

Bioforsk Rapport

Vol 7 Nr. 80. 2012

Forundersøkelse og analyser av arkeologiske prøver for å vurdere bevaringsforhold i kulturlag ved Klypen Follobanen, Oslo

Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser

Ove Bergersen

Bioforsk Jord og miljø.



Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tlf: 03 246
Fax: 63 00 92 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

<i>Tittel/Title:</i> Forundersøkelse og analyser av arkeologiske prøver for å vurdere bevaringsforhold i kulturlag ved Follobane gjennom Klypen, Sørenga,, Oslo Jordfaglig vurdering av miljøforhold på bakgrunn av laboratorieanalyser.
<i>Forfatter(e)/Autor(s):</i> Ove Bergersen

<i>Dato/Date:</i> 12.06. 2012	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Lukket	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> Bioforsk 2110822	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr. Report No.</i> Vol 7 (80) 2012	<i>ISBN-nr.:</i>	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 14	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i> 2

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> NIKU hovedkontor i Oslo	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Petter Molaug
---	---

<i>Stikkord/Keywords:</i> Bevaringsforhold, kulturlag, redoksforhold Preservation, cultural heritage, redox conditions	<i>Fagområde/Field of work:</i> Arkeologi - Jordkjemi og Mikrobiologi Archaeology - Soil chemistry
--	--

<i>Sammendrag</i> Jernbanelinjen planlegger nytt jernbane dobbeltspor på strekningen Oslo - Ski. I den forbindelse ble det etter søknad fra Jernbanelinjen fattet vedtak av Riksantikvaren om at kulturlag skulle undersøkes ved prøveboring i deler av de aktuelle traseene. I områdene ved Koken ble det tatt ulike prøver fra 4 grøfteprofiler til undersøkelse på bevaringsforhold i kulturlag. Bevaringsforhold varierer fra dårlig til elendige i grøftene 1-4. Alle prøver viste oksiderende forhold og dårlig til elendige bevaringsforhold for organiske kulturminner i jord. Gjenstander som bein, metaller og keramikk vil være bevart siden pH i prøvene ikke viste et surt miljø med unntak av prøven i grøft 3. lag 4.
--

<i>Land/fylke:</i> Norge / Oslo	
<i>Kommune:</i> Oslo	
<i>Sted/Lokalitet:</i> Klypen	

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Trond Mæhlum, forskningssjef

Ove Bergersen, seniorforsker

Innhold

1.	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
2.	Materiale og Metode	5
2.1	Naturvitenskapelige definisjoner	5
2.2	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	5
2.3	Innhenting av prøver	8
2.4	Kjemiske analyseparameter	8
3.	Resultater	10
3.1	Vurdering av prøvene ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter	10
4.	Konklusjon	12
5.	Referanser	13
6.	Vedlegg	14

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Jernbaneverket planlegger nytt jernbane dobbeltspor på strekningen Oslo - Ski (Follobanen). Boringene eller gravingene som er gjennomført har hatt to hovedmålsetninger. Den ene er som en del av arbeidet med konsekvensutredning for Follobanen, utarbeidet av Jernbaneverket med Asplan Viak as som hovedkonsulent. Den andre er som en del av Riksantikvarens arbeide med å få oversikt over tilstanden for de middelalderske kulturlagene i Gamlebyen og for å kunne ha et utgangspunkt for evt. miljøovervåking av jordlagene i forbindelse med inngrep i Follobaneprojektet. NIKU har gjort bevaringstilstands undersøkelse. Resultatene av de arkeologiske undersøkelsene er beskrevet i egen rapport (Molaug, P. 2011).

Prøvene er tatt på østsiden av «Klypen», en jernbaneskjæring gravd ned gjennom kulturlagene og ned i steril undergrunn alt på 1870-tallet. I området har blitt delvis ødelagt ved byggingen av Loenga bro rundt 1960, og det viser seg at det er blitt satt i gang aktive dreneringstiltak fra veimyndighetene i 1965 for å hindre nedryting av betong i brokarene.

Jordprøver for jord-kjemiske analyser med henblikk på bevaringsforhold er valgt ut og tatt av ansvarlig arkeologi i felt som også har besørget at prøver er blitt pakket forskriftsmessig og sendt videre til analyse hos Bioforsk - Jord og miljø på Ås. Bioforsk - Jord og Miljø har mottatt 7 prøver til fysisk og kjemiske analyse som er tatt i forbindelse med utgravingen. Målingene skal brukes til å vurdere bevaringsforhold og stabilitet kulturlagene. Prøver er tatt fra kulturlag ved en arkeologisk utgraving, men bare ett av lagene kan sikkert dateres til middelalder, men bare ett av lagene kan sikkert dateres til middelalder.

