

## Bioforsk Rapport

Vol. 9 Nr. 103 2014

Miljøovervåking av kulturminner Kvartalet  
Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita,  
Trondheim kommune, Sør- Trøndelag.

.

Statusrapport I for perioden 2013 - 2014

Ove Bergersen, Thor Endre Nytrøen & Øyvind Rise

Bioforsk - Jord og miljø



Hovedkontor  
Frederik A. Dahls vei 20,  
1430 Ås  
Tlf: 03 246  
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø  
Frederik A. Dahls vei 20  
1430 Ås  
Tlf: 03 246  
jord@bioforsk.no

**Tittel/Title:**  
Miljøovervåking av kulturminner i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, ,  
Trondheim kommune, Sør Trøndelag.  
Statusrapport I for perioden 2013-2014

**Forfatter(e)/Autor(s):**  
Ove Bergersen, Thor Endre Nytrøen & Øyvind Rise

<b>Dato/Date:</b> 28.8 2014	<b>Tilgjengelighet/Availability:</b> Lukket	<b>Prosjekt nr./Project No.:</b> Bioforsk 8422	<b>Arkiv nr./Archive No.:</b>
<b>Rapport nr./Report No.:</b> 9 (103) 2014	<b>ISBN-nr.:</b>	<b>Antall sider/Number of pages:</b> 18	<b>Antall vedlegg/Number of appendix:</b> 2

<b>Oppdragsgiver/Employer:</b> Riksantikvaren, Distriktskontor Trondheim Norsk institutt for kulturminneforskning, Distriktskontor Trondheim	<b>Kontaktperson/Contact person:</b> Sissel Ramstad Skoglund Anna H. Petersén
---	---

<b>Stikkord/Keywords:</b> Redoksforhold, bevaring, kulturminner, Miljøovervåking, nedbrytning Redox conditions, preservation, remains, degradation	<b>Fagområde/Field of work:</b> Jordkvalitet Soil quality
--	---

**Sammendrag**  
Denne rapporten oppsummerer det første årets overvåking av kulturlag under og ved siden av et nytt bygg i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata i Trondheim. Data for overvåkingene er hentet fra jordtemperatur, jordfuktighet og redoksforhold i kulturlagene fra umettet sone fra 2013 til 2014 blir presentert. Vi har ikke observert store forandringer og svingninger i måleparametre første år av overvåkingen. Kulturlagene ser derfor ut til å ha stabile forhold som er gunstig for bevaring av kulturminner i jorda.

<b>Land/fylke:</b>	Norge/Sør Trøndelag
<b>Kommune:</b>	Trondheim
<b>Sted/Lokalitet:</b>	Trondheim Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21, 102,129

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Trond Mæhlum  
forskningssjef

Ove Bergersen  
Seniorforsker

# Innhold

---

1.	Sammendrag og konklusjoner .....	2
2.	Innledning .....	3
2.1	Bakgrunn .....	3
	Mål for overvåkingen.....	3
3.	Materiale og Metode .....	4
3.1	Feltarbeid i forbindelse med den del av prosjektet som omfatter miljøovervåking .....	4
3.2	Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag .....	4
3.3	Installering av temperatur og jordfuktighets sensorer .....	5
3.4	Installering av datalogger .....	6
3.5	Data fra eldre overvåkingsutstyr i hjørnet av Schultz gate/ Munkhaugveita .....	7
3.6	Utfordringer og avvik ved miljøovervåkingen første driftsår .....	7
4.	Resultater og diskusjon .....	10
4.1	Sammenstilling av bevaringsforholdene for kulturlag fra nord og sør profilen i 2012 og 2007. ....	10
4.2	Jordtemperatur og jordfuktighet fra profilveggene i nord og sør profil .....	12
4.3	Jordfuktighet sammenstilt med redokspotensialet i jordprofilene.....	14
5.	Referanser .....	17
6.	Vedlegg .....	18

# 1. Sammendrag og konklusjoner

---

Denne rapporten oppsummerer det første årets overvåking av kulturlag under og ved siden av et nytt bygg i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21, 102,129 i Trondheim. Data for overvåkingene er hentet fra jordtemperatur, jordfuktighet og redoksforhold i kulturlagene fra umettet sone fra 2013 til 2014 blir presentert.

Vurdering av kjemiske analyser fra de to nye jordprofiler har blitt sammenstilt med analysedata fra profiler undersøkt i 2007. Sammenlikningen viser klare forskjeller: Noen av kulturlagene i sørprofilen har forandret seg fra godt til dårligere bevaringsforhold. Innhold av organisk materiale og pH har heldigvis ikke forandret seg merkbart.

Miljøovervåkingen første år fra 2013 til 2014 viser noe høyere jordfuktighet i nordre profil som ligger på utsiden av nytt bygg. Her er det også vist mer reduserende forhold, noe som viser at ikke oksygen er til stede slik at organiske kulturlag ikke brytes lettere og raskere ned. I profilen sør under nytt bygg er jordfuktigheten litt lavere, men stabil sammenlignet med nord. Redoksforholdene målt tilsier at det ikke er mye oksygen i kulturlagene under nytt bygg. Vi er usikre på hvor lenge redoksensoren her vil gi informasjon pga. laver jordfuktighet. Målingene første år indikerer at nytt bygg virker stabiliserende for de underliggende kulturlagene.

Temperaturen er forholdsvis lik i begge jordprofiler. Temperaturen i kulturlagene i nord profilen påvirkes litt mer av middel utetemperatur enn jordtemperaturen i kulturlagene under nytt bygg.

I prosjektets første driftsår har det oppstått noen avvik ved innhenting av data. Dette skyldes blant annet måleteknisk utstyr som ikke var skreddersydd formålet ved oppstart, problemer med fjernkommunikasjon til logger og ledningsbrudd ved graving. Problemene har blitt utbedret underveis og Bioforsk mener nå at det utstyret som benyttes og oppfølgingsrutiner for kontroll av sensorer og innhenting av data virker tilfredsstillende.

