

UNDERSØKELSE OG MILJØOVERVÅKING AV ARKEOLOGISKE KULTURMINNER FRA STEINALDERBOPLASS VED HØYVIKHAUGEN, VADSØ, FINNMARK.

Sluttrapport 2017

Ove Bergersen, NIBIO & Vibeke Vandrup Martens, NIKU





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)

Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Telefon: 23 35 50 00

www.niku.no

Tittel Undersøkelse og miljøovervåking av arkeologiske kulturminner fra steinalderboplass ved Høyvikhaugen, Vadsø, Finnmark. Sluttrapport 2017	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 81/2017;NIBIO Vol. 3, 17/02115	Publiseringsdato 31.07.2017
	Prosjektnummer NIKU 1020309; NIBIO 8788	Oppdragstidspunkt 2014
	Forsidebilde NIKU & NIBIO fellesrapport. Foto © NIKU	
Forfatter(e) Ove Bergersen, NIBIO & Vibeke Vandrup Martens, NIKU	Sider 28	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Arkeologi	

Prosjektleder Vibeke Vandrup Martens & Ove Bergersen
Prosjektmedarbeider(e) Øivind Rise, Hege Bergheim
Kvalitetssikrer Hanne Ekstrøm Jordahl, NIKU & Trond Mæhlum, NIBIO

Oppdragsgiver(e) Seksjon for arkeologiske undersøkelser, Tromsø Museum (kontaktperson Anja Roth Niemi)

<p>Sammendrag</p> <p>Denne sluttrapporten presenterer resultater fra undersøkelse av jordprøver fra en boplass fra yngre og eldre steinalder i Vadsø, Finnmark (Tuft 1 ID 18734), utført i september 2014. Rapporten beskriver hvordan bevaringsforholdene i profilen var før den ble overvåket og i tidsrommet september 2014 til mai 2017. Målet for undersøkelsen var å kartlegge bevaringstilstand og bevaringsforhold ved hjelp av arkeologisk kulturlagsbeskrivelse etter Norsk Standard (NS9451:2009), prøvetaking og installere sonder som blant annet måler jordtemperatur, jordfuktighet (dvs vanninnhold) og redoks i tuften. Redoks er geokjemiske parameter som indikerer om det er stabile bevaringsforhold eller om det pågår aktiv nedbrytning. Profilveggen og kulturlagene viste i utgangspunktet dårlige bevaringsforhold for både organisk og uorganisk materiale. Overvåkingen innbefatter målinger av jordtemperatur, jordfuktighet og redokspotensial i jorda. Jordtemperaturen og jordfuktigheten følger årstidsvariasjonene, dvs. er direkte påvirket av lufttemperatur og nedbør. I starten av overvåkingen ble det målt oksiderende forhold, men etter økt jordfuktighet sank redokspotensialet noe og profilen ser ut til å gå mot noe mer anoksiske/anaerobe forhold. Data fra miljøovervåkingen indikerer at det ikke har skjedd noen forverring i bevaringsforholdene på steinalderboplassen etter undersøkelsen i 2014</p>

<p>Emneord</p> <p>Redoksforhold, bevaring, kulturminner, miljøovervåking, nedbrytning. Redox conditions, preservation, archaeological remains, environmental monitoring, degradation</p>

Avdelingsleder

Lise-Marie Bye Johansen, NIKU & Trond Mæhlum, NIBIO

Forord

Sluttrapporten er skrevet i samarbeid med NIKU på oppdrag fra Tromsø Museum. NIBIO har utført forundersøkelse av jordprøver og miljøovervåket arkeologiske kulturlag fra en steinaldertuft ved enden av flyplassen ved Høyvikhaugen i Vadsø i 2,5 år. I september 2014 ble det installert overvåkingsutstyr rett før utgravingen ble avsluttet og lukket. Hensikten med undersøkelsen og overvåkingen var å bestemme kulturlagenes bevaringstilstand og -forhold ved undersøkelsestidspunktet samt måle og vurdere mulighetene for bevaring av kulturlagene *in situ* over tid. Den rapporterte overvåkingen omfatter tidsrommet september 2014 til ut mai 2017.

Følgende personer har deltatt i prosjektet:

Prosjektering: Vibeke Vandrup Martens, NIKU og Ove Bergersen, NIBIO

Måletekniske arbeider i felt: Øivind Rise og Ove Bergersen, NIBIO

Laboratorieundersøkelser: Hege Bergheim og Ove Bergersen, NIBIO

Rapportering: Ove Bergersen, NIBIO og Vibeke Vandrup Martens, NIKU

Kvalitetssikring av rapporten: Trond Mæhlum, NIBIO & Hanne Ekstrøm Jordahl, NIKU



Miljøovervåking ble foretatt i midten av denne jordprofilen på steinalderboplassen ved enden av flyplassen ved Høyvikhaugen i Vadsø (Foto: Tromsø Museum)

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	5
	Bakgrunn	5
	Mål for undersøkelsene	6
2	Materiale og Metoder	7
2.1	Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner	7
2.2	Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode.....	7
2.3	Kjemiske analyseparameter	8
2.4	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	9
2.5	Felt og laboratoriearbeid.....	12
2.6	Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag.....	13
2.7	Installering av sensorer i kulturlag	13
2.8	Installering av datalogger	14
3	Resultater og diskusjon	16
3.1	Bevaringsforholdene i øvre og nedre del av profil fra Sørvest og Nordøst.....	16
3.2	Jordtemperatur målt i øvre og nedre del av profil fra sørvest og nordøst	18
3.3	Jordfuktighet og redoksforhold målt i øvre og nedre del av profil fra sørvest og nordøst...	20
3.5	Avvik i overvåkingsperioden.....	22
4	Konklusjoner.....	23
	Litteratur.....	25
	Vedlegg.....	26

Liste over figurer og tabeller

Figur 1. Området hvor steinaldertuftene ligger som groper i terrenget (Foto: NIBIO, Ove Bergersen) ..	5
Figur 2. Området som ble overvåket etter at utgravingen var avsluttet og sjakten fylt igjen. Profilveggen som ble overvåket lå på venstre side av bildet over. (Foto: NIBIO, Ove Bergersen)	6
Figur 3. Redoksforhold ved standard aktivitet fra ulike mikroorganismer (Brock, 1996).....	11
Figur 4. Arkeologer under arbeid i steinaldertuft. Profilen som ble overvåket er ytterkanten til venstre ved trillebår (se detaljer i figur 5 og 6) (Foto: NIBIO, Ove Bergersen)	12
Figur 5. Foto av profilvegg mottatt fra Tromsø museum og eget foto tatt i profilvegg nordøst og sørvest etter installasjon av sensorer. Profilveggen var meget krevende å installere utstyr i pga. mye sand og stein. Sensorene 1 og 3 er plassert i topp og 2 og 4 i bunn av profilen. (Foto: over Tromsø Museum, under NIBIO, Ove Bergersen).....	14
Figur 6. Foto illustrasjon av profil med sensorer og fiberduk. (Foto: NIBIO, Ove Bergersen).....	15
Figur 7. Overvåking av jordtemperatur (Over), medianverdien i toppen og bunnen av profilen fra sept. 2014 til mai 2017 (Under). Sammenstilt med middel utetemperatur per dag (data fra www.yr.no) .	19
Figur 8. Overvåking av jordfuktighet (Over), medianverdien i toppen, bunnen og hele profilen fra september 2014 til mai 2017 (Under). Sammenstilt med mm nedbør per dag (data fra www.yr.no).	20
Figur 9. Overvåking av redoksforholdene i toppen og bunnen av profilen september 2014 til mai 2017 sammen med medianverdien (Under). Sammenstilt med mm nedbør per dag (data fra www.yr.no). Sensor 2 står i en jordtype med mer sand (bedre drenering) og viser derfor forskjellig redoks forhold i hele perioden sammenlignet med sensor 4.....	21
Figur 10. Sammenligning av jordfuktighet og redoksforhold, medianverdien i toppen (over) og bunnen (under) av profilen sammenstilt med medianverdien for jordfuktighet hele profilen september 2014 til mai 2017. Sammenstilt med nedbør mm nedbør per dag (data fra www.yr.no).	23
Tabell 1. Skala for bevaringstilstand og Tabell 2 skala for bevaringsforhold i henhold til Norsk Standard, NS 9451:2009.....	8
Tabell 3. Konsentrasjonsnivåer for parameter fra S2 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold.....	11
Tabell 4. Oversikt over uttak av jordprøvene og plassering av sensorene ved ulike dybder (moh.).	15
Tabell 5. Kortfattet vurdering av bevaringsforhold fra ulike prøver etter S2 analyse.....	16
Tabell 6. Kjemiske forhold i ulike prøver fra kulturlag etter S2 analyse.....	16
Tabell 7. Kjemiske og fysiske forhold i prøver etter S2 analyse sammenstilt med vurdering av bevaringsforhold for organisk og uorganisk materiale. Arkeologisk tilstand ble vurdert av arkeologer ved Tromsø Museum.	17
Tabell 8. Resultater fra overvåkning av jordtemperatur, i måleperioden september 2014 til mai 2017. Resultatene er vist som min, maks, median og gjennomsnittverdi.....	18
Tabell 9. Resultater fra overvåkning av jordfuktighet i måleperioden september 2014 til mai 2017. Resultatene er vist som min, maks, median og gjennomsnittverdi.....	19
Tabell 10. Resultater fra overvåkning av redoksforholdene i måleperioden september 2014 til juli 2015. Resultatene er vist som min, maks, median og gjennomsnittverdi.....	22

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med oppsetting av sirklingslys ved Vadsø Lufthavn ble det i 2007 forvoldt skade på tre automatisk fredete kulturminner. Riksantikvaren fattet vedtak (08/01670-13) om sikring av de skadete delene av lokalitetene. Det innebar utgraving og dokumentasjon, revegetering og restaurering av kulturmiljø, samt miljøovervåking av bevaringsforholdene i en tuft på steinalderboplassen ved Høyvikhaugen. NIKU fikk i oppdrag å vurdere bevaringstilstand samt vurdere konsekvenser for bevaringsforhold ut ifra langtidsmålinger utført av NIBIO. NIBIO fikk i oppdrag å undersøke bevaringsforholdene på utvalgte prøver hvor det senere skulle overvåkes påfølgende 2 år. Utgravingen og prosjektledelse ble utført av Anja Roth Niemi og Janne Oppvang, Tromsø Museum.