2. Materiale og Metode

2.1 Naturvitenskapelige definisjoner

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

Bevaringsforhold: Fysiske, kjemiske og mikrobiologiske forhold som er avgjørende for nedbrytingshastigheten 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.

Aerobe 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 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.

De beste bevaringsforholdene for kulturminner i jord har vi under anaerobe forhold med reduserte redoksforhold nærmere omtalt i kap. 2.3. Ofte er slike vannmettet under grunnvannsnivået. Eks på slike steder er for eksempel torvmyrer.

2.2 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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).

Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemisk fysiske forhold, og at mikrobiologisk og kjemisk aktivitet er relativt lav. Stabile kjemisk 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 1.

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.

Oksidative og nitratreduserende forhold kan som regel karakteriseres som dårlige bevaringsforhold, mens sulfatreduserende og metanogene forhold kjennemerket bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning.

I tabell 1 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det orange markerte området vises nivåer av målte kjemiske parametre for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med blått.

Redoksforhold 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 oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene. Redoksverdier i mV er vist til høyre.

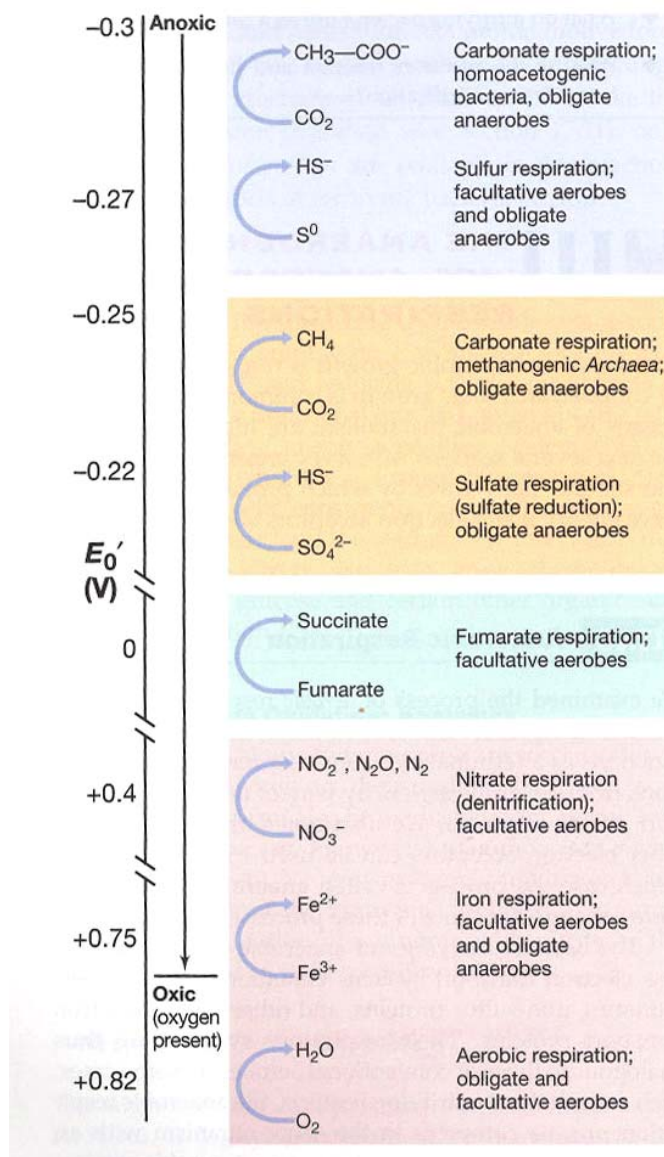
Tabell 1
Konsentrasjonsnivåer for parametre fra S2 analysepakke som danner grunnlag for vurdering av bevaringsforhold.

Nitrat	Ammonium	Sulfid	Jern (II)	Jern (III)	Redoksforhold	Bevaring	Redoks
NO_3	NH_4	H_2S	Fe^{2+}	Fe^{3+}			mV
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksiderende	Elendig	200
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitrat til oksiderende	Dårlig	100
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitrat til jernred.	Middels	50
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduserende	Middels	-100
Høy	Høy	Høy	Medium	Lav	Nitrat til sulfatred.	Bra	-200
Lav	Høy	Høy	Medium	Lav	Sulfatreduserende	Bra	-350
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatred. til metanogene	Utmerket	-400

Reduserende forhold
 Oksiderende forhold

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 jernreducerende, vil all oksygen og nitrat allerede vært 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.

Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømning av (oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene. Dessuten vil tilstedeværelse av giftige forbindelser kunne hemme nedbrytningen av organisk materiale. Syre og løslige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein. Elendige og dårlige bevaringsforhold ut fra S2 analyse trenger ikke alltid å gi riktig logisks var ut fra arkeologiske gjenstander og spor som ikke brytes ned. Stein, gull og metall gjenstander og bein er ofte godt beskyttet hvis de ligger tørt og at pH er basisk og ikke sur. Slike områder er ofte knyttet til bosetninger.



Figur 1 Redoksforhold ved standard aktivitet fra ulike mikroorganismer (Brock, 1996)

2.3 Innhenting av prøver

Prøvene er tatt av oppdragsgiver NIKU ved arkeolog Petter Molaug og ble sendt Bioforsk Jord og Miljø per post. Prøvene har vært lagret kjølig i plastposer for å beskytte dem mot inntrengning av luft. Prøvene er hentet fra området for ny Follobane gjennom Klypen, Sørenga, og er fra grøft 1, 3, 4 og ved kum Kong Harald V. Alle prøvene ble ekstrahert og bearbeidet i anaerob kammer før videre analyser.

2.4 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.

S1 Grunnleggende parameter

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

Analysen i henhold til analysepakke S2 inkluderer S1 analyser i tillegg til følgende uorganiske paramenter:

To- og treverdig jern (Fe II, Fe III)

Jern (II) og 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 fargekompleks 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 ble bestemt i henhold til EPA-standardmetode 9030 og 9034. Jord ble inkubert med 6 molar saltsyre i 60 min i nitrogen atmosfære. Sulfid ble frigjort som hydrogensulfid som transporteres med nitrogen gjennom to sulfidfeller fylt med sinkacetat.

Sulfid ble deretter bestemt titrimetrisk ved å oksidere sulfid til svovel ved hjelp av jod og tilbaketitrere med natriumtiosulfat.

Ekstraksjon av sulfid med 6 molar saltsyre (uten koking) vil kvantifisere den andelen av sulfid som relativt raskt oksideres til sulfat i nærvær av oksygen (Rickard og Morse, 2005). I tillegg til amorfe sulfider vil dette være mackinawit og greigit. Kun en liten del av pyritt (4-10 %) løses med denne prosedyren.

Pyritt er kjent å være relativt stabil også i nærvær av oksygen og vil bare langsomt reagere til sulfat. Hvis en vil karakterisere de aktuelle redoksforholdene i grunnen, er det ønskelig å løse så lite pyritt som mulig ut av prøven.

Sulfat

Jordprøven ble ekstrahert med vann og ekstrahert sulfat analysert ved hjelp av ionekromatografi. Analysen ble gjennomført ved Eurofins AS (se vedlegg 2).

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 gjennomført ved Eurofins AS (se vedlegg 2).

3. Resultater

3.1 Vurdering av prøvene ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter

Tabell 2 gir en oversikt over vurdering av bevaringsforholdene i prøvene. Laboratorieanalysene er fordelt på to tabeller 3 og 4 som viser fysiske forhold og kjemiske måleresultater. Denne vurderingen er utformet på grunnlag av resultatene vist i tabell 3 og 4.

Prøver (1 lag 6) og (3 lag 4) viste middels organisk og vanninnhold. Prøvene (1 lag 7, 3 lag 2 og 3) viste lavt innhold av organisk materiale og vanninnhold. Tørre prøver vil ha større porevolum slik at luft lettere trenger inn i kulturlagene og gjør organisk materiale ustabil. Dette gjenspeiler resultatet av mangel i mengde reduserte forbindelser. pH i kulturlagene ble vurdert som svakt basiske med unntak av prøve (3 lag 4) som viste surt miljø. Ledningsevnen viste lave verdier. Svakt basiske miljø har ingen negativ effekt på bevaring av metall-gjenstander og bein (tabell 3).

