



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT NIBIO REPORT

VOL.: 2, NR.: 64

Miljøovervåking av kulturminner i Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, og Presidentveita i Trondheim

Statusrapport II for perioden 2013 - 2015

OVE BERGERSEN

NIBIO Miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

Miljøovervåking av kulturminner i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita og Presidentveita i Trondheim. Statusrapport II for perioden 2013, 2014 & 2015

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Ove Bergersen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
26.04. 2016	2/64/2016	Åpen	8422	16/893
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01635-9		2464-1162	21	3

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Riksantikvaren, Distriktskontor Trondheim
Norsk institutt for kulturminneforskning,
Distriktskontor Trondheim

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Sissel Ramstad Skoglund
Anna H. Petersén

STIKKORD/KEYWORDS:

Redoksforhold, bevaring, kulturminner,
Miljøovervåking, nedbrytning
Redox conditions, preservation, remains,
degradation

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Jordkvalitet Miljøovervåking

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Denne rapporten oppsummerer de 3 første årene fra overvåking av kulturlag under og ved siden av et nytt bygg i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata i Trondheim. Data for overvåkingene er basert på jordtemperatur, jordfuktighet og redoksforhold i kulturlagene fra umettet sone fra perioden januar 2013 og ut april 2015. NIBIO har ikke observert store forandringer og svingninger i ulike måleparameter i denne periode av overvåkingen. En svak økning i fuktighet er målt i det midterste overvåkingslaget under nytt bygg. Kulturlagene ser derfor ut til å ha stabile forhold som er gunstig for kunne bevare dem i jorda både på utsiden og under nytt bygg. I prosjektets tredje driftsår 2015 har det oppstått noen avvik ved innhenting av data etter i april/ mai. Dette skyldes blant annet måleteknisk utstyr som logger og MET Controller har blitt ødelagt, trolig på grunn av fuktskader.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Sør Trøndelag

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Trondheim

STED/LOKALITET:

Trondheim/ Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata
gnr/bnr 400/21, 102,129

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

GODKJENT / APPROVED



TROND MÆHLUM
SENIORFORSJER

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER



OVE BERGERSEN
SENIORFORSKER



FORORD

Rapporten er skrevet på oppdrag fra Riksantikvaren og NIKU. NIBIO har i oppdrag å utføre miljøovervåking av arkeologisk kulturlag i 5 år på tomten av Kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Munkegata i Trondheim. I september 2012 ble det installert overvåkingsutstyr som skal overvåke hvordan kulturlagene fra middelalderen bevares over tid in situ. Oppstart av datalogging startet januar 2013. Rapporten her er andre statusrapport

Fra NIBIO har følgende personer deltatt i prosjektet:

Måletekniske arbeider i felt: Thor Endre Nytrø og Ove Bergersen

Laboratorieundersøkelser: Hege Bergheim og Ove Bergersen

Rapportering: Ove Bergersen

Kvalitetssikring av rapporten: Trond Mæhlum

Ås, 26. april. 2016



Ove Bergersen

Prosjektleder

INNHold

FORORD.....	4
1 INNLEDNING.....	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Målet for prosjektet	6
2 MATERIALE OG METODER.....	7
2.1 Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag.....	7
2.2 Installering av sensorer temperatur, jordfuktighet og redokspotensiale.....	8
2.3 Installering til datalogger	8
3 RESULTATER OG DISKUSJON	10
3.1 Jordtemperatur og jordfuktighet fra profilveggene i nord og sør profil under hus	10
3.2 Jordfuktighet sammenstilt med redokspotensialet i jordprofilene	15
3.3 Avvik i måleperioden.....	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	19
LITTERATURREFERANSER.....	20
VEDLEGG	21

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

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 NIBIO levere årlig status rapporter og sluttrapport med NIKU i år 2017.

Første statusrapport inneholder data fra 2013 til starten av 2014 (Bergersen, et. al 2014). Denne rapporten utgjør andre statusrapport på miljøovervåkingen fra installert utstyr under og ved siden av nytt bygg og strekker seg fra start januar 2013 til mai 2015.

1.2 Målet for prosjektet

Det aktuelle området har kulturlag i et fredet område i middelalderbyen Trondheim. Denne miljøovervåkingen vil sammenligne miljøforhold i kulturlag under og utenfor nybygg over tid som grunnlag for å vurdere bevaringsforholdene etter utbyggingen.

2 MATERIALE OG METODER

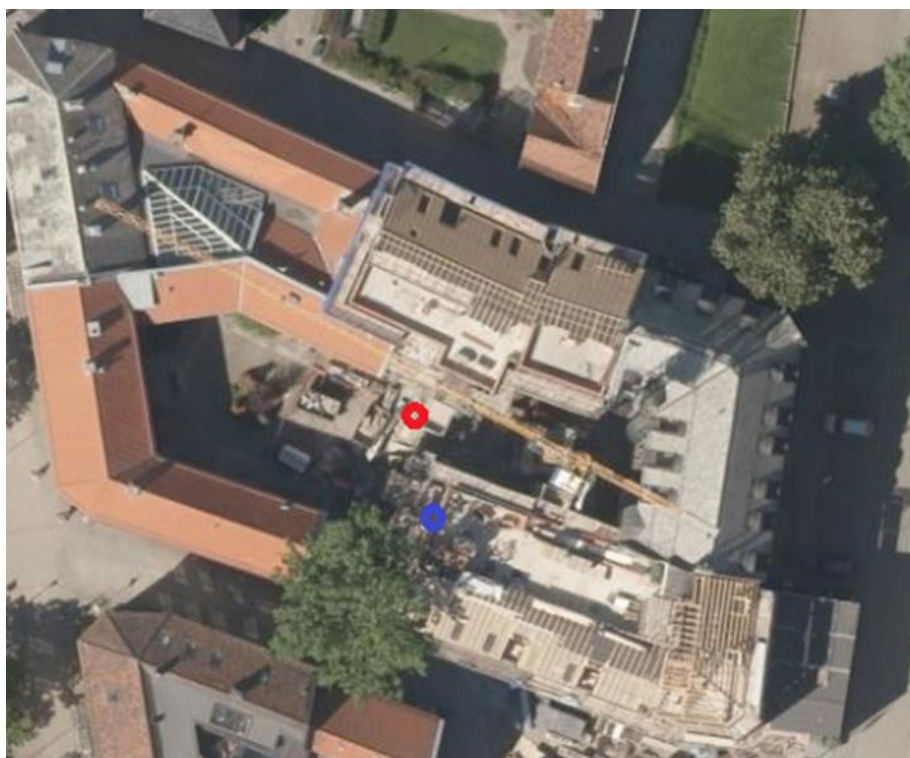
2.1 Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag

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, jordfuktighet og redoksforhold 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 gammel profil **sør** under nytt bygg og ny profil **nord** på utsiden av nytt bygg (Figur 1 og profilbilder og tegninger i vedlegg 1)

Profiler i grøft undersøkt i forbindelse med forundersøkelsen i 2007 ble også brukt for langtidsovervåking av kulturlag. Kulturlag i søndre del av grøften, i profil A mot øst, er tidligere dokumentert og beskrevet i Bioforsk rapport (Bergersen, O. & Hartnik, T. 2008)

Etter at utstyret ble satt inn er det også installert infiltrasjonsgrøfter for å øke fuktigheten under og ved nye bygg. Regnvann fra tak infiltreres i grunnen i infiltrasjonsgrøfter med tanke om å øke fuktigheten til kulturlagene.



Figur 1. 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.

Kulturlag i ny profil gravd ut i 2012 mot vest i nordre del, har innmålte koordinatene etter N32 Euref 89:

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

2.2 Installering av sensorer temperatur, jordfuktighet og redokspotensiale

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).

Sensorene ble installert i ulike høyder av utgravde profiler nord og sør på tomten november 2012 (se tabell 1, 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 redokssensorer 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 noe høyere fuktighet. Alle redoksverdiene vist i mV er omregnet og redusert for potensialet til referanseelektroden med 0.290 mV. Målinger av redokspotensialet gir informasjon om hvor gode bevaringsforholdene er der det blir overvåket. En oversikt i tabell 1 viser nr. og plassering av ulike jordtemperatur- og fuktighet sensorene. Jordfuktighet og jordtemperatur kan vise oss eventuelle fluktuasjoner når regnvann fra tak infiltreres i grunnen ved begge husene. Ut fra disse målingene i kulturlagene vil det være mulig å se hvor stabile forholdene er. Redoksmålinger vil informere om bevaringsforholdene til kulturlagene.

Sensorene ble installert i lagene ved først å bore opp et hull (jordbor) med diameter som sensoren i ønsket dybde. Deretter ble sensorene trykket på plass i profilveggenes hull slik at sensorstengene (lengde 11 cm, diameter 0,35 cm) hadde god kontakt med kulturlagene. Begge profilvegger ble dekket til med bentonittduk før profilene ble fylt igjen.

Innstillinger og kontroll av sensorene kunne ikke la seg gjennomføre siden installasjonen måtte skje før skap med logger var mottatt NIBIO. Skap med logger og MET Controller ble montert ferdig januar 2013.

2.3 Installering til datalogger

Ledningene fra sensorene (10-20 meter), ble forlenget og ført til en beskyttende kum og koblet sammen til datalogger (illustrert i rapport Bergersen, et. al 2014). 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.

Etter at datalogging og kontroll av sensorer ble startet først flere måneder etter installasjonen av sensorene, viste det seg at sensor nr. 3 i **nord**, profilen like ved flettelag ikke ga normale verdier. 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 igjennfylling av profilgrøft. Dette viser hvor viktig det er ved installasjon av måleteknisk utstyr at alt utstyr blir kontrollert ved oppkobling og at grøfter fylles igjen forsiktig slik at sensorer og ledninger ikke tar skade.

Tabell 1: Avstandsmål og høyde over havet over installering av sensorer i de to profiler.

Lokalitet	Dyp m	Dyp moh	Sensor nr	Lednigslengde til logger (m)	I drift tom 2014	I drift til mai 2015	I drift fra des 2015
Ny Profil Nord							
Nord 1	2 cm fra snor	10.06	33921.00	20.00	temp/fukt	temp/fukt	usikker
Nord 2	0.7 fra bunn	9.14		20.00	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt
Redoks nord	0.5 fra bunn	9.04	33917.00		x	x	ute av drift
Nord 3	0.4 fra bunn	8.84	33916.00	20.00			
Gammel profil							
Sør							
Sør 1	1.16 fra bunn	9.69	33920.00	10.00	temp/fukt	temp/fukt	usikker
Sør 2	0.7 fra bunn	9.31	33918.00	15.00	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt
Redoks sør	0.5 fra bunn	8.95			x	x	ute av drift
Sør 3	0.3 fra bunn	8.79	33919.00	15.00	temp/fukt	temp/fukt	temp/fukt

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Jordtemperatur og jordfuktighet fra profilveggene i nord og sør profil under hus

De første årene med overvåkingsresultater antyder en liten forskjell i fuktighet, og jordtemperaturen er stabil og fluktuerer lite med utetemperaturen vist i Figur 2, 3 og Tabell 2. Tabell 2 viser adskilte beregninger på min, max, median og gjennomsnittstemperaturer for året 2013, 2014 og halve 2015. Disse verdier kan ikke sammenlignes direkte med verdier beregnet fra starten i senhøst- vinter måneder vist rapport (Bergersen et al. 2014). Hvert år viser sammenstilling av temperaturen målt i gammel profil under nytt bygg med ny profil på utsiden. Data fra 2013 og 2014 inneholder data fra alle årstider. Siste år 2015 er beregnet på data fra vintermånedene og disse kan gi noe lavere verdier enn fra 2013 og 2014. Derfor er gjennomsnittverdier fra hele måleperioden til dags dato vist i egne tabeller i vedlegg 2.

I rapporten har vi beregnet medianverdier* for hvert av de ulike år med overvåking. Medianverdier gir mer riktig verdi hvis dataene fluktuerer mye. I dette overvåkingsprosjektet varierer verdiene lite, slik at medianverdien blir lik gjennomsnittverdien

** 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).*

Jordtemperaturen fra målingene i 2013 når huset ikke var ferdigstilt viste små forskjeller mellom ny og gammel profil. Gjennomsnitt og medianen ble beregnet til omkring 7 °C i 2013, mens den i 2014 viste temperaturer på omkring 10 °C fra øvre kulturlag (9.7 moh) som ligger tettere opp til nytt bygg (Tabell 2). Verdien beregnet fra 2015 er lavere på omkring 8 °C og er ikke direkte sammenlignbare grunnet data kun er fra vinter tidlig vår 2015 og ikke sommer og høst.