## 2. Innledning

---

### 2.1 Bakgrunn

Presidentveita AS søkte i 2012, i forbindelse med realisering av vedtatt reguleringsplan for kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21,102,129, Trondheim kommune, , Riksantikvaren om dispensasjon fra lov om kulturminner av 9. juni 1978 nr. 50 (kml.). I brev datert 28.08 2012 (ref.07/01482-55) mottok Norsk Institutt for Kulturminneforskning (NIKU)oppdragsbestilling fra Riksantikvaren, hvor det bedt om å utarbeide en utarbeide prosjektbeskrivelse og budsjett for gjennomføring av tiltaket.

Riksantikvaren besluttet i sitt dispensasjonsvedtak arkeologisk gransking og etablering av et miljøovervåkningsprosjekt. Reguleringsplanen omfattet blant annet nybygg bestående av to bygningsledd, B1 og B2, fundamentert på peler. I vedtaket ble det påkrevd av tiltakshaver å etablere et infiltrasjonsanlegg under hvert bygningsledd for å hindre uttørking av kulturlagene. Miljøovervåking skal skje i fem år fra 2013 til 2017.

NIKU Trondheim har prosjektansvaret med arkeolog Anna Petersén som prosjektleder. Bioforsk har hatt ansvar for jordkjemiske analyser, installasjon og drift av miljøovervåkings utsyr, samt rapportering av miljødata. Arbeidet er utført av Ove Bergersen (prosjektleder) med teknisk bistand fra Thor Endre Nytrø og Øyvind Rise ved Bioforsk.

I forhold til vedtatt plan og budsjett skal prosjektet levere årlige rapporter med miljødata fra overvåkingen samt sluttrapport etter siste år. I perioden 2013 - 2016 vil Bioforsk levere årlig status rapport og sluttrapport med NIKU i år 2017.

Denne rapporten utgjør første statusrapport på miljøovervåkingen fra installert utstyr under og ved siden av nybygget.

### Mål for overvåkingen

Det aktuelle området har kulturlag med verdifull historiske dokumentasjon fra gammel bosetting og aktiviteter. Denne miljøovervåkingen vil sammenligne miljøforhold i kulturlag under og utenfor nybygg over tid som grunnlag for å vurdere bevaringsforholdene etter utbyggingen.

## 3. Materiale og Metode

---

### 3.1 Feltarbeid i forbindelse med den del av prosjektet som omfatter miljøovervåking

Feltarbeidet ble utført i løpet av uke 41, 2012 av Anna Petersén, NIKU og Ove Bergersen og Thor Endre Nytrø, Bioforsk. Grøften ble gravd opp med maskin under overvåking. De deler av profilveggen mot øst som ble dokumentert i 2007, (profil A og B) ble funnet og rensert frem. Da profilen i den nordvestre delen av grøften viste intakte kulturlag med blant annet treverk, ble det ut fra en vurdering av egnethet, tatt en beslutning på stedet om å installere overvåkingsutstyr i denne delen, profil 2, i stedet for i profil B. Etter installasjon og før gjenfylling av grøften, ble profilene dekket til med isoleringsmatte av typen Voldtex. Gjenfylling ble gjort under overvåking og kun oppgravd masse ble brukt (Figur 1).

### 3.2 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 jord.

I det aktuelle område har Riksantikvaren krevd overvåking av temperatur og jordfuktighet i 5 år for å se om de påviste arkeologiske kontekster er utsatt for svingninger og forandringer pga. bygging av nytt hus. Økt temperatur og svingninger i tørt og vått klima kan virke inn på nedbrytingen av de arkeologiske kontekster. Utstyr er installert i gammen profil Sør under nytt bygg og ny profil nord på utsiden av nytt bygg (figur 1a og profilbilder og tegninger vedlegg 1)

Profiler i grøft undersøkt i forbindelse med forundersøkelsen i 2007 ble brukt for langtidsovervåking av kulturlag. Kulturlag i søndre del av grøften, i profil A mot øst, er tidligere dokumentert og beskrevet i NIKU rapport (Petersén 2007).

Kulturlag i ny profil gravd ut i 2012 mot vest i nordre del, har koordinatene

Øvre del

Sør X 7034222,25, Y 569694,6, Z 10,06

Nord X 7034223,44, Y 569694,61, Z 10,06

Nedre del

Sør X 7034222,24, Y 569695,58, Z 9,04

Nord X 7034223,10, Y 569695,87, Z 9,04

### 3.3 Installering av temperatur og jordfuktighets sensorer

Sensorer som ble installert var av typen TRIME-PICO 32 fra IMKO Modultechnik GmbH. Sensorene kan installeres horisontalt eller vertikalt i jord. Mer informasjon om sensorene kan finnes på ([www.imko.de](http://www.imko.de)).

Sensorene ble installert i ulike høyder av utgravde profiler nord og sør på tomten november 2012 (se tabell 1, figur 1a og profilbilder og tegninger vedlegg 1). Plasseringen til sensorene var de steder hvor de arkeologiske konteksters prøver er tatt ut for videre kjemisk-fysisk analyse. Mellom jordfuktighet/temperatur sensor 2 og 3 i hver profil, ble redoksensorer av typen Hanna instrument nr. HI2930B/5 satt inn. Disse er ikke beregnet for jord, men har vist seg å fungere i kulturlag som har høyere fuktighet. Alle redoksverdiene vist i mV er omregnet og redusert for potensialet til referanseelektroden med 0.290 mV. Måling av redokspotensialet gir informasjon om hvor gode bevaringsforholdene er der det blir overvåket. En oversikt i tabell 1 viser nr. og plassering av ulike temperatur- og fuktsensorene. Jordfuktighet og temperatur vil vise oss eventuelle fluktuasjoner når regnvann fra tak infiltreres i grunnen. Ut fra disse målingene i kulturlagene vil det være mulig å se hvor stabile forholdene er. Redoksmålinger vil si mer om bevaringsforholdene i kulturlagene.



