson Stamnes

Geofysiske undersøkelser på Hegra, Stjørdal kommune, Trøndelag

Funnsted for metallsøkerfunn fra bronsealder.

**NTNU Vitenskapsmuseet
arkeologisk rapport 2018-15**



NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:15

Arne Anderson Stamnes

**Geofysiske undersøkelser på Hegra, Stjørdal kommune,
Trøndelag**

Funnsted for metallsøkerfunn fra bronsealder

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:

NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:15. Geofysiske undersøkelser på Hegra, Stjørdal kommune, Trøndelag

Trondheim, november 2018

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet

Seksjon for arkeologi og kulturhistorie

7491 Trondheim

Telefon: 73 59 21 16/73 59 21 45

e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Birgitte Skar (instituttleder)

Kvalitetssikret av

Ellen Grav Ellingsen (serieredaktør)

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

NTNUs fluxgate gradiometer ved målinger på Hegra prestegård. Foto: Arne Anderson Stamnes, NTNU Vitenskapsmuseet

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet

ISBN 978-82-8322-152-7

ISSN 2387-3965

Sammendrag

NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:15. Geofysiske undersøkelser på Hegra, Stjørdal kommune, Trøndelag

Den 25. januar 2017 ble det under metallsøk på Hegra prestegård i Stjørdal, Trøndelag, gjort funn av flere gjenstander av bronse som trolig har inngått i en samlet nedleggelse i yngre bronsealder. Dette funnet innefatter bl.a. 23 holkøkser, en spydspiss, et rørfragment, en støpetapp og noen andre bronsefragmenter. Fylkeskommunen i daværende Nord-Trøndelag (nå Trøndelag) tok initiativ til gjennomføringen av en geofysisk undersøkelse. De faktiske feltundersøkelsene ble utført på høsten 2017. Målet for undersøkelsen var å kartlegge tilstedeværelsen av jordgravde strukturer og øke forståelsen til konteksten disse bronsefunnene er en del av. Rent kulturhistorisk ble det ansett som viktig å undersøke om gjenstandene stammet fra en eller flere nedgravninger, hvorvidt det var bosetningsspor i nærområdet til funnstedene, om det var spor etter støpning eller verkstedaktivitet i nærområdet, og hvorvidt det var mulig å belyse om funnstedet er en forstyrret eller uforstyrret kontekst. Totalt ble det undersøkt 12 600 m² med magnetisk susceptibilitet, 8100 m² med magnetometer og 12 400 m² med georadar. Selv om undersøkelsene avdekket ytterst få jordgravde strukturer, så ga likevel resultatene nyttig kunnskap om spesielt de kulturhistoriske spørsmålene som var fremhevet ved oppstart av undersøkelsen. Det ble påvist få konkrete jordgravde strukturer, og undersøkelsen ga ingen konkrete indikasjoner på noen form for metallhåndtverk. Derimot lot det seg gjøre ved å indikere områder som er planert og områder som er gjenfylt innenfor jordet. Sammenligning med eldre flyfoto og utgravningsresultater bidrar til å styrke denne tolkningen, slik at resultatene kan anvendes til å peke ut områder hvor eventuelle arkeologiske strukturer fremdeles kan være bevart, og hvor gjenstander kan være deponert *in-situ*.

Nøkkelord:

Georadar, magnetometer, magnetiske målinger, metallsøk, bronsealder, depot

Arne Anderson Stamnes, NTNU Vitenskapsmuseet, Seksjon for arkeologi og kulturhistorie, NO-7491 Trondheim

Summary

NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018:15. Geofysiske undersøkelser på Hegra, Stjørdal kommune, Trøndelag

On the 25th of January 2017 two metal detectorists discovered several bronze age objects. Combined with a later systematic metal detecting survey, the total amount of objects is by now 23 celts, a bronze spearhead and several other bronze fragments. The county archaeologists of Trøndelag county council initiated a collaboration with the NTNU University Museum to conduct a geophysical survey of the site. The field investigations were performed during the autumn of 2017. The aims and objectives of this survey was to map any archaeological features on site, and increase the understanding of the archaeological context of the bronze age objects. Other goals of the survey was to map the presence of archaeological features, if there were any traces of settlements, if there were any traces of metalworking, and to investigate if the area where most finds originate has been altered or remain mainly undisturbed. Three different geophysical methods were applied. A total of 12 600 m² was investigated by systematic magnetic susceptibility mapping, 8 100 m² was covered with a fluxgate gradiometer, and 12 400 m² with a ground penetrating radar system. Very few buried features was indicated by these surveys, but the data revealed important information related to the cultural historical goals. The magnetic susceptibility and fluxgate gradiometer surveys revealed no clear indication of metalworking. The GPR survey, on the other hand, indicated which parts of the field that had been altered by bulldozing and which parts of the field seems to be backfilled. It is in these backfilled areas that the probability of locating additional archaeological features or objects *in-situ* is more probable, and which makes this an important observation. Comparisons with older aerial photos, excavation results and the results from the fluxgate gradiometer survey strengthens this interpretation.

Key words:

Ground Penetrating Radar, Fluxgate Gradiometer, Magnetic Susceptibility, Metal Detecting, Bronze Age, Hoard

Arne Anderson Stamnes, The NTNU University Museum, Section for Cultural History and Archaeology, NO-7491 Trondheim, Norway.

Arkivreferanser

Geofysiske undersøkelser på Hegra, Stjørdal kommune i Trøndelag. Funnsted for metallsøkerfunn fra bronsealder.

AskeladdenID	225484
Journalnummer (ePhorte)	2017/4690
Fotonr	Da62074-62077

Fylke	Trøndelag
Kommune	Stjørdal
Gårdsnavn	Præstegaarden
Gårdsnummer	284/1,23,65,66,110
Lokalitet	Funnsted for depotfunn
Kulturminnetype	Depotfunn
Datering	Bronsealder periode IV-V/Jernalder

Innhold

Sammendrag.....	4
Summary	5
Arkivreferanser.....	6
1 Bakgrunn for undersøkelsen.....	9
1.1 Kulturhistorisk bakgrunn og tidligere registreringer.....	9
2 Undersøkelsens rammer	10
2.2 Tid, deltagere	10
2.3 Problemstillinger	11
2.4 Metode og fremgangsmåte	11
2.4.1 Georadar	11
2.4.2 Magnetometer (gradiometer).....	12
2.4.3 Magnetisk susceptibilitet.....	12
2.4.4 Om tolkningen av geofysiske data	13
2.5 Dataprosessering.....	14
2.6 Dokumentasjon.....	15
2.7 Formidling	15
3 Resultater.....	16
3.1 Magnetisk Susceptibilitet	16
3.1.1 Observasjoner i susceptibilitetsdataene.....	16
3.2 Gradiometer.....	17
3.2.1 Dataplot	18
3.2.2 Observasjoner i gradiometer-dataene	19
3.3 Georadar	19
3.3.1 Dybdeskiver.....	20
3.3.2 Georadar - tolkninger.....	21
3.3.3 Analyse – forstyrret versus uforstyrret undergrunn.....	23
3.3.4 Plassering av bronsefunn	23
4 Analyse og konklusjoner – geofysiske resultater versus problemstillingene for undersøkelsene	25
5 Litteratur	26
6 Appendix	27
6.1 Dybdeskiver fra georadar	27

Figurliste

Figur 1: Datainnsamling i praksis.....	10
Figur 2: Kartet viser målingene av magnetisk susceptibilitet	16
Figur 3: Kartet viser målinger av magnetisk susceptibilitet sammenlignet med funnspredning av metallsøkerfunn	17
Figur 4: Kartet viser et plot av prosesserte magnetometer-data fra Hegra.....	18
Figur 5: Tolkninger av gradiometer-dataene	18
Figur 6: Tolkning av gradiometer-dataene med metallsøkerfunn	19
Figur 7: Dybdeskive for den gjennomsnittlige responsen ved ca. 40-60cm dybde.....	20
Figur 8: Dybdeskive for den gjennomsnittlige responsen ved ca. 80-100cm dybde.....	20
Figur 9: Eksempel på georadarprofil fra område tolket i utgravningen som gjenfylt	21
Figur 10: Tolkninger av georadar-dataene	21
Figur 11: Tolkninger av georadar-dataene sammenlignet med resultater fra de arkeologiske utgravningene og metallsøkerfunn.	22
Figur 12: Dybder til første kraftige horisont (se Figur 9).....	22
Figur 13: Dybde til første kraftige horisont overlatt med tolkninger	23
Figur 14: Funnstedene for bronsefunnene sammenlignet med et flyfoto fra 1955.	24
Figur 15: Sammenligning av funnsted for bronsefunnene med tolkningene av georadar-dataene.....	24

1 Bakgrunn for undersøkelsen

Den 25. januar 2017 ble det under metallsøk på Hegra prestegård i Stjørdal, Nord-Trøndelag, gjort funn av flere gjenstander av bronse som trolig har inngått i en samlet nedleggelse i yngre bronsealder. Funnet bestod av 9 holkøkser, 1 spydspiss, en støpetapp, et knivblad og et sammenbanket rørfragment. Funnet ble gjort på en terrasse like ovenfor Hegra kirke, og funnene lå relativt grunt i pløyselaget, med største oppgitte dybde på ca. 15 cm. Spydspissen ble funnet liggende på overflata.

For å sikre lokaliteten og eventuelle gjenværende funn i pløyselaget ble det søkt om sikringsmidler fra Riksantikvaren gjennom post 70 på Statsbudsjettet til gjennomføringen av et sosialt søk med metallsøkere. Undersøkelsen, som var et samarbeid mellom NTNU Vitenskapsmuseet og Nord-Trøndelag fylkeskommune (NTFK), ble gjennomført den 22. og 23. april 2017. Riksantikvaren v/Jostein Gundersen deltok i felt den 22 april. Det ble da påvist ytterligere 14 holkøkser, fragmenter av knivblad og et sammenbanket rørfragment av bronse som muligens kan ha stammet fra en bronselur. Videre undersøkelser som ledd av etterarbeidet viser at de sammenbankede rørfragmentene men også øksene inneholder fragmenter av mindre gjenstander. Funnene ble gjort innenfor et relativt begrenset område og konsentrert til samme område som funnene som kom inn i januar, men med enkelte funn spredt et stykke fra disse mot nord og øst. Søk med metalldetektor ga også dypere utslag på metall (ikke jern) tre steder innenfor hovedkonsentrasjonen av funn, og det er grunn til å tro at deler av funnet fremdeles ligger *in situ*.

Den 9. mai 2017 ble det etter pløying av åkeren gjennomført et ettersøk med metallsøkere samt åkervandring på lokaliteten. Åkervandringen ble gjennomført av arkeologistudenter ved NTNU. Det ble da funnet nok et bronsefragment, trolig del av en kniv.

Forut for ettersøket gjennomført den 22 og 23 april tok NTFK initiativ til å få gjennomført en geofysisk undersøkelse av lokaliteten. Dette ble da bestemt at skulle gjennomføres som et bidragsprosjekt mellom NTFK og NTNU Vitenskapsmuseet. Målet var å få gjennomført denne undersøkelsen forut for pløying. Planen var så å kombinere tre ulike geofysiske undersøkelser: Magnetisk susceptibilitet, gradiometer og georadar. Grunnet tekniske problemer ble georadar- og susceptibilitetsdelen av undersøkelsen utført først etter høsting høsten 2017. Denne rapporten fokuserer derfor på påvisning av eventuelle jordgravde strukturer, mulige aktivitetssoner, samt det å gi en økt forståelse av funnets kontekst gjennom å belyse landskapsendringer i området hvor depotfunnet er gjort.

1.1 Kulturhistorisk bakgrunn og tidligere registreringer

Funnstedet ligger like nord for Hegra kirke i Stjørdal i et område rikt på kulturminner fra forhistorisk tid. Stjørdal er særlig kjent for sine mange helleristningsfelt fra bronsealderen, hvorav den store berkunstlokaliteten på Leirfall ligger ca 2,5 km øst for funnstedet for depotfunnet fra bronsealderen. Helleristningsfelt er også påvist på Hegre gård og Bjørngård i umiddelbar nærhet til funnet. Øvrige gjenstandsfunn fra bronsealderen i Stjørdal er imidlertid få. Forut for funnet i Hegra var det kun kjent to depotfunn med metallgjenstander i Stjørdal. Funnene består av to holkøkser funnet i henholdsvis Skatval og på gården Sunndal. På den samme terrassen som bronsegjenstandene ble funnet ligger i dag flere gravminner fra jernalderen. Undersøkelser av haugene har frambrakt gravfunn fra romertid.

2 Undersøkelsens rammer

Den geofysiske undersøkelsen ble utført av NTNU Vitenskapsmuseet i samarbeid med Nord-Trøndelag fylkeskommune.

2.2 Tid, deltagere

Feltarbeidet ble utført av Arne Anderson Stamnes og Carmen Cuenca-Garcia fra NTNU Vitenskapsmuseet. De opprinnelige georadar-undersøkelsene ble forsøkt gjennomført den 19 og 20 april, men grunnet tekniske problemer og tele ble georadarundersøkelsen utsatt til etter høsting, og gjennomført den 18 september 2017. Innsamlingen med data med magnetometer ble utført den 27 og 28 april 2017 og magnetisk susceptibilitet den 9. oktober 2017.



Figur 1: Datainnsamling i praksis. Georadarutstyret består av et antennesystem montert på et tilhengerfeste, som så blir trukket bak et kjøretøy med tilhengerfeste. Foto: Arne Anderson Stamnes, NTNU Vitenskapsmuseet

2.3 Problemstillinger

Den geofysiske undersøkelsen på Hegra hadde som målsetting å:

- kartlegge tilstedeværelsen av jordgravde strukturer
- øke forståelsen om konteksten til bronsefunnene, både fra et arkeologisk og landskapsperspektiv

Dette innsamlede kunnskapsmaterialet vil bidra til en økt forståelse av lokaliteten, samt bidra til å bedre den fremtidige forvaltningen av området gjennom bedre kartfesting og økt forståelse av den kulturhistoriske konteksten og landskapskonteksten til funnene.

Av kulturhistoriske spørsmål som kan besvares ved hjelp av geofysikk, er bl.a. følgende:

- Stammer gjenstandene fra en eller flere nedgravninger?
- Er det bosetningsspor i nærområdet til funnstedene?
- Er det spor etter støpning eller verkstedsaktivitet i nærområdet?
- Kan geofysikken belyse hvorvidt funnstedet er en forstyrret eller uforstyrret kontekst?

2.4 Metode og fremgangsmåte

Problemstillingene ble undersøkt ved å gjennomføre et feltarbeid med tre ulike geofysiske metoder.

2.4.1 Georadar

Ved å sende elektromagnetisk energi ned i undergrunnen og måle tiden det tar for noe av energien å bli reflektert tilbake til en mottaker, kan man danne seg et detaljert bilde av undergrunnen. Hvor signalet møter ulike lag eller forskjeller i undergrunnen, vil noe av energien bli reflektert mens noe av energien vil fortsette dypere ned i undergrunnen og reflektert av strukturer og lag dypere ned i bakken. Det er stor grad endringer i materialets elektriske ledeevne (konduktivitet), med et mindre bidrag av forskjeller i de magnetiske egenskapene, som utgjør om et materiale har kontrast som forårsaker en refleksjon av de elektromagnetiske bølgene. Ved å samle inn en hel rekke profilbilder kan man sette disse sammen til plankart for spesifikke dybder i såkalte "time slices"- eller "dybdeskiver". Denne metoden er regnet som godt egnet til å oppdage grøfter, groper, murverk og er den geofysiske metoden som med høyest sikkerhet kan påvise stolpehull. Konvensjonelle georadar-systemer anvender antenner som sender pulser i bakken ved en gitt senterfrekvens, mens NTNU Vitenskapsmuseets 3d-radar georadar baserer seg sending av kontinuerlige signaler som sender en gitt tidsperiode på ulike frekvenser. Dette prinsippet kalles «step frequency». Signaler med lavere senterfrekvens kan nå dypere, men ikke fange opp like små strukturer eller objekter. En høyere senterfrekvens vil ikke nå like dypt, men fange opp mindre objekter. Ideelt sett bør man ha minst to målinger over en struktur for å ha større sannsynlighet for positiv deteksjon. Utstyret som ble brukt ved denne undersøkelsen var et "step frequency" 3d-radar Geoscope Mark IV med en 1,8m bred DXG1820 bakkekoblet antenne-enhet. Denne har 20 antenneelement montert med 7,5cm mellomrom og kan operere på en rekke frekvenser – i dette tilfellet mellom 200-3000 Mhz.(Gaffney and Gater 2003-51; Stamnes 2010, 2011; Conyers 2013). For hvert antenneelement får man en profil av undergrunnen og de geofysiske kontrastene der. Det er viktig å være klar over at dybdeangivelse er et estimat, der signalet kan bevege seg med ulik hastighet i undergrunnen avhengig av materialet. Ved å måle egenskaper ved enkelte

utslag kan dette estimeres sann omtrentlig, så dybdeangivelser videre i rapporten må ansees å ikke være absolutte.

