



FOU-PROSJEKTET «ARKEOLOGI I VEIEN?» SLUTTRAPPORT

Bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder ved arkeologisk registrering i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter

Knut Paasche





Tittel FoU-prosjektet «Arkeologi i Veien?» Sluttrapport Bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder ved arkeologisk registrering i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 46/202 46/2021	Publiseringsdato 30.05.2022
	Prosjektnummer 1021588	Oppdragstidspunkt 2014-2021
	Forsidebilde Georadaren på jobb i forkant av veiutbygging i Aust-Agder. Foto Manuel Gabler/NIKU	
Forfatter(e) Knut Paasche	Sider 57	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Digital dokumentasjon, kulturminner og landskap	

Prosjektleder Knut Paasche
Prosjektmedarbeider(e) Manuel Gabler, Lars Gustavsen, Monica Kristiansen, Erich Nau
Kvalitetssikrer NIKU: Lars Gustavsen og Monica Kristiansen SVV: Ann Kristin Engh og Siv Annie Henriksen

Oppdragsgiver(e) Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Sammendrag Statens vegvesen Vegdirektoratet og Norsk institutt for kulturminneforskning startet i 2012 et forsknings- og utviklingsprosjekt som ved sin avslutning har pågått i hele 10 år. Prosjektet har omhandlet bruk av inngrepsfrie avanserte metoder for registrering av arkeologiske kulturminner i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter. Prosjektet «Arkeologi i veien?» (AiV-prosjektet) har hatt som formål å teste ut hvorvidt høyteknologiske fjernmålingsmetoder som geofysikk, LIDAR, samt satellittbilder og flyfoto kan supplere og eventuelt erstatte noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner i forkant av større veiprojekter, og på den måten begrense områder som skal sjekkes eller undersøkes på annen, konvensjonell måte. AiV-prosjektet har i perioden 2012–2020, med gode resultater, testet ut bruken av geofysiske undersøkelsesmetoder ved flere prosjekter i hele landet. Prosjektet fikk en videreføring gjennom VEMOP-prosjektet (The Vestfold monitoring project. Environmental factors in minimal-invasive Cultural Heritage Management) i Vestfold- og Telemark fylke, og blir dermed ikke endelig sluttført før 2022.

Emneord Geofysikk, veiutbygging, planarbeid, planprosess, arkeologi og registrering
--

Avdelingsleder

Knut Paasche

Forord

Det er ikke så ofte en får anledning til å drive forsknings- og utviklingsarbeid over lang tid. Men noen ganger er dette helt nødvendig for å oppnå resultater. Dette prosjektet startet vi å arbeide med i 2012, og det ble først ferdig etter 10 år, i 2022.

Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) vil takke Statens vegvesen for støtte og medeierskap i prosjektet. Innsatsen fra prosjektleder hos Statens vegvesen, først ved Eva Smådahl, deretter Ann Kristin Engh, har vært særdeles viktig for prosjektet.

Prosjektet har lent seg tungt på det internasjonale forskningsprosjektet Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (LBI ArchPro), som i over ti år har jobbet med utvikling av geofysiske undersøkelser i arkeologien. Det er spesielt grunn til å takke Dr. Alois Hinterleitner fra Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), som har bidratt ved prosessering av mange av dataene i Arkeologi i veien? prosjektet (AiV-prosjektet).

Rapporten er i all hovedsak skrevet av prosjektleder, men det er likevel viktig her å nevne at det viktigste arbeidet i felt og analyse av alle data er gjennomført av Manuel Gabler, Lars Gustavsen, Monica Kristiansen og Erich Nau ved NIKUs hovedkontor i Oslo. Takk for en flott innsats alle sammen!

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Målsetting	9
1.3	Prosjektoppbygging	10
1.3.1	Prosjektoversikt.....	11
1.4	Strategisk satsning	12
2	Forprosjekt 2012-2013.....	13
2.1	Fjernmålingsmetoder til bruk ved arkeologisk registrering.....	13
2.2	Askjum og Nordre Skuterud	13
3	Hovedprosjekt, første periode 2014-2017	15
3.1	Delprosjekter ulike steder i landet.....	16
3.1.1	Delprosjekt 1, E39 i Randaberg og Stavanger kommuner	16
3.1.2	Delprosjekt 2, E136 i Rauma kommune.....	18
3.1.3	Delprosjekt 3, Veipakke Tønsberg, ny fastlandsforbindelse	20
3.1.4	Delprosjekt 4, Hålogalandsvegen	20
3.2	Oppsummering Hovedprosjekt, første periode	22
4	Hovedprosjekt, andre periode (2018 – 2021).....	23
4.1	Geofysiske undersøkelser tidlig i planprosessen.....	23
4.1.1	Delprosjekt 1, IC Vestfold Nykirke – Barkåker	23
4.1.2	Delprosjekt 2, Dovrebanen (2016 - 2018)	27
4.1.3	Delprosjekt 3, Ringeriksbanen og E16, Fellesprosjektet (2018).....	27
4.1.4	Delprosjekt 4, IC Stokke – Sandefjord (2019 – 2020).....	29
4.1.5	Delprosjekt 5, Hensetting Ski Syd og ny avgrening Østre Linje (2020) .	30
5	Geofysiske undersøkelser vinterstid 2018	31
5.1.1	Georadarundersøkelse E16 Fagernes - Øylo	31
5.1.2	Ulike testprosjekter vinterstid: Dovre, Borre, Lågendalen og Sem.	32
5.2	The Vestfold Monitoring Project (VEMOP). Environmental factors in minimal-invasive Cultural Heritage Management.....	34
5.2.1	Bakgrunn.....	34
5.2.2	Formål.....	35
5.2.3	Status og foreløpige resultater	35
5.2.4	Videre arbeid.....	37
5.3	Geofysiske undersøkelser som ledd i planarbeidet 2019-2020	37
6	Resultater av AiV-prosjektet.....	38
6.1	Effekt mål	39
6.1.1	Forenkling av registreringsmetoder.....	39
6.1.2	Effektive registreringsmetoder	41
6.1.3	Effektive planprosesser.....	43
6.1.4	Kostnader til arkeologiske registreringer	44
6.1.5	Metodens begrensninger og utfordringer	45
6.2	Geofysikk som arkeologisk registreringsverktøy	48
7	Konklusjon	51
8	Framtidsperspektiver.....	53
8.1	Anbefaling	54
8.2	Videre vei	55
9	Referanser	56

Figur 1. Sjakting etter arkeologiske kulturminner, foto Vestfold fylkeskommune.	7
Figur 2. Storskala motorisert geofysikk, foto Knut Paasche.....	9
Figur 3. Oversikt over prosjekter nevnt i denne rapporten.....	12
Figur 4. LIDAR-data viser tidligere kjente gravhauger i en såkalt Local Relief Model. Tidligere ukjente gravhauger påvist med georadar i gult og rødbrunt, illustrasjon Lars Gustavsen.	14
Figur 5. Vanskelige våte værforhold midtvinters i Rogaland, foto Lars Gustavsen...	18
Figur 6. Oversikt over geofysiske undersøkelsesområder i Romsdalen. Kartgrunnlag: Statens kartverk geovekst og kommune, illustrasjon Erich Nau.....	19
Figur 7. Funn av hus fra jernalder ved hjelp av motorisert georadar på gården Horgheim i Romsdalen, illustrasjon Erich Nau	19
Figur 8. Sjakting kombinert med bruk av georadar ved Tjeldsundet i Troms, foto Erich Nau.	21
Figur 9. Områdene som ble kjørt med motorisert georadar på InterCity prosjekt Nykirke – Barkåker, illustrasjon Erich Nau.	24
Figur 10. Mulige arkeologiske kulturminner påvist med geofysiske undersøkelser kontrolleres av fylkeskommunen, foto Erich Nau.	25
Figur 11. Tolkingskart fra gården Østre Sørum på Ringerike, illustrasjon Monica Kristiansen.	28
Figur 12. Maskinen står fast ved Fokstua på Dovre, foto Manuel Gabler.	32
Figur 13. Geofysikkresultater uten snø til venstre, og med 40 cm snø til høyre på gården Sem i Øvre Eiker, illustrasjon Manuel Gabler.....	33
Figur 14. Installasjon av sensorer ved Heimdalsjordet, foto Petra Schneidhofer, VTFK.....	36
Figur 15. Geofysikkundersøkelse ved Oddberg, foto Erich Nau.	37
Figur 16. Bruk av georadar i våtmarksområder, foto Monica Kristiansen.	38
Figur 17. Tidligere elveleier (paleokanaler) og dreneringsgrøfter tegnet ut etter geofysiske undersøkelser, illustrasjon Monica Kristiansen.	42
Figur 18. Ikke alltid like lett å se arkeologien ved maskinell sjakting, foto Erich Nau.48	
Figur 19. Mulige rester etter forhistoriske hus under matjorda på gården Sem i Øvre Eiker, illustrasjon ved Monica Kristiansen.	49
Figur 20. Georadar på vei til nye veioppdrag, foto Erich Nau.	55

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Hvert år gjennomføres det arkeologiske registreringer og undersøkelser i Norge for mange millioner kroner i forbindelse med veiutbygging. Tiltakene er hjemlet i § 9 i kulturminneloven. Ved arkeologisk registrering i forbindelse med veiprosjekter gjennomføres mye av registreringsarbeidet ved hjelp av tradisjonelle arkeologiske metoder som utmarksregistrering, prøvestikking etter steinalder-lokaliteter, og maskinell sjakting i dyrket mark (fig. 1). Sjakting og flateavdekking¹ er metoder som gir mange funn, men de er tid-, kostnads- og ressurskrevende. Metodene fører også til inngrep i kulturminnene og jordbrukslandskap.



Figur 1. Sjakting etter arkeologiske kulturminner, foto Vestfold fylkeskommune.

I de siste tiårene har det skjedd en rivende utvikling innen bruk av avanserte, inngrepsfrie metoder for arkeologisk registrering og dokumentasjon. Disse arkeologiske fjernmålingsmetodene², som blant annet omfatter LIDAR³ og ulike geofysiske undersøkelser, har til felles at de i prinsippet muliggjør dokumentasjon av arkeologiske strukturer uten å ty til fysiske inngrep i kulturminnene. I tillegg er disse metodene tidsbesparende i felt fordi de kan dekke store områder på kort tid. Dette FOU-prosjektet omhandler hovedsakelig georadarundersøkelser. Prosjektet har vært

¹ Med flateavdekking menes full arkeologisk utgravning i form av maskingravning hvor matjorden fjernes, slik at en kommer ned til undergrunnen og de bevarte arkeologiske strukturerne.

² Arkeologisk fjernmåling er en samlebetegnelse for en rekke inngrepsfrie metoder der det er fysisk avstand mellom instrumentet/plattformen som brukes til påvisning og de arkeologiske strukturerne som er gjenstand for påvisning.

³ LIDAR – Light Detecting and Ranging. Vanligvis brukt om måling av punkter på bakken med laser fra fly eller drone.

kjærkomment, da det lenge har vært mangel på forskningsmidler, forskningsmiljøer og fagpersoner som har vært villige til å ta de nyere metodene i bruk.

I 2012–2013 ble det gjennomført et prosjekt som beskrev de inngrepsfrie metodene og deres bruksområder. Det forprosjektet resulterte i en rapport (Statens vegvesens rapporter nr. 192) som beskriver mulighetene som ligger i disse metodene (Gustavsen et al., 2013).

Statens vegvesen (SVV) og Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) fulgte opp med et hovedprosjekt fra 2014 som fikk tittelen «Arkeologi i veien?» (AiV-prosjektet). I perioden 2014–2018 ble det så gjennomført flere feltundersøkelser i veiprojekter ulike steder i landet.

Forsknings- og utviklingsprosjektet AiV er et samarbeidsprosjekt mellom SVV og NIKU, og har vært organisert som et FoU-prosjekt. Det omhandler bruk av inngrepsfrie metoder, fortrinnsvis georadarundersøkelser og til en viss grad LIDAR, ved registrering av arkeologiske kulturminner i forbindelse med veiutbyggingsprosjekter.

Feltarbeidet der metodene ble testet ut startet opp i form av et mindre delprosjekt i Akershus fylke i 2014. Året 2015 gikk i hovedsak med til forarbeid og planlegging av eksempelstudiene i hovedprosjektet, mens det så fra 2016 ble gjennomført en rekke eksempelstudier (delstudier) hvor metodikken ble prøvet ut ulike steder rundt om i landet.

I dette prosjektet har det i all hovedsak vært benyttet motorisert flerkanals georadarutstyr (fig. 2). Geofysiske undersøkelser har vært testet ut og brukt i arkeologisk sammenheng her til lands helt siden en gang på 60-tallet (Gustavsen and Stamnes, 2012). Det er derfor naturlig å spørre hvorfor disse metodene ikke har blitt mer utbredt før nå i den siste tiårsperioden? Det finnes ikke noe klart og entydig svar på dette, men en sannsynlig årsak er at metodene ikke har vært teknisk godt nok utviklet til arkeologisk bruk. Oppløsningen av bildene har ikke vært høy nok, og utfordrende naturforhold som geologi og geomorfologi har satt naturlige begrensninger. De arkeologiske strukturene vi normalt finner her til lands er ofte små, og er dermed langt vanskeligere å påvise enn eksempelvis kraftige murverk etter hus og større strukturer og anlegg slik en gjerne finner lenger sør i Europa.



Figur 2. Storskala motorisert geofysikk, foto Knut Paasche.

1.2 Målsetting

Målsettingen med dette prosjektet har vært å teste ut hvilken nytteverdi nyere og mer avanserte teknologiske metoder vil kunne ha i veiutbyggingsprosessen (planleggings- og gjennomføringsfasen), og videre om metodene vil kunne forenkle og forbedre forvaltningen, samt bidra til at flere kulturminner blir bevart. Et viktig moment har vært å se på hvordan georadaren fungerer under forskjellige geologiske og arkeologiske forhold i hele landet, og vurdere om metodene kunne supplere og eventuelt erstatte noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som maskinell sjakting. Et annet formål har vært å vurdere om bruk av de inngrepsfrie metodene kan bidra til en effektivisering av planarbeidet og til gjennomføringen av veiprosjekter.

Målsettingen med dette prosjektet har vært å teste ut hvilken nytteverdi mer avanserte teknologiske metoder vil kunne ha i veiutbyggingsprosessen.

Prosjektets mål har vært å undersøke hvorvidt høyteknologiske fjernmålingsmetoder (spesielt motorisert georadar) kan supplere noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner i forkant av større veiprosjekter, og på den måten begrense de områder som skal sjaktes eller undersøkes på annen, konvensjonell måte.

Prosjektet har også hatt som mål å forsøke å si noe om hvilken effekt dette kan få på store infrastrukturprosjekter som veibygging. Spørsmålene er mange: Vil ny metodebruk kunne effektivisere deler av planprosessen for et veianlegg? Kan bruk av disse metodene gi bedre forutsigbarhet i forhold til tidsbruk i prosjektet? Går det an å redusere kostnadene til arkeologisk registrering? Går det an å utføre arkeologiske registreringer tidligere i en planprosess enn på reguleringsplannivå?

Det har også vært ønskelig å se om metodiske endringer, med mindre bruk av maskinell sjakting, gjør at perioden med båndlegging av eiendom som jordbruksarealer

blir kortere? Dette kan være med å redusere kostnadene til erstatningsutbetalinger, gi mindre skade på dyrket mark og mindre ulemper for grunneiers virksomhet.

Prosjektet har også hatt som målsetting å se om de geofysiske undersøkelsene kan gi en merverdi gjennom deling av resultatene/data med andre tema som del av veiplanleggingen? De geofysiske resultatene viser eksempelvis også geologiske forhold under bakken.

Sist, men ikke minst, har prosjektet sett på om metodiske endringer kan gi mer kunnskap om kulturminnene og et bedre vern igjennom mindre skade på de arkeologiske kulturminnene?

De viktigste spørsmålene som er tatt opp i dette prosjektet:

- Kan høyteknologiske fjernmålingsmetoder (spesielt motorisert georadar) supplere noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner i forkant av større veiprojekter?
- Kan en ved hjelp av georadar begrense de områder som skal sjaktes på konvensjonell måte?
- Hvilken effekt kan bruken av nyere geofysiske undersøkelser få på store infrastrukturprosjekter som veibyggning?
- Vil ny metodebruk kunne effektivisere deler av planprosessen for et veianlegg?
- Kan bruk av disse metodene gi bedre forutsigbarhet i forhold til tidsbruk i prosjektet?
- Kan bruk av geofysiske metoder redusere kostnadene ved arkeologisk registrering?
- Kan disse metodiske endringene, med mindre bruk av maskinell sjakting, gjøre at perioden med båndlegging av eiendom som jordbruksarealer blir kortere, og kan dette i tilfelle være med å redusere kostnadene til erstatningsutbetalinger, gi mindre skade på dyrket mark og mindre ulemper for grunneiers virksomhet?
- Kan de geofysiske undersøkelsene gi en merverdi igjennom deling av resultatene/data med andre tema som del av veiplanleggingen?
- Kan de metodiske endringer gi mer kunnskap om kulturminnene og et bedre vern igjennom mindre skade?

1.3 Prosjektoppbygging

Prosjektet har vært organisert som et FoU-prosjekt under Miljøseksjonen i Vegdirektoratet, i gammel organisasjon i Statens vegvesen, og i siste del av prosjektet ved Norsk vegmuseum hos SVV. Fra SVV sin side har prosjektet vært ledet av Eva Smådahl og i den siste perioden Ann Kristin Engh, og hos NIKU har prosjektet vært ledet av avdelingsleder Knut Paasche. I tillegg har Siv Annie Ragnhild Henriksen deltatt fra SVV, og i felt har prosjektet vært ledet og gjennomført av Manuel Gabler, Lars Gustavsen, Monica Kristiansen og Erich Nau, alle arkeologer ved NIKU.

I tillegg til samarbeid med en rekke fylkeskommuner har prosjektet de siste to årene samarbeidet med Vestfold- og Telemark fylkeskommune i forskningsprosjektet «The

Vestfold Monitoring Project. Environmental factors in minimal-invasive Cultural Heritage Management» (VEMOP). Dette forskningsprosjektet benytter målestasjoner installert ved ulike arkeologiske kulturminner og forsker på under hvilke fysiske forhold og når på året georadaren fungerer best.

Det ble også som et deloppdrag under AiV-prosjektet inngått en samarbeidskontrakt mellom Statens vegvesen, Nye Veier og NIKU om å teste ut inngrepsfrie arkeologiske registreringsmetoder. Dette har i praksis blitt gjennomført som del av veiprojekt E39 i Rogaland og Agder kalt «Arkeologi på nye veier». Både prosjekt VEMOP og «Arkeologi på nye veier» fortsatte etter at AiV-prosjektet ble avsluttet i 2021.

AiV-prosjektet er beskrevet i form av to prosjektplaner, henholdsvis «Prosjektplan FoU-Arkeologiske undersøkelser Arkeologi i veien? fase 1» i 2015 og «Prosjektplan Arkeologi i veien fase 2» i 2019 (Paasche and Smådahl, 2015, Paasche and Smådahl, 2019). Det er skrevet egne rapporter for alle delprosjektene, og det er også skrevet en første hovedrapport etter at første fase var gjennomført (Paasche et al., 2017).

Prosjektet har gjennom hele prosjektperioden hatt en referansegruppe bestående av Steinar Kristensen ved Kulturhistorisk museum i Oslo, Jostein Gundersen ved Riksantikvaren og Ruth H. Langbrekke Nilsen ved Trøndelag fylkeskommune. I den siste perioden tok Kristoffer Dahle fra Møre og Romsdal fylkeskommune over for Langbrekke Nilsen. I tillegg har lokale representanter fra regionene i SVV deltatt for sine områder. På grunn av korona-pandemien de siste årene av prosjektet ble dessverre ikke referansegruppens kapasitet utnyttet til sitt fulle.

Det har igjennom hele prosjektet vært lagt stor vekt på å delta for å presentere og diskutere prosjektet på ulike møter og samlinger både innen kulturminnevernsektoren og i veisektoren. Prosjektlederne og deltagere fra prosjektgruppen har opp igjennom årene deltatt i en rekke ulike seminarer hvor prosjektet har blitt presentert og diskutert. Dette har vært alt fra møter og presentasjoner med kulturetaten i en rekke fylkeskommuner, på Norsk arkeologimøte, på Riksantikvarens høstmøte, til møter og presentasjoner i Klima- og miljødepartementet, Samferdselsdepartementet og Vegdirektoratet. I 2018 ble prosjektet lagt fram på SVV sine Teknologidager i Trondheim. Høsten 2021 ble sluttresultatene presentert under NIKUs forskningsuke og på et nasjonalt seminar om arkeologisk geofysikk arrangert av Arkeologisk museum, Universitetet i Stavanger.

1.3.1 Prosjektoversikt

Dette prosjektet har i første omgang omhandlet veiprojekter. Men problemstillingene som reises er like aktuelle for andre større infrastrukturprosjekter, som eksempelvis jernbane. En del bakenforliggende spørsmål som georadarens funksjonalitet i forhold til vær, klima, geologisk bakgrunn og jordsmonn er også interessant sett opp imot tradisjonelle arkeologiske undersøkelser. Dette enten det er i forbindelse med rene forskningsprosjekter eller forvaltnings-undersøkelser som utbyggingsprosjekter, eksempelvis husbygging eller annet. For å få med et bredt og godt grunnlagsmateriale er derfor resultater fra flere andre prosjekter, hvor NIKU har tatt i

bruk fjernmålingsmetoder, tatt med i forskningsprosjektet og i denne rapporten (fig. 3). Dette er gjort i samråd med Vegdirektoratet. Selv om de ikke er vedlagt her, finnes det egne rapporter for alle prosjektene.