I 2014 fikk NIBIO ansvar for installasjon av sensorer som måler jordfuktighet (dvs vanninnhold), jordtemperatur og redokspotensial. Redokspotensial er målinger av ulike kjemiske parameter som indikerer om det pågår aktiv nedbrytning eller om bevaringsforholdene er stabile, f.eks. om det er oksygen i kulturlagene eller ikke. Slik overvåking er tidligere satt i gang flere steder i Troms og Finnmark i tillegg til middelalderbyene Bergen, Trondheim, Tønsberg og Oslo, og det kan være et viktig verktøy for å se om kulturminner i jord kan bevares for fremtiden *in situ* (Martens 2016). En omfattende rapport er skrevet om utgravingen av Niemi og Oppvang (2014). Etter at arkeologene var ferdige med sin utgraving og dokumentasjon fikk NIBIO tatt ut jordprøver for å karakterisere fysiske og kjemiske egenskaper slik at vurdering av bevaringsforhold i profilveggen kan utføres. På grunn av akutt sykdom fikk ikke NIKU deltatt i feltarbeidet og vurderingen av bevaringstilstand ble derfor overlatt til arkeologene fra Tromsø museum. Figur 1 og 2 viser området etter installasjonsarbeidet var utført, men før restaurering og revegetering av områdene etter utgravingene. Restaureringen ble utført av NIBIO avd. Nord ved Christian Uhlig (2015). Statusrapportering for første overvåkingsår ble levert Tromsø Museum (Bergersen 2015) og denne sluttrapporten bygger videre på disse resultatene.



Figur 1. Området hvor steinaldertuftene ligger som groper i terrenget (Foto: NIBIO, Ove Bergersen)

1.2 Mål for undersøkelsene

I denne rapporten beskrives jordkjemiske analyser, vurdering av bevaringsforhold ut ifra jordprøver og overvåkingsdata fra steinaldertuften i perioden september 2014 til mai 2017. Jordanalysene informerer om kvaliteten på bevaringsforholdene for organisk og uorganisk materiale i en av profilveggene på steinalderboplassen. Langtidsovervåkingen i kulturlagene gir informasjon om stabiliteten og bevaringen til profilen og de tilstøtende uforstyrrede kulturlagene over noe lengre tid etter utgravingen.



Figur 2. Området som ble overvåket etter at utgravingen var avsluttet og sjakten fylt igjen. Profilveggen som ble overvåket lå på venstre side av bildet over. (Foto: NIBIO, Ove Bergersen)

2 Materiale og Metoder

2.1 Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner

I rapporten blir det brukt uttrykk som trenger en forklaring fordi de brukes forskjellig i ulike fagområder eller de er lite kjent.

Kulturlag: Lag med materiale knyttet til menneskelig aktivitet. Kulturlag kan variere meget i form, utseende, sammensetting og innhold beroende på lokalitet, tidsalder, type aktivitet og jordsmonn.

Steril grunn: Naturlig undergrunn, upåvirket av menneskelig aktivitet

Bevaringstilstand: Kulturlagenes nåværende tilstand avhengig av pågående og historisk nedbrytning.

Bevaringsforhold: Fysiske, kjemiske og mikrobiologiske forhold som er avgjørende for nedbrytningshastighet i kulturlag.

Redoksreaksjoner: Redoksreaksjoner består av to delreaksjoner, oksidasjon og reduksjon. Disse reaksjoner foregår vanligvis relativt langsomt, men i naturlige systemer fungerer mikroorganismer som katalysatorer slik at reaksjonene foregår mye raskere.

Redokspotensial: Redokspotensial måles i mV. Sannsynligheten for om det er oksiderende eller reduserende forhold. Ved målinger av redokspotensialet angir verdier høyere enn 100mV oksiderende forhold, mens verdier lavere enn 100mV indikerer reduserende forhold. Jo lavere verdi, jo mer reduserende er forholdene.

Aerobe/Oksiderende forhold: Forhold der luft (oksygen) er til stede. Ved aerobe forhold blir organisk materiale og reduserte uorganiske forbindelser oksidert av mikroorganismer som omsetter oksygen (sammenlignbar med menneskelig respirasjon). Ved aerobe forhold kan man forvente en høyere mikrobiell aktivitet enn ved anaerobe forhold.

Anaerobe/ Anoksiske forhold: forhold der luft (oksygen) er fraværende. Ved anaerobe forhold blir organisk materiale oksidert av mikroorganismer som omsetter nitrat, oksidert jern og mangan, sulfat eller oksidert organisk materiale i stedet for oksygen. I naturlige miljøer er anaerobe forhold ensbetydende med reduserende (reduktive) forhold, men i hvilken grad forholdene er reduserende, varierer.

Reduserende (reduktive) forhold: Avhengig av forbindelsen som blir redusert, snakker man om nitratreduserende, jern- og manganreduserende, sulfatreduserende og metanogene forhold. Jo mer redusert redoksforholdene er, jo lavere er den mikrobielle aktiviteten. Metanogene forhold er vanligvis svært gode bevaringsforhold for arkeologisk materiale.

2.2 Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode

Utgravingen av steinaldertuften er utført av Tromsø Museum ved arkeologene utgravingsleder Janne Oppvang og prosjektleder Anja Roth Niemi. Hvert kulturlag ble nummerert og beskrevet på tegning og på kontekstskjema. Bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009 (Tabell 1 & 2).

Tabell 1. Skala for bevaringstilstand og **Tabell 2** skala for bevaringsforhold i henhold til Norsk Standard, NS 9451:2009.**Tabell 1 – Bevaringsskala som angir tilstanden i kulturlaget**

Posisjon i relasjon til grunnvann	Bevaringsgrad					
	0 (Ingen)	1 (Elendig)	2 (Dårlig)	3 (Middels)	4 (God)	5 (Utmerket)
Over grunnvann (umettet sone) = A	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Overgangssone (fluktuerende vann) = B	B0	B1	B2	B3	B4	B5
I grunnvannet (mettet sone) = C	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Fyllmasser o.l. senere enn cirka år 1900	D0	D1	D2	D3	D4	D5

Tabell 2 – Skala for bevaringsforhold ved jordfaglige undersøkelser

Posisjon i relasjon til grunnvann	Bevaringsforhold				
	1 (Elendig)	2 (Dårlig)	3 (Middels)	4 (God)	5 (Utmerket)
Over grunnvann (umettet sone) = A	A1	A2	A3	A4	A5
Overgangssone (fluktuerende vann) = B	B1	B2	B3	B4	B5
I grunnvannet (mettet sone) = C	C1	C2	C3	C4	C5

Skalaen for tilstand (tabell 1) opererer med seks klasser, 0 til 5, der bevaringstilstanden er bedre jo høyere tall som angis. 0-verdi brukes utelukkende når bedømmelse ikke lar seg gjøre, eksempelvis ved et rent minerogent lag. I skalaen finnes i tillegg en bokstavkode som angir plasseringen av strata (lag) i forhold til grunnvannets nivå. I denne undersøkelsen er kategori "A – over grunnvann" blitt brukt. Skalaen for bevaringsforhold (tabell 2) opererer med fem klasser: 1 til 5, fra "elendig" til "utmerket", der forholdene er bedre jo høyere tall som angis.

2.3 Kjemiske analyseparameter

I rapporten beskrives bevaringsforholdene i kulturlagene ut i fra generell analyse: Grunnleggende parameter (S1) og miljøparameter (S2) i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009). Alle prøver ble analysert etter S2 analyseparameter. Hvorvidt sulfidanalyse er nødvendig blir vurdert etter at Ammonium/Nitrat/Sulfat og Fe (II)/Fe (III) resultatene er fremskaffet. Sulfidanalysen er tidkrevende og kostbar og når en påviser oksiderende forhold i prøvene er det lite hensiktsmessig å analysere for sulfid.

S1 Grunnleggende parameter: Måling av mengde tørrstoff, organisk innhold, ledningsevne og pH verdi: 25 ml oksygenfritt vann ble tilsatt til 10 g jordprøve. Prøven ble ristet i 1 time uten tilgang av oksygen. Etter at partikkelfasen hadde sedimentert, ble elektrisk ledningsevne målt i vannfasen. Ledningsevnen ble multiplisert med en faktor 3,6 i henhold til Shirokova et. al (2000) for å estimere ledningsevnen i jordmettet ekstrakt. Deretter ble pH-verdien målt i samme prøve.

Tørrstoffinnhold: En våt jordprøve med kjent vekt ble tørket ved 105 °C i 24 timer. Vekttapet etter tørkingen tilsvarer vannmengden i prøven. Tørrstoffbestemmelsen ble foretatt med tre replikater per prøve.

Glødetap: Tørket jordprøve ble forbrent ved 550 °C i seks timer. Vekttapet, også kalt glødetap, er et mål for andel organisk materiale.

S2 Miljøparameter: Analyser i henhold til analysepakke S2 inkluderer S1 analyser i tillegg til følgende uorganiske parameter:

Bestemmelse av to- og treverdige jern (Fe (II), Fe (III)): Mengden av redusert jern (II) og oksidert jern (III) bestemmes i henhold til en metode utviklet av Stookey (1970) som bruker ferrozine til bestemmelse av jern (II). Jordprøven ekstraheres med 0,5 molar saltsyre i anaerobt miljø. Jern(II) som lager en fargeforbindelse med ferrozine bestemmes fotometrisk. Jern (III) som befinner seg i ekstraktet blir deretter redusert til jern (II) ved hjelp av hydroxylamin og total mengde jern bestemt på samme måte som nevnt ovenfor. Jern (III) bestemmes som differanse av total jern og jern (II) i ekstraktet.