Typisk vil veldig fuktig undergrunn attenuere mer av signalet, noe som gir lavere geofysisk kontrast. Veldig elektrisk ledende undergrunn, typisk gjerne saltholdig og finkornede masser (leire, og spesielt blåleire) vil være et potensielt problem, og kan attenuere det aller meste av energien. I slike tilfeller vil slike løsmasser fungere som «lokk» som skjuler all informasjon fra den dybden den påtreffes og lenger ned i bakken (Conyers 2013; Goodman and Piro 2013).

Ca. 12 400 m² ble undersøkt med denne metoden.

2.4.2 Magnetometer (gradiometer)

Hvis en struktur har et materiale med høyere eller lavere magnetiske egenskaper enn det omliggende materialet, kan det bli detektert med et magnetometer. Jordas magnetfelt, som er relativt kraftig, vil alltid påvirke alt omkring oss, slik at materiale som i utgangspunktet ikke er magnetisk kan inneha en svakt induert magnetisme som resultat av denne påvirkningen. Et magnetometer måler variasjoner i jordas magnetfelt, og ved å ha to magnetometre montert over hverandre kan man fjerne effekten av jordas magnetfelt og bare måle variasjoner i styrken til et lokalt magnetfelt forårsaket av magnetiseringen av strukturer under bakken. Dette kalles et gradiometer. Typiske strukturer som kan detekteres med et gradiometer kan være grøfter, groper, kokegroper eller steinstrukturer. Metoden er regnet som velegnet til å detektere spor etter brenning eller industriell aktivitet og kan ha en relativt høy romlig oppløsning, gjerne strukturer med en diameter ned mot 0,5 m. En struktur fylt med et mer magnetisk susceptibelt materiale enn omgivelsene vil da på våre breddegrader gi måling hvor man har positive verdier litt forskjøvet mot sør i forhold til sentrum av strukturen og hvor den absolutte styrken på den negative delen av signalet er på ca. 9,5 % av den positive. Ved induert magnetisme, altså et materiale som bare blir magnetisk ved tilstedeværelsen av et eksternt magnetfelt, vil den positive målingen også være assosiert med negative verdier mot nord for de positive målingene. Ved egenmagnetiske, eller magnetisk remanente materialer, kan den negative målingen være til hvilken som helst retning. Et materiale med innhold av for eksempel jernmineraler kan bli remanent magnetisk når det blir utsatt for temperaturer over ca. 550–600 °C (Curie temperaturen), og kjølt ned igjen. Dette kalles termoremanent magnetisme. Arkeologiske spor som skjorbrent stein, kokegroper, jerngjenstander eller slagg er eksempel på strukturer som i tillegg til den positive målingen kan ha en negativ måling som ikke er rettet mot nord (Gaffney and Gater 2003:36-42; Aspinall et al. 2009). Målingene ble utført med et Bartington Grad 601-2 system med to fluxgate gradiometer-sensorer. Målingene ble utført med målinger for hver 12,5cm langs linjene, og en halv meter mellom hver målelinje.

I alt ca. 8100 m² undersøkt med denne metoden.

2.4.3 Magnetisk susceptibilitet

Måling av magnetisk susceptibilitet er en måte å kartlegge variasjoner i jordas magnetiske egenskaper. Hvor magnetisk jorda er der man måler, er igjen styrt av innholdet av magnetiske mineraler. Ikke alle jordarter har det samme innholdet av magnetiske mineraler, så geologiske forhold styrer til en viss grad hvor kraftig kontrast man kan forvente mellom fyllet i en arkeologisk struktur og det omliggende materialet. Aktivitet som brenning,

biologisk nedbrytning, bioturbasjon samt temperatursvingninger kan endre de magnetiske egenskapene i mineraler som er tilstede. Tilførsel av antropogent materiale som keramikk eller industrielt avfall kan øke mengden magnetiske mineraler tilgjengelige på arkeologiske lokaliteter og i arkeologiske strukturer. Denne kunnskapen kan anvendes på flere måter, og dermed bidra til en geofysisk karakteristik av interessante områder. En måte er å generere et magnetfelt, og måle hvor mye mer magnetisk et materiale kan bli under påvirkning av dette magnetfeltet. Dette kalles *magnetisk susceptibilitet (MS)*. Siden menneskelig boplasser gjerne involverer flere av de prosessene som er nevnt ovenfor, kan systematiske målinger brukes til å lokalisere og avgrense soner av menneskelig aktivitet. Disse målingene kan utføres direkte i felt, men også ved hjelp av laboratorieanalyser av jordprøver. Det er dermed også mulig å gjøre målinger i dybden for å undersøke variasjon i aktiviteten over tid, samt måle forskjeller i den magnetiske susceptibiliteten mellom arkeologiske strukturer og den omliggende massen, tillegg til stratigrafiske studier. Det er nettopp denne kontrasten som er avgjørende for hvorvidt arkeologiske strukturer kan oppdages ved hjelp av et magnetometer (Clark 1996; Dearing 1999; Gaffney and Gater 2003; Dalan 2008). Slike arealundersøkelser med magnetisk susceptibilitet har tidligere gitt positive resultater ved avgrensningen av arkeologisk aktivitet i Norge (Stamnes 2010; Solli and Stamnes 2013; Stamnes 2016). Ved denne undersøkelsen ble det anvendt en Bartington MS2-D sensor med en rund søkeplate. Denne måler forandringer i massen opp til 10–20 cm under søkeplaten, og verdiene er i Volum Susceptibilitet, eller "κ" (kappa) og ble dokumentert i 1.0 skala – som er en rask måte å måle susceptibilitet i felt. Det er mulig å måle volum MS ned til variasjoner på 0.1 κ, men det er langt mer tidkrevende og ikke anbefalt for feltrekognosering.

I alt ble det utført 294 målinger over et område på 12 607 m² stort område (47 815 m² øst for Rv3 og 38165 vest for Rv3) – noe som tilsvarer en måling pr. 6,55 x 6,55 meter. Det vil si at hver måling representerer et areal på ca. 42,9 m². Selv om dette kan sees som relativt grovt, er målinger med avstander under hver 10x10 meter tilstrekkelig for å kartlegge aktivitetsområder (Stamnes 2010).

2.4.4 Om tolkningen av geofysiske data

Data innsamlet med georadar har en høy detaljgrad, og kan fremstå som meget kompleks. Signalene som presenteres er summen av en databehandlingsprosess, og det er mulig å presentere resultatene på en rekke måter. Resultatene kan fremstå som et uoversiktlig mengde av anomalier på et kart, og det er viktig å være klar over at det beste inntrykket av dataene får man når de sees som en animasjon – hvor øyet legger bedre merke til endringer eller likheter hvis de fremstår på samme sted som en del av en hurtig sekvens eller animasjon. Dette gjør tolkningsprosessen tidkrevende som et resultat av at man har data fra forskjellige dybder som enkelte planbilder i et digitalt kartprogram – og ønsker å presentere dette enten samlet eller som tolkninger for forskjellige dyp. Praksisen på dette er forskjellig, men det mest vanlige er ett bilde i plan av ulike tolkninger, uavhengig av hvilken dybde de fremstår ved. Anomalier kan analyseres og kategoriseres ytterligere, ut ifra deres geofysiske respons i plan- og profil, samt dybde. Tilsvarende er det for de magnetiske anomalierne, hvor den magnetiske geofysiske responsen ut ifra størrelse, form, kontrast og type respons gir ytterligere informasjon som bidrar til å karakterisere opprinnelsen for den geofysiske anomalien.

Den arkeologiske bakgrunnskunnskapen man har om en lokalitet og forventningene man har til funn et undersøkelsesområde spiller også en rolle. Anomalier bør ha en form og/eller geofysisk signatur som kan tolkes som arkeologisk, eller fremstå i et system eller en

kontekst som indikerer et arkeologisk opphav. Eksempelvis kan enkeltliggende stolpehull være vanskelig å erkjenne, mens systematiske rader av stolpehull med en tilstrekkelig geofysisk kontrast er lettere å gjenkjenne. Hvis man forventer spor etter graver eller en hustuft, kan det brukes for argument for en arkeologisk tolkning av ellers diffuse geofysiske anomalier som eller kanskje ville blitt avskrevet. På denne måten er tolkningen alltid påvirket av de forventningene man har til funn, samt forkunnskaper og erfaring. I tillegg er det alltid en mulighet til feiltolkninger, hvor man spesifikt leter etter noe man forventer skal være til stede, og dermed enten overser andre muligheter eller rett og slett tolker for mye inn i dataene. Derimot kan det også argumenteres for at en bedre, og muligens mer korrekt tolkning er mulig å oppnå med en mer detaljert fagkunnskap om de strukturene som potensielt kan eller bør være til stede.

2.5 Dataprosessering

Følgende parametere ble anvendt i programvaren 3d-radar Examiner for databehandling av georadar-dataene. Oppstillingen er med i rapporten av hensyn til etterprøvbarehet og eventuell reprosessering av dataene, og vil derfor i stor grad være av teknisk karakter.

FUNKSJON	PARAMETRE
INTERFERENCE SUPPRESSION	Power limit (db) 10 - Output percentage disabled
ISDFT	Attenuation 0,01 - Window type Kaiser, Kaiser beta 3 - Use full BW enabled - Max frequency 2990 - frequency cut off limit 500
AUTOSCALE	Percentage below max 100 - Multiplier 10 - time to remove (ps) 10
BGR (HIGH PASS)	Filter length 5 - BGR removal (%) 100 - Start depth (ns) 0,37 - transition zone size (ns) 0,75
BGR (MEAN)	BGR removal (%) 100
MIGRATION (TIME-DOMAIN)	Maximum radius (m) 0,5 - Half angle (degrees) 50
THICK SLICES	Slice thickness (ns) 4,6 (=ca. 20 cm), Calculate average value
AUTOSCALE	Percentage below max 95 - Multiplier 2 - time to remove (ps) 0
GENERAL	Epsilon 10 - time ground (ns) 0,37

Magnetometer-dataene ble importert inn i programvaren TerraSurveyor versjon 3.0.31.0. Følgende operasjoner ble utført:

FUNKSJON	PARAMETRE
DESTRIPE	Zero Median Traverse, no threshold
DESTAGGER	75 cm

For gradiometer-dataene ble disse prosessert ved hjelp av funksjonene destripe (zero median traverse) og destagger i programvaren Terra Surveyor. De innmålte målepunktene for magnetisk susceptibilitet ble konvertert til et rasterdatasett ved hjelp av interpoleringsteknikken «ordinary kriging» i programvaretillegget «geospatial analyst» i Arc Map 10.3 produsert av ESRI.

2.6 Dokumentasjon

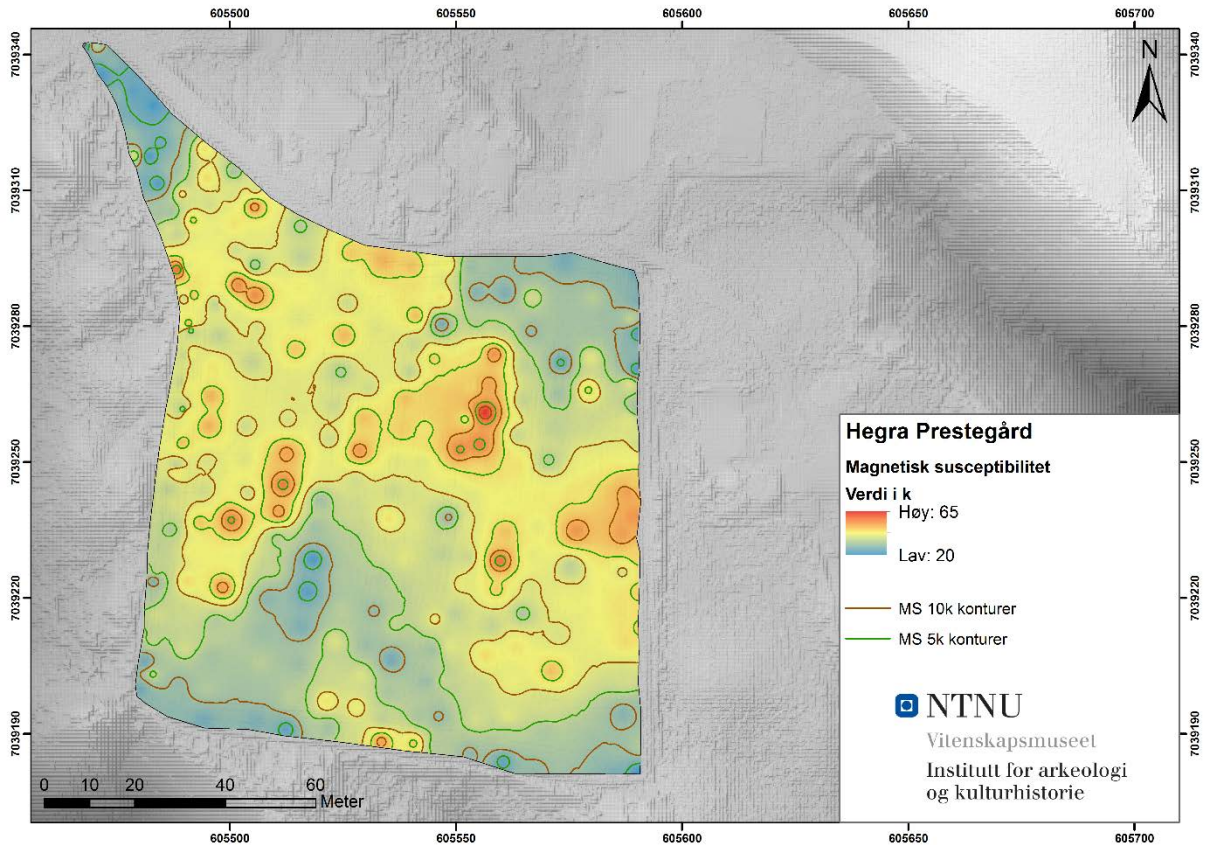
Utstyret som ble brukt ved denne undersøkelsen var et "step frequency" 3d-radar Geoscope Mark IV med en 1,8m bred DXG1820 bakkekoblet antenne-enhet. Innmålingen foregikk ved automatisk innsamling av data, hvor georadar-utstyret er koblet til en Leica Viva RTK-GPS med cpos-presisjon. Dette gir en geografisk presisjon på $\pm 2-3$ cm under normale mottaksforhold. Dataene er samlet inn med 3d-radars egen innsamlingssoftware, og databehandlet i softwaren 3d-radar Examiner. Dataene er innsamlet i koordinatsystemet WGS84 – UTM32N. I tillegg ble magnetometerundersøkelsen utført med et Bartington Grad 601-dual instrument, med 20x20m rutenett. Disse ble planlagt på bakgrunn av tilgjengelige kart og flyfoto og stukket ut med samme GPS. Magnetometerdataene ble innsamlet fra sør mot nord, med målinger hver 12,5cm langs linjene og 50cm mellom hver linje. Målingene av magnetisk susceptibilitet ble utført med en Bartington MS2-D sensor, hvor hver måling ble innmålt med ekstern GPS med presisjon på ± 2 meter.

2.7 Formidling

Det var ingen representanter fra media eller kulturminnevernet på besøk da de geofysiske undersøkelsene ble utført. Derimot kom flere lokale grunneiere og naboer forbi, som var veldig interessert i arbeidet som foregikk.