Prosjekt	Hovedprosjekt	Del	År	Finansiering
Askjum Nordre Skuterud	Forprosjekt		2012–2013	AIV
E39 i Randaberg og Stavanger	Første periode 2014–2017	1		AIV
E136 i Rauma og Stavanger kommune		2		AIV
Veipakke Tønsberg, fastlandsforbindelse		3		AIV
Hålogalandsvegen		4		AIV
IC Vestfold Nykirke–Barkåker	Andre periode 2018–2021	1		Bane Nor
Dovrebanen		2		Bane Nor
Ringeriksbanen/E16		3		Bane Nor
IC Stokke–Sandefjord		4		Bane Nor
Hensetting Ski Syd, avgr. østre linje		5		Bane Nor
E16 Fagernes–Øylo	Vinterkjøring		2019	AIV
Dovre, Borre, Lågendalen og Sem	Vinterkjøring		2018	AIV
The Vestfold Monitoring Project (VEMOP)	VEMOP		2020–2023	AIV

Figur 3. Oversikt over prosjekter nevnt i denne rapporten.

1.4 Strategisk satsning

NIKU hadde de siste årene før dette prosjektet en klar strategisk satsning på å teste, utvikle og implementere nyere teknologisk avanserte metoder i arkeologien. I tillegg til teknologisk kompetanse innen geofysikk, GIS, laserskanning, databehandling, programvare og digital oppmåling, var og er NIKUs bakenforliggende kulturminnefaglige kompetanse særdeles viktig for å oppnå gode resultater på dette feltet. NIKU deltok allerede fra 2010 i flere internasjonale prosjekter som jobber med forskning og utvikling av disse ulike metodene. Et slikt prosjekt var EU-prosjektet Archaeo Landscapes Europe, et femårig EU-prosjekt som fremmet kunnskap om og forskning på bruk av flyarkeologi og andre avanserte fjernmålingsmetoder. Videre deltok NIKU allerede i 2010 i prosjektet Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection & Virtual Archaeology (LBI ArchPro). Dette forskningsprosjektet har blant annet hatt som mål å utvikle faglig forsvarlige og kostnadseffektive metoder til bruk i ikke-destruktiv arkeologi. Bak instituttet står Ludwig Boltzmann Gesellschaft (LBG), et privat østerriksk forskningsinstitutt. NIKU ledet de første årene den norske delen av dette prosjektet, og vi har videre hatt et nært samarbeid med Vestfold fylkeskommune (Vfk.) i dette prosjektet.

I tillegg til NIKU og Vfk. har også NTNU Vitenskapsmuseet i Trondheim i den samme perioden hatt en satsning på bruk av geofysiske undersøkelser i arkeologien. De ulike norske miljøene på dette feltet har hatt et godt samarbeid, og det er eksempelvis publisert felles artikler (Anderson Stamnes and Gustavsen, 2018, Gustavsen et al., 2020a). Et viktig arbeid som også bør nevnes er Arne Anderson Stamnes sin doktorgrad, som nettopp berører spørsmålene om hvordan geofysiske undersøkelser kan implementeres i kulturminneforvaltningen (Anderson Stamnes, 2016).

2 Forprosjekt 2012–2013

2.1 Fjernmålingsmetoder til bruk ved arkeologisk registrering

Prosjektet begynte ved at SVV i 2012 ba NIKU om å gjennomføre et forprosjekt der det ble redegjort for hvilke nyere arkeologiske metoder som kunne være aktuelle å benytte i forbindelse med arkeologisk registreringsarbeid i veiprosjekter. I tillegg ble NIKU bedt om å kartlegge behov for videre utvikling og forskning på dette området. Bakgrunnen var at det de siste årene hadde kommet til en rekke nyere fjernmålingsmetoder med et potensial for effektivisering av arkeologiske registreringer. SVV tok med dette et viktig initiativ, som ble et første skritt i retning av å få utredet potensialet metodene har for å bidra med mer forutsigbarhet når det gjelder de arkeologiske registreringenes del av planprosess, og om metodene kan gi et bedre faglige resultat.

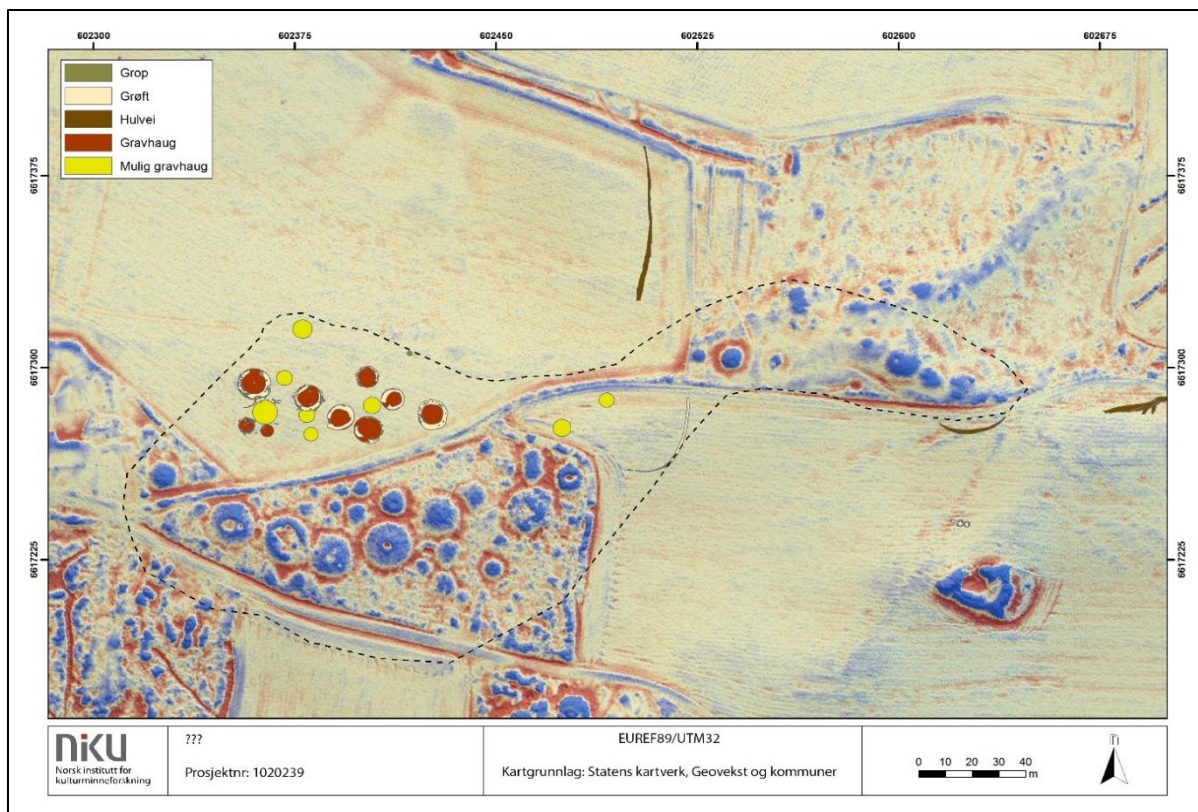
I forprosjektet ble det redegjort for nyere arkeologiske metoder samt deres historikk og beskrivelse av hvordan og i hvilken grad de var tatt i bruk i arkeologien. Det ble foretatt en sammenlikning av metodene og potensialet for videreutvikling. Prosjektet tok også opp spørsmålet om i hvilken grad nye metoder kunne erstatte de tradisjonelle metodene, eller om de kun ville være et supplement. De aktuelle metodene som ble vurdert var satellittopptak, flyfoto, LIDAR samt ulike geofysiske undersøkelser. Dette er alle metoder som kan dekke store arealer på kort tid. Prosjektet ble beskrevet av NIKU i en egen rapport utgitt i samarbeid med Statens vegvesen (Gustavsen et al., 2013).

2.2 Askjum og Nordre Skuterud

Som en andre del av forprosjektet ble de første feltundersøkelsene utført i samarbeid med Akershus fylkeskommune i 2014. Prosjektet undersøkte utvalgte områder innenfor ny trasé til E18 gjennom Ås og Ski. Akershus fylkeskommune og SVV valgte ut et testområde på gårdene Askjum og Nordre Skuterud. Disse områdene var ansett for å ha et høyt potensial for funn av automatisk fredede kulturminner, og omfattet et areal på ca. 8,7 hektar. Det ble brukt tre dager i felt totalt. Feltarbeidet ble utført i september 2014. Det ble anvendt motoriserte georadar- og magnetometersystem for kartlegging av kulturminner under overflaten. I tillegg utførte NIKU analyser av data fra LIDAR for å påvise eventuelle kulturminner på overflaten. Feltarbeidet ble utført i samarbeid med arkeologer fra Akershus fylkeskommune og NIKUs samarbeidspartner LBI ArchPro, fra Østerrike.

Askjum og Skuterud ligger i tilknytning til et høydedrag som strekker seg fra området rundt Holstad og Østensjøvannet og sørvestover i retning Ås. Østre og nordre del av høydedraget domineres av gårder og duvende jordbruksland, mens de høyestliggende områdene i vest og sør hovedsakelig er skogbevokst. Jordsmonnet varierer ut fra de topografiske forholdene, og består i vest av en sandig, og stedvis selvdrenerende undergrunn, og i øst en langt mer leirholdig jordsmonnstype dannet av havavsetninger. Det var gode forhold under arbeidet, og ikke for vått i terrenget. Det stod noe mer fuktighet i enkelte områder, noe som skyldtes undergrunn med mer sand og leire.

Ved hjelp av georadar ble det påvist flere automatisk fredede kulturminner på Askjum og Nordre Skuterud, både over og under overflaten (fig. 4). De tydeligste funnene dreide seg i hovedsak om større arkeologiske strukturer som overpløyde gravhauger og hulveisystemer, samt mulige rester av fossil åker/teigpløying. Ved hjelp av fjernmålingsmetodene var det også mulig å kartlegge moderne grøfter/drenering, samt geologiske elementer. Påfølgende arkeologisk registrering med tradisjonelle metoder på Askjum og Nordre Skuterud viste imidlertid at ikke alle arkeologiske strukturer lot seg påvise ved hjelp av de utvalgte metodene, og at det derfor var behov for å gjøre ytterligere uttesting av fjernmålingsteknikkene for å opparbeide større erfarings- og forskningsgrunnlag omkring disse utfordringene.



Figur 4. LIDAR-data viser tidligere kjente gravhauger i en såkalt Local Relief Modell. Tidligere ukjente gravhauger påvist med georadar i gult og rødbrunt, illustrasjon Lars Gustavsen.

Innenfor forsøksområdet lyktes to av tre av de utvalgte metodene, LIDAR og georadar, i å bistå registreringsarbeidet på en god måte. Grunnet innhold av magnetisk stein i det lokale jordsmonnet, viste magnetometer seg å være uegnet som registreringsmetode på den aktuelle lokaliteten. Resultatene fra LIDAR og georadarundersøkelsen viste at det er mulig å påvise flere kulturminnetyper med god nøyaktighet og presisjon. Dette uten at det utføres ytterligere inngrep eller registreringer på stedet. Imidlertid gjaldt dette arkeologiske kulturminner som har en størrelse og materiell sammensetning som lett lar seg detektere, og som i tillegg har en så karakteristisk størrelse og form at de vanskelig kan forveksles med geologiske, naturlige eller moderne formasjoner.

Forsøket viste at det var en rekke arkeologiske kulturminner som ikke like lett lot seg detektere. Kokegroper, ildsteder og større stolpehull kunne påvises, men trengte en god og sikker kontekst for å kunne tolkes som automatisk fredede kulturminner etter at matjorden ble fjernet ved maskinell sjakting. Hulveier og andre veifar var godt synlige både i datasett fra LIDAR og i geofysiske data, men kunne, særlig i jordbruksområder, forveksles med både moderne grøfter og gamle elveløp. I tillegg ville steinalderlokaliteter, samt dyrkings-, bosetnings- og aktivitetsområder uten tydelige strukturer ikke la seg påvise med hverken LIDAR eller georadar, fordi de ikke kan brukes til å detektere gjenstander, tynne kulturlag eller veldig små strukturer og konstruksjoner. Som undersøkelsen også viste, medførte manglende geofysisk kontrast mellom strukturer og undergrunnen at noen kulturminner ikke var synlige i datasettene. På Askjum og Nordre Skuterud ble ikke undersøkelsesplikten oppfylt kun ved bruk av inngrepsfrie metoder. Men med kombinasjonen av LIDAR, geofysiske metoder og søkesjakting var det mulig å fremskaffe et sammensatt bilde av kulturmiljøet som ikke hadde vært mulig kun ved bruk av bare én registreringsmetodikk.

Undersøkelsen viste at ikke alle arkeologiske strukturer lot seg påvise ved hjelp av de utvalgte metodene, og at det derfor var behov for å gjøre ytterligere uttesting av fjernmålingsteknikkene georadar og LIDAR for å opparbeide større erfarings- og forskningsgrunnlag omkring disse utfordringene.

I det videre arbeidet med FoU-prosjektet dannet erfaringene fra Askjum og Nordre Skuterud et naturlig utgangspunkt for utredningene omkring hvordan høyteknologiske, inngrepsfrie metoder på best mulig måte kan bistå den arkeologiske registreringen i forkant av store veiprosjekter. Det var imidlertid på dette tidspunkt ingen tvil om at det var viktig å opparbeide seg flere erfaringer med hensyn til metodevalg og metodekombinasjoner, dataprosesseringer for optimalisert gjengivelse av den innsamlede informasjonen, samt gjenkjenning og tolkning av ulike typer kulturminner. Videre ble det sett på som viktig å forsøke å implementere de nye metodene i ulike deler av planprosessen for å undersøke når slike undersøkelser vil gi best effekt, og videre å samle erfaring med å arbeide tett sammen med kulturminneforvaltningen i både tolkningen og eventuelle etterprøvinger av resultater. Prosjektet i Akershus er beskrevet i egen rapport (Kristiansen et al., 2015).

3 Hovedprosjekt, første periode 2014–2017

Etter forprosjektet ble det i 2014 som en fortsettelse bestemt å sette i gang et hovedprosjekt. I hovedprosjektets første del ble det foretatt undersøkelser med bruk av geofysiske undersøkelser i veiprosjektene E39 i kommunene Randaberg og Stavanger i Rogaland fylke, E136 i Rauma kommune i Møre- og Romsdal fylke, Vegpakke Tønsberg i Tønsberg og Færder kommune i Vestfold fylke og deler av Hålogalandsvegen i Troms fylke. Undersøkelsene ble utført i samarbeid med SVV og den lokale kulturminneforvaltningen i de ulike regionene. I tillegg til en geografisk spredning av testområder, var ønsket å prøve ut metodikken i ulike deler av planarbeidet både på KU- og reguleringsplannivå. Dette siste for å undersøke om de

inngrepsfrie metodene, i tillegg til tilfredsstillende faglige resultater, ville ha en tids- og kostnadsbesparende effekt. Feltarbeidet ble gjennomført i 2015 og 2016.

3.1 Delprosjekter ulike steder i landet

For å kunne vurdere metodenes bruksområder på et bredere grunnlag, ble det på dette tidspunkt sett på som viktig å teste ut metodikken i flere regioner og landskapstyper – i områder med ulikt terreng, jordsmonn, geologi, og ikke minst på forskjellige kulturminnetyper. Det ble valgt testområder hvor potensialet for arkeologiske funn var til stede, samt at de antatte funnene var av en karakter som vi antok kunne la seg detektere ved inngrepsfrie metoder. Det ble valgt steder hvor fylkeskommunen uansett skulle gjennomføre paragraf 9-undersøkelser, og like viktig, at den aktuelle fylkeskommunen var interessert, og så det som interessant/tjenlig med slike forsøk.

3.1.1 Delprosjekt 1, E39 i Randaberg og Stavanger kommuner

Prosjektet som ble gjennomført i Rogaland utgjorde det første delprosjektet i AiV, og omfattet utvalgte områder innenfor den nye traséen til E39 Rogfast gjennom Stavanger og Randaberg kommuner i Rogaland. Oppdraget ble utført i samarbeid med Rogaland fylkeskommune. Hensikten med denne delen av AiV-prosjektet var å gjennomføre georadarundersøkelser i forkant av de konvensjonelle registreringene. Områdene ble ansett å ha et høyt potensial for funn av automatisk fredede kulturminner, og utgjorde til sammen et areal på ca. 14 hektar. De utvalgte områdene ble undersøkt ved hjelp av motorisert georadar like i forkant av fylkeskommunens flateavdekking med gravemaskin. Dette gav oss en mulighet til å sammenligne resultatene innhentet før og etter at man fjernet matjordlaget.

Undersøkelsen med georadar påviste få strukturer som med sikkerhet kunne tolkes som arkeologiske. Det var derfor noe overraskende at undersøkelser som ble utført av fylkeskommunen i form av tradisjonell sjakting påviste store mengder arkeologiske strukturer. Samlet viste dermed undersøkelsene ganske klart at ikke alle arkeologiske strukturer lot seg påvise ved hjelp av geofysiske undersøkelser i dette området. Det negative resultatet forsterket behovet for ytterligere utprøving av de inngrepsfrie metodene, og et større erfarings- og forskningsgrunnlag for å belyse årsakene til det negative resultatet i dette området. Georadarundersøkelsen gav imidlertid enkelte konkrete resultater, som at det var mulig å påvise og beskrive de lokale grunnforholdene. Eksempelvis var det mulig å kartlegge berggrunnen der denne ligger tett opptil overflaten, samt å skille mellom områder der undergrunnen har heterogene og homogene geofysiske egenskaper. Årsaken til at undergrunnen varierer på denne måten er ikke kjent, men det antas å ha med jordsmonnets sammensetning eller struktur å gjøre, samt jordas vannlagringsevne. Endringene i jordsmonnet synes å henge sammen med de topografiske forholdene i området, og georadaren påviste dreneringsgrøfter som korresponderer med disse.

Dreneringsgrøftene som ble påvist lå som regel, og kanskje ikke så overraskende, i de lavereliggende og våtere delene av undersøkelsesområdet. I datasettene var det imidlertid observert enkelte grøfter som skiller seg markant fra de moderne

dreneringssystemene. Disse grøftene var kortere, og de var i enkelte tilfeller kraftig buet i motsetning til de lange og rette moderne grøftesystemene. Dette er altså grøfter som tydeligvis har hatt en noe annen funksjon. Ettersom det fantes myrdrag i området, var det nærliggende å anta at grøftene representerer levninger etter myrdrenering i forbindelse med jordforbedring. Av andre moderne strukturer og forstyrrelser ble det også påvist en nokså omfangsrik gassledning med grøft, deler av den gamle riksveien, dyretråkk, og ikke minst spor etter sjaktene fra de første arkeologiske registreringene.

I forbindelse med dette delprosjektet var det tett dialog med arkeologene i Rogaland fylkeskommune. Uten at det ble foretatt statistiske analyser på materialet, kan man grovt sett si det var godt samsvar mellom påviste anomalier⁴ i datasettene og strukturer påvist i felt. Enkelte strukturer ble også feiltolket. Eksempelvis tolket vi enkelte anomalier som mulige kokegroper på grunnlag av størrelse, form og antatt innhold. Sjakting påviste groper med kull og fragmentert stein. Strukturene var altså til forveksling lik kokegroper, selv ved avdekking i felt, men er allikevel tolket som levninger etter bortsprengt stein. Videre ble det påvist en rekke mindre strukturer i felt som ikke lot seg påvise med georadar. Dette kan forklares med manglende kontrast eller at strukturene var for små eller grunne til at de kunne påvises ved hjelp av de geofysikkantennene som ble benyttet ved undersøkelsen.

Av nokså sikre arkeologiske strukturer var det de groplignende som var i flertall. Disse ble påvist innenfor alle undersøkelsesområdene, og lå enten som enkeltliggende strukturer eller i løse grupperinger. Strukturene var antatt å representere kokegroper, men siden kokegroper ikke har en spesifikk «signatur» i datasettene, måtte strukturene undersøkes ved hjelp av inngrep for å avkrefte eller bekrefte hypotesen. I tillegg til de groplignende strukturene ble det observert enkelte grøfter som kunne representere fotgrøfter etter utpløyde gravhauger, samt lineære grøfter som antakeligvis kan settes i sammenheng med bosetningsspor. Grøftene var imidlertid såpass vage i datasettene at enkelte måtte undersøkes ved hjelp av konvensjonelle metoder for å kunne tolkes med sikkerhet.

Georadarundersøkelsen alene påviste i dette prosjektet få sikre arkeologiske strukturer. Undergrunnen var helt vannmettet, noe som førte til dårlig kontrast mellom strukturer og undergrunnen. De tydeligste funnene besto hovedsakelig av mulige kokegroper, og det ble også påvist enkelte anomalier som kunne representere stolpehull. Det var også mulig å kartlegge moderne og eldre dreneringsgrøfter, samt enkelte geologiske elementer (fig. 5). Undersøkelsen viste klart hvordan vær- og jordsmonnsforhold påvirker resultatene.

⁴ Med *anomali* menes noe som skiller seg fra det omliggende, eksempelvis en eller flere stein som skiller seg ut fra jord som ligger rundt steinene.