Sulfid: Sulfid bestemmes vanligvis i henhold til EPA-standardmetode 9030 og 9034. Ingen av prøvene i denne undersøkelse ble analysert for sulfid, siden alle prøvene var oksiderende med mye Fe III.

Sulfat: Jordprøven ble ekstrahert med vann og ekstrahert sulfat analysert ved hjelp av ionekromatografi. Analysen ble utført av Eurofins AS.

Nitrat og ammonium: Prøven ekstraheres med 2 mol/l KCl og analyseres ved hjelp av en TRAACS-800 autoanalysator som bruker en fargereaksjon til bestemmelse av nitrat- og ammoniumkonsentrasjon. Analysen ble utført av Eurofins AS.

2.4 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemiske og fysiske forhold, og at mikrobiologisk og kjemisk aktivitet er relativt lav. Stabile kjemiske og fysiske forhold fører til at naturlige gradienter (f.eks. hydrauliske gradienter eller konsentrasjonsgradienter), som ofte holder naturlige kjemiske prosesser i gang, avtar. Dette medfører langsommere nedbrytning av kulturlag.

I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale eller korrosjon av metaller parallelt med reduksjon av andre forbindelser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner og bruker denne energien til bl.a. oppbygging av biomasse. Mest energi får mikroorganismer hvis de kan

bruke oksygen til å oksidere organisk materiale. Noe mindre energi genereres hvis det brukes nitrat (NO_3^-) og enda mindre ved å bruke treverdige jern, Fe(III), fireverdige mangan, Mn(IV), sulfat (SO_4^{2-}) eller oksidert organisk materiale, se også figur 3. I naturen kan vi derfor observere at aerobe forhold med oksygen til stede, går over til nitratreduserende forhold når all oksygen er brukt opp. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før en får metanogene forhold.

Under metanogene forhold observerer man den langsamste nedbrytningen av organisk materiale, og minst oksidering av metallgjenstander. Raskest foregår nedbrytning av organiske gjenstander under aerobe forhold. Nedbrytningshastigheten vil som oftest avta i rekkefølge nitrat-, mangan-, jern-, sulfatreduserende til metanogene forhold. Oksiderende og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennetegner bra til utmerkede bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. I tabell 3 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det oransje markerte område vises nivåer av målte kjemiske parameter for typisk oksiderende forhold, men reduserende forhold er vist med blått.

Redoksførhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan). Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksiderende og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Ved slike forhold kan vi forvente at nitrogen foreligger i stor grad som nitrat og ikke som ammonium, jern foreligger som oksidert jern (III) og konsentrasjon av sulfid vil som regel være svært lavt. Hvis forholdene derimot er jernreduserende, vil all oksygen og nitrat allerede være brukt opp av mikroorganismer, og nitrogen vil foreligge som ammonium. Det vil kunne måles høyere konsentrasjoner av jern (II) i porevann og jord, men det er ikke ventet høye sulfidkonsentrasjoner. Redokspotensialet indikerer om det er stabile bevaringsforhold eller om det pågår aktiv nedbrytning i kulturlagene.

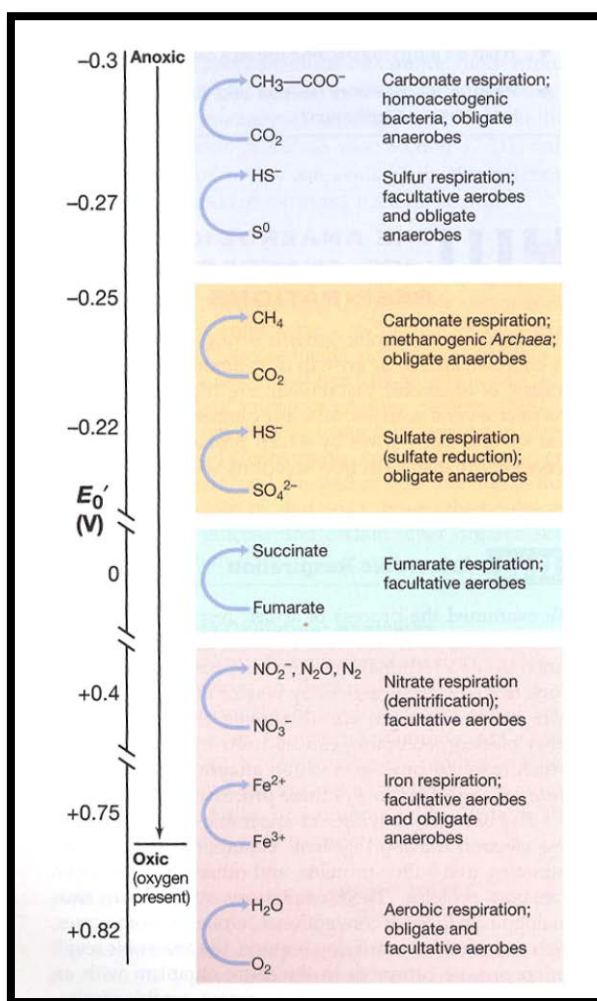
Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømning av (mulig oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene. Dessuten vil tilstedeværelse av giftige forbindelser kunne hemme nedbrytningen av organisk materiale.

Syre og løselige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein. Basiske forhold (høy pH) gir gode forutsetninger for bevaring av bein, mens de fleste andre organiske levninger forvitrer, særlig botaniske levner er sensitive for pH verdier (og bevares best under sure forhold, dvs lav pH).

Tabell 3. Konsentrasjonsnivåer for parameter fra S2 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold.

Nitrat	Ammonium	Sulfid	Jern (II)	Jern (III)	Redoksforhold	Bevaring
NO3	NH4	H2S	Fe2	Fe3		
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	Elendig
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitrat til oksiderende	Dårlig
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitrat til jernred.	Middels
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreducerende	Middels
Høy	Høy	Høy	Høy	Lav	Nitrat til sulfatred.	Bra
Lav	Høy	Høy	Lav	Lav	Sulfatreducerende	Bra
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatred. til metanogene	Utmerket

Reduserende forhold
 Oksiderende forhold



Figur 3. Redoksforhold ved standard aktivitet fra ulike mikroorganismer (Brock, 1996).

2.5 Felt og laboratoriearbeid

Jordprøver er tatt av NIBIO for videre kjemisk og fysisk analyse ved Ove Bergersen og Hege Bergheim. Måletekniske arbeider og installasjon i felt ved Øivind Rise og Ove Bergersen.

Feltarbeidet i forbindelse med miljøovervåking ble utført i september 2014 av NIBIO. Profilen var ferdig gravet av Tromsø Museum og illustrert i figur 4 & 5 før jordprøver ble tatt ut og utstyr for overvåking satt inn og montert sammen til et måleskap med logger, batteri og sender. Figur 5 viser plassering av hvor jordprøver ble tatt ut og hvor sensorene ble installert. Utstyret og datalogging ble kontrollert før profil ble fylt igjen etter at fiberduk ble lagt inntil profilveggene for å beskytte kulturlag og utstyr (Figur 5 & 6).

Det er en klassisk benyttet metode for arkeologer å legge fiberduk inn mot eksponerte profilvegger, før sjakten blir lagt igjen med det oppgravde materialet. Dessverre er det en svært dårlig løsning, om man ønsker å forlenge *in situ* levetiden for en lokalitet. Fiberduken slutter ikke tett inn til profilen, men danner vanligvis et hulrom. Dermed kan oksygen fritt trenge inn i profilen i full dybde. Det kan også være en forstyrrende faktor for overvåkingsinstrumentene. For å sikre videre bevaring, hadde det vært bedre enten å fylle igjen med de utgravde massene rett inn til profilen (så er det tilnærmedesvis samme forhold som før undersøkelsen) eller sikre profil og utstyr med et lag ikke-marin leire, som sikrer de gjenværende uforstyrrede kulturlagene mot eskalert drenering og eskalert inntrengning av oksygen (Martens 2016: 25-28). Da kan man legge fiberduk utenpå leiren som en markør for hvor inngrepet er gjort.



Figur 4. Arkeologer under arbeid i steinaldertuften. Profilen som ble overvåket er ytterkanten til venstre ved trillebår (se detaljer i figur 5 og 6) (Foto: NIBIO, Ove Bergersen)

2.6 Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag

Jordas varmekapasitet defineres som den varmemengden som skal til for å øke temperaturen i ett kilo jord med en grad. Vann har svært høy varmekapasitet (4,19 KJ/kg).

Varmekonduktiviteten (evnen til å lede varme) vil derfor være svært avhengig av vanninnholdet i jorda. En vannmettet jord med høy vannkapasitet (dvs. stor evne til å holde på vann, for eksempel leirjord) vil ha mye større evne til å lede varme enn en tørr jord.

Temperatursvingningene i tette jordarter (silt- og leirholdige) vil derfor være mindre enn for eksempel i sandjord og organisk, humusholdig jord. I det aktuelle område ønsket Tromsø museum og Riksantikvaren overvåking av temperatur, jordfuktighet og redoksforhold i 2 år for å se om de arkeologiske kulturlag er utsatt for svingninger og forandringer. Økt temperatur og svingninger i tørt og vått klima kan påvirke bevaringsforholdene for de arkeologiske kulturlag.

2.7 Installering av sensorer i kulturlag

Sensorer for måling av temperatur og fuktighet som ble installert var av typen TRIME-PICO 32 fra IMKO Modultechnik GmbH. Sensorene kan installeres horisontalt eller vertikalt i jord.