3 Resultater

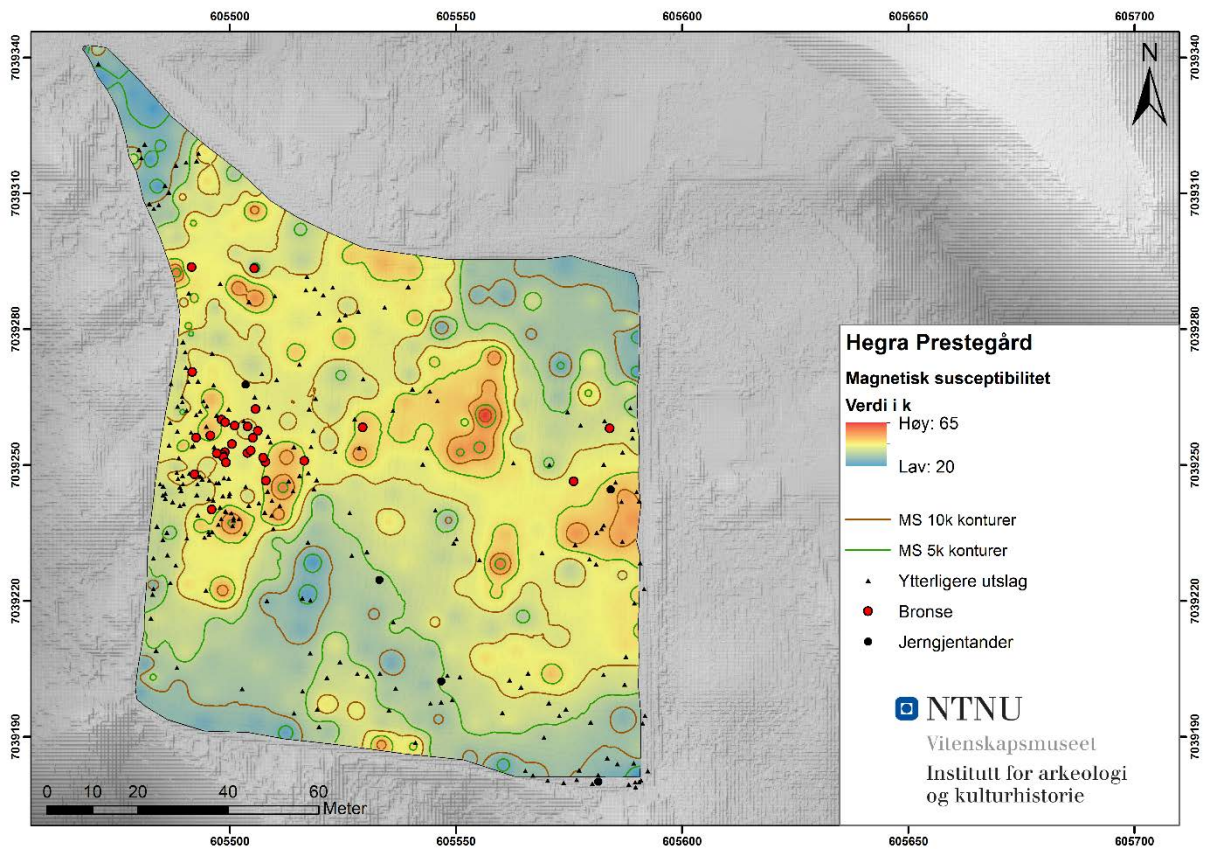
3.1 Magnetisk Susseptibilitet



Figur 2: Kartet viser målingene av magnetisk susceptibilitet

3.1.1 Observasjoner i susceptibilitetsdataene.

I Figur 2 vises soner med forhøyede susceptibilitetsverdier. Ved sammenligning av spredningen av bronsegenstandene i Figur 3 er det ikke tegn til ekstremt høye målinger noen steder innenfor jordet, noe som man ellers ville ha forventet hvis det var spor etter metallbearbeiding, smelting og støpeavfall innenfor undersøkelsesområdet. Susseptibilitetsmålingene gir ikke støtte for en slik tolkning.

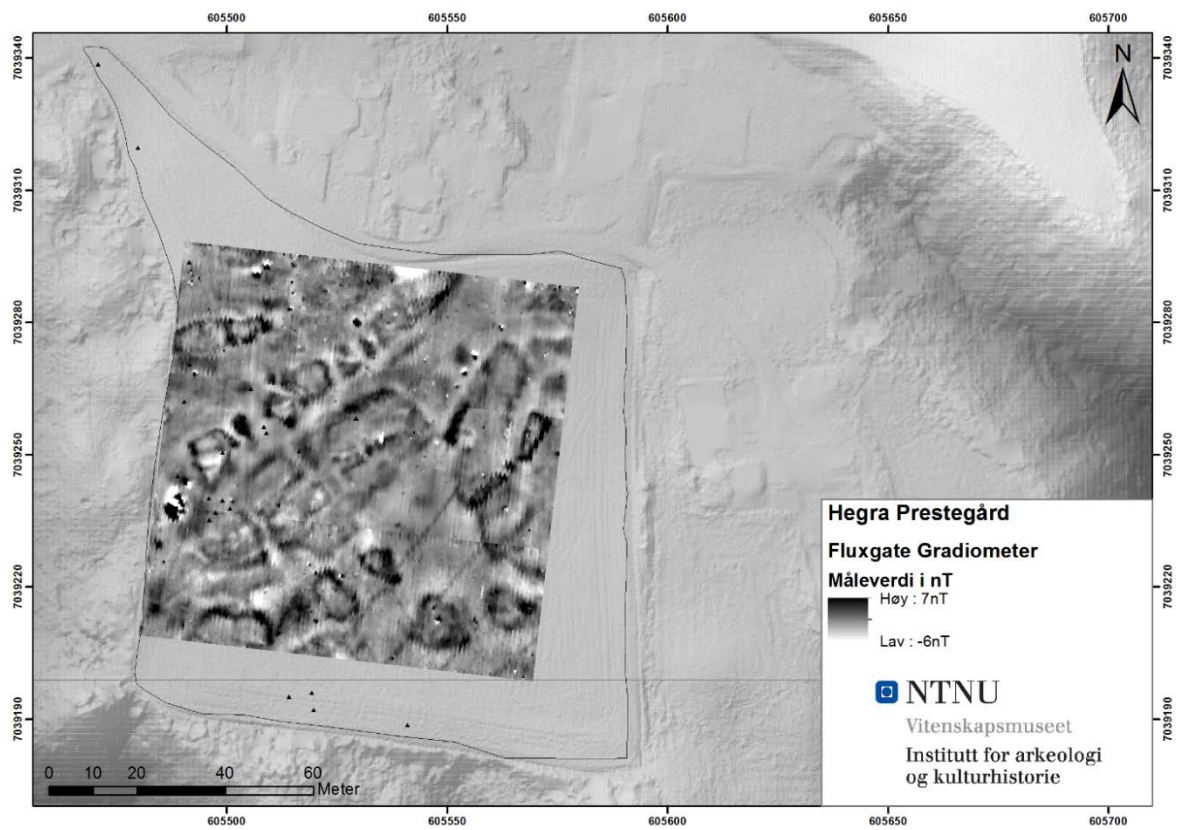


Figur 3: Kartet viser målinger av magnetisk susceptibilitet sammenlignet med funnspredning av metallsøkerfunn

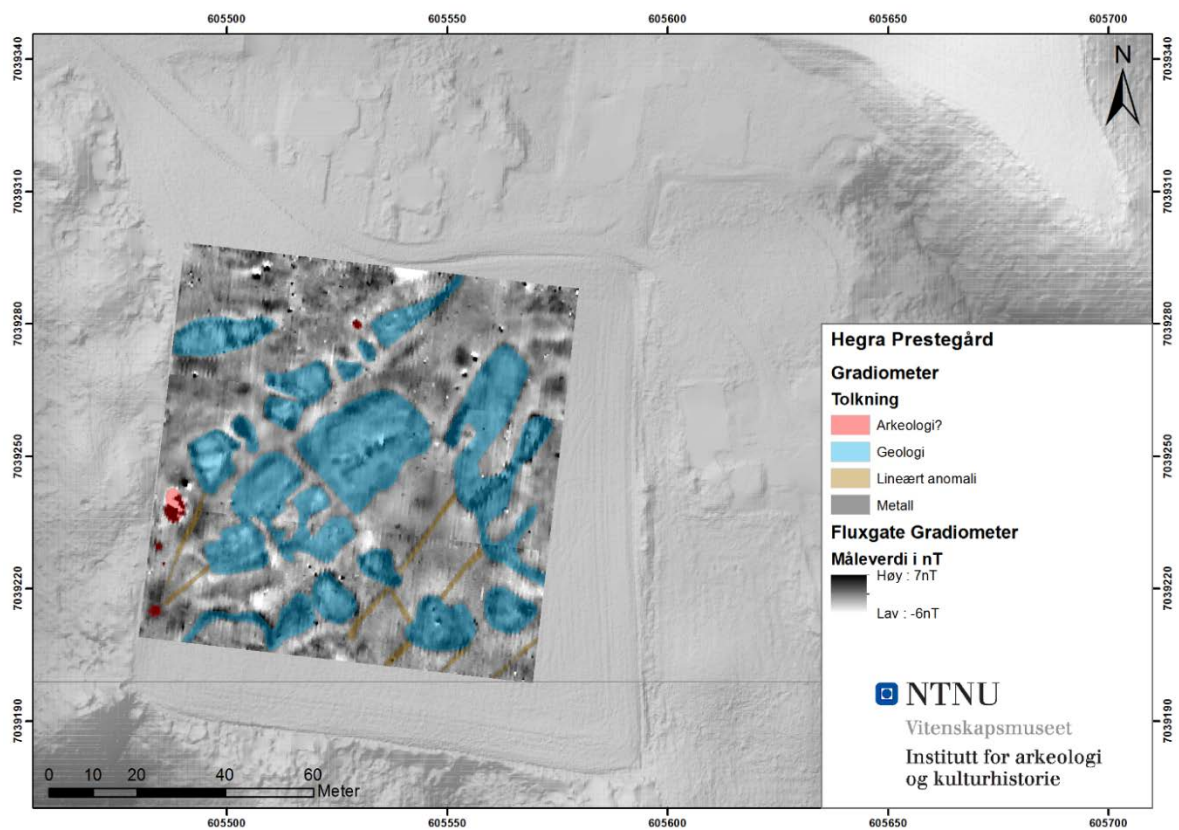
3.2 Gradiometer

I dette avsnittet vil prosesserte dataplot bli presentert. Dette er de innsamlede dataene etter at de er behandlet i programvaren TerraSurveyor. Typisk er det at man forsøker å balansere ut ulikheter mellom de to sensorene, samt filtrere for å fremheve eventuelle observasjoner.

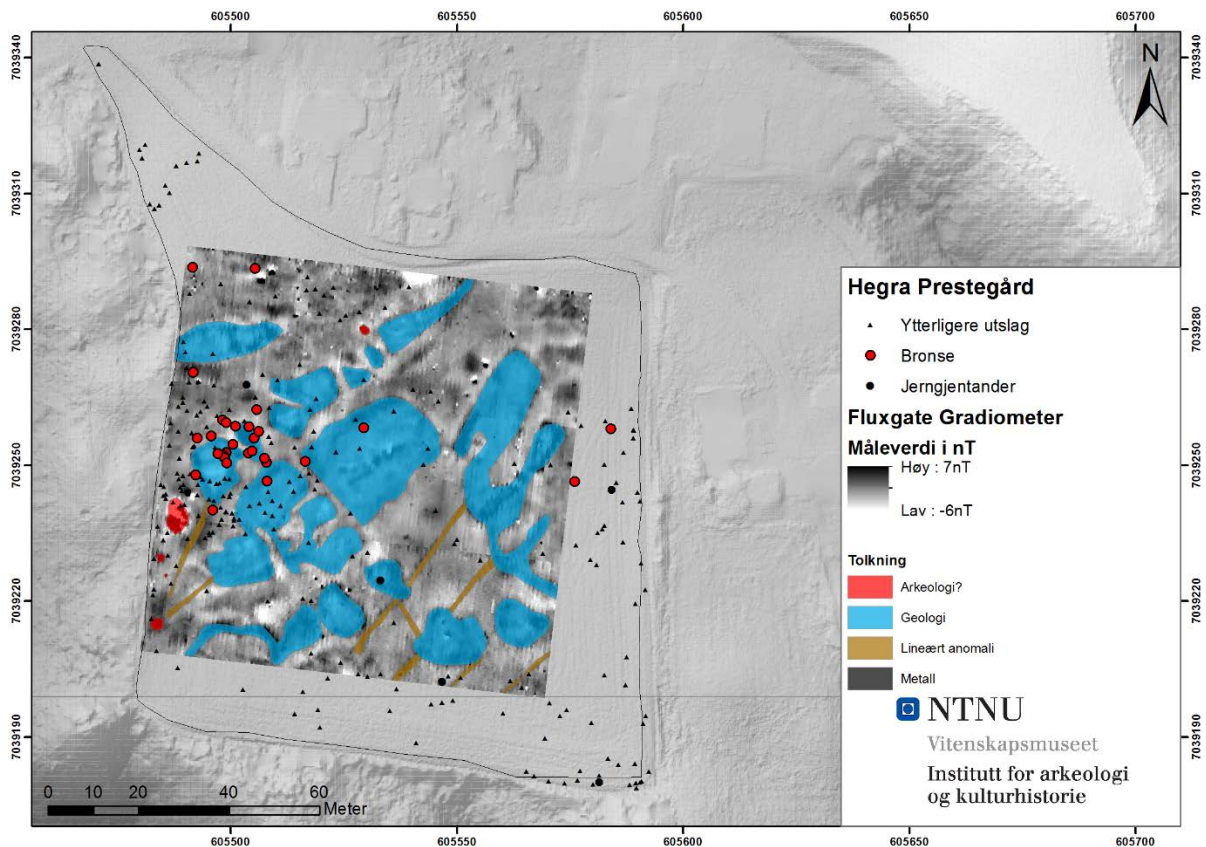
3.2.1 Dataplot



Figur 4: Kartet viser et plot av prosesserte magnetometer-data fra Hegra. Plottet har klassebredde lik ± 1 Std.



Figur 5: Tolkninger av gradiometer-dataene



Figur 6: Tolkning av gradiometer-dataene med metallsøkerfunn

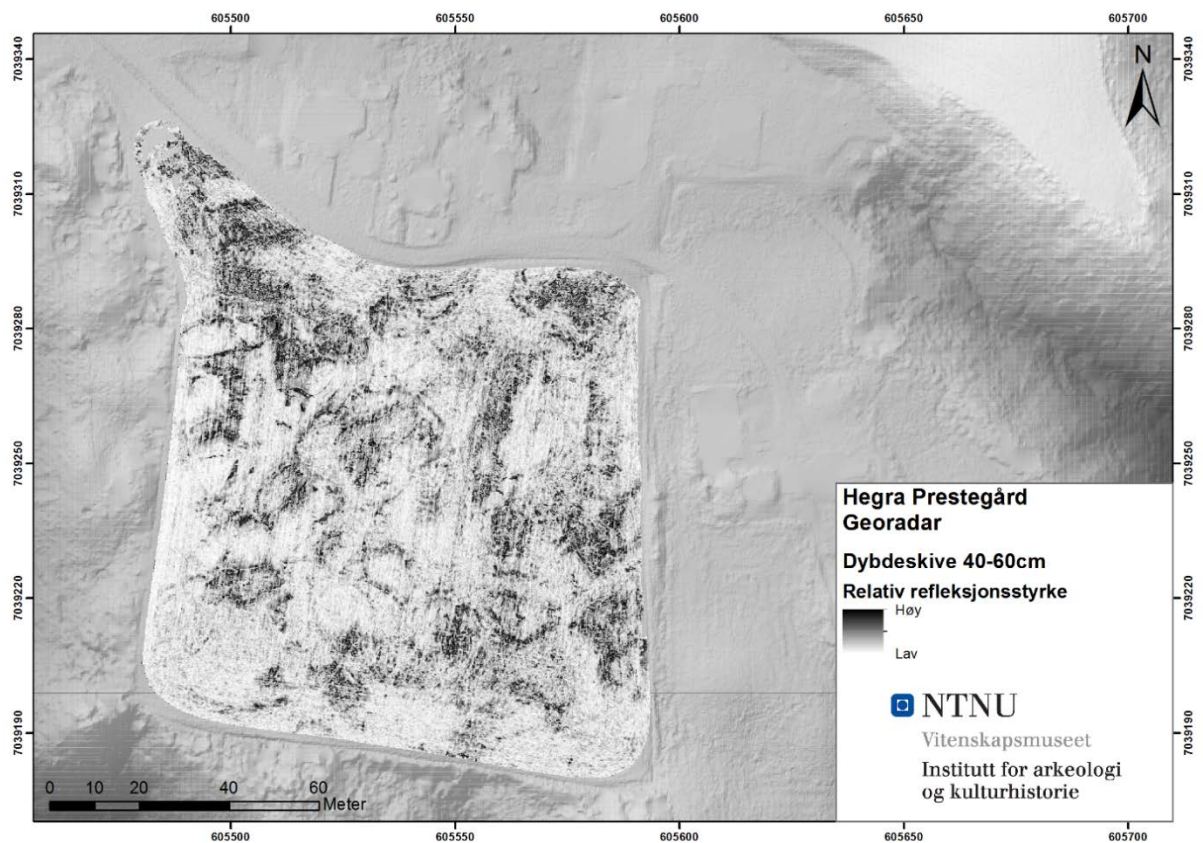
3.2.2 Observasjoner i gradiometer-dataene

Dataene bærer preg av soner med noe mer tydelig respons som virker å være forårsaket av geologiske forandringer. Disse områdene har en sammenlignbar utstrekning til relativt homogene, og grunt liggende horisonter observert i georadar-dataene. Dette er tolket som at de amorfne linjene med kraftig respons utgjør ytterkantene av eller planert overflate. Det er få andre utslag som ble tolket som arkeologi. Det er ett utslag nær kanten av undersøkelsesområdet i vest som har en respons mer lik tilstedeværelsen av metall over et område på 7x4,5 meter. Dette er ikke i området med flest metallfunn. Etterfølgende undersøkelser ble avsluttet ca. 2,5 meter nord for dette utslaget, så opphavet for dette utslaget ble ikke arkeologisk undersøkt i forbindelse med utgravningene. Et slikt utslag kan også være resultat av moderne aktiviteter, som brenning eller deponering av metallavfall. Det er relativt lave susceptibilitetsverdier i dette området.