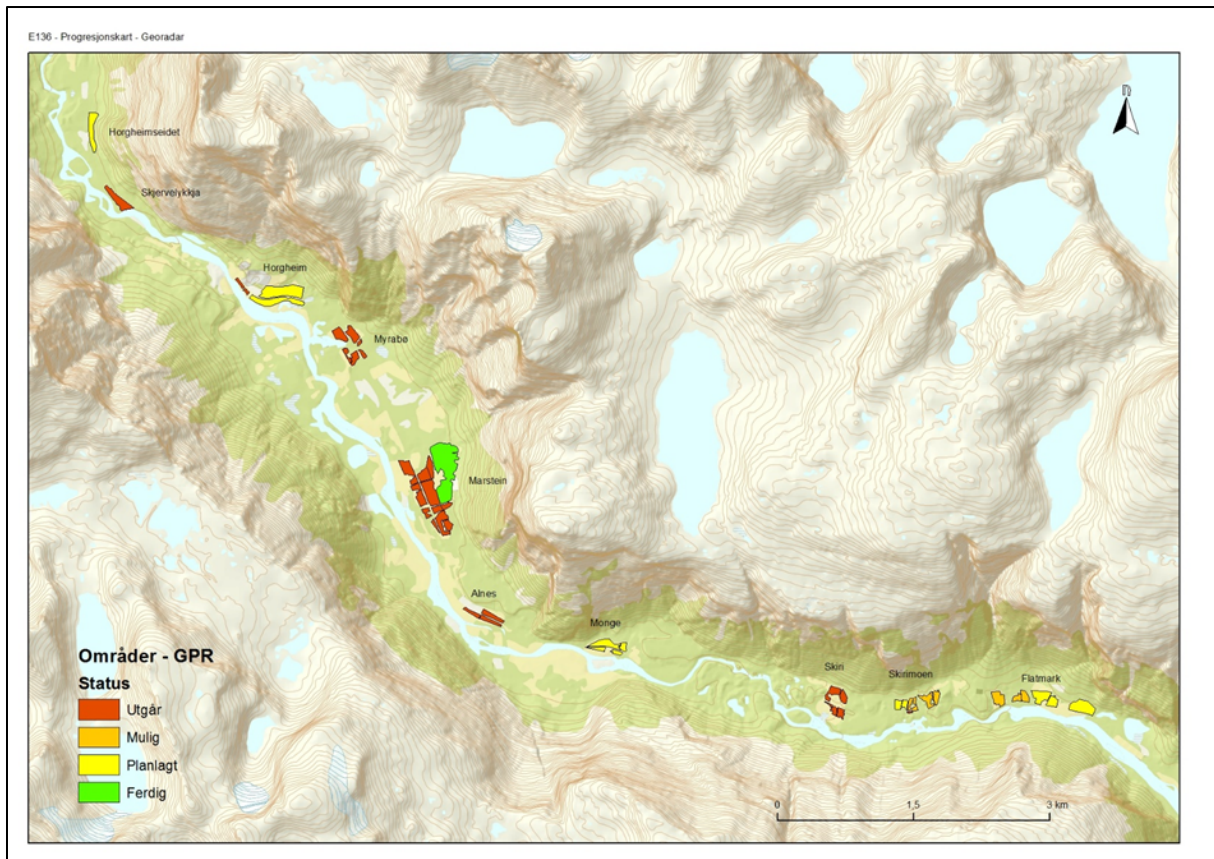
Figur 5. Vanskelige, våte værforhold midtvinters i Rogaland, foto Lars Gustavsen.

Data fra LIDAR bidro ikke til å finne arkeologiske anlegg i overflaten i dette prosjektet. Teknologien har størst potensial i skogsterreng, da det er enklere å oppdage strukturer i et fugleperspektiv enn ved utmarksregistrering. Teknologien har noe mer begrenset nytteverdi i et åpent landskap med dyrket mark utover å justere tidligere manuelle registreringer, og gjerne unøyaktig kartfesting. Når det er sagt, gir teknologien rundt LIDAR uovertruffen informasjon om topografiske forhold, og er til stor nytte ved tolkning av strukturer påvist ved hjelp av geofysiske metoder. Eksempelvis er LIDAR mye brukt til å finne historiske veillinjer som er pløyd bort. Prosjektet i Rogaland er beskrevet i egen rapport (Gustavsen et al., 2016b).

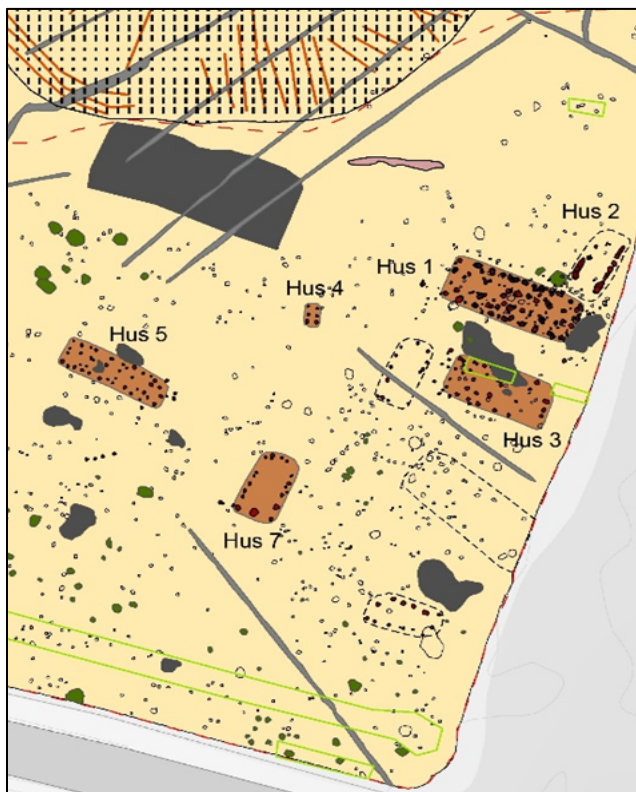
3.1.2 Delprosjekt 2, E136 i Rauma kommune

Undersøkelsen som ble gjennomført i Møre og Romsdal utgjorde det andre delprosjektet, og omfattet utvalgte områder innenfor ny trasé til E136 gjennom Romsdalen i Rauma kommune. De utvalgte områdene hadde ifølge fylkesarkeologene et høyt potensial for funn av automatisk fredede kulturminner (fig. 6). Undersøkelsen av områdene, som til sammen utgjorde et areal på ca. 29,5 hektar, ble gjennomført ved hjelp av motorisert georadar i perioden 25. april–6. mai 2016. Det var tidligere gjennomført arkeologisk registrering ved maskinell sjakting i undersøkellesområdet, noe som gav oss muligheten til å sammenligne resultatene utført med georadar og konvensjonelle metoder.

Georadarundersøkelsene påviste et stort antall automatisk fredede kulturminner innenfor de utvalgte områdene. De tydeligste funnene besto hovedsakelig av fotgrøfter fra utpløyde gravhauger, groplignende strukturer, samt stolpehull tilhørende langhus. Det var også mulig å kartlegge moderne og eldre dreneringsgrøfter, samt geologiske og geomorfologiske elementer. Undersøkelsene viste imidlertid også her at ikke alle arkeologiske strukturer lot seg påvise ved hjelp av georadar. Undersøkelsene som ble gjort av fylkeskommunen i etterkant av de geofysiske undersøkelsene, viste at det flere steder fantes kulturminner i flere nivåer, under ras- og flomlag. Dette fanget georadaren ikke opp, trolig fordi signalene ikke kunne trenge igjennom rasmassene.



Figur 6. Oversikt over geofysiske undersøkelsesområder i Romsdalen. Kartgrunnlag: Statens kartverk geovekst og kommune, illustrasjon Erich Nau.



Figur 7. Funn av hus fra jernalder ved hjelp av motorisert georadar på gården Horgheim i Romsdalen, illustrasjon Erich Nau.

I disse prosjektene hadde man muligheten til å sammenligne resultatene fra georadarundersøkelsene med resultatene fra sjaktingen utført i forkant, og fra den maskinelle flateavdekkingen utført i etterkant. I 2015 ble det også gjennomført tradisjonelle registreringer i forbindelse med etablering av en jordkabel mellom Verma kraftstasjon og Grytten trafostasjon (Frey 2016). Registreringene påviste store mengder automatisk fredede kulturminner på til sammen fem lokaliteter, som omfattet både utmarks- og inmarksområder mellom gården Venge i nord og Alnes i sør.

De geofysiske undersøkelsene i Romsdalen påviste et stort antall

automatisk fredede kulturminner under bakken (fig. 7). Enkelte av kulturminnene var kjent fra tidligere, og påvist i forbindelse med den arkeologiske sjaktingen i området. Denne sjaktingen var imidlertid begrenset til en smal grøft gjennom landskapet, og anleggenes fulle utstrekning ble ikke avdekket. De geofysiske dataene påviste en rekke hittil ukjente kulturminner, hvis fulle utstrekning i større grad kunne bestemmes og avgrenses, og enkelte tidligere registrerte anlegg kunne registreres i sin helhet. Georadarundersøkene i dette prosjektet gav gode og mer utfyllende resultater enn sjaktingen kunne påvise. Prosjektet er beskrevet i egen rapport (Gustavsen et al., 2016a).

3.1.3 Delprosjekt 3, Veipakke Tønsberg, ny fastlandsforbindelse

I forbindelse med utredning og planlegging av fastlandsforbindelsen mellom Tønsberg og Nøtterøy (Færder kommune) ble det gjennomført georadarundersøkelser. Dette var en del av prosjektet «Veipakke Tønsberg, ny fastlandsforbindelse». Feltarbeid og tolkning ble utført i perioden høst 2016–vinter 2017. Det ble ikke laget sluttrapport av den grunn at endringer av veitraséen har ført til at områdene ikke lenger ville bli berørt av veianlegget.

Georadarundersøkelsene på gårdene Smørberg og Kolberg i Tønsberg og Færder kommune påviste anomalier som viste geologiske/naturlige strukturer, moderne inngrep og mulige arkeologiske strukturer i undergrunnen. På Smørberg ble det registrert kun et fåtall anomalier som kunne være av arkeologisk interesse, og disse ble vurdert til å ha middels til lav sannsynlighet for å være arkeologiske strukturer. I flere av områdene på Smørberg var datakvaliteten noe redusert grunnet stedvis dårlige GPS-forhold, særlig arealene nær skogkanten og inntil bygninger (drivhus).

På Kolberg ble det påvist flere anomalier som tolkes som arkeologiske strukturer. Den mest interessante strukturen var en større, rund struktur som ligger nord i undersøkelsesområdet, og som er tolket som en mulig gravhaug. Det ble også påvist flere gropes øst, vest og sør i feltet, og flere i nærheten av den mulige haugen. I det nordlige området var det tidligere gjort funn av flere automatisk fredede gjenstander med metalldetektor, noe som øker sannsynligheten for at gropene er arkeologiske strukturer (Kristiansen et al., 2020).

3.1.4 Delprosjekt 4, Hålogalandsvegen

I august 2017 ble det gjennomført georadarundersøkelser i Troms fylke langs Hålogalandsvegen mellom Bjarkøy i nord til Evenskjer og Sandtorg i sør. Det ble undersøkt totalt 16 hektar, fordelt på 10 forskjellige områder (fig. 8). Undersøkelsen ble gjennomført i samarbeid med Troms fylkeskommune.



Figur 8. Sjaktning kombinert med bruk av georadar ved Tjeldsundet i Troms, foto Erich Nau.

Dette var første gang det ble gjennomført storskala geofysiske undersøkelser i Nord-Norge, og det ble samlet inn data på lokaliteter med forskjellig geologisk og arkeologisk potensial for funn. Resultatene var svært positive, og på ni av ti områder kunne det identifiseres arkeologiske strukturer i georadardataene. I tillegg ble nye, hittil ukjente arkeologiske strukturer avdekket. Blant disse var en to-skipet bygning i Evenskjer, en overpløyd gravhaug i Sørvika, et naust på Bjarkøy, husrester på Saurbekken, og mulige rester av en gammel kirkegård på Trondenes.

GPS-dekning, som er helt vesentlig for storskala geofysikk, har i Nord-Norge tidvis vært utfordrende. Noen ganger var det ikke tilstrekkelig med satellitter i bra nok posisjon til at vi kunne fortsette med undersøkelsene. Dette ble likevel ikke et kritisk problem som forsinket registreringene i vesentlig grad. Resultatene viste at de arkeologiske strukturerne i alle de undersøkte områdene hadde en tilstrekkelig kontrast, og at georadar fungerte godt som arkeologisk registreringsmetode i områdene.

Også andre forhold påvirket effektiviteten i felt. Undersøkelsesområdene bestod av mange små og spredte arealer, hvilket medførte at georadarundersøkelsene i dette prosjektet ble mindre effektivt enn i de andre delprosjektene med større sammenhengende undersøkelsesområder. Logistikk og prosjektforberedelser, samt arbeidet med grunneiertillatelse var mer tidkrevende enn normalt, og transport av utstyr fra Østlandet til Nord-Norge utgjorde en stor kostnad. Så lenge det ikke finnes permanent utstyr nordpå, vil spesielt mindre undersøkelser bli mer kostbare i denne delen av landet. Det vil være en fordel om man kan utføre de geofysiske undersøkelsene i sammenheng med andre større feltarbeid i landsdelen, slik at flere prosjekter kan dele på kostnadene.

Et tett samarbeid mellom NIKU og de lokale arkeologene var en viktig suksessfaktor også i dette prosjektet. Troms fylkeskommune viste stor interesse og var veldig engasjert i prosjektet, som resulterte i mange og spennende funn av arkeologiske strukturer. Prosjektet er beskrevet i egen rapport (Gabler et al., 2018a).

3.2 Oppsummering Hovedprosjekt, første periode

I hovedprosjektets første del ble det gjennomført undersøkelser i forbindelse med større veiutbyggingsprosjekter flere steder i landet, under ulike værforhold, til ulike årstider og med ulike geologiske og arkeologiske forutsetninger. Undersøkelsene ble i hovedsak utført i forkant av de arkeologiske sjakteregistreringene, og georadarundersøkelsene gav svært ulike resultater. Dette skyldes først og fremst ulike naturgitte forutsetninger i de ulike områdene, men var også påvirket av vær og årstider, der særlig nedbørsmengder og vannmetningen i jordsmonnet viste seg å være avgjørende.

Metodene gav likevel et positivt totalbilde med gode resultater i de fleste prosjektene. I noen områder ble det behov for sjakting i tillegg til de geofysiske metodene. I andre områder ble de geofysiske resultatene så tilfredsstillende at det ble sjaktet mindre enn det som opprinnelig var planlagt av fylkeskommunen. De geofysiske metodene egnet seg svært godt til å fange opp større og mer markante strukturer under overflaten, både av arkeologisk, geologisk og moderne art. Metoden avdekket ikke bare arkeologiske strukturer som fotgrøfter til overpløyde gravhauger, kokegroper, eldre veifar, og i flere tilfeller også hus fra jernalderen, men gav også informasjon om forhold under overflaten som ble brukt til å prioritere områder som skulle undersøkes ved sjakting.

Det er ikke breddegrader, eller hvor en befinner seg i landet, men de lokale jordsmonnsforholdene, typen arkeologi og nedbørsmengder som påvirker de geofysiske resultatene.

Den kanskje viktigste observasjonen, etter å ha jobbet så mange ulike steder i landet, er erkjennelsen av at det ikke er breddegraden eller hvor en er i landet – i innlandet, på fjellet eller langs med kysten – som er det vesentligste. Det er de lokale jordsmonnsforholdene, typen arkeologi og nedbørsmengder som gir variasjoner i hvorvidt geofysiske metoder fungerer eller ikke. Disse parameterne vil selvfølgelig variere uansett hvor en er i landet. Med hensyn til vær og lange vinterperioder i Nord-Norge, anbefales det å teste georadar på snø. Det vil både gjøre det enklere å undersøke større arealer, men også utvide feltsesongen betraktelig. Se også kapittel 4.2 nedenfor som omhandler vinterkjøring. Hovedprosjektets første periode er oppsummert i en samlet rapport (Paasche et al., 2017).

4 Hovedprosjekt, andre periode (2018–2021)

4.1 Geofysiske undersøkelser tidlig i planprosessen

I store vei- og transportprosjekter utføres de arkeologiske registreringene først på reguleringsplannivå, etter at kommunedelplanene med konsekvensutredninger (KU) er gjennomført. Det medfører at de arkeologiske registreringene først blir foretatt etter at de fleste avgjørelsene er tatt og valg av trasé er bestemt. Problemstillingen i andre del av hovedprosjektet var om bruk av geofysiske inngrepsfrie metoder til registrering tidligere i planprosessen kan gjøre planarbeidet mer effektivt og forutsigbart, påvirke valg av traséer, samt minimere inngrep i arkeologiske kulturminner.

I hovedprosjektets andre del skulle de inngrepsfrie registreringsmetodene prøves ut på et tidligere plannivå (kommuneplan/KU) for å undersøke hvorvidt og hvordan de geofysiske resultatene kunne virke inn på planleggingsprosessen. Tanken var å innarbeide bruken av georadaren som hovedmetode ved arkeologisk registrering allerede på kommunedelplannivå, og resultater skulle så suppleres på utvalgte områder med konvensjonelle metoder på reguleringsplannivå. Spørsmålene var så om registreringene samlet kunne danne grunnlag for en avklaring av arkeologiske funn på en bedre måte? Etter oreigningslova § 4 har fylkeskommunen anledning til å gjennomføre forhåndsundersøkelser av ulik art i en tidlig fase av planprosessen. Dette må ikke nødvendigvis vente til reguleringsplannivå, jfr. veilova § 50, og oreigningslova § 2 nr. 46.

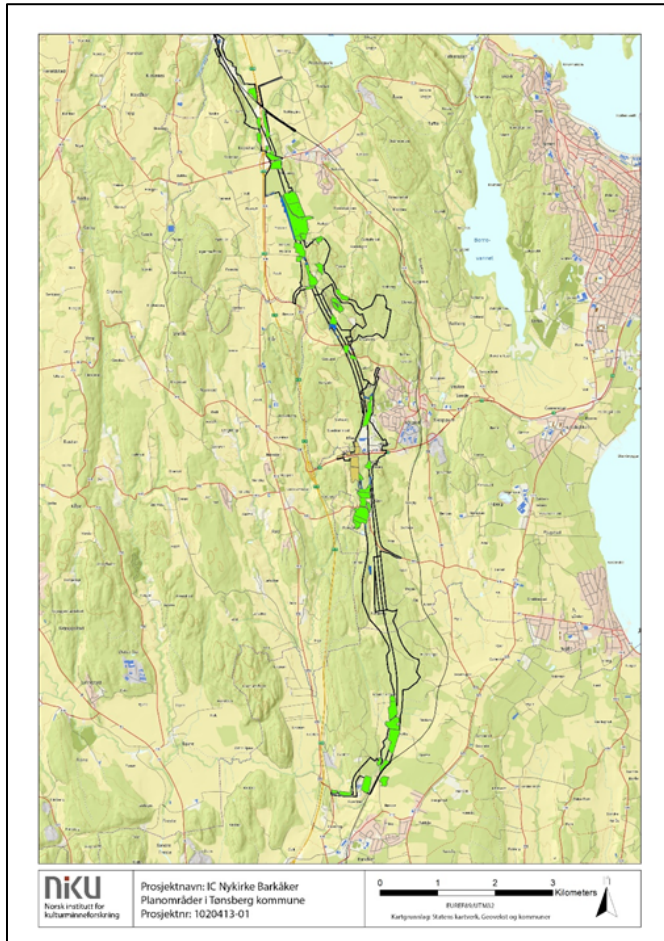
Undersøkelsen skulle etter planen gjennomføres på ett eller to større veiprojekt i samarbeid med Statens vegvesen, Nye Veier og den lokale kulturminneforvaltningen. Tanken var å bruke geofysikken i stor skala i kombinasjon med mer målrettet bruk av konvensjonelle metoder. I den aktuelle perioden ble det av ulike grunner ikke startet opp egnede veiprojekter. Enten hadde prosjektene kommet altfor langt, eller de hadde ikke startet opp i prosjektperioden. Prosjektet måtte derfor se etter andre alternativer.

NIKU hadde i den andre prosjektperioden en hel rekke andre større registreringsprosjekter både i forbindelse med vei- og jernbaneutbygginger (se oversikt ovenfor i kap. 1.3.1). Disse er ikke finansiert direkte av AiV-prosjektet, men er alle av en slik karakter at de gir verdifull innsikt om temaet, og er derfor i samråd med Statens vegvesen tatt med i denne rapporten. Samlet har disse prosjektene gitt mange gode erfaringer med bruk av geofysiske undersøkelser. Her følger en kort gjennomgang av noen av disse.

4.1.1 Delprosjekt 1, IC Vestfold Nykirke–Barkåker

I årene 2016 og 2017 gjennomførte NIKU arkeologiske georadarundersøkelser i forbindelse med planlagt jernbanetrasé for dobbeltspor mellom Nykirke og Barkåker. Oppdraget ble utført etter bestilling fra daværende Vestfold fylkeskommune (Vfk.), og var da det største geofysikkprosjektet NIKU noen gang hadde utført, med undersøkelsesområder på over en kvadratkilometer. Til sammen 85 arkeologiske lokaliteter ble berørt av reguleringsplanen, de fleste påvist ved hjelp av georadar. Av

disse var 61 automatisk fredet, og 19 lokaliteter var fra nyere tid (inkludert en tradisjonslokalitet og et krigsminne fra 2. verdenskrig). Planområdet var på undersøkelsestidspunktet båndlagt i kommuneplanen, og fylkeskommunen var i gang med detaljreguleringen (Vestfold fylkeskommune, 2018, Nau et al., 2017b).



Figur 9. Områdene som ble kjørt med motorisert georadar på InterCity prosjekt Nykirke–Barkåker, illustrasjon Erich Nau.

retning for forvaltningsarkeologi i Norge (fig. 9). Intercity Nykirke–Barkåker-prosjektet var det første storskala forvaltningsprosjektet i Norge som benyttet omfattende og systematiske georadarundersøkelser i dyrket mark.