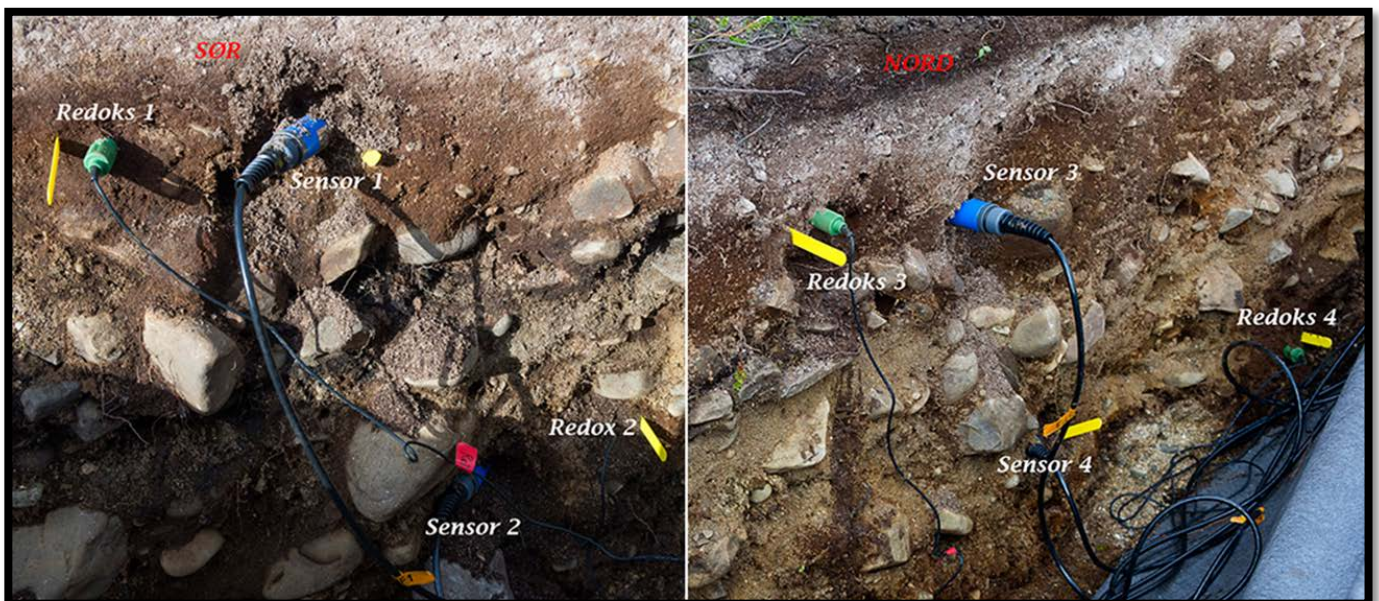
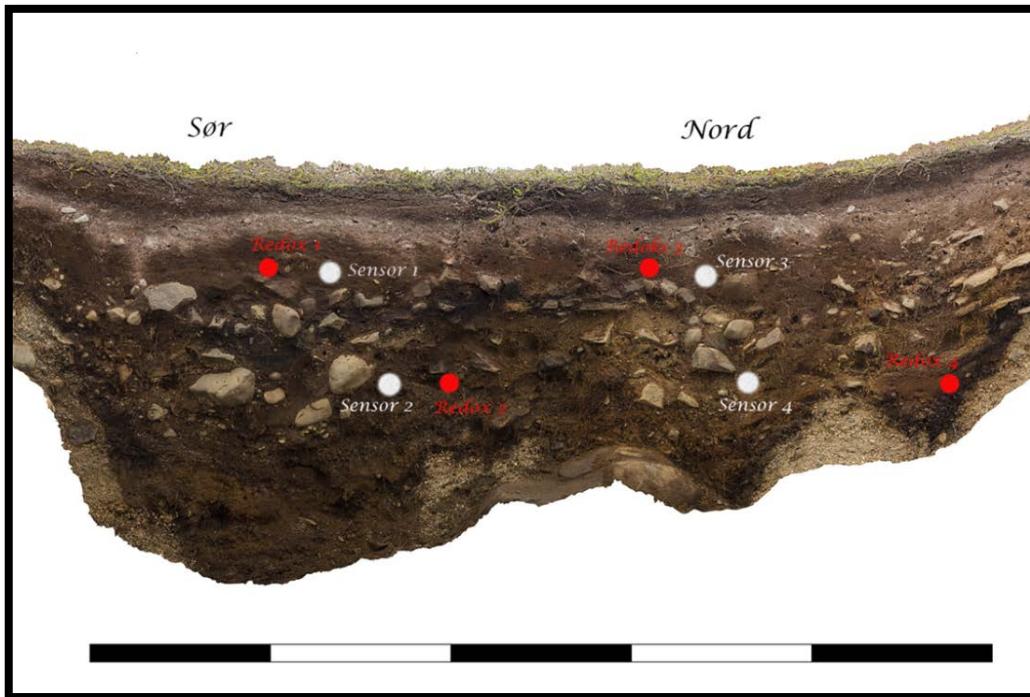
Informasjon om sensorene finner på www.imko.de.

Sensorene ble installert i ulike høyder av kulturlag i utgravde profiler i september 2014 (Figur 6). Plasseringen til sensorene var de steder hvor det ble tatt ut prøver fra arkeologiske kontekster for videre kjemisk-fysisk analyse. I tillegg til jordfuktighet/temperatur sensor, ble også redokssensorer installert (type Hanna instrument nr. HI2930B/5). Redokssensorene har både referanseelektrode og platinaelektrode i samme glass-sensor. Verdien og egen spenning ble justert med +171 mV. Måling av redokspotensialet gir informasjon om kvaliteten på bevaringsforholdene i området som blir overvåket. Jordfuktighet og jordtemperatur vil vise eventuelle fluktuasjoner når større mengder nedbør og frost påvirker profilen. Ut fra disse målingene vil det være mulig å se hvor stabile forholdene er i kulturlagene. Veksling mellom tørre og våtere perioder vil medføre at porene i profilen tilføres oksygen. Redoksmålinger vil si mer om hvordan bevaringsforholdene er i kulturlagene over tid. Oksiderende forhold med mye oksygen vil medføre nedbryting av organisk materiale med mindre det er svært lave temperaturer.

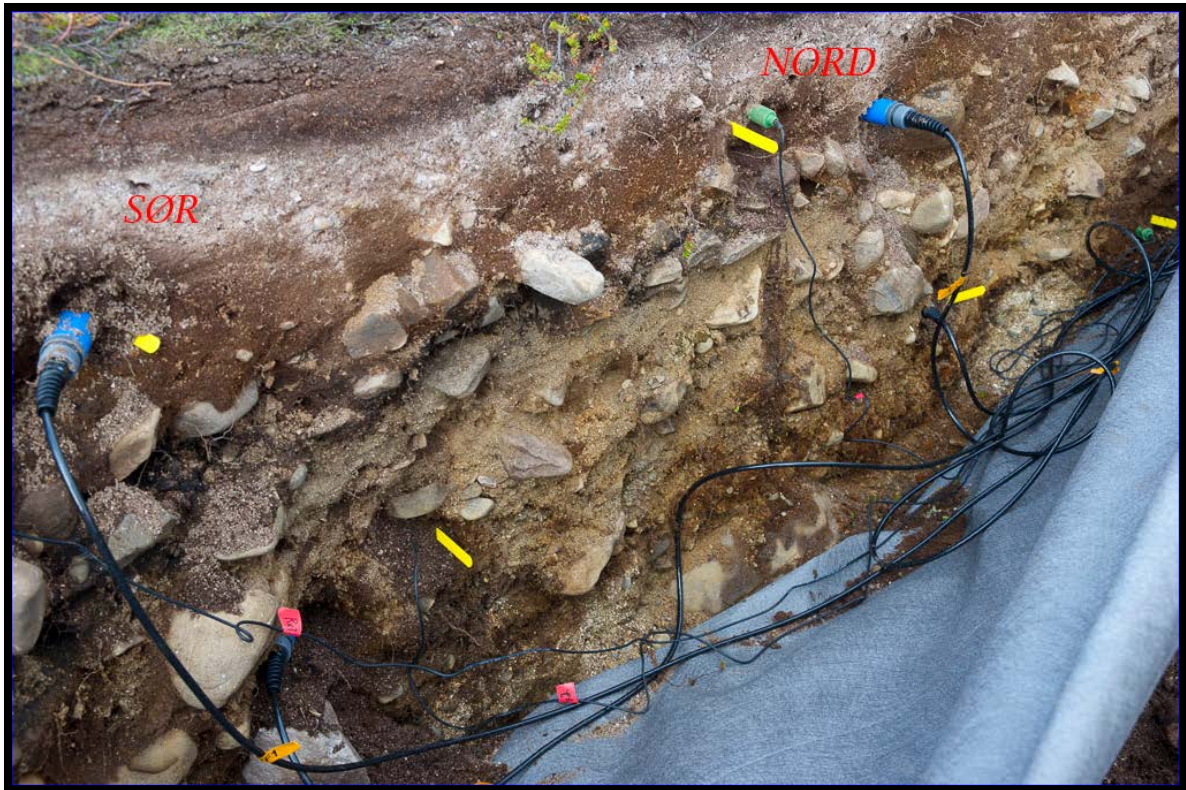
Sensorene ble installert i de ulike lagene ved først å bore opp et hull med jordbor med diameter som sensoren i ønsket dybde. Deretter ble sensoren trykket forsiktig på plass i bunn av hullet slik at metallstengene (lengde 11cm, diameter 0,35cm) hadde god kontakt med jorda. Sensorer ble stabilisert med masse slik at spenn og press på sensorhodene skulle unngås. Etter at datalogging var startet ble alle sensorer kontrollert med feltmåleutstyr slik at de viste samme jordtemperatur og fuktighet (Vedlegg 1). Z koordinatene i moh., hvor sensorene ble plassert, er vist i Tabell 4. Sensorene for jordtemperatur, fuktighet og redoks nummerert 1 & 2 ble plassert i sørvestlig del av profilen, mens sensorene nr. 3 & 4 ble plassert i nordøstlig del av profilen (Figur 5).