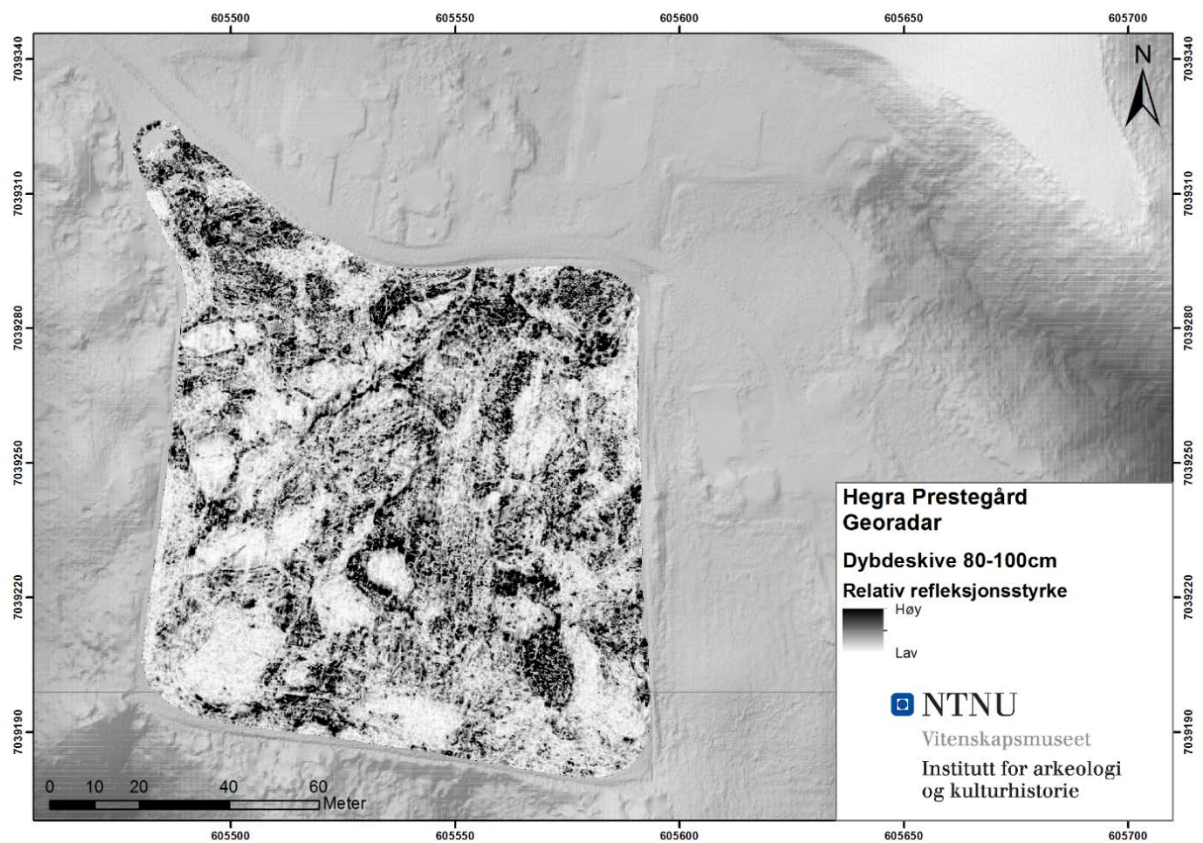
3.3 Georadar

I dette avsnittet vil først flere dybdeskiver bli presentert. Disse er fremstillet ved å plassere en rekke profiler ved siden av hverandre, og «skjære» disse horisontalt ved en viss dybde. På denne måten skaper man kart over alle refleksjoner ved en gitt dybde. Disse er «tykke» skiver, altså gjennomsnittet av alle refleksjoner over en gitt dybdeområde ned i bakken. I denne delen blir enkelte tykke dybdeskiver presentert. I appendikset er en serie tynne skiver med gjennomsnitt for hver 20cm presentert.

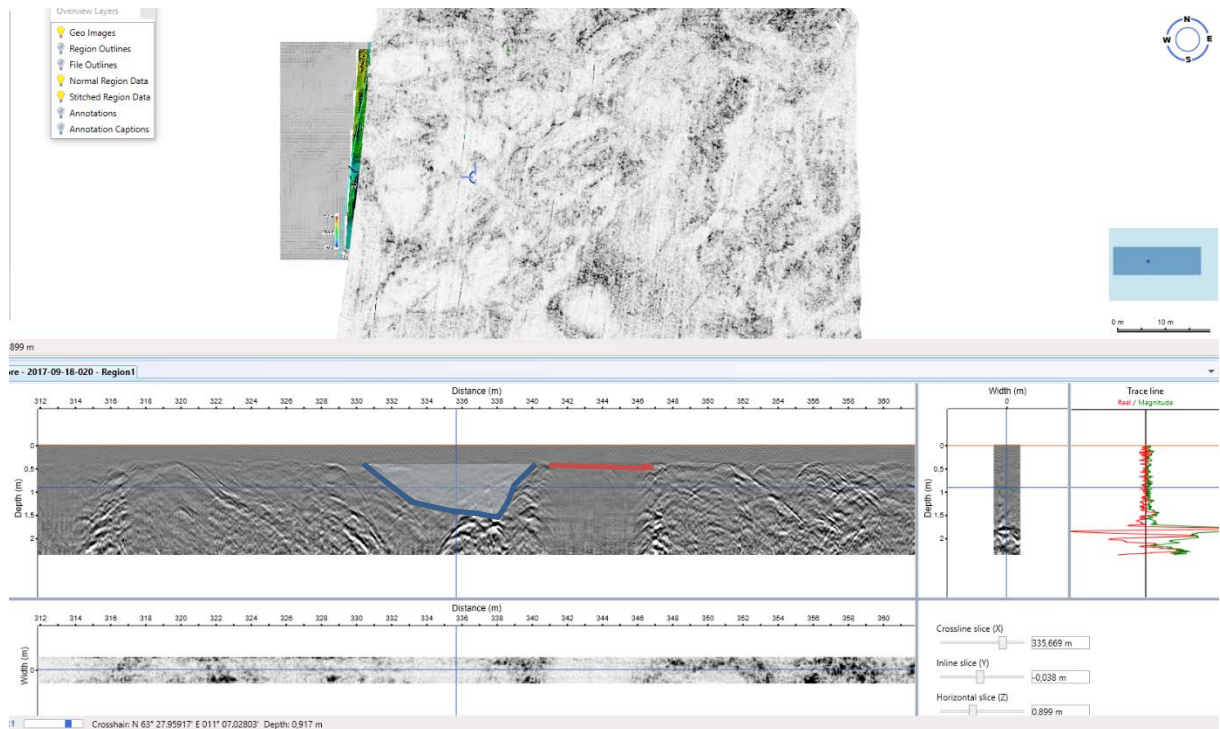
3.3.1 Dybdeskiver



Figur 7: Dybdeskive for den gjennomsnittlige responsen ved ca. 40-60cm dybde

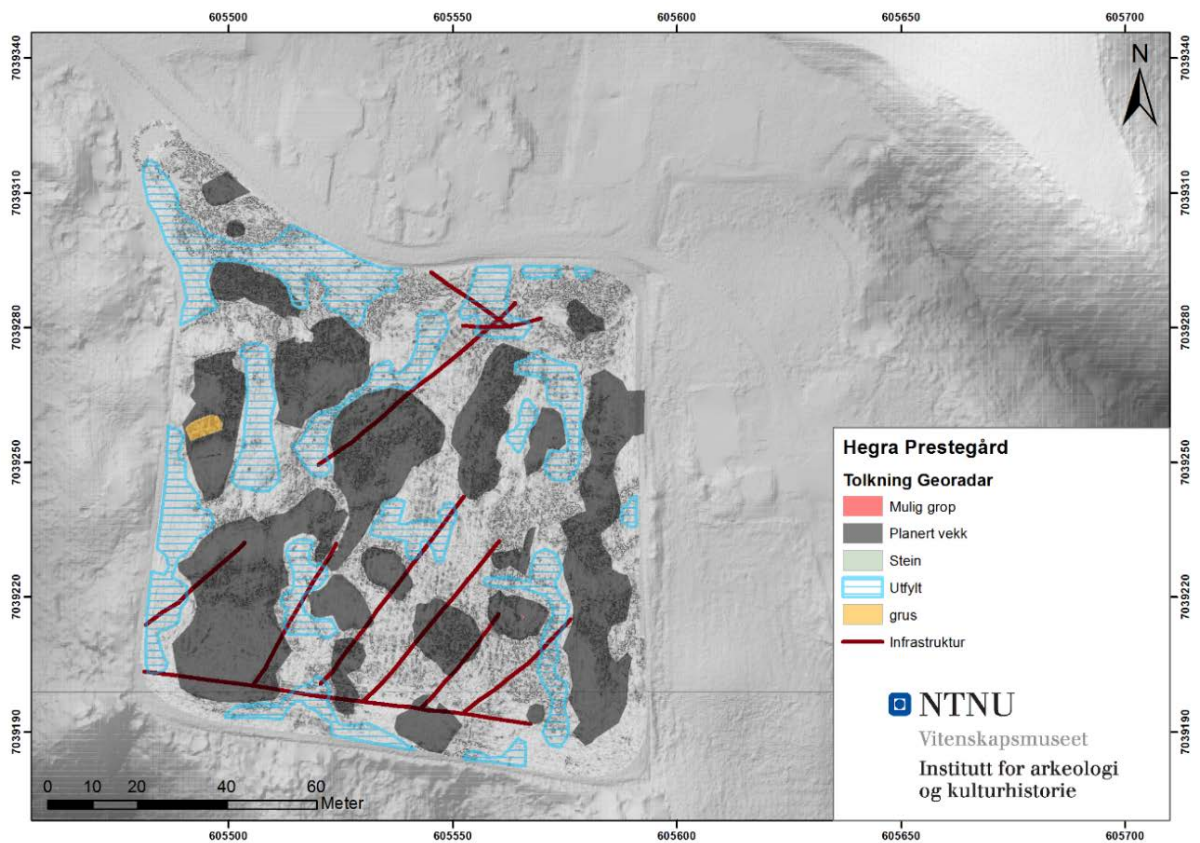


Figur 8: Dybdeskive for den gjennomsnittlige responsen ved ca. 80-100cm dybde

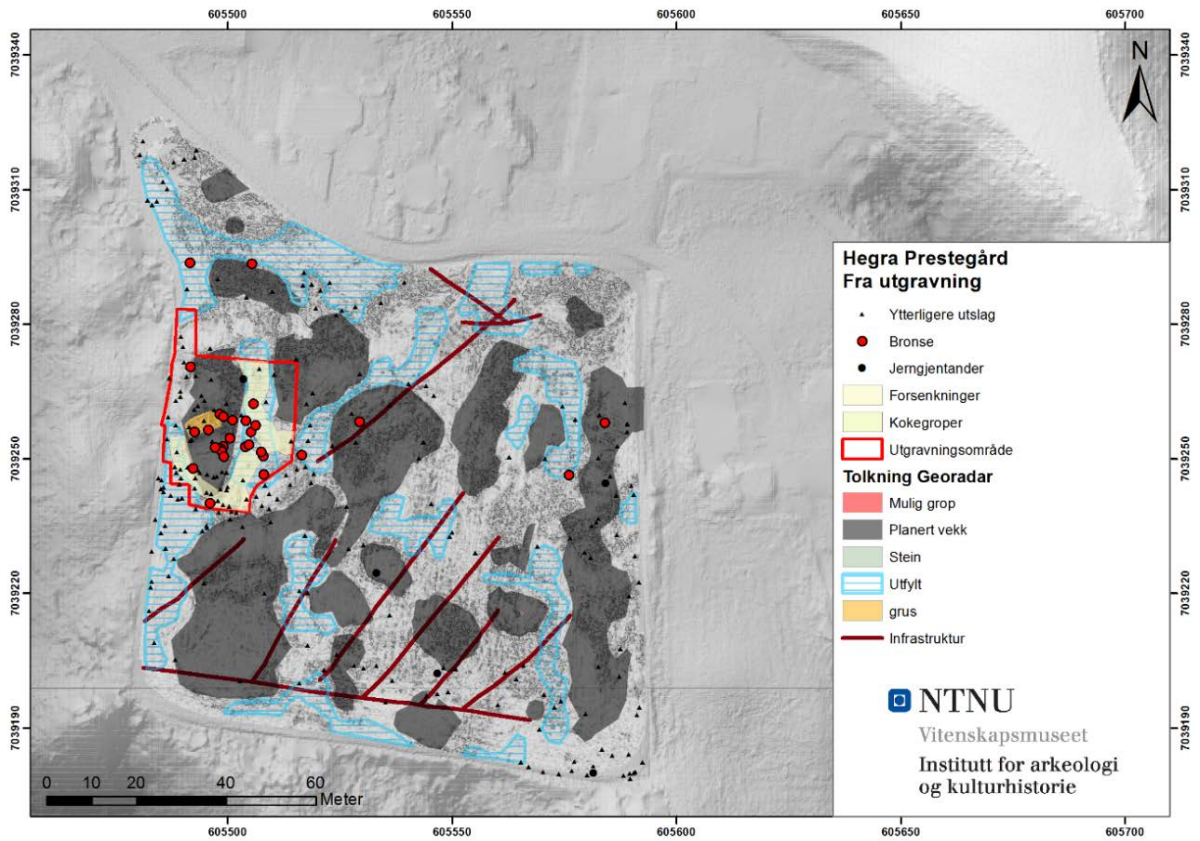


Figur 9: Eksempel på georadarprofil fra område tolket i utgravningen som gjenfylt (blått område). Legg merke til sone fra ca. 341-347 meter med få refleksjoner (rød strek). Dette området er tolket som planert.