*Figur 1a*

*Flyfoto som viser tomten med nybygg og hvor sensorer er satt inn i profil nord (rød) på utsiden av nytt bygg og profil sør (blå) under nytt bygg.*

*Tabell 1: Oversikt over installering av sensorer i de to profiler*

Lokalitet	Dyp m	Dyp moh	Sensor nr	Ledning til logger m	I drift 2013
Profil Nord					
Nord 1	2 cm fra snor	<b>10.06</b>	33921	20	x
Nord 2	0,7 fra bunn	<b>9.14</b>	33917	20	x
Redoks nord	0,5 fra bunn	<b>9.04</b>			x
Nord 3	0,4 fra bunn flettelag	<b>8.84</b>	33916	20	
Profil Sør					
Sør 1	1,16 fra bunn	<b>9.69</b>	33920	10	x
Sør 2	0,7 fra bunn	<b>9.31</b>	33918	15	x
Redoks sør	0,5 fra bunn	<b>8.95</b>			x
Sør 3	0,3 fra bunn	<b>8.79</b>	33919	15	x

### 3.4 Installering av datalogger

Ledningene fra sensorene (10-20 meter), ble forlenget og ført til en beskyttende kum (Figur1a) og koblet sammen til datalogger. 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 temperatur- og fuktighetsforhold følges kontinuerlig fra en web side. 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.

Sensorene ble installert i lagene ved først å bore opp et hull (jordbor) med diameter som sonden (32mm) i ønsket dybde. Deretter ble sonden trykket på plass i bunn av hullet slik at metallstengene (lengde 11cm, diameter 0,35cm) hadde god kontakt med jorda. Etter at datalogging var startet viste det seg at sensor nr. 3 i nord profilen like ved flettelag ikke ga normale verdier (markert i tabell 4). Årsak var ukjent, men det kan være dårlig kontakt i mellom sensor og jord, men også at sensoren har fått slag og blitt skadet ved igjenfylling av profilgrøft.

### **3.5 Data fra eldre overvåkingsutstyr i hjørnet av Schultz gate/ Munkhaugveita**

Samtidig som Bioforsk installerte overvåkingsutstyr i profiler ble dataloggeren i østre del av området nærmest Schultz gate undersøkt. Det har ikke vært kontroll av forhold siden 2007, da batterispenningen forsvant. Bioforsk skiftet batterier og skapet der loggeren ligger, ble tørket og gjort reint. Alle forsøk på å få kontakt med dataloggeren mislyktes, og det er derfor grunn til å tro at ledningene mellom sensorene og loggerne ikke lenger fungerer.

### **3.6 utfordringer og avvik ved miljøovervåkingen første driftsår**

Overvåking utstyr fra SEBA er bestillingsvare hvor logger, antall sensorer og lengde på ledninger er tilpasset hverandre. Når slikt utstyr settes i drift er det også viktig å få kontrollert utstyret før profilene lukkes igjen. De oppgravde profilene ble ferdigstilt før Bioforsk før overvåkingsutstyr var på plass. Bioforsk hadde sensorer liggende på lager. Disse ble kontrollert på laboratoriet på Ås før de ble satt inn i profilveggen. Uten logger tilkoblet er det ikke mulig å få kontrollert at alle virket In Situ. Sensorene satt inn høsten 2012 ble koblet til logger plassert i midlertidig kum januar 2013. Det var det ikke mulig å få kontakt med den dypeste jordfuktighet-temperatursensor nr. 3 i nord profilen, som var satt inn på 8.84 moh. Årsaken til dette er usikkert, men høyst sannsynlig har det skjedd skade på sensor eller ledning ved igjenfylling av grøften. De resterende sensorer illustrert i tabell 1 viste realistiske verdier.



*Figur 1b Tildekking av profil med Voltekst bentonittduk i profil sør hvor miljøovervåkingssensorer er satt inn (over) og beskyttelseskum for midlertidig skap med logger og sender (under). (Foto Anna Petersén NIKU)*

I starten var det problemer med kommunikasjonen til loggeren, men dette har løst seg etter hvert. Data fra loggeren ble hentet manuelt i starten, men er nå online knyttet til web. Dvs. data hentes via modem/telefoni. Det må også nevnes at det har oppstått noen ustabile målinger som kan skyldes for lange kabler fra starten av. Lange kablene ble benyttet i starten siden skap med logger var tenkt plassert på husveggen ett stykke unna grøftene.

Ved gravearbeider i forbindelse med ferdigstilling av nybygget høsten 2013 (19.09) oppsto det brudd på ledningen fra jordfuktighet/temperatur sensor mot profil Nord (9.14 moh). Dette ga brudd i dataene i en kort periode, men ble ordnet når utstyret ble mer permanent reinstallert i kum ned i bakken på utsiden av nytt bygg oktober 2013.

Sensorenes ledninger ble redusert til loggeren som ble plassert i et nytt vanntett skap. Etter denne omleggingen viser loggeren data fra ny profil Nord: 2 stk. jordfuktighet/temperatur sensor sammen med 1 redokspotensialet. I gammel profil Sør virker alle 4 sensorer (Tabell 1).

Under bearbeiding av data våren 2014 ble det oppdaget at ledningene fra sensor nr 1 (10.06 moh) jordfuktighet og jordtemperatur inn til logger høyst sannsynlig er byttet om. Data foreligger, men disse må omregnes slik at de blir riktige til feilen blir rettet opp. Derfor illustreres ikke data fra denne sensor i perioden oktober 2013 og ut denne måleperioden (Figur 2).

Etter at bygget nå er ferdigstilt vil det bli interessant å følge miljøovervåkingen videre fra de to profilene utenfor og under nybygget fremover i tid.

Disse vanskeligheter med flere uforutsette reiser til Trondheim har gjort at miljøovervåkingen har kostet ekstra ca. 30.000,- kr.

## 4. Resultater og diskusjon

### 4.1 Sammenstilling av bevaringsforholdene for kulturlag fra nord og sør profilen i 2012 og 2007.

En forundersøkelse på den omtalte tomten ble utført i 2007 beskrevet i Bioforsk rapport (Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008). Resultater fra denne rapporten viser flere kulturlag med gode bevaringsforhold. Den samme profil beskrevet som profil A i 2007 er igjen åpnet i 2012. Dette ble gjort slik at kulturlagene skulle la seg overvåke over tid under et nytt bygg som er bygget. Her fikk NIKU og Bioforsk en unik mulighet til å sammenligne jordprøver med 5 års mellomrom. Ved å sammenstille kjemiske analysedata fra 2007 og resultatene fra nye prøver analysert i 2012 sees forskjeller i bevaringsforhold (Tabell 2).