2.8 Installering av datalogger

Ledningene fra sensorene ble ført til et beskyttende skap (Figur 2) og koblet sammen til dataloggeren. Dataloggeren var en UniL og Com fra SEBA Hydrometrie (<http://www.seba-hydrometrie.de/en/applications.html>). Data overføres fra logger via GPRS (datatrafikk over mobil nettet) til internett. På denne måten kan utviklingen i redoks, temperatur- og fuktighetsforhold følges kontinuerlig fra en webside. For at god overføring av signaler skal kunne skje er en spesiell antenne koblet til. Loggeren tilføres strøm via et 12V batteri med lang levetid.



Figur 5. Foto av profilvegg mottatt fra Tromsø museum og eget foto tatt i profilvegg nordøst og sørvest etter installasjon av sensorer. Profilveggen var meget krevende å installere utstyr i pga. mye sand og stein. Sensorene 1 og 3 er plassert i topp og 2 og 4 i bunn av profilen. (Foto: over Tromsø Museum, under NIBIO, Ove Bergersen)



Figur 6. Foto illustrasjon av profil med sensorer og fiberduk. (Foto: NIBIO, Ove Bergersen)

Tabell 4. Oversikt over uttak av jordprøvene og plassering av sensorene ved ulike dybder (moh.).

Sensor nr	Soil Sample	Deep (m)	Deep (moh)
Sensor 1 - Sør topp	1	0.20	23.20
Redox 1 - Sør topp		0.19	23.21
Sensor 2 - Sør bunn	2	0.60	22.80
Redoks 2 - Sør bunn		0.55	22.85
Sensor 3 - Nord topp	3	0.23	23.17
Redoks 3 - Nord topp		0.18	23.22
Sensor 4 - Nord bunn	4	0.56	22.84
Redoks 4 - Nord bunn	5	0.63	22.82

3 Resultater og diskusjon

3.1 Bevaringsforholdene i øvre og nedre del av profil fra Sørvest og Nordøst

Tabell 5 gir en kort oversikt over vurdering av bevaringsforholdene i prøvene. Vurderingen er utformet på grunnlag av resultater vist i tabell 6 og 7. Disse tabeller viser fysiske forhold og kjemiske måleresultater fra laboratorieanalysene. Generelt ble det påvist lave konsentrasjoner av sulfat, ammonium og nitrat (mg/kg tørrstoff). Derfor ble forholdet mellom redusert form av jern og oksidert form viktig i vurderingsarbeidet. Lite sulfat og oksidert form av jern (Fe III) indikerte at analyser på sulfid var lite hensiktsmessig, og de er derfor ikke utført. Sistnevnte analyser er også særdeles tid- og kostnadskrevende.

Tabell 5. Kortfattet vurdering av bevaringsforhold fra ulike prøver etter S2 analyse.

Prøve og sensor nr	Lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold
Sensor1 - Sør topp	Lag 2	0.20	23.20	Lavt org. - og vanninnhold	Surt og lav	Oksiderende
Redox 1 - Sør topp	Lag 2	0.19	23.21			Oksiderende
Sensor 2 - Sør bunn	Lag 3-4	0.60	22.80	Lavt org. - og vanninnhold	Svakt surt og lav	Oksiderende
Redox 2 - Sør bunn	Lag 3-4	0.55	22.85			Oksiderende
Sensor 3 - Nord topp	Lag 2	0.23	23.17	Lavt org. - og vanninnhold	Surt og lav	Oksiderende
Redox 3 - Nord topp	Lag 2	0.18	23.22			Oksiderende
Sensor 4 - Nord bunn	Lag 3-4	0.56	22.84	Lavt org. - og vanninnhold	Surt og lav	Oksiderende
Redox 4 - Nord bunn	Lag 5	0.63	22.82	Lavt org. - og vanninnhold	Svakt basisk og lav	Oksiderende

Tabell 6. Kjemiske forhold i ulike prøver fra kulturlag etter S2 analyse.

Prøve og sensor nr	Lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Nitrate - N (mg/kg DM)	Ammonium-N (mg/kg DM)	Sulfat (mg/kg DM)	Sulfid (mg/kg DM)	Fe (II) (mg/kg DM)	Fe (III) (mg/kg DM)	% Fe (II)
Sensor 1 - Sør topp	Lag 2	0.20	23.20	0.3	0.4	7.3	n.d.	43	625	6%
Redox 1 - Sør topp	Lag 2	0.19	23.21							
Sensor 2 - Sør bunn	Lag 3-4	0.60	22.80	< 0.1	0.2	5.0	n.d.	40	200	17%
Redox 2 - Sør bunn	Lag 3-4	0.55	22.85							
Sensor 3 - Nord topp	Lag 2	0.23	23.17	0.3	0.3	5.2	n.d.	27	241	10%
Redox 3 - Nord topp	Lag 2	0.18	23.22							
Sensor 4 - Nord bunn	Lag 3-4	0.56	22.84	< 0.1	0.1	6.6	n.d.	20	34	37%
Redox 4 - Nord bunn	Lag 5	0.63	22.82	0.3	0.4	5.6	n.d.	28	234	14%

n.d. ikke analysert

Tabell 5 og 7 viser at innholdet av organisk materiale var meget lavt i alle prøver. Vanninnhold var også generelt lavt, men det ble påvist noe mer vanninnhold i toppsjiktet enn bunn. Øvre del av profilen er normalt påvirket mer av nedbør enn dypere lag. Redoksforholdene var oksiderende pga. tilstedeværelse av mer jern (III), mindre jern (II), lave konsentrasjoner av ammonium og nitrat i alle prøver (Tabell 6). Dette forklarer årsaken til at lite organisk materiale ble funnet og at bevaringsforholdene for dette materiale er dårlige.

Bevaringsforholdene for uorganisk materiale ble også vurdert som dårlige i hele profilveggen prøver fra både nord og sør, med unntak av redoksprøve nr. 4 tatt nær et kullag i bunnen i sør, hvor pH var på 7.5. Uorganisk materiale her vil ha medium bevaringsforhold. Slike forhold vil bedre kunne bevare metallgjenstander og bein. I de andre lagene vil materiale som bein og metaller ha dårlige forhold grunnet surere miljø. I prøvene fra lag 2 nord og sør, og 3 til 4 i nord ble det målt pH ned til 5, som er surt miljø. Slike forhold vil løse opp bein, og metallgjenstander korroderer over tid.

Generelt viser resultatene på jordkjemisk analyse at bevaringsforholdene var ganske like i hele profilen, i topp og bunn både i sørvest og nordøst.

Tabell 7. Kjemiske og fysiske forhold i prøver etter S2 analyse sammenstilt med vurdering av bevaringsforhold for organisk og uorganisk materiale. Arkeologisk tilstand ble vurdert av arkeologer ved Tromsø Museum.

Prøver / sensorer	Dyp		Stratum	Tørrstoff (%)	Organisk materiale (%)	Vann innhold (%)	pH	Ledningsevne uScm ⁻¹	Bevarings forhold			
	(m)	(moh)							Organisk materiale	Inorganisk materiale	Redoks forholds *	Arkeologisk tilstand
Sensor 1 - Sør topp	0.30	14.10	Lag 2	83	4.3	17	5.0	81	Elendig	Elendig	A1-A2	Dårlig
Redox 1 - Sør topp	0.05	13.75	Lag 2									
Sensor 2 - Sør bunn	0.20	13.60	Lag 3-4	95	1.7	5	6.2	91	Dårlig	Dårlig	A2	Dårlig
Redox 2 - Sør bunn	0.37	13.53	Lag 3-4									
Sensor 3 - Nord topp	0.38	13.52	Lag 2	88	2.4	12	5.0	51	Dårlig	Elendig	A2	Dårlig
Redox 3 - Nord topp	0.38	13.52	Lag 2									
Sensor 4 - Nord bunn	0.70	13.10	Lag 3-4	94	1.5	6	5.0	69	Dårlig	Elendig	A2	Dårlig
Redox 4 - Nord bunn	0.34	13.46	Lag 5	91	2.7	9	7.5	398	Dårlig	Medium	A2	Dårlig

	Lavt organisk materiale 10%
	Middels organisk materiale 10-25%
	Høyt organisk materiale 30-40%
	Lavt vanninnhold 10-20%
	Middels vanninnhold 30-40%
	Høyt vanninnhold 50-60%

	Elendig til dårlig
	Middels
	Bra til utmerket

	Oksiderende forhold
	Reduserende forhold
	* SOPS : NS 9451:2009

3.2 Jordtemperatur målt i øvre og nedre del av profil fra sørvest og nordøst

Overvåkingsresultater antyder en forskjell i fuktighet i topplaget sammenlignet med bunn, mens jordtemperaturen viser stabilt gjennomsnitt og fluktuierer lite med lufttemperaturen (Figur 7, Tabell 8). Nesten ingen målbar forandring i temperatur på 0,6 (øvre lag) til 1.0 °C (nedre lag) ble beregnet i tallmaterialet fra profil (Tabell 8). Høyeste temperatur var 14-15 °C i øvre kulturlag. Middeltemperaturen som ble målt i øvre del var 2.4 til 3.0 °C (Tabell 8). Lave verdier ble målt i vinterhalvåret, og det viser at i lengre perioder er profilen frosset, selv med lite snødekke i området. Snøen blåser ofte bort i dette området (lokal info). Lav temperatur virker positivt på bevaring av organisk materiale, men også på uorganisk materiale siden alle kjemiske prosesser går sakte ved lave temperaturer.

All mikrobiologisk forskning på naturlig nedbryting av organisk materiale viser at temperatur påvirker hastigheten, og spesielt fra 15 °C og oppover. Ved 10 °C skjer dette langsomt med oksygen til stede. Studier på nedbryting av organisk materiale (Hollesen et al. 2016; Petersén & Bergersen 2016) og undersøkelser utført ved Nationalmuseet i Danmark (Hollesen & Matthiesen 2011) viser at ved omkring 10 grader skjer det svært lite, men økning fra 10 og 15 grader øker nedbrytningshastigheten vesentlig, spesielt med oksygen tilgjengelig. Uten oksygen vil tungt nedbrytbart materiale, som for eksempel trevirke, være beskyttet over tid. I vintermånedene ser en at det er tele i hele profilen vist ved rett linje omkring 0 °C (Figur 7).