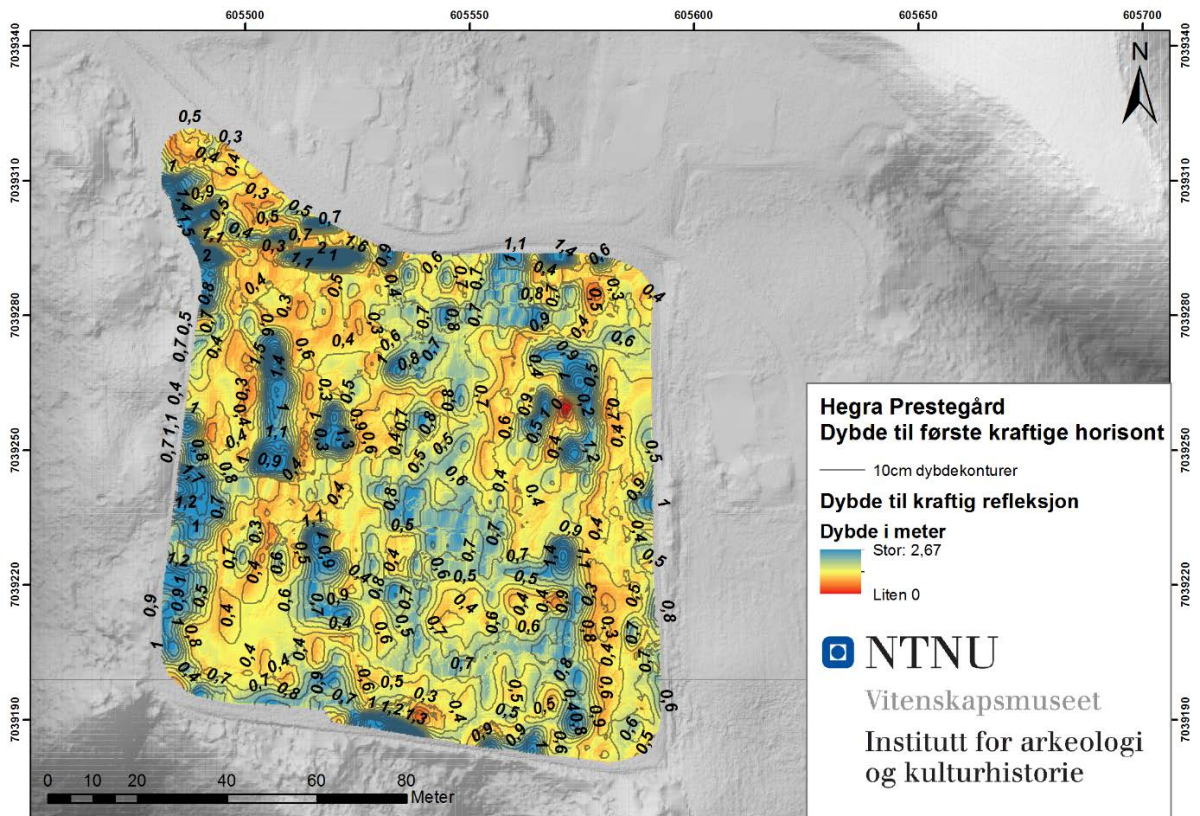
3.3.2 Georadar - tolkninger



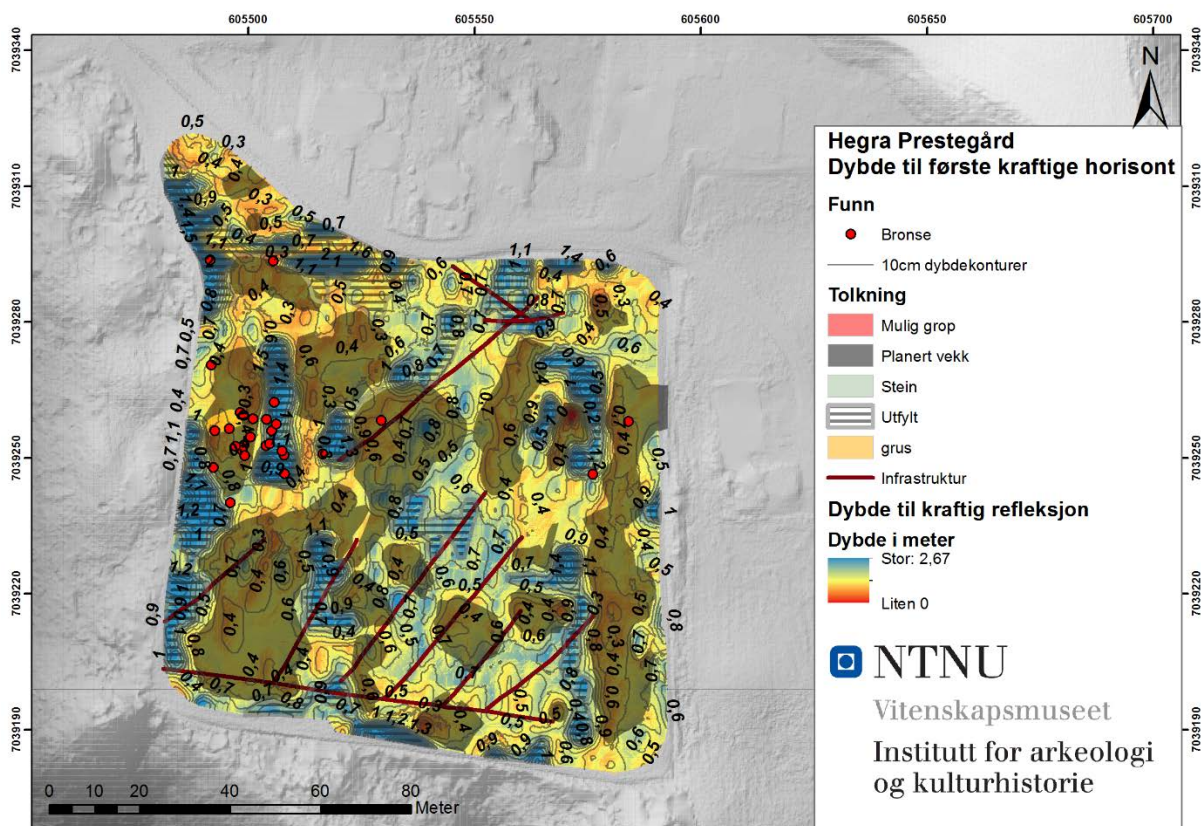
Figur 10: Tolkninger av georadar-dataene



Figur 11: Tolkninger av georadar-dataene sammenlignet med resultater fra de arkeologiske utgravningene og metall søkerfunn. Legg merke til sammenfalt mellom det som er tolket som utfyllt og forsenkninger påvist ved utgravninger.



Figur 12: Dybder til første kraftige horisont (se Figur 9)



Figur 13: Dybde til første kraftige horisont overlagt med tolkninger

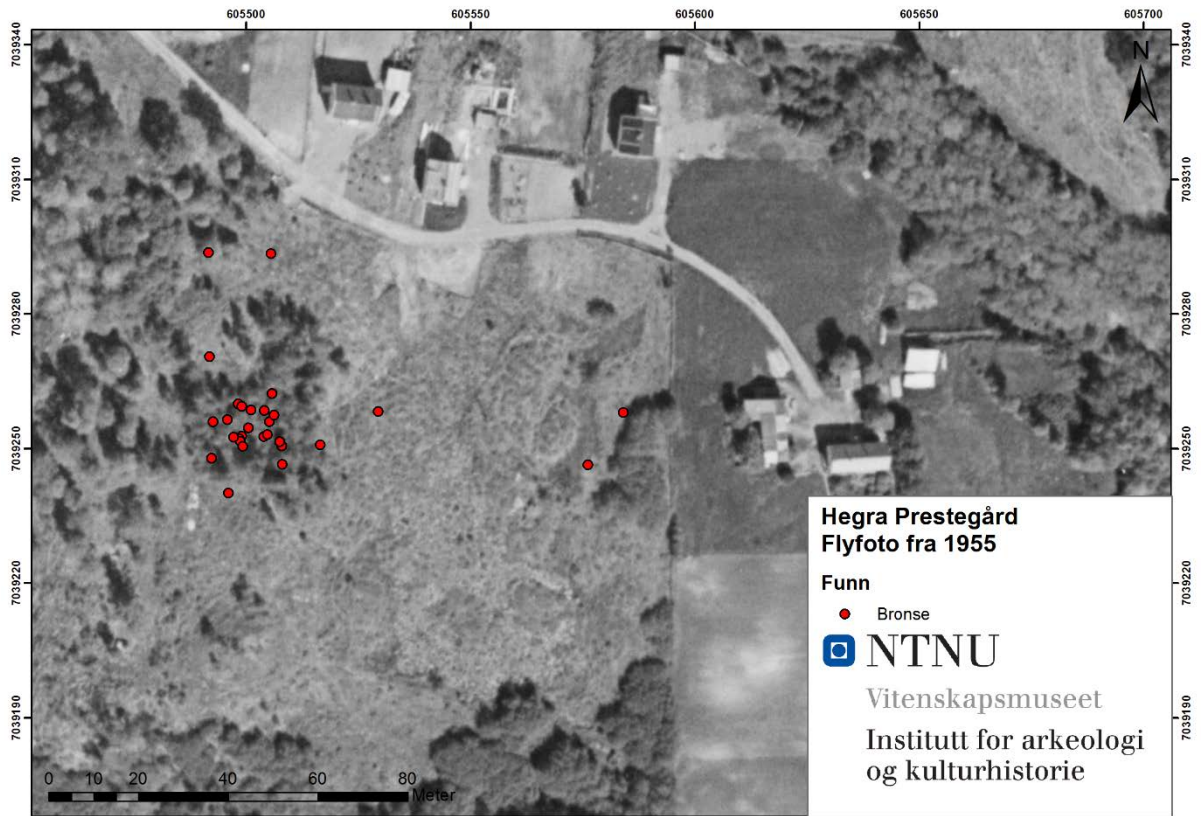
3.3.3 Analyse – forstyrret versus uforstyrret undergrunn

Ved å isolere områder med svak versus kraftig respons i georadardataene (se Figur 9 og Figur 11), og sammenligne dette med tolkninger av profiler og observasjoner fra den arkeologiske utgravningen, lot det seg gjøre å indikere gjenfylte og planerte områder.

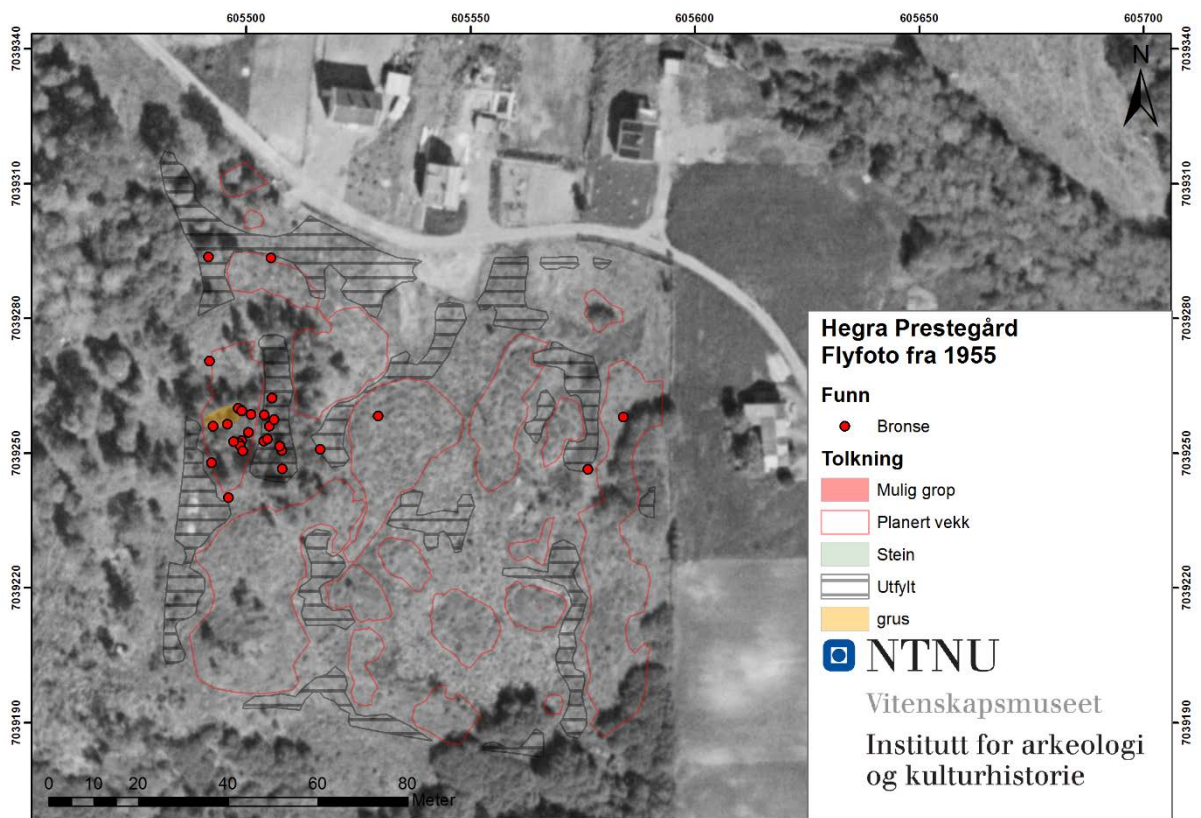
Den generelle geofysiske responsen er kompleks, så på generelt grunnlag var det vanskelig å påvise konkrete strukturer. Derimot vil denne sammenstillingen og tolkningen av forstyrrede, planerte og gjenfylte områder bidra til å vise i hvilke deler av jordet det er økte muligheter for å finne bevarte strukturer og gjenstander. Figur 9, samt Figur 11 og Figur 13, illustrerer dette. Utgravningsresultatene fra 2017 viser at det også kan være arkeologiske strukturer som kokegrop og ildsteder innenfor disse områdene. Det ser også ut de amorfe sonene i gradiometer-dataene (se Figur 4 - Figur 6) korresponderer godt med ytterkanten til de sonene som er tolket som planert vekk i georadar-dataene (Figur 11 og Figur 13).

3.3.4 Plassering av bronsefunn

Figur 11 og Figur 13 viser at flere av funnene er gjort over et område som er utfyllt, mens noen av gjenstandene er innenfor et område som tilsynelatende har vært planert. På et flyfoto fra 1955 ser man også at de fleste funnene er innenfor et område som da var bevokst med en skogpull, som strekker seg som en tange ut mot øst (Figur 14). Ved utgravningene ble det tolket som at den østre delen av denne var mer myrlendt, med muligheter for bekleier lenger mot øst ute på jordet. Hvorvidt disse var vannførende hele året er usikkert. Jfr. Figur 11 og Figur 15 harmonerer dette godt med observasjoner i georadar-dataene.



Figur 14: Funnstedene for bronsefunnene sammenlignet med et flyfoto fra 1955. Flyfoto fra www.norgebilder.no, Geodata AS.



Figur 15: Sammenligning av funnsted for bronsefunnene med tolkningene av georadar-dataene. Merk sammenfall mellom mørke vekstmerker i flyfotoet. Flyfoto fra www.norgebilder.no, Geodata AS.

4 Analyse og konklusjoner – geofysiske resultater versus problemstillingene for undersøkelsene

Den geofysiske undersøkelsen på Hegra hadde som målsetting å:

- kartlegge tilstedeværelsen av jordgravde strukturer
- øke forståelsen om konteksten til bronsefunnene, både fra et arkeologisk og landskapsperspektiv

Selv om undersøkelsene avdekket ytterst få jordgravde strukturer, så ga likevel resultatene nyttig kunnskap om spesielt de kulturhistoriske spørsmålene som var fremhevet ved oppstart av undersøkelsen. De geofysiske resultatene vil her bli vurdert opp imot hvert av disse kulturhistoriske spørsmålene.

Spørsmål 1: Stammer gjenstandene fra en eller flere nedgravninger?

Det lot seg ikke gjøre på påvise konkrete nedgravninger hverken i området hvor konsentrasjonen av bronsefunn er høyest, eller ellers på dette jordet. Etterfølgende arkeologiske undersøkelser viste at det er enkelte bevarte arkeologiske strukturer innenfor det som er tolket som gjenfylte bekkeløp i ett ellers myrlendt område, men direkte sammenligning med de geofysiske resultatene viser at disse strukturene ikke var synlige i de geofysiske datasettene. Det var derimot de topografiske forandringene.

Spørsmål 2: Er det bosetningsspor i nærområdet til funnstedene?

De arkeologiske ettergravningene påviste enkelte bosetningsspor tolket som kokegroper eller ildsted. Det var ikke mulig å påvise tydelige og gjenkjennelige jordgravde strukturer i de geofysiske datasettene.

Spørsmål 3: Er det spor etter støpning eller verkstedsaktivitet i nærområdet?

Tidligere forsøk har vist at bruk av magnetometer/gradiometer og målinger av magnetisk susceptibilitet er velegnet for å avgrense spor etter industriell aktivitet, og da spesielt metallbearbeiding (se f.eks. (Stamnes 2015)). På Hegra var det ikke særskilt godt sammenfall mellom funnsteder for bronsegjenstander og målingene av magnetisk susceptibilitet (se Figur 3). Målingene med gradiometer viste ett utslag med forhøyede verdier litt sør for midten av jordet, mot åkerkanten i vest (Figur 6). Dette ble ikke undersøkt nærmere med etterfølgende utgravninger, men kan også være spor etter moderne avfall eller forstyrrelser. Det generelle inntrykket er at de geofysiske dataene ikke gir inntrykk av støpning eller verkstedaktivitet i nærområdet.