Forskjellene i beregnet gjennomsnittlig jordtemperatur i øvre del av ny profil utenfor nybygg sammenlignet med gammel profil under nytt bygg var ca 1-2 i 2013 (Tabell 2). I 2014 viser gjennomsnittstemperaturen nær overflaten ca. 4 °C (Tabell 2). Dette indikerer at det høyeste målepunktet nær overflaten viser lavere temperatur ute enn under hus, og etter at nytt bygg ble ferdigstilt har ikke temperaturen steget mye. I de dypere kulturlag er forskjellen i temperaturen i ny og gammel profil målt til 1-2 °C (Tabell 2). Figur 3 viser at temperaturen i øvre lag under hus (gammel profil sør) har litt større forskjeller i maks og min. temperatur sammenlignet med de dypere kulturlagene. Så lenge temperaturen ikke ligger noe særlig høyere enn 10 grader blir det kun spekulasjoner å si at kulturlagene har det dårligere under hus enn utenfor. All mikrobiologisk forskning på naturlig nedbryting av organisk materiale viser at temperatur påvirker hastigheten i større grad fra 15 °C og oppover. Ved 10 °C skjer dette langsomt med oksygen til stedet. Studier på nedbryting av organisk materialet ved NIBIO (Petersén & Bergersen 2015) 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 til stedet vil tungt nedbruttbart materiale som for eksempel trevirke være beskyttet over tid.

Fuktigheten i kulturlagene er stabile, men høyere jordfuktighet i profil Nord utenfor hus (50 %) sammenlignet med profil Sør (< 40 %) illustrert som maks, min, median og gjennomsnittverdier i

Tabell 3. Jordfuktighet stemmer overens med de kjemiske analyser av jordprøvene. Kurvene for hele måleperioden er vist i nederst Figur. 2 og 3. Bygget ble ferdigstilt i 2014 og infiltrasjon av takvann under nedbørrike perioder skjedde i 2014. I profil nord på utsiden av nytt bygg er jordfuktigheten stabil på omkring 50 % (49-55 %) over alle 3 år (Tabell 3).

Gammel profil **Sør** under nytt bygg viser noe høyere fuktighet i kulturlagene på 9.7 og 9.3 moh. (Tabell 3). Det øvre laget på 9.7 moh. viser en svak økning i jordfuktigheten fra 35 – 38 %, mens det midterste laget på 9.3 moh. har økt fra 38 – 44 % (Figur 3 bunn). Kulturlaget ved 8.9 moh. viser liten forskjell med jordfuktighet på 38 %. Det er mulig disse målinger er litt lavere sammenlignet med jordanalysene før overvåking startet hvor vanninnholdet lå på 44-54 %.

Tabell 2 Jordtemperaturen i kulturlag vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i overvåkingsårene 2013 (topp), 2014 (midten) og jan ut april 2015 (bunn).

Temperatur °C	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord 2013 10,06 moh	Nord 2013 9,14 moh	Sør 2013 9,7 moh	Sør 2013 9,3 moh	Sør 2013 8,9 moh
Min	3.2	3.9	4.6	4.9	5.3
Maks	7.7	9.6	10.9	9.9	9.7
Median	4.9	6.7	7.3	6.4	6.7
Gjennomsnitt	5.1	6.8	7.6	7.0	7.2

Temperatur °C	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord 2014 10,06 moh	Nord 2014 9,14 moh	Sør 2014 9,7 moh	Sør 2014 9,3 moh	Sør 2014 8,9 moh
Min	3.9	5.2	8.1	8.1	8.2
Maks	8.9	11.7	14.7	11.8	11.4
Median	6.0	8.4	10.0	9.1	9.1
Gjennomsnitt	6.3	8.2	10.3	9.7	9.6

Temperatur °C	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord 2015 10,06 moh	Nord 2015 9,14 moh	Sør 2015 9,7 moh	Sør 2015 9,3 moh	Sør 2015 8,9 moh
Min	4.5	6.6	7.1	8.9	8.9
Maks	6.7	9.9	10.5	11.2	13.6
Median	5.0	7.2	7.7	9.6	9.8
Gjennomsnitt	5.2	7.3	8.1	9.7	9.9

Likevel viser hele profilen stabile jordfuktighet og noe grad av fluktuasjoner i perioder med mer nedbør i midterste lag. Denne økning skyldes høyst sannsynlig infiltrasjonen av vann fra tak på nybygg. NIBIO vet ikke sikkert på hvilken kote infiltrasjonsrøret ligger. Stabilitet er gunstig for god