Tabell 2 viser at prøver fra profil A4 og 5 (2007), sammenlignet med prøver fra samme profil kalt Sør 1 (2012) - som er øvre del av profilen, har uforandrete oksiderende forhold. I 2007 ble prøvene A6 og A7 fra profilen beskrevet å ha gode bevaringsforhold. Ny analyse av jordprøver (Sør 2, 2012) mellom disse viste at bevaringsforholdene i 2012 var redusert og betraktet som dårlige.


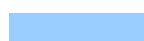




Tabell 2 Sammenstilling av redoks og bevaringsforhold fra kjemiske analysedata: Sør profil fra 2012 (rød) og i samme profil A fra 2007 (svart).

År		Nitrat - N moh	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)	Redoksforhold	SOPS	
2007	Profil A 4	9.9	10	<0,2	19	5	11	201	5%	Nitratred.. til oksiderende	A2
2007	Profil A 5	9.8	<0,2	119	2	0	42	84	33%	Oksiderende	A2
2012	Sør 1	9.7	1.5	185	1577	50	65	279	19%	Oksiderende	A1
2007	Profil A 6	9.6	<0,2	179	438	247	122	< 0,1	101%	Metanogen til sulfatred.	A5
2012	Sør 2	9.3	9.3	19	721	41	119	180	40%	Nitratred. til oksiderende	A2
2007	Profil A 7	9.1	2	81	118	389	274	12	96%	Sulfatreduserende	A4
2007	Profil A 8	8.9	11	<0,2	101	0	29	164	15%	Nitratred. til oksiderende	A2
2012	Sør 3	8.8	1.0	24	1271	29	58	691	8%	Oksiderende	A1

<0.2 = under deteksjonsgrensen

Tabell 3 Sammenstilling av organisk materiale, vanninnhold og pH fra Sør profil fra 2012 (rød) og i samme profil A fra 2007 (svart).

År		moh	Glødetap %	Vann innh %	pH
2007	Profil A 4	9.9	23.0	24.5	6.2
2007	Profil A 5	9.8	30.0	48.3	5.8
2012	Sør 1	9.7	29.0	44.0	6.7
2007	Profil A 6	9.6	19.6	43.4	6.1
2012	Sør 2	9.3	20.0	46.6	6.8
2007	Profil A 7	9.1	19.8	44.5	6.4
2007	Profil A 8	8.9	13.8	38.7	6.6
2012	Sør 3	8.8	28.0	53.0	6.6

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

Den nye jordprøven som ble tatt ca. 25cm inn i profilveggen viste oksiderende forhold 5 år etter at kulturlaget ble beskrevet som gode og reduserende. Dette viser at i utgangspunktet gode bevaringsforhold i ulike kulturlag som blir eksponert for luft har blitt dårligere 4 år etter at grøften ble gjenfylt. En slik observasjon indikerer også hvor fort kulturlag som i utgangspunktet er stabil og godt beskyttet blir mer ustabil og mulig utsatt for nedbryting av organisk materiale når oksygen kommer til. Det ble ikke påvist større forandringer i pH og innhold av organisk materiale og fuktighet (Tabell 3).







Tabell 4 Sammenstilling av redoks og bevaringsforhold fra kjemiske analysedata: Nord profil fra 2012 (rød) og i bore pkt. fra 2007 (svart)

År		Nitrat - N moh (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)	Redoksforhold	SOPS	
2012	Nord 1	10,6	0,7	16	211	111	118	10	92%	Sulfatreduserende	A4
2007	Borepkt 2-2	10,5	61	<0,2	402	97	84	< 0,1	100%	Nitrat til sulfatred.	A4
2007	Borepkt 2-4	10,1	<0,2	11	557	327	7	72	75%	Sulfatreduserende	A4
2007	Borepkt 2-6	9,9	<0,2	80	160	105	138	52	73%	Sulfatreduserende	A4
2007	Borepkt 2-7	9,6	<0,2	116	259	178	155	< 0,1	100%	Metanogen til sulfatred.	A5
2012	Nord 2	9,1	1,0	18	754	129	451	25	95%	Metanogen til sulfatred.	A5
2012	Nord 3	8,8	1,0	104	1044	43	319	171	65%	Sulfatreduserende	A4

< 0.2 = under deteksjonsgrensen

Tabell 5 Sammenstilling av organisk materiale, vanninnhold og pH fra Nord profil fra 2012 (rød) og i samme bore pkt. fra 2007 (svart).

År		moh	Glødetap %	Vann innh %	pH
2012	Nord 1	10,6	34,8	38,4	6,8
2007	Borepkt 2-2	9,8	40,2	62,4	6,5
2007	Borepkt 2-4	9,6	40,4	63,5	6,8
2007	Borepkt 2-6	9,4	30,1	55,6	6,9
2007	Borepkt 2-7	9,3	20,0	40,7	6,9
2012	Nord 2	9,1	32,4	55,4	6,5
2012	Nord 3	8,8	22,8	51,6	6,9

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

I området ved profil nord 2012 hvor profilen er planlagt overvåket utenfor nytt bygg med infiltrasjon av vann fra tak, er bevaringsforholdene gode sammenlignet med boreprøvene fra 2007. Sammenstillingen av kjemiske analyser av prøvene fra Nord 1, 2 og 3 (2012) sammenstilt med bore pkt. prøver 2-2 til 2-7 fra 2007 viser alle god bevaring og reduserende forhold (Tabell 4). Her sees også ingen merkbare forskjeller i innhold av organisk materiale, jordfuktighet og pH (Tabell 5). Nav boring i det omtalte området i 2007 har ikke tilført oksygen til kulturlagene på samme måte som ved utgravet profil som virker mer forstyrrende for kulturlagene.

*Dette tyder på at godt bevarte kulturlag fra en forundersøkelse med utgravet profil i umettet sone blir lettere eksponert for luft og oksidering enn enkel nav-boring.*

Grøfter med jordprofiler får ikke samme beskyttende tetthet i jordmassene ved igjenfylling. Hvor lang tid det tar før man oppnår de samme reduserende forhold i umettede kulturlag er vanskelig å si. Ekstra tilførsel av vann ved igjenfylling vil gi tettere jordmasser omkring en utgravet profilvegg spesielt hvis profilen tørker ut under graving.