Før det ble gjennomført geofysiske undersøkelser gjennomgikk fylkeskommunens arkeologer områdene for å vurdere potensialet for funn og metodebruk i forbindelse med planleggingen og budsjettering av prosjektet. Det ble også gjennomført en befaring med representanter fra Kulturhistorisk museum (KHM), Vfk. og BaneNOR tilstede. Prosjektet hadde som mål å gjennomføre en systematisk registrering av planområdet med bruk av både tradisjonelle arkeologiske metoder og ny teknologi. Det ble foretatt maskinell sjakting for å verifisere anomalier detektert med georadar, og systematisk sjakting av arealer som ikke var egnet til georadarundersøkelser (fig. 10). I tillegg ble det brukt LIDAR for å registrere kulturminner i skogsområdene rundt traséen.

Formålet med planen var å regulere arealer til jernbaneanlegget og tilhørende deponiområder, samt riggområder og anleggsadkomster. Planområdet hadde en total lengde på 14,5 km, og strakk seg fra Tangen i Horten kommune i nord til Svarstad i Tønsberg kommune i sør. Bredden av korridoren var i gjennomsnitt 120 m, og i tillegg kom en rekke deponi- og anleggsområder. Det største fokusområdet i InterCity Nykirke–Barkåker-registreringene var bruken av storskala og systematisk innsamling av georadardata som verktøy for undersøkelser i dyrket mark. Metodikken var på dette tidspunkt testet ut på andre registreringer i Vestfold siden 2007, og er av fylkeskommunen i dag akseptert som en verdifull registreringsmetodikk. Systematisk bruk av georadar i forvaltningssammenhenger var på dette stadiet ansett som en relativt ny

Prosjektet gjorde en rekke erfaringer. Kanskje viktigst var det forhold at arkeologene ikke trengte å sjakte like store areal som før, og undersøkelsesplikten §9 i kulturminneloven ble oppfylt med mindre inngrep i arkeologiske kulturminner og dyrket mark/natur. Sjaktingen ble utført mer målrettet og presist på grunn av de geofysiske dataene. De geofysiske undersøkelsene førte til en økning i maskinell sjakting i områder hvor det var påvist anomalier, og en reduksjon i sjakting i områder hvor det var få eller ingen tegn til anomalier som man antok var arkeologiske strukturer. Dette førte til mer effektiv bruk av tid og ressurser i felt. Søkesjaktene ble lagt rett over anomaliene, og feltarkeologen kunne raskt avgjøre hva slags type struktur det dreide seg om. Det ble også sjakket i de områdene der det ikke var påvist anomalier. På den måten kunne arkeologene kontrollere eller kvalitetssikre at resultatene av de geofysiske undersøkelsene var gode nok. Det ble lagt inn stor høyde for at tolkninger og observasjoner gjort i felt kunne etterprøves.



Figur 10. Mulige arkeologiske kulturminner påvist med geofysiske undersøkelser kontrolleres av fylkeskommunen, foto Erich Nau.

Tolkede data fra de geofysiske undersøkelsene ble arkivert som GIS-filer. Arkeologer hadde dermed muligheten til å ta dataene fra de geofysiske undersøkelsene med seg ut i felt under sjakting. Dette gjaldt både rådata og tolkninger. Under Intercity Nykirke–Barkåker registreringer i 2017 hadde fylkeskommunens arkeologer en kontinuerlig dialog med NIKU om resultatene fra de geofysiske undersøkelsene. Denne dialogen fungerte som en kontinuerlig kalibrering av resultatene og prosessen underveis.

Prosjektets erfaring med bruk av geofysiske undersøkelser i tillegg til maskinell sjakting, var at metodikken gav både pålitelige registreringer og ny arkeologisk

kunnskap. Selv små forskjeller og variasjoner i undergrunnen var synlig i datasettene, og NIKUs tolkninger og klassifisering av anomalier stemte godt med fylkeskommunens observasjoner i felt.

Som nevnt hadde de geofysiske undersøkelsene i dette prosjektet et stort omfang. Ved prosjektets avslutning i 2018 hadde NIKU til sammen utført georadarundersøkelser over 88,9 hektar dyrket mark, hvorav 48,7 hektar lå innenfor plangrensen. Fylkeskommunen sjaktet 2,38 hektar av disse, noe som utgjør 4,1 % av det totale dyrkede arealet. Det førte til en betydelig reduksjon av arealet som ble sjaktet ved konvensjonell metodikk. For å oppfylle undersøkelsesplikten skulle det vært utført maskinell sjakting på 10–15 % av arealet, hadde det ikke vært utført geofysiske undersøkelser. Det er også sannsynlig at mange arkeologiske strukturer utenom sjaktene ikke ville ha blitt oppdaget. Så de geofysiske undersøkelsene avdekket langt flere arkeologiske strukturer enn sjaktingen alene ville ha gjort.

NIKU tolket mange flere anomalier enn hva Vfk. dokumenterte som mulige arkeologiske strukturer. En del av disse ble avskrevet som naturlige variasjoner i undergrunnen eller som moderne nedgravninger. Avskrivning av anomalier var en naturlig del av utsjekkingsarbeidet. Det som var svært positivt var at det ble funnet meget få arkeologiske strukturer som ikke var påvist med de geofysiske undersøkelsene.

At Nykirke – Barkåker-prosjektet kunne registrere såpass store areal i løpet av feltsongene 2016 og 2017 skyldtes gode data fra georadarundersøkelsene. Ordinær maskinell sjakting hadde vært langt mer ressurs- og tidkrevende og ikke gitt den samme kunnskapen.

Dette prosjektet førte til mange nyttige erfaringer. Et så stort prosjekts bruk av geofysiske undersøkelser gav en klar effektiviseringsgevinst. Ved å bruke storskala georadar på et tidlig tidspunkt i planprosessen, fikk prosjektet tidlig et godt kunnskapsgrunnlag for videre planlegging. Prosjektet har derfor helt klart demonstrert at georadar kan være et viktig verktøy til registrering i dyrket mark.

Forhåndskunnskapen om hva som er/kan være under bakken var svært nyttig i prioriteringen av områder som ble sjaktet. At Nykirke–Barkåker-prosjektet kunne registrere såpass store areal i løpet av feltsongene 2016 og 2017 skyldtes gode data fra georadarundersøkelsene. Ordinær maskinell sjakting hadde vært langt mer ressurs- og tidkrevende, og ikke gitt den samme nødvendige kunnskapen. Prosjektet er beskrevet i to ulike rapporter (Vestfold fylkeskommune, 2018, Nau et al., 2017b).

Prosjektets erfaring med bruk av geofysiske undersøkelser i tillegg til maskinell sjakting var meget positiv. Samlet ble det en betydelig reduksjon av det totale arealet som ble sjaktet ved konvensjonell metodikk. Det ble funnet svært få arkeologiske strukturer som ikke var påvist utfra de geofysiske undersøkelsene.

4.1.2 Delprosjekt 2, Dovrebanen (2016–2018)

NIKU gjennomførte i perioden 25. september–2. oktober 2017 georadarundersøkelser i området Ottestad stasjon–Åkersvika i Stange kommune, Hedmark fylke. Undersøkelsene ble gjennomført på oppdrag fra Hedmark fylkeskommune, som et ledd i registreringen av kulturminner i forbindelse med utbygging av Dovrebanen. Til sammen ble ca. 26 hektar dyrket mark undersøkt. Områdene som skulle undersøkes hadde i utgangspunktet generelt lavt potensiale, og det var ikke ventet å finne store mengder kulturminner. Dette gjenspeiles i georadardatasettene, der det kun ble påvist moderne inngrep som eksempelvis dreneringsgrøfter og avløpsrør, i tillegg til enkelte mulige kokegroper og levninger etter utpløyde røyser.

Det ble i 2016 gjennomført tilsvarende georadarundersøkelser på strekningen mellom Stange og Ottestad stasjoner, og undersøkelsene i 2017 kan sees som en fortsettelse av dette prosjektet (Gustavsen, 2017). Samlet viser undersøkelsene i disse to prosjektene et visst avvik mellom de to metodene sjakting og arkeologisk geofysikk. Det ble altså gjort registreringer med den ene metoden som ikke ble gjort med den andre metoden og omvendt. Men de største og mest sammenhengende områdene ble likevel påvist med hjelp av georadaren.

4.1.3 Delprosjekt 3, Ringeriksbanen og E16, Fellesprosjektet (2018)

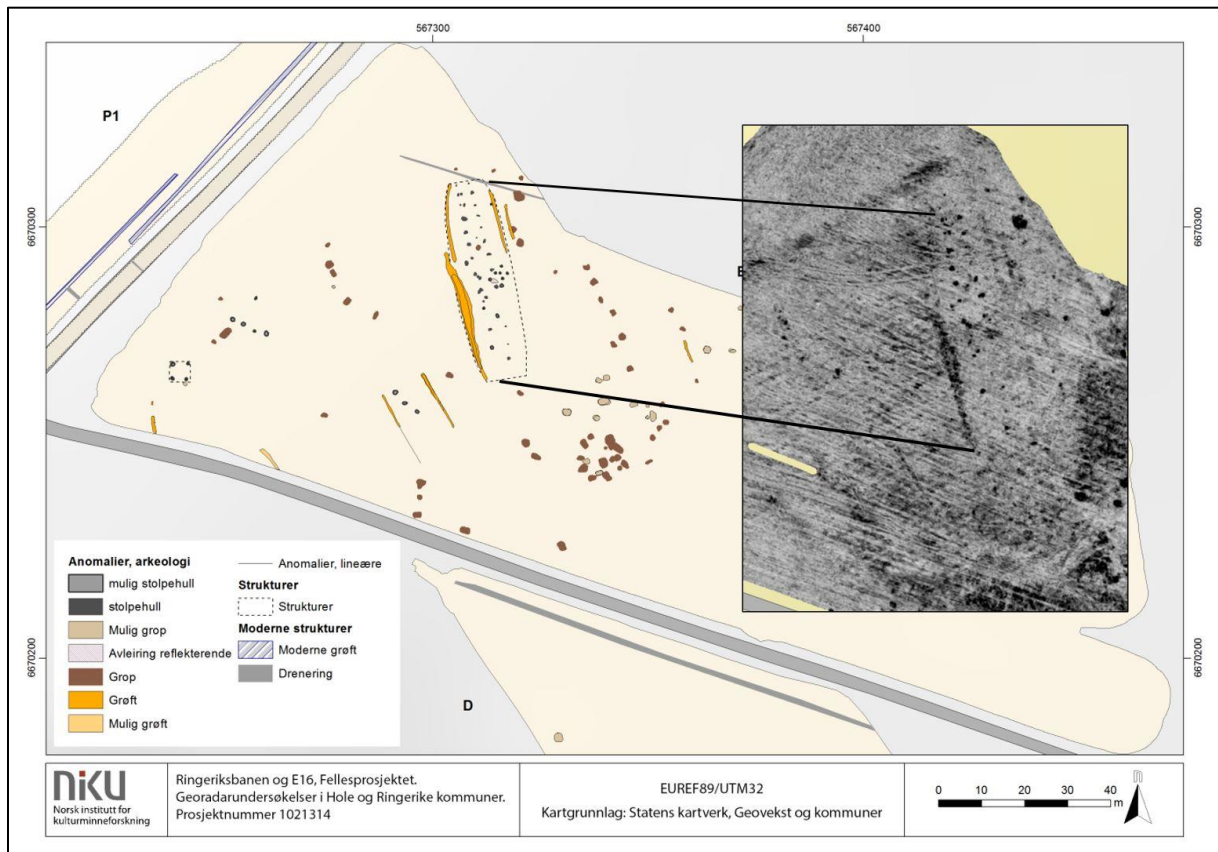
Våren 2018 gjennomførte NIKU en arkeologisk registrering i form av geofysiske undersøkelser innenfor den planlagte vei- og jernbanetraséen for Ringeriksbanen og E16 Skaret–Hønefoss. Utbyggingsprosjektet ble utført som et fellesprosjekt mellom SVV og Bane NOR, med Bane NOR som byggeleder. Buskerud fylkeskommune (Bfk.) var ansvarlig for de arkeologiske utredningene innenfor traséen.

Den planlagte vei- og jernbanetraséen strekker seg gjennom Hole og Ringerike kommuner, og tidligere arkeologiske registreringer i disse områdene viste at det kunne forventes kulturminner fra de fleste kulturhistoriske perioder, også innenfor en og samme lokalitet. Grunnet utfordrende grunnforhold var det ventet at utbyggingen stedvis kan medføre betydelige inngrep i terrenget. De arkeologiske registreringene innenfor selve jernbane- og veitraséen ble utført i 2016 og 2017, og i 2018 ble det undersøkt områder som ville berøres av ny infrastruktur, herunder ny kraftlinje og etablering av anleggsveier.

Gitt prosjektets korte planleggingsperiode, samt traséens berøring med til dels store jordbruksområder, ønsket Bane NOR og Bfk. å teste georadar som del av det arkeologiske registreringsarbeidet. Bfk. valgte på forhånd ut undersøkelsesområder i Hole og Ringerike kommuner som de ønsket undersøkt med georadar. Områdene bestod først og fremst av dyrket mark, og ble valgt på bakgrunn av deres potensiale for arkeologiske funn, deres størrelse, beliggenhet og egnethet med hensyn til kjøring med motorisert eller manuelt georadarutstyr. De utvalgte områdene omfattet et areal på totalt 30 hektar.

Resultatene fra georadarundersøkelsene ble benyttet som underlag for Bfk. sine arkeologiske registreringer, og ble også i enkelte, lavpotensielle områder brukt som

eneste registreringsmetode. Georadardataene var dermed med å danne grunnlaget for fylkeskommunens registreringsstrategi, og inngikk som del av den helhetlige arkeologiske dokumentasjonen i prosjektet. Georadarundersøkelsene lyktes med å påvise flere kulturminner, både enkeltstrukturer og større kulturminnelokaliteter. Blant annet ble det på Sørums (47/1, 47/3) i Ringerike, påvist en større kulturminnelokalitet innenfor den planlagte kraftlinjetraséen. Det ble her påvist levninger av et større langhus, samt nærmere 50 groper, flere mulige stolpehull, samt andre strukturer som representerer den fortidige bosetningsaktiviteten på stedet (fig. 11).



Figur 11. Tolkingskart fra gården Østre Sørums på Ringerike, illustrasjon Monica Kristiansen.

Mange av disse strukturene var svært vanskelige å se under sjakting, så her viste resultatene fra georadarundersøkelsen seg å være svært verdifulle. Det ble imidlertid også undersøkt områder hvor de arkeologiske strukturene ikke ble detektert av georadaren grunnet dårlig kontrast til den naturlige undergrunnen. Dette berører tematikken rundt forholdet mellom jordsmonnets egenskaper og strukturers synlighet. Et tema som er under stadig diskusjon, og som krever mer forskningsinnsats og videre metodisk utvikling av geofysikk som arkeologisk registrerings- og dokumentasjonsmetode. Konklusjonen for prosjektet er at geofysikk her fungerte godt som supplement til det konvensjonelle arkeologiske

Geofysikk har fungert godt som supplement til det konvensjonelle arkeologiske registreringsarbeidet på fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16.

registreringsarbeidet på fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16. Prosjektet er beskrevet i egen rapport (Kristiansen et al., 2018).

4.1.4 Delprosjekt 4, IC Stokke–Sandefjord (2019–2020)

I forbindelse med den planlagte utbyggingen av dobbeltspor mellom Stokke og Sandefjord i Vestfold og Telemark fylke, gjennomførte NIKU, på oppdrag fra Vestfold og Telemark fylkeskommune, georadarundersøkelser innenfor den foreslåtte jernbanetraséen. Dobbeltsporet mellom Stokke og Sandefjord er en del av Intercity-strekningen mellom Tønsberg og Larvik, og undersøkelsene har blitt gjennomført innenfor Torp vest-korridoren, som ble vedtatt av kommunestyret i Sandefjord den 20. juni 2019. Georadarundersøkelsene ble utført i 2019 og 2020, og var en del av de lovpålagte arkeologiske utredningene i henhold til Lov om kulturminner av 1978, § 9. Prosjektleder fra NIKU var Monica Kristiansen (Kristiansen et al., 2021).

Ansvarlig instans var Vestfold og Telemark fylkeskommune, Kulturarv. Alle undersøkelsene NIKU var involvert i, ble gjort i dyrket mark. Det opprinnelige undersøkelsesområdet var estimert til 144 hektar, men da noen undersøkelsesområder ble satt på vent til nærmere avklaring både med grunneiere og videre prosjektprosess, ble det undersøkt totalt 132,2 hektar fordelt på 41 delområder. Dette tilsier ca. 9 dager med sammenhengende kjøring med georadar. Traséens nærhet til Vestfoldraet, hvor det er registrert et stort antall kulturminner, indikerte et potensial for funn av automatisk fredede kulturminner.

De geofysiske undersøkelsene ble i dyrket mark brukt som underlag for fylkeskommunens videre registreringsarbeider. NIKUs feltarbeid ble gjennomført parallelt med fylkeskommunens registreringer, hvilket medførte at prosessering og tolkning av georadardataene måtte gjøres kort tid etter datainnsamlingen og leveres til fylkeskommunens arkeologer. Dybdeskiver og tolkninger i shp-format (GIS-data) ble oversendt via en digital delingsplattform, og resultatene utgjorde grunnlaget for sjaktestrategien i de ulike områdene. Det ble overlevert kart-filer som omfattet moderne strukturer, arkeologiske/mulige arkeologiske strukturer, samt geologi som kunne ha relevans for sjaktearbeidet eller den generelle landskapsforståelsen (paleokanaler, grunnfjell, etc.). I kart-filenes tabell ble det oppgitt informasjon om anomalienes dybde under overflaten, samt foreløpig tolkning.

I forkant av undersøkelsene ble flere deler av tiltaksområdet vurdert til å ha stort potensiale for arkeologiske funn. Dette grunnet nærheten til Vestfoldraet, hvor det er registrert et stort antall kulturminner, men også flere av gårdsnavnene vitnet om at den planlagte jernbanetraséen strekker seg gjennom områder som har vært bebygget minst tilbake til jernalderen. På Helgerød og Døvle (Stokke S), som ligger like sør for Stokke sentrum, ble det påvist anomalier som senere ble verifisert som bosetningsspor fra jernalder og middelalder. Blant disse var det kokegroper og andre groper, samt stolpehull datert til jernalder, en hulvei av ukjent datering og en laftet brønn datert til middelalder.

De arkeologiske sjaktingene utført av Vestfold og Telemark fylkeskommune viste at det var et generelt godt samsvar mellom georadardataene og det som ble avdekket i søkesjaktene. Selv om de fleste anomaliene ble avskrevet som arkeologisk irrelevante, var anomaliene refleksjoner fra faktiske strukturer i bakken som enten var naturlige eller moderne. Kun i sjeldne tilfeller ble det registrert strukturer ved sjakting som ikke kunne sees i georadardataene. De geofysiske undersøkelsene bidro til å gi oversikt over undersøkelsesområdene før sjakting. Dette både med hensyn til eventuelle arkeologiske funn, men også tilstedeværelsen av geologiske strukturer som

Resultatene utgjorde grunnlaget for sjaktestrategien, og muliggjorde en mer målrettet utsjekking av undersøkelsesområdene. Ved å kombinere inngrepsfrie metoder med konvensjonell sjakting har man redusert antall meter med sjakt i jordbruksland, og inngrepene i matjord innenfor båndleggingssonen.

paleokanaler og grunnfjell, og moderne elementer som dreneringer, utfyllinger og andre strukturer som kan ha relevans for den videre registreringen. Disse resultatene utgjorde grunnlaget for sjaktestrategien og muliggjorde en mer målrettet utsjekking av undersøkelsesområdene. Ved å kombinere inngrepsfrie metoder med konvensjonell sjakting har man dermed redusert antall meter med sjakt i jordbruksland, og inngrep i matjorda innenfor hele båndleggingssonen.

4.1.5 Delprosjekt 5, Hensetting Ski Syd og ny avgrensning Østre Linje (2020)

I 2020 ble det gjennomført georadarundersøkelser av et område på om lag 150 hektar i forbindelse med jernbaneutbygging i Ski og Ås kommuner. Prosjektet omfattet georadarundersøkelse av utvalgte områder i forbindelse med regulering av en ny østre linje fra Ski stasjon mot Kråkstad. Resultatene ble benyttet som et supplement til konvensjonell kulturminneregistrering utført av Viken fylkeskommunes arkeologer.

Georadarundersøkelsen ble utført i samarbeid med Viken fylkeskommune. Fylkeskommunen foretok prøvesjakt med gravemaskin på detekterte anomalier og i funntomme områder mens georadarundersøkelsen pågikk. Prøvesjaktingen ble brukt som grunnlag for å vurdere de foreløpige resultatene, slik at grensene for undersøkelsesområdet kunne justeres.

De geofysiske undersøkelsene påviste anomalier som representerer arkeologiske strukturer, geologiske strukturer og spor etter moderne inngrep og infrastruktur. Resultatene fra undersøkelsene ble kontinuerlig overført til fylkeskommunens arkeologer for planlegging av prøvesjakt i traséen. Videre ble resultater fra fylkeskommunens sjakting tilgjengeliggjort for NIKU, slik at de arkeologiske tolkningene av de geofysiske datasettene kunne forbedres. En enkel sammenligning av georadarresultatene mot resultatene fra den maskinelle prøvesjaktingen viser at sjaktearealene utgjorde rundt 6 % av størrelsen på områdene som ble undersøkt ved hjelp av georadar. Av alle de sikre arkeologiske strukturer som ble avdekket i sjaktene, ble omtrent 61 % påvist som tolkbare anomalier i georadardatasettene. Videre viser analysen at rundt 41 % av de påviste anomaliene i georadardatasettene ble korrekt tolket som arkeologiske strukturer (Gustavsen, 2021).