Spørsmål 4: Kan geofysikken belyse hvorvidt funnstedet er en forstyrret eller uforstyrret kontekst?

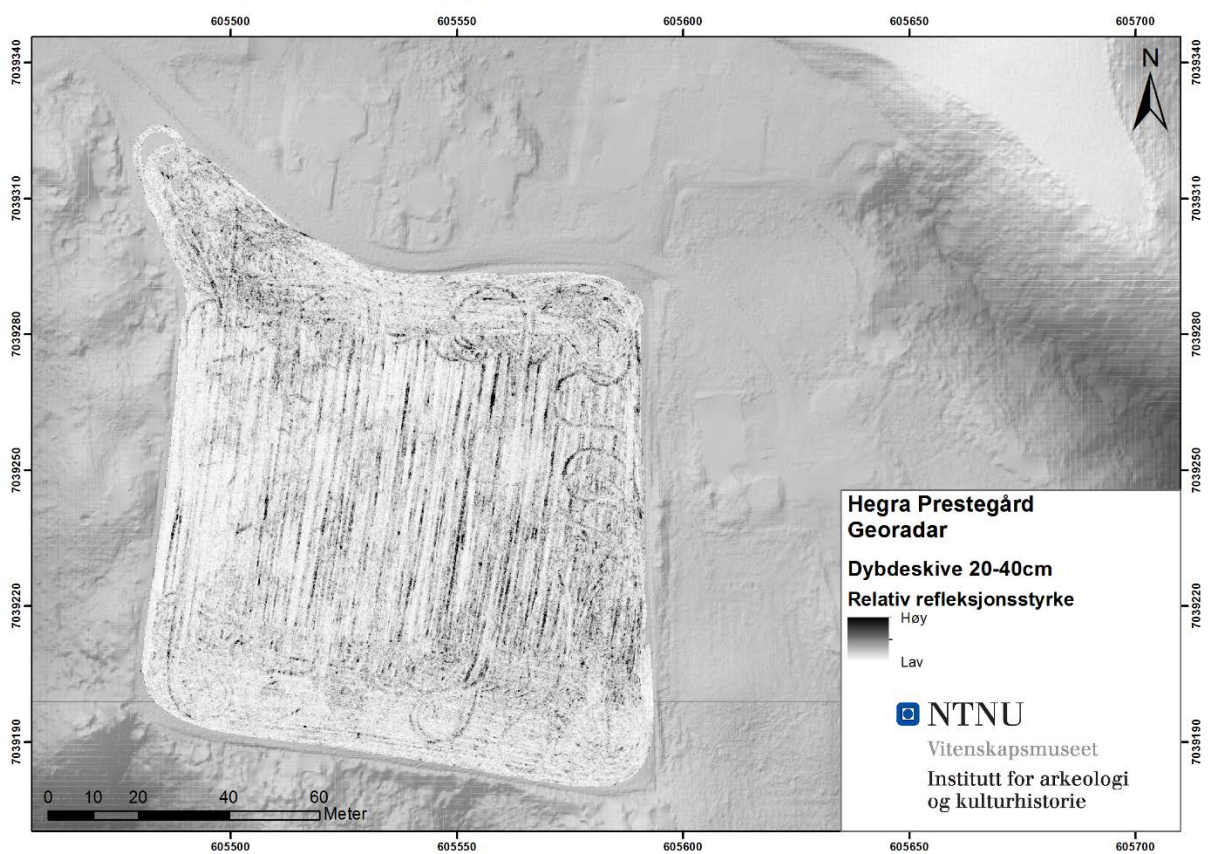
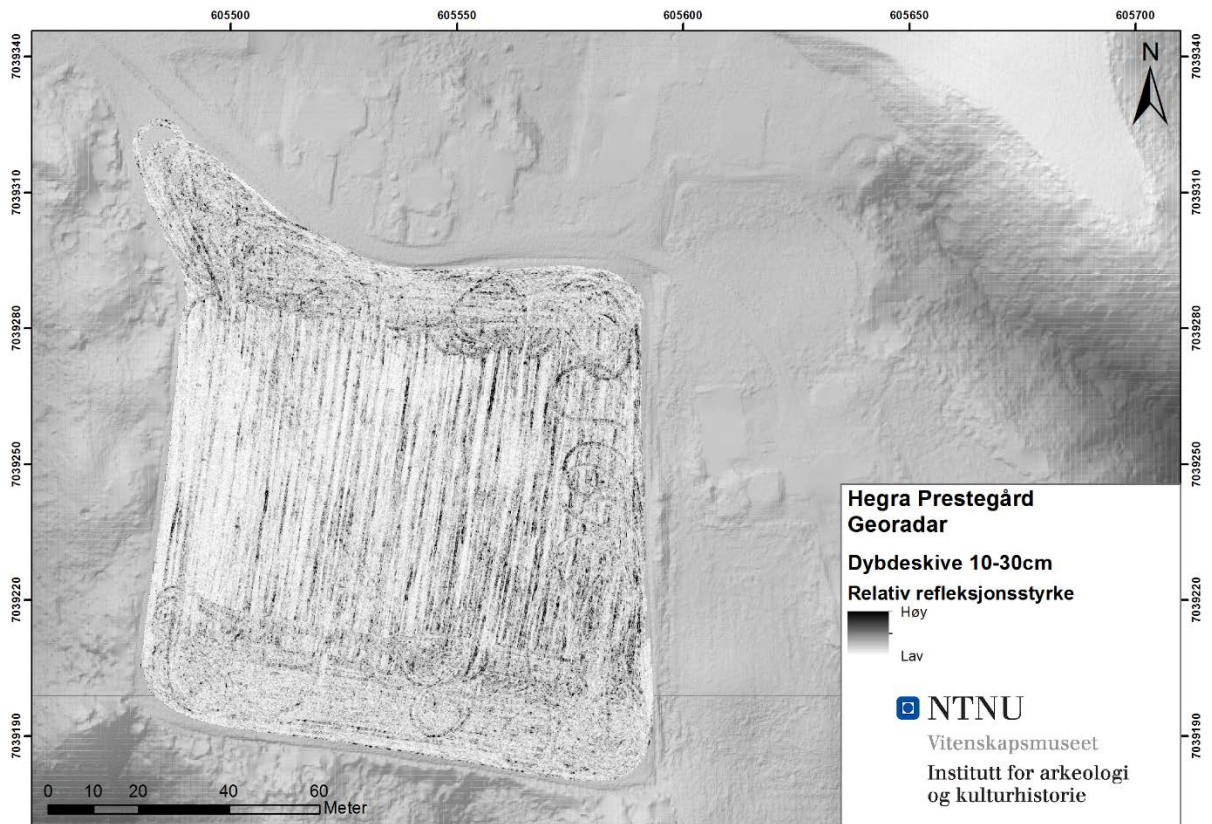
De geofysiske undersøkelsene ga et inntrykk av en kompleks undergrunn med veldig varierende respons. Sammenligning av utgravningsdata, og en analyse av de innsamlede geofysiske undersøkelsene, gjorde det mulig å rekonstruere og estimere hvilke områder som har vært utsatt for planering, og hvilke deler av jordet som har vært utfyllt. Sammenligningen med flyfoto fra 1955 understøtter disse tolkningene. Dette igjen gjør det mulig å estimere hvor på dette området det kan være større muligheter for å påtreffe uforstyrrede strukturer og arkeologiske kontekster, nemlig i de tilsynelatende gjenfylte områdene.

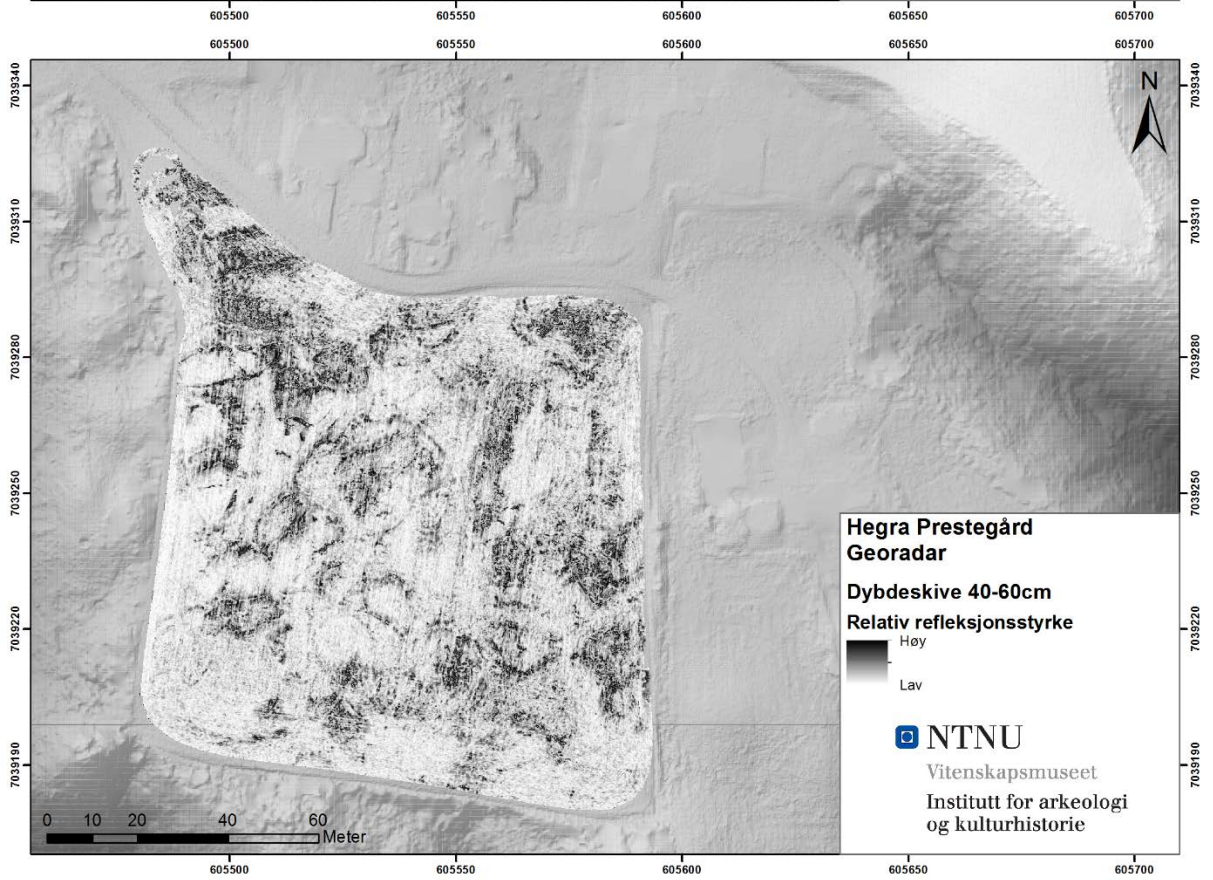
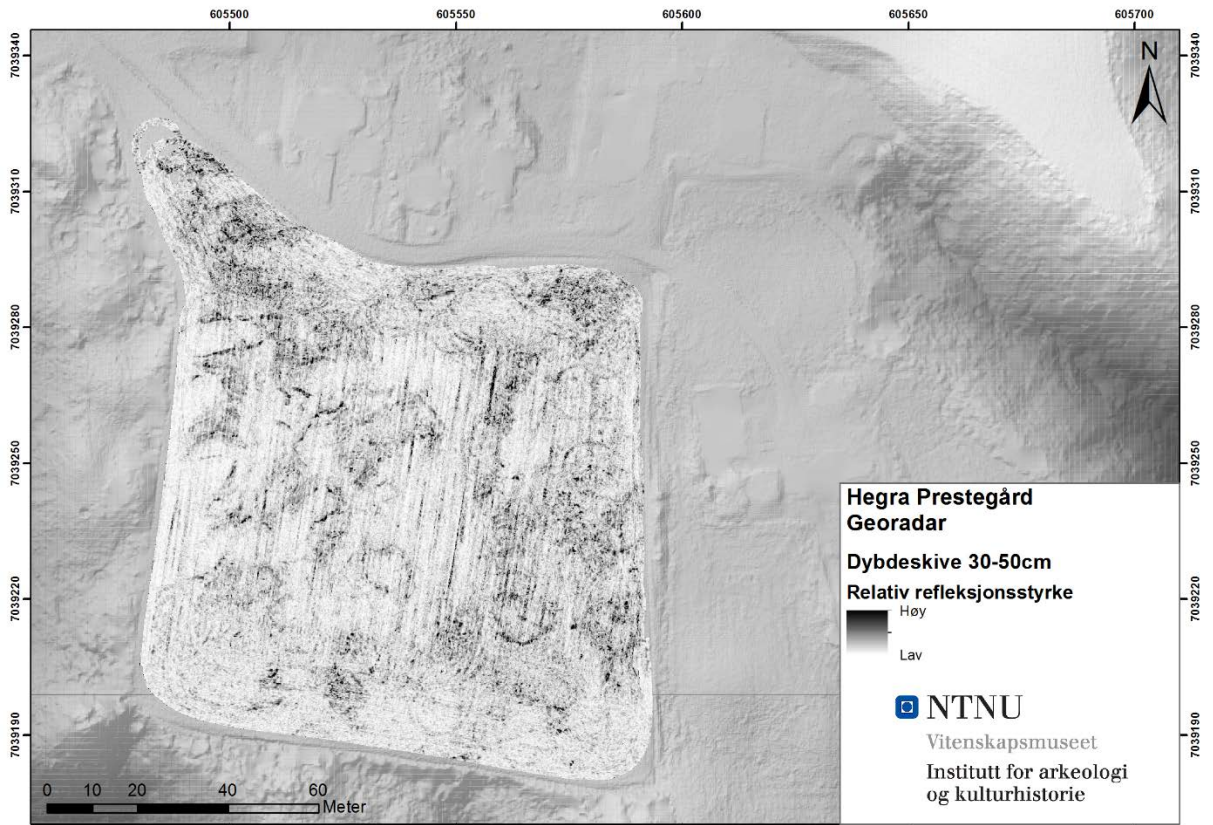
5 Litteratur