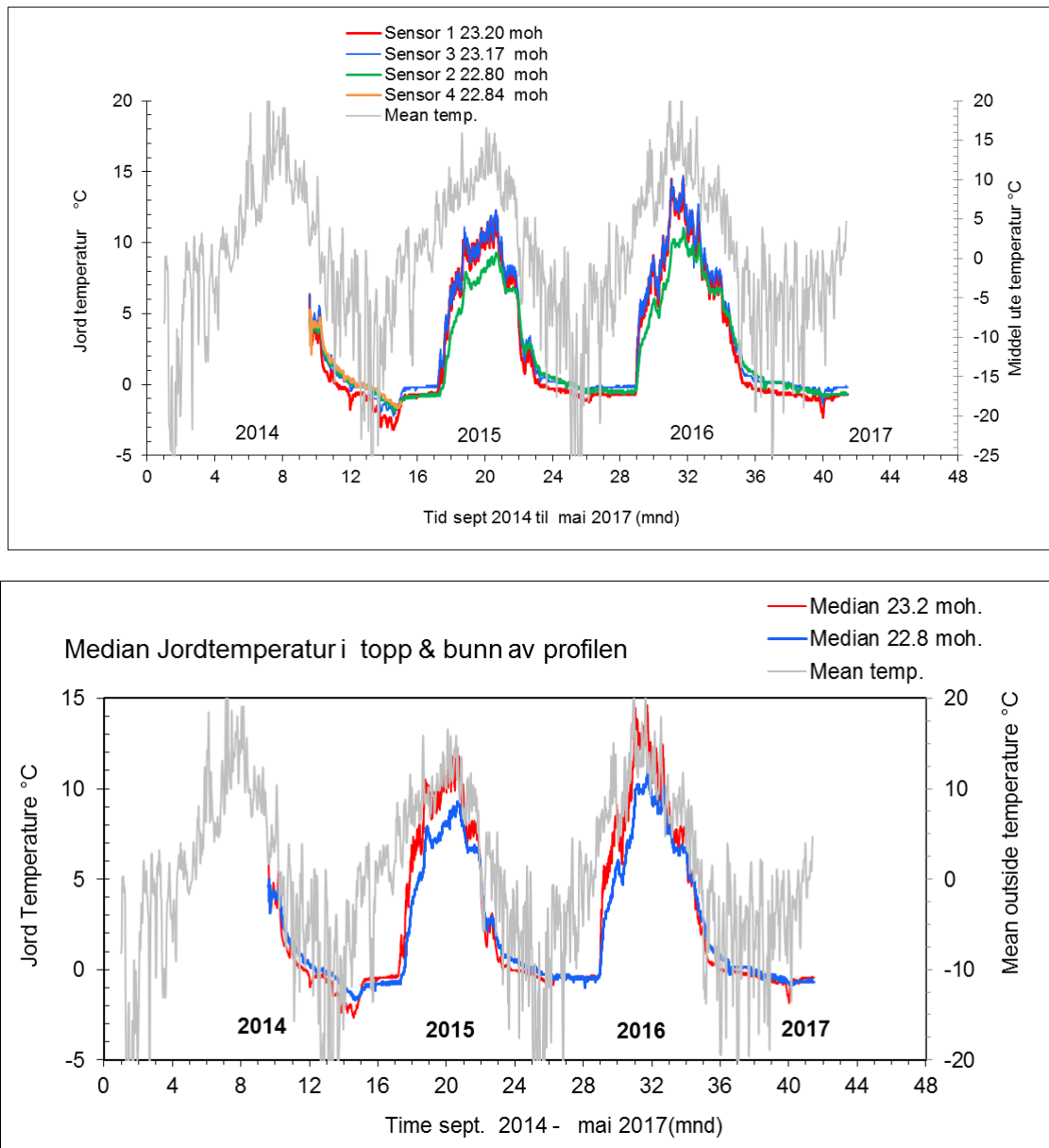
Tabell 8. Resultater fra overvåkning av jordtemperatur, i måleperioden september 2014 til mai 2017. Resultatene er vist som min, maks, median og gjennomsnittverdi.

Temperatur	Sensor 1	Sensor 3	Sensor 2	Sensor 4
2014-2017	23.20 moh	23.17 moh	22.80 moh	22.84 moh
	°C	°C	°C	°C
Min	-3.2	-2.2	-1.9	-1.7
Max	14.5	14.7	11.0	10.2
Median	-0.3	0.2	0.5	0.2
Average	2.4	3.0	2.3	1.3

Ofte kan dataserier fluktuere mye og derfor beregner vi også medianen¹ på dataseriene. Denne verdien gir en mer riktig verdi hvis datamaterialet svinger mye.

Høyeste jordfuktighet ble målt til i gjennomsnitt 30 % i øvre del av profilen, mens nedre del viste betydelig tørrere forhold på 9 % til 16 % ved sensor 4 nær kokegrop og er betydelig mindre påvirket av snøsmelting og nedbør (Figur 8, Tabell 9). Middels beregnet fuktighet var ca. 20 % i topp og rundt 5.3 % i bunn av profilen (Tabell 9). Jordfuktigheten fluktuerte betydelig mer i øvre del av profilen enn i nedre del (Figur 8), noe som ikke er unaturlig pga. nedbør i form av regn i sommerhalvåret. Lavere jordfuktighet ble målt i vintermånedene når profilen var frosset.

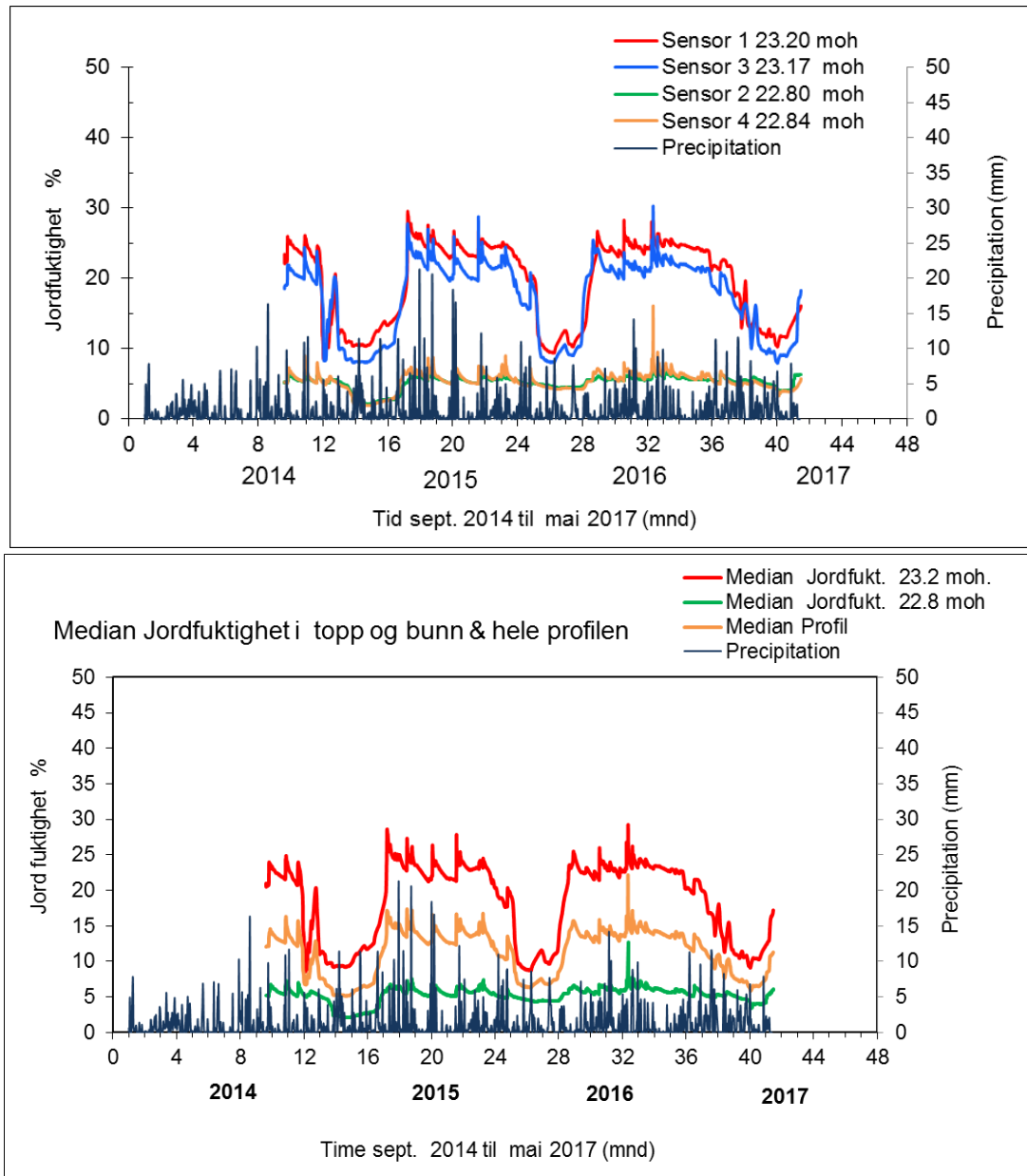
¹ Median verdi: I statistikk er median et sentralitetsmål som defineres som verdien til tallet som deler et utvalg i to deler slik at hver del har like mange elementer. Fordelen ved å bruke median i forhold til middel eller gjennomsnittverdi er at median er stabil overfor ekstreme observasjoner (som blant annet kan fremkomme ved målefeil).



Figur 7. Overvåking av jordtemperatur (Over), medianverdien i toppen og bunnen av profilen fra sept. 2014 til mai 2017 (Under). Sammenstilt med middel utetemperatur per dag (data fra www.yr.no).