5 Geofysiske undersøkelser vinterstid 2018

Feltsesongen vår og høst er relativt kort for bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder. Forskningsprosjektet har derfor også hatt som målsetning å undersøke om geofysiske undersøkelser kan benyttes i vintersesongen til arkeologiske registreringer. Ved å benytte vintersesongen til feltarbeid, vil man kunne oppnå store innsparinger på tidsbruk og framdrift i et veiprojekt, og dermed minimere konflikter og kostnader forbundet med båndlegging av dyrket mark i sesong.

For å teste geofysiske undersøkelser vinterstid har det vært nødvendig å gjøre komparative testundersøkelser, der ulike lokaliteter ble undersøkt med georadar gjennom både vinter- og barmarkssesongen. Det ble derfor initiert et langsiktig overvåkingsprosjekt som hadde til hensikt å dokumentere jordsmonnets fysiske egenskaper over tid. På utvalgte testområder ble det installert sensorer i bakken som monitorerer elektrisk ledningsevne, temperatur, fuktighet, snødybde og frossen marks dybde. Områdene har så blitt regelmessig undersøkt ved hjelp av georadar gjennom to fulle år, og under mest mulig ulike vær- og snøforhold. De forskjellige resultatene/datasettene analyseres ved å kvantifisere påvirkningen av de enkelte faktorer. Resultatene bidrar til utarbeidelsen av anbefalinger for når forholdene er egnet til å få gode resultater på vinterstid. Prosjektet er et Forskningsrådsprosjekt, og er et samarbeidsprosjekt mellom Vfk. og NIKU. The Vestfold Monitoring Project, kalt VEMOP-prosjektet, er beskrevet nedenfor under pkt. 5.2.

5.1.1 Georadarundersøkelse E16 Fagernes–Øylo

Et av de første prosjektene der det ble planlagt georadarundersøkelser vinterstid, var i forbindelse med E16 mellom Fagernes og Øylo våren 2019. Utstyret ble tilpasset og forbedret for vinterkjøring. Oppdraget ble utført i samarbeid med daværende Oppland fylkeskommune. Det var opprinnelig planlagt vinterundersøkelser for å gi fylkeskommunen tid til å tilpasse sin sjaktingsstrategi. Dårlige kjøreforhold i vårsesongen med tidvis for mye snø og deretter vannmettet grunn, gjorde at vi ikke fikk til å gjennomføre undersøkelsene før fylkesarkeologene begynte med sjakting. Georadarundersøkelsene og de arkeologiske registreringene i form av sjakting startet samtidig, men da var all snø borte, så vi fikk ikke testet vinterkjøringen i dette prosjektet.

NIKU undersøkte likevel 12,5 hektar med motorisert georadar og leverte resultater i form av dybdeskiver, samt en grov markering av prioritetsområdene som georefererte shp-filer til arkeologene fra Oppland fylkeskommune og til Statens vegvesen. På grunn av de pågående sjaktingene var det ikke mulig å levere en mer detaljert tolkning eller rapport til fylkesarkeologene, og i den grove analyse av georadardataene var det ingen strukturer som kunne identifiseres som arkeologisk relevant. Noen anomalier var av mulig interesse, men de var ikke veldig tydelige. Arkeologene fra Oppland fylkeskommune endret ikke sine registrerings- og sjaktingsstrategier på bakgrunn av de geofysiske undersøkelsene. Men forsøket var likevel nyttig, da det helt tydelig demonstrerte utfordringene med vær- og føreforhold under vinterkjøring.

5.1.2 Ulike testprosjekter vinterstid: Dovre, Borre, Lågendalen og Sem

For å kunne kjøre på snø ble det nødvendig å gjøre en del endringer på det motoriserte utstyret. I første rekke bestod disse endringene av snøbelter på firhjulingen og en egen plate under selve radaren som glir godt på snø. Georadarsystemet ble mekanisk tilpasset til kjøring på snø, og deretter ble utstyret testet på utvalgte områder hvor det tidligere er påvist arkeologiske strukturer under overflaten ved hjelp av georadar (Borre, Lågendalen, Øvre Eiker/Sem, Stange). Testene ble utført på forskjellige snødybder. I tillegg ble det vintertilpassede georadarsystemet brukt for å gjennomføre undersøkelser på Dovrefjell i sammenheng med prosjektet «Kongevegen over Dovrefjell». Dette for å identifisere traséen til kongevegen i områder hvor den ikke lenger er synlig i terrenget.

De mekaniske tilpasningene av MIRA-systemet har fungert bra. Spesielt på dyrket mark med snødekke fungerer utstyret godt, og undersøkelser av større områder viste seg å være nesten like effektivt som under snøfrie forhold. I tillegg gjorde snøen det mulig å undersøke terreng der det ikke er mulig å kjøre uten snø. Dette eksempelvis over bløt myr eller i områder med høy vegetasjon eller bergknauser. Et område som ble forsøkt undersøkt var en myr ved Fokstugu på Dovre, der en trasé av kongevegen ikke lenger er synlig over myra. Dette er et område som ikke er mulig å undersøke med georadar på sommerføre. Dessverre var det ikke ideelle forhold på undersøkelsestidspunktet med dyp puddersnø, og snøen var ikke tilstrekkelig kompakt for å bære vekten av utstyret, så georadaren sank rett og slett og ble sittende fast (fig. 12).

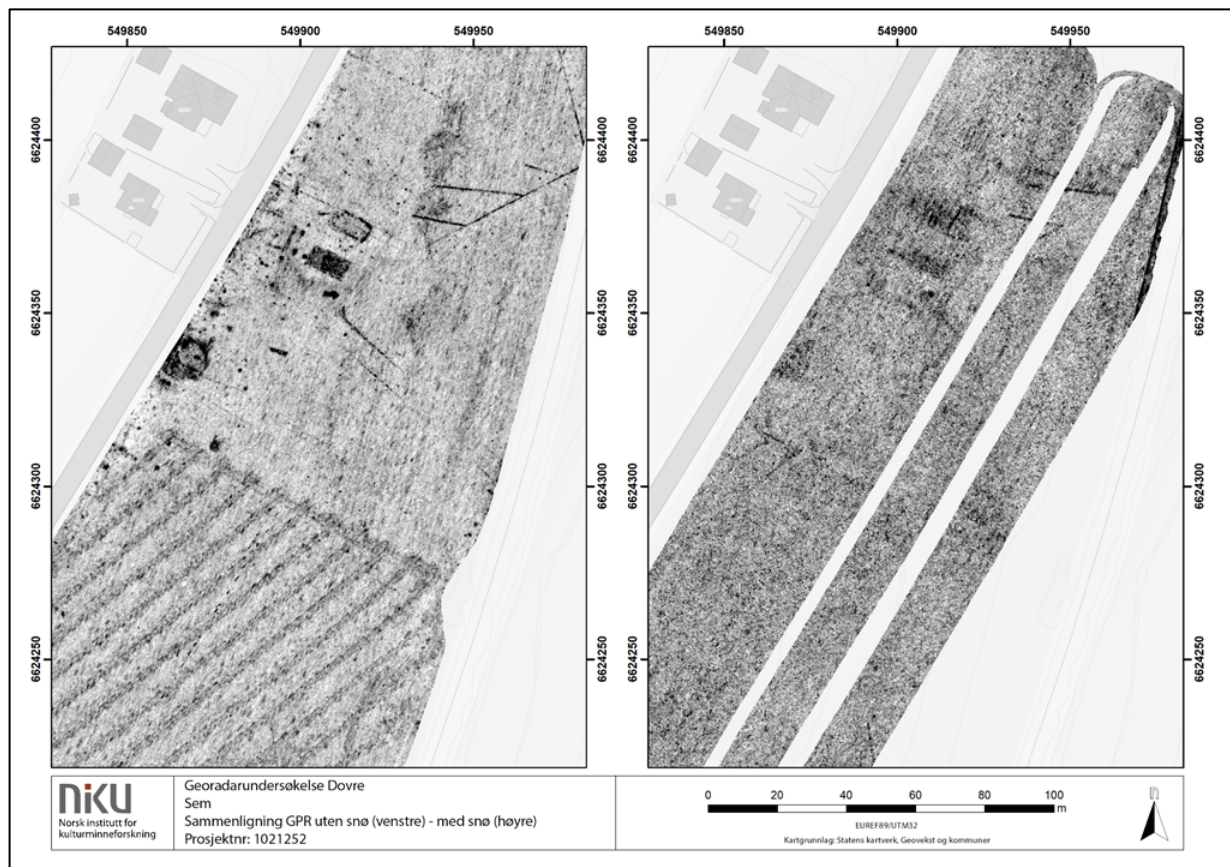


Figur 12. Maskinen står fast ved Fokstugu på Dovre, foto Manuel Gabler.

Det ble samtidig gjort georadarundersøkelser på henholdsvis Hjerkin og Rise for å påvise kongevegens trasé, med gode resultater. På Hjerkin var bakken så ujevn at det ville ha gitt dårlige resultater uten snødekket, samtidig som man ville ha risikert å ødelegge utstyret. Likevel finnes det også begrensninger, noe som kom tydelig frem i forbindelse med undersøkelsen ved Fokstugu. Sett under ett var forsøkene over Dovre særdeles lovende. Både på Hjerkin og ved Rise kunne kongevegen klart påvises gjennom de geofysiske undersøkelsene. Metodikken var derfor godt egnet for å påvise slepa der den ikke lenger er synlig i terrenget (Gabler et al., 2018b).

Sett under ett var forsøkene på Dovrefjell særdeles lovende. Både på Hjerkin og ved Rise kunne kongeveien klart påvises i de geofysiske undersøkelsene. Metodikken var derfor godt egnet for å påvise veien der den ikke lenger er synlig i terrenget.

Resultatene fra de ulike undersøkelsene var lovende, og viser at arkeologiske strukturer kan identifiseres selv under 1 m dyp snø. Data fra Borre i Horten i Vestfold demonstrerte at et tynt, tørt og kompakt snølag er fordelaktig for georadarundersøkelser, da man oppnår en perfekt kontakt mellom radarboksen og markoverflaten. Likevel har resultatene vist at vinterkjøringer har sine begrensninger. Dette ble spesielt godt demonstrert ved forsøk som ble gjort på gården Sem i Øvre



Figur 13. Geofysikkresultater uten snø til venstre, og med 40 cm snø til høyre på gården Sem i Øvre Eiker, illustrasjon Manuel Gabler.

Eiker i Viken fylkeskommune (Buskerud). Her var det flere arkeologiske strukturer som ikke kunne påvises under 40 cm tykk snø fordi snøen var for våt (fig. 13).

Samlet har undersøkelsene demonstrert at snøens dybde ikke er den mest kritiske faktoren for å oppnå gode resultater, selv om datakvaliteten gjerne forringes jo større avstand radarantennen har til jordoverflaten. Dersom hensikten med en undersøkelse er å få mest mulig nøyaktig informasjon, viser resultatene så langt at dataene blir for utflytende når snølaget passerer meteren. Men for å identifisere potensialet for arkeologiske strukturer i et område tidlig i et større registreringsprosjekt vil resultatene likevel kunne være egnet som et prioriteringsverktøy. De største begrensningene for vinterkjøring er de geofysiske faktorene. Som beskrevet i Petra Schneidhofer m.fl. påvirkes georadardataene av svært mange ulike parametere også uten snø (Scheidhofer et al., 2017). På vinterkjøring får en både variasjon i snøforholdene og variasjon i undergrunnen. Dette gjør vurdering av resultatene mer krevende.

Prosjektet har tydelig demonstrert potensialet for kjøring på vinterføre, og erfaringene så langt viser at grunneierne var positivt innstilt til undersøkelser på vinterstid, og det var enkelt å få grunneiertillatelse på den årstiden. Samtidig er det klart at det eksisterende datagrunnlaget for sammenhengen mellom snø og andre grunnforhold er for lite for en kvalitativ vurdering av når det er meningsfylt å bruke georadar på snø for arkeologiske undersøkelser. Resultatene i prosjektet viser at snøen helst må være tørr og bakken må være frossen for at man kan få tilstrekkelig gode resultater. Det vi ikke vet nok om er hvordan ulike jordsmonnsforhold (sand, leire, osv.), i sammenheng med frost og forskjellige snøforhold, påvirker resultatene. Det er derfor viktig å gjennomføre flere undersøkelser for å samle flere erfaringer som kan hjelpe oss å forstå sammenhengene mellom de geofysiske faktorene. På den måten vil en kunne øke sjansen for vellykkede georadarundersøkelser både vinter- og sommerstid. Vinterprosjektet er beskrevet i egen rapport, og senere også publisert (Gabler et al., 2019, Gabler et al., 2018b).

5.2 The Vestfold Monitoring Project (VEMOP). Environmental factors in minimal-invasive Cultural Heritage Management

5.2.1 Bakgrunn

I februar 2019 søkte NIKU sammen med Kulturarv i Vfk. det Regionale Forskningsfond, Oslofjordfondet (RFF) om et felles forskningsprosjekt. «The Vestfold Monitoring Project (VEMOP). Environmental factors in minimal-invasive Cultural Heritage Management» fikk støtte, og startet opp i 2020. Formålet med dette forskningsprosjektet var en videreføring av en del av forskningen i AiV-prosjektet. I samråd med SVV har NIKU derfor brukt en del av midlene fra AiV-prosjektet som egenfinansiering inn i søknaden til VEMOP-prosjektet. Prosjektet ble bevilget av Oslofjordfondet juni 2019, og NIKU kunne derfor fortsette forskningen på tematikken i 2021 med solid finansiering og samarbeidspartnere.

VEMOP ledes av Kulturarv, Vestfold og Telemark fylkeskommune ved Petra Schneidhofer. NIKU har ansvar for halvparten av arbeidet, derav det meste av de

geofysiske målingene. Prosjektet har et totalbudsjett på 5,9 millioner kroner, hvorav halvparten er finansiert gjennom egenmidler og konkrete bidrag (utstyr) fra samarbeidspartnere, og den andre halvparten fra Oslofjordfondet. Det ble opprettet en referansegruppe for prosjektet, som er en fortsettelse av den forrige referansegruppen for AiV-prosjektet (se kap. 1.3). Dette slik at det her sikres kontinuitet. Prosjektoppstart var våren 2020, og prosjektet har en varighet på 3 år (Schneidhofer and Nau, 2019).

5.2.2 Formål

Hovedformålet med VEMOP-prosjektet er å undersøke påvirkningen av klima- og værforhold på georadardata, og da spesielt på arkeologiske strukturers synlighet og påvisningsgrad i disse datasettene. Det er et kjent faktum at spesielle endringer i fuktighet i jordsmonnet fører til kraftige endringer i georadarsignalene, men det er i for liten grad undersøkt hva dette faktisk betyr for synligheten og påvisbarheten av arkeologiske strukturer. Prosjektet har derfor igangsatt et overvåkingsprogram som skal utføres over en periode på 14 måneder, der det utføres regelmessige georadarundersøkelser av de samme områdene under vekslende årstider med varierende vær- og miljøforhold. Informasjon om disse forholdene registreres ved hjelp av måleinstrumenter installert på hvert område, samt fra åpent tilgjengelige værdata fra Meteorologisk institutt (hovedsakelig yr.no og senorge.no).

Formålet er at resultatene skal bidra til en økt forståelse av arkeologiske strukturers synlighet og påvisbarhet i georadardata under ulike bestemte forhold. I tillegg skal resultatene kunne veilede om valg av riktig tidspunkt for utførelse av undersøkelsene, og samtidig si noe om forventet datakvalitet/nøyaktighet av dataene innsamlet under ulike forhold. I samarbeid med LBI ArchPro skal det undersøkes om de ulike observerte klima- og værforhold kan bidra til en enklere og bedre prosessering av dataene, og dermed redusere påvirkningen av tilsvarende eksterne faktorer.

5.2.3 Status og foreløpige resultater

Våren 2020 ble det valgt ut fire områder i Vestfold som overvåkes. Områdene er valgt på grunn av ulike typer løsmasser/avsetninger i undergrunnen, typer av jordsmonn samt variasjon i de arkeologiske kulturminnene i tilknytning til de ulike valgte lokalitetene. Områdene er:

- Heimdalsjordet: handelsplass fra vikingtid nær Gokstadhaugen i Sandefjord kommune (fig. 14).
- Lunde: kokegropfelt fra jernalderen, nord for Kaupang i Larvik kommune.
- Hovland: stor bygning fra jernalderen nær Klåstadskipets funnsted i Larvik kommune.
- Odberg: gravfelt bestående av flere rundhauger/fotgrøfter fra jernalderen i Lågendalen i Larvik kommune.

Sommeren 2020 ble det utført mindre utgravninger ved disse lokalitetene med to formål:

- Å fremskaffe informasjon om undergrunnen samt de arkeologiske strukturenes type/størrelse. I denne forbindelse ble det tatt ut prøver til jordanalyser.
- Å installere en lokal værstasjon på overflaten og en rekke sensorer som målte fuktighet, elektrisk ledningsevne og temperatur direkte i de arkeologiske strukturene og i det omkringliggende naturlige jordsmonn. Sensorene måler kontinuerlig, og dataene blir lastet opp direkte til nett via en GSM-forbindelse, slik at man alltid har oversikt over forholdene og kan utføre undersøkelsene i tilfelle større endringer.



Figur 14. Installasjon av sensorer ved Heimdalsjordet, foto Petra Schneidhofer, VTFK.

Siden september 2020 er det utført regelmessige georadarundersøkelser på de fire områdene i gjennomsnitt én gang i måneden. Til innsamling av dataene brukes to forskjellige radarsystemer: NIKUs motoriserte 16-kanal MALÅ MIRA system og Kulturarvs manuelle enkeltkanals system MALÅ GX. Så langt er det kjørt under mange forskjellige forhold – alt fra relativt tørre forhold om sensommeren til veldig fuktige forhold om høsten. Vinteren 2020/21 var svært kald, og alle områdene kunne kjøres flere ganger på frossen mark og med ulik snødybde på overflaten (fig. 15). De foreløpige resultatene viser at de beste resultatene så langt er ved datainnsamling på frossen mark med et tynt snødekke på overflaten. Det ser ut til at jordsmonnet i de ulike områdene reagerer noe forskjellig på fuktighet. Eksempelvis kan det ved Heimdalsjordet virke som arkeologiske strukturer kan påvises like godt uansett hvor fuktig det er, mens kontrasten i datasettene jevnes ut ved høy fuktighet på Odbergfeltet.



Figur 15. Geofysikkundersøkelse ved Odberg, foto Erich Nau.

5.2.4 Videre arbeid

Datainnsamling på alle overvåkingsområdene skal fortsette utover varigheten av det opprinnelige AiV-prosjektet, inntil våren 2022. Det er planlagt å publisere resultatene i internasjonale tidsskrifter, samt å utarbeide en veileder, slik at resultatene kan overføres til praktisk bruk i forbindelse med arkeologisk registrering i Norge.

5.3 Geofysiske undersøkelser som ledd i planarbeidet 2019–2020

AiV-prosjektet har hele veien hatt som mål å teste ut inngrepsfrie arkeologiske registreringsmetoder tidlig i planprosessen, slik at disse kan bidra til å effektivisere og gi mer forutsigbarhet i planarbeidet. Videre har det vært ønskelig å tilrettelegge for deling av resultatene, slik at dataene kan få et bredere bruksområde enn i dag. I et delprosjekt under AiV-prosjektet ble det skrevet en FOU-avtale mellom Statens vegvesen, Nye Veier og NIKU, som har arbeidet med inngrepsfrie arkeologiske registreringsmetoder langs E39 i Agder fylke.

Delprosjektet ble integrert med prøveprosjektet «Arkeologi på nye veier», som er forankret hos Riksantikvaren og i Klima- og miljødepartementet. Prosjektet har som mål å undersøke muligheten for nye samarbeidsformer innenfor kulturminneforvaltningen, og ta i bruk inngrepsfrie metoder i stor skala for å vurdere om det kan bidra til å redusere behovet for tradisjonelle arkeologiske registreringsmetoder.

Tidligere resultater fra AiV-prosjektet viste at motorisert georadar har et stor potensial for å registrere arkeologiske strukturer. NIKU har i «Arkeologi på nye veier»-prosjektet bruke georadar på alle kjørbare og tilgjengelige områder i den nye traséen til E39 i

Flekkefjord kommune (Agder fylke). En vurdering og befaring av traséen viste at det var mulig å dekke ca. 4,8 hektar med georadar. Traséen, på totalt 800 hektar, besto i stor grad av skogsområder i kupert terreng, hvor geofysiske metoder ikke kunne benyttes. Derfor ble også andre inngrepsfrie metoder testet. NIKU utførte i samarbeid med Agder fylkeskommune en systematisk arkeologisk landskapsanalyse ved hjelp av digitale terrengmodeller basert på data fra LIDAR, Askeladden, historiske kart og flyfoto.