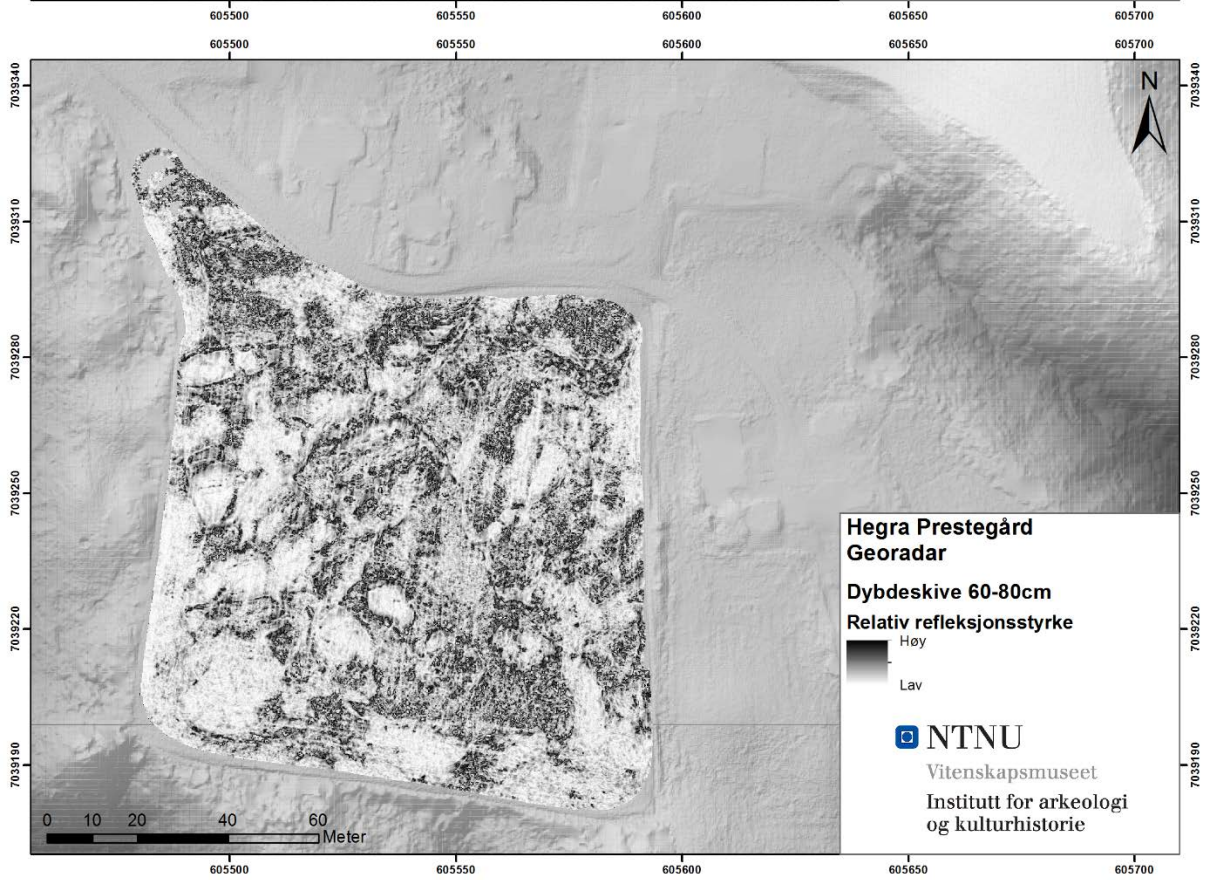
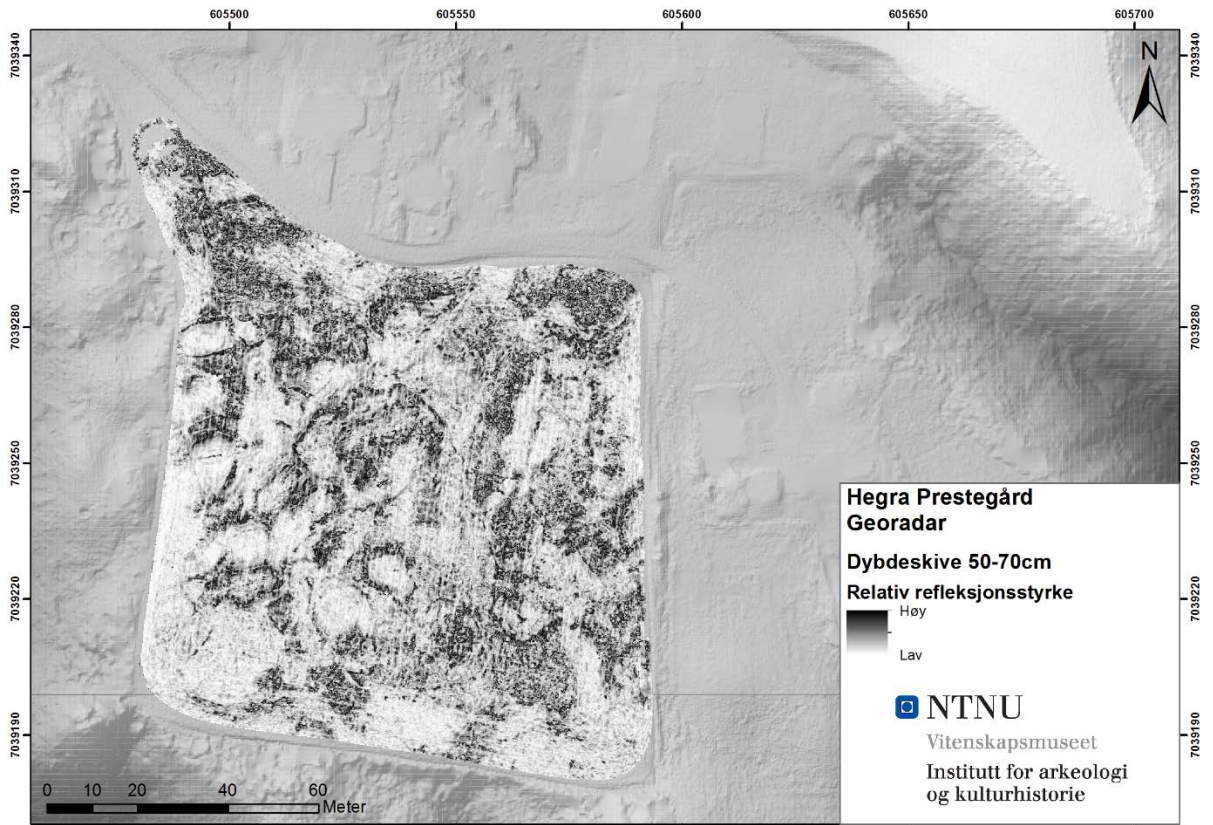
- Aspinall, Arnold, Chris Gaffney and Armin Schmidt 2009: *Magnetometry for Archaeologists*. Geophysical Methods for Archaeology, AltaMira Press. Plymouth.
- Clark, Anthony 1996: *Seeing Beneath the Soil. Prospection methods in archaeology*. Routledge. London.
- Conyers, Larry B. 2013: *Ground-penetrating radar for archaeology*. Geophysical methods for archaeology, AltaMira Press. Plymouth, United Kingdom.
- Dalan, Rinita A. 2008: A review of the role of magnetic susceptibility in archaeogeophysical studies in the USA: recent developments and prospects. *Archaeological Prospection*, 15:1:1-31.
- Dearing, John 1999: *Environmental Magnetic Susceptibility - Using the Bartington MS2 System*. Bartington Instruments Limited.
- Gaffney, Chris and John Gater 2003: *Revealing The Buried Past*. Tempus. Stroud.
- Goodman, Dean and Salvatore Piro 2013: *GPR Remote Sensing in Archaeology*. Geotechnologies and the Environment, vol. 9. Springer Berlin Heidelberg. Berlin Heidelberg.
- Solli, Brit and Arne Anderson Stamnes 2013: Geofysiske undersøkelser av kirkegårder, kirketuffer og svartjord på Vøya i Romsdal. *Viking*, 76:181-202.
- Stamnes, A.A. 2010: Developing a Sequential Geophysical Survey Design for Norwegian Iron Age Settlements. MSc. Division of Archaeological, Geophysical and Environmental Sciences. University of Bradford. Bradford.
- 2011: Georadar avdekker fortidsminner. *Spor - populærarkeologisk tidsskrift*:(1):30-33.
- Stamnes, Arne Anderson 2015: Using magnetic survey methods to delimit and characterize prehistoric iron production sites in Norway. *ARchaeologica Polona*, 53:376-380.
- 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. Department of Archaeology and Cultural History, the NTNU University Museum. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, Norway.

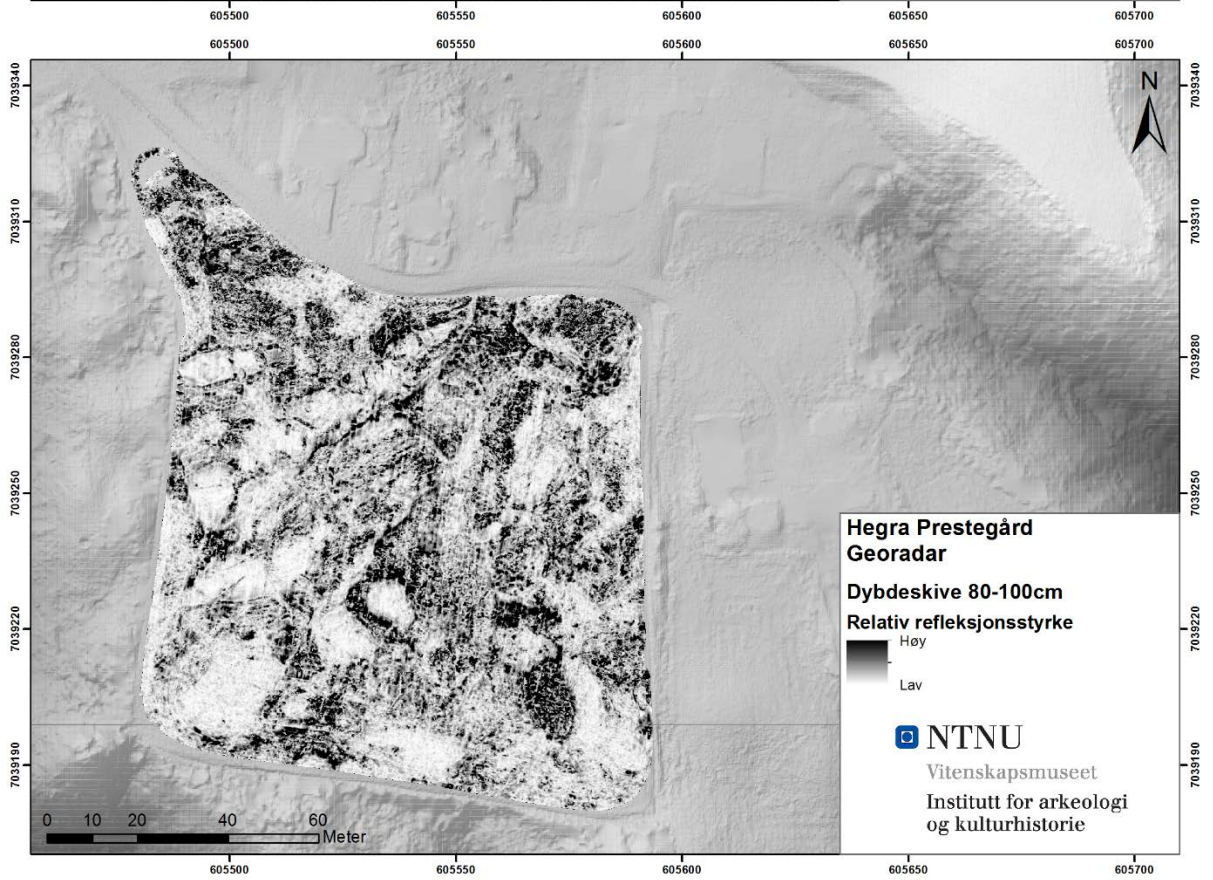
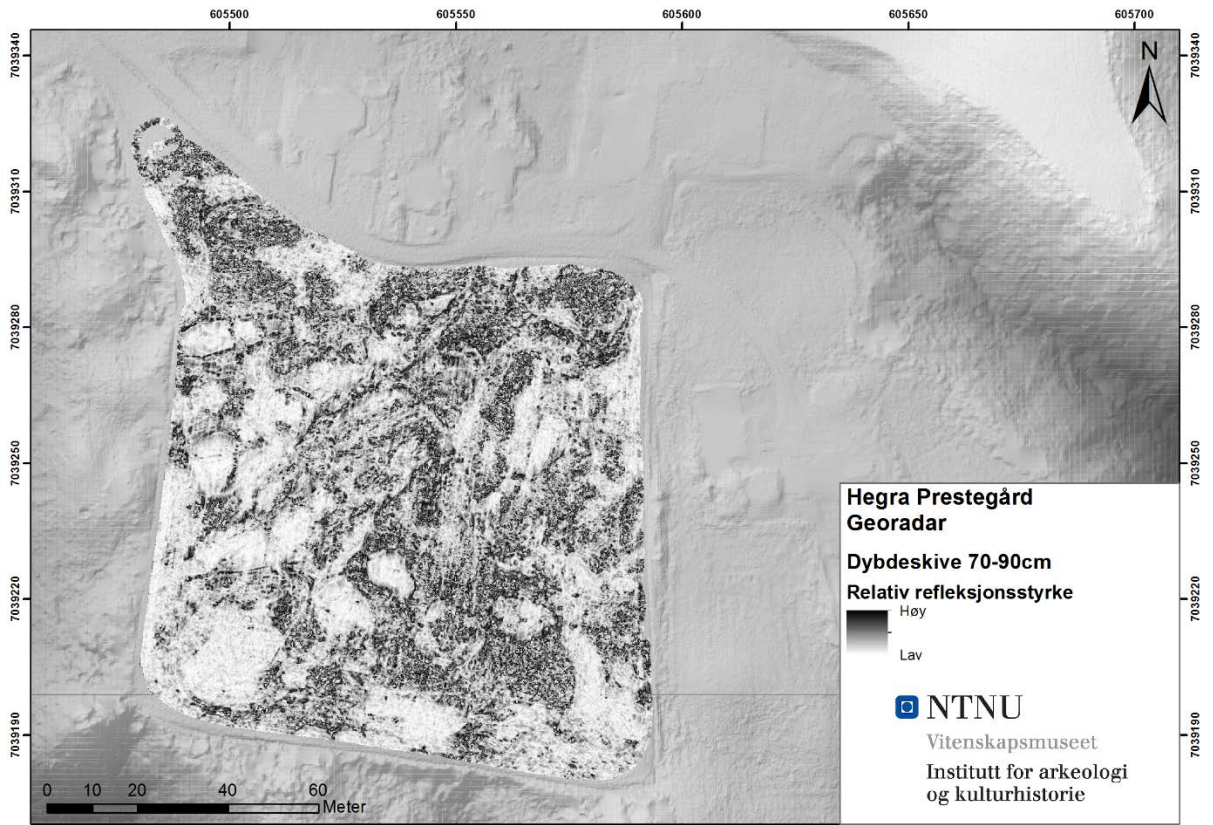
6 Appendix

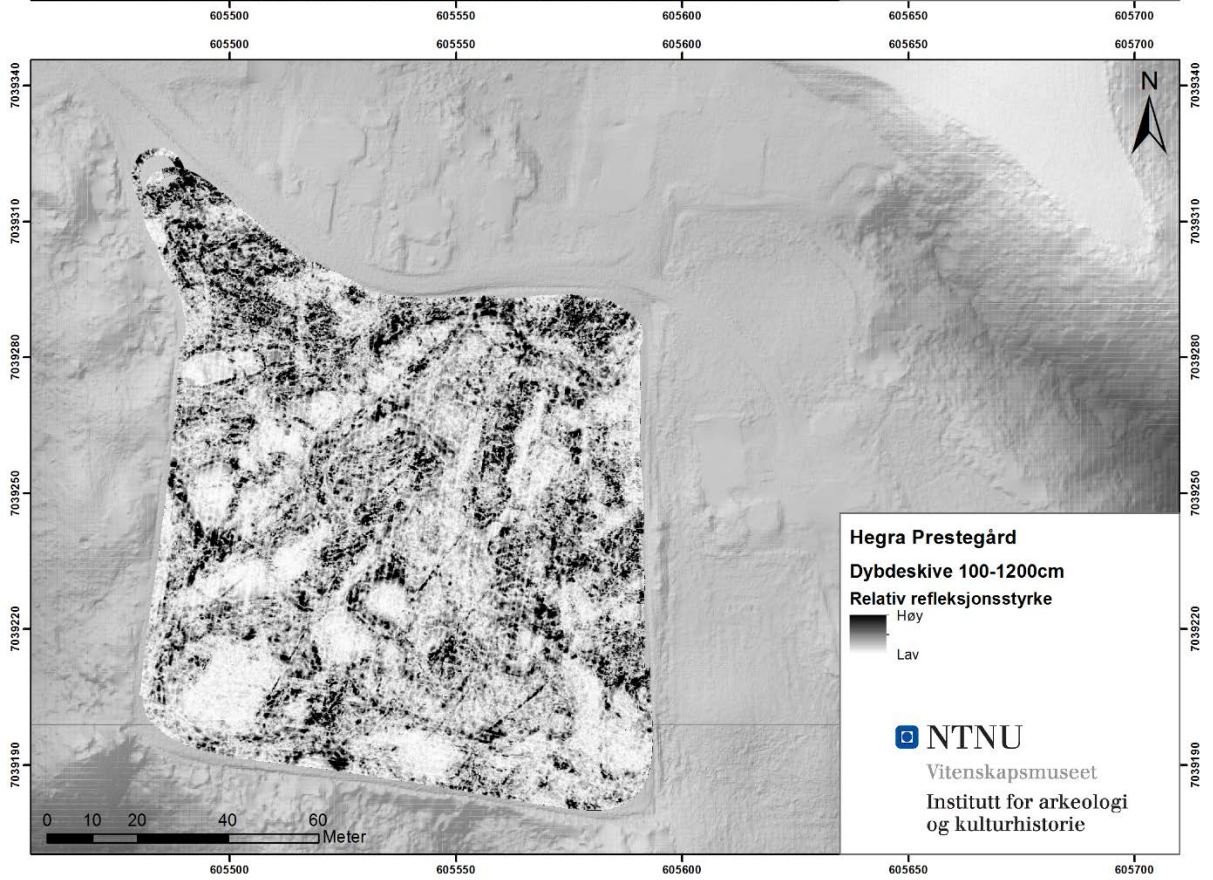
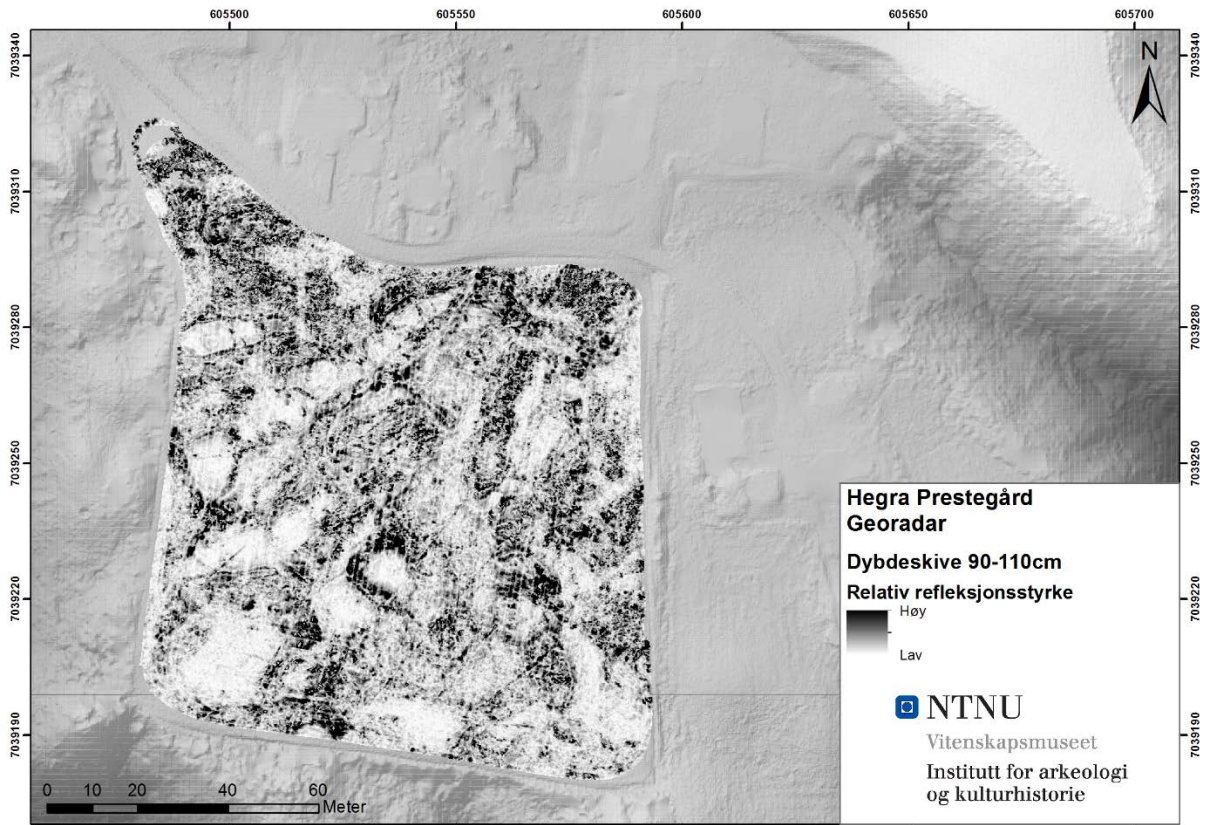
6.1 Dybdeskiver fra georadar