Disse to forskjellige profiler vurdert på bevaringsforhold vil bli overvåket i 5 år. Profil nord vil ligge på utsiden av nytt bygg, mens kulturlagene i profil sør vil ligge skjermet under nytt bygg. Det vil være interessant å se om nytt bygg har positiv eller negativ påvirkning på bevaring av kulturlagene.

## 4.2 Jordtemperatur og jordfuktighet fra profilveggene i nord og sør profil.

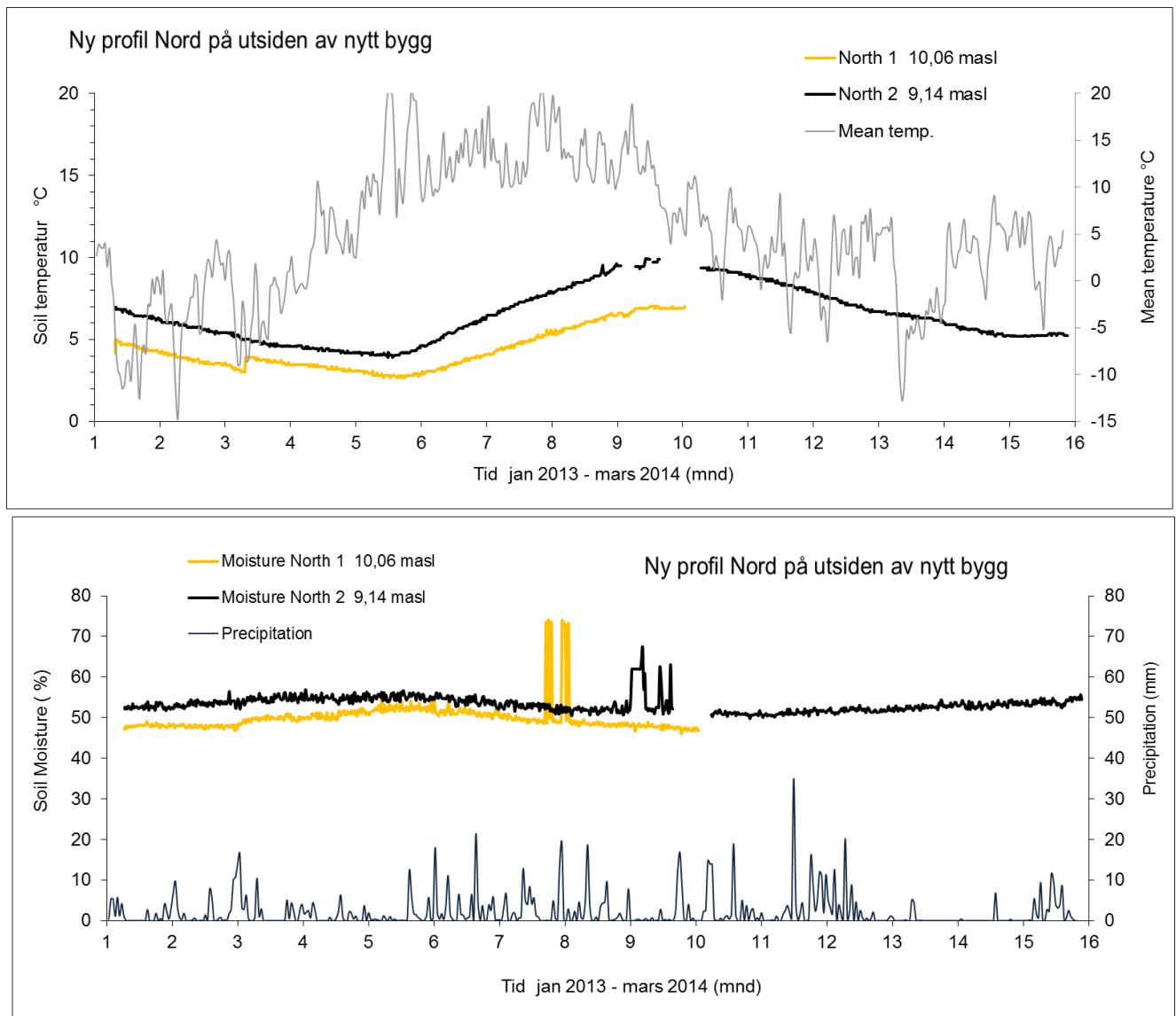
Det første året med overvåkingsresultater antyder en liten forskjell i fuktighet, men jordtemperaturen er stabil og fluktuerer lite med utetemperaturen (Figur 2 og Tabell 6). En nesten ingen målbar forandring i temperatur på 0,2 til 0,4 °C ble beregnet i tallmaterialet fra gammel profil Sør under nytt bygg (Figur 3 og Tabell 6).

Tabell 6 Oversikt over maks, min, median og gjennomsnittsverdier i måleperioden jan 2013 - feb. 2014.

Temperatur °C	Ny profil		Gammel profil		
	Nord 10,06 moh	Nord 9,14 moh	Sør 9,7 moh	Sør 9,3 moh	Sør 8,9 moh
Min	2.7	3.9	5.3	4.9	4.6
Max	6.9	9.6	9.1	9.5	10.3
Median	3.8	5.6	6.2	5.9	5.5
Snitt	4.1	5.9	6.4	6.0	6.3

Fuktighet %	Ny profil		Gammel profil		
	Nord 10,06 moh	Nord 9,14 moh	Sør 9,7 moh	Sør 9,3 moh	Sør 8,9 moh
Min	44.2	49.8	36.9	34.4	29.1
Max	74.0	67.2	52.7	52.0	37.2
Median	49.6	53.9	38.1	38.0	34.0
Snitt	48.5	53.2	38.2	38.2	34.1