Tabell 9. Resultater fra overvåking av jordfuktighet i måleperioden september 2014 til mai 2017. Resultatene er vist som min, maks, median og gjennomsnittverdi.

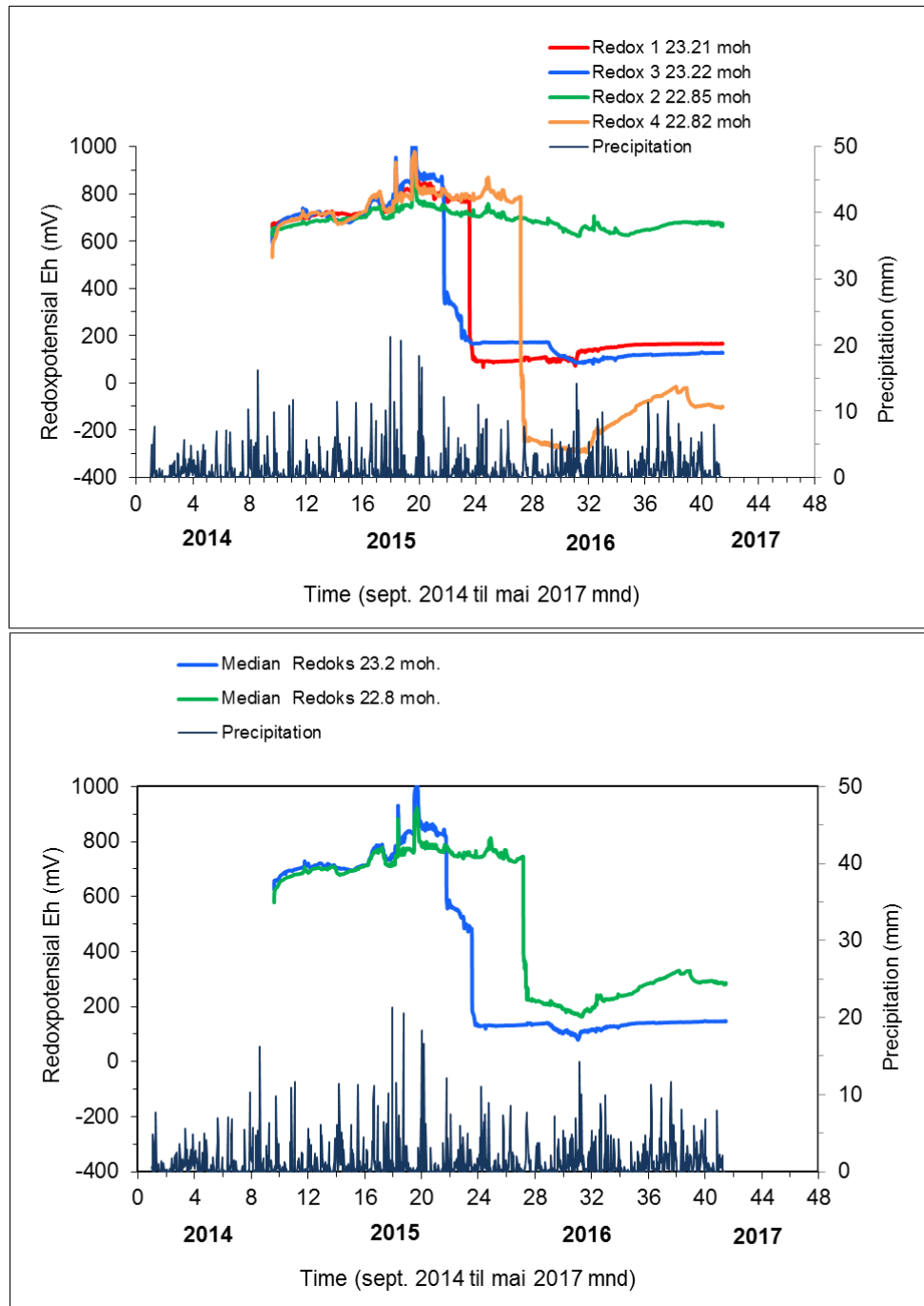
Moisture	Sensor 1	Sensor 3	Sensor 2	Sensor 4
2014-2017	23.20 moh	23.17 moh	22.80 moh	22.84 moh
	%	%	%	%
Min	8.6	7.9	2.2	1.9
Max	29.5	30.2	9.2	16.1
Median	22.6	20.0	5.5	5.5
Average	19.5	17.3	5.2	5.3



Figur 8. Overvåking av jordfuktighet (Over), medianverdien i toppen, bunnen og hele profilen fra september 2014 til mai 2017 (Under). Sammenstilt med mm nedbør per dag (data fra www.yr.no).

3.3 Jordfuktighet og redoksforhold målt i øvre og nedre del av profil fra sørvest og nordøst

Ut fra figur 8 ser en at jordfuktigheten holder seg høyere i øvre del enn bunnen av profil hvor det er betydelig tørrere gjennom hele måleperioden. Dette gjelder i hovedsak sommer og høstperiodene hvor jordfuktigheten steg opp til 20 - 30 %. Øvre del av profilen holder en viss jordfuktighet selv i nedbørfattige perioder.



Figur 9. Overvåking av redoksf forholdene i toppen og bunnen av profilen september 2014 til mai 2017 sammen med medianverdien (Under). Sammenstilt med mm nedbør per dag (data fra www.yr.no). Sensor 2 står i en jordtype med mer sand (bedre drenering) og viser derfor forskjellig redoks forhold i hele perioden sammenlignet med sensor 4.

Det er vanskelig å måle redoksf forhold i slike tørre stein- og sandrike profiler. Likevel har vi fått data som indikerer variasjoner mellom øvre og nedre del av profilen.

Vanninnholdet i kulturlagene ser også ut til å ha påvirket redoksf forholdene, som i starten av måleperioden lå mellom 600 -800mV, noe som indikerer oksiderende forhold. Slike forhold er ikke gunstige bevaringsforhold (Figur 9). En ser også at redoksf forholdene i øvre del sank i løpet av 2015 etter at profilen hadde stabilisert seg. I bunnen skjedde det samme for sensor 4 som var plassert nær

et område med forkullet materiale. Måledata fra denne sensoren har steget noe i 2016 etter perioder med mer nedbør. Lave redoksverdier kan være påvirket av andre kjemiske forhold som høyere pH og ledningsevne, sammenlignet med resten av profilen (Tabell 7).

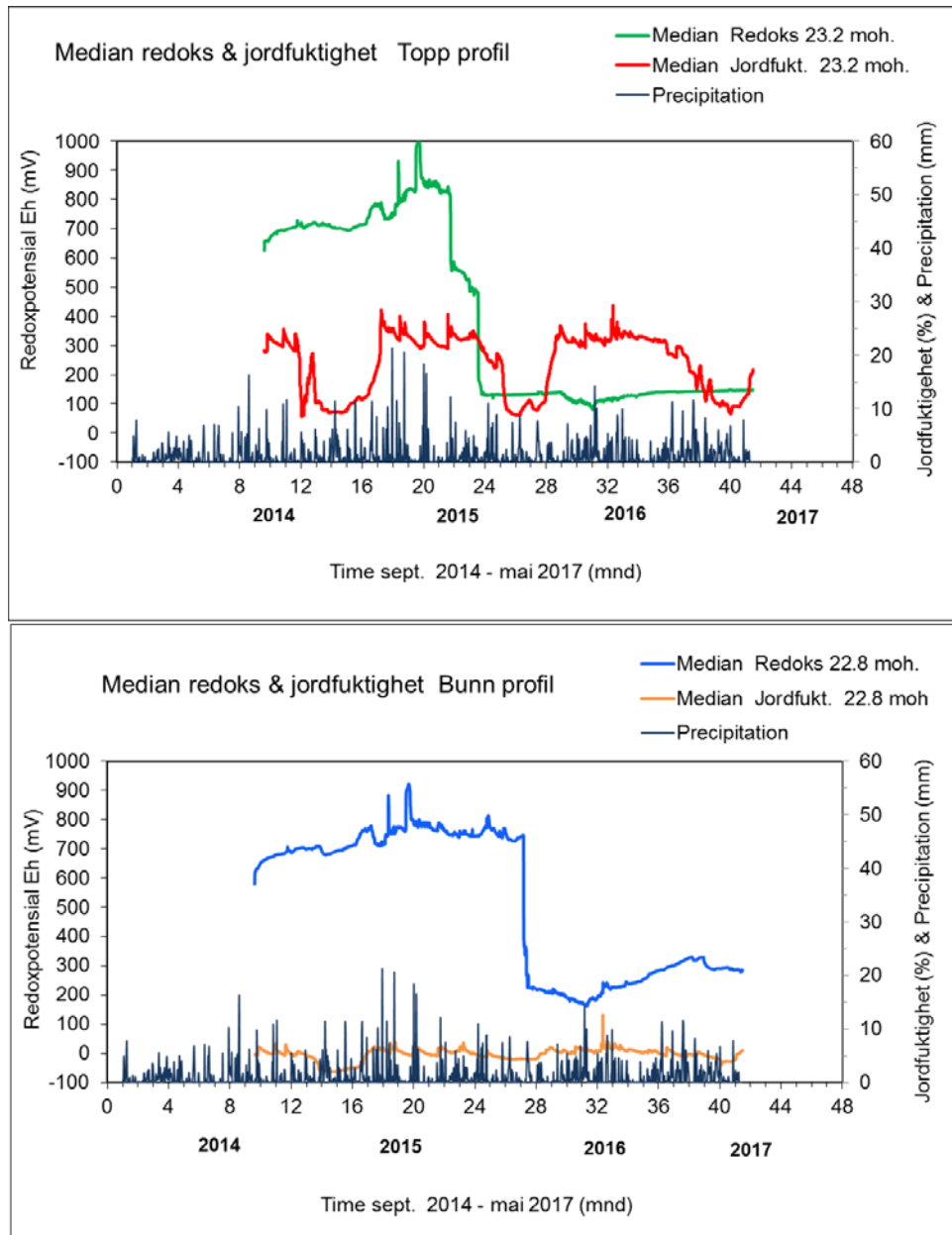
Redokssensor 2 i nedre lag (sørvest) viser stabilt høyere verdier i hele måleperioden, noe som tilsier tørre og oksiderende forhold. Nedbøren kan ha påvirket redoksmålingene i øvre del noe, men det er vanskelig å fastslå (Figur 10). Etter at profilen har stabilisert seg det første året har redoksverdiene sunket. All reduksjon i redokspotensial skjedde i perioder hvor fuktigheten i profilen frøs og tele oppsto. Derfor er det vanskelig å vurdere eksakt hva som vil skje videre fremover. Alle redoksverdiene viser variasjoner og ikke en og samme unormale verdi som det blir når det skjer skade på utstyr. Tabell 10 viser de målte verdier. Tallene er positive, og det betyr at det er oksiderende forhold i profilen.

