

MILJØOVERVÅKING – INSTALLASJONS- OG SLUTTRAPPORT.

Storgata 30-32 «City Shopping/Foyn-kvartalet», Tønsberg, Vestfold

Petersén, Anna





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)

Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo

Telefon: 23 35 50 00

www.niku.no

<http://www.niku.no/>

Tittel Miljøovervåking – Installasjons- og sluttrapport. Storgata 30-32 «City Shopping/Foyn-kvartalet», Tønsberg, Vestfold	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 341	Publiseringsdato 15.04.2024
	Prosjektnummer 15620614,1020161	Sider 21
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Petersén, Anna	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-490-9	Oppdragstidspunkt / periode utført Nov.2011 - des.2017
	Forsidebilde Situasjonen i parkeringskjelleren i nov. 2011 etter at betonggulvet var fjernet i deler av arealet. Foto: Ove Bergersen, Bioforsk.	

Prosjektleder
Anna Petersén

Prosjektmedarbeider(e)
Ove Bergersen, NIBIO

Kvalitetssikrer
Vibeke Vandrup Martens

Oppdragsgiver / finansiert av
Prosjekt City Shopping v/Svein Arve Andersen og Foyn Eiendom AS

Sammendrag

NIKU har gjennomført miljøovervåking Storgata 30-32, Tønsberg. I forbindelse med nybygg ble kulturlag under gulv i eiendommens parkeringskjellere undersøkt med hjelp av boring og to miljøbrønner for overvåking av grunnvann ble installert. En eksisterende miljøbrønn (MB6) etablert i 2010 og som del av en tidligere miljøovervåking ble innlemmet i dette miljøovervåkingsprosjektet. Med unntak for MB6 som var tørr i 2011, har miljøbrønn MB10 gitt data fra 2014 til desember 2017. MB5 har gitt data fra 2014 -2015. Denne brønn har vært utilgjengelig etter at en dagligvarebutikk tatt i bruk lokalet i den tidligere parkeringskjelleren. Kulturlag i fra til sammen 13 grunnboringer er blitt dokumentert og forhold for tilstand og bevaring er vurdert av NIKU og underleverandør Bioforsk/NIBIO. Det var tidligere antatt at arealet under parkeringskjelleren var blitt utsjaktet på 1960-tallet, men undersøkelsen har vist at intakte kulturlag er bevart i store deler av arealet og med et omfang på 0,5 til 1,8 m under eksisterende gulv. Kulturlagene ligger over eller delvis i grunnvann (sone «B» -fluktuerende grunnvann) og er til overveiende del meget godt bevarte og har fått høyt score både for tilstand og bevaring. Naturlig undergrunn består av marin leire. Kulturlagene over naturlig undergrunn gir inntrykk av tidligurban bosetning i området. De radiologiske dateringene, C14 tatt fra de eldste kulturlag viser aktivitet fra AD 970-1040. Medianverdien for grunnvannsnivåene i miljøbrønnene ligger i nordøst på ca. 2,8 -2,9 moh., (MB10), og i sørvest på ca. 1,8 moh., (MB5). Bioforsk/NIBIO konkluderer i sin sluttrapport med at forholdene er stabile etter at nybygg er tatt i bruk. Redoksverdiene er akseptable og grunnvannet inneholder lite oksygen. Erfaringer fra andre miljøovervåkingsprosjekter indikerer likevel at en oppadgående kurve på temperaturstigning i grunnvann kombinert med senket grunnvannstand kan indikere en forverring av bevaringsforholdene på lang sikt.

Abstract
Enter here.

Emneord
Tønsberg, Middelalderby Id. 10570, Miljøovervåking, Miljøbrønner

Keywords
Enter here.

Avdelingsleder
Lise Marie Bye Johansen

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Administrative opplysninger	7
1.2	Omsøkt tiltak	7
1.3	Kulturhistorisk bakgrunn.....	8
2	Problemstilling	8
3	Del 1 Installasjonsrapport 2011 og 2014.....	9
3.1	Metode	9
3.2	Naturtopografiske forhold.....	11
3.3	Feltarbeid og resultater	11
3.3.1	Undersøkelser i 2011: Borepunkter 1b, 2a, 3a, 4, 5(MB), 6a, 7b, 8b, 9b og 10(MB).....	12
3.3.2	2014 (akse C)	17
3.4	Forhold for tilstand og bevaring.....	19
4	Del 2 Miljøovervåking 2013 - 2017	19
4.1	Status og sluttrapporter fra Bioforsk/NIBIO.....	19
4.2	Konklusjon.....	19
5	Referanser	20
6	Vedlegg.....	20

1 Innledning

Installasjonsrapporten gjør rede for arkeologisk feltarbeid og jordfaglig vurdering i forbindelse med førboring for pelefundamentering og nedsetting av miljøbrønner på eiendommen Storgaten 30-32 i Tønsberg. Området ligger innenfor det automatisk fredete kulturminnet Middelalderbyen Tønsberg, id.10570. Prosjektet er delt i to deler en i 2011 og en i 2014, og prosjektetappene har egne vedtak og blitt gitt egne prosjektnummer hos NIKU.

1.1 Administrative opplysninger

Tiltakshaver søkte i slutten av 2000-tallet 008 Riksantikvaren om tillatelse til utbygging av bakgård og refundamentering av eksisterende bygningsmasse på eiendommen Storgata 30-32, i Tønsberg med hensikt om en utvidelse av arealet til det eksisterende kjøpesentret. Planene omfattet blant annet forandring av eksisterende parkeringskjeller til næringsareal. I 2010 ble det gjennomført en forundersøkelse med kartlegging av bevaringstilstand og bevaringsforhold for kulturlag i eksisterende bakgård med innkjøring fra Tjømegaten, og med etablering av en miljøbrønn. Resultater fra forundersøkelsen er presentert i NIKU Rapport 158-2010. Det ble boret flere steder innenfor bakgårdsarealet, og det ble funnet intakte kulturlag med organisk innhold 1-1,3 m under terreng, som høyest på kote +3,3 moh. Bevaringsforholdene for gjenværende kulturlag ble målt fra middels til god (Norsk standard 9451:2009). I oppdraget inngikk etablering av en miljøbrønn i et av borehullene og det ble opprettet et 1 -års miljøovervåkingsprogram for måling av data fra miljøbrønnen i borehull 6.

En befaring på eiendommen ble gjennomført 2-3.nov 2011 sammen med representanter for tiltakshaver, byggeledelse, Bioforsk (NIBIO), Riksantikvaren og NIKU for å se på forholdene i parkeringskjelleren. Under befaringen ble det utført noen boringer for å undersøke kulturlagsforekomst i indre del av bygget langs med akse B 19 og frem til B 15, samt boringer ved to punkter ved henholdsvis akse E 19 og E 18 (se vedlegg - fundamenteringsplan). Riksantikvaren gav NIKU i oppdrag å utforme prosjektbeskrivelse og budsjett for det arkeologiske arbeid inklusive en plan for gjennomføring av overvåking av bevaringsforhold i miljøbrønner i brev datert 21.10.2011. I den del av prosjektet som omfattet overvåking, ønsket Riksantikvaren at den eksisterende miljøbrønn 6 fra 2010 skulle innlemmes i måleperioden for de nye brønner som skulle settes ned i 2011. Riksantikvaren fattet vedtak i brev datert 9.11.2011(ref. 08/00679-13) og NIKU ga oppdraget prosjekt nummer 15620614.

Det var i perioden 2012-2013 stans i prosjektet på grunn av betalingsproblemer hos tiltakshaver og underleverandør Bermingsrud AS stengte ned anleggsområdet. I løpet av 2013 ble eierforholdene for Storgata 30-32 m.fl. restrukturert som Foyn Eiendom AS, utestående fakturaer ble betalt og driften på anleggsområdet ble gjenopptatt.

I 2014 mottok NIKU oppdragsbestilling fra Riksantikvaren for fundamentering i forbindelse med videreutvikling av bygget Storgata 30-32 m.fl. i brev datert 25.02.2014 (ref.14/99283-2). NIKU leverte prosjektplan med revidert budsjettforslag for nødvendig arkeologisk arbeid 10.03.2014, og Riksantikvaren fattet vedtak med tillatelse til 10 nye peler i forbindelse med øking av bærekapasitet 12.03.2014 (ref.14/00283-6). NIKU ga oppdraget prosjektnummer 1020161. NIKUs oppdrag var dokumentasjon av kulturlag på 2 av pelepunktene og etablering av en ny miljøbrønn for overvåking av grunnvannsstand.

1.2 Omsøkt tiltak

Arbeidet ble utført i eksisterende bygg Storgata 30-32 og i et kjellerareal som var benyttet som parkeringskjeller med innkjørsel fra Tjømegata og for forsterking av eksisterende bygningsmasse.

I Riksantikvarens vedtak (2011) var det stilt krav om arkeologisk arbeid på følgende tiltak i den del av bygningsmassen som skulle refundamenteres:

- Overvåking av graving av grøft for drager i bakgård og groper for heis og rulletrapp, med dokumentasjon av kulturlag.
- Dokumentasjon av kulturlag ved grunnboring i åtte pelepunkter og ved nedsetting av to miljøbrønner, med analyse av forhold for tilstand og bevaring i trå med rettingslinjer i Norsk Standard 9451:2009.
- Den miljøbrønn som ble satt ned i bakgården i 2010 (MB6) skulle sikres for videre drift og måledata skulle videreføres som en del av dette prosjekt.

I Riksantikvarens vedtak fra 2014 var det stilt krav om arkeologisk overvåking med analyse av forhold for tilstand og bevaring i trå med rettingslinjer i Norsk Standard 9451:2009, og overvåking av bevaringsforhold i 3 år for:

- 3 pelepunkter på akse 19
- 7 pelepunkter fordelt på akse C5-C11
- Dokumentasjon av kulturlager på to pelepunkter og ved nedsetting av ny miljøbrønn.

1.3 Kulturhistorisk bakgrunn

Det så kalte "Sentrumskvartalet" der Storgaten 30-32 inngår, ble ødelagt av en omfattende brann i 1959. Det ble foretatt noen mindre undersøkelser i perioden 1959 – 1961 på branntomtens område, og disse avdekket blant annet tykke kulturlag med velbevarte bygninger og andre trestrukturer fra middelalder. Kvartalet ble bygd ut på nytt under 1960-tallet, denne gang med parkeringskjeller og andre kjellerrom under store deler av det nye bygget, men det ble ikke gjort noen arkeologiske undersøkelser i forkant. Antikvarisk myndighet, Riksantikvaren har utgått fra at alt gjenværende arkeologiske materiale ble fjernet da kjelleretasjene ble etablert.

I forbindelse med planer på nybygg ble det i 2010 gjennomført en arkeologisk forundersøkelse i bakgårdsareal ut mot Tjømegaten, med kartlegging av arkeologiske forhold og undersøkelse av forhold og tilstand for bevaring for kulturlag (NIKU Rapport 158-2010). Det ble boret flere steder innenfor bakgårdsarealet, og det ble funnet intakte kulturlag, men boringene viste også at det var mange grøfter og hull for rør, kummer og kabler, og større hull som var fylt med moderne fyllmasse. I 4 av til sammen 7 borehull, ble det påvist intakte kulturlag, men de begynte forholdsvis dypt under dagens overflate, og ingen kulturlag lå høyere enn kote 3.30, og det vil si 1,5 – 2 m under dagens overflate. Bevaringsforholdene for gjenværende kulturlag ble målt fra middels til god (kategori 3 til 4 i hht. Norsk standard 9451:2009), og de dårligste forholdene ble målt for kulturlag nærmest overflaten. I forbindelse med denne undersøkelsen ble det installert en miljøbrønn i et av borehullene (nr.6), og det ble opprettet et 1-års miljøovervåkingsprogram for måling av data fra denne brønnen. Miljøbrønnen har levert data fra mars til september 2011.

2 Problemstilling

Prøveboringen som ble foretatt i forbindelse med befaringen i forkant av dette oppdrag viste at omfanget av intakte kulturlag under gulvet i parkeringskjelleren og tilhørende lagerlokaler, var mer omfattende enn det man tidligere trott. Samtidig mangler opplysninger om grunnforhold og kulturlagenes karakter, tykkelse og alder, samt over tilstands- og bevaringsforhold for kulturlag.

Med kjennskap i arkeologiske forhold i de omkring liggende områder, og rekonstruksjoner av de naturtopografiske forholdene for verneområdet Middelalderbyen Tønsberg, synes strandlinjen rundt år 1000 å sammenfalle omtrent med den bakre del av parkeringskjeller, og det areal som nå vil bli berørt av nybygg, inneholder sannsynligvis spor fra den eldste bosetningen langs strandlinjen og den videre ekspansjonen i retning mot Nedre Langgate. C14 analyser fra de eldste lag fra grunnboringer i de indre deler av parkeringskjelleren er av denne grunn viktig for å kunne datere og avgrense bosettingens utbygging i forhold til strandlinjen.

3 Del 1 Installasjonsrapport 2011 og 2014

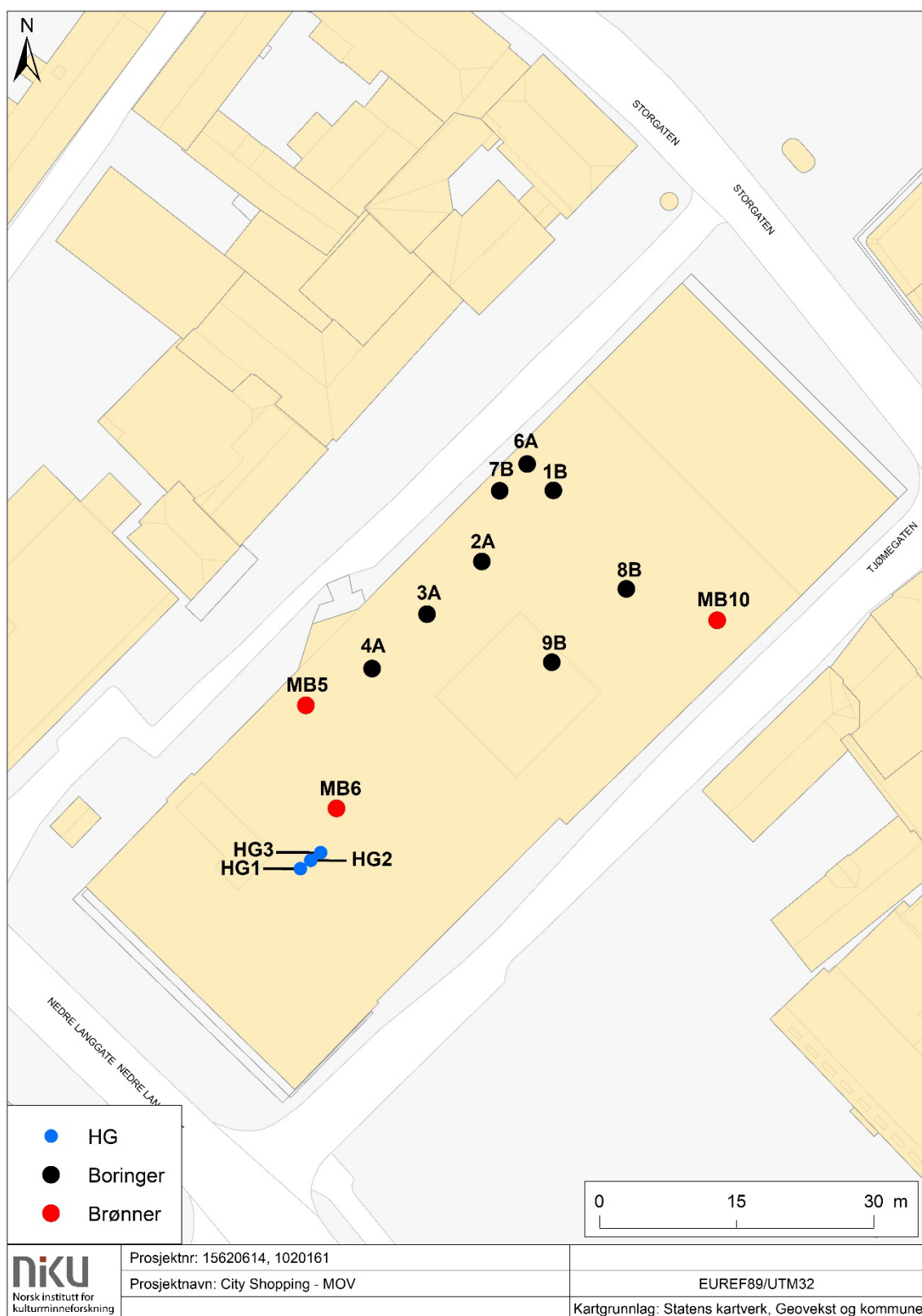
3.1 Metode

Forboring for stålpeleler og miljøbrønn gjordes inne i kjellerarealet av borerigg med naverbor/skovlbor fra gulvnivå og ned til ca. 1 m under lavest liggende kulturlag. Det ble boret 1 m av gangen og hver boremeter ble dokumentert med tegning på boreskjema, foto og med beskrivelse av lagsammansetning. Vurdering av kulturlagenes tilstand ble vurdert etter skala i kategori «B» - fluktuerende vann (Standard Norge 9541:2009), se Tabell 1. Borepunktene ble nummerert og markert på peleplanene (vedlegg) og overført til områdekart (**Figur 1**). Innmåling av borepunkter og miljøbrønn i 2011 ble utført med totalstasjon av Ingeniørservice AS (**Figur 2**). For borepunkter utført i 2014 er ingen innmålingsdata tilgjengelig, men omtrentlig topphøyde er kjent og borepunktene plassering er markert på figur 1.

Det ble tatt ut jordprøver for radiologisk datering av de eldste kulturlagene fra noen av pelepunktene, og tatt ut jordprøver for analyse av bevaringsforhold (Bioforsk/NIBIO). Lysforholdene i kjelleren var dårlige, og det ble brukt flyttbare lyslamper med kunstig lys. Alle foto i felt ble tatt av Ove Bergersen, Bioforsk/NIBIO. Jordprøver ble analysert av Eurofins, tolket og sammenstilt av Bioforsk/NIBIO. Installasjon av miljøbrønner med nedsetting av rør og måleutstyr ble utført av Bioforsk/NIBIO. Radiologiske analyser ble utført av NTNU Institutt for arkeometri VM.

Tabell 1; Bevaringsskala som angir tilstanden i kulturlaget, i henhold til Norsk Standard NS 9451:2009

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



Figur 1. Områdekart med plassering av borepunkter og miljøbrønn 5, 6 og 10. HG1-3 markerer overvåket grøft for ny rulletrapp. Kart: Lars Haugesten, NIKU.

City Shopping, Tønsberg. Prøveboringer NIKU nov/des-11.			
Innmålt av Ingeniørservice AS, tlf 333 78 150			
PunktID	N-koord.	Ø-koord.	Høyde
1A	6 570 647,001	580 223,110	4,282
1B	6 570 648,785	580 224,903	4,185
2A	6 570 641,145	580 217,281	4,251
2B	6 570 642,948	580 219,067	4,286
3A	6 570 635,301	580 211,441	4,233
3B	6 570 637,099	580 213,227	4,270
4A	6 570 629,456	580 205,623	4,214
4B	6 570 631,256	580 207,398	4,267
6A	6 570 651,614	580 222,068	4,287
6B	6 570 649,816	580 220,273	4,257
7A	6 570 646,908	580 217,367	4,281
7B	6 570 648,691	580 219,147	4,278
8A	6 570 634,881	580 236,251	4,262
8B	6 570 638,291	580 232,836	4,299
9B	6 570 630,322	580 224,886	4,182
5MB	6 570 625,628	580 200,483	4,319
10MB	6 570 635,346	580 242,442	4,253
HG1	6 570 608,073	580 197,848	4,730
HG2	6 570 608,969	580 198,963	4,674
HG3	6 570 609,832	580 200,069	4,624

Figur 2. Koordinater og høydeangivelser for digitalt innmålte borepunkter. Underlag: Ingeniørservice AS.

3.2 Naturtopografiske forhold

Parkeringskjelleren tilhørende Storgata 30-32 ligger under gatenivå, og en befaring i 2011 viste at det kunne gjenstå intakte kulturlag fra middelalder i et større omfang enn det man tidligere antatt. Naturlig undergrunn består av marin leire og nivået synes å helle fra nord til sør. Lengst i nordøst ble leirens overflate målt til 3,05 moh., og i sørvest til ca. 2,66 moh. Leiren var ikke helt rein fra innblanding av organisk materiale som sannsynlig kommer fra menneskeskapt aktivitet, og dette forhold tolkes som at man befinner seg i et område nært sjøen under påvirkning av tidevann.

3.3 Feltarbeid og resultater

2011 (NIKU pr.15620614, RA vedtak ref. 08/00679-13): Feltarbeid ble gjennomført i slutten av november 2011. Det ble gravd med gravemaskin under overvåking i det område av kjelleren der rulletrapp skulle etableres ned til ca. 2,5 m dybde, omtrent mellom akse C og D 6 -5 på peleplanen, men her ble det kun registret moderne masse. Det ble boret med naverbor/skovlbor langs med noen av peleplanens akser der det var potensialet for å komme i kontakt med intakte kulturlag. Undersøkelsen fordelte borepunktene mellom en del i den nordøstre delen av parkeringskjelleren i retning mot Tjømegata mellom akse D og E 18 til 14, og en del i den vestre del i retning mot Rådhusgata som fulgte akse A og B 17 til akse A og B 8. I denne del ble det boret fra nord mot sør. Til sammen ble 10 borepunkter dokumentert som inkluderer de to miljøbrønnene 5 og 10 der det samtidig ble satt ned rør (se kap. 4.1.1). Bioforsk/NIBIO etablerte utstyr i MB10 utstyr i juli 2013 og i MB5 i feb.2014.

2014 (NIKU pr.1020161, RA vedtak ref.ref.14/00283-6): Feltarbeid ble gjennomført i slutten av april 2014 og det ble boret tre steder i den søndre del av akse C på peleplanen. Boreundersøkelsene i denne del gav lite resultater, og borepunktene er ikke koordinatfestet, men er markert på peleplan (vedlegg) og på figur 1. Topp kjellergulv lå på omtrent 4,18 – 4,26 moh.

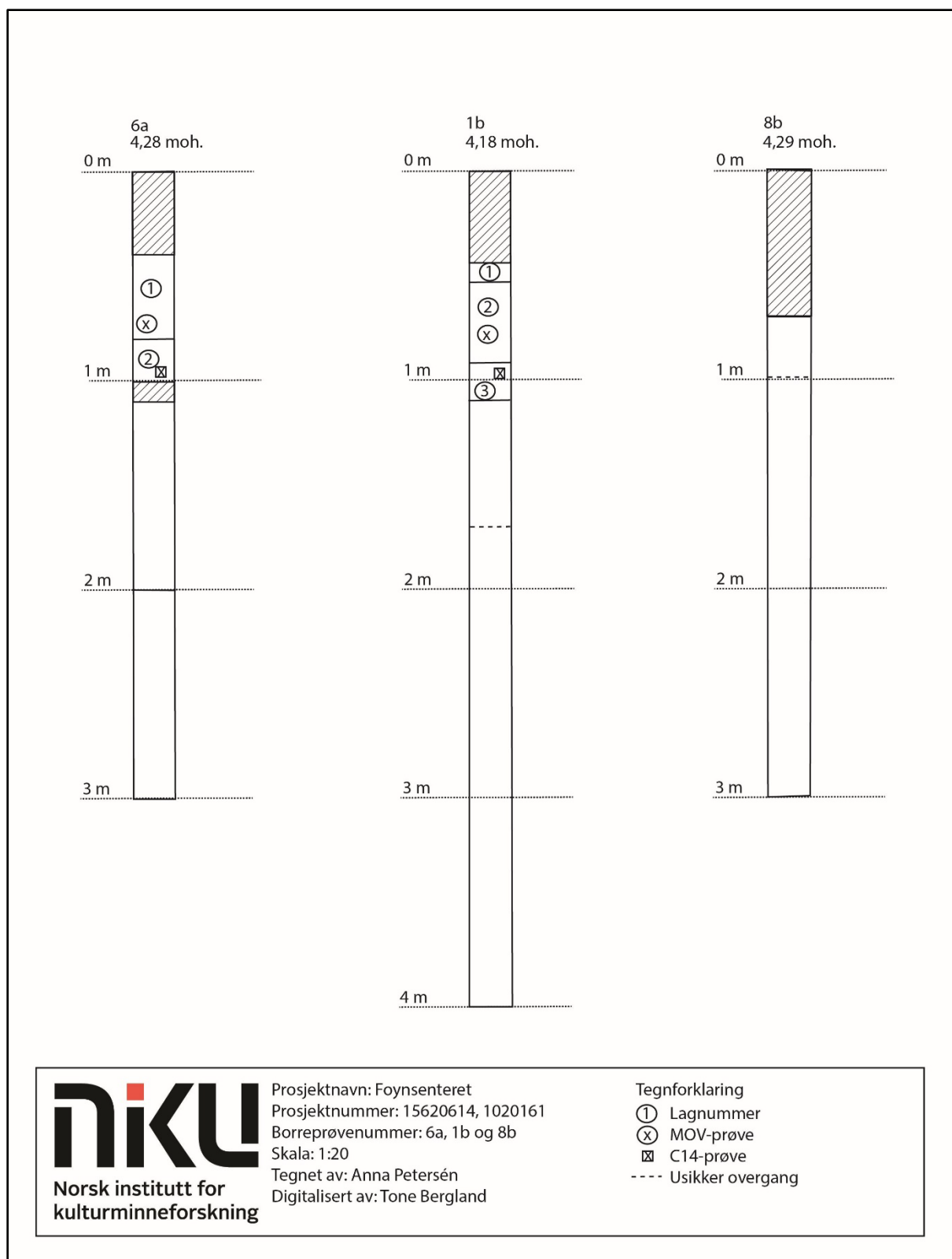
3.3.1 Undersøkelser i 2011: Borepunkter 1b, 2a, 3a, 4, 5(MB), 6a, 7b, 8b, 9b og 10(MB)

3.3.1.1 Borepunkt 1b

Topp kjellergulv ble målt til 4,185 moh., og det ble boret ned til 2,53 moh. tilsvarende 1,65 boremeter (**figur 3**). De øvre ca.40 cm under kjellergulvet bestod av grov pukk. Kulturlag 1b:1 var ca. 10 cm tykt og besto av tørr og porøs mørk brun grov masse med knust organisk materiale. Tilstand ble vurdert til B3. Kulturlag 1b:2 besto av medium tørr gråsvart sand med mye trekull og med innslag av lyst treflis og noe kvist. Tilstand ble vurdert til B3/4. Kulturlag 1b:3 bestod av kullholdig mørkgrå mellom grov sand. Det ble tatt ut en C14 prøve fra nedre del av laget som gav en datering til AD 995-1025 (TRA-3599 BP1030±35). Under lag 1b:3 kom grå plastisk leire med noen innslag av mørke linser og treflis. Fra boreddybde 1,65m var leiren våt.