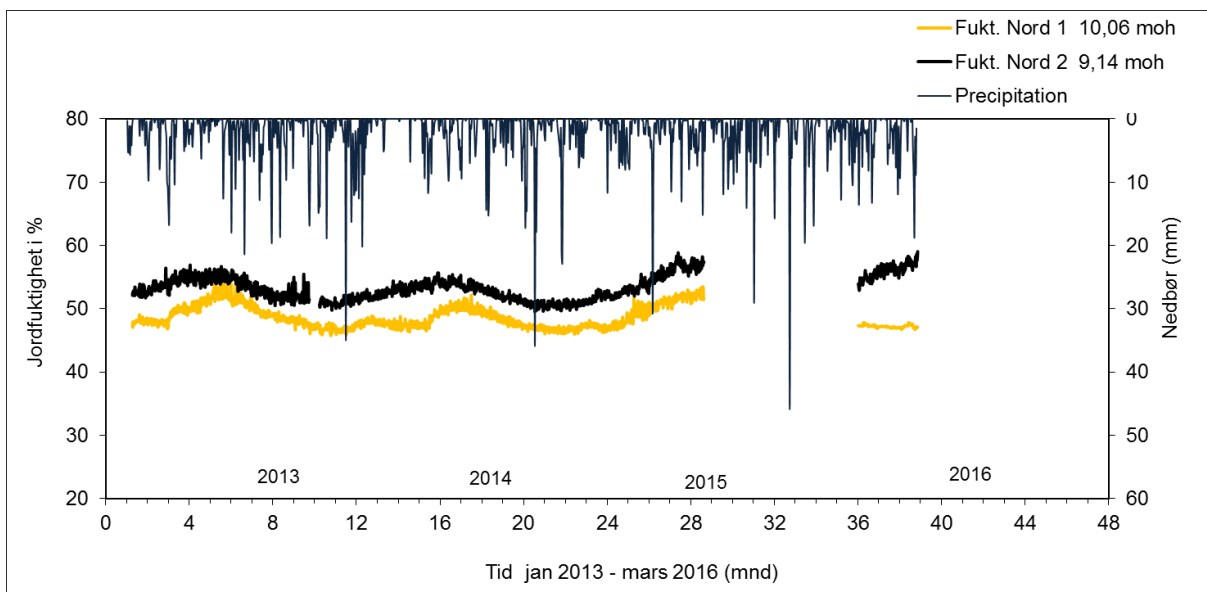
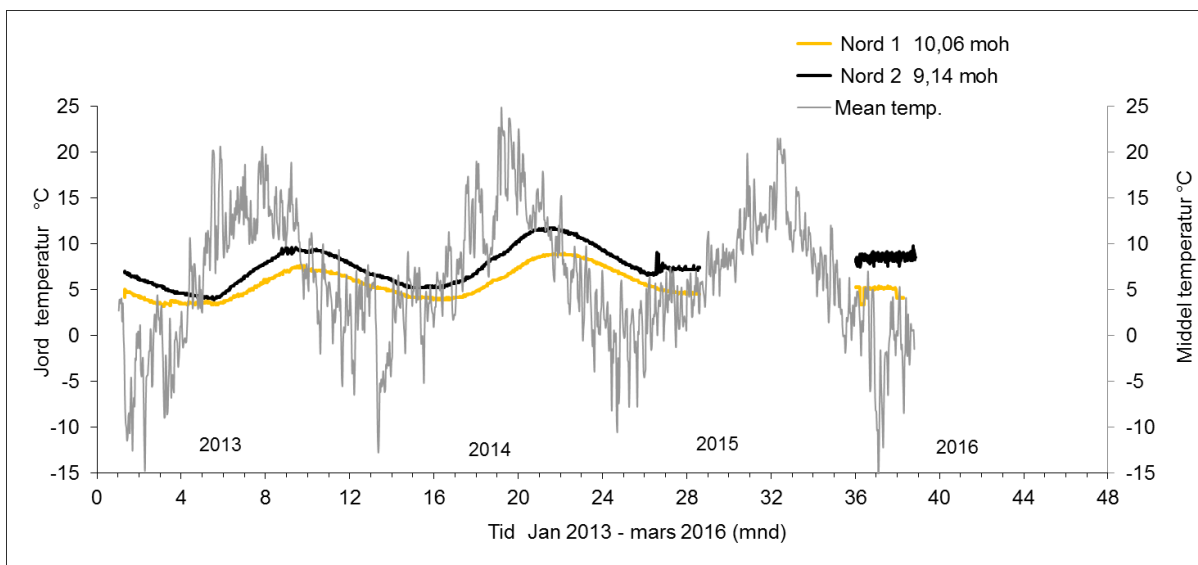
bevaring av kulturlag in Situ. Som supplement finner beregninger på jordtemperatur, jordfuktighet og redoksverdier i hele måleperioden vist i vedlegg 2.

Tabell 3 Jordfuktigheten i kulturlag vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i overvåkingsårene 2013(top), 2014 (midten) og jan ut april 2015 (bunn).

Fuktighet %	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord 2013	Nord 2013	Sør 2013	Sør 2013	Sør 2013
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	45.8	49.8	29.1	34.4	36.9
Maks	54.3	56.9	37.2	52.0	52.7
Median	48.4	52.8	35.0	38.3	38.0
Gjennomsnitt	48.9	53.0	34.1	38.2	38.3

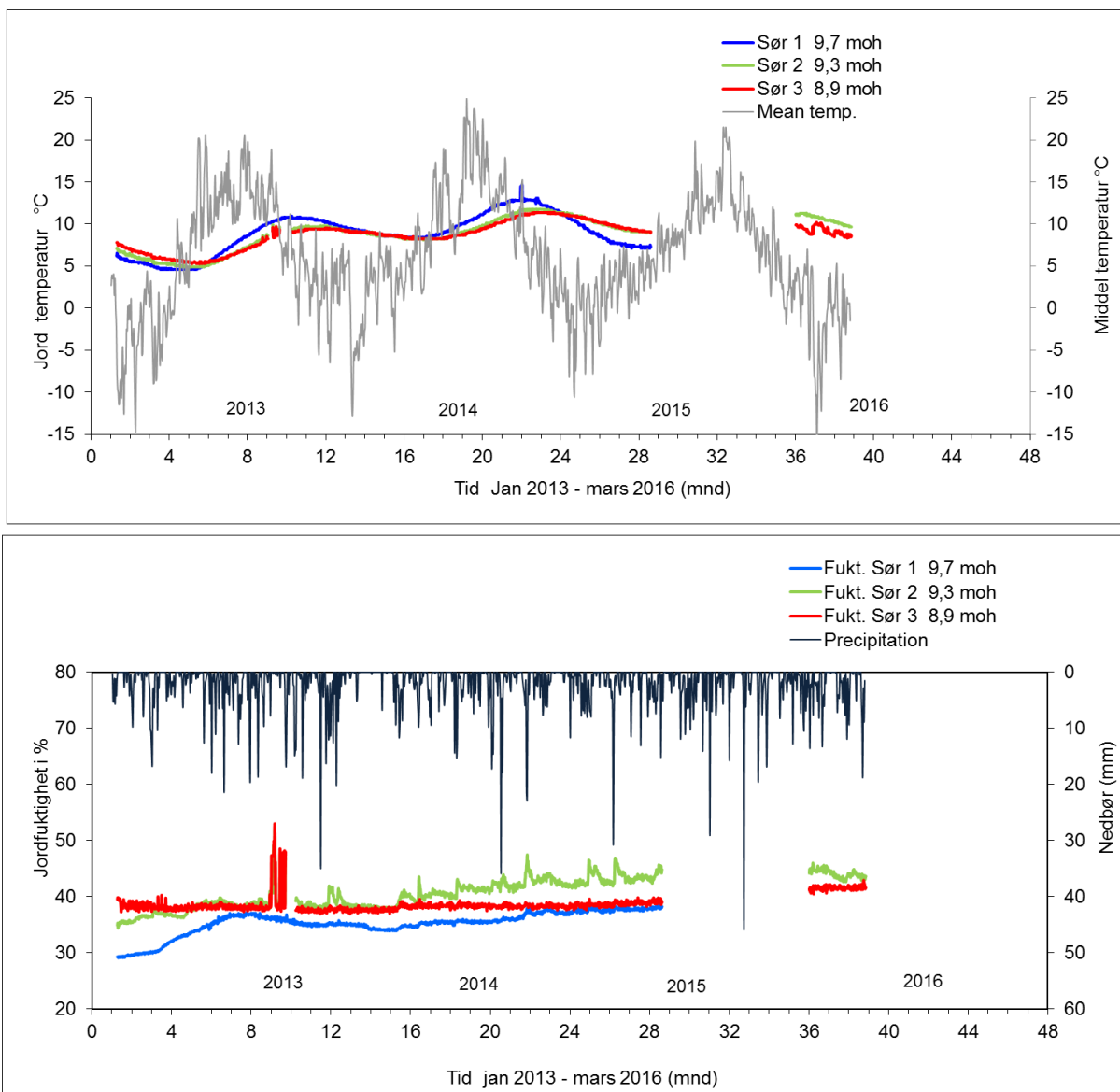
Fuktighet %	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord 2014	Nord 2014	Sør 2014	Sør 2014	Sør 2014
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	33.9	33.9	33.9	36.9	36.9
Maks	52.1	55.7	38.7	47.5	39.5
Median	47.5	52.2	35.6	41.3	38.2
Gjennomsnitt	47.9	52.3	35.7	40.9	38.2