Tabell 10. Resultater fra overvåkning av redoksf forholdene i måleperioden september 2014 til juli 2015. Resultatene er vist som min, maks, median og gjennomsnittverdi.

Redoks 2014-2017	Redoks 1 23.20 moh mV	Redoks 3 23.17 moh mV	Redoks 2 22.80 moh mV	Redoks 4 22.84 moh mV
Min	66	80	621	-295
Max	983	1036	865	978
Median	165	172	683	681
Average	404	379	688	347

3.5 Avvik i overvåkingsperioden

Alle sensorene har gitt fornuftige resultater i hele måleperioden, med unntak av temperatursensor nr. 4 som startet å gi ustabile verdier midt i måleperioden. Siden vi måler på samme nivå i topp som i bunn på profilen har vi valgt å illustrere medianverdien fra øvre og nedre del. Redoksverdiene sank i målepunkt 3 i 2015. Dette ser ut til å kunne være påvirket av frost og tele og at jorden er blitt redusert for oksygen. Hvis skade har skjedd på sensorene ville de alle vist samme unormale verdi og ikke variable verdier. Både fuktighet og temperatursensorer har nedre målegrense ved 0 til -1 °C. Disse sensorer er avhengig av å stå helst i fuktig jord, og vi har sett samme tendens i andre overvåkingsprofiler i Finnmark (Banjgohppi). Utstyret virker fortsatt og gir data så lenge det er strøm tilgjengelig. Hva som skjer videre i forhold til overvåkning av profilen bør diskuteres mellom NIKU, Tromsø Museum og Riksantikvaren. Opplading av batteriet er gjort i løpet av ei natt. Ut fra tilgjengelige måledata vil ikke NIBIO forvente å avdekke store forandringer fremover, siden profilen som dreneres godt, nå har stabilisert seg og påvirkes av temperatur og nedbør.



Figur 10. Sammenligning av jordfuktighet og redoksforhold, medianverdien i toppen (over) og bunnen (under) av profilen sammenstilt med medianverdien for jordfuktighet hele profilen september 2014 til mai 2017. Sammenstilt med nedbør mm nedbør per dag (data fra www.yr.no).

4 Konklusjoner

Alle jordprøver analysert fra utgravingen i Tuft 1 id. 18734, Høyvikhaugen, Vadsø kommune, Finnmark, har vist dårlige bevaringsforhold for botanisk organisk materiale. Lite botanisk organisk materiale ble observert i de tørre, porøse og oksiderende lagene. For uorganisk materiale (inkludert det zoologiske) ble det påvist i hovedsak elendige bevaringsforhold (og et enkelt med medium) grunnet lav pH. Bein og metaller bevares dårlig i surt miljø.

Overvåkingen innbefatter målinger av jordtemperatur, fuktighet, og redokspotensialet i jorda i tidsrommet september 2014 til mai 2017. Det er vesentlig å påpeke at dette er en rapport etter bare to og et halvt års målinger etter feltarbeid og prøvetaking. Fortsatt overvåking vil antakelig kunne nyansere og komplettere bildet, men det ser ut som at det er dårlige forhold for videre *in situ* bevaring av arkeologiske kulturminner.

- Alle analyserte jordprøver viser oksiderende forhold med lite organisk materiale og lavt vanninnhold, noe som indikerer dårlige bevaringsforhold for materiale av organisk karakter
- Uorganisk materiale som bein og metallgjenstander er heller ikke godt bevart i den typen kulturlag siden pH er nede i 5.0 (surt), med unntak av prøven ved redoks sensor 4 som inneholdt kull hvor pH ble målt til 7.5
- Profilen er tørrere i bunn (5 % fuktighet) enn i øvre del (19 %). Fuktigheten fluktuerte mer i øvre del av profilen, særlig under snøsmelting
- Redoksensorene viser oksiderende forhold, med gjennomsnittverdier fra 337 til 688mV, noe som ikke er unaturlig i slike tørre profiler med større porevolum og lite organisk materiale. Tørre jordprofiler gjør bevaring av organisk materiale vanskeligere ved at jordporene er fylt med oksygen og lagene får lett tilført oksygenrikt regnvann fra overflaten
- Redokspotensialet ser ut til å øke med økt fuktighet under snøsmelting og videre utover sommeren
- Overvåking så langt viser at temperatur i kulturlagene er påvirket ganske direkte av lufttemperatur i overvåkingsperioden. Temperaturen ser mer eller mindre lik ut i de ulike kulturlagene
- Profilen har stabilisert seg i måleperioden. Data fra miljøovervåkingen indikerer at det ikke har skjedd noen forverring i bevaringsforholdene på steinalderboplassen etter undersøkelsen i 2014.
- Måleutstyret virker fortsatt, men strømforsyning må vedlikeholdes. Videre overvåking av profilen bør diskuteres mellom NIKU, Tromsø Museum og Riksantikvaren. Det vil innebære mindre kostnader for vedlikehold av strømforsyning i tillegg til kostnader for tverrvitenskapelig tolkning av innkomne data.

Selv om de til nå målte verdier indikerer at bevaringsforholdene er stabile (men dårlige), vil vi anbefale fortsatt oppfølging av det installerte utstyret, da klimaendringer i form av økte temperaturer og endret nedbør fra snø til regn kan true lokalitetens fremtidige bevaring.

Litteratur

- Niemi, Anja Roth & Janne Oppvang (2014).** Høyvikhaugen, Vadsø K. Sikringsundersøkelse og retting av skader på boplass fra eldre steinalder, og tuft og bosetningsspor fra yngre steinalder. *Rapport fra Tromsø Museum- Universitetsmuseet*. Prosjekt nr A49169. 2014 75 pp
https://uit.no/om/enhet/tmu/vis?p_document_id=408153.
- Bergersen O. (2015).** Fysisk og kjemisk analyse av jordprøver for å vurdere bevaringsforholdene av kulturminner i forbindelse med arkeologisk utgraving i Vadsø september 2014. Ett års miljøovervåking av arkeologiske kulturlag fra utgravet profil. *Status Bioforsk rapport*. 10 juli 2015.
- Brock, T.D. (2006).** *Biology of microorganisms*. 11ed. Prentice Hall International editions, London, UK, 992 pp. 2006
- Uhlig, Christian (2015).** Revegetering og restaurering av kulturminnelokaliteten ved Høyvikhaugen, Vadsø, Finnmark. *Bioforsk avd Nord rapport* Vol 10. nr. 13 2015.
- Hollesen, J. & H. Matthiesen (2011).** The effect of temperature on the decomposition of urban layers at Bryggen in Bergen. *National museum of Denmark. Report no.* 11031048. 2011.
- Hollesen, J., H. Matthiesen, A.B. Møller & V.V. Martens (2016).** Making Better Use of Monitoring Data. *Conservation and Management of Archaeological Sites* Vol. 18 Nos 1–3: 116-125.
- Martens, V. V. (2016).** Preserving Rural Settlement Sites in Norway? Investigations of Archaeological Deposits in a Changing Climate. *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies* 16. VU University, Amsterdam.
- Norsk Standard 9451:(2009).** *Kulturminner. Krav til miljøovervåking og –undersøkelse av kulturlag*. Standard Norge 2009.
- Petersén, Anna Helena & Ove Bergersen. (2016).** In situ preservation in the unsaturated zone: Results from environmental investigations at the “Schultz gate” case study in the medieval town of Trondheim, Norway. *Conservation and Management of Archaeological Sites*; Vol. 18 Nos 1–3: 181-204.
- Rickard, D. & J. W. Morse (2005).** Acid volatile sulfide (AVS). *Marine Chemistry* 97:141-197.
- Shirokova, Y., I. Forkutsa, N. Sharafutdinova (2000).** Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in Central Asia. *Irrigation and Drainage Systems* 14:199-205.
- Stookey, L.L. (1970).** Ferrozine - A New Spectrophotometric Reagent for Iron. *Analytical Chemistry* 42:779-781.

Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr. Emne

1 Kontrollmålinger av jordtemperatur og jordfuktighet ved installasjon.

Vedlegg 1: Kontrollmålinger ved installasjonen. Jordfuktighet målt med feltinstrument er vist i parentes.

Prøve og sensor nr	Lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Jord temp. installasjon °C	Jord fuktighet installasjon %	Redoks installasjon mV
Sensor1 - Sør topp	Lag 2	0.20	23.20	7,7	22 (24)	456
Redox 1 - Sør topp	Lag 2	0.19	23.21			
Sensor 2 - Sør bunn	Lag 3-4	0.60	22.80	7.4	17 (20)	406
Redoxs 2 - Sør bunn	Lag 3-4	0.55	22.85			
Sensor 3 - Nord topp	Lag 2	0.23	23.17	8.0	15 (14)	383
Redoxs 3 - Nord topp	Lag 2	0.18	23.22			
Sensor 4 - Nord bunn	Lag 3-4	0.56	22.84	7.5	11 (13)	337
Redoxs 4 - Nord bunn	Lag 5	0.63	22.82			



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

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 81/2017;NIBIO Vol. 3, 17/02115

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