3.3.1.2 Borepunkt 2a

Topp kjellergulv ble målt til 4,251 moh., og det ble boret ned til ca. 0,3 moh. tilsvarende 4 boremeter (**figur 4**). De øvre ca. 30 cm bestod av grov pukk. Kulturlag 2a:1 var ca. 10 cm tykt og bestod av mørk brun våt og klebrig grov masse med mye lyst treverk og treflis, nøtteskall og kvist. Tilstand ble vurdert til B5. Kulturlag 2a:2 var ca. 50 cm tykt og var likt 2a:1, men innehold møkk/latrine. Laget oksiderte hurtig og hadde en tydelig lukt av sulfitt. Tilstand ble vurdert til B5 og det ble tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold. Kulturlag 2a:3 var knappe 40 cm tykt og bestod av våt, kompakt mose med noe sammenpresset treflis. Laget hadde en rask oksidering og tilstand ble vurdert til B5. Det ble tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold. Kulturlag 2a:4 var ca. 50 cm tykt og bestod av grå sandblandet leire med innslag av organisk materiale og lyst frisk treflis og kvist. Tilstanden ble vurdert til B5. Kulturlag 2a:5 bestod av grå leire med organisk materiale som mose og treflis. I leiren ble det registret skjell. I den siste boremeteren, fra boreddybde 4 til 5 m fortsatte leiren, det var fortsatt innhold av organisk material ble vurdert, men mindre enn i lag 2a:5 og leiren var helt våt.

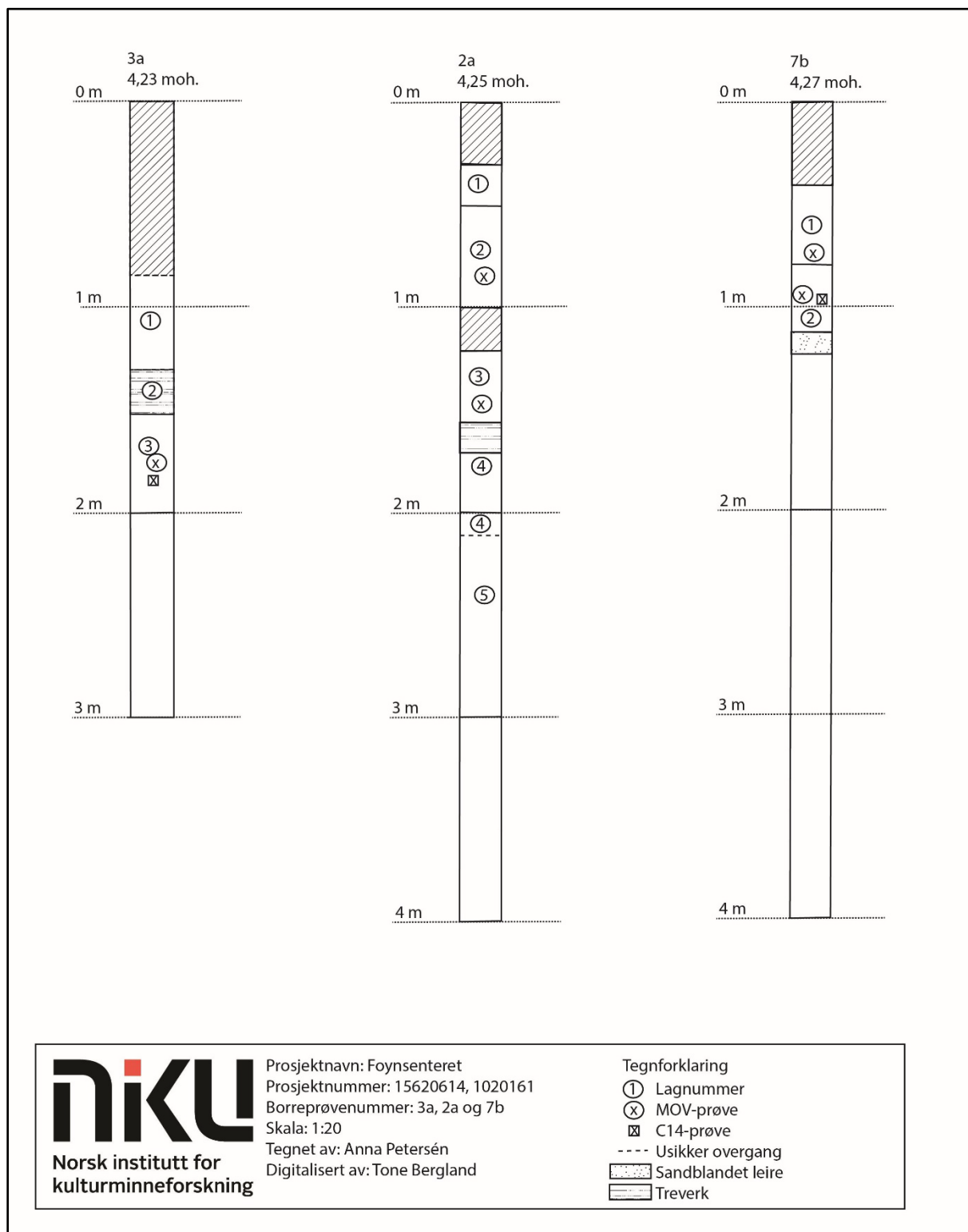


Figur 3. Profil med lagforhold fra borepunkt 1b, 6a og 8b.

3.3.1.3 Borepunkt 3a

Topp kjellergulv ble målt til 4,233 moh., og det ble boret ned til ca. 1,23 moh. tilsvarende 3 boremeter (figur 4). De øvre ca. 80 cm bestod av stein og grov pukk. Kulturlag 3a:1 bestod av mørkebrun klebrig masse med mye treflis, og kvist. Dyrebein ble også registrert. Tilstand ble vurdert til B4. Kulturlag 3a:2 bestod av kompakt treverk med frisk farge. Sannsynlig er materialet del av en større trekonstruksjon.

Tilstand ble vurdert til B5. Kulturlag 3a:3 bestod av myk, våt og klebrig mørkebrun masse med mye organisk materiale som nøtteskall, treflis og kvist. Laget luktet sterkt av sulfitt. Det ble tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold av lag 3a:3. Under 3a:3 kom våt grå leire.



Figur 4. Profil med lagforhold for borepunkt 2a, 3a, 7b.

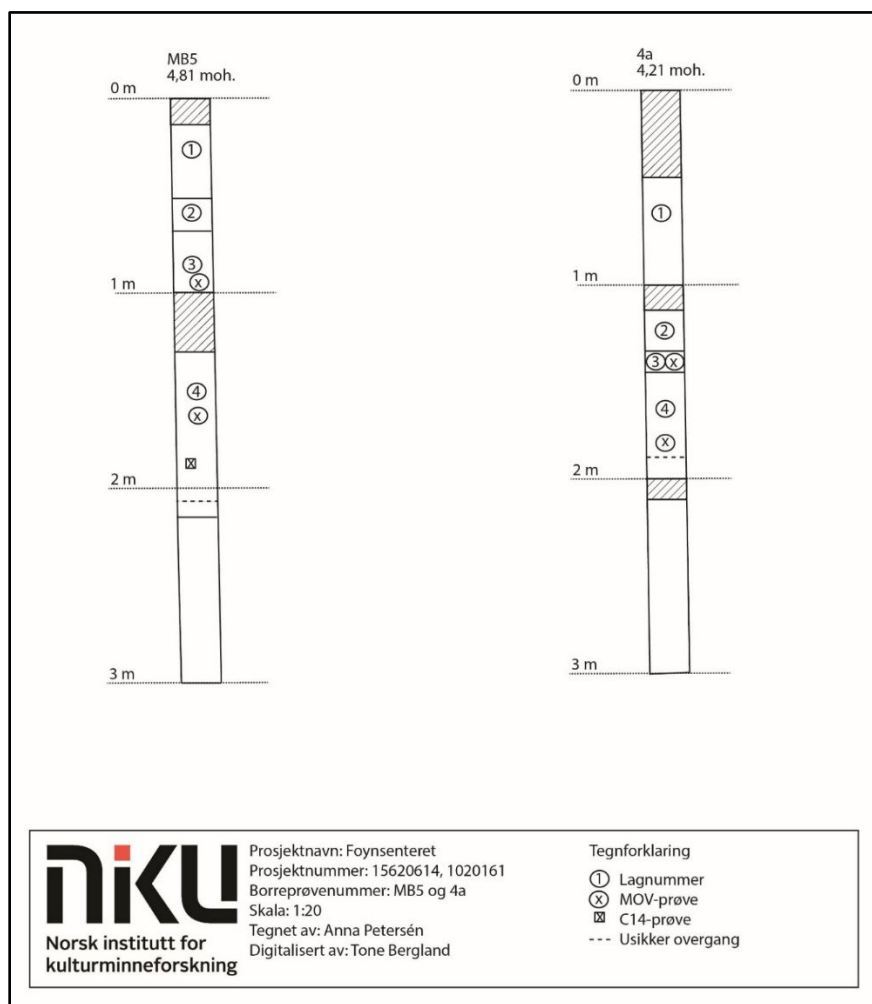
3.3.1.4 Borepunkt 4a

Topp kjellergulv ble målt til 4,214 moh. og det ble boret ned til ca. 1,21 moh. tilsvarende 3 boremeter (**Figur 5**). De øvre ca. 40 cm bestod av løsmasse som ikke satt fast på naverboret. Kulturlag 4a:1

bestod av mørkebrun klebrig seig masse med høyt innhold av organisk material både treflis og møkk/latrine. Tilstand ble vurdert til B4/B5. Kulturlag 4a:2 var lik 4a:1 men det var brudd i overgangen mellom 4a:1 og 4a:b mellom boremeter 1 og 2, så kulturlaget under 4a:1 ble gitt et separat nummer. Kulturlag 4a:3 var ca. 10 cm tykt og besto av lysebrun fin silt og ren møkk/latrine i form av mose. Laget innhold synlig frø og nøtteskall og hadde en meget kraftig sulfidlukkt og hurtig oksidering. Det ble tatt ut tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra lag 4a:3 og 4a:4.

3.3.1.5 Borepunkt 5 (miljøbrønn)

Topp kjellergulv ble målt til 4,319 moh. og det ble boret ned til ca. 1,3 moh. tilsvarende 3 boremeter (figur 5). De øvre ca. 15 cm bestod av løsmasse. Kulturlag 5:1 bestod av fuktig mørkgrå til svart grus med sand og trekull. Kulturlag 5:2 bestod av lys brun fuktig sand med trekull og sot. Kulturlag 5:3 bestod av mørkebrun, våt klebrig masse med stor mengde myk treflis, dyrebein og kvist. Tilstand for bevaring ble vurdert til B3/4. Kulturlag 5:4 var ca 80 cm tykt og bestod av mellombrun fet seig masse med mye treflis, kvist og mose. Nedre del av lag 5:4 innhold mye godt bevart tre og treflis. Tilstand for bevaring ble vurdert til B4/5. Det ble tatt ut en C14 prøve fra nedre del av laget som gav en datering til AD1040-1170 (TRa-3600 BP920±30). Under lag 5:4 kom grå leire med noe innslag av treflis. Fra borepunkt 5 ble det tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra kulturlag 5:3 og 5:4.



Figur 5. Profil med lagforhold for borepunkt 4a og MB5.

3.3.1.6 Borepunkt 6a

Topp kjellergulv ble målt til 4,28 moh. og det ble boret ned til ca. 1,28 moh., tilsvarende 3 boremeter (figur 3). De øvre 40 cm bestod av tørr treflis. Kulturlag 6a:1 bestod av mørkebrun fuktig klebrig tett

komprimert masse med høyt organisk innhold. Treflis hadde en frisk lys farge. Tilstand for bevaring ble vurdert til B4. Det ble tatt ut tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra lag 6a:1. Kulturlag 6a:2 bestod av grå mellomgrov silt/leirholdig sand med treflis og trekull. En C14 prøve fra 6a:2 ga en datering til AD1015-1040 (TRa-3601 BP990±35). Fra boremeter 1 til og med boremeter 3 ble det registret våt grå leire med noe innslag av mørkfarginger og treflis.

3.3.1.7 Borepunkt 7b

Topp kjellergulv ble målt til 4,27 moh. Og det ble boret ned til ca.2,27 moh, tilsvarende 2 boremeter (*figur 4*). De øvre 40 cm bestod av løsmasser. Kulturlag 7b:1 bestod av mørkebrun fet fuktig masse med sand og noe stein. Laget hadde et høyt innhold av organisk materiale, særlig treflis og kvist, men også noe mose, halm/strå og laget luktet kraftig av sulfitt. Tilstand for bevaring ble vurdert til B4. Det ble tatt ut tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra lag 7b:1. Kulturlag 7b:2 var ca 30 cm tykt og bestod av mellombrun tett komprimert klebrig masse med mye smått organisk materiale som treflis, kvist og mose. Lag 7b:2 innehold sannsynlig møkk/latrine og viste en hurtig oksidering og kraftig lukt av sulfitt. Tilstand for bevaring ble vurdert til B5. En C14 fra 7b:2 ga datering til AD 970-1010 (TRa-3602 BP1070±30). Under lag 7b:2 lå et ca 10 cm tykt lag med sandblandet leire og under denne fulgte grå leire med linser av mørkfarget materiale. Fra borepunkt 7b ble det tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra kulturlag 7b:1 og 7b:2.

3.3.1.8 Borepunkt 8b

Topp kjellergulv ble målt til 4,299 moh. Og det ble boret ned til ca. 2,30 moh., tilsvarende 2 boremeter (*figur 3*). De øvre 60 cm bestod av løsmasse. Kulturlag 8b:1 bestod av brun myk og noe sandholdig tett masse med høyt innhold av organisk materiale, særlig myk treflis og kvist. Tilstand ble vurdert til B3/4. Fra og med boremeter 1 og ned til og med boremeter 3 ble det registret kun grå leire.

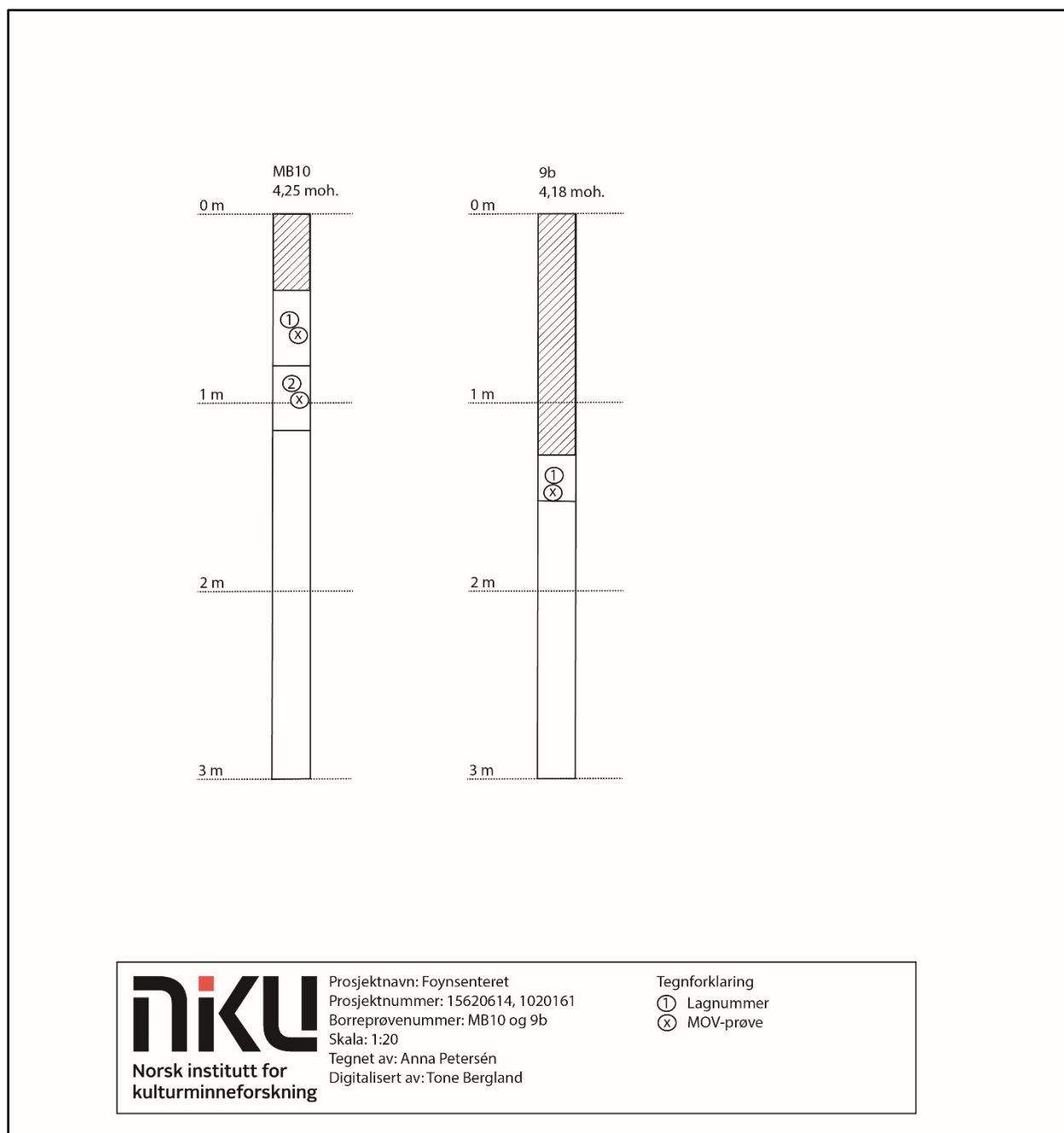
3.3.1.9 Borepunkt 9b

Topp kjellergulv ble målt til 4,182 moh. og det ble boret ned til ca.1,180 moh., tilsvarende 3 boremeter (**Figur 6**). De øvre 1,3 bestod av grov pukk og stein. Kulturlag 9b:1 var ca. 25 cm m tykt og besto av mørkebrun tett og fuktig masse med store treflis, kvist og mose. Laget luktet kraftig av sulfitt. Tilstand ble vurdert til B4. Det ble tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra lag 9b:1.

3.3.1.10 Borepunkt 10 (miljøbrønn)

Topp kjellergulv ble målt til 4,253 moh. og det ble boret ned til ca. 1,20 moh., tilsvarende ca. 3 boremeter (*figur 6*). De øvre 40 cm bestod av grov pukk. Kulturlag 10:1 var 40cm tykt og bestod av mørkebrun våt klebrig masse med store lyse treflis. Tilstand for bevaring ble vurdert til B5. Kulturlag 10:2 var ca. 30 cm tykt og var likt lag 10:1 men med et høyere innhold av møkk/latrine. Laget hadde

en hurtig oksidering og kraftig lukt av sulfitt. Tilstand for bevaring ble vurdert til B5. Det ble tatt ut jordprøve for jordkjemisk analyse av bevaringsforhold fra lag 10:1 og 10:2.



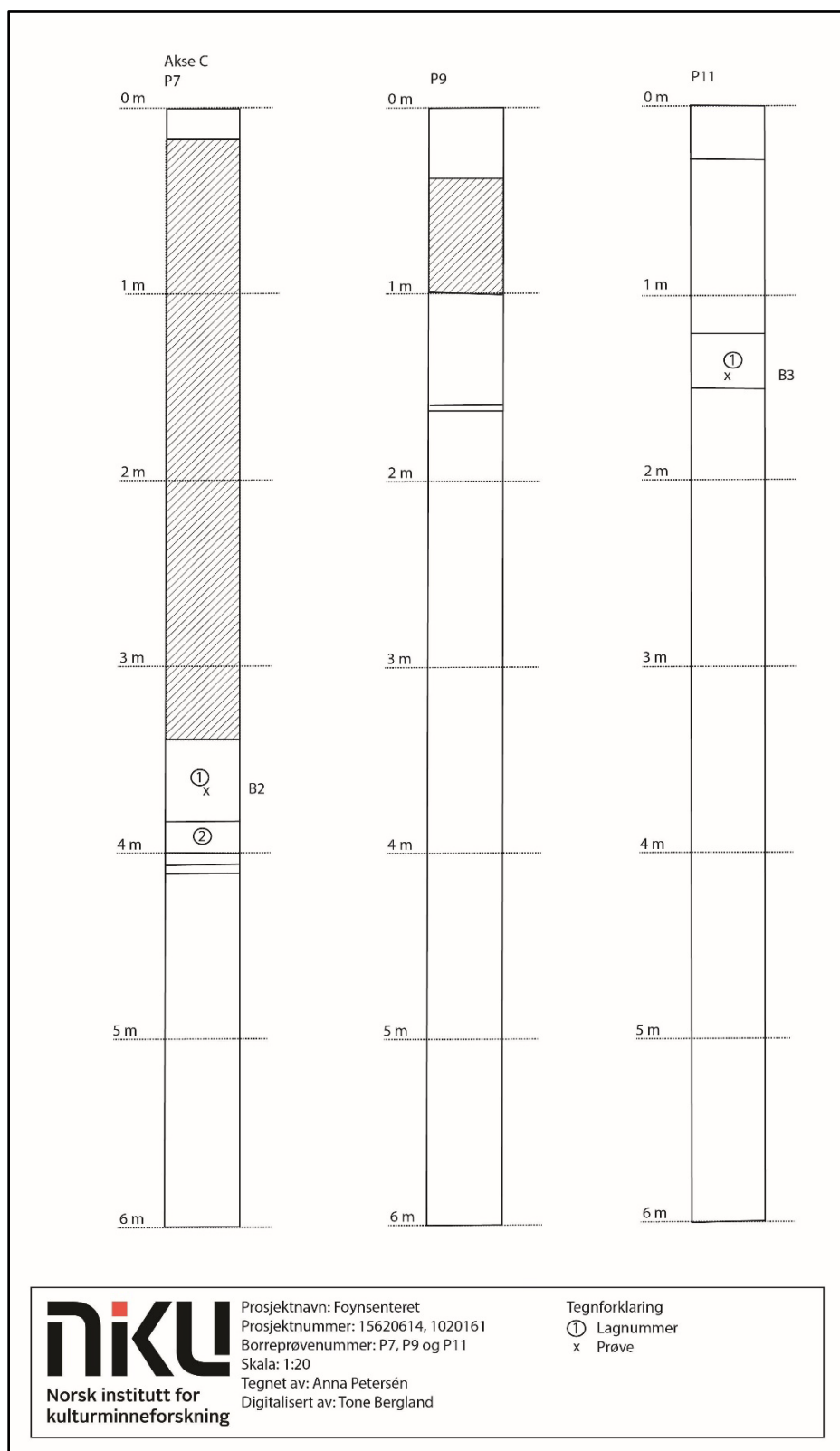
Figur 6. Profil med lagforhold fra borepunkt 9b og MB10.

3.3.2 2014 (akse C)

Ved feltarbeid gjennomført i 2014 ble det boret tre steder langs med akse C, ved pelepunkt 7, 9 og 11 (**Figur 7**). Boringene viste at denne del var nesten fullstendig utsjaktet. Det gjenstod noen kulturlagsrester i dårlig tilstand i overgangen mellom utsjaktet del og den marine leiren.

Borepunkt 7 viste løsmasse ned til ca. 3,4 m boreddybde og marin leire ved omtrent 3,8 m boreddybde. Mellom løsmassen og den marine leiren ble det registret et mulig kulturlag med meget dårlig bevaring (B2). Ved borepunkt 9 stoppet boret på stein ved boremeter 1,6, og kun løsmasse ble registret.

Borepunkt 11 viste løsmasse med mye stein under kjellergulvet og ned til boremeter 1,2. Under dette fantes rester av mørk masse med treflis(B3) som kunne følges i ca. 30 cm. Massen slapp fra boret og det ble boret med til 2 m fra topp kjellergulv og under den mørke massen fantes intet annet enn marin leire.



Figur 7. Profil med lagforhold for borepunkt P7, P9 og P11.

3.4 Forhold for tilstand og bevaring

Bioforsk har levert en egen rapport med jordfaglig analyse av bevaringsforhold fra jordprøver som ble tatt ut for de borepunkter som ble undersøkt i 2011 (Bergersen 2015a). Det er overensstemmelse i resultater mellom mesteparten av kulturlag i borepunktene for tilstand vurdert av NIKU på grunnlag av organisk materiale og de jordkjemiske analyser over forhold for bevaring utført av Bioforsk på samme kulturlag. Lag 5:3 ble vurdert til B4, mens de jordkjemiske analyser viste oksiderende forhold (Bergersen 2015a:17). På generelt grunnlag fikk de organiske elementene i kulturlagene fra de forskjellige borepunkter høy karakter i vurdering både av tilstands- og bevaringsforholdstilstand. Det var større variasjon i forhold for bevaring av uorganisk materiale, og her lå gjennomsnittsverdien på «medium». I de aller fleste tilfeller er bevaringsforhold for organisk materiale gode. Prøver fra P7 og P11 fra 2014 viser at lagene påvirkes av oksygen, og forholdene var oksiderende, men fra disse pelepunkter var det kun enkelte intakte kulturlag igjen, og disse lå direkte over den marine leiren. Installasjonsrapporten fra Bioforsk (2015) er tilgjengelig som vedlegg til denne rapport.