Fuktighet %	Ny profil utside		Gammel profil under bygg		
	Nord 2015	Nord 2015	Sør 2015	Sør 2015	Sør 2015
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	47.6	52.0	37.1	41.9	38.0
Maks	53.5	58.9	38.6	46.9	39.8
Median	51.0	55.5	37.8	43.5	38.8
Gjennomsnitt	50.8	55.3	37.8	43.7	38.8



Figur 2.

Miljøovervåkings data fra jan 2013 til mars 2016 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 døgnmiddel utetemperatur og mm døgnnedbør (data fra www.yr.no) i sentrum av Trondheim.



Figur 3.

Miljøovervåkingsdata fra jan 2013 til mars 2016 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) i sentrum av Trondheim

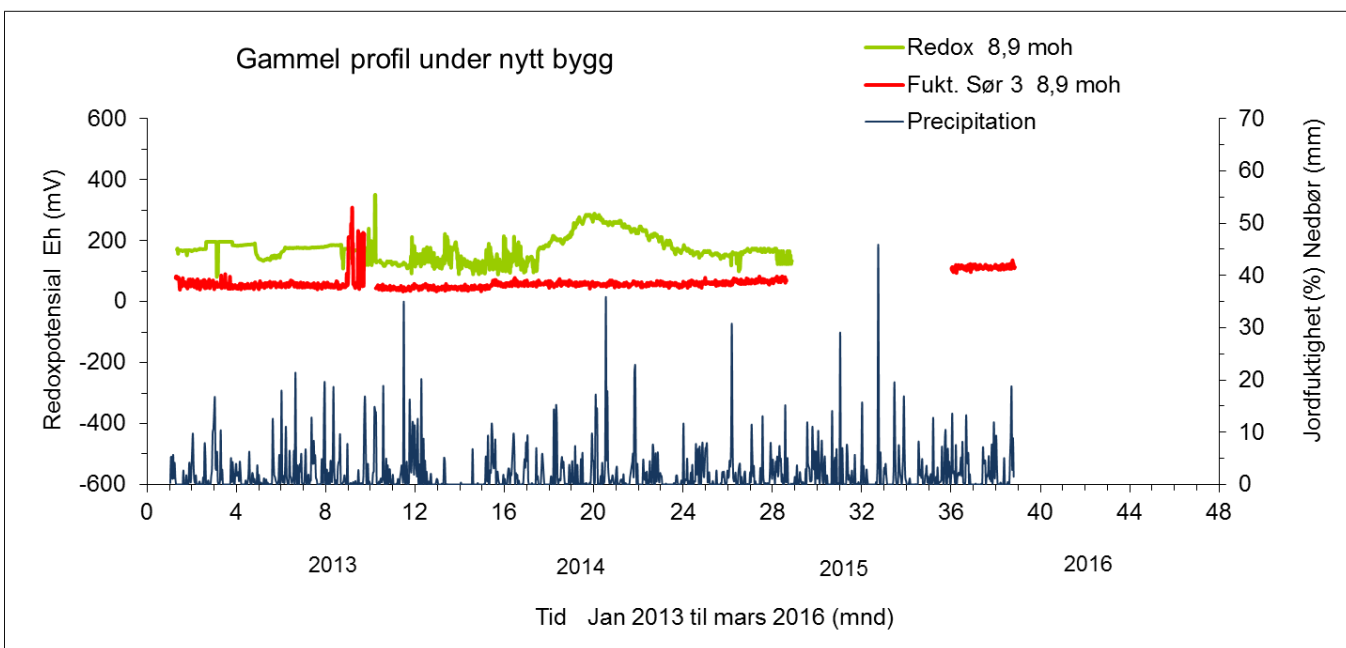
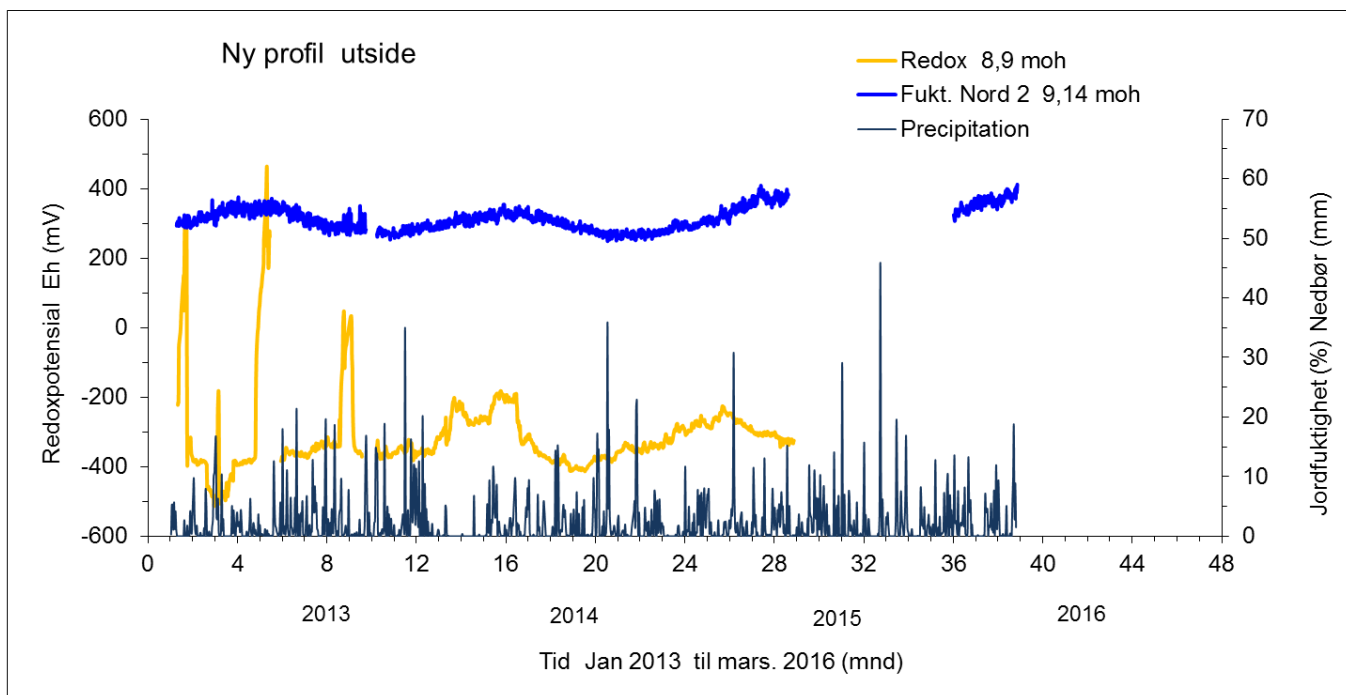
3.2 Jordfuktighet sammenstilt med redokspotensialet i jordprofilene