Informasjon fra KHM viste til at det var et stort potensial for påvisning av jernutvinningslokaliteter i undersøkelsesområdet. Det ble derfor planlagt å teste ut magnetiske undersøkelser på utvalgte områder. Et annet utviklingsområde i arkeologisk geofysikk har vært registrering av kulturminner i vann og våtmark. I



Figur 16. Bruk av georadar i våtmarksområder, foto Monica Kristiansen.

veitraséen for ny E39 testet NIKU sammen med Norsk Maritimt Museum i Oslo georadar i myrområder. Tidligere forsøk med georadar i myr viste at det kunne gi gode resultater i noen grad. For å vurdere den mest effektive måten å bruke georadar i myr på gjennomførte NIKU et forsøksoppsett for å finne den beste løsningen for å undersøke myr på Lølandsvatnet i E39-traséen. Prosjektgjennomføringen og bruken av metoden var teknisk vellykket i

den forstand at selv om resultatene blir relativt grove, kom det fram ukjente kulturminner ute på myra (fig. 16). Georadarundersøkelsene på våtmark var en teknisk nyvinning utviklet spesielt for dette prosjektet, og undersøkelsene leverte altså gode resultater. Erfaringer fra dette prosjektet kan benyttes i fremtidige undersøkelser i myr og andre våtområder (Gabler et al., 2021).

6 Resultater av AiV-prosjektet

Formålet med dette prosjektet har vært å teste ut hvorvidt høyteknologiske fjernmålingsmetoder som geofysikk, LIDAR, samt satellittbilder og flyfoto kan supplere og eventuelt erstatte noen av de tradisjonelle arkeologiske metodene som brukes til registrering av kulturminner i forkant av større veiprosjekter, og på den måten begrense områder som skal sjaktes eller undersøkes på annen konvensjonell måte. Vekten har vært lagt på bruken av geofysiske undersøkelsesmetoder, men i flere av testprosjektene er dette kombinert med de andre metodene. I det siste tiåret har bruken av spesielt LIDAR blitt dagligdags ved registrering av arkeologiske kulturminner, så fokus for dette prosjektet har nesten i sin helhet blitt flyttet over på de geofysiske metodene.

Systematisk bruk av georadar i forvaltningssammenheng var en lite brukt metode i forvaltningsarkeologi i Norge da AiV-prosjektet startet opp i 2012. Selv om selvfølgelig ikke alle undersøkelsene har vært innenfor rammen av dette prosjektet, er nå metodikken prøvd ut i alle fylkeskommunene i landet, og det er flere fylkeskommuner som i begrenset omfang begynner å ta den i bruk. Metodikken har helt siden 2007 vært testet ut i flere ulike prosjekter i Vestfold, og er nå ifølge Vfk. tatt i bruk som en verdifull metode ved arkeologisk registrering i forbindelse med forvaltningsundersøkelser (Vestfold fylkeskommune, 2018).

6.1 Effektmål

Spørsmålet er så hvilken effekt eller nytteverdi geofysiske registreringsmetoder i felt vil kunne ha i veiutbyggingsprosessen (planleggings- og gjennomføringsfasen), og videre om metodene vil kunne forenkle og forbedre forvaltningen, og bidra til at flere kulturminner blir bevart? Bidrar inngrepsfrie arkeologiske registreringsmetoder til å effektivisere planprosessene og gi mer forutsigbarhet i planarbeidet? Svar på disse spørsmålene er ikke enkle fordi ingen prosjekter er like. Blant annet vil grunnforholdene variere mye lokalt, noe som påvirker resultatene. Trolig er det viktigere hvor en er i planprosessen – jo tidligere det settes i gang geofysiske undersøkelser, jo større effekt vil undersøkelsene kunne gi i planarbeidet.

6.1.1 Forenkling av registreringsmetoder

Spørsmålet om forenkling handler i stor grad om i hvilket omfang inngrepsfrie høyteknologiske metoder kan erstatte konvensjonelle registreringsmetoder som sjakting, flateavdekking eller prøvestikking. Undersøkelsene vi har gjennomført så langt har gitt følgende erfaringer:

- Kvaliteten på de geofysiske undersøkelsene er i stor grad avhengig av grunnforhold på stedet, jordsmonn, jordens fuktighet og værforhold i det undersøkelsen gjennomføres.
- Resultatene fra de geofysiske undersøkelsene vil i mange tilfeller gi et bedre faglig grunnlag for å prioritere hvilke områder som bør sjaktes.
- Mindre sjakting vil som oftest gi tids- og kostnadsbesparelser, og samtidig være mer skånsomt både for kulturminnene og for matjorda.

De mest brukte registreringsmetodene innen forvaltningsarkeologien er visuell overflateregistrering og prøvestikking i utmark, samt maskinell sjakting i dyrka mark. Bruken av LIDAR regnes nå som et vanlig verktøy innen arkeologien. Selv om bruk av geofysiske undersøkelser på ingen måte er nytt i Norge, er det ikke så mange av fylkeskommunene som per 2022 har innlemmet geofysiske undersøkelser som en vanlig benyttet registreringsmetode. Likevel ser det ut til at flere fylker i dag ønsker å ta i bruk metodene. Det å komplementere de tradisjonelle metodene ved hjelp av de inngrepsfrie metodene krever god bestillerkompetanse, tilgang på utstyr, kjennskap til

programvare, tolkningskompetanse og lang erfaring. Det er altså ikke bare å begynne i morgen, det må være en del av en bevisst satsing.

Bruk av inngrepsfrie metoder krever god bestillingskompetanse, tilgang på utstyr, kjennskap til programvare og tolkningskompetanse og -erfaring.

Erfaring som er gjort i løpet av prosjektet viser at geofysiske undersøkelsesmetoder er et nyttig prioriteringsverktøy for å kunne utføre mer målrettede sjakteundersøkelser. Det har ført til en minimering av sjaktet areal. Det har også medført at registreringer kan utføres på kortere tid og med mindre inngrep i fredede kulturminner. Erfaringene gjort i de store prosjektene er at det aller beste er å kombinere georadar og sjakting, og at det er sjelden at georadar kan brukes som det eneste registreringsverktøyet. Georadardataene gir et svært verdifullt utgangspunkt som man ikke hadde tidligere. De geofysiske datasettene viser alt fra arkeologiske strukturer til geologi og moderne inngrep som eksempelvis rør og kabler.

Delprosjektene i AiV-prosjektet har vist at geofysiske undersøkelsesmetoder på den ene siden kan føre til en økning i maskinell sjakting i områder hvor det er påvist

Erfaringene gjort i de store prosjektene er at det aller beste er å kombinere georadar og sjakting, og det er sjelden at georadar kan brukes som det eneste registreringsverktøyet.

anomalier, og på den andre siden en minskning av sjakting i områder hvor det er få eller ingen tegn til anomalier som tolkes som arkeologiske strukturer. Totalt fører det til en mer effektivt bruk av tid og ressurser i felt. Søkesjakter blir lagt rett over anomaliene, og feltarkeologene kan raskt se hva slags type arkeologi det dreier seg

om. I enkelte av delprosjektene ble det også sjaktet i de områdene der de geofysiske undersøkelsene ikke hadde påvist anomalier. Dette for å kontrollere og kvalitetssikre at resultatene etter de geofysiske undersøkelsene var gode nok. Erfaringene viser at det ved usikkerhet bør legges inn tid slik at enkelte av resultatene fra de geofysiske undersøkelsene kan etterprøves.

Tolkede data fra de geofysiske undersøkelsene blir arkivert som GIS-filer. Arkeologene har dermed muligheten til å ta dataene fra de geofysiske resultatene i form av kart med seg ut i felt under maskinell sjakting. Dette gjelder både for rådata og tolkninger. Under registreringene for InterCity Nykirke–Barkåker i 2017 hadde arkeologene i fylkeskommunen kontinuerlig dialog med de som jobbet med de geofysiske undersøkelsene. Denne kommunikasjonen ble gjennomført ved utveksling av registreringer via digitale kartfiler i GIS. Denne dialogen fungerte som en kontinuerlig kalibrering av resultatene og prosessen underveis. Det nære samarbeid mellom fylkesarkeologene og de arkeologene som utførte de geofysiske undersøkelsene i InterCity-prosjektet fungerte særdeles godt (kap. 4.1.1 / 4.1.4).

I prosjektet Ringeriksbanen og E16 ble resultatene fra georadarundersøkelsene benyttet som underlag for Bfk's arkeologiske registreringer, og ble i enkelte,

lavpotensielle områder brukt som eneste registreringsmetode (kap. 4.1.3). Georadardataene var dermed med på å danne grunnlaget for fylkeskommunens registreringsstrategi, og inngikk som del av den helhetlige arkeologiske dokumentasjonen i prosjektet. Georadarundersøkelsene i 2018 påviste en rekke kulturminner, både enkeltstrukturer og større kulturminnelokaliteter. Bruk av georadar forenklet registreringene ved å erstatte konvensjonelle registreringsmetoder i enkelte områder.

De arkeologiske sjaktingene utført av Vfk. under IC-prosjektet i Vestfold viste at det var et generelt godt samsvar mellom georadardataene og det som ble avdekket i søkesjaktene (Nau et al., 2017a, Vestfold fylkeskommune, 2018). Selv om de fleste anomaliene ble avskrevet som arkeologisk irrelevante, var anomaliene refleksjoner fra faktiske strukturer i bakken. Disse representerte alt fra naturlig variasjon i jordsmonnet til menneskelige inngrep fra nyere tid. Kun i sjeldne tilfeller ble det registrert strukturer ved sjakting som ikke kunne sees i georadardataene. De geofysiske undersøkelsene bidro til å få oversikt over undersøkelsesområdene før sjakting, både med hensyn til eventuelle arkeologiske funn, men også tilstedeværelsen av geologiske strukturer som paleokanaler og grunnfjell, og moderne elementer som dreneringer, utfyllinger og andre strukturer som kan ha relevans for den videre registreringen. Disse resultatene gav grunnlag for sjaktestrategien og muliggjorde en mer målrettet sjakting i undersøkelsesområdene.

6.1.2 Effektive registreringsmetoder

Fylkeskommunene har ofte smale tidsvinduer i reguleringsaker. Spesielt de større infrastrukturprosjektene (vei og jernbane) viser hvordan tidlig bruk av geofysiske undersøkelser gjør det enklere å prioritere hvilke områder som bør velges ut for sjakting i planprosessen. Flere av de gjennomførte prosjektene viser at mindre bruk av maskinell sjakting medfører kortere periode med båndlegging av eiendom som jordbruksarealer, og dermed mindre ulemper for grunneiers virksomhet og mindre skade på dyrket mark. En følge av dette kan være reduserte kostnader for erstatningsutbetalinger til grunneiere.

Noen fylkeskommuner har nå vent seg til bruken av geofysiske undersøkelser. De har blitt sikrere i bruken av metoden og redusert omfanget av sjakteundersøkelsene, og i en del tilfeller latt være å undersøke områder som ikke viste funn fra georadarundersøkelsen. I InterCity-prosjektet mellom Nykirke og Barkåker i Vestfold sjaktet fylkesarkeologene 2,38 ha av de 48,7 ha dyrket mark undersøkelsesområdet utgjorde, noe som utgjør 4,1 % av det totale dyrkede arealet (se kap. 4.1.1). Dette utgjorde en betydelig reduksjon av det totale arealet som normalt blir sjaktet ved konvensjonell metodikk (10–15 %). I tillegg kommer det forhold at mange arkeologiske strukturer ved sjakting ville ha forblitt uoppdaget rett og slett fordi de ligger utenfor sjaktene. Fylkeskommunens arkeologer i InterCity-prosjektet

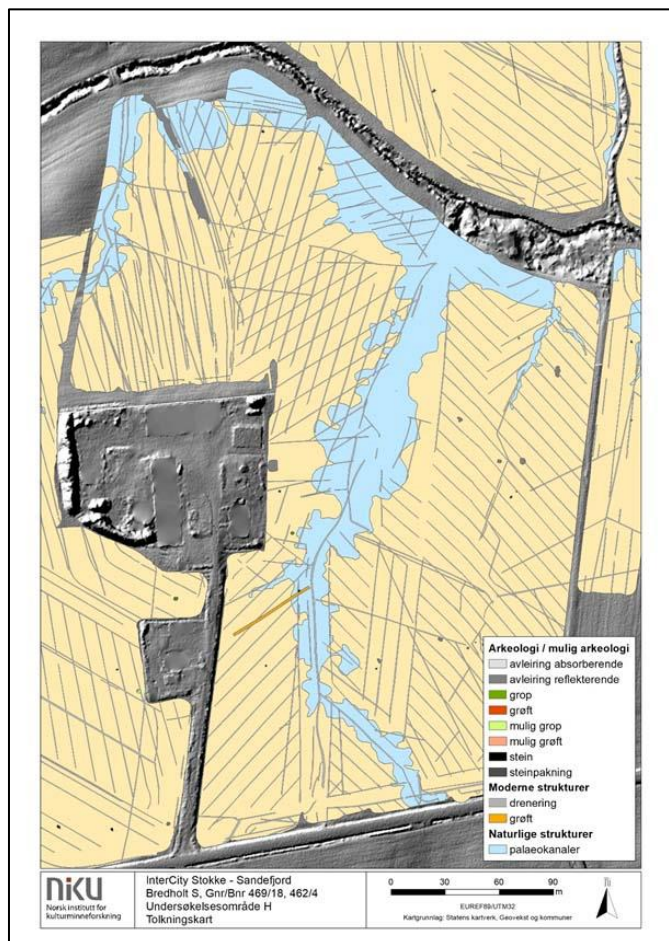
En del fylkeskommuner har nå vent seg til bruken av geofysiske undersøkelser. De har blitt sikrere i bruken av metoden med den følge at de sjakter mindre.

fremhevet georadardata som et svært viktig verktøy til registrering av arkeologiske strukturer i dyrket mark (Vestfold fylkeskommune, 2018).

AiV-prosjektene har tilrettelagt for deling av de geofysiske resultatene til andre instanser og aktører i veiprojektene. Dette for at dataene skal kunne få et bredere bruksområde enn det de har i dag. Så langt er disse mulighetene lite benyttet. I første omgang er det grunneierne som har bedt om oversikter over tidligere dreneringsgrøfter, men geofysikken viser også andre parametere, slik som dybden til grunnfjell (dersom fjellet da ikke ligger altfor dypt), ulike typer jordsmonn, utfylte paleokanaler, kabler og rør osv. (fig. 17). Mye av dette er verdifulle data som med fordel kan benyttes av flere parter i et veiprojekt.

Geofysiske undersøkelsesmetoder er effektive på den måten at det registreres større flater, og dermed større helheter av kulturminnene. Eksempelvis ble det i delprosjekt 2 for E136 i Møre og Romsdal påvist en rekke hittil ukjente kulturminner, hvis fulle utstrekning kunne bestemmes og avgrenses i større grad enn ved konvensjonell sjakting. Enkelte tidligere registrerte anlegg kunne også registreres i sin helhet. Der det kun var registrert små bosettingsspor i form av enkelte stolpehull ved sjakting, ble det påvist flere hele forhistoriske hus. Resultatet var mer effektiv registrering, men også at kulturminnene registreres med bedre kvalitet.

Ved å gjøre undersøkelser i ulike deler av landet har AiV-prosjektet vist at det er geologi og jordsmonnets beskaffenhet som i all hovedsak spiller inn og påvirker resultatene, sammen med klimatiske faktorer som fuktighet og temperatur i bakken. Dette er variabler en vil ha uansett hvor en er i landet. Effektiviteten, og til dels resultatene, påvirkes videre av undersøkelsesområdenes størrelse og beskaffenhet. Det må ikke være for kupert, og det må være kjørbare arealer som egner seg for geofysiske undersøkelser (dyrket mark, åker og beiteområder). Noe som selvfølgelig delvis kan kobles til geografi, eksempelvis store dyrkingsarealer som på deler av Østlandet, eller områder i Nord-Norge hvor det i all hovedsak ikke finnes store kornåkrer, men først og fremst mindre gras- og beiteområder.



Figur 17. Tidligere elveleier (paleokanaler) og dreneringsgrøfter tegnet ut etter geofysiske undersøkelser, illustrasjon Monica Kristiansen.

Forsøkene som er utført på vinteren viser at sesongen med fordel kan utvides, slik at det kan gjøres undersøkelser også vinterstid. Resultatene av vinterforsøkene har vært lovende, og det har vist seg at under enkelte forhold har arkeologiske strukturer kunnet identifiseres selv under så mye som 1 m tykk snø. Foreløpige resultater tyder på at de beste resultatene samles inn på frossen mark med tynt snødekke på overflaten. Imidlertid ser det ut til at alle områdene reagerer litt forskjellig på fuktighet. Noen steder ser man de arkeologiske strukturene like godt uansett hvor fuktig det er, mens andre steder blir kontrasten i datasettene jevnet ut hvis det er veldig fuktig. Geofysiske undersøkelser vinterstid vil kunne gi kostnadmessige besparelser og mer forutsigbar framdrift i større veiprojekter. Men da det vil kreve ideelle snø og vinterforhold, vil det på langt nær bli mulig i alle prosjekter.

Resultatene av vinterforsøkene har vært lovende, og i noen tilfeller kunne arkeologiske strukturer identifiseres under så mye som 1 m tykk snø.

6.1.3 Effektive planprosesser

Eksemplene i AiV-prosjektet peker i retning av at geofysiske undersøkelsesmetoder i mange tilfeller vil effektivisere planprosessen. Geofysiske undersøkelser tidlig i et registreringsprosjekt kan i mange tilfeller være et egnet verktøy for å gjøre de riktige prioriteringene. Bruk av georadar vil kunne avdekke arkeologiske kulturminner tidlig i prosessen, og de viktigste lokalitetene vil være kartlagt før sjaktingen begynner. Maskinell sjakting vil på bakgrunn av de geofysiske undersøkelsene kunne minimaliseres og utføres mer målrettet og effektivt.

Ved å gjennomføre geofysiske undersøkelser vinterstid vil en utvide sesongen betraktelig. Selv om det ikke er under alle forhold en kan kjøre georadar vinterstid, vil vinterkjøring under gode forhold kunne gi gode resultater. Dette vil kunne gi både tids- og kostnadmessige besparelser, fordi man får utnyttet vinteren i tillegg til de korte vår- og høstsesongene, og sommeren er som oftest båndlagt av avlingen på jordene. Hele prosjektet kan dermed gjennomføres innenfor et kortere tidsrom.

Dersom myndighetene i form av fylkeskommunen og det aktuelle landsdelsmuseum jobber sammen på et tidlig planstadium, vil registreringer og eventuelle dispensasjonsbehandlinger kunne gjøres samtidig. Dette gitt at det er utført geofysiske undersøkelser med gode resultater i forkant. Ved å utføre geofysiske undersøkelser før en starter registreringen på reguleringsplannivå, vil en i mange tilfeller kunne spare tid og gjøre avklaringer tidlig. I AiV-prosjektet har de geofysiske undersøkelsene som regel blitt gjennomført like før eller parallelt med fylkeskommunens registreringer, så prosessering og tolkning av georadardataene har blitt gjennomført kort tid etter datainnsamlingen og overlevert til fylkeskommunens arkeologer, som kunne bruke det i sine registreringer. Det vil være en klar fordel om de geofysiske undersøkelsene blir gjennomført før fylkeskommunen eventuelt setter i gang med sjakting.

Det forhold at geofysiske undersøkelsesmetoder korter ned perioden med båndlegging av jordbruksarealer, gjør at det blir mindre ulemper for grunneier. Dette vil innebære mindre skade på dyrket mark, noe som vil kunne gjøre samarbeidet med berørte grunneiere enklere og kanskje også mindre konfliktfylt.

6.1.4 Kostnader til arkeologiske registreringer

Da vi ennå ikke har nok eksempler på bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder i større infrastrukturprosjekter som vei og jernbane, er det for tidlig å gi klare tall på hvor mye en vil kunne spare i penger ved bruk av geofysiske undersøkelser. Resultatet vil helt klart være ulikt for små prosjekter versus de store infrastrukturprosjektene. I InterCity-prosjektet i Vestfold mellom Nykirke og Barkåker, som var et stort prosjekt, ble kostnadene for arkeologiske registreringer redusert med over 50 % som følge av metodevalget (kap. 4.1.1). Ved å ta i bruk geofysikk tidlig i prosjektet, aksepteres det en større kostnad innledningsvis, men det blir færre kostnader for tiltakshaver i det lange løp. Verdien av å være tidlig ute med inngrepsfrie metoder kan være store besparelser på sikt.

I InterCity-prosjektet i Vestfold mellom Nykirke og Barkåker ble kostnadene for arkeologiske registreringer som følge av metodevalget, redusert med over 50 %.

Det er verdt å merke seg at fylkesarkeologene i Vestfold og Telemark, basert på mange år med bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder, sjakter på en annen måte nå enn det de gjorde før de startet å bruke disse metodene. De sjakter mer målrettet, og helt klart mindre enn det de gjorde tidligere. Dette har de erfart er tilstrekkelig, selv om de sjekker ut mange av de geofysiske undersøkelsene ved hjelp av maskinell avdekking i etterkant, og i tillegg åpner referansesjakter i funntomme områder.

I dag sjaktes det i en rekke områder som etter endelig trasévalg viser seg ikke å berøres av utbyggingsprosjektet. Ved bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder kan dette minimeres. Mindre inngrep i dyrkingsarealene enn ved tradisjonell maskinell sjakting vil gi en reduksjon i erstatningsutbetalinger til grunneiere. Sjaktingen endevender jorda, noe som påvirker jordkvaliteten negativt i mange år framover. Bruk av georadar, hvor en i mindre grad benytter seg av søkesjakter, vil altså kunne senke utgifter til grunneiererstatning.