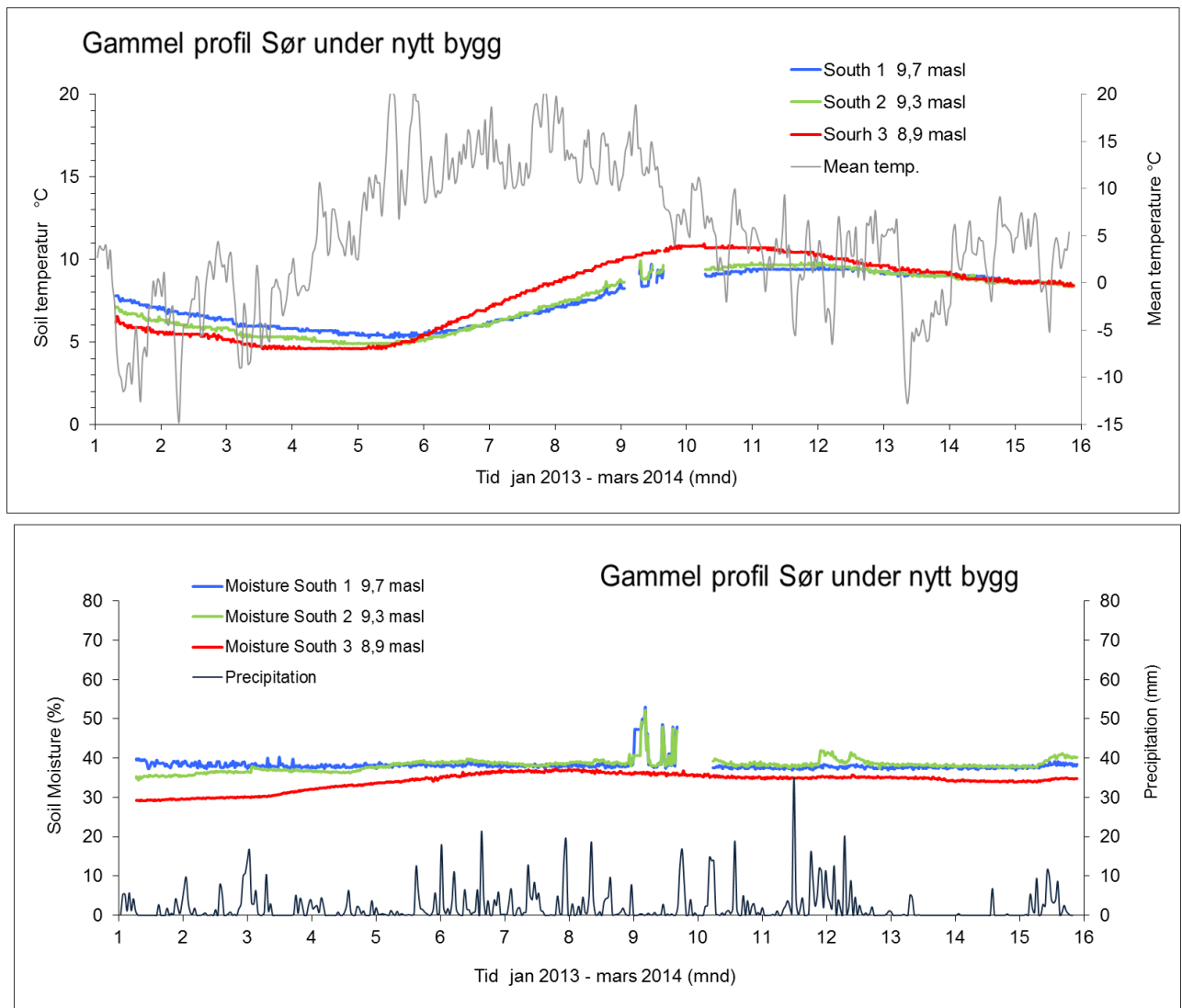
Redoks- forhold mV	Nord ny profil 8,9 moh.	Sør gammen profil 8,95 moh.
Min	-584	10
Max	218	125
Median	-430	105
Snitt	-386	104



**Figur 2**

Miljøovervåkings data første året fra jan 2013 til mars 2014 i Nord (ny) profil på utside av bygg, topp jordtemperatur og under jordfuktighet, i kulturlagene ved ulike høyder over havet. Sensor for temperatur og fuktighet (Nord 3) er skadet og ute av drift. Målingene er sammenstilt med middel utetemperatur og mm nedbør (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)) i sentrum av Trondheim

Fuktigheten i kulturlagene er stabile, men høyere jordfuktighet ble sett i ny profil Nord (50 %) sammenlignet med gammel profil Sør (< 40 %) illustrert som maks, min, median og gjennomsnittverdier i tabell 6. Jordfuktighet stemmer overens med de kjemiske analyser av jordprøvene vist i tabell 3 og 5 ved oppstart i 2013. Gammel profilen Sør under nytt bygg viser at kulturlagene ikke har blitt noe tørrere det første året av overvåkingen fra 2013 til 2014. Det første året med overvåking viser også lite fluktuasjoner i jordfuktighet sammenstilt med nedbør. Denne stabilitet er gunstig for å bevare kulturlag in Situ. Allikevel - fuktigheten i profil sør er noe lavere enn sammenstilt med overvåkingsdata fra 2004-2007 i et nærliggende område 50 meter unna (Vedlegg 2). Kulturlag her beskyttet under asfaltert hadde jordfuktighet på 60-80 % i dypere lag. Denne observasjon vil høyst sannsynlig vedvare siden profilen ligger under nytt bygg hvis ikke planlagt infiltrert regnvann kan trenge inni kulturlagene og øke fuktigheten.



Figur 3

Miljøovervåkingsdata første året fra jan 2013 til mars 2014 i Sør (gammel) profil under nytt bygg,. Topp jordtemperatur og under jordfuktighet, i kulturlagene ved ulike høyder over havet. Sensor for temperatur og fuktighet (Nord 3) er skadet og ute av drift. Målingene er sammenstilt med middel utetemperatur og mm nedbør (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)) i sentrum av Trondheim

### 4.3 Jordfuktighet sammenstilt med redokspotensialet i jordprofilene

Det første året med overvåkingsresultater viser forskjell i nord og sørprofilen når fuktighet og redoksforhold sammenstilles (Figur 4). Med høyere jordfuktighet i umetta jordprofil synker redokspotensialet og viser at det er lite oksygen til stede (Figur 4 nord, over) med gode bevaringsforhold. I sør profilen hvor jordfuktigheten var omkring 35 % ble redoksforholdene målt mellom 50 og 100 mV omkring 100mV i gjennomsnitt (Figur 4, under og Tabell 6). De første data er omregnet og justert pga. lange kabler som ga for høye verdier. Videre overvåking vil vise om sistnevnte fortsetter eller om det rett og slett er blir for tørt for denne type redokssensorer.