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 plass i porene til oksygen (Figur 4 nord, over) noe som gir gode bevaringsforhold. Her stiger redokspotensialet under nedbørfattige perioder noe, men ikke mer enn at det fortsatt er anoksiske forhold vist ved negative redoksverdier.

Gjennomsnittverdien i de ulike år av overvåkingsperioden ble beregnet til -306, -318 og -287mV (Tabell 4). Stabil høy fuktighet henger ofte sammen med hvor gode bevaringsforhold man har og hvilket redokspotensialet som dannes i et kulturlag. Redoksforholdene viser gode til utmerkede bevaringsforholdene målt i kulturlagene fra ny profil, Nord. Her ble det også påvist høyere andel organisk materiale som igjen kan holde bedre på jordfuktigheten. Nord profilens sensorer skulle teoretisk kunne være mer påvirket av nedbør enn under nytt bygg. Likevel viser sammenstillingen av både jordfuktighet og redokspotensialet noen svingninger de første årene av overvåkingen (Figur 4 nord, over). 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.

I sør profilen hvor jordfuktigheten var omkring 20 % lavere (35 %) ble redoksforholdene målt positive, men ikke for høye, mellom 50 og 100 mV, med et gjennomsnitt på +162,+187 og +158mV beregnet på de ulike år av overvåkingen (Tabell 4). Figur 4 gammel profil sør under hus viser stabil jordfuktighet ved 8.9 moh. selv om at redoksforholdene steg noe i 2014. Jordfuktighetssensoren plassert på 9.3 moh. har steget fra 38 % til 44 % de siste 2 år uten at det har forandret redokspotensialet målt 40cm dypere. Det ser ikke ut som om infiltrasjon av regnvann fordeler seg i hele profilen. All økningen i jordfuktigheten vil virke mer beskyttende. Siden vi ikke måler økt jordfuktighet i gammel profil sør under nytt bygg er det lite trolig at fuktigheten i kulturlagene under husene vil kunne øke. Overvåkingen skjer i umettet sone og tilført vann følger de fysiske lover og finner raskest vei ned i dypet og ikke horisontalt.

Stabilitet i kulturlagene med fuktighet mellom 35 og 45, % uten at det tilføres nytt regnvann med ekstra nytt oksygen, vil også virke beskyttende hvis porene er oksygenfrie. Verdier under +200mV, tilsier at det ikke er mye oksygen til stede i kulturlagene som overvåkes. Stabilitet og bevaringsforholdene under nybygget har ikke blitt forverret inn i 2015.



Figur 4.

Miljøovervåkings data fra jan 2013 til mars 2016 i to profilvegger. Nord (topp) ligger på utside av bygg, mens sør profilen (bunn) ligger under nytt bygg. Redokspotensial sammenstilt med nærmeste jordfuktighetssensorer vist ved ulike høyder over havet. Målingene er sammenstilt med mm nedbør / døgn (data fra www.yr.no) i sentrum av Trondheim.

Tabell 4 Redoksforhold i kulturlag vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i overvåkingsårene 2013 (top), 2014 (midten) og jan ut april i 2015 (bunn).

Redoks- forhold	Ny profil utside Nord 8,9 masl.	Gammel profil under bygg Sør 8,95 masl.
mV	2013	2013
Min	-513.0	81.4
Maks	461.1	350.2
Median	-358.2	169.7
Gjennomsnitt	-305.7	161.9

Redoks- forhold	Ny profil utside Nord 8,9 masl.	Gammel profil under bygg Sør 8,95 masl.
mV	2014	2014
Min	-413.2	89.4
Maks	-182.1	288.4
Median	-332.0	181.6
Gjennomsnitt	-317.6	186.9

Redoks- forhold	Ny profil utside Nord 8,9 masl.	Gammel profil under bygg Sør 8,95 masl.
mV	2015	2015
Min	-343.7	123.0
Maks	-225.7	174.0
Median	-290.7	158.7
Gjennomsnitt	-287.6	158.3

Det ser ikke ut som om bygging av et nybygg har påvirket og forandret redoksforholdene i kulturlagene i ny profil nord eller i gammel profil sør under nytt bygg.

Egne nedbrytingsforsøk av kulturlagsprøver fra begge profiler analysert i laboratoriet til NIBIO ved 10 °C høyere temperatur enn In Situ viser også lav nedbrytingsrate over ett års tid under anaerobe og stabile forhold. Nedbrytningshastighet av organisk materiale var betydelig høyere i de dårlige bevarte prøver i gammel profil sammenlignet med ny profil i starten. Etter 120 dager ble nedbrytingsrate lik i begge prøver. Dette viser at hvis kulturlagene holdes stabile og fuktige under dette nybygget vil det være mulig å bevare organisk materiale fremover i tid (Petersén & Bergersen 2015).

Slike forandringer vil være viktig å observere ved overvåking av arkeologiske kulturlag. Observasjonen fra andre miljøovervåkinger av arkeologiske kulturlag viser at mye nedbør direkte kan 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.

3.3 Avvik i måleperioden

Overvåking av kulturlag utenfor og under nybygg i Schultz gt, Trondheim har gitt oss data til og med slutten av april 2015. Etter dette tidspunkt fikk vi upålitelige data og logger sluttet å sende data over nett.