4 Del 2 Miljøovervåking 2013 - 2017

4.1 Status og sluttrapporter fra Bioforsk/NIBIO

Bioforsk/NIBIO har levert to statusrapporter fra miljøovervåkingen av miljøbrønn 5 og 10 for perioden 2013 – 2016 (Bergersen 2015b; Bergersen 2016). Sluttrapporten ble levert i 2020, og omfatter overvåkingsresultater fra de to brønnene frem til og med desember 2017 (Bergersen 2020). I den første statusrapporten gjøres det i tillegg rede for overvåking og resultater fra miljøbrønn 6. Denne ble etablert som en del av et tidligere prosjekt på eiendommen Storgata 30-32, men overvåking av denne brønnen etablert i 2010 ble etter Riksantikvarens ønske videreføres som en del av nye miljøovervåkingsprosjektet. Status for overvåking av miljøbrønn 6 installert i 2010 er rapportert sammen med miljøbrønn 5 og 10 (Bergersen 2015b). Målingene fra denne brønnen viste store svingninger i grunnvannsnivå, og ved inspeksjon i 2011 var brønnen tørr. Forholdet er satt i sammenheng med bruk av grunnvannspumper i nærområdet og anleggsarbeid som kan ha årsaket lokale forandringer av grunnvannsspeilet. Overvåking av MB 6 ble avsluttet i 2011 og utstyret ble da tatt opp (Bergersen 2015b:7). Miljøbrønn 5 og 10 ble plassert i den del av parkeringskjelleren som seinere ble lokale for en matvarebutikk. Ved inspeksjon i 2015 viste det seg at kun MB 10 var tilgjengelig, og MB5 antas å ligge skjult under faste installasjoner i butikken. MB5 viste betydelig høyere vanntemperatur enn MB10, og Bioforsk tolker dette som et resultat at varmeutvikling fra den faste butikkinnretningen (Bergersen 2015b:8). Grunnvannstemperaturen i MB5 og MB10 er høyere sammenlignet med miljøbrønner i Nedre Langgate 41-43 (Bergersen 2013), og skyldes sannsynlig oppvarming fra nybygg og installasjoner med varmeutvikling over eller i nærheten av miljøbrønnene. Positivt for bevaring er at redoksverdiene i begge brønner har stabilisert seg under måleperioden, og ligger ved måleperiodens avslutning på omkring -350mV, noe som er gunstig for bevaring (Bergersen 2020:16-17). Samtlige av Bioforsks rapporter er tilgjengelige som vedlegg til denne rapport.

4.2 Konklusjon

Undersøkelse av arkeologiske forhold med hjelp av boring under parkeringskjeller tilhørende eiendommen Storgata 30-32 i Tønsberg 2011 og 2014 har vist at kulturlag i en tykkelse av ca. 0,5 – ca. 1,8 m er bevart under fundamenteringslagene til betonggulvet. Det var antatt at kulturlag var blitt fjernet totalt i forbindelse med anleggsarbeider for eksisterende bygg fra 1960-tallet.

Kulturlag som ble dokumentert var i overveiende grad meget godt bevart, og de aller fleste viste høy andel organisk innhold. Den arkeologfaglige vurderingen av tilstand ligger godt over middels. De jordfaglige analysene utført av Bioforsk/NIBIO har vist gode forhold for bevaring.

Det er blitt installert to miljøbrønner for overvåking av grunnvannsstand og hydrokjemiske parametere som temperatur, pH og redoks, og måldata finnes for perioden 2013 – 2017.

Bioforsk konkluderer med at forholdene har stabilisert seg i positiv retning for bevaring i løpet av måleperioden, og særlig etter at anleggsperioden var avsluttet og nytt bygg er tatt i bruk (Bergersen

2020:18). Erfaringer fra andre miljøovervåkingsprosjekter indikerer likevel at en oppadgående kurve på temperaturstigning i grunnvann kombinert med senket grunnvannstand kan indikere en forverring av bevaringsforholdene på lang sikt (se Halvorsen et al. 2022, side 136).

5 Referanser

Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av kulturminner fra miljøbrønn på tomten Storgata 30 -32, City Shopping i Tønsberg. Bioforsk Rapport Vol. 7 Nr.9.

Bergersen, O. 2013. Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under og etter at nybygg ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Sluttrapport. Bioforsk rapport 8 (19).

Bergersen, O. 2015a. Ny forundersøkelse fra pælehull ved Storgata 30 -32, «Foyn eiendom», Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Arkeologisk forundersøkelse med kartlegging av bevaringsforhold fra grunnboring i forbindelse med nybygg. Bioforsk Rapport Vol.10 Nr. 45.

Bergersen, O. 2015b. Miljøovervåking av miljøbrønn MB5 & MB10, «Foyn eiendom», Statusrapport I for perioden 2013 – 2014. Bioforsk Rapport Vol.10 Nr.56.

Bergersen, O. 2016. Overvåking av bevaringsforhold for kulturlag under «Foyn kjøpesenter» i Storgata 30-32 i Tønsberg. Statusrapport II for miljøbrønn MB5 & MB10 i perioden 2013-15. NIBIO Rapport vol. 2, Nr.65.

Bergersen, O. 2020. Overvåking av arkeologiske kulturlag under nye «Foyn kjøpesenter i Storgata 30-32 i Tønsberg. Sluttrapport for miljøbrønn MB5 MB10 i perioden 2013 -2017. NIBIO Rapport vol.6 nr.97.

Halvorsen, S. W., L. Hovd og V. V. Martens 2022: KARTLEGGING OG ANALYSE AV MILJØOVERVÅKINGSPROSJEKTER I TØNSBERG, BERGEN, OSLO OG TRONDHEIM 2010-2021. IN SITU-BEVARING OG BYGGING PÅ KULTURLAG I MIDDELALDERBYENE. Nasjonale oppgaver post 5 2021. *NIKU Rapport* 114.

Petersén, A. og Bergersen, O. 2010. Storgaten 30-32, «City Shopping», Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Arkeologisk forundersøkelse med kartlegging av bevaringsforhold og bevaringstilstand fra grunnboring i forbindelse med nybygg. Rapport NIKU 158/2010 – Bioforsk vol.5 nr.149.

Standard Norge 2009. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag. Norsk Standard NS 9451:2009. ICS 13.020.99.91.010.99.

6 Vedlegg

- Kontekstliste fra borepunkter med lagbeskrivelser og tilstandsvurderingen.
- Koordinater for undersøkte borepunkter.
- Peleplan (foreløpig skisse per 2015.10.28) med undersøkte borepunkter inklusive miljøbrønn 5 og 10 og overvåket grøft for rulletrapp (2014) markert.
- C14 dateringsanalyse NTNU Institutt for arkeometri, VM.
- Situasjonsbilder og foto av boreprofiler meter for meter. Foto: Over Bergersen, Bioforsk.
- Bioforsk/NIBIO rapporter
 - o (2015) Bioforsk Rapport vol.10, nr. 45

- (2015) Bioforsk Rapport vol. 10, nr. 56
- (2016) NIBIO Rapport vol.2, nr. 65
- (2020) NIBIO Rapport vol.6, nr. 97

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

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

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

www.niku.no

NIKU Rapport 341

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

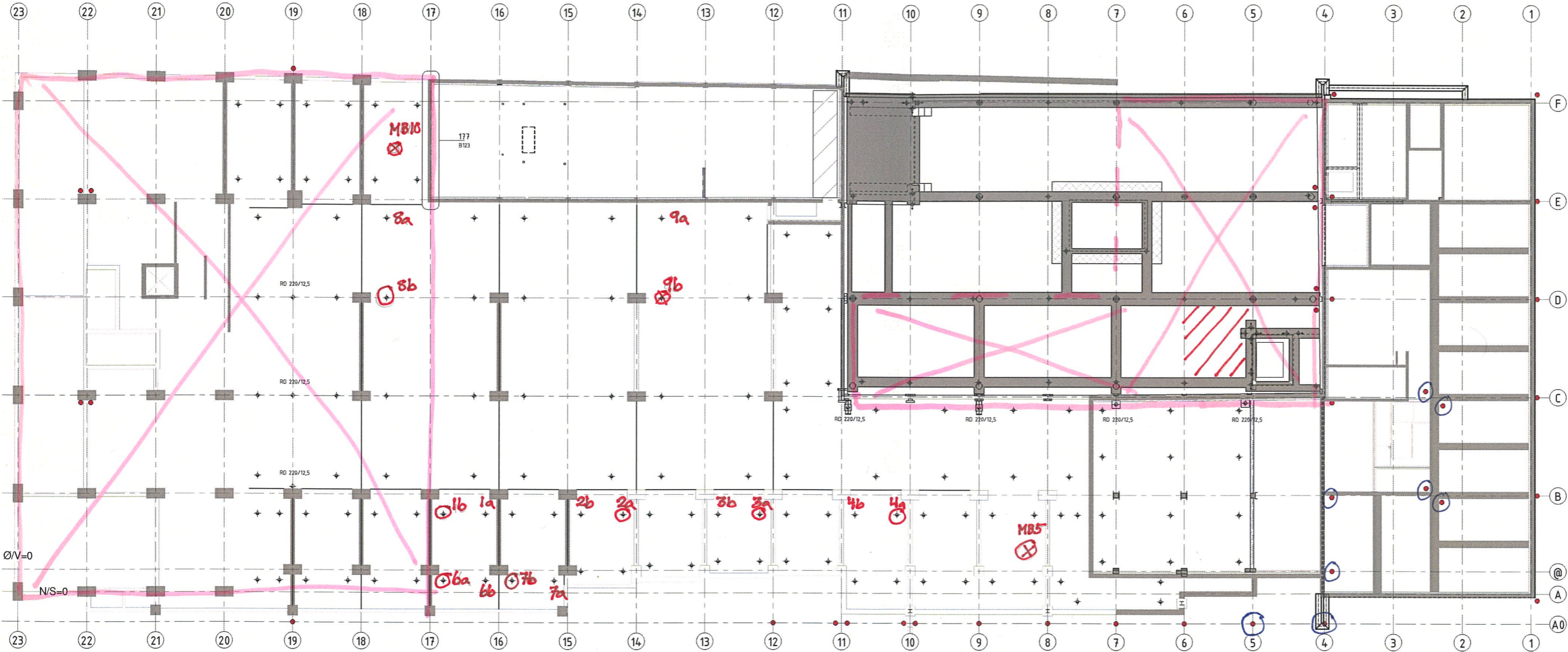
NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

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

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

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

Borenr.	Lagnr.	Beskrivelse	Boremeter	MOH Fra - til	Prøve	Tilstand (SOPS)	K koordinat
1B	1	Mørk brun grov masse, noe adskilt og noe tørr. Ikke elastisk. Mange org. komponenter i variert størrelse. Mineralsk ca 60%, bot. ca 40%	0-1 (0,45-0,55)	3,73 -3,63		B3	X6570647 Y580 223,1 Z4,18
	2	Gråsort sandholdig jord med noe småstein. Ikke elastisk og noe tørr. Godt med treflis og kvist. Trekull. Treflis er lys og frisk.	0-1 (0,55-0,7)	3,63 -3,23	Jordkjem.	B3/B4	
	3	Mørk grå mellomgrov sand, meget kullholdig. Løs men fuktig	0-1 (0,9-1,1)	3,23 -	C14	B0	
2a	1	Mørk brun grov, klebrig og våt masse. Mange org.komponenter i variert størrelse. Mye knust org.materiale; kvist, nøtteskall, treflis og større biter tre. Tre er lyst og friskt.	0-1 (0,3 - 0,5)	3,95 -3,75		B5	X6570641,14 Y580213,22 Z4,25
	2	Som 1 men noe lysere brun. Mye smått finfordelt org.materiale. Tydelig preg av møkk/latrin. Tydelig, hurtig oksidering. Kraftig sulfidlukt. Kvist knekker rett av.	0-1 (0,5 - 1,0)	3,75 -3,25	Jordkjem.	B5	
	3	Mellombrun kompakt,våt humusholdig masse. 80% mose og noe treflis.I blokk med markert reaksjon ved trykk. Hurtig oksidering. Kraftig sulfidlukt. Nedre ca. 15 cm del av laget inneholder store biter frisk treverk. Muligens del av konstruksjon.	1-2 (1,2 - 1,7)	3,05 - 2,70	Jordkjem.	B5	
	4	Grå sandholdig leire. Våt og noe elastisk. Noe organisk materiale; treflis og kvist. Lyst, frisk treflis i seig struktur finnes diagonalt i laget.	1-2 (1,7 - 2,0)	2,70 -2,20		B5	
3a	1	Mørk brun klebrig masse. Mange org. komponenter i variert størrelse.Mye grov treflis. Godt bevarte biter tre. dyrebein.	0-1, 1-2 (0,85 - 1,3)	3,38 -2,93		B4	X6570635,30 Y580211,44 Z4,23
	2	Treverk i frisk farve, seig struktur. Ligger diagonalt og horisontalt i mørk klebrig masse.	1-2 (1,3 - 1,5)	2,93 -2,73		B5	
	3	Mørk brun klebrig ,myk masse. Våt. Mange org. Komponenter; nøtteskall, kvist, mose, treflis. Godt bevarte biter med dyrebein. Laget blir mer leirholdig i nedre del.	1-2 (1,5 - 2,0)	2,73 -2,13	Jordkjem.	B5	
4	1	Mørk brun tett kompakt masse i blokkstruktur og med markert reaksjon ved trykk. Mange org. Komponenter jevnt fordelt men smått. Mose, kvist, halm, treflis. Flis er lyst og friskt. Tydelig preg av møkk/latrin. Tydelig sulfidlukt.	0-1 (0,4 - 1,0)	3,76 -3,21		B4/5	X6570629,45 Y580205,62 Z4,21
	2	Identisk med lag 1	1-2 (1,15 - 1,35)	3,06 - 2,86		B5	
	3	Lysebrun, seig og kompakt masse. Ren møkk/latrin. Frø, mose og nøtteskall. Hurtig oksidering og kraftig sulfidlukt.	1-2 (1,35-1,45)	2,86 -2,76	Jordkjem.	B5	
	4	Mørk brun tett kompakt leirholdig masse i blokkstruktur og med markert reaksjon ved trykk. Mange org. Komponenter jevnt fordelt men smått. Mose, kvist, halm, treflis. mange forholdsvis store biter av skjell og muslingskall. Treflis er lyst og friskt. Tydelig preg av møkk/latrin. Tydelig sulfidlukt. Laget blir mergrå og leirholdig mot nedre del.	1-2 (1,45 - 2,0)	2,76 - 2,21	Jordkjem.	B5	
5 Miljøbrøn	1	Sort sandholdig grus med mye sot og trekull. Fuktig og holder sammen i løs blokk. Noe treflis.	0-1 (0,15 - 0,5)	4,16 -3,81		B4	X6570625,62 Y580200,48 Z4,31
	2	Lys brunhumusholdig sand med trull og sot.	0-1 (0,5 - 0,7)	3,81 - 3,61		B4	
	3	Mørk brun klebrig, myk og våt masse med noe stein. Kvist, treflis og mye dyrebein godt bevart. Treflis og kvist er mørk og har en myk struktur.	0-1 (0,7 - 1,0)	3,61 -3,30	Jordkjem.	B4	
	4	Mellombrun tett kompakt, seig masse med mye mose og finfordelt org. komponenter. Svampereaksjon ved trykk. Hurtig oksidering og kraftig lukt. Nedre ca. 15 cm del av laget inneholder liggende treverk med frisk farve og seig struktur.	1-2 (1,3 - 2,0)	3,0 - 2,3	Jordkjem. og C14	B5	
6a	1	Mørk brun klebrig, tett og fuktig masse. Svampereaksjon ved trykk. Mye smått org.materiale, mose, kvist, treflis 70%. Treflis i lys, frisk farve	0-1 (0,4 -0,8)		Jordkjemisk	B4	X6570651,61 Y580222,06 Z4,28
	2	Mørkgrå kornete sandholdig leire. Seig og klebrig konsistens. Noe treflis.	0-1 (0,8 -1,0)		C14	B4	
7b	1	Brunsort sandholdig kompakt klebrig masse. Blokk og svampereaksjon. Inneholder mye smått og finfordelt org.komponenter. Mosem kvist, treflis. Markert lukt Mellombrun kompakt klebrig masse. Blokk og svampereaksjon. Møkk/latrin. Mye små finfordelt org.komponenter 90 % org. Mose, halm/stå,kvist, treflis.	0-1 (0,4 - 0,8)		Jordkjemisk	B4	X6570648,69 Y580219,14 Z4,27
	2	Hurtig oksidering og lukt.	0-1 (0,8 - 1,0)		Jordkjemisk og C14	B5	
8b	1	Brun myk tett masse,noe sandholdig. I blokk og med svampereasjon ved trykk.Ganske fuktig. Mye organisk mat. Særlig kvist og treflis. Treflis er myk. Sulfidlukt.	0-1 (0,7 - 1,0)		Jordkjemisk	B3/B4	X6570638,29 Y580232,83 Z4,29
9b	1	Mørk brun tett komprimert grov masse. Møkk/latin og mye grov org. Materiale, særlig treflis og kvist. Treflis lyst og friskt. Markert sulfidlukt.	1 -2 (1,3 -1,5)		Jordkjemisk	B4	X6570630,32 Y580224,88 Z4,18
10 Miljøbrøn	1	Mørk brun myk,klebrig masse. Løs blokk og med svampereaksjon ved trykk. Våt. Mange org.komponenter ca.70%. Store treflis i lys frisk farve.	0-1 (0,4 - 0,8)		Jordkjemisk	B5	X6570635,34 Y580242,44 Z4,25
	2	Mellombrun myk tett komprimert masse. Møkk/latrin 80%, noe treflis. Tydelig oksidering og kraftig sulfidlukt.	0-1, 1-2 (0,8 - 1,15)		jordkjemisk	B5	



Peleplan Eksisterende og prosjerterte

Foreløpig skisse Per 2015.10.28



LABORATORIET FOR RADIOLOGISK DATERING

Adr.: NTNU – Gløshaugen, Sem Sælandsv. 5, 7491 Trondheim
Telefon 73593310 Telefax 73593383

DATERINGSRAPPORT

Oppdragsgiver:


Petersen, Anna
NIKU
Kjøpmannsgt. 25, 7013 Trondheim


DF-4560

Lab. ref.	Oppdragsgivers ref.	Materiale	Datert del	^{14}C alder før nåtid	Kalibrert alder	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
TRa-3599	20614 Tønsberg 1B-3 Storgt. 30-30, Tønsberg Vestfold	Tre		1030 ± 35	AD995-1025	-27.4
TRa-3600	20614 Tønsberg 5-4 Storgt. 30-30, Tønsberg Vestfold	Trekull		920 ± 30	AD1040-1170	-24.5
TRa-3601	20614 Tønsberg 6A-2 Storgt. 30-30, Tønsberg Vestfold	Trekull		990 ± 35	AD1015-1040	-27.4
TRa-3602	20614 Tønsberg 7B-2 Storgt. 30-30, Tønsberg Vestfold	Tre		1070 ± 30	AD970-1010	-27.9

Dato: 16 MAR 2012

Laboratoriet for Radiologisk Datering


Sølvi Stene


Einar Værnes



Oppgravet grøft ute i bakgården



Kjellerområdet

Borehull 1 A

0-1m



1-2m



Borehull 2 A

0-1m



1-2m



2-3m



3-4m



Borehull 3A

0-1m



1-2m



2-3m



Borehull 4A

0-1m



1-2m



2-3m



Borehull 6A

0-1m



1-2m



Borehull 7A

0-1m



1-2m



Borhull 8B

0-1m



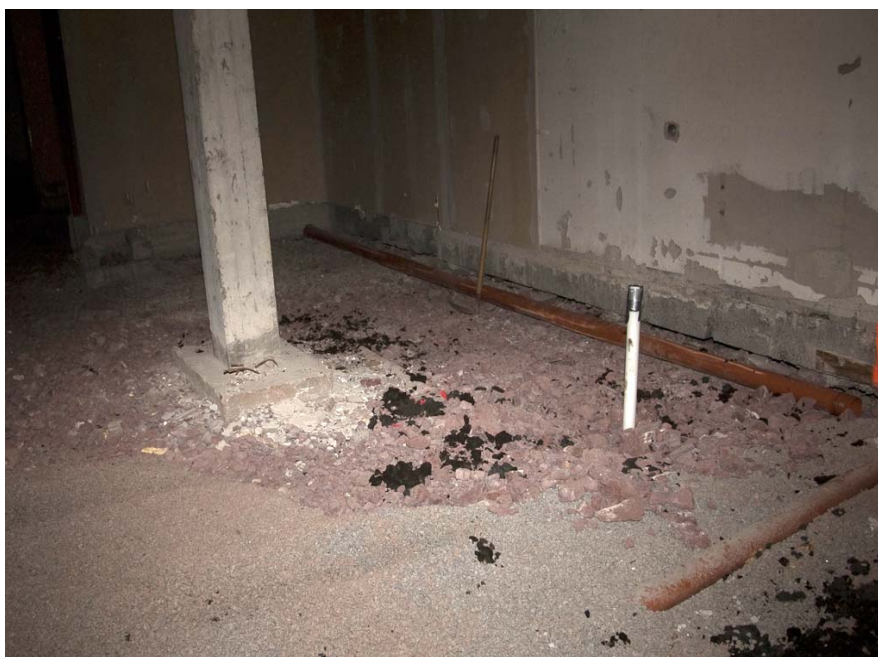
1-2m



Borhull 9B

1-2m





Plassering av Miljøbrønn 5 (over) og miljøbrønn (11 under)

Miljøbrønn 5

0-1m



1-2m



2-3m



Miljøbrønn 11

0-1m

1-2m



Bioforsk Rapport

Vol. 10 Nr. 56 2015

Miljøovervåking av miljøbrønn MB5 & MB10, ”Foyn eiendom”, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke

Statusrapport I for perioden 2013 - 2014

Ove Bergersen

Bioforsk - Miljø



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

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

Tittel/Title:

Miljøovervåking av miljøbrønn MB5 & MB10, ”Foyen eiendom”, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke

Statusrapport I for perioden 2013 - 2014

Forfatter(e)/ Autor(s):

Ove Bergersen

<i>Dato/Date:</i> 23.4. 2015	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Lukket	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> Bioforsk 8245	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 10 (56) 2015	<i>ISBN-nr.:</i>	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 14	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i> 4

Oppdragsgiver/Employer:

Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg
Norsk institutt for kulturminneforskning,
Distriktskontor Trondheim

Kontaktperson/Contact person:

Jens Rytter
Anna H. Petersén

Stikkord/Keywords:

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

Fagområde/Field of work:

Jordkvalitet
Soil quality

Sammendrag

Denne rapport oppsummerer den første perioden av overvåking av kulturlag under et nytt bygg Foyen eiendom Storgata 30-32 i Tønsberg. Data for overvåkingene er hentet fra 2 miljøbrønner MB5 og MB10, satt ned før ferdigstilling av nytt bygg. Miljøbrønnene er satt ned i mettet sone med grunnvann og overvåking skal skje videre til 2017. Kulturlagene ligger ved stabile forhold vi har ikke observert store forandringer og svingninger i måleparametre første periode av overvåkingen.

Land/fylke:

Norge /Vestfold

Kommune:

Tønsberg

Sted/Lokalitet:

Foyen eiendom Storgata 30-32

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Tormod Briseid
forskningssjef

Ove Bergersen
Seniorforsker

Innhold

1.	Sammendrag og konklusjoner	2
2.	Innledning	3
2.1	Bakgrunn	3
2.2	Mål for overvåkingen.....	3
3.	Materiale og Metode	5
3.1	Jordfaglige definisjoner	5
3.2	Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode	6
3.3	Innstallering og plassering av Miljøbrønn MB5, M6 og MB10.	6
3.4	Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag.	8
3.5	Installering av datalogger i miljøbrønner.	8
3.6	Avvik i måleperioden	8
4.	Resultater og diskusjon	10
4.1	Miljøovervåking av grunnvannet i miljøbrønner MB5 og MB10.....	10
5.	Referanser.....	13
6.	Vedlegg	14

1. Sammendrag og konklusjoner

Miljøovervåkingen første årene fra 2013 ut mars 2015 viser fortsatt grunnvann under nytt bygg. Kulturlag som berører grunnvannet vil derfor ha fortsatt gode bevaringsforhold slik som påvist ved forundersøkelsen.

Temperaturen er forholdsvis lik i begge miljøbrønner, men er funnet noe høyere med mindre variasjon påvirkning fra utetemperatur sammenlignet grunnvannstemperatur målt i nærliggende miljøbrønner i nærheten av Foy Eiendom.

Redoksforhold målt tilsier at det ikke tilføres oksygen i kulturlagene under nytt bygg. Målingene i slutten av første periode viser nu mer stabiliserende forhold etter at nytt bygg er ferdigstilt. Nytt bygg har ikke virket virker destabiliserende for underliggende kulturlagene.

Ledningsevnen ser lik ut i begge brønner. pH varierer noen men forskjellen p mellom miljøbrønnene ser ut til å bli mere lik over tid. Videre overvåking vil gi kunnskap om hvordan grunnvannet og dens kjemiske sammensetning blir framover i tid.

2. Innledning

2.1 Bakgrunn

Det berørte område ligger i verneområdet for middelalderbyen Tønsberg der Riksantikvaren som forvaltningsmyndighet behandler søknader om inngrep i bygrunnen.

Det aktuelle tiltak går tilbake til 2008 da Riksantikvaren ga NIKU, Tønsberg i oppdrag å utarbeide budsjett og prosjektbeskrivelse for varslet plan om utvidelse av shoppingsentret Tønsberg Torv, Storgaten 30-20. Arbeidet ble ikke realisert i 2008 ettersom tiltakshaver utsatte utbygningsplanene, men tiltakshaver, AC NOR gruppen ASA, kontaktet i 2010 Riksantikvaren på ny med søknad om å få fortsette prosjektet med noen endringer. Det ble fattet nytt vedtak og Riksantikvaren gav NIKU i oppdrag å oppjustere opprinnelig budsjett og utføre oppdraget som arkeologisk forundersøkelse med tilstandsvurdering av kulturlagenes sårbarhet og tåleevne.

Tiltakshaver i prosjektet er AC NOR gruppen ASA, kontaktperson Ronny Strømnes. Grunnboringene ble gjort av firma Bjørn Strøm Sivilingeniør AS. Sted for boringene ble målt inn og rapportert av Ingeniørservice AS. Ny tiltakshaver av tomten og ferdigstillelse av bygg er utført av Kristiansen og Bernhardt As datert 27.1.2014, på vegne av Foyns Eiendom AS v/Pål Egeland.

Prosjektet omfattet i tillegg til forundersøkelse et miljøovervåkings program med varighet på 5 år. Anna Petersén ved NIKU distriktskontor Trondheim er prosjektleder med ansvar for prosjektering og koordinering av oppdraget. Miljøovervåking og forundersøkelsen utføres av Bioforsk i samarbeid med NIKU. NIKU har foretatt de arkeologfaglige vurderinger av kulturlag ved arkeolog Anna Petersén og Bioforsk har utført de jordkjemiske analyser og planlagt miljøovervåking av miljøbrønner ved seniorforsker Ove Bergersen.

Den første forundersøkelsen ble foretatt i aug 2010 på tomtens bakgård (Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010). Her ble det påvist kulturlag godt bevart og en miljøbrønn MB6 ble etablert. (Bioforsk rapport 7(9) 2012. Bergersen, 2012 viser at overvåking av grunnvannet på tomten i store deler av 2011 viser ustabilitet og forandringer. En ny forundersøkelse pga. nye byggeplaner og nye pælepunkt ble foretatt 2011 og miljøovervåkingen startet i MB10 juli 2013 og MB5 februar 2014.

2.2 Mål for overvåkingen

Målet for prosjektet var å oppnå detaljert kunnskap om bevaringsforholdene for kulturlagene i kjelleren med hensyn til foreslått utbyggingsplan med nybygg og fundamentering på peler. Kulturlag er beskrevet og to nye miljøbrønner er installert med overvåking utstyr av referansedata før, under og etter bygging. Overvåkingen har til hensikt å sammenligne miljøforholdene i grunnvannet som omgir kulturlagene under bygget over tid.



Figur 1 Oversikt tomten Foyne Eiendom mellom Rådhusgaten og Tjømegaten.

3. Materiale og Metode

3.1 Jordfaglige definisjoner

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.

3.2 Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode

Boringene ble gjort med navbor. Det ble boret en meter av gangen. Søylen fra hver boremeter ble rensset nøye og fotografert. Deretter ble søylen tegnet i målestokk 1:20 med lagskiller markert på tegning. Hvert kulturlag ble nummerert og beskrevet på tegning og på kontekstskjema. Tilstanden og bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009 (se under).

Bevaringstilstand er vist over og bevaringsforhold 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

Skalaen for tilstand (tabell 1) opererer med seks klasser 0 til 5 der bevaringstilstanden er bedre jo høyere tall som angis. 0-verdi brukes utelukkende da bedømmelse ikke lar seg gjøre. I skalaen finnes i tillegg en bokstavskode som angir plasseringen av strata i forhold til grunnvann. I denne undersøkelse er kategori "B - over/i grunnvann" blitt brukt. For kulturlag med utelukkende minerogent innhold (leire, silt, sand, grus) eller kulturlag der det organiske innhold vanskelig lar seg måle visuelt, for eksempel humusholdig sand, er verdien satt til B0. Skalaen for bevaringsforhold (tabell 2) opererer med fem klasser 1 til 5.

3.3 Innstallering og plassering av Miljøbrønn MB5, M6 og MB10.

Miljøbrønnen ble konstruert fra toppen 0-1m stigerør, 1-2m filterør som står direkte i kontakt med kulturlagene og deretter 2-3m stigerør (til sammen 3m). Filterør som ble benyttet var PEHD 63mm/58mmx 1000mm 0,3mm slisse.

Overflaten ble tettet med bentonitt for å hindre at overflatevann renner ned langs brønnrøret og inn i brønnen. Disse rør står inne i hus og vil ikke bli påvirket av regnvann

Miljøbrønn MB6 (gammel brønn)

X 6570613,77 Y580203,38, markoverflate 4,53 moh.

Overvåket i 2010-2011 før byggearbeidet startet. Brønnen lå i bakgård til gammelt bygg.

Forundersøkelsen viste i 2010 bra bevaringsforhold fra 1,60m og nedover fra overflaten (Bergersen & Petersen, 2010) Alle lagene beskrevet i denne miljøbrønnen inneholdt middels til høyt organisk innhold.

Miljøbrønnen MB6 ble satt ned til 3m. To av disse var filterrør som fylles med grunnvann. Under forarbeidet har målinger i MB6 vist store svingninger pga. grunnvannforandringer og nedbørpåvirkning. Disse data er vist i Bioforsk rapport (Bergersen, O. 2012). Årsaken er trolig bruka grunnvannpumper oppstrøms for brønnene og mye grave arbeidet omkring brønnene.

Denne brønn ble avsluttet etter rapportering pga. at brønnen var gått helt tørr for grunnvann under bygging av nytt bygg (Bergersen, 2012). Ved oppstart av miljøbrønn 5 og 10 ble det påvist mangel av grunnvann i MB 6. Denne brønn blir ikke overvåket videre etter at nytt bygg er etablert.

Miljøbrønn MB 5

X 6 570 625,628 Y 580 200,483, markoverflate 4,319 moh.

Utstyr montert starten av februar 2014 etter at nytt gulv var støpt inne i nytt bygg. Brønn er 2.75m dyp fra gulv.

Bioforsk er usikre på grunnvann i denne brønn siden den inneholdt lite vann. Våt sedimentert leire ble observert ved installasjon. Brønnene ble spylt ren før utstyret er satt inn og vi avventer resultater etter at vi får med overvåkingsdata om grunnvannet. Første måling på grunnvann etter spyling ca. 2.50 moh.

Miljøbrønn MB10

X 6 570 635,346 Y 580 242,442, markoverflate 4,253 moh.

Utstyr montert i starten av juli 2013

Brønn er 2.0 m dyp fra gulv.

Overvåking av grunnvann i miljøbrønn MB10 ble startet i juli 2013 og de første målinger viser at grunnvannet har steget fra 1.8-2 moh.

Felt målinger i grunnvann fra MB10:

Høyde grunnvann ca. 2.95 moh.

Temp 13.6 °C

Redoks -400mV

pH 6.7 og ledningsevne 1.55mS/cm

Borepkt MB6, MB5 og MB10 markert som grønne kryss (Vedlegg 1) hvor det ble satt ned miljøbrønn rør for å overvåke grunnvannet under bygget. Aktive brønner fra 2013 er miljøbrønnene MB10 og MB5 illustrert i (Vedlegg 3 og 2). Koordinater på borepkt. er vist i vedlegg 4.

3.4 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. Derfor ønsker og krever riksantikvaren overvåking av grunnvannets høyde, temperatur, pH, ledningsevne og om 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.

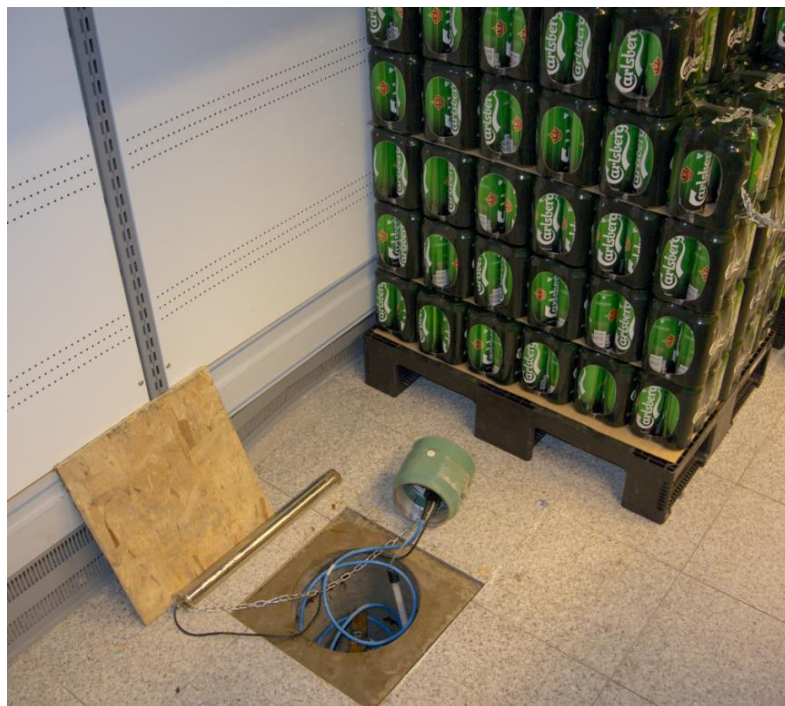
3.5 Installering av datalogger i miljøbrønner.

Multiparametersensorer som overvåker grunnvann, temperatur, ledningsevne, pH og redoksforhold i grunnvannet vil karakterisere både stabilitet, men også informere om hvordan grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene i området påvirker bevaringsforholdene. Kontinuerlig overvåking av miljøforholdene i kulturlag skal foregå 5 år 2013 - 2017. Dette blir utført ved hjelp av sensorer koblet til automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). All feltarbeid med utstyr for overvåkingen er blitt utført av tekniker Øyvind Rise. Loggeren som er benyttet er en SEBA Datalogger type Slimcom -2 GSM med multisensorer type MPS-D8.

Data fra disse kan hentes manuelt, eller trådløst via modem og mobiltelefoni. Dette utstyret ble gjort klart og montert i MB10 brønnen juni 2013 og i MB5 fra februar 2014. data er bearbeidet til aug i 2014. slik at det kan vurderes bevaringsstrategier for kulturlagene i måleperioden.

3.6 Avvik i måleperioden

Det er ikke oppstått avvik i datamaterialet fra måleperioden fra juli 2013 til mars 2015. Det bør bemerkes at under vedlikehold og batteriskift 6. mars 2015 var det vanskelig å finne miljøbrønnene i den nye KIWI butikken. Tore Klevstad som var ansvarlig fra Byggherren er informert og skal kontakte KIWI butikkansvarlig. MB10 ble funnet under paller med øl i en kjøleanretning og batterier er skiftet her (se foto). MB5 må søkes av butikkansvarlig og byggherre slik at miljøbrønnen blir tilgjengelig for videre overvåking. Etter over 1 time befarig har Bioforsk mistanke at sistnevnte brønn er blitt liggende under fastmonterte kjøledisk eller reol med varmeutvikling siden den brønn viser raskt høyere temperatur sammenlignet med MB10. Miljøbrønnene var ikke merket på oversiktskart på faste og løse installasjoner i butikken. MB 6 mangler grunnvann og er ikke i drift.



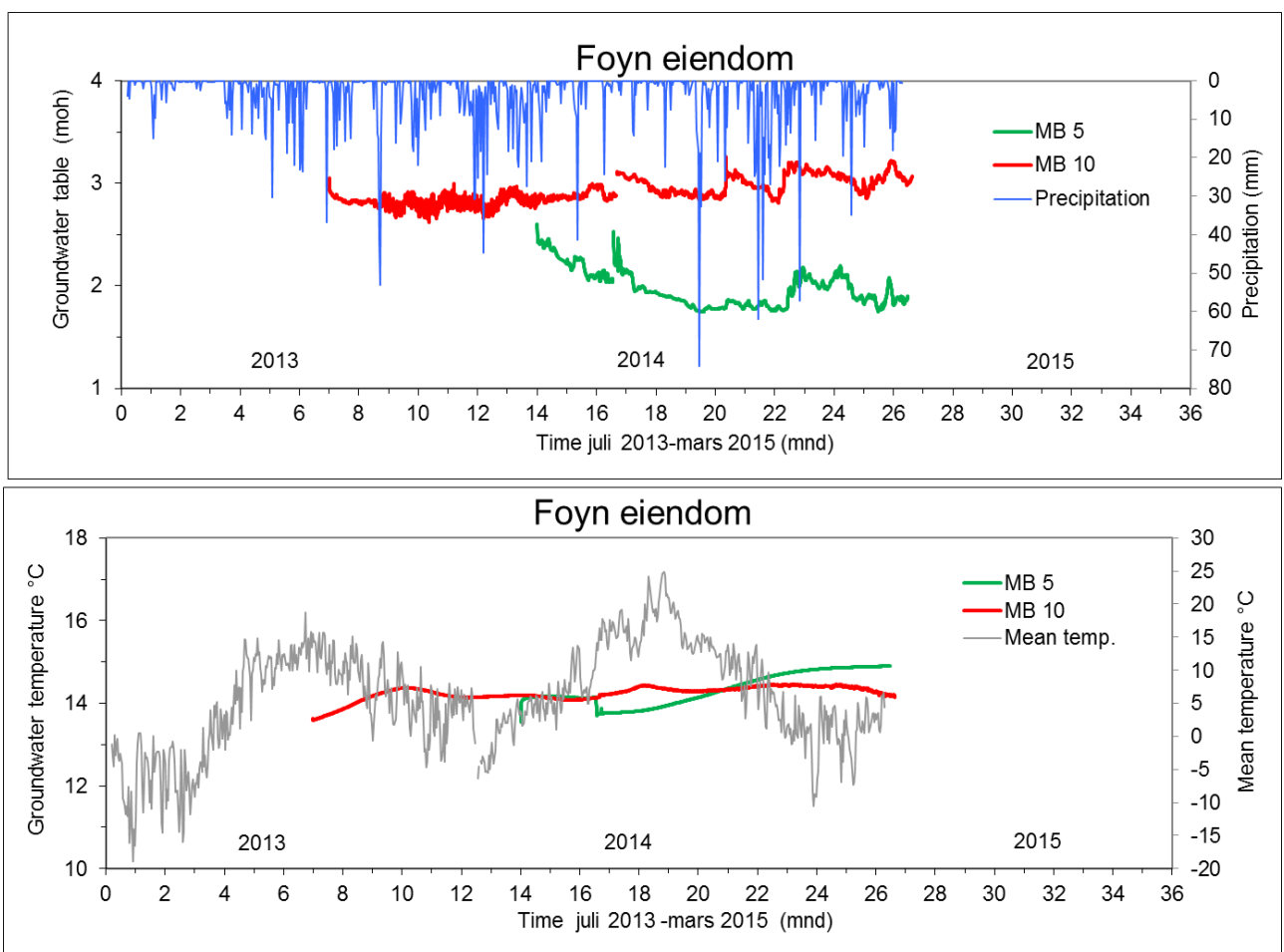
MB10 i Kiwibutikk X 6 570 635,346 Y 580 242,442, markoverflate 4,253 moh.

MB5 ble ikke funnet X 6 570 625,628 Y 580 200,483, markoverflate 4,319 moh.

4. Resultater og diskusjon

4.1 Miljøovervåking av grunnvannet i miljøbrønner MB5 og MB10.

Grunnvannet etter at nytt bygg er ferdigstilt har ikke forandret seg mye. Nivået til grunnvannet i begge miljøbrønner er mer avhengig av nedbørmengden i Tønsberg. Av figur 2 stiger grunnvannet med 10-20 cm i perioder med mye nedbør. Grunnvannet i MB10 ligger på omtrent 2.8 moh. MB5 viste noe høyere grunnvann i starten av måleperioden fra 2014 grunnet rengjøring og spyling. Etter at den stabilisert seg ligger gjennomsnittlig grunnvann omtrent 1 m lavere i MB5 (Figur 2 og Tabell 3). Grunnvannstemperaturen i MB10 var stabil på 14.2 °C. I MB5 var de like, men sank og steg til 14.9 °C utover høsten av 2014. Sistnevnte brønn påvirkes trolig mer av temperaturen i butikklokalet, mens MB10 lå under kjølereol med øl. Disse forskjeller blir viktig å følge videre. Temperaturen fluktuerer lite med utetemperaturen, men ligger 2 grader høyere enn målt i nærliggende miljøbrønner fra Nedre Langgate (Bergersen, O. 2013 & Bergersen, O. 2014). Begge disse to overvåkinger er også påvirket av varme fra hus. Overvåking i fem år fra en brønn uten påvirkning fra hus viste middel temperatur i grunnvann på 9-10 grader som er opp til 4-5 grader lavere.



Figur 2

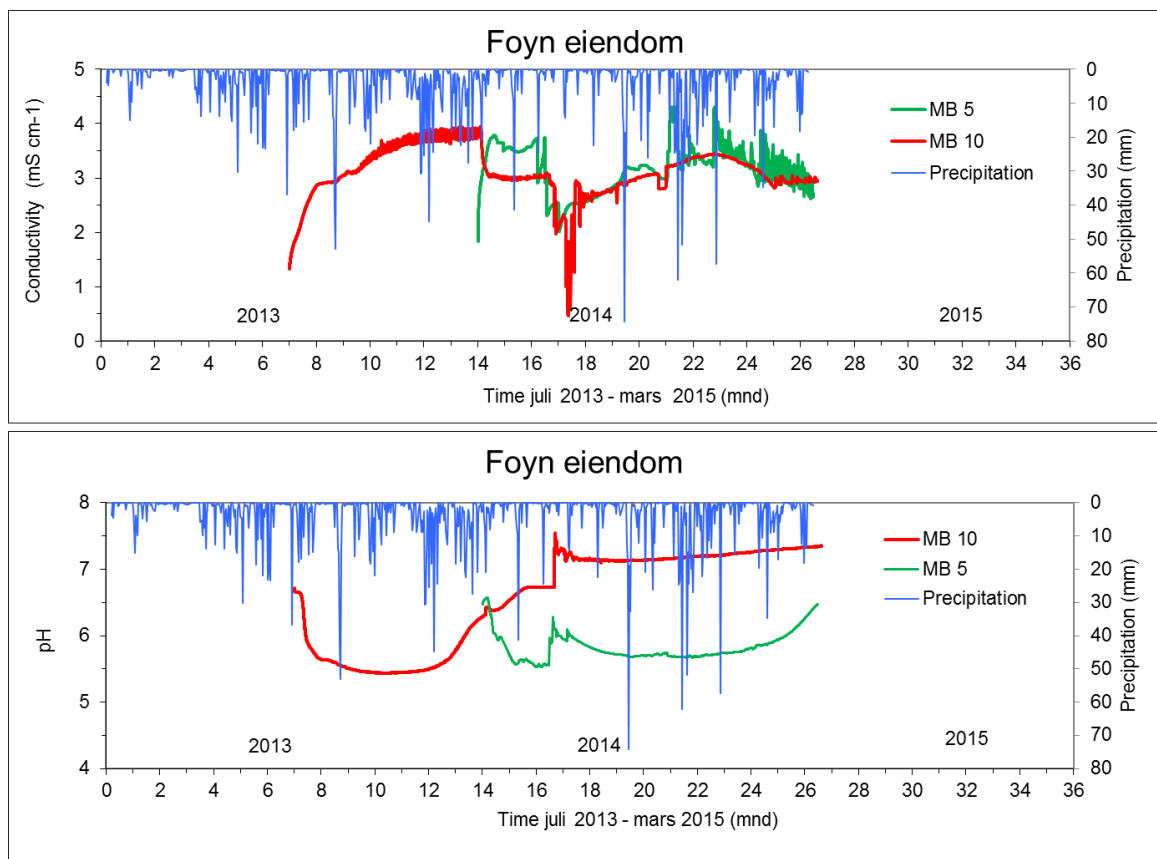
Over: Grunnvannsnivå og temperatur (under) i miljøbrønnene MB5 og MB10 sammenstilt med nedbør og lufttemperatur fra Tønsberg er vist sammen (data fra www.yr.no).

Ledningsevnen (saltinnholdet i grunnvannet) følger hverandre fra midten av 2014, trolig etter at bygget er ferdig. Større svingninger i begge brønner er observert under bygging uten å ha en god forklaring. Det kan se ut som om grunnvannet har stabilisert seg noe etter at bygget er blitt ferdigstilt. pH er funnet lav i både MB10 og MB5. I løpet av 2014 har pH vist nøytrale forhold i MB10, mens det fortsatt er noe lavt i MB5. Positivt er at pH har steget til 6.5 i slutten av måleperioden i MB5 (Figur og Tabell 3).

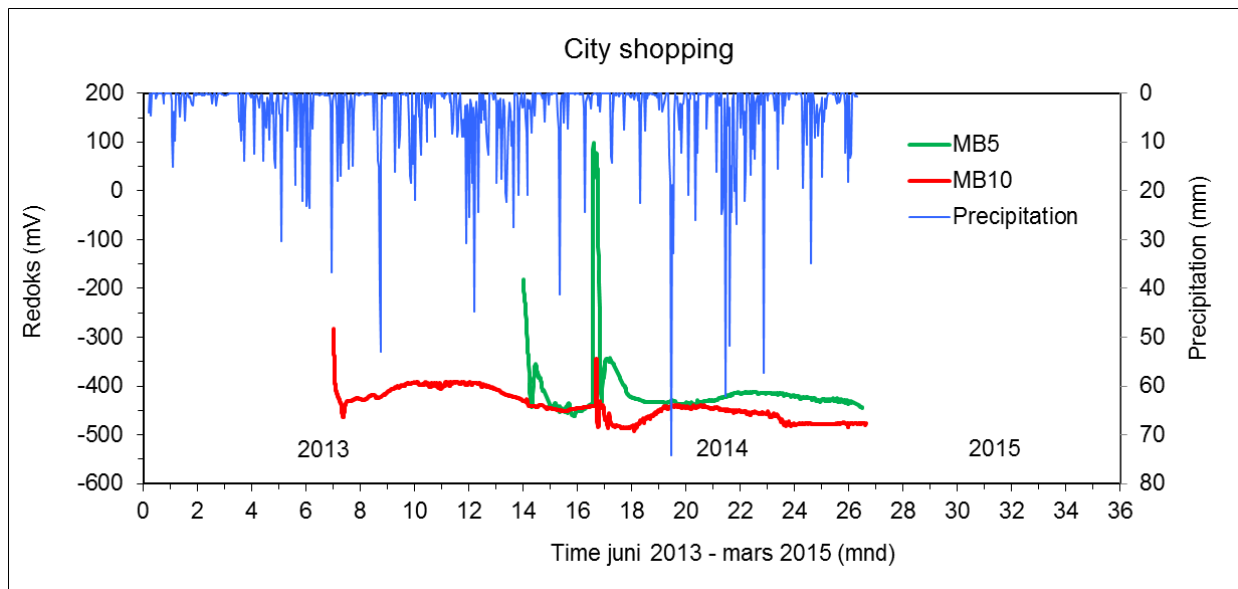
Tabell 3. Max, min, median og gjennomsnittverdier i første måleperiode 2013- mars 2015.

	MB10 Grunnvann moh	MB10 Temp °C	MB10 pH	MB10 Ledningsevne mScm -1	MB 10 Redoks mV
Min	2.62	13.60	5.44	0.47	-464
Max	3.26	14.45	7.54	3.96	-264
Median	2.84	14.18	5.64	3.29	-405
Gj.Snitt	2.86	14.17	6.00	3.24	-411

	MB 5 Grunnvann moh	MB 5 Temp °C	MB 5 pH	MB 5 Ledningsevne mScm -1	MB 5 Redoks mV
Min	1.74	13.54	5.53	1.83	-462
Max	2.60	14.90	6.57	4.31	99
Median	1.92	14.21	5.75	3.18	-427
Gj.Snitt	1.97	14.34	5.83	3.16	-411



Figur 3
Over: Konduktivitet (ledningsevne) og pH (under) i grunnvann fra miljøbrønnene MB5 og MB10. Data er sammenstilt av nedbør fra Tønsberg (data fra www.yr.no).



Figur 4
Redoks forholdene i grunnvann fra miljøbrønnene MB5 og MB10. Data er sammenstilt av nedbør fra Tønsberg (data fra www.yr.no).

Hvorvidt grunnvannet tilføres oksygen til kulturlagene under bygget er svaret entydig i Figur 4. Redoks sensorene i begge miljøbrønnene viser verdier lavt ned på redoks skalaen omkring -400mV. Dette viser gode bevaringsforhold av grunnvann uten innhold av oksygen som kan skade organiske materiale. Tabell 4 viser informasjon om forundersøkelsen til de to miljøbrønner og markert er grunnvann fra steril leire og opp til kulturlagene. Kulturlag 1 (3.65moh) i MB10 kan være i faresone over grunnvann, men er trolig fuktig nok og har reduserende forhold. Kulturlag 3 (3.47moh) i MB5 er allerede påvist å ha dårligere bevaringsforhold (Tabell4).

Tabell 4 Illustrasjon på hvorledes kulturlagene analysert i 2011 påvirkes av grunnvann og fluktusjoner.

Miljøbrønn MB5						Miljøbrønn MB10							
Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring				Redoks forhold *	Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring				Redoks forhold *
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *				Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *	
4.32						4.25							
4.02	1	B4				3.65	1	B5	Bra	Middels	A4		
3.72	2	B4				3.35	2	B5	Bra	Bra	A4		
3.47	3	B4	Dårlig	Middels	A2	2.60	Leire						
2.67	4	B4	Bra	Bra	A4	2.25	Leire						
1.75	Leire					Grunnvann + fluktueringssone							
1.32	Leire												

		Elendig til dårlig
		Middels
		Bra til utmerket

	Oksiderende forhold
	Reduserende forhold

* SOPS : Status etter Norsk Standard NS 9451:2009

5. Referanser

Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010. Storgaten 30-32, "City Shopping", Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Bioforsk NIKU rapport Vol 5 (149) 2010.

Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av kulturminner fra miljøbrønn på tomten Storgaten 30-32, City Shopping i Tønsberg. Bioforsk rapport Vol 7 (9) 2012.

Bergersen, Ove. 2013. Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under bygging og etter at nybygg ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg Sluttrapport Bioforsk rapport 8 (19) 2013.

Bergersen, Ove. 2014. Miljøovervåking av middelalderbåt i fjernvarmegrøft ved Nedre Langgate 19, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Sluttrapport Bioforsk rapport 9 (40) 2014.

Norsk Standard 9451:2010. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag. Standard Norge 2010.

6. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

- 1 Kart over markerte miljøbrønner
 - 2 Foto av boreprofiler og miljøbrønn MB5
 - 3 Foto av boreprofiler og miljøbrønn MB10
 - 4 Liste over koordinater
-

Miljøbrønn 5

0-1m



1-2m



2-3m



Lag 3

Lag 4



Plassering av Miljøbrønn 5



Overvåkings logger i Miljøbrønn 5



Miljøbrønn 5 ble spylt og rengjort og senket ned i gulvet april 2014

Miljøbrønn 10

0-1m

1-2m



Lag 1

Lag 2



Plassering av Miljøbrønn 10 (forundersøkelsen 2010)



Overvåking Miljøbrønn 10 (start 2013)



Logger senket ned i gulvet i Miljøbrønn 10, april 2014

City Shopping, Tønsberg. Prøveboringer NIKU nov/des-11.			
Innmålt av Ingeniørservice AS, tlf 333 78 150			
PunktID	N-koord.	Ø-koord.	Høyde
1A	6 570 647,001	580 223,110	4,282
1B	6 570 648,785	580 224,903	4,185
2A	6 570 641,145	580 217,281	4,251
2B	6 570 642,948	580 219,067	4,286
3A	6 570 635,301	580 211,441	4,233
3B	6 570 637,099	580 213,227	4,270
4A	6 570 629,456	580 205,623	4,214
4B	6 570 631,256	580 207,398	4,267
6A	6 570 651,614	580 222,068	4,287
6B	6 570 649,816	580 220,273	4,257
7A	6 570 646,908	580 217,367	4,281
7B	6 570 648,691	580 219,147	4,278
8A	6 570 634,881	580 236,251	4,262
8B	6 570 638,291	580 232,836	4,299
9B	6 570 630,322	580 224,886	4,182
5MB	6 570 625,628	580 200,483	4,319
10MB	6 570 635,346	580 242,442	4,253
HG1	6 570 608,073	580 197,848	4,730
HG2	6 570 608,969	580 198,963	4,674
HG3	6 570 609,832	580 200,069	4,624

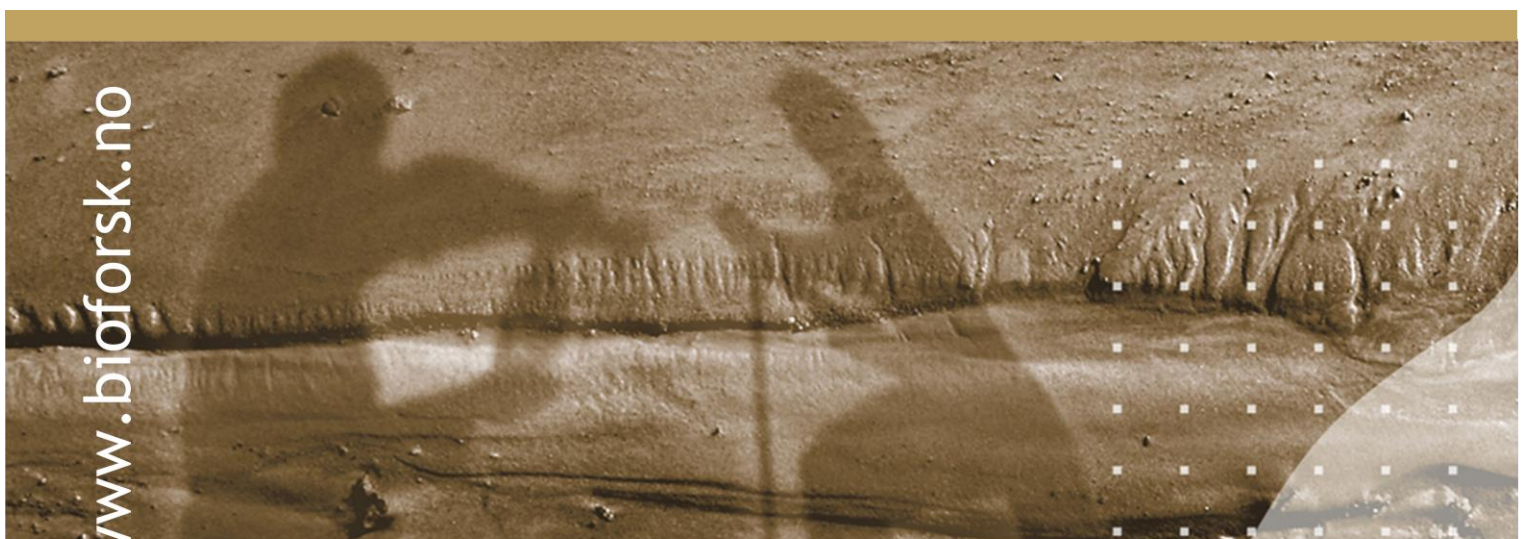
Rapport

Bioforsk 10 Nr. 45 2015

Ny forundersøkelse fra pælehull ved Storgata 30-32, "Foyen eiendom", Tønsberg kommune, Vestfold Fylke

Arkeologisk forundersøkelse med kartlegging av
bevaringsforhold fra grunnboring i forbindelse med nybygg

Ove Bergersen - Bioforsk Jord og miljø



<p><i>Tittel/Title:</i> Forundersøkelse fra pælehull ved Storgata 30-32, "Foyne eiendom", Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Arkeologisk forundersøkelse med kartlegging av bevaringsforhold fra grunnboring i forbindelse med nybygg</p>
<p><i>Forfatter(e)/ Autor(s):</i> Ove Bergersen - Bioforsk</p>

<p><i>Dato/Date:</i> 16.6. 2015</p>	<p><i>Tilgjengelighet/ Availability:</i> Lukket</p>	<p><i>Prosjekt nr./Project No.:</i> Bioforsk 8245 & 8745</p>	<p><i>Arkiv nr./Archive No.:</i></p>
<p><i>Rapport nr./Report No.</i> 10 (45) 2015:</p>	<p><i>ISBN-nr.:</i></p>	<p><i>Antall sider/Number of pages:</i> 21</p>	<p><i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i> 4</p>

<p><i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg Norsk institutt for kulturminneforskning, Distriktskontor Trondheim</p>	<p><i>Kontaktperson/Contact person:</i> Jens Rytter Anna H. Petersén</p>
---	--

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

Sammendrag

Den arkeologiske forundersøkelsen i Storgaten 30-32 "Foyne eiendom" har kartlagt bevaringsforhold og bevaringstilstand til intakte kulturlag. I prosjektet inngår også installasjon og overvåking av to nye miljøbrønner. Undersøkelsen ble foretatt med hjelp av 10 grunnboringer innen det aktuelle område. Alle boringene viste intakte kulturlag. Kulturlagsdybden varierte fra ca 2,5 til 3,7 m. Høyt vann og organisk innhold ble påvist i alle kulturlag analysert med unntak av 2 prøver i 1B lag 2 og 4 lag 4 hvor det ble påvist middels vann og organisk innhold. Prøver tatt for å kunne vurdere bevaringsforhold (S2) har gitt resultatene bra bevaringsforhold med unntak av en prøve fra borepkt MB5 lag 3 som ser ut til å ha fått tilført oksygen i nyere tid. Bevaringsforholdene av uorganiske gjenstander som bein og metaller er middel til gode .

<p><i>Land/fylke:</i> Norge /Vestfold</p>	<p><i>Kommune:</i> Tønsberg</p>
<p><i>Sted/Lokalitet:</i> Tønsberg- Storgatan 30-32, "Foyne eiendom"</p>	

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader



Tormod Briseid
 forskningssjef

Ove Bergersen
 Seniorforsker

Innhold

1.	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Problemstilling	4
2.	Materiale og Metode	5
2.1	Jordfaglige definisjoner	5
2.2	Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode	6
2.3	Feltarbeide og prøvetaking	7
2.4	Kjemiske analyseparameter	8
2.4.1	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag.....	9
2.5	Innstallering av Miljøbrønner	11
3.	Resultater	12
3.1	Vurdering av bevaringsforholdene ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter	12
4.	Konklusjon.....	19
5.	Referanser.....	20
6.	Vedlegg	21

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Det berørte område ligger i verneområdet for middelalderbyen Tønsberg der Riksantikvaren som forvaltningsmyndighet behandler søknader om inngrep i bygrunnen.

Det aktuelle tiltak går tilbake til 2008 da Riksantikvaren ga NIKU, Tønsberg i oppdrag å utarbeide budsjett og prosjektbeskrivelse for varslet plan om utvidelse av shoppingsentret Tønsberg Torv, Storgaten 30-20. Arbeidet ble ikke realisert i 2008 ettersom tiltakshaver utsatte utbygningsplanene, men tiltakshaver, AC NOR gruppen ASA, kontaktet i 2010 Riksantikvaren på ny med søknad om å få fortsette prosjektet med noen endringer. Det ble fattet nytt vedtak og Riksantikvaren gav NIKU i oppdrag å oppjustere opprinnelig budsjett og utføre oppdraget som arkeologisk forundersøkelse med tilstandsvurdering av kulturlagenes sårbarhet og tåleevne. Prosjektet omfattet i tillegg et miljøovervåkings program med varighet på 5 år.

Tiltakshaver i prosjektet er AC NOR gruppen ASA, kontaktperson Ronny Strømnes. Grunnboringene ble gjort av firma Bjørn Strøm Sivilingeniør AS. Sted for boringene ble målt inn og rapportert av Ingeniørservice AS.

Anna Petersén ved NIKU distriktskontor Trondheim er prosjektleder med ansvar for prosjektering og koordinering av oppdraget. Miljøovervåking og forundersøkelsen utføres av Bioforsk i samarbeid med NIKU. NIKU har foretatt de arkeologfaglige vurderinger av kulturlag ved arkeolog Anna Petersén og Bioforsk har utført de jordkjemiske analyser og planlagt miljøovervåking av miljøbrønner ved seniorforsker Ove Bergersen.

Den første forundersøkelsen ble foretatt i aug 2010 på tomtens bakgård (Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010). Her ble det påvist kulturlag godt bevart og en miljøbrønn MB6 ble etablert. (Bioforsk rapport 7(9) 2012. Bergersen, 2012 viser at overvåking av grunnvannet på tomten i store deler av 2011 viser ustabilitet og forandringer. En ny forundersøkelse pga. nye byggeplaner og nye pælepunkt ble foretatt 2011 og miljøovervåkingen startet i MB 10 juli 2013 og MB5 februar 2014. Ekstra borhull ble utført i 2014, men plan om å få etablert en ekstra miljøbrønn på andre siden av tomtens areal.

1.2 Problemstilling

Hensikten med undersøkelsen var å oppnå detaljert kunnskap om tilstand og bevaringsforhold for kulturlag i kjelleren med hensyn til foreslått utbyggingsplan med nybygg og fundamentering på peler. Det skulle foretas kartlegging av tykkelse på kulturlag og moderne masser i området samt installeres to nye miljøbrønner med overvåking utstyr av referansedata før, under og etter bygging.

2. Materiale og Metode

2.1 Jordfaglige definisjoner

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.

2.2 Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode

Boringene ble gjort med navbor. Det ble boret en meter av gangen. Søylen fra hver boremeter ble rensset nøye og fotografert. Deretter ble søylen tegnet i målestokk 1:20 med lagskiller markert på tegning. Hvert kulturlag ble nummerert og beskrevet på tegning og på kontekstskjema. Tilstanden og bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009 (se under).

Bevaringstilstand er vist over og bevaringsforhold er vist under etter Norsk Standard NS 9451:2009

Tabell 1 – Bevaringsskala som angir tilstanden i kulturlaget

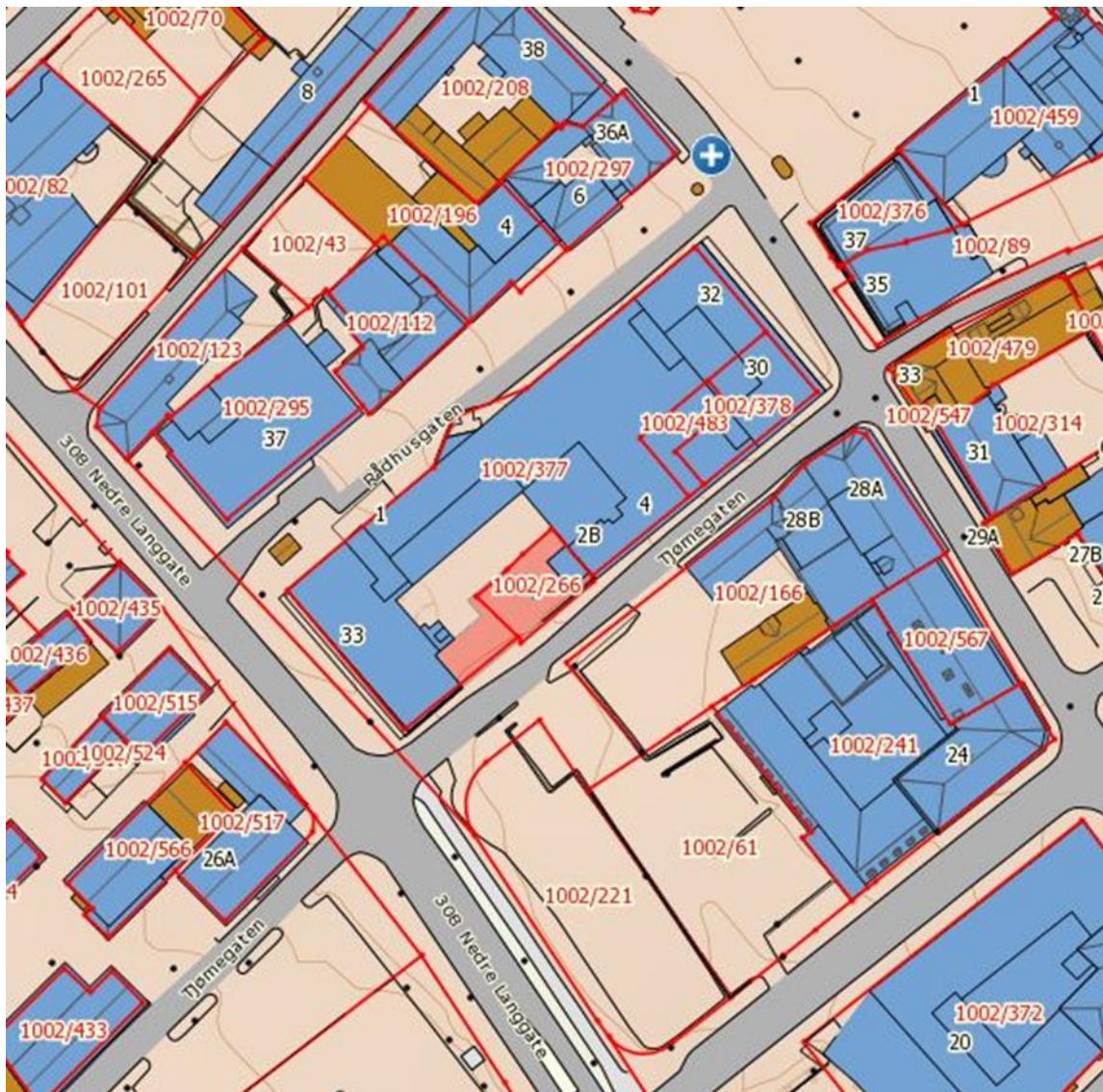
Posisjon i relasjon til grunnvann	Bevaringsgrad					
	0 (Ingen)	1 (Elendig)	2 (Dårlig)	3 (Middels)	4 (God)	5 (Utmerket)
Over grunnvann (umettet sone) = A	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Overgangssone (fluktuerende vann) = B	B0	B1	B2	B3	B4	B5
I grunnvannet (mettet sone) = C	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Fyllmasser o.l. senere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

Skalaen for tilstand (tabell 1) opererer med seks klasser 0 til 5 der bevaringstilstanden er bedre jo høyere tall som angis. 0-verdi brukes utelukkende da bedømmelse ikke lar seg gjøre. I skalaen finnes i tillegg en bokstavskode som angir plasseringen av strata i forhold til grunnvann. I denne undersøkelse er kategori "B - over/i grunnvann" blitt brukt. For kulturlag med utelukkende minerogent innhold (leire, silt, sand, grus) eller kulturlag der det organiske innhold vanskelig lar seg måle visuelt, for eksempel humusholdig sand, er verdien satt til B0.

Skalaen for bevaringsforhold (tabell 2) opererer med fem klasser 1 til 5.



Figur 1 Oversikt tomten Foyen Eiendom mellom Rådhusgaten og Tjømegaten.

2.3 Feltarbeide og prøvetaking

Feltarbeid ble utført av arkeolog Anna H. Petersén, NIKU og seniorforsker Ove Bergersen ved Bioforsk Jord og Miljø. Det ble gjort 10 grunnboringer med dokumentasjon av arkeologiske forhold og uttak av kulturlagsprøver. Prøver ble pakket inn i to plastposer med og uten lynlås. Profil prøver ble tatt så langt som mulig inne i kulturlagene, fylt i en pose som ble lukket umiddelbart og luft suget ut. Denne posen ble videre oppbevart i en ny ytterpose med lynlås og tilsatt Anaerogel som inneholder kjemikalier som fjerner oksygen i posen. Etter prøvetaking ble alle prøvene oppbevart og transportert kjølig. De anoksiske prøver ble ekstrahert og bearbeidet i et anaerob kammer direkte før videre analyser.

I borepkt MB6, MB5 og MB10 markert som grønne kryss (Vedlegg 1) ble det satt ned miljøbrønn rør for å overvåke grunnvannet under bygget.

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 paramenter

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:

Bestemmelse av 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 3).

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 3).

2.4.1 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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 2. 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 kjennemerker bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. I tabell 3 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det orange markerte område vises nivåer av målte kjemiske parametre for typisk oksiderende forhold, men 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. Ved slike forhold kan vi forvente at nitrogen foreligger i stor grad som nitrat og ikke som ammonium, jern foreligger som oksidert jern (III) og konsentrasjon av sulfid vil som regel være svært lavt. Hvis forholdene derimot er jernreduserende, vil all oksygen og nitrat allerede 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.

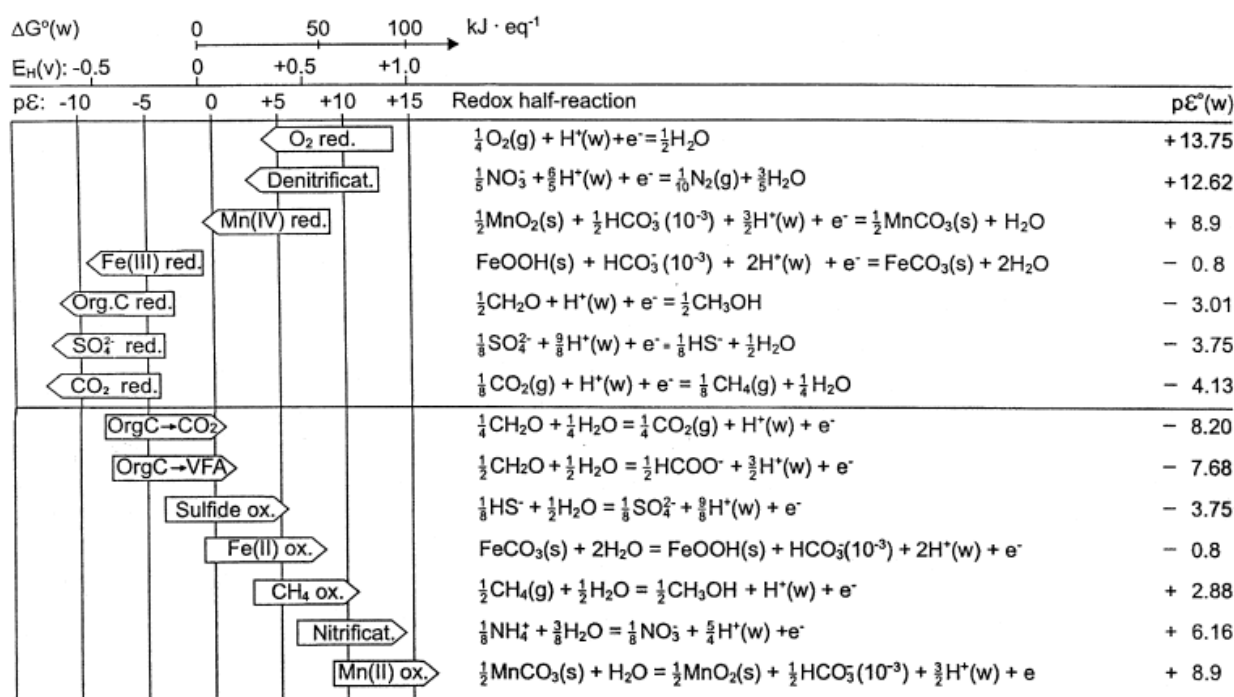
Andre miljøforhold som vil påvirke bevaring av kulturlag er massenes permeabilitet og vannmetning. Dette vil styre gjennomstrømning av (oksygenrikt) vann gjennom massene og diffusjon av oksygen i porene materiale.

Dessuten vil tilstedeværelse av giftige forbindelser kunne hemme nedbrytningen av organisk Syre og løslige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

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

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

Reduserende forhold
Oksiderende forhold



a. $pE^{\circ}(w)$ is the standard electron activity of the halfreaction at pH = 7.

Figur 2 Redoksforhold og ulike kjemiske forhold ved standard aktivitet ved pH 7 (Stumm and Morgan 1996)

2.5 Innstallering av Miljøbrønner

Miljøbrønnen ble konstruert fra toppen 0-1m stigerør, 1-2m filterør som står direkte i kontakt med kulturlagene og deretter 2-3m stigerør (til sammen 3m). Filterør som ble benyttet var PEHD 63mm/58mmx 1000mm 0,3mm slisse.

Overflatent ble tettet med bentonitt for å hindre at overflatevann renner ned langs brønnrøret og inn i brønnen. Disse rør står inne i hus og vil ikke bli påvirket av regnvann

Miljøbrønn MB6

X 6570613,77 Y580203,38, markoverflate 4,53 moh

Overvåket i 2010-2011 før byggearbeidet startet. Brønnen lå i bakgård til gammelt bygg. Forundersøkelsen viste i 2010 bra bevaringsforhold fra 1,60m og nedover fra overflaten (Bergersen & Petersen, 2010) Alle lagene beskrevet i denne miljøbrønnen inneholdt middels til høyt organisk innhold.

Miljøbrønnen MB6 ble satt ned til 3m. To av disse var filterør som fylles med grunnvann. Under forarbeide har målinger i MB6 vist store svingninger pga grunnvannforandring og nedbørpåvirkning. Disse data er vist i Bioforsk rapport (Bergersen. O. 2012). Årsaken er trolig bruk av grunnvannpumper oppstrøms for brønnene og mye gravearbeide omkring brønnene.

Denne brønn ble avsluttet etter rapportering pga at brønnen var gått helt tørr for grunnvann under bygging av nytt bygg (Bergersen. O. 2012). Ved oppstart av miljøbrønn 5 og 10 ble det heller ikke påvist grunnvann i MB 6. Denne brønn blir ikke overvåket videre etter at nytt bygg er etablert.

Miljøbrønn MB 5

X 6 570 625,628 Y 580 200,483, markoverflate 4,319 moh

Utstyr montert starten av feb 2014 etter at nytt gulv var støpt inne i nytt bygg.

Brønn er 2.75m dyp fra gulv. Sensor målte 1,70m.

Bioforsk er usikre på grunnvann i denne brønn siden den inneholdt lite vann. Våt sedimentert leire ble observert ved installasjon. Brønnene ble spylt ren før utstyret er satt inn og vi avventer resultater etter at vi får med overvåkingsdata om grunnvannet.

Miljøbrønn MB10

X 6 570 635,346 Y 580 242,442, markoverflate 4,253 moh

Utstyr montert i starten av juli 2013

Overvåking av grunnvann i miljøbrønn MB10 ble startet i juli 2013 og de første målinger viser at grunnvannet har steget fra 1.8-2 moh

Felt målinger i grunnvann fra MB10:

Høyde grunnvann ca 2.95moh

Temp 13.6

Redoks -400mV

pH 6.7

ledningsevne 1.55mS/cm

3. Resultater

3.1 Vurdering av bevaringsforholdene ut fra kjemiske og fysiske analyseparameter


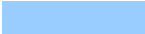




Tabell 4 gir en kort oversikt over vurdering av bevaringsforholdene i prøvene. Vurderingen er utformet på grunnlag av resultater vist i tabell 5 og 6. Disse tabeller viser fysiske forhold og kjemiske måleresultater fra laboratorieanalysene. I tillegg er bevaringstilstand og forhold illustrert i egne figurer fra hver boresøyle. Disse viser hvor det er analysert for S2 parametere og hvor mye organisk innhold de ulike prøver hadde. Alle boresøyer er vist ved foto i vedlegg 2 med markering for hvor det er tatt ut prøvemateriale.

Tabell 4 Kortfattet vurdering av bevaringsforholdene fra ulike prøver etter S2 analyse.

Borepkt. / lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold	Bevaringsforhold
1B-2 lag 2	0.6	3.59	Middels org - og vanninnhold	Svakt surt og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
2A-2 lag 2	0.8	3.50	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
2A-3 lag 3	1.5	2.75	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og middels	Sulfatreduserende	Bra A4
3A-3 lag 3	1.8	2.48	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
4-3 lag 3	1.4	2.81	Høyt org. - og vanninnh.	Middels basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
4-4 lag 4	1.8	2.46	Middels org - og vanninnhold	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
MB 5-3 lag 3	0.9	3.47	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Oksiderende	Dårlig A2
MB 5-4 lag 4	1.7	2.67	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
6A-1 lag 1	0.6	3.69	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
7B-1 lag 1	0.6	3.68	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
7B-2 lag 2	0.9	3.38	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
8B-1 lag 1	0.9	3.45	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
9B-1 lag 1	1.4	2.78	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
MB 10-1 lag 1	0.6	3.65	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra A4
MB 10-2 lag 2	0.9	3.35	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra A4

Tabell 5 Viser fysiske forhold i prøver hentet fra de ulike borepkt. etter S2 analyse..

Borepkt.	Dyp (m)	Dyp (moh)	TS %	Glødetap %	Vann innh %	pH	Ledn.evne mScm ⁻¹
1B-2 lag 2	0.6	3.59	61	24	39	6.6	0.7
2A-2 lag 2	0.8	3.50	26	62	74	7.4	0.8
2A-3 lag 3	1.5	2.75	24	64	76	7.7	2.8
3A-3 lag 3	1.8	2.48	35	37	65	7.6	1.3
4-3 lag 3	1.4	2.81	23	79	77	8.2	0.8
4-4 lag 4	1.8	2.46	57	16	43	7.9	1.6
MB 5-3 lag 3	0.9	3.47	38	34	62	7.0	1.9
MB 5-4 lag 4	1.7	2.67	25	58	75	7.8	0.9
6A-1 lag 1	0.6	3.69	23	61	77	7.0	0.6
7B-1 lag 1	0.6	3.68	28	62	72	7.4	0.7
7B-2 lag 2	0.9	3.38	25	75	75	7.4	0.6
8B-1 lag 1	0.9	3.45	37	36	63	7.7	1.0
9B-1 lag 1	1.4	2.78	23	71	77	7.4	0.7
MB 10-1 lag 1	0.6	3.65	31	54	69	7.4	0.4
MB 10-2 lag 2	0.9	3.35	23	73	77	7.6	0.4

	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%

Tabell 6 Viser kjemiske forhold i prøver hentet fra ulike borepkt. etter S2 analyse.

Borepkt. / lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Nitrat - N (mg/kg TS)	Ammonium (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)
1B-2 lag 2	0.6	3.59	< 0,73	23	889	57	101	1	99%
2A-2 lag 2	0.8	3.50	< 1,7	275	1026	2	20	1	97%
2A-3 lag 3	1.5	2.75	< 1,9	2119	3127	123	26	< 0,1	100%
3A-3 lag 3	1.8	2.48	< 1,3	384	946	129	46	1	99%
4-3 lag 3	1.4	2.81	< 2,0	1300	906	36	10	< 0,1	98%
4-4 lag 4	1.8	2.46	< 0,8	425	1528	49	106	1	99%
MB 5-3 lag 3	0.9	3.47	< 1,1	11	2661	1	12	39	24%
MB 5-4 lag 4	1.7	2.67	< 1,9	686	1471	123	23	< 0,1	100%
6A-1 lag 1	0.6	3.69	< 1,9	151	536	71	32	< 0,1	100%
7B-1 lag 1	0.6	3.68	< 1,5	117	1494	42	34	< 0,1	100%
7B-2 lag 2	0.9	3.38	< 1,8	240	1012	134	22	< 0,1	99%
8B-1 lag 1	0.9	3.45	1.4	36	1745	36	38	3	93%
9B-1 lag 1	1.4	2.78	2.9	234	1158	42	22	1	98%
MB 10-1 lag 1	0.6	3.65	< 1,5	128	412	19	37	1	97%
MB 10-2 lag 2	0.9	3.35	< 1,9	367	517	212	24	< 0,1	99%

Vurdering av prøvene fra borepkt. 1b

X 6 570 648,785 Y 580 224,903, markoverflate 4,185moh

Kulturlagsprøven fra borepkt. 1b viste middels organisk innhold og middels vanninnhold. Prøven viste svak sur karakter og lavt saltinnhold. Allikevel ble det påvist sulfid i prøven som kan virke beskyttende. Det vil gi dårlig mot middels bevaring av uorganisk gjenstander av metall og bein

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlagene fra borepkt. 1b viste bra bevaringsforhold.

Borehull 1b

Dybde (moh)	Prøver Lag	Arkeologisk *	Bevaring			Redoks forhold *
			Organisk materiale	Uorganisk materiale		
4.19						
3.69	1	B3				
3.59	2	B3/B4	Bra	Dårlig		A4
3.19	3	B0				

Borehull 2a

Dybde (moh)	Prøver Lag	Arkeologisk *	Bevaring			Redoks forhold *
			Organisk materiale	Uorganisk materiale		
4.25						
3.85	1	B5				
3.50	2	B5	Bra	Middels		A4
2.75	3	B5	Bra	Middels		A4
2.40	4	B5				

Borehull 3a

Dybde (moh)	Prøver Lag	Arkeologisk *	Bevaring			Redoks forhold *
			Organisk materiale	Uorganisk materiale		
4.23						
3.23	1	B4				
2.83	2	B5				
2.48	3	B5	Bra	Middels		A4

Borehull 4

Dybde (moh)	Prøver Lag	Arkeologisk *	Bevaring			Redoks forhold *
			Organisk materiale	Uorganisk materiale		
4.21						
3.61	1	B4/B5				
2.96	2	B5				
2.81	3	B5	Bra	Bra		A4
2.46	4	B5	Bra	Bra		A4

		Elendig til dårlig
		Middels
		Bra til utmerket

	Oksiderende forhold
	Reduserende forhold

* SOPS : Status etter Norsk Standard NS 9451:2009

Vurdering av prøvene fra borepkt. 2a

X 6 570 641,145, Y 580 217,281, markoverflate 4,251 moh

Kulturlagsprøvene fra borepkt. 2a viste kulturlag på 3,50- 2,75 moh som innerholdt høyt organisk - og vanninnhold. Prøven var svakt basisk, lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi middels bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlagene fra borepkt. 2a viste bra bevaringsforhold.

Vurdering av prøvene fra borepkt. 3a

X 6 570 635,301 Y 580 211,441, markoverflate 4,233 moh

Kulturlagsprøven fra borepkt. 3a viste kulturlag på 2,48 moh som innerholdt høyt organisk - og vanninnhold. Prøven var svak basisk og lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi middels bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlaget fra borepkt. 3a viste bra bevaringsforhold

Vurdering av prøvene fra borepkt. 4

X 6 570 629,456 Y 580 205,623 markoverflate 4,214 moh

Kulturlagsprøvene fra borepkt. 4 viste kulturlag på 2,81- 2,46 moh som innerholdt høyt organisk - og vanninnhold. Prøven var middels basisk, lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi bra bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlagene fra borepkt. 4 viste bra bevaringsforhold.

Borehull 6a

Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring			
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
4.29					
3.69	1	B4			
3.39	2	B4	Bra	Middels	A4

Borehull 7b

Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring			
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
4.28					
3.68	1	B4	Bra	Middels	A4
3.38	2	B5	Bra	Middels	A4

Borehull 8b

Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring			
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
4.30					
3.45	1	B3/B4	Bra	Middels	A4

Borehull 9b

Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring			
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
4.18					
2.78	1	B4	Bra	Middels	A4

		Elendig til dårlig
		Middels
		Bra til utmerket

	Oksiderende forhold
	Reduserende forhold
*	SOPS : Status etter Norsk Standard NS 9451:2009

Vurdering av prøvene fra borepkt. 6a

X 6 570 651,614 Y 580 222,068, markoverflate 4,287 moh

Kulturlagsprøven fra borepkt. 6a viste kulturlag på 3,45 moh som innerholdt høyt organisk - og vanninnhold. Prøven var nøytral og lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi middels bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlaget fra borepkt. 6a viste bra bevaringsforhold

Vurdering av prøvene fra borepkt. 7b

X 6 570 648,691 Y 580 219,147, markoverflate 4,278 moh

Kulturlagsprøvene fra borepkt. 7b viste kulturlag i lag 1 og 2 på 3,68-3,38 moh.

Begge viste høyt organisk - og vanninnhold. Prøvene var nøytral til svakt basisk, lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi middels bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlagene fra borepkt. 7b viste bra bevaringsforhold.

Vurdering av prøvene fra borepkt. 8b

X 6 570 638,291 Y 580 232,836, markoverflate 4,299 moh

Kulturlagsprøven fra borepkt. 8b viste kulturlag på 3,45 moh som innerholdt høyt organisk - og vanninnhold. Prøven var nøytral tilsvakt basisk og lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi middels bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlaget fra borepkt. 8b viste bra bevaringsforhold

Vurdering av prøvene fra borepkt. 9b

X 6 570 630,322 Y 580 224,886, markoverflate 4,182 moh

Kulturlagsprøven fra borepkt. 9b viste kulturlag på 2,78 moh som innerholdt høyt organisk - og vanninnhold. Prøven var nøytral til svakt basisk og lavt saltinnhold som sammen med beskyttende sulfid vil gi middels bevaring av uorganiske gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold. Bevaringsforholdene i kulturlaget fra borepkt. 9b viste bra bevaringsforhold

Vurdering av prøvene fra borepkt. MB 5

X 6 570 625,628 Y 580 200,483, markoverflate 4,319 moh

Kulturlagsprøvene fra borepkt. MB5 viste høyt organisk - og vanninnhold. Prøvene var nøytral til svakt basisk og hadde lavt saltinnhold. Bevaringsforholdene vurdert for uorganisk materiale var middels til bra siden nøytral og høyere pH sammen med beskyttende sulfid vil bevare metallgjenstander og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold i prøven fra lag 4 på 2,67moh. Motsatt resultat ble påvist i lag 3 på 3,47 moh. Bevaringsforholdene i borepkt. MB5 viste dårlig forhold i lag 3 og bra bevaringsforhold i lag 4

Vurdering av prøvene fra borepkt. MB 10

X 6 570 635,346 Y 580 242,442, markoverflate 4,253 moh

Kulturlagsprøvene fra borepkt. MB10 viste kulturlag med høyt organisk - og vanninnhold. Begge prøvene fra 3,35-3,65 moh var svakt basisk med lavt saltinnhold som gir middels til bra bevaringsforhold på uorganisk materiale . I tillegg vil sulfid virke beskyttende på gjenstander av metall og bein.

Tilstedeværelse av mer jern(II), lite jern (III), lav konsentrasjon av nitrat, høyere ammonium og sulfid innhold viser sulfatreduserende forhold i begge prøvene. Bevaringsforholdene for organisk materiale var bra.

Miljøbrønn MB5

Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring			
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
4.32					
4.02	1	B4			
3.72	2	B4			
3.47	3	B4	Dårlig	Middels	A2
2.67	4	B4	Bra	Bra	A4
1.75	Leire				
1.32	Leire				
Grunnvann + fluktueringssone					

Miljøbrønn MB10

Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring			
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
4.25					
3.65	1	B5	Bra	Middels	A4
3.35	2	B5	Bra	Bra	A4
2.60	Leire				
2.25	Leire				
Grunnvann + fluktueringssone					

		Elendig til dårlig
		Middels
		Bra til utmerket












	Oksiderende forhold
	Reduserende forhold
*	SOPS : Status etter Norsk Standard NS 9451:2009

Vurdering av prøvene fra nye borepkt.P7 og P11 2014

Ny boring i andre kant av tomten med håp i å sette ned en ny grunnvannbrønn ble utført uten noe suksess. Gunn tørre grusmasser ble påvist ned til 5-6 m. I to andre prøveboringer P7 og P11 ble det tatt ut prøver for analyse til vurdering av bevaringsforhold. I følge NIKU var det få kulturlag lag igjen i disse og kun en prøve fra hver borehull ble vurdert analysert. Disse ble karakterisert til å ha middel bra bevaringsforhold (se illustrasjon under). Prøven fra P7 hadde middels innhold av organisk materiale og vanninnhold. Surhetsgraden og saltinnhold var nøytral og lav. I Borehull P11 inneholdt prøven høyere organisk og vanninnhold. Surhetsgraden og saltinnhold var nøytral og lav også her. Begge prøvene viste spor av å ha vært godt bevart, men at lagene nå viser påvirkning av oksygen.

Foyn Tønsberg 2014

Prøver Borehull	Depth		Tørrstoff (%)	Glødetap (%)	Vann innhold (%)	pH	Lednings evne uScm ⁻¹	Bevaring		
	(m)	(moh)						Organisk materiale	Uorganisk material	Redoks forhold *
FOYN P7			55	20	45	6.9	252	Medium	Medium	A3
FOYN P11			41	30	60	7.2	252	Medium	Medium	A3

	Lavt organisk materiale 10%		Elendig til dårlig
	Middels organisk materiale 10-20%		Middels
	Høyt organisk materiale 30-40%		Bra til utmerket
	Lavt vanninnhold 10-20%		Oksiderende forhold
	Middels vanninnhold 30-40%		Reduserende forhold
	Høyt vanninnhold 50-60%		
		*	SOPS : Status etter
			Norsk Standard NS 9451:2009

Sample/brønn	Dyp (m)	Dyp (moh)	Nitrat - N (mg/kg TS)	Ammonium (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)
FOYN P7			2.5	3.0	1848	14	156	148	51%
FOYN P11			< 0.5	5.3	3807	32	208	329	39%

4. Konklusjon

- Høyt vann og organisk innhold ble påvist i kulturlaget fra 3,6 moh og ned til 2,4 moh. Prøvene tatt for å kunne vurdere bevaringsforhold (S2), har gitt resultatene bra bevaringsforhold, med unntak av prøven på 3,47 moh i borepkt MB5 som ser ut til å fått tilført oksygen i nyere tid.
- Det synes å være samsvar mellom verdiene gitt for bevaringsforhold ut fra jordkjemiske parametere og Niku arkeologfaglige vurdering av bevaringstilstand.
- MB5 og MB10 ble valgt som miljøbrønner for videre overvåking.
- P7 og P11 underøkt i 2014 viste nå påvirkning av oksygen og derfor funnet middel bevart.

5. Referanser

Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010. Storgaten 30-32, "City Shopping", Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Bioforsk NIKU rapport Vol 5 (149) 2010.

Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av kulturminner fra miljøbrønn på tomten Storgaten 30-32, City Shopping i Tønsberg. Bioforsk rapport Vol 7 (9) 2012.

Norsk Standard 9451:2010. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag. Standard Norge 2010.

Rickard D, Morse JW. 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

- 1 Kart over kjeller og avmerking for miljøbrønner
 - 2 Foto av boreprofiler
 - 3 Analyseresultater fra AnalyCen NO3 NH4 SO4
 - 4 Liste over koordinater
-

6. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

- 1 Kart over alle steder det ble boret
 - 2 Foto av boreprofiler
 - 3 Analyseresultater fra AnalyCen NO3 NH4 SO4
 - 4 Liste over koordinater
-

Miljøbrønn 10

0-1m

1-2m



Lag 1

Lag 2



Plassering av Miljøbrønn 10 (forundersøkelsen 2010)



Overvåking Miljøbrønn 10 (start 2013)



Logger senket ned i gulvet i Miljøbrønn 10, april 2014

Miljøbrønn 5

0-1m



1-2m



2-3m



Lag 3

Lag 4



Plassering av Miljøbrønn 5



Overvåkings logger i Miljøbrønn 5



Miljøbrønn 5 ble spylt og rengjort og senket ned i gulvet april 2014

Borehull 1 B

0-1m

1-2m



LAG 2

Borehull 2 A

0-1m



1-2m



Lag

2-3m



Lag 3

3-4m



Borehull 3A

0-1m



1-2m



2-3m



Lag 3

Borehull 4A

0-1m



1-2m



2-3m



Lag 3

Lag 4

Borehull 6A

0-1m



1-2m



Lag 1

Borehull 7A

0-1m



Lag 1

1-2m



Borhull 8B

0-1m



Lag 1

1-2m



Borhull 9B

1-2m



Lag 1

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).



Prøvenr.:	439-2012-01050136	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	4-3 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	44	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050137	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	4-4 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	190	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050138	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	MB 5-3 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	220	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050139	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	MB 5-4 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	82	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050140	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	6A 1 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	27	mg/l	10% EPA Method 375.4 0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050141	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	7B 1 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
Sulfat (SO4)	100	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.:	439-2012-01050142	Prøvetakingsdato:	03.01.2012		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerking:	7B 2 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Sulfat (SO4)	55	mg/l	10%	EPA Method 375.4	0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050143	Prøvetakingsdato:	03.01.2012		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerking:	8B 1 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Sulfat (SO4)	140	mg/l	10%	EPA Method 375.4	0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050144	Prøvetakingsdato:	03.01.2012		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerking:	9B 1 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Sulfat (SO4)	60	mg/l	10%	EPA Method 375.4	0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050145	Prøvetakingsdato:	03.01.2012		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerking:	MB 10-1 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Sulfat (SO4)	29	mg/l	10%	EPA Method 375.4	0.25

Prøvenr.:	439-2012-01050146	Prøvetakingsdato:	03.01.2012		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen		
Prøvemerking:	MB 10-2 Vann	Analysestartdato:	05.01.2012		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Sulfat (SO4)	27	mg/l	10%	EPA Method 375.4	0.25

Moss 09.01.2012


Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

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.:	439-2012-01050157	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerking:	1 B2	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	3.2	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

Prøvenr.:	439-2012-01050158	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerking:	2 A2	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	16	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

Prøvenr.:	439-2012-01050159	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerking:	2 A3	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	110	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

Prøvenr.:	439-2012-01050160	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerking:	3 A3 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	30	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).



Prøvenr.:	439-2012-01050161	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	4-3 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	65	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

Prøvenr.:	439-2012-01050162	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	4-4 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	52	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

Prøvenr.:	439-2012-01050163	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	MB 5-3 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)	14	mg/l	10% SS 028133	0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050164	Prøvetakingsdato:	03.01.2012	
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen	
Prøvemerkning:	MB 5-4 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Ammonium-N				
Ammonium (NH ₄ -N)	37	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).



Prøvenr.:	439-2012-01050165	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerkning:	6 A1 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	8.0	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

Prøvenr.:	439-2012-01050166	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerkning:	7 B1 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	7.7	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

Prøvenr.:	439-2012-01050167	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerkning:	7 B2 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	13	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

Prøvenr.:	439-2012-01050168	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerkning:	8 B1 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	2.9	mg/l	15% EN ISO 11732:2007 0.01
a) Nitrat-N			
Nitrat (NO ₃ -N)	0.11	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.:	439-2012-01050169	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	9 B1 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	12	mg/l	15% EN ISO 11732:2007 0.01
a) Nitrat-N			
Nitrat (NO ₃ -N)	0.15	mg/l	20% SS 028133 0.1

Prøvenr.:	439-2012-01050170	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	MB 10-1 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	8.5	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

Prøvenr.:	439-2012-01050171	Prøvetakingsdato:	03.01.2012
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Ove Bergersen
Prøvemerking:	MB 10-2 KCL	Analysestartdato:	05.01.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
a) Ammonium-N			
Ammonium (NH ₄ -N)	19	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

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) ISO/IEC 17025 SWEDAC 1125 - Eurofins Environment Sweden AB Lidköping

Moss 12.01.2012


Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

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).

City Shopping, Tønsberg. Prøveboringer NIKU nov/des-11.			
Innmålt av Ingeniørservice AS, tlf 333 78 150			
PunktID	N-koord.	Ø-koord.	Høyde
1A	6 570 647,001	580 223,110	4,282
1B	6 570 648,785	580 224,903	4,185
2A	6 570 641,145	580 217,281	4,251
2B	6 570 642,948	580 219,067	4,286
3A	6 570 635,301	580 211,441	4,233
3B	6 570 637,099	580 213,227	4,270
4A	6 570 629,456	580 205,623	4,214
4B	6 570 631,256	580 207,398	4,267
6A	6 570 651,614	580 222,068	4,287
6B	6 570 649,816	580 220,273	4,257
7A	6 570 646,908	580 217,367	4,281
7B	6 570 648,691	580 219,147	4,278
8A	6 570 634,881	580 236,251	4,262
8B	6 570 638,291	580 232,836	4,299
9B	6 570 630,322	580 224,886	4,182
5MB	6 570 625,628	580 200,483	4,319
10MB	6 570 635,346	580 242,442	4,253
HG1	6 570 608,073	580 197,848	4,730
HG2	6 570 608,969	580 198,963	4,674
HG3	6 570 609,832	580 200,069	4,624



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT

VOL.: 2, NR.: 65

Overvåking av bevaringsforhold for kulturlag under
"Foyn kjøpesenter" i Storgata 30-32 i Tønsberg
Statusrapport II for miljøbrønn MB5 & MB10 i perioden 2013-15

OVE BERGERSEN

NIBIO miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

Overvåking av bevaringsforhold for kulturlag under "Foyen kjøpesenter" i Storgata 30-32 i Tønsberg. Statusrapport II for miljøbrønn MB5 & MB10 i perioden 2013-15

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Ove Bergersen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
25.03. 2016	2(65) 2016	Åpen	8245	Arkivnr 2016
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01636-6		2464-1162	13	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg
Norsk institutt for kulturminneforskning,
Distriktskontor Trondheim

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Jens Rytter
Anna H. Petersén

STIKKORD/KEYWORDS:

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

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Miljøovervåking
Middelalderbyen Tønsberg

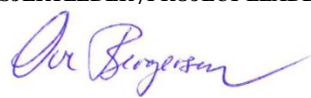
SAMMENDRAG/SUMMARY:

Rapporten oppsummerer den andre perioden av overvåking av kulturlag under et nytt bygg Foyen eiendom i Storgata 30-32 i Tønsberg. Data for overvåkingene er hentet fra 2 miljøbrønner, MB5 og MB10, satt ned før ferdigstilling av nytt bygg. Miljøbrønnene er satt ned i mettet sone med grunnvann og overvåking skal skje videre til 2017. Kulturlagene ligger ved stabile forhold. NIBIO har ikke observert store forandringer og svingninger i måleparameterne andre periode av overvåkingen med unntak av at temperaturen i grunnvannet har steget 4-5 grader, noe som kan være en påvirkning fra kjøpesenteret.

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Vestfold
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Tønsberg
STED/LOKALITET: Foyen eiendom Storgata 30-32

GODKJENT /APPROVED

TROND MÆHLUM SENIORFORSKER

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

OVE BERGERSEN SENIORFORSKER



INNHOOLD

1	INNLEDNING	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Mål for overvåkingen	4
2	MATERIALE OG METODER.....	6
2.1	Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner	6
2.2	Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag.....	6
2.3	Overvåking av kulturlag fra miljøbrønnene MB5 og MB10.....	8
3	RESULTATER & DISKUSJON.....	9
3.1	Grunnvannets høyde og temperatur i miljøbrønner under nytt bygg.....	9
3.2	Grunnvannets pH, ledningsevne og redoksforhold under nytt bygg.....	11
3.3	Avvik i måleperioden.....	11
4	KONKLUSJONER.....	13

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Det berørte område ligger i verneområdet for middelalderbyen Tønsberg der Riksantikvaren som forvaltningsmyndighet behandler søknader om inngrep i bygrunnen.

Det aktuelle tiltak går tilbake til 2008 da Riksantikvaren ga NIKU, Tønsberg i oppdrag å utarbeide budsjett og prosjektbeskrivelse for varslet plan om utvidelse av shoppingstret Tønsberg Torv, Storgaten 30-32. Arbeidet ble ikke realisert i 2008 ettersom tiltakshaver utsatte utbygningsplanene, men tiltakshaver, AC NOR gruppen ASA, kontaktet i 2010 Riksantikvaren på ny med søknad om å få fortsette prosjektet med noen endringer. Det ble fattet nytt vedtak og Riksantikvaren gav NIKU i oppdrag å oppjustere opprinnelig budsjett og utføre miljøovervåking av kulturlagene under nytt bygg.

Tiltakshaver i prosjektet er AC NOR gruppen ASA og kontaktperson er Ronny Strømnes. Ny tiltakshaver av tomten og ferdigstillelse av bygg er utført av Kristiansen og Bernhardt AS datert 27.01.2014, på vegne av Foyns Eiendom AS v/Pål Egeland.

Prosjektet omfattet et miljøovervåkings program med varighet på 5 år. Anna Petersén ved NIKU distriktskontor Trondheim er prosjektleder med ansvar for prosjektering og koordinering av oppdraget. Miljøovervåkingen utføres av NIBIO (tidligere Bioforsk) ved seniorforsker Ove Bergersen i samarbeid med NIKU.

Den første forundersøkelsen ble foretatt i august 2010 i tomtens bakgård (Bergersen & Petersen 2010). Her ble det påvist kulturlag godt bevart og en miljøbrønn (MB6) ble etablert (Bergersen 2012). Resultatene fra overvåking av grunnvannet på tomten i store deler av 2011 viste ustabilitet og forandringer i startfasen. De første grunnvannstemperaturer på utsiden av nytt bygg (MB6, nå ikke i drift) viste et gjennomsnitt på 13 °C. En ny forundersøkelse på grunn av nye byggeplaner og nye pælepunkt ble foretatt i 2011. Miljøovervåkingen startet i MB10 i juli 2013 og MB5 i februar 2014. Første status rapport I ble skrevet for perioden 2013- 2014 (Bergersen 2015).

Dette er statusrapport II for perioden oppstart juni 2013 til mars 2016 for MB10 og januar 2014 til mars 2016 for MB5.

1.2 Mål for overvåkingen

Målet for prosjektet er å oppnå detaljert kunnskap om bevaringsforholdene for kulturlagene under gulvet i det nye kjøpesenteret etter ferdigstillelse. Bygget er fundamentert på peler gjennom kulturlagene til fjell. Lokaliteten for miljøbrønner er en KIWI kolonialbutikk.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner

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

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

Steril grunn: Naturlig undergrunn, upåvirket av menneskelig aktivitet

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

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

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

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.

2.2 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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 treverdig jern, Fe(III), fireverdig mangan (Mn (IV)), sulfat (SO_4^{2-}) eller oksidert organisk materiale, se også figur 2.

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 langsomste nedbrytningen av organisk materiale, og minst oksidasjon 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 utmerkede bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. I tabell 3 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det orange markerte område vises nivåer av målte kjemiske parameter for typisk oksiderende forhold, men reduserende forhold er vist med blått.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redoks sensitive 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. Ved slike forhold kan vi forvente at nitrogen foreligger i stor grad som nitrat og ikke som ammonium, jern foreligger som oksidert jern (III) og konsentrasjon av sulfid vil som regel være svært lavt. Hvis forholdene derimot er jernreduserende, vil all oksygen og nitrat allerede 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 løselige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

2.3 Overvåking av kulturlag fra miljøbrønnene MB5 og MB10

For detaljert informasjon om plassering og etablering miljøbrønnene og installasjon av overvåkingsutstyr viser vi til Bergersen (2015). Bildet nedenfor viser plassering av MB10 i gulvet i KIWI butikken i kjøpesenteret.

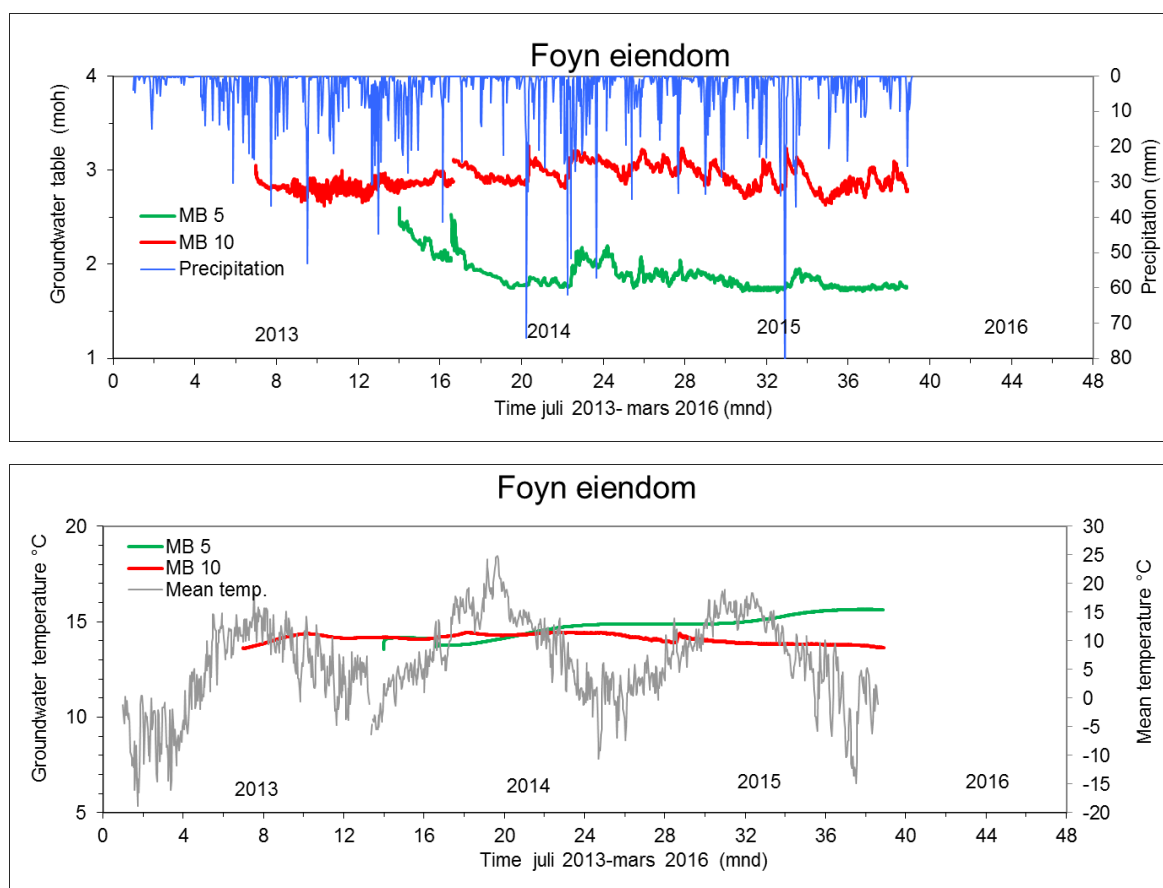


MB10 i Kiwibutikk (Koordinat: X 6 570 635,346 Y 580 242,442, markoverflate 4,253 moh. MB5 er fortsatt ikke funnet men har koordinatene: X 6 570 625,628 Y 580 200,483, markoverflate 4,319 moh.). Logger har fortsatt strøm, men bør letes opp hvis mulig hvis overvåking fortsatt skal fungere.

3 RESULTATER & DISKUSJON

3.1 Grunnvannets høyde og temperatur i miljøbrønner under nytt bygg

Grunnvannsnivået etter at nytt bygg er ferdigstilt har ikke forandret seg mye, men fluktuerer noe med nedbørsmengden i Tønsberg (Figur 2). Nivået til grunnvannet i begge miljøbrønner viser at fluktueringen er noe større i MB10 enn i MB5. Utslagene sees bedre når nedbøren overstiger 60-70mm/d. I denne rapporten er det beregnet min, maks, median og gjennomsnitt grunnvannshøyde for de ulike år vist i Tabell 1 og 2. På disse årene har grunnvannet steget med 10 cm i miljøbrønn MB10 (2.82- 2.93 moh) og er mer uforandret i MB5 på 1.83 moh. MB5 viste noe høyere grunnvann i starten av måleperioden fra 2014 grunnet rengjøring og spyling. Etter at den stabiliserte seg ligger gjennomsnittlig grunnvannsnivå omtrent 1 m lavere enn i MB10. Fluktueringen i MB10 viser ca 0,60 cm forskjell mellom min og max høyde. Fluktueringen i MB5 viser forskjell på 0,35 cm etter at grunnvannet stabiliserte seg i 2015 på ca. 1.82 moh. Grunnvannstemperaturen i MB10 var stabil på omkring 14.2 °C. I MB5 ble gjennomsnitt grunnvannstemperatur målt til 14.3°C i 2015 som steg til 15.1 °C i 2016.



Figur 2. Grunnvannsnivå (over) og temperatur (under) i miljøbrønnene MB5 og MB10 sammenstilt med nedbørsdata og utetemperaturer fra Tønsberg (data fra www.yr.no).

Sistnevnte brønn påvirkes trolig av temperaturen i butikklokalet. Temperaturen fluktuerer ikke med utetemperaturen, og ligger ca. 2 grader høyere enn i nærliggende miljøbrønner fra Nedre Langgate (Bergersen 2013, 2014). Begge disse to overvåkingsbrønnene ser ut til å bli påvirket av varme fra kjeller og hus. Overvåking i fem år fra en brønn uten påvirkning fra hus viste middeltemperatur i grunnvann på 9-10 grader som er opp til 4-5 grader lavere (Bergersen 2013). Denne brønnen vil være en referanse for målingene videre siden den ligger på omtrent samme nivå som MB5 og MB10. 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. Under nybygget til Foyen Eiendom er grunnvannet uten oksygen, noe som er gunstig for god bevaring. Nedbrytingsraten på kulturlagene kan øke når temperaturen er 15 grader, selv uten oksygen. Dette avhenger hvor tilgjengelig det organiske materialet er for nedbryting fra anaerobe organismer til stede i kulturlaget og i grunnvannet.

I denne rapporten har vi også beregnet medianen* på dataseriene for alle sensorer fra hver brønn for bedre å kunne vurdere evt. forskjeller mellom brønnene.

** 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).*

Tabell 1. Max, min, median og gjennomsnittverdier av grunnvannsnivå, grunnvannets temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold beregnet i MB10 årene 2013, 2014 og 2015.

2013	MB10	MB10	MB10	MB10	MB 10
	Grunnvann moh	Temp °C	pH	Ledningsevne mScm -1	Redoks mV
Min	2.62	13.60	5.44	1.33	-464
Max	3.05	14.38	6.71	3.91	-283
Median	2.82	14.16	5.50	3.35	-400
Gj.Snitt	2.82	14.12	5.61	3.22	-406
2014	MB10	MB10	MB10	MB10	MB 10
	Grunnvann moh	Temp °C	pH	Ledningsevne mScm -1	Redoks mV
Min	2.76	14.08	5.77	0.47	-492
Max	3.26	14.45	7.54	3.96	-345
Median	2.90	14.19	6.73	3.31	-443
Gj.Snitt	2.93	14.26	6.68	3.30	-443
2015	MB10	MB10	MB10	MB10	MB 10
	Grunnvann moh	Temp °C	pH	Ledningsevne mScm -1	Redoks mV
Min	2.63	13.78	7.30	2.81	-502
Max	3.24	14.44	7.75	3.05	-475
Median	2.94	13.94	7.50	2.89	-481
Gj.Snitt	2.93	13.99	7.51	2.89	-484

3.2 Grunnvannets pH, ledningsevne og redoksforhold under nytt bygg

Ledningsevnen (saltinnholdet i grunnvannet) svinger opp og ned i starten av overvåkingsperioden når bygget ikke var ferdig, men har sunket og stabilisert seg på omkring 2.8 mScm⁻¹ etter at bygget er ferdig. pH er relativt lav både i MB10 og MB5. I løpet av 2014 har pH vist nøytrale forhold i MB10, mens det fortsatt er noe lavt i MB5. Positivt er at pH har steget til 7.5 i MB10 og 7.0 i MB5 i slutten av måleperioden (Figur 3 og Tabell 1 & 2).

Tabell 2. Max, min, median og gjennomsnittverdier av grunnvannsnivå, grunnvannets temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold beregnet i MB5 årene 2014 og 2015.

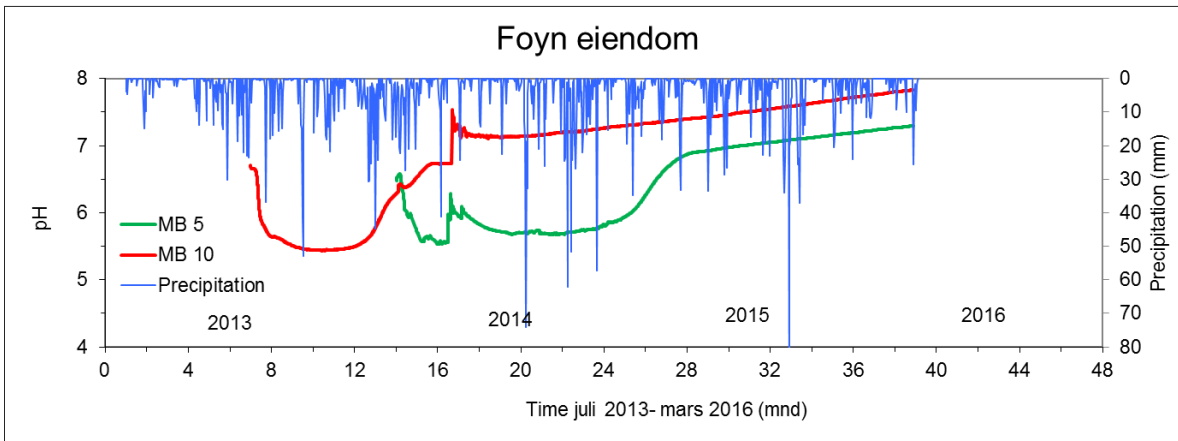
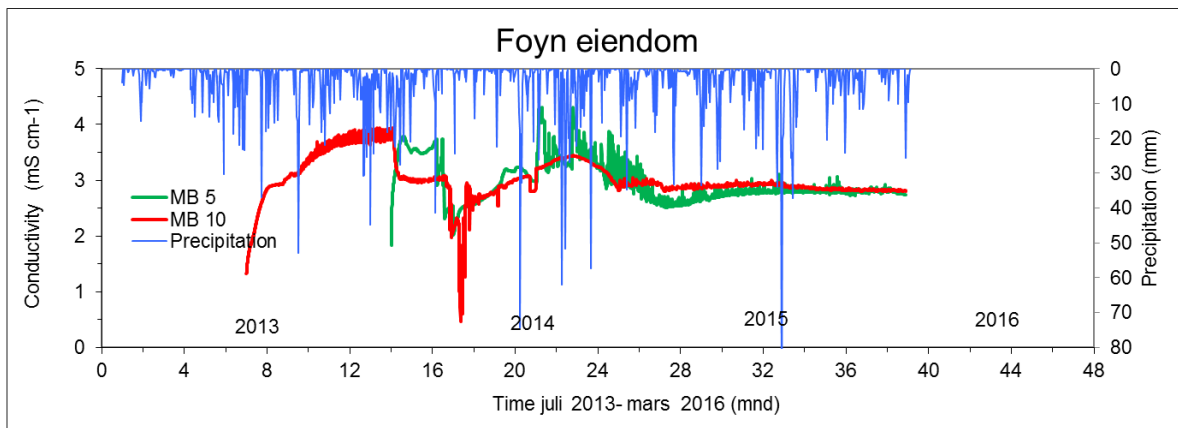
2014	MB 5 Grunnvann moh	MB 5 Temp °C	MB 5 pH	MB 5 Ledningsevne mScm -1	MB 5 Redoks mV
Min	1.74	13.54	5.53	1.83	-462
Max	2.60	14.86	6.57	4.31	-26
Median	1.85	14.16	5.73	3.22	-424
Gj.Snitt	1.89	14.26	5.78	3.18	-410
2015	MB 5 Grunnvann moh	MB 5 Temp °C	MB 5 pH	MB 5 Ledningsevne mScm -1	MB 5 Redoks mV
Min	1.71	14.86	5.91	2.51	-498
Max	2.08	15.63	7.22	3.62	-425
Median	1.82	14.91	7.00	2.78	-489
Gj.Snitt	1.82	15.08	6.89	2.78	-479

Redoks-sensorene i begge miljøbrønnene viser verdier lavt ned på redoks-skalaen, omkring -400 mV (Figur 4, Tabell 1 & 2). Dette tyder på gode bevaringsforhold med grunnvann uten innhold av oksygen som kan skade organiske materiale. Kulturlag som ligger i kant med og over grunnvannet vil høyst sannsynlig ha anoksiske forhold siden redoksforholdene i grunnvannet er lavt i begge brønner.

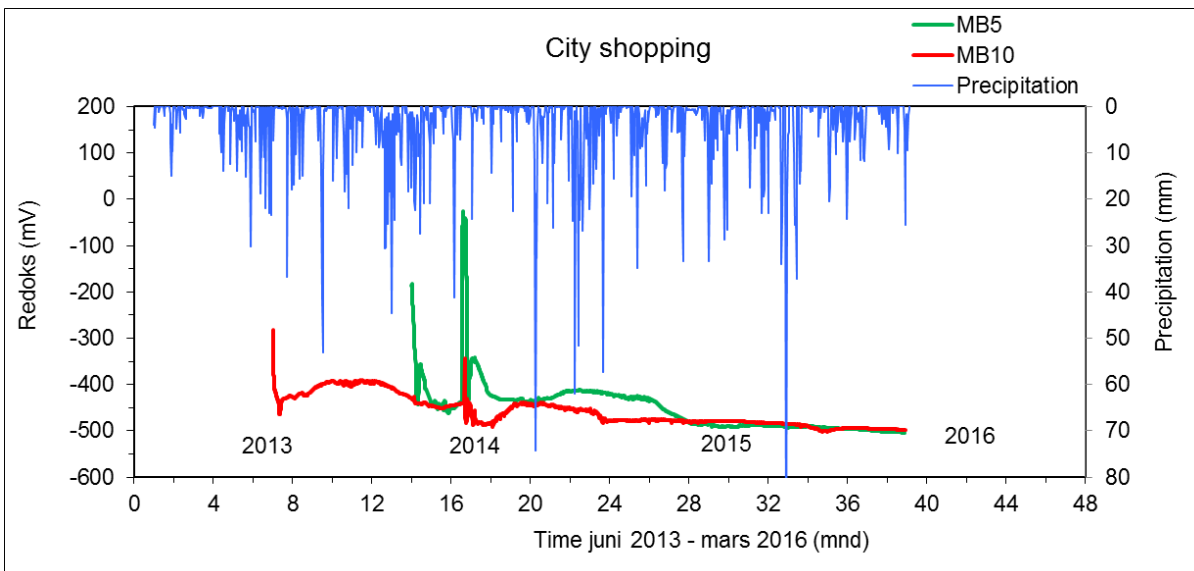
Kulturlag 1 (3.65 moh) i MB10 kan være i faresonen over grunnvann, men er trolig fuktig nok og har reduserende forhold. Kulturlag 3 (3.47moh) i MB5 er allerede påvist å ha dårligere bevaringsforhold (Bergersen 2015).

3.3 Avvik i måleperioden

Det er ikke oppstått nye avvik i datamaterialet fra måleperioden juli mars 2015 til mars 2016. Under vedlikehold og batteriskift 6. mars 2015 var det vanskelig å finne miljøbrønnene i den nye KIWI-butikken. Tore Klevstad som var ansvarlig fra byggherren er informert og skulle kontakte KIWI's butikkansvarlige. MB10 ble funnet under paller med øl i en kjøleanretning og batterier er skiftet her i 2015 (se foto side 8). MB5 må søkes av butikkansvarlig og byggherre slik at miljøbrønnen blir tilgjengelig for videre overvåking. NIBIO har ikke hørt noen fra byggherre. Miljøbrønnene var ikke merket på oversiktskart på faste og løse installasjoner i butikken. På overvåkingsdataene er det per april 2016 fortsatt strøm i utstyret for MB10, men batterinivået går mot slutten for MB 5. NIBIO har koordinatene for MB5 og vil forsøke å lete opp brønnen hvis det er signaler i butikken.



Figur 3. Konduktivitet (ledningsevne) (over) og pH (under) i grunnvann fra miljøbrønnene MB5 og MB10. Data er sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg (data fra www.yr.no).



Figur 4. Redoksforholdene i grunnvann fra miljøbrønnene MB5 og MB10. Data er sammenstilt med nedbørsdata fra Tønsberg (data fra www.yr.no).

4 KONKLUSJONER

Miljøovervåkingen årene fra 2013 ut mars 2016 dokumenterer et tilfredsstillende grunnvannsnivå, sannsynligvis i god kontakt med kulturlagene under nytt bygg. Kulturlag i kontakt med grunnvannet vil ha fortsatt gode bevaringsforhold slik som påvist ved forundersøkelsen.

Temperaturen er forholdsvis lik i begge miljøbrønner, men er funnet 4-5 grader høyere sammenliknet med miljøbrønner som ikke er direkte påvirket av bygg målt i nærliggende miljøbrønner på samme nivå i Nedre Langgate 43. Dette indikerer at butikklokalet/nytt bygg øker temperaturen på grunnvannet under bygget. Hvor stor skade på kulturlagene denne temperaturøkning kan utgjøre over tid er vanskelig å vurdere. Økt temperatur og oksygen øker nedbrytingen av organisk materiale. Målte redoksforhold indikerer imidlertid at det ikke tilføres oksygen i kulturlagene under nytt bygg.

Ledningsevnen er på samme nivå i begge brønner og har sunket og stabilisert seg på 2.8 mS cm⁻¹. pH varierte i starten før bygget var ferdigstilt, men har steget til det nøytrale området mellom pH 7 og 7.5, noe som er gunstig for bevaring av uorganiske gjenstander i kulturlagene.

Målingene i slutten av første periode viser nå mer stabiliserende forhold etter at nytt bygg er ferdigstilt. Nytt bygg har så langt ikke virket destabiliserende for de underliggende kulturlagene.

LITTERATURREFERANSER

Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010. Storgaten 30-32, "City Shopping", Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Bioforsk NIKU rapport Vol 5 (149) 2010.

Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av kulturminner fra miljøbrønn på tomten Storgaten 30-32, City Shopping i Tønsberg. Bioforsk rapport Vol 7 (9) 2012.

Bergersen, Ove. 2013. Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under bygging og etter at nybygg ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Sluttrapport. Bioforsk rapport 8 (19) 2013.

Bergersen, Ove. 2014. Miljøovervåking av middelalder båt i fjernvarmegrøft ved Nedre Langgate 19, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Sluttrapport. Bioforsk rapport 9 (40) 2014.

Bergersen, O. 2015. Miljøovervåking av miljøbrønn MB5 & MB10, "Foyn eiendom", Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Status rapport I for perioden 2013 - 2014. Bioforsk rapport Vol.10 (56) 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.

Petersen, A. H., Bergersen, O. 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 (til trykking)



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.



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Overvåking av arkeologiske kulturlag under nye "Foynt kjøpesenter" i Storgata 30-32 i Tønsberg

Sluttrapport for miljøbrønn MB5 & MB10 i perioden 2013-17

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 97 | 2020



Ove Bergersen
Divisjon for miljø og naturressurser

TITTEL/TITLE

Overvåking av arkeologiske kulturlag under nye "Foyn kjøpesenter" i Storgata 30-32 i Tønsberg.
Sluttrapport for miljøbrønn MB5 & MB10 i perioden 2013-17

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Ove Bergersen

DATO/DATE:	RAPPORT NR.	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
17.06.2020	6/97/2020	Åpen	8245	18/00552
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER	ANTALL VEDLEGG:	
978-82-17-02619-8	2464-1162	19	3	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg
Norsk institutt for kulturminneforskning,
Distriktskontor Trondheim

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Jens Rytter
Anna H. Petersén

STIKKORD/KEYWORDS:

Redoksførhold, bevaring, kulturminner,
Miljøovervåking, nedbrytning

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Miljøovervåking i Middelalderbyen Tønsberg

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Rapporten oppsummerer hele perioden av overvåking av grunnvann og dens påvirkning av kulturlag under et nytt bygg Foyn eiendom i Storgata 30-32 i Tønsberg. Data for overvåkningen er hentet fra 2 miljøbrønner, MB5 og MB10, satt ned før ferdigstillelse av nytt bygg. Miljøbrønnene er satt ned i mettet sone med grunnvann og overvåking har foregått fra 2013 til 2017 for MB10 og 2014 og 2015 for MB5. Det kan se ut som om grunnvannet under nytt bygg fluktuert mer på sidene enn i midten. Ellers har NIBIO ikke observert store forandringer og svingninger i måleparameterne gjennom overvåkingen med unntak av at temperaturen i grunnvannet har steget 1 grad i MB5, men sunket 0,5 grader i MB10. Grunnvann temperaturene skiller seg ikke ut fra andre grunnvann temperaturer målt i nærliggende målepunkt som påvirkes av hus. Grunnvannet inneholder ikke oksygen som kan akselerer nedbryting av organisk materiale fra kulturlagene.

Målingene i slutten av måleperiode har vist mer stabiliserende forhold etter at nytt bygg er ferdigstilt. NIBIO kan ikke si at nytt bygg har virket destabiliserende for de underliggende kulturlagene.

LAND/COUNTRY:

Norway

FYLKE/COUNTY:

Vestfold

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Tønsberg

STED/LOKALITET:

Foyn eiendom Storgata 30-32

GODKJENT /APPROVED

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Innhold

Forord	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn.....	5
1.2 Mål for overvåkingen.....	5
1.2 Avvik i måleperioden	5
2 Metoder og utstyr	7
2.1 Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner.....	7
2.2 Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode.....	7
2.3 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag	8
2.4 Innstilling og plassering av Miljøbrønner MB5, M6 og MB10	9
2.5 Miljøovervåking av arkeologiske kulturlag	11
2.6 Installasjon av sensorer og datalogger.	11
3 Resultater & diskusjon.....	12
3.1 Beskrivelse av bevaringsforholdene til kulturlagene i miljøbrønn MB5 & MB10.....	12
3.2 Grunnvannets høyde og temperatur i miljøbrønner under nytt bygg	12
3.2 Grunnvannets pH, ledningsevne og redoksforhold under nytt bygg	15
4 Konklusjoner	18
Referanser	19
Vedlegg.....	20

Forord

Rapporten er skrevet på oppdrag fra Riksantikvaren og NIKU. NIBIO Divisjon for miljø og naturressurser har i oppdrag utført miljøovervåking av arkeologisk kulturlag i 5 år under et nytt bygg Foyn eiendom på tomten av shoppingsentret Tønsberg Torv, Storgaten 30-32 i Tønsberg. I 2013 ble det installert overvåkingsutstyr som skal overvåke hvordan kulturlagene fra middelalderen bevares over tid in Situ under og etter etablering av nytt bygg. Rapporten her er sluttrapport for overvåking fra mai 2013 til og med 2017.

Fra NIBIO har følgende personer deltatt i prosjektet:

Måletekniske arbeider i felt: Øyvind Riise, Srikanthapalan Muthulingam og Ove Bergersen

Laboratorieundersøkelser: Hege Bergheim og Ove Bergersen

Rapportering: Ove Bergersen

Kvalitetssikring av rapporten: Trond Mæhlum

Ås, 2020

Ove Bergersen

Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det berørte område ligger i verneområdet for middelalderbyen Tønsberg der Riksantikvaren som forvaltningsmyndighet behandler søknader om inngrep i bygrunnen.

Det aktuelle tiltak går tilbake til 2008 da Riksantikvaren ga NIKU, Tønsberg i oppdrag å utarbeide budsjett og prosjektbeskrivelse for varslet plan om utvidelse av shoppingsetret Tønsberg Torv, Storgaten 30-32. Arbeidet ble ikke realisert i 2008 ettersom tiltakshaver utsatte utbyggningsplanene, men tiltakshaver, AC NOR gruppen ASA, kontaktet i 2010 Riksantikvaren på ny med søknad om å få fortsette prosjektet med noen endringer. Det ble fattet nytt vedtak og Riksantikvaren gav NIKU i oppdrag å oppjustere opprinnelig budsjett og utføre miljøovervåking av kulturlagene under nytt bygg.

Tiltakshaver i prosjektet er AC NOR gruppen ASA og kontaktperson er Ronny Strømnes. Ny tiltakshaver av tomten og ferdigstillelse av bygg er utført av Kristiansen og Bernhardt AS datert 27.01.2014, på vegne av Foyns Eiendom AS v/Pål Egeland.

Prosjektet omfattet et miljøovervåkings program med varighet på 5 år. Anna Petersén ved NIKU distriktskontor Trondheim er prosjektleder med ansvar for prosjektering og koordinering av oppdraget. Miljøovervåkingen utføres av NIBIO (tidligere Bioforsk) ved seniorforsker Ove Bergersen i samarbeid med NIKU.

Den første forundersøkelsen ble foretatt i august 2010 i tomtens bakgård (Bergersen & Petersen 2010). Her ble det påvist kulturlag godt bevart og en miljøbrønn (MB6) ble etablert (Bergersen, O. 2012). Resultatene fra overvåking av grunnvannet på tomten i store deler av 2011 viste ustabilitet og forandringer i startfasen. De første grunnvannstemperaturer på utsiden av nytt bygg (MB6, nå ikke i drift) viste et gjennomsnitt på 13 °C. En ny forundersøkelse på grunn av nye byggeplaner og nye pælepunkt ble foretatt i 2011 (Bergersen, O. 2015a). Miljøovervåkingen startet i MB10 i mai 2013 og MB5 i februar 2014. Første status rapport I ble skrevet for perioden 2013-2014 (Bergersen, O. 2015b) etterfulgt av statusrapport II for perioden oppstart 2013 til mars 2016 for MB10 og januar 2014 til mars 2016 for MB5 (Bergersen, O. 2016)

1.2 Mål for overvåkingen

Målet for prosjektet er å oppnå mer detaljert kunnskap om grunnvannshøyde og bevaringsforholdene for kulturlagene under gulvet i et nytt kjøpesenter før og etter ferdigstillelse. Bygget er fundamentert på peler gjennom kulturlagene til fjell. Lokaliteten for miljøbrønner er i en KIWI kolonialbutikk ferdigstilt i 2015.

1.2 Avvik i måleperioden

Miljøbrønn MB10 har gitt måleserier fra aug. 2013 til ut 2017. For miljøbrønn MB5 var måleutstyret satt ned tilgjengelig i to år 2014 og 2015. Under vedlikehold og batteriskift 6. mars 2016 var det umulig å finne miljøbrønn MB5 i den nye KIWI-butikken. Tore Klevstad som var ansvarlig fra byggherren er informert og skulle kontakte KIWI's butikkansvarlige. NIBIO har ikke hørt noen fra byggherre og vi konkluderte at miljøbrønn 5 ikke var mulig å spore tilgjengeligheten til i ny KIWI butikk. Derfor mangler vi data fra denne miljøbrønn i de to siste årene av måleperioden. MB10 som var tilgjengelig under hele byggeprosessen og ble funnet under paller med øl i en kjøleanretning og utstyr og batterier er skiftet flere ganger i måleperioden (se kap 2.4). Ingen av miljøbrønnene var merket på oversiktskart på faste og løse installasjoner i butikken. Her har byggherre sviktet.

2 Metoder og utstyr

2.1 Arkeologi- og naturvitenskapelige definisjoner

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

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

Steril grunn: Naturlig undergrunn, upåvirket av menneskelig aktivitet

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

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

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

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.

2.2 Arkeologisk og jordfaglig dokumentasjonsmetode

Miljøbrønnene ble boret med navbor. Det ble boret en meter av gangen. Søylen fra hver boremeter ble rensset nøye og fotografert av arkeolog Anna H. Petersen. Tilstanden og bevaringsforhold er vurdert etter bevaringsskala i henhold til Norsk Standard (NS 9451:2009), som utkom i september 2009 (se under) ble beskrevet.

Skalaen for tilstand (Tabell 1) opererer med seks klasser 0 til 5 der bevarings-tilstanden er bedre jo høyere tall som angis. 0-verdi brukes utelukkende da bedømmelse ikke lar seg gjøre. I skalaen finnes i tillegg en bokstavskode som angir plasseringen av strata i forhold til grunnvann. I denne undersøkelse er kategori "B – over/i grunnvann" blitt brukt. For kulturlag med utelukkende minerogent innhold (leire, silt, sand, grus) eller kulturlag der det organiske innhold vanskelig lar seg måle visuelt, for eksempel humusholdig sand, er verdien satt til B0. Skalaen for bevaringsforhold (Tabell 2) opererer med fem klasser 1 til 5.

Bevaringstilstand er vist over og bevaringsforhold er vist under etter Norsk Standard NS 9451:2009

Tabell 1. Bevaringsskala som anger 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

2.3 Generelt om vurdering av bevaringsforhold i kulturlag

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 2.

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 oksidasjon 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 kjennemerker bra til utmerkede bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold taes i betraktning. I tabell 3 er det illustrert en enkel oversikt som viser generelt hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det oransje markerte

område vises nivåer av målte kjemiske parameter for typisk oksiderende forhold, men reduserende forhold er vist med blått.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redoks sensitive 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. Ved slike forhold kan vi forvente at nitrogen foreligger i stor grad som nitrat og ikke som ammonium, jern foreligger som oksidert jern (III) og konsentrasjon av sulfid vil som regel være svært lavt. Hvis forholdene derimot er jernreduserende, vil all oksygen og nitrat allerede 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 gjennomstrømming 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 løselige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

2.4 Innstallering og plassering av Miljøbrønner MB5, M6 og MB10.

Miljøbrønnen ble konstruert fra toppen med 0-1m stigerør, 1-2m med filterrør som står direkte i kontakt med kulturlagene og deretter 2-3m med stigerør (til sammen 3m). Filterrør som ble benyttet var PEHD 63mm/58mmx 1000mm 0,3mm slisse.

Overflaten ble tettet med bentonitt for å hindre at overflatevann renner ned langs brønnrøret og inn i brønnen. Disse rørene står inne i hus og vil ikke bli påvirket av regnvann.

Miljøbrønn MB6 (gammel brønn)

(X 6570613,77 Y580203,38, markoverflate 4,53 moh.)

Overvåket i 2010-2011 før byggearbeidet startet. Brønnen lå i bakgård til gammelt bygg.

Forundersøkelsen viste i 2010 bra bevaringsforhold fra 1,60m og nedover fra overflaten (Bergersen & Petersen, 2010). Alle lagene beskrevet i denne miljøbrønnen inneholdt middels til høyt organisk innhold.

Miljøbrønnen MB6 ble satt ned til 3m. To av disse var filterrør som fylles med grunnvann. Under forarbeidet har målinger i MB6 vist store svingninger pga. grunnvannforandringer og nedbørpåvirkning. Disse data er vist i Bioforsk rapport (Bergersen, O., 2012). Årsaken er trolig bruk av grunnvannpumper oppstrøms for brønnene og mye gravearbeid omkring brønnene. Grunnvannets temperatur i denne undersøkelsen ble beregnet til middels 13,9 °C.

Denne brønnen er avsluttet og rapportert etter at brønnen var gått helt tørr for grunnvann under bygging av nytt bygg (Bergersen, O. 2012). Ved oppstart av miljøbrønnene MB5 og MB10 ble det påvist mangel av grunnvann i MB 6. Denne brønnen er derfor ikke overvåket videre etter at nytt bygg er etablert.

Miljøbrønn MB 5

(X 6 570 625,628 Y 580 200,483, markoverflate 4,32 moh.)

Utstyr montert i februar 2014 etter at nytt gulv var støpt inne i nytt bygg (Vedlegg 3).

Brønn er 2.75m dyp fra gulv. NIBIO var usikre på grunnvannshøyden i denne brønn siden den inneholdt lite vann. Våt sedimentert leire ble observert ved installasjon. Brønnen ble spylt ren før overvåking utstyr ble satt inn og vi avventer resultater etter at vi får med overvåkingsdata om grunnvannet. Første måling av grunnvann etter spyling var på ca. 2.50 moh.

Miljøbrønn MB10



MB10 i Kiwibutikk Koordinat: (X 6 570 635,346 Y 580 242,442, markoverflate 4,253 moh.).

Utstyr montert i starten av juli 2013, Brønn er 2.0 m dyp fra gulv og overvåking av grunnvannet i miljøbrønn MB10 ble startet umiddelbart etter installasjon. Høyde grunnvann ca. 2.95 moh., temperatur 13.6 °C, pH 6.7 og ledningsevne 1.55mS/cm målt ved oppstart.

Borepunkt MB6, MB5 og MB10 markert som grønne kryss (Vedlegg 2) hvor det ble satt ned miljøbrønnrør for å overvåke grunnvannet under bygget. Aktive brønner fra 2013 til 2017 er miljøbrønn MB10 og i 2014 og 2015 for MB5.

2.5 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 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. Derfor ønsker og krever riksantikvaren overvåking av grunnvannets høyde, temperatur, pH, ledningsevne og om 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.

2.6 Installasering av sensorer og datalogger.

Multiparametersensorer som overvåker grunnvann, temperatur, ledningsevne, pH og redoksforhold i grunnvannet vil karakterisere både stabilitet, men også informere om hvordan grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene i området påvirker bevaringsforholdene. Kontinuerlig overvåkning av miljøforholdene i kulturlag har foregått i 5 år 2013 - 2017. Dette er utført ved hjelp av sensorer koblet til automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). Alt feltarbeid med utstyr for overvåkingen er blitt utført av tekniker Øyvind Rise, NIBIO. Loggeren som er benyttet er en SEBA Datalogger type Slimcom -2 GSM med multisensorer type MPS-D8.

Data fra disse kan hentes manuelt, eller trådløst via modem og mobiltelefoni. Dette utstyret ble gjort klart og montert i MB10 brønnen juni 2013 og i MB5 fra februar 2014..




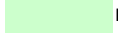

3 Resultater & diskusjon

3.1 Beskrivelse av bevaringsforholdene til kulturlagene i miljøbrønn MB5 & MB10

En forundersøkelse på Foyri eiendom ble utført i 2011 beskrevet i Bioforsk rapport (Bergersen, O. 2015a). Resultater fra denne rapporten viser kulturlag med dårlig og gode bevaringsforhold for organisk materiale i lag 3 & 4 fra 3.47 moh. ned til 2.67 moh. i MB5 og bra bevaringsforhold for organisk materiale i lag 1 og 2 fra 3.65 ned til 3.35 moh. i MB10 (Tabell 3) For uorganisk materiale ble det vurdert middel til bra bevaringsforhold i begge miljøbrønnene. Informasjonen fra forundersøkelsen til de to miljøbrønnene viser grunnvann fra steril leire og opp til kulturlagene. Kulturlag 1 (3.65 moh) i MB10 kan være i faresone over grunnvann, men er trolig fuktig nok og har reduserende forhold. Kulturlag 3 (3.47 moh) i MB5 er allerede påvist å ha dårligere bevaringsforhold (Tabell 3). Detaljer av analysen er vist i vedlegg 1.

Tabell 3. Illustrasjon på bevaringsforholdene var ved oppstart, og hvorledes kulturlagene analysert i 2011 kan påvirkes av grunnvann og fluktusjoner.

Miljøbrønn MB5						Miljøbrønn MB10							
Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring				Redoks forhold *	Dybde (moh)	Prøver Lag	Bevaring				Redoks forhold *
		Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *				Arkeologisk *	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *	
4.32						4.25							
4.02	1	B4				3.65	1	B5	Bra	Middels	B4		
3.72	2	B4				3.35	2	B5	Bra	Bra	B4		
3.47	3	B4	Dårlig	Middels	B2	2.60	Leire						
2.67	4	B4	Bra	Bra	B4	2.25	Leire						
1.75	Leire					Grunnvann + fluktureingsone							
1.32	Leire					Grunnvann + fluktureingsone							

	Elendig til dårlig		Oksiderende forhold
	Middels		Reduserende forhold
	Bra til utmerket		

* SOPS : Status etter Norsk Standard NS 9451:2009

3.2 Grunnvannets høyde og temperatur i miljøbrønner under nytt bygg

Grunnvannsnivået etter at nytt bygg er ferdigstilt har ikke forandret seg mye, men har fluktuert noe med nedbørmengden i Tønsberg (Figur 2). Nivået til grunnvannet i begge miljøbrønner viser at fluktueringen var noe større i MB10 sammenlignet med MB5. Utslagene sees bedre når nedbøren overstiger 60-70 mm/d. Rapporten viser beregnede data av min, maks, median og gjennomsnitt verdier fra Miljøbrønn MB5 som varte kun i årene 2014 og 2015. Før og etter disse år var ikke brønnen tilgjengelig for miljødata. For miljøbrønn MB10 har vi måleserier fra 2013 til 2017 siden denne brønn har vært tilgjengelig både under og etter ferdigstilling av nytt bygg.

Vi har beregnet medianen* på dataseriene for alle sensorer fra hver brønn for bedre å kunne vurdere evt. forskjeller mellom brønnene. De viser nesten ingen forskjeller fra gjennomsnitt verdiene.

* 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).

Tabell 4 viser beregnede min, maks, median og gjennomsnitt verdier av grunnvanns høyde, temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold fra miljøbrønn MB5 i perioden 2014 og 2015. Tabell 5 viser de samme beregninger for miljøbrønn MB10 i årene 2013 og ut måleperioden 2017. På disse årene har grunnvannet steget med 10 cm i miljøbrønn MB10 (2.82- 2.90 moh.) og er uforandret i MB5 på 1.83 moh. MB5 viste noe høyere grunnvann på maks 2,60 moh. i starten av måleperioden fra 2014 grunnet rengjøring og spyling før det stabiliserte seg over tid til. Etter at den stabiliserte seg lå gjennomsnittlig grunnvannsnivå omtrent 1 m lavere i MB5 enn i MB10 (Figur 2). Fluktueringen i MB10 viser ca. 60 cm forskjell mellom min og max høyde (Tabell 5). Fluktueringen i MB5 viste en forskjell på 35 cm etter at grunnvannet stabiliserte seg i 2015 på ca. 1.82 moh. (Tabell 4).

Grunnvannet målt i 2011 fra Miljøbrønn MB6 (utendørs ikke i bruk) viste fluktuering på 1 meter mellom 1.8 til 2,8 moh. med en gjennomsnittlig grunnvannshøyde på 2,7 moh. (Bergersen, O. 2012). Det kan derfor se ut som om grunnvannet fluktuerer mer på siden av bygget enn i midten

Grunnvannstemperaturen i MB10 var stabil, men sank fra omkring 14 og ned til 13,6 °C i løpet av overvåkingstiden. I MB5 ble gjennomsnitt grunnvannstemperatur målt fra 14,3 °C i 2014 til 15,1 °C i 2015. Til sammenligning fra Miljøbrønn MB6 (utendørs ikke i bruk), lå grunnvannstemperaturen på 13,8 °C med maksimum verdi på 3 °C høyere enn målinger beskrevet her (Bergersen, O. 2012). Det skal sies at sistnevnte målinger er utført i sommerhalvåret.

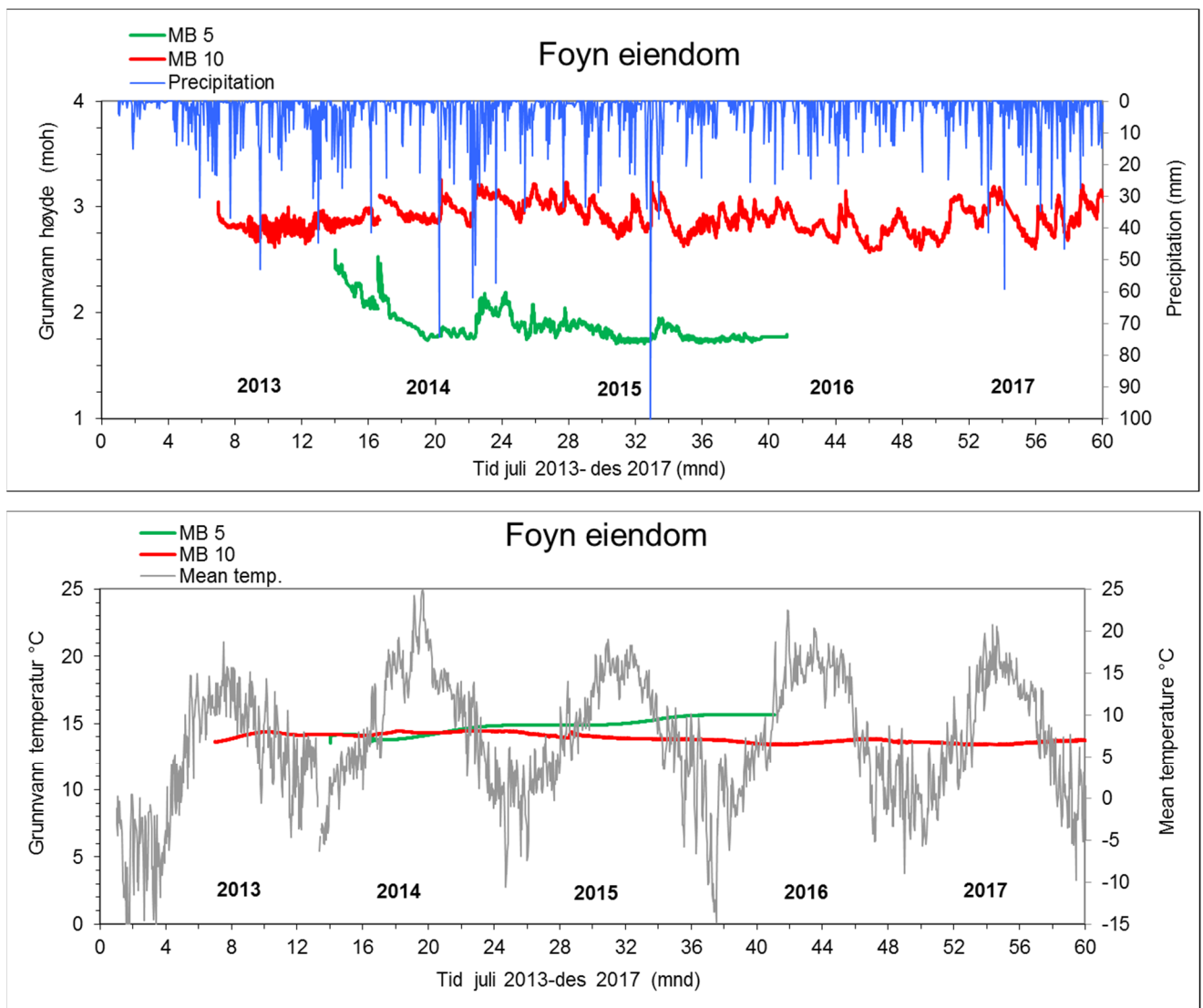
Vi kan ikke si at temperaturen i grunnvannet under nytt bygg har steget over flere år med overvåking. Det vi kan anta er at grunnvannstemperaturen i området rundt Foyn eiendom er noe høyere sammenlignet med overvåkning av grunnvann i miljøbrønner i Nedre Lang gt. i Tønsberg.

Temperaturen fluktuerer ikke med utetemperaturen, og ligger ca. 2 °C høyere enn i nærliggende miljøbrønner fra Nedre Langgate (Bergersen, O. 2013). Begge disse to overvåkingsbrønnene ser ut til å bli påvirket av varmekilder fra kjeller og hus. Overvåking i fem år fra en brønn uten påvirkning fra hus viste middeltemperatur i grunnvann på 9-10 °C som er opp til 4-5 °C lavere (Bergersen, O. 2013). Miljøbrønnen fra tidligere målinger upåvirket av hus vil være en referanse for målingene siden den ligger i samme området som MB5 og MB10. Miljøovervåking nærmere Foyn eiendom ved en middelalder båt har vist at grunnvannets gjennomsnitt temperatur har steget fra 13 til 14 °C de siste 3 år vurdert med tidligere verdier (Bergersen, O. 2014).

Tabell 4. Max, min, median og gjennomsnittverdier av grunnvannsnivå, grunnvannets temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold beregnet i MB5 årene 2014 og 2015.

2014	MB 5 Grunnvann moh	MB 5 Temp °C	MB 5 pH	MB 5 Ledningsevne mScm -1	MB 5 Redoks mV
Min	1.74	13.54	5.53	1.83	-333
Max	2.60	14.86	6.57	4.31	145
Median	1.83	14.16	5.73	3.22	-283
Gj.Snitt	1.88	14.26	5.78	3.18	-280

2015	MB 5 Grunnvann moh	MB 5 Temp °C	MB 5 pH	MB 5 Ledningsevne mScm -1	MB 5 Redoks mV
Min	1.71	14.86	5.91	2.51	-327
Max	2.08	15.63	7.22	3.62	-254
Median	1.82	14.91	7.00	2.78	-318
Gj.Snitt	1.82	15.08	6.89	2.78	-308

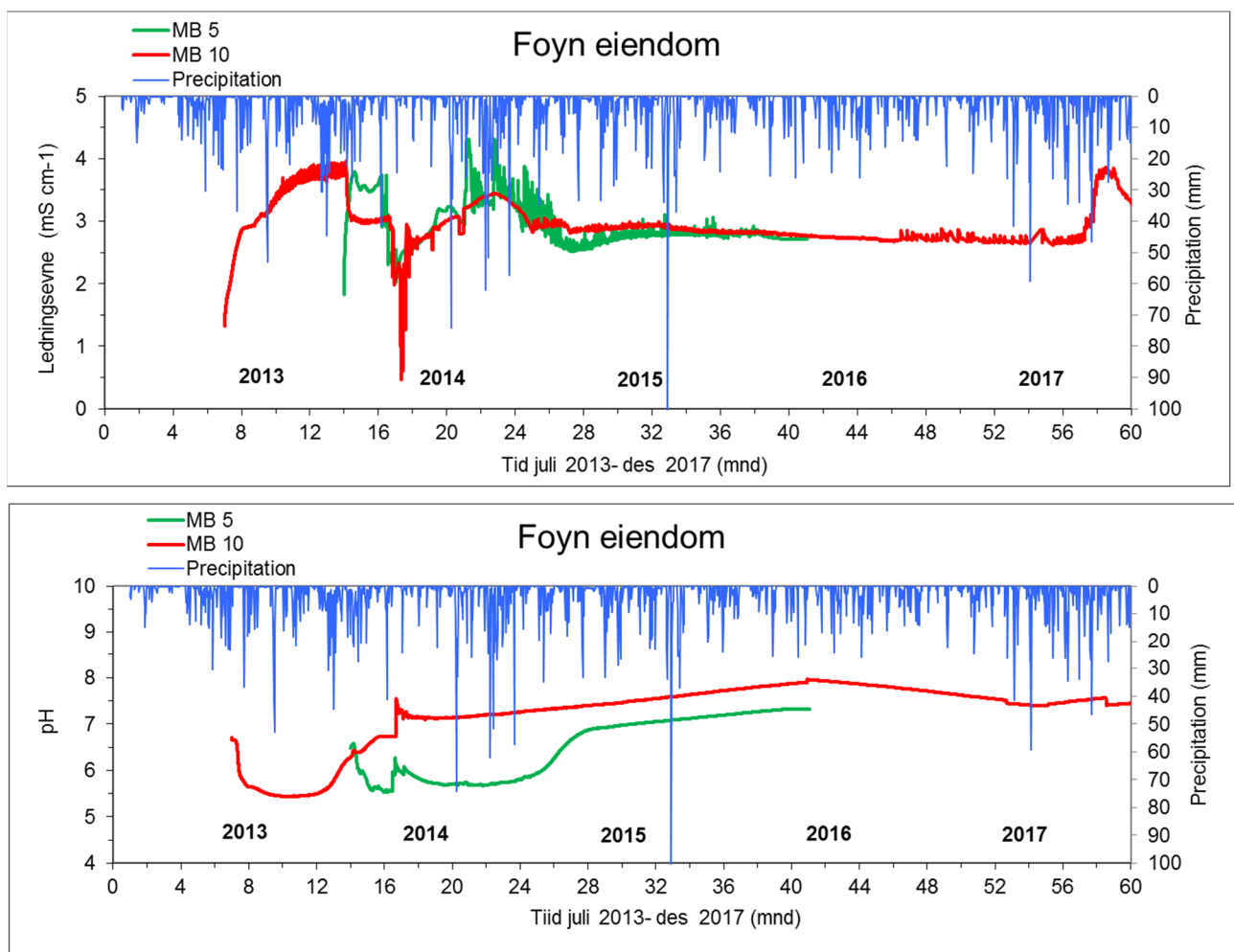


Figur 2. Grunnvannsnivå (over) og temperatur (under) i miljøbrønnene MB5 og MB10. Resultatene er sammenstilt med døgnmiddel utetemperatur og mm nedbør per dag målt i samme periode i Tønsberg (data fra www.yr.no).

Nye og gamle studier på nedbryting av organisk materialet ved NIBIO (Petersén & Bergersen 2016) og undersøkelser utført ved Nationalmuseet i Danmark (Hollesen & Matthiesen, 2011) viser at ved omkring 10 grader skjer det svært lite, men økning fra 10 og 15 °C øker nedbrytningshastigheten vesentlig, spesielt med oksygen tilgjengelig. Under nybygget ved Foyen Eiendom er grunnvannet reduserende uten oksygen, noe som er gunstig for god bevaring. Nedbrytingsraten på kulturlagene kan øke når temperaturen øker opp mot 15 °C, selv uten oksygen. Dette avhenger også av hvor tilgjengelig det organiske materialet er for nedbryting fra anaerobe organismer til stede i kulturlaget og i grunnvannet.

3.2 Grunnvannets pH, ledningsevne og redoksforhold under nytt bygg

Ledningsevnen (saltinnholdet i grunnvannet) svinger opp og ned i starten av overvåkingsperioden når bygget ikke var ferdig, men har sunket og stabilisert seg på omkring 2.8 mScm^{-1} etter at bygget er ferdigstilt (