Tabell 2: Kortfattet vurdering av bevaringsforholdene i prøver hentet fra de ulike prøvene etter S1 og S2 analyse. Bevaringsforhold ut fra Norsk Standard (NS 9451:2009) vedlegg 1

Prøve sted	Lag	moh	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold	Bevaringsforhold
Grøft 1	1-6	5,3	Middels org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Jernred. til oksiderende	Dårlig A 2
Grøft 1	1-7	5,1	Lavt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Nitrat til oksiderende	Dårlig A 2
Grøft 3	3-2	6,8	Lavt org. - middels vanninnh.	Svakt basisk og lav	Oksiderende	Elendig A 1
Grøft 3	3-3	6,5	Lavt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Oksiderende	Elendig A 1
Grøft 3	3-4	6,3	Middels org. - og vanninnh.	Surt og lav	Oksiderende	Elendig A 1
Grøft 4	4c-2	7,9	Lavt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Oksiderende	Elendig A 1

Tabell 3 Fysiske forhold i prøver hentet fra de ulike prøvene etter S1 analyse.

Prøve sted	Grøft Lag	Moh	Glødetap %	TS %	Vann innh %	pH	Ledn.evne mScm -1
Grøft 1	1-6	5,3	12	64	36	7,8	0,5
Grøft 1	1-7	5,1	2	80	20	7,8	0,3
Grøft 3	3-2	6,8	7	75	25	7,6	0,2
Grøft 3	3-3	6,5	1	94	6	7,9	0,0
Grøft 3	3-4	6,3	16	56	44	3,9	0,3
Grøft 4	4c-2	7,9	1	90	10	7,6	0,1

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

Tabell 4 Kjemiske forhold i prøver hentet fra de ulike prøvene etter S2 analyse.

Prøve sted	Lag	Moh	Nitrat - N (mg/kg TS)	Ammonium-N (mg/kg TS)	Sulfat (mg/kg TS)	Sulfid (mg/kg TS)	Jern (II) (mg/kg TS)	Jern (III) (mg/kg TS)	Andel av Jern (II)
Grøft 1	1-6	5,3	1,5	7,2	49	15	100	148	40 %
Grøft 1	1-7	5,1	5,0	3,5	23	7	31	645	5 %
Grøft 3	3-2	6,8	2,0	5,7	< 1,4	29	63	558	10 %
Grøft 3	3-3	6,5	0,5	2,3	2	2	20	322	6 %
Grøft 3	3-4	6,3	2,1	4,0	312	23	82	1023	7 %
Grøft 4	4c-2	7,9	3,7	2,7	13	2	26	563	4 %

Illustrasjon som viser bevaringstilstand (info fra NIKU), bevaringsforhold, redoksforhold og organisk innhold i prøvene. Ulik fargekoder er brukt. Dybde er angitt fra dagens overflate, men terrenget er sterkt skrånende.

Grøft 1

Dybde (m)	Prøver Lag	Bevaring *	
		Tilstand	Forhold
(moh)			
5,3	1-6	A3	A2
5,1	1-7	A1	A2

Grøft 3

Dybde (m)	Prøver Lag	Bevaring *	
		Tilstand	Forhold
(moh)			
6,8	3-2	A1	A1
6,5	3-3	A1	A1
6,3	3-4	A1	A1

Grøft 4

Dybde (m)	Prøver Lag	Bevaring *	
		Tilstand	Forhold
(moh)			
7,9	4c-2	A1	A1

	Oksiderende forhold
	Reduserende forhold
*	SOPS : Status etter Norsk Standard NS 9451:2009
	Lavt organisk materiale 10%
	Middels organisk materiale 10-20%
	Høyt organisk materiale 20-30%

Redoksforholdene i alle prøvene ble vurdert som oksiderende som gir elendige til dårlig bevaringsforhold og benevnelse A1 og A2 etter Norsk Standard (NS 9451:2009). Dette indikerer at oksygen er til stede, siden det ble funnet høyere konsentrasjoner av den oksiderende formen jern (III). De øvrige parametre ble funnet i lave konsentrasjoner (tabell 4).

Bevaringsforhold vurderes som dårlig i prøve 1-6 og 1-7, elendige i alle prøver fra grøft 3 og 4.

4. Konklusjon

Alle prøver analysert viste oksiderende forhold og dårlig og elendige bevaringsforhold for organiske kulturminner i jord. Bevaringsforholdene henger klart sammen med dreneringen som har skjedd fra jordlagene bak skjæringen fra 1870-tallet og spesielt etter 1960. Gjenstander som bein, metaller og keramikk vil være bevart siden pH i prøvene ikke viste et surt miljø. Dette gjelder ikke for prøven fra grøft 3 lag 4.