Under bearbeiding av data våren 2014 ble det oppdaget at ledningene fra profil nord sensor nr 1 (10.06 moh) jordfuktighet og jordtemperatur inn til logger høyst sannsynlig er byttet om etter kabelbrudd. Data foreligger, og er omregnet slik at dette blir riktig til feilen er rettet opp. Figurene nå viser data omregnet fra hele måleperioden jan. 2013 og ut april 2015. Fra april til juni ble det oppdaget ustabilitet i strømforsyning. Ved tilsyn september 2015 ble det ikke påvist data. Dette skyldes mest sannsynlig at datastrøm til logger er brutt og at loggeren er ødelagt.

Høsten 2015 ble det satt inn ny logger og den har vist logiske data fra de 3 jordfuktighet/temperatursensorene (se oversikt i Tabell 1). På angitte tidspunkt fikk ikke loggeren signaler fra redoks sensorene. Dette skyldes trolig også at MET Controller, som mottar og forsterker signalene fra sistnevnte sensorer, også er skadet. Nytt utstyr ble innsatt til rett før nyttår 2015. Da viste det seg at også met kontrolleren i kontakt med ny logger satt inn i september for jordtemperatur og jordfuktighet var skadet. Den nye enheten ble da prioritert koblet opp for fukt/temp. målinger. Dette medfører at data fra redoks målingene fortsatt ikke virker.

Disse utfordringer gjør at vi mangler data fra april til desember 2015 og skyldes i hovedsak fukt korrosjonskader på utstyret som er plassert i vanntett metallboks senket i en kum ned i bakken (se feltrapport vedlegg 3). Fra desember 2015 og til april 2016 har vi mottatt logiske data fra 3 jordtemperatur og jordfuktighetssensorer, men ingen redoksverdier. NIBIO jobber for tiden med å få løst disse problemene slik at utstyret leverer data igjen.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Rapporten oppsummerer de første årene av 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. Data fra januar 2013 til mai 2015 er presentert.

Miljøovervåkingen fra jan 2013 og ut april 2015 viser fortsatt høyere jordfuktighet i nordre profil som ligger på utsiden av nytt bygg. Her er det fortsatt reduserende forhold omkring -300 mV, noe som viser at oksygen ikke er til stede slik at organiske materiale fra kulturlagene ikke brytes raskere ned.

I profilen **sør** under nytt bygg er jordfuktigheten noe lavere, sammenlignet med **nord**. Redoksforholdene målt tilsier at det heller ikke er mye oksygen i kulturlagene under nytt bygg selv om verdiene ligger mellom +150 til +180 mV.

Vi er usikre på hvor lenge redoks sensoren i sør profilen vil gi fornuftig informasjon pga. lavere jordfuktighet. Målingene i disse årene 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. Her viser gjennomsnitt temperaturen 2-3 grader høyere verdi og mindre påvirkning av utetemperatur, noe som ikke er unaturlig.

I prosjektets tredje driftsår 2015 har det oppstått noen avvik ved innhenting av data etter i april/mai. Dette skyldes blant annet måleteknisk utstyr som logger og MET Controller har fått skader, sannsynligvis som følge av fuktighet og korrosjon inne i tett skap plassert i en kum, noe som er ugunstig for denne type elektronikk. Derfor mangler måledata for perioden fra april til desember 2015. Skadene vil bli forsøkt utbedret av NIBIO i 2016?

LITTERATURREFERANSER

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

Bergersen, O. T. E. Nytrøen & Ø. Rise. 2014. Miljøovervåking av kulturminner i kvartalet Schultz gate, Munkhaugveita, Presidentveita, Trondheim kommune, Sør Trøndelag. Statusrapport I for perioden 2013-2014. Bioforsk rapport 9/103/2014.

Hollesen, J. Matthiesen, H. (2011). The effect of temperature on the decomposition of urban layers at Bryggen in Bergen. Nationalmuseet in Denmark. Report no. 11031048. 2011.

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.

Petersen, Anna Helena; Bergersen, Ove. 2015. 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*, 2015; Volum 18. BIOFORSK NIKU (in press)

VEDLEGG

Oversikt over vedlegg

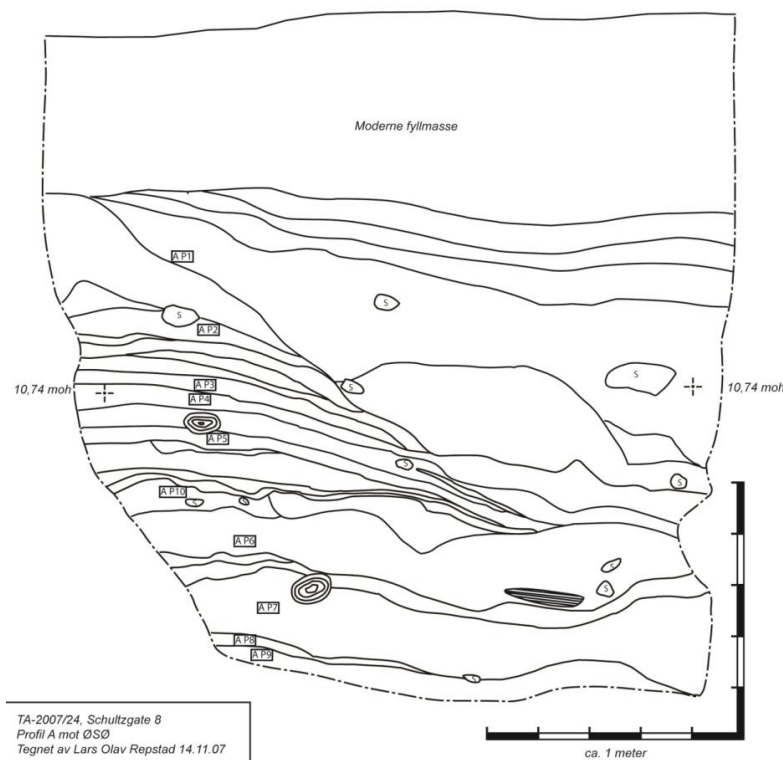
Nr. Emne

- 1 Illustrasjon av profilvegg hvor sensorer ble installert
 - 2 Oversikt over beregnede maks, min, median og gjennomsnittverdier i hele måleperioden jan 2013- mai 2015
 - 3 Felt rapport på skader av utstyr
-