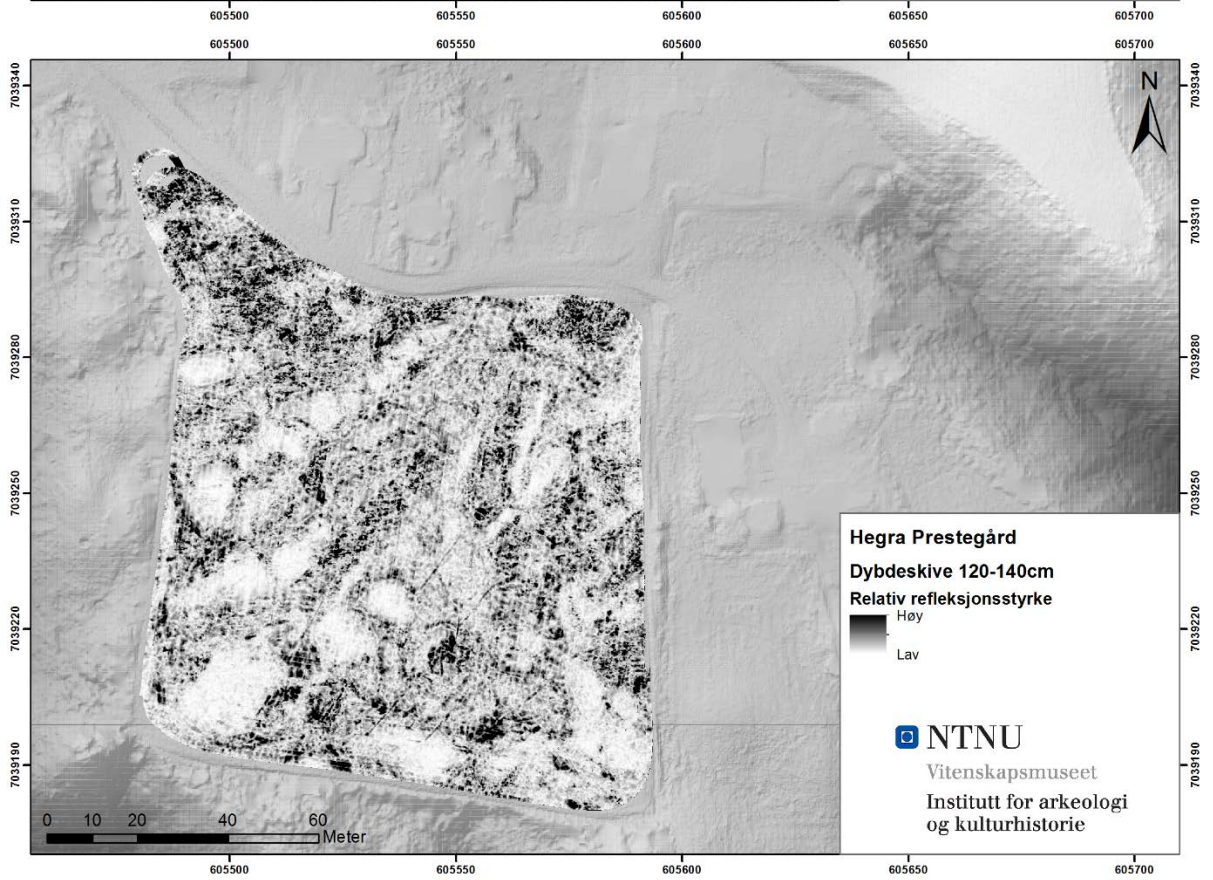
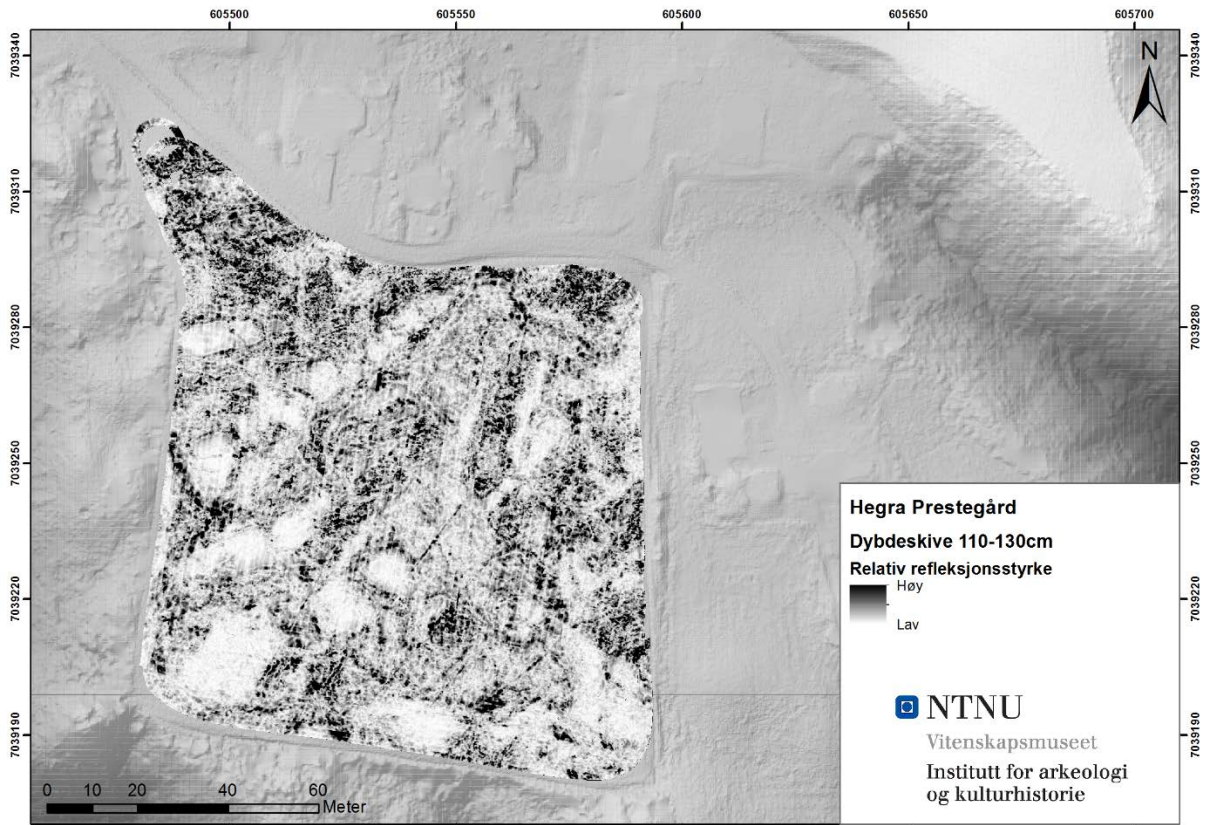


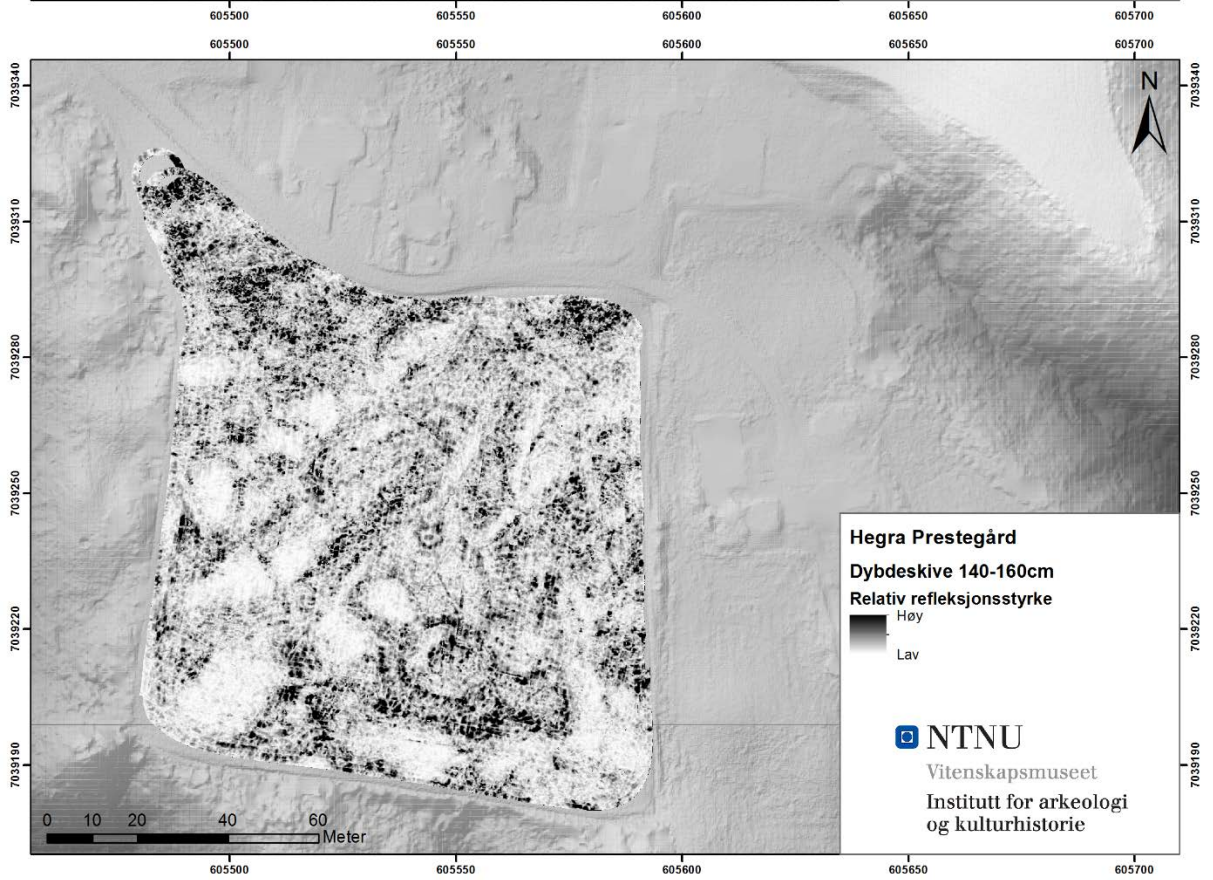
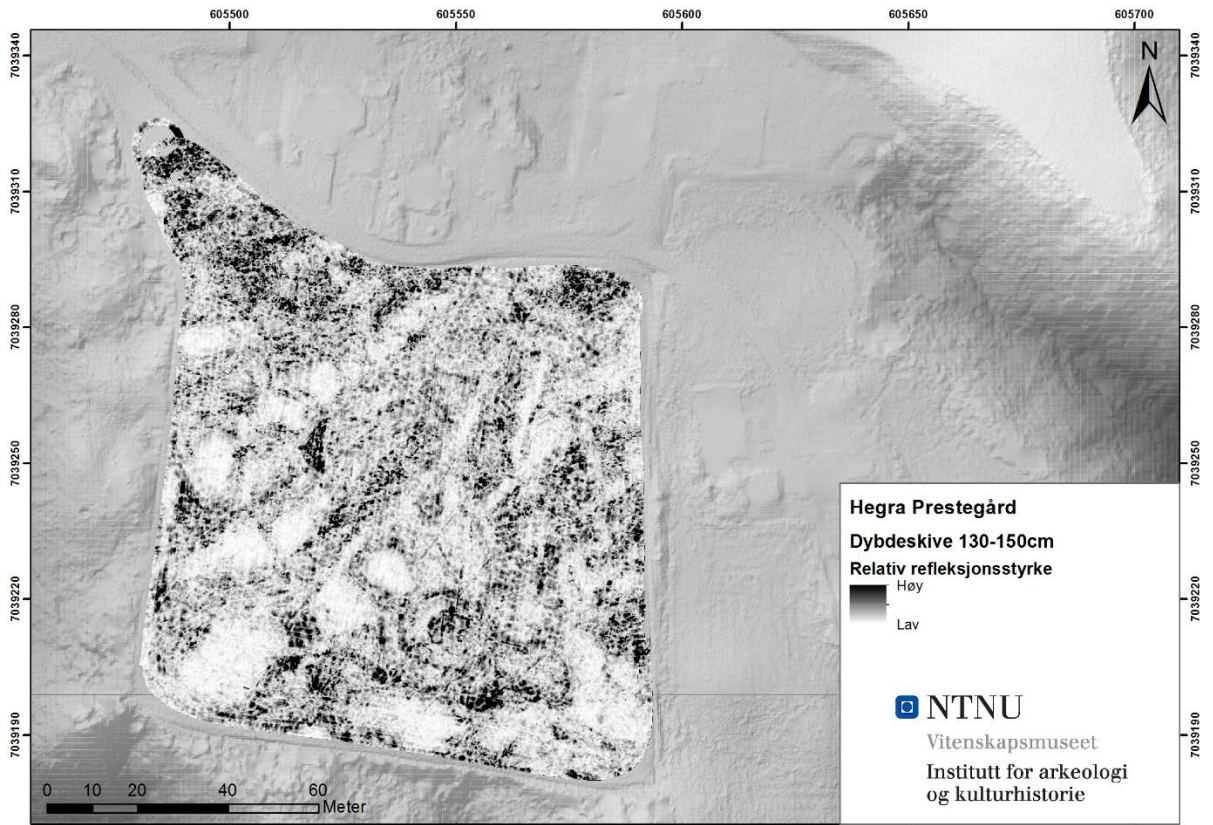












Denne rapporten er et samarbeidsprosjekt mellom NTNU Vitenskapsmuseet og NIKU, og er finansiert av Riksantikvaren.

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