Det er videre mulig å i større grad tilrettelegge for deling av de geofysiske resultatene til andre instanser og aktører i veiprojektene. Dette slik at dataene kan få et bredere bruksområde enn i dag (3.1.1, 4.1.1 eller 4.1.3). Eksempelvis prosjektet i Rogaland, som ikke fikk de beste arkeologiske resultatene, viste likevel at det med geofysikken var mulig å påvise og beskrive lokale grunnforhold. Det var her mulig å kartlegge berggrunnen der denne ligger tett opptil overflaten, noe som i mange tilfeller kan være interessant for flere aktører i et utbyggingsprosjekt. Dersom flere aktører og fagområder i et utbyggingsprosjekt kan dra nytte av de geofysiske undersøkelsene (se kap. 6.1.3), får resultatene en større verdi også rent økonomisk. AiV-prosjektet har sett

på mulig samkjøring med geologiske grunnundersøkellesmetoder (grunnboring) som gjøres av SVV. Men da metoden, slik den er satt opp med hensyn på arkeologiske kulturminner, ikke går spesielt dypt, kan den kun registrere grunnfjell som ligger grunt et par meter under overflaten.

Resultatene i AiV-prosjektet viser at metodiske endringer kan være med å senke utgiftene for utbygger. Det er likevel viktig at en ikke får et for ensidig søkelys på kostnader. Det primære for kulturminneforvaltningen er vernet og sikringen av kulturhistorisk kunnskap og verdier. Erfaringene her viser at bruken av geofysiske undersøkelsesmetoder vil gi bedre arkeologifaglige resultater og et faglig bedre beslutningsgrunnlag.

Generelt kan det sies at jo lenger ut i prosessen en er før kulturminnene oppdages, jo større er de totale kostnadene knyttet til kulturminneregistreringer.

6.1.5 Metodens begrensninger og utfordringer

Kjørbare forhold

Det må være kjørbare forhold for det utstyret som skal bære de geofysiske måleinstrumentene. Det kan eksempelvis være vanskelig å kjøre i de aller bratteste dyrkingsarealene. Geofysiske undersøkelser krever en relativt jevn overflate, og ikke for mange hindringer som eksempelvis busker og trær. Det kan heller ikke være for bløtt, slik at utstyret risikerer å sette seg fast. Nedbørsmengden gjør at det kan være vanskelig å kjøre for sent på høsten, men når det igjen blir frost kan det være fullt kjørbare forhold. Vinterforsøkene i dette prosjektet viser at en kan oppnå svært gode resultater vinterstid. Etter snøsmelting på våren må en vente til det tørker opp, og igjen blir kjørbare forhold på jordene.

Dyrket mark

Metodens kanskje klareste begrensning er at den først og fremst fungerer i dyrket mark. Og her er det noen utfordringer med tilgjengelighet. Bønder ønsker ikke at det kjøres på nysådd mark eller på stående avling, og det er umulig å kjøre på pløyd mark. Maskinen kan kjøre i relativt bratt lende, men overflaten må være jevn for å unngå støy i datasettene. AiV-prosjektet har i første omgang benyttet én type motorisert georadar,

*Georadaren ser ikke kulturminner!
Det er tolkningen av anomaliene som eventuelt gjør noe til en arkeologisk struktur.*

men det finnes andre håndholdte motoriserte systemer som fungerer bedre i noe mer ulendt terreng. Disse systemene har dårligere oppløsning, og som regel også mindre kapasitet, men de kan være med å fremskaffe brukbare data fra mer ulendte områder.

Ikke alt lar seg detektere

Prosjektets første undersøkelser på Askjum og Nordre Skuterud (kap. 2.2) viste klart at ikke alle arkeologiske strukturer lot seg påvise ved hjelp av de utvalgte metodene. Det var derfor behov for å gjøre ytterligere uttesting av fjernmålingsteknikkene for å

opparbeide et større erfarings- og forskningsgrunnlag omkring disse utfordringene. Resultatene fra georadarundersøkelsene viser at det er godt mulig å påvise flere kulturminnetyper med god nøyaktighet og presisjon, og dette ofte uten at det utføres ytterligere inngrep eller registreringer på stedet. Imidlertid gjelder dette arkeologiske kulturminner som har en størrelse og materiell sammensetning som lett lar seg detektere, og som i tillegg har en karakteristisk størrelse og form som ikke kan forveksles med geologiske, naturlige eller moderne formasjoner. Det er viktig å merke seg at fravær av arkeologiske funn i georadardataene ikke kan tas som bevis for at det ikke befinner seg slike strukturer i grunnen. Dette fordi det må være en tilstrekkelig kontrast mellom strukturen og undergrunnen for at den skal bli synlig i radardataene som en geofysisk anomali.

Fravær av anomalier i georadardataene må ikke tas som bevis for at det ikke befinner seg kulturminner i området. Georadar bør i de fleste tilfeller kombineres med konvensjonelle arkeologiske registreringsmetoder.

Vilje til satsing, og bestillerkompetanse

En bestiller bør være klar over metodens fordeler og begrensninger. Videre må en ha vurdert det arbeidet som skal utføres opp imot andre kjente metoder. Kunnskap om metoden, men også grunnforholdene på stedet, vær- og føreforhold vil være viktige parametere i planleggingen. Ofte vil en ende opp med en kombinasjon av flere metoder, eksempelvis LIDAR, georadar og til slutt begrenset sjakting. Selv om geofysiske undersøkelsesmetoder har vært i bruk her i landet over mange tiår, har det tatt tid for kulturminneforvaltningen å bli overbevist om metodikkens anvendelighet. Det må være vilje til å satse på å ta metodene i bruk, prioritere og å tilegne seg kompetanse på feltet.

Det finnes i dag ingen læresteder som underviser i temaet ved norske universiteter. Dette er en utfordring. Metodikken har kommet for å bli, og trolig vil volumet over tid bli større – og da er det nødvendig å øke samlet kompetanse. Universitetsmuseene har nevnt at de trenger mer kompetanse på feltet, slik at de selv har mulighet til å vurdere resultatene på en bedre måte. Dersom de skal vurdere spørsmål som gjelder fredning eller utgravning, og ikke minst budsjettere ved utgravning, er det viktig at de har nok kunnskap om den metodikken som er brukt ved registreringen.

Overdekking i form av planering, ras eller flom

Langs E6 i Gudbrandsdalen har arkeologene fra KHM funnet spor etter jernalderbosetning som ligger flere meter under dagens overflate (Gundersen et al., 2020). Så dypt får vi ingen resultater ved geofysiske undersøkelser. Signalet blir svakere jo dypere ned i lagene en kommer. En kan velge antenner med en lavere frekvens (signalet vil da gå dypere), men resultatene vil da bli så grove at arkeologiske kulturminner normalt ikke vil kunne detekteres. Også bakkeplanering vil kunne skape lignende utfordringer. Der massene fjernes, vil kulturminnene være borte, og der massene deponeres, vil de noen ganger dekke over kulturminner slik at de ikke nås ved hjelp av geofysiske undersøkelsesmetoder. Derimot er selve bakkeplaneringen noe som kan kartlegges ved geofysikk. Dette gir nyttig informasjon, og viser at man ikke behøver å sjakke i slike områder.

Våre undersøkelser i Romsdalen gav lignende utfordringer (kap. 3.1.2). Her lå det kulturminner i flere nivåer, under ras- og flommasser. Disse strukturene ble ikke påvist i georadardataene. Det er generelt vanskelig å tolke slike lokaliteter i det geofysiske materialet, og i tillegg kan en del nivåer ligge for dypt (Gustavsen et al., 2016c).

Satellittdekning

For de motoriserte systemene er det viktig med god satellittdekning, fordi georadarsystemene til enhver tid bruker posisjoneringsinformasjon med centimeterpresisjon. Ved noen av undersøkelsesområdene opplevde vi at GPS-dekningen var såpass dårlig at vi ikke kunne fortsette med undersøkelsene før nye satellitter var i posisjon. Dette kunne gjerne ta 30–45 minutter, og enkelte ganger tok det flere timer. Slike utfordringer er per 2022 i ferd med å forsvinne, ettersom satellittdekningen er bedre, og i ferd med å bli like god over hele landet. Det finnes også andre posisjoneringsmuligheter, slik som bruk av totalstasjon, men disse er mer tidkrevende og kompliserte i bruk.

Jordsmonnets beskaffenhet

Prosjektene viser at lokale forhold som jordsmonn, fuktighet i jorda og nedbør er de viktigste faktorene for hvor god kontrast og dermed resultater en kan oppnå ved bruk av georadar. For mye nedbør og vann i bakken kan være problematisk, men også det motsatte, altså for tørre forhold. Generelt kan en si at det er viktig å være klar over skillet mellom sorterte vs. usorterte løsmasser. Eksempelvis vanlig morene kan være utfordrende, mens marine avsetninger enten fra sjø, vann eller elv ofte gir bedre resultater. Består jordsmonnet av store mengder magnetisk stein har det vist seg at magnetometer som regel er uegnet som registreringsmetode under norske forhold. Disse og andre forhold trenger vi bedre kunnskap om. Forhåpentligvis vil det pågående VEMOP-prosjektet bringe oss noe nærmere svar på en del av disse spørsmålene.

Arkeologisk tolkning

Selve tolkningen av anomaliene er også krevende. Botaniske forhold som røtter og rotvelter, podsolering, utvasking/anrikningsprosesser og vekst/uttørking av myr kan føre til variasjoner i tetthet i undergrunnen som kan gi utslag i GPR-data. Moderne menneskeskapte nedgravninger som dreneringsarbeid, bløthull som er blitt fylt igjen, bortsprengte røtter og stein, planering i moderne tid o.l., gjenfinnes også som anomalier i datasettene. Utfordringen er å skille disse fra arkeologiske strukturer som eksempelvis stolpehull, groper og gamle veifar. Det er derfor viktig at de geofysiske undersøkelsene og de påfølgende tolkningene gjennomføres av erfarne arkeologer med god kjennskap både til lokale arkeologiske forhold og geofysiske metoder. De vil da ha bedre forutsetninger for å gjenkjenne og tolke arkeologiske strukturer i datasettene.

Treffprosent

Ved en rekke prosjekter har metodikken blitt etterprøvd ved at fylkeskommunen i etterkant har sjaktet. I all hovedsak viser det seg da at geofisikken har påvist lokalitetene, men ikke alltid har fått med seg alle de arkeologiske strukturene. I noen prosjekter har analyser av georadarresultater blitt sammenlignet med resultater fra

etterfølgende flateavdekking, altså en full arkeologisk utgravning. Generelt er overenstemmelsen svært god, men ved enkelte av disse prosjektene har treffprosenten vist seg å være svært lav (under 10 %). Men det er her viktig å presisere at lokalitetene likevel har blitt påvist med georadaren under registreringen. Dette slik at de arkeologiske lokalitetene kunne tas hensyn til og avgrenses. Den senere flateavdekkingen har selvfølgelig fremskaffet langt flere detaljer innenfor den enkelt lokalitet (Gustavsen et al., 2020b).

Det er viktig i denne sammenheng å påpeke at geofysikk er ett av flere verktøy arkeologen kan benytte seg av. Geofysikk har aldri vært ment å kunne erstatte sjakting eller andre konvensjonelle metoder. Derimot kan den fungere som et tillegg som i mange tilfeller vil være et godt hjelpemiddel, og ikke minst være en metode for å prioritere hvilke områder som skal sjaktes og hvilke som ikke skal sjaktes.

Geofysikk har aldri vært ment å erstatte sjakting og/eller andre konvensjonelle metoder. Geofysikk undersøker store arealer, og er et egnet prioriteringsverktøy for videre undersøkelser.

6.2 Geofysikk som arkeologisk registreringsverktøy



Figur 18. Ikke alltid like lett å se arkeologien ved maskinell sjakting, foto Erich Nau.

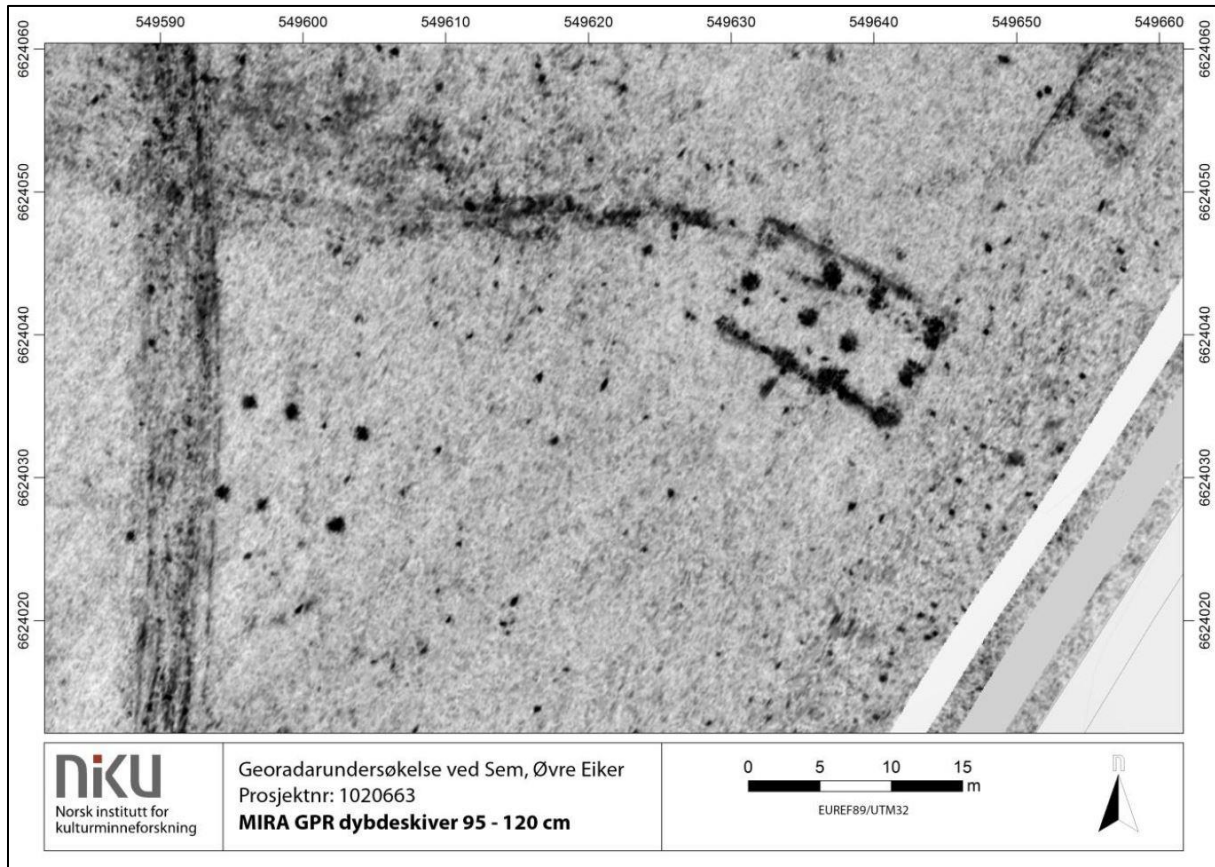
De første undersøkelsene i AiV-prosjektet, på Askjum og Nordre Skuterud i Akershus, viste at undersøkelsesplikten ikke nødvendigvis ble oppfylt kun ved bruk av inngrepsfrie metoder. Men med kombinasjonen av LIDAR, geofysiske metoder og søkesjakting var det mulig å fremskaffe et sammensatt bilde av kulturmiljøet som ikke hadde vært mulig kun ved bruk av tradisjonell registreringsmetodikk.

Arkeologisk geofysikk er ett av flere registreringsverktøy som brukes ved arkeologisk registrering. Med et knippe av ulike metoder kan arkeologen velge den eller de som passer best ved de ulike prosjektene. Vi har sett at arkeologisk geofysikk ikke alltid fungerer like godt, men i den sammenheng er det viktig å påpeke at også de konvensjonelle metodene har begrensninger. Eksempelvis vil store nedbørsmengder

eller ufordelaktige lysforhold under sjaktning kunne gjøre det vanskelig å identifisere og tolke arkeologiske strukturer (fig. 18).

En kombinasjon av leirholdig undergrunn bestående av leire og silt og store nedbørsmengder gjør registreringer vanskelig. De arkeologiske strukturene kan bli vasket bort og vanskelige å dokumentere.

En generell utfordring er at nye eller ukjente kulturminnetyper er vanskelige å påvise. Enten arkeologen studerer anomalier fra geofysiske undersøkelser, eller står og ser



Figur 19. Mulige rester etter forhistoriske hus under matjorda på gården Sem i Øvre Eiker, illustrasjon ved Monica Kristiansen.

rett ned i en maskingravet sjakt, er det lettest å oppdage kjente arkeologiske strukturer. Vi har i flere tilfeller erfart at en ser andre ting ved bruk av geofysikk, enn det en ser ved bruk av konvensjonelle metoder. Noen eksempler kan være en lintøygrop fra jernalder funnet i Vestfold, eller det som kanskje kan tolkes som nye hustyper eller konstruksjoner på gården Sem i Øvre Eiker (fig. 19) (Monica et al., 2016, Nau et al., 2017b).

En undersøkelse utført med georadar vil raskt kunne dekke et større areal. Arkeologiske strukturer mellom sjaktene vil kunne fanges opp, og en vil kunne få en større helhet: som eksempelvis et helt overpløyd gravfelt, hele hustuffer eller et gårdskompleks i stedet for enkelte stolpehull.

Resultatene vil alltid variere på bakgrunn av jordsmonnet og andre naturgitte forhold på lokaliteten som undersøkes. I tillegg til geologiske forhold er det graden av kontrast, som et resultat av jordens fuktighetsforhold, som synes å være det viktigste parameteret. Likevel vet vi ennå ikke nok om denne problematikken. En del av disse utfordringene kan likevel håndteres ved hjelp av praktiske innretninger, som det faktum at noen tider på året vil være gunstigere enn andre. Det er for tidlig å konkludere, men vårt referansemateriale så langt viser at våren, rett før jorda har tørket helt opp, kanskje er den beste perioden. Det sammenfaller dessverre med «midt i våronna», og en tid bonden ikke nødvendigvis ønsker for mye kjøring på jordene.

Det vil ved planlegging av prosjekter være en fordel dersom en har anledning til å komme tilbake til de samme områdene flere ganger. Dette kan eksempelvis være for å kjøre de områdene som var for våte ved første gangs forsøk. Dette betyr god planlegging av prosjektene, og ikke minst det å være tidlig ute. Vi har igjennom de siste årene sett at det å dele prosjektet opp i to, eksempelvis med undersøkelser både på våren og høsten, vil kunne være en stor fordel. På denne måten vil en også kunne håndtere forhold som eksempelvis at grunneier nettopp har pløyd, da georadarsystemene ikke kan kjøres på nypløyd mark. Eller at det har vært poteter på arealet det aktuelle året, noe som gjør arealet svært uegnet for geofysiske undersøkelser den høsten. Det kan også være en rekke andre grunner til at arealer i en periode ikke er tilgjengelig for undersøkelser, eksempelvis at en grunneier rett og slett ikke vil ha noen ut på jorden i det hele tatt. Det kan da dra ut i tid for å bli enig med grunneier om tilgang til arealene.

Et inngrep i marka som lett kommer fram i georadardataene er dreneringsgrøfter. Kartlegging av dreneringsgrøfter kan si noe om hvor mye av arkeologien som er ødelagt av moderne inngrep. Kartene kan også brukes til å forhindre at et tiltak som grunnboring ødelegger bondens dreneringsgrøfter.

I de nordligste fylkene og på Vestlandet består jordbruksarealene ofte av mindre og oppstykkete områder, noe som reduserer effektiviteten sammenlignet med andre landsdeler med større sammenhengende undersøkelsesområder. Dette sammen med logistikk, mer prosjektforberedelser og flere grunneieravtaler gjør undersøkelsene i slike områder mer tidskrevende.

For å levere et best mulig resultat er det viktig med et tett samarbeid mellom de arkeologene som gjennomfører de geofysiske undersøkelsene og fylkeskommunens arkeologer. Etter hvert som fylkeskommunene gjennom dette forskningsprosjektet har fått erfaring med metoden, har det generelt ført til en økende tiltro til geofysiske arkeologiske registreringer. Veien fra geofysiske data via tolkning til kulturminner krever en del kunnskap, og det er behov for mer kompetanse både i fylkene og resten av forvaltningen.

Spørsmålet om hvorvidt inngrepsfrie, høyteknologiske metoder kan erstatte konvensjonelle registreringsmetoder som sjakting, flateavdekking eller prøvestikking avhenger derfor av lokalitetens beskaffenhet og prosjektets problemstillinger. Undersøkelsesplikten kan som regel ikke oppfylles kun ved bruk av inngrepsfrie metoder, men med kombinasjonen av LIDAR, geofysiske metoder og søkesjakting er det mulig å fremskaffe et sammensatt bilde av kulturmiljøet som ikke er mulig kun ved

Geofysiske metoder egner seg godt til innledende kartlegging av tiltaksområdene.

bruk av én registreringsmetode. Vi snakker altså om et både og, hvor geofysiske undersøkelsesmetoder er et viktig tilleggsværktøy ved siden av de tradisjonelle metodene.

Skal vi fullt utnytte det store potensial som ligger i bruken av geofysiske undersøkelsesmetoder, må det tilrettelegges for det. Undersøkelsene må komme i gang så tidlig som mulig i en planprosess, og helst før fylkesarkeologene starter opp å sjakte på reguleringsplannivå. Dette for å utnytte effekten av metodikken som prioriteringsverktøy, men også fordi det i et større prosjekt ofte vil kreve flere sesonger for å undersøke alle de aktuelle områdene.

7 Konklusjon

Bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder i arkeologien er på ingen måte noe nytt i Norge. Helt siden slutten av 60-tallet har det vært testet ut bruk av geofysiske undersøkelser i norsk arkeologi. Men det er først i løpet av de siste 10 årene at metodikken har kommet opp på et slikt nivå at vi har fått en rekke nye arkeologiske funn og georadaren virkelig har blitt et verktøy å regne med i arkeologifaget.