Stabilitet i kulturlagene med fuktighet mellom 35 og 40 % uten at det tilføres nytt regnvann med oksygen vil også virke beskyttende hvis porene er oksygenfrie. Teoretisk burde de dårligere bevaringsforhold påvist i jordprøver i gammel profil sør gitt noe høyere mV verdi i redokspotensial.



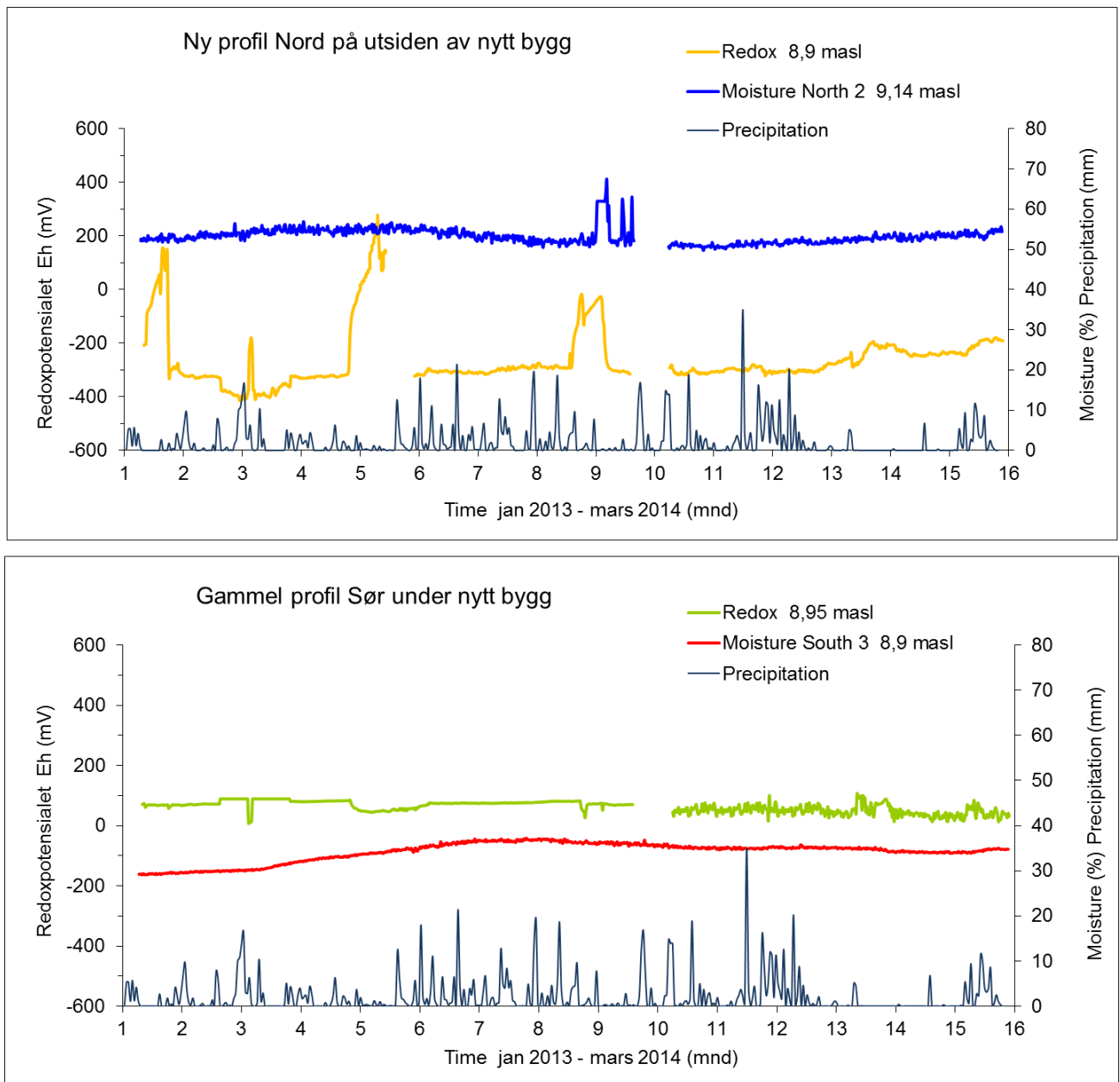
Verdier under +200mV - hvis de er riktige, tilsier at det ikke er mye oksygen til stede i kulturlagene som overvåkes. Det kan se ut som om det er blitt noe mer stabile forhold under nybygget slik at de dårlige bevaringsforholdene ikke er blitt forverret.

Stabil fuktighet henger sammen med hvor gode bevaringsforhold man har og hvilket redokspotensialet som dannes i et kulturlag. Redoksforholdene i de gode til utmerkede bevaringsforholdene målt i jordprøver fra ny profil Nord (Tabell 6 og Figur 4) viser et lavere redokspotensialet. Her er sensorene plassert på utsiden av nytt bygg. Her ble det også målt betydelig høyere innhold av organisk materiale som medvirker til høyere fuktighet og fortsatt lavt redokspotensiale.

Nord profilens sensorer vil teoretisk kunne være mer påvirket av nedbør. Allikevel viser målinger av både jordfuktighet og redokspotensialet har lite fluktasjoner det første overvåkingsåret. Etter både lave og nedbørsrike perioder kan det så langt se ut som at forholdene i kulturlagene i nord profilen ikke har forandret seg mye. Det ser ikke ut som om et nybygg har påvirket redoksforholdene i kulturlagene på utsiden av bygget pga. nedbørsvann eller forandringer i om kulturlagets jordporevolumer er fylt med vann med forskjellig redokspotensialet. Lite nedbør vinteren 2014 viser likevel lavt og stabilt redoksforhold som er bra for bevaringen av kulturlagene (Figur 4)

Det er slike forandringer som vil være viktig å observere ved overvåking av arkeologiske kulturlag. Observasjonen fra andre miljøovervåkinger av arkeologiske kulturlag har viser at mye nedbør kan direkte påvirke redokspotensialet i korte perioder. Ustabilitet og tilførsel av oksygenrikt vann kan gi ugunstige bevaringsforhold og øke faren for nedbryting av organisk materiale i kulturlag over tid.

Jordtemperatur og fuktigheten målt i begge profiler påvirkes ikke direkte av nytt bygg og klima så langt vi kan vurdere.