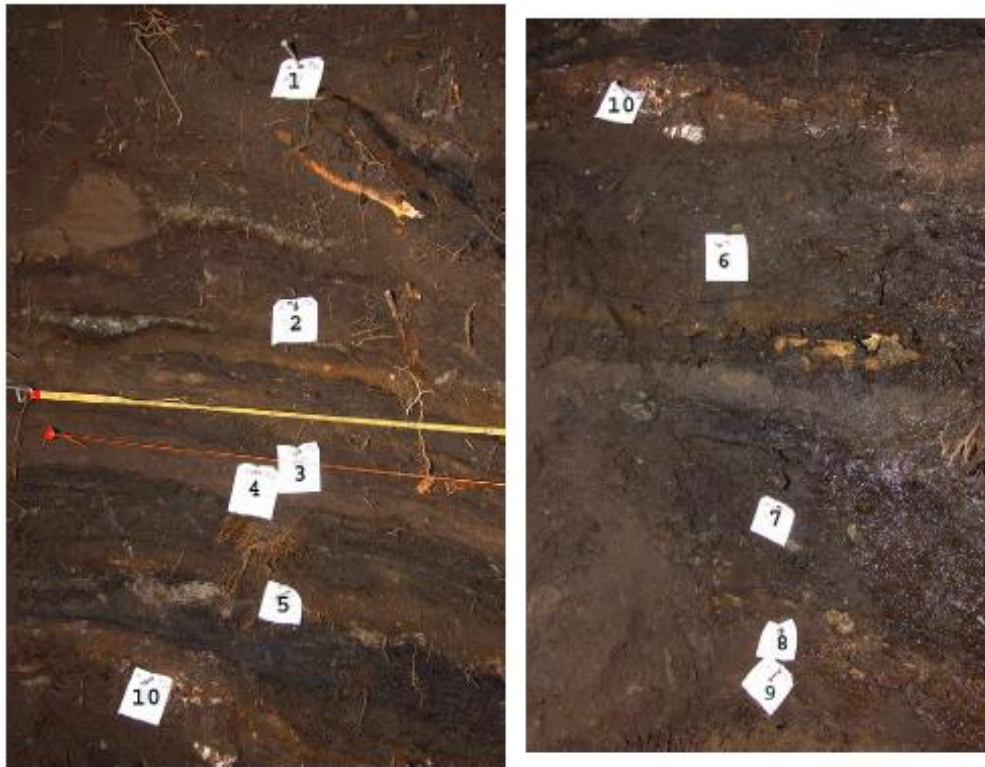
Vedlegg 1. Illustrasjon av profilvegg hvor sensorer ble installert



Profil Sør med sensorer plassert i topp, midten og bunn. (Foto Anna H. Petersén NIKU).



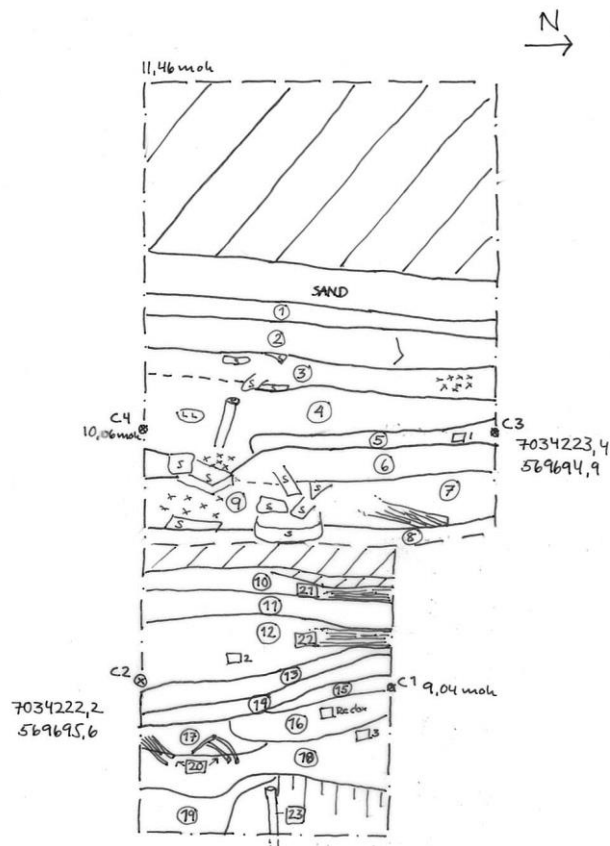
Tegning av profil sør (Bioforsk rapport Vol 3. nr 7.2008).



Profil Sør: Øvre del venstre og nedre del høyre slik den så ut under forundersøkelsen i 2007. (Foto Ove Bergersen NIBIO).



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



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

Vedlegg 2. Måledata

Oversikt over maks, min, median og gjennomsnittsverdier i hele måleperioden jan 2013 ut april 2015.

Temperatur °C	Outside new building		Under new building		
	North	North	South	South	South
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	3.2	3.9	4.6	4.9	5.3
Max	8.9	11.7	14.7	11.8	11.4
Median	5.6	7.3	9.3	8.7	8.7
Average	5.7	7.5	9.0	8.5	8.5

Fuktighet %	Outside new building		Under new building		
	North	North	South	South	South
	10,06 moh	9,14 moh	9,7 moh	9,3 moh	8,9 moh
Min	45.8	49.5	29.1	34.4	36.9
Max	54.3	58.9	38.7	52.0	52.7
Median	48.0	52.5	35.4	39.2	38.2
Average	48.7	53.0	35.3	40.2	38.4

Redoks- forhold mV	North outside	South under house
	8,9 moh.	8,95 moh.
Min	-513	81
Max	461	350
Median	-340	170
Average	-308	172

Vedlegg 3

Rapport om feilsøking ved Schulzt gt i Trondheim

1. Innledning

Dette er en feilsøkningsrapport for overvåkingsutstyr av temperatur, jordfuktighet og redoksforhold i område ved Munkehaugsveita i Trondheim i forbindelse med oppdrag fra NIKU

2. Resultat av utarbeidelse av feilsøking

MET Controller SN259 adr. 33:

Denne «MET Controller» kunne ikke kontakte SEBA logger og den er helt ødelagt.

Bilder nede viser MET Controller.

MET Controller SN258 adr. 32:

Denne «MET Controller» kunne kontakte SEBA logger, men kunne ikke skifte programmet til 33. Verken skifte programmet til 32 eller 33. Denne «MET Controller» er delvis ødelagt.

Bilder nede viser av den MET Controller

NY «MET Controller» SN258 adr. 32:

Den ble montert og den viser en av sensorene virker helt normal og andre tre sensorene viser feil verdier. Det er mulig å vise feil verdier enten kontakt i rekkeklemmer eller sensorer.

18.12.2015

Srikanthapalan Muthulingam

Måleteknisk gruppe i NIBIO

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.