Veiutbygging er trolig det samfunnsmessige tiltaket som utløser flest arkeologiske undersøkelser. I størrelsesorden kan det være snakk om flere titalls millioner kroner i året bare på ett prosjekt. De arkeologiske undersøkelsene er hjemlet i kulturminnelovens § 9, undersøkelsesplikten, og derfor pålagt alle tiltakshavere å gjennomføre. Dagens metoder består i hovedsak av registreringsmetoder som overflateregistrering, prøvestikking, sjakting og flateavdekking. Disse metodene er ressurskrevende, og flere av metodene fører til inngrep i kulturminnene. Målsettingen med AiV-prosjektet har vært å teste ut hvilken nytteverdi nyere og mer avanserte metoder vil kunne ha i veiutbyggingsprosessen (planleggings- og gjennomføringsfasen), og om metodene vil kunne forenkle, effektivisere og forbedre kulturminneforvaltningen, samt å bidra til at flere kulturminner blir bevart. Prosjektet har søkt å utrede om de nyere metodene kan erstatte eller supplere tradisjonelle arkeologiske undersøkelsesmetoder, og på den måten minimere områder som skal sjaktes eller undersøkes på annen, konvensjonell måte. Svaret på dette er helt klart ja.

AiV-prosjektet har møtt en rekke utfordringer på veien. De geofysiske metodene er avhengige av kontrasten mellom de arkeologiske strukturene og deres omgivende materiale. Derfor ønsket man i prosjektet å innhente data fra forskjellige geologiske

forhold med ulike typer av forventet arkeologi. Nettopp derfor har det vært så viktig at dette prosjektet, i samarbeid med fylkeskommuner, har gjennomført georadarundersøkelse i forskjellige områder i hele landet de siste årene.

Det må kunne sies at det har vært en sunn skepsis fra mange aktører gjennom hele prosjektperioden. Skepsisen har ikke vært der uten grunn, og det har vært mange ulike utfordringer på veien, og resultatene har ikke alltid blitt like entydige. Men dette har også vært den drivende delen av prosjektet. Jakten på stadig bedre og mer entydige

Kulturminnevernet vil kunne ha stor nytte av bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder. Konklusjonen fra fylkeskommunene for nesten samtlige delprosjekter er at de geofysiske undersøkelsene har fungert godt som supplement til det konvensjonelle arkeologiske registreringsarbeidet.

resultater har forbedret metodikken betydelig. Samlet i dag er konklusjonen at kulturminnevernet vil kunne ha stor nytte av bruk av geofysiske undersøkelsesmetoder som et viktig verktøy ved registrering av arkeologiske kulturminner. Inntrykket etter mange års geofysiske undersøkelser er at fylkeskommunene, som har implementert metodikken i sitt registreringsarbeid, i all hovedsak synes dette fungerer godt som supplement til det konvensjonelle arkeologiske registreringsarbeidet.

Delprosjektene har gitt mange gode resultater, men metoden har ikke vært anvendelig alle steder og under alle forhold. Dette skyldes først og fremst ulike naturgitte forutsetninger i de ulike områdene som er undersøkt. Men også tid på året, og ikke minst nedbørsmengder, har vist seg å være særdeles avgjørende. I noen områder har det vært behov for mer sjakting i tillegg til de geofysiske metodene. I andre områder fikk vi svært gode resultater, og resultatene fra de geofysiske undersøkelsene ble dermed tilstrekkelige for å ta de nødvendige avgjørelser videre i en planprosess uten ytterligere sjakting. Vi kan ikke forvente at en ved hjelp av georadar vil kunne se alle detaljene i de arkeologiske sporene under bakken, men metodikken fanger opp de mest markante strukturene, som eksempelvis fotgrøfter, overpløyde gravhauger, hustufter, kokegroper og eldre veifar.

Et viktig resultat er erkjennelsen av at metodikken kan benyttes i hele landet. Det er ikke breddegraden eller om en er i innlandet, på fjellet eller langs kysten som er det vesentlige. Det viktigste er de lokale naturgitte forhold som geologi, jordsmonn, tid på året, nedbørsmengder og ikke minst typen arkeologi. Med hensyn til vær og lange vinterperioder i Nord-Norge anbefales det, i tillegg til vår- og høstsesongen, å bruke georadar på snø. Det vil både gjøre det enklere å undersøke større arealer, men også utvide feltsesongen betraktelig.

AiV-prosjektet viser hvordan inngrepsfrie metoder kan *supplere* og brukes *i kombinasjon med* tradisjonelle registreringsmetoder. Både de nye og de tradisjonelle metodene har sine fordeler og ulemper, og det bør settes søkelys på å implementere de ulike metodene på riktig sted, på riktig måte og til riktig tid i registreringsprosessen.

Ved større utbyggingsprosjekter er det ofte store arealer som skal registreres med hensyn på arkeologiske kulturminner. Som regel omfatter områdene ulike typer terreng, med ulike typer kulturminner, og gjerne med et varierende potensial for arkeologiske funn. Ofte skal også registreringen omfatte områder som ikke nødvendigvis vil berøres direkte av utbyggingen. I slike prosjekter brukes det i dag mye tid og ressurser på søkesjaktning i jordbruksarealer, samt overflateregistrering og prøvestikking i utmark, beiteområder og bebygde arealer. Undersøkelsene er tidkrevende og derav mer kostbare, og inngrepet i bakken er en ulempe for jordbruket og andre brukere av de berørte områdene. Inngrep i bakken kan også skade både matjord og arkeologiske strukturer.

AiV-prosjektet har vist at høyteknologiske metoder er godt egnet til innledende kartlegging av tiltaksområdene. Ved opptak og analyse av høyoppløselige data fra LIDAR, gjennomføring av storskala geofysiske undersøkelser og andre fjernmålingsdata, vil det være mulig å samle inn høykvalitetsdata som danner det første grunnlaget for den arkeologiske kartleggingen. Når dataene er analysert og tolket med hensyn til kulturminner, moderne strukturer, jordsmonn, topografi og andre geologiske forhold, vil kulturminneforvaltningen med dette som grunnlag kunne prioritere de områdene hvor ytterligere undersøkelser er nødvendig. Dette kan dreie seg om etterprøving av usikre anomalier, uttak av daterbart materiale fra detekterte kulturminner, nedprioritere/forkaste områder med lavt potensiale, samt prøvestikking eller søkesjaktning i områder hvor det ikke er observert automatisk fredede kulturminner i fjernmålingsdataene, men som likevel er vurdert som mulige funnområder.

Vi har det siste tiåret fått nyere verktøy i kulturminnevernets tjeneste. Dette handler ikke om kulturhistoriske verdier versus utbygger sine interesser. Målet må være å bedre forvaltningen av arkeologiske kulturminner, og samtidig finne løsninger som er fordelaktige for flere parter: utbygger, grunneiere og vernemyndighet.

Geofysiske undersøkelser vil ikke kunne erstatte de konvensjonelle metodene, men geofysiske undersøkelser vil være et viktig supplement ved arkeologisk registrering.

Hensikten med dette prosjektet har vært å utrede i hvilken grad geofysiske metoder kan erstatte eller supplere tradisjonelle arkeologiske metoder, med tanke på å effektivisere prosessene uten at kvaliteten på undersøkelsene reduseres. Svaret er at geofysiske undersøkelser ikke vil kunne erstatte de konvensjonelle metodene, men geofysiske undersøkelser vil være et viktig supplement ved arkeologisk registrering.

8 Framtidsperspektiver

Ved arkeologiske undersøkelser i dyrket mark vil trolig geofysiske undersøkelsesmetoder i framtiden bli standard, og en integrert del av forvaltningsprosessen. Dette er også i tråd med Stortingsmelding nr. 16 «Nye mål i kulturminnepolitikken», som vektlegger nettopp bruken av inngrepsfrie metoder: «Geofysiske undersøkelsesmetoder bidrar i mange tilfeller til kvalitetsheving av

kulturmiljøoversikter og til økt kunnskapsgrunnlag» (Miljødepartementet, 2020 s. 109). Nasjonal transportplan for 2022–2023 tar også opp tematikken med å begrense inngrep i kulturmiljø: «Virksomhetene skal også fortsette å utvikle og bruke nye metoder for inngrepsfrie undersøkelser, som vil kunne bidra til mer effektive arkeologiske registreringer ved gjennomføring av større prosjekter.» (Samferdselsdepartementet, 2021 s. 82).

8.1 Anbefaling

Prosjektet ender opp med en klar anbefaling om metodiske endringer. De nyere registreringsverktøyene er viktige for å oppfylle kulturminneloven § 9 – undersøkelsesplikten på en så god og effektiv måte som mulig. Riksantikvaren og Klima- og miljødepartementet bør stille krav til fylkeskommunene, slik at vi kan få en langt større integrering av fjernmålingsmetodene som en naturlig del av de arkeologiske registreringene i utbyggingsprosjekter.

Det bør tilrettelegges for at resultatene av de geofysiske undersøkelsene kan legges inn i en offentlig/felles database, for eksempel Riksantikvarens kulturminnedatabase «Askeladden», eller en annen webbasert løsning. En oversikt over hvor det er gjort geofysiske undersøkelser bør bli tilgjengelig via en kartserver. På en slik server bør forvaltningen også få tilgang til både rådata, prosesserte data og de arkeologiske tolkningene.

Prosjektet ender opp med en klar anbefaling om metodiske endringer. De nyere registreringsverktøyene er viktige for å oppfylle kulturminneloven § 9 – undersøkelsesplikten – på en så god og effektiv måte som mulig.

Det anbefales at resultatene fra AiV-prosjektet konkretiseres i en veileder hvor man kan hente informasjon om hvordan geofysiske metoder implementeres i større infrastrukturprosjekter. Aktører som er aktuelle brukere av veilederen kan være Statens vegvesen, Nye Veier, BaneNor, Avinor, kommuner, fylkeskommuner og øvrig kulturminneforvaltning. Utarbeidelse av veilederen er ikke en del av dette FoU-samarbeidet, men vil være helt nødvendig dersom flere skal kunne dra nytte av

Det anbefales at resultatene fra AiV-prosjektet konkretiseres i en veileder hvor man kan hente informasjon om hvordan geofysiske metoder implementeres i større infrastrukturprosjekter.

metodikken. En veileder vil være vesentlig for implementeringen av metodene i flere fylkeskommuner, men også for at kulturminnevernet som helhet skal få nok kunnskap til å kunne forstå, føle seg trygge på og utnytte potensialet i metodikken. Bestillerkompetansen, først og fremst hos fylkeskommunen, men også i

kulturminnevernet generelt, vil være sentral.

Forskermiljøene på Universitetsmuseene vil også ha behov for mer kunnskap dersom flere av disse skal komme i gang med geofysiske undersøkelser. Metoden bør brukes både som ledd i forvaltningsundersøkelser, men ikke minst også som en del av forskningen. I skrivende stund er det bare Vitenskapsmuseet NTNU i Trondheim og

Arkeologisk museum Universitetet i Stavanger som benytter seg av arkeologisk geofysikk i sitt arbeid. Teknologien og metodikken er såpass avansert at det trolig ikke er fornuftig at alle setter i gang med å utføre denne type undersøkelser. Det viktigste er bestillerkompetanse, og at enkelte miljøer spesialisere seg og dekker kommende behov.

8.2 Videre vei

Det er i dag få aktører som kan levere tjenester på storskala arkeologisk geofysikk i Norge. Dette FoU-prosjektet har vist at metodikken i mange tilfeller er svært effektiv, og oppdragsmengden må dermed forventes å øke i årene som kommer. Flere og flere fylkeskommuner har innsett at dette er et verktøy som kan gi verdifulle bidrag når det gjelder arkeologisk registrering av automatisk fredede kulturminner. Som denne rapporten viser, er metodikken med gode resultater benyttet i flere store infrastrukturprosjekter, både i forbindelse med vei- og jernbaneprosjekter. Ikke minst har det vært viktig at først Statens vegvesen, så i neste omgang Nye Veier, har sett fordelen av at potensialet til disse metodene i større grad utnyttes.

Slik vi ser det, er det fullt mulig å øke kapasiteten etter hvert som behovet blir større, men vilje til satsing må komme i god tid før prosjektene setter i gang. Metodikken krever både spesialkunnskap med tanke på bruk av teknisk utstyr og dataprogrammer, men også erfarne arkeologer som har fått anledning til å bygge opp riktig kompetanse over tid. Da bestillerkompetanse i forvaltningen er viktig, er det nødvendig at bruk av nyere teknologiske registreringsmetoder blir en naturlig del av undervisningen ved universitetene. Dette vil medføre at både utøvende feltarkeologer og de som jobber i forvaltningen kan bli bedre rustet til å forstå og anvende metodene. Men viktigst er nok viljen, det at kulturminneforvaltningen som helhet er åpen for bruk av nyere metoder.



Figur 20. Georadar på vei til nye veioppdrag, foto Erich Nau.

9 Referanser

- ANDERSON STAMNES, A. 2016. *The Application of Geophysical Methods in Norwegian Archaeology*. Phd, NTNU.
- ANDERSON STAMNES, A. & GUSTAVSEN, L. 2018. Avgrensning av arkeologiske kulturminner i dyrkamark. Metodevalg og forvaltningsimplikasjoner NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport 2018-13. *NTNU Vitenskapsmuseet arkeologisk rapport*. Trondheim.
- GABLER, M., GUSTAVSEN, L., NAU, E. & KRISTIANSEN, M. 2018a. Georadarundersøkelse langs Hålogalandsvegen 2017. Troms fylkeskommune. Delprosjekt 4 av FOU-prosjektet "Arkeologi i veien?". *NIKU Oppdragsrapport 11/2018*. Oslo: NIKU.
- GABLER, M., NAU, E., GUSTAVSEN, L. & KRISTIANSEN, M. 2018b. Georadarundersøkelser vinterstid, delprosjekt 5 av Fou-prosjektet "Arkeologi i veien". *NIKU Oppdragsrapport*. Oslo: Norsk institutt for kulturminneforskning.
- GABLER, M., TRINKS, I., NAU, E., HINTERLEITNER, A., PAASCHE, K., GUSTAVSEN, L., KRISTIANSEN, M., TONNING, C., SCHNEIDHOFER, P., KUCERA, M. & NEUBAUER, W. 2019. Archaeological Prospection with Motorised Multichannel Ground-Penetrating Radar Arrays on Snow-Covered Areas in Norway. *Remote Sensing*, 11, 16.
- GABLER, M., UHNÉR, C. O. J., SUNDET, N. O., HINTERLEITNER, A., NYMOEN, P., KRISTIANSEN, M. & TRINKS, I. 2021. Archaeological Prospection in Wetlands—Experiences and Observations from Ground-Penetrating Radar Surveys in Norwegian Bogs. *Remote Sensing*, 13, 3170.
- GUNDERSEN, I., LØCHSEN & MARTENSEN, C. & POST, J. R. 2020. Regional variasjon i en kulturhistorisk brytningstid. In: LØCHSEN, C. & AXEL, M. (eds.) *Ingen vei utenom. Arkeologiske undersøkelser i forbindelse med etablering av ny rv. 3/25 i Løten og Elverum kommuner, Innlandet*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- GUSTAVSEN, L. 2017. Georadarundersøkelse mellom Ottestad stasjon og Åkersvika. *NIKU Oppdragsrapporter 118/2017*. Oslo: NIKU.
- GUSTAVSEN, L. 2021. Georadarundersøkelse mellom Ski og Kråkstad. *NIKU Oppdragsrapporter*. Oslo: Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU).
- GUSTAVSEN, L., ANDERSON, S. A., FRETHEIM, S. E., GJERPE, L. E. & NAU, E. 2020a. The Effectiveness of Large-Scale, High-Resolution Ground-Penetrating Radar Surveys and Trial Trenching for Archaeological Site Evaluations – A Comparative Study from Two Sites in Norway. *Remote Sensing*, 25.
- GUSTAVSEN, L., NAU, E. & KRISTIANSEN, M. 2016a. Georadar undersøkelse langs E136 i Rauma kommune, Møre og Romsdal fylkeskommune. Delprosjekt 2 av FoU-prosjektet «Arkeologi i veien?». *NIKU Oppdragsrapport 139/2016*. Oslo: NIKU.
- GUSTAVSEN, L., NAU, E. & KRISTIANSEN, M. 2016b. Georadarundersøkelse langs E39 i Randaberg og Stavanger kommuner, Rogaland Fylkeskommune. Delprosjekt 1 av FOU-prosjektet "Arkeologi i veien?". *NIKU Oppdragsrapporter 78/2016*. Oslo: NIKU.
- GUSTAVSEN, L., PAASCHE, K. & RISBØL, O. 2013. *Arkeologiske undersøkelser: En vurdering av nyere avanserte arkeologiske registreringsmetoder i forbindelse med vegutbyggingsprosjekter*, Oslo, Statens vegvesen.
- GUSTAVSEN, L. & STAMNES, A. 2012. Arkeologisk geofysikk i Norge – En historisk oversikt og statusevaluering. *Primitive tider: arkeologisk tidsskrift*, 77–95.
- GUSTAVSEN, L., STAMNES, A. A., FRETHEIM, S. E., GJERPE, L. E. & NAU, E. 2020b. The Effectiveness of Large-Scale, High-Resolution Ground-Penetrating Radar Surveys and Trial Trenching for Archaeological Site Evaluations—A Comparative Study from Two Sites in Norway. *Remote Sensing*, 12, 1408.
- KRISTIANSEN, M., GABLER, M., GUSTAVSEN, L. & NAU, E. 2018. Ringeriksbanen og E16, Fellesprosjektet. Undersøkelser i Hole og Ringerike kommuner, Buskerud fylke 2018. *NIKU Oppdragsrapport 49/2018*. Oslo: NIKU.
- KRISTIANSEN, M., GUSTAVSEN, L. & GABLER, M. 2020. Fastlandsforbindelsen. *NIKU Oppdragsrapporter*. Oslo: NIKU.
- KRISTIANSEN, M., GUSTAVSEN, L. & NAU, E. 2015. Askjum og Nordre Skuterud. Arkeologiske undersøkelser ved bruk av høyteknologiske, inngrepsfrie metoder; LiDAR, georadar og magnetometer. *NIKU Oppdragsrapporter*. Oslo: NIKU.
- KRISTIANSEN, M., NAU, E., GUSTAVSEN, L. & GABLER, M. 2021. IC Stokke–Sandefjord, Georadarundersøkelser i forbindelse med planlagt dobbeltspor mellom Stokke og Sandefjord, Vestfold og Telemark fylke. *NIKU Oppdragsrapport*. Oslo.
- MILJØDEPARTEMENTET 2020. Stortingsmelding. Nye mål i kulturminnepolitikken, Engasjement, bærekraft og mangfold. In: MILJØDEPARTEMENT, D. K. K. O. (ed.). Oslo: Den Norske Stat.

- MONICA, K., ERICH, N. & LARS, G. 2016. Georadarundersøkelse ved Sem gård (73/3). Øvre Eiker kommune, Buskerud fylkeskommune. *NIKU Oppdragsrapport*. Oslo: Norsk institutt for kulturminneforskning.
- NAU, E., GUSTAVSEN, L., KRISTIANSEN, M., GABLER, M., PAASCHE, K., HINTERLEITNER, A. & TRINKS, I. 2017a. Motorized Archaeological Prospection for Large-Scale Infrastructure Projects – Recent Examples from Norway. *12th International Conference of Archaeological Prospection*. Archaeopress.
- NAU, E., KRISTIANSEN, M. & GUSTAVSEN, L. 2017b. IC Nykirke–Barkåker. Arkeologiske georadarundersøkelser i planlagt jernbanetrasé for dobbeltspor Nykirke og Barkåker, Vestfold fylke. *NIKU Oppdragsrapport 34/2017*. Oslo: NIKU.
- PAASCHE, K., GUSTAVSEN, L., KRISTIANSEN, M. & NAU, E. 2017. Arkeologi i veien? Hovedrapport. *NIKU Oppdragsrapport*. 03 ed. Oslo: Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU).
- PAASCHE, K. & SMÅDAHL, E. 2015. Prosjektplan FOU Arkeologiske undersøkelser "Arkeologi i veien?". Oslo: Statens vegvesen og NIKU.
- PAASCHE, K. & SMÅDAHL, E. 2019. Prosjektplan Arkeologi i veien fase 2. Oslo: Statens vegvesen og NIKU.
- SAMFERDSELSDEPARTEMENTET 2021. Nasjonal transportplan 2022–2033, Melding til Stortinget 20. In: SAMFERDSELSDEPARTEMENTET, D. K. (ed.). Oslo: Den Norske Stat.
- SCHEIDHOFER, P., TONNING, C., LIA, V., BALDURSDOTTIR, B., ASKJEM, J. K. Ø., NAU, E., KRISTIANSEN, M., TRINKS, I., GANSUM, T., PAASCHE, K. & NEUBAUER, W. 2017. Investigating the Influence of Seasonal Changes on High-Resolution GPR Data: The Borre Monitoring Project. *12th International Conference of Archaeological Prospection, Archeopress.*, 12.
- SCHNEIDHOFER, P. & NAU, E. 2019. Prosjektbeskrivelse: Environmental factors in minimal-invasive Cultural Heritage Management. The Vestfold Monitoring Project (VEMOP). Vestfold fylkeskommune NIKU.
- VESTFOLD FYLKESKOMMUNE 2018. Rapport, arkeologisk registrering, InterCity – Barkåker 2016–2017. Vestfold: Kulturarv, Vestfold fylkeskommune.

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

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

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

www.niku.no

NIKU Oppdragsrapport 46/202 46/2021

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

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

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

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

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