**Figur 4**

Miljøovervåkings data første året fra jan 2013 til feb. 2014 i to profilvegger. Nord (topp) ligger på utside av bygg, mens sør profilen (bunn) ligger under nytt bygg. Redokspotensialet er sammenstilt med nærmeste jordfuktigheten vist ved ulike høyder over havet. Målingene er sammenstilt med mm nedbør (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)) i sentrum av Trondheim

## 5. Referanser

---

Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008. Tilstandsvurdering av kulturlag i Schultz gate-Trondheim. Bioforsk Rapport 3 (7). 17 s

Petersén, A. H. 2007 NIKU rapport 24 2007

Petersén, A. & Bergersen, O. 2013. Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata gnr/bnr 400/21, 102,129, Trondheim kommune, Sør-Trøndelag, (TA 2012/25) NIKU rapport 151/2012 Bioforsk rapport 8/52/2013

## 6. Vedlegg

---

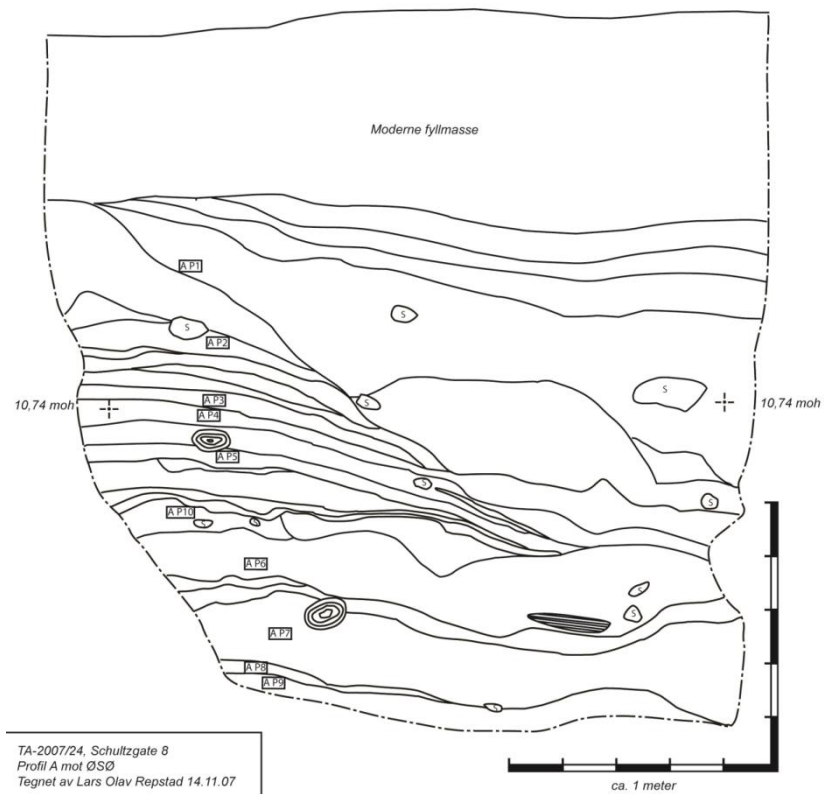
### Oversikt over vedlegg

- 1 Illustrasjon av profilvegg hvor sensorer ble installert
  - 2 Resultater av jordfuktighet og jordtemperatur i kulturlag fra Schultz gt fra 2004-2007.
-

## Vedlegg 1

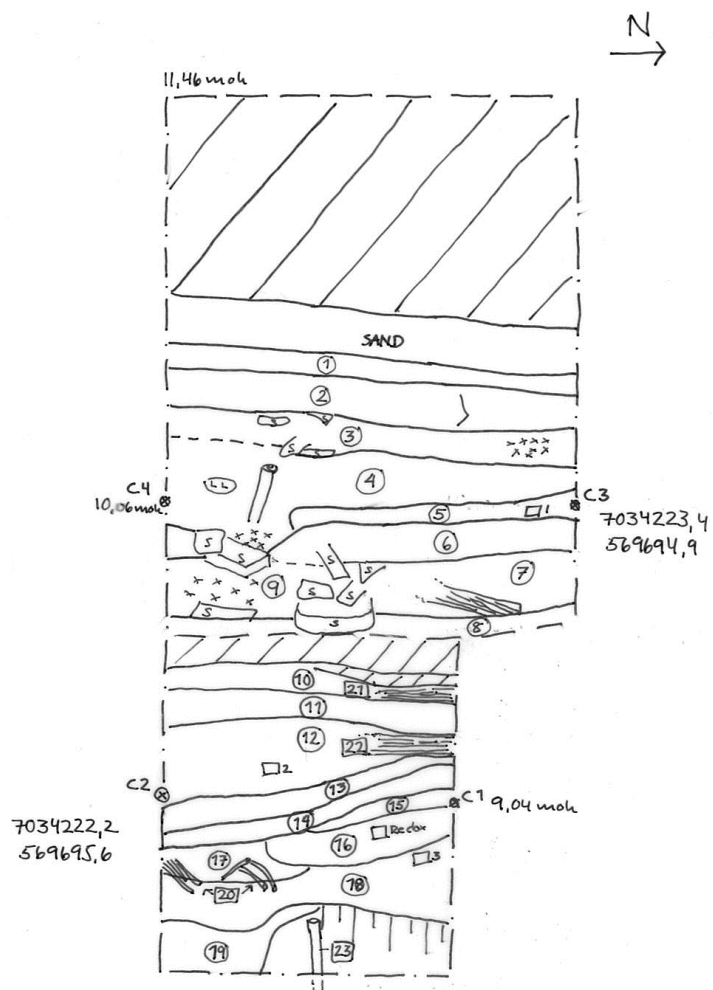
Profil Sør med sensorer plassert i topp, midten og bunn.

(Foto Anna H. Petersén NIKU)



Tegning av profil sør (NIKU rapport Petersén, 2007).

Profil Nord hvor den øverste sensoren ble plassert i øvre del og de resterende i nedre del (Foto Anna H. Petersén NIKU)



Tegning av profil Nord. (Petersén A. H. & Bergersen.O 2013)

## Vedlegg 2

Overvåkingsdata fra tidlige 2004-2007 i nærheten av Schulz gt Trondheim.