5. Referanser

Brock, T. D., 2006. *Biology of microorganisms*. 11ed. Prentice Hall International editions, London, UK, 992 pp.

Molaug, P. 2011 Arkeologisk forundersøkelse for ny Follobane gjennom Klypen, Sørenga, Oslo NIKU Oppdragsrapport nr. 216/2011

Norsk Standard 9451:2009. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og - undersøkelse av kulturlag. Standard Norge 2009.

Rickard, D., Morse, J.W., 2005. Acid volatile sulfide (AVS). *Marine Chemistry*. 97, 141-197.

Shirokova, Y., Forkutsa, I., Sharafutdinova, N., 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.

6. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr Emne

- 1 Vedlegg tabeller bevaringsforhold etter Norsk Standard
 - 2 Analyseresultater på NO₃ NH₄ SO₄ fra Eurofins AS
-

Vedlegg 1

Vedlegg oversikt over bevaringstilstand er vist over i tabell 1 og bevaringsforhold (tabell 2) er vist under etter 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

Bioforsk Jord og Miljø
 Frederik A. Dahls vei 20
 1432 ÅS

Attn: Ove Bergersen
AR-12-MM-000459-01

EUNOMO-00046401

Prøvemottak: 05.01.2012

Temperatur:

Analyseperiode: 05.01.2012-12.01.2012

Referanse: Vannprøver (KCL-nitrat og ammonium)

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2012-01050150	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	1 G1-L6 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.99	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	0.20	mg/l	20% SS 028133	0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050151	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	2 G1-L7 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.61	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	0.88	mg/l	20% SS 028133	0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050152	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	3 G3-L2 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.93	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	0.32	mg/l	20% SS 028133	0.1

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	439-2012-01050153	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	4 G3-L3 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.50	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	0.12	mg/l	20% SS 028133	0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050154	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	5 G3-L4 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.49	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	0.26	mg/l	20% SS 028133	0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050155	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	6 G4C-L2 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.54	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	0.75	mg/l	20% SS 028133	0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050156	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	7 KH 5 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	0.66	mg/l	15% EN ISO 11732:2007	0.01
a) Nitrat-N				
Nitrat (NO ₃ -N)	<0.1	mg/l	20% SS 028133	0.1

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Bioforsk Jord og Miljø
 Frederik A. Dahls vei 20
 1432 ÅS
Attn: Ove Bergersen

AR-12-MM-000346-01

EUNOMO-00046397

Prøvemottak: 05.01.2012

Temperatur:

Analyseperiode: 05.01.2012-09.01.2012

 Referanse: Vannprøver
 (Vann-Sulfat)

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2012-01050125	Prøvetakingsdato: 03.01.2012
Prøvetype: Urent vann	Prøvetaker: Ove Bergersen
Prøvemerkning: 1 G1-L6 Vann	Analysestartdato: 05.01.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	7.3 mg/l 10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.: 439-2012-01050126	Prøvetakingsdato: 03.01.2012
Prøvetype: Urent vann	Prøvetaker: Ove Bergersen
Prøvemerkning: 2 G1-L7 Vann	Analysestartdato: 05.01.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	4.0 mg/l 10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.: 439-2012-01050127	Prøvetakingsdato: 03.01.2012
Prøvetype: Urent vann	Prøvetaker: Ove Bergersen
Prøvemerkning: 3 G3-L2 Vann	Analysestartdato: 05.01.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	<0.25 mg/l 20% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.: 439-2012-01050128	Prøvetakingsdato: 03.01.2012
Prøvetype: Urent vann	Prøvetaker: Ove Bergersen
Prøvemerkning: 4 G3-L3 Vann	Analysestartdato: 05.01.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	0.47 mg/l 20% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.: 439-2012-01050129	Prøvetakingsdato: 03.01.2012
Prøvetype: Urent vann	Prøvetaker: Ove Bergersen
Prøvemerkning: 5 G3-L4 Vann	Analysestartdato: 05.01.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	39 mg/l 10% EPA Method 375.4 0.25

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Prøvenr.:	439-2012-01050130	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	6 G4C-L2 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	2.5	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050131	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	7 KH 5 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	570	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050132	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	1 B2 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	120	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050133	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	2 A2 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	57	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050134	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	2 A3 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	170	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050135	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	3 A3 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	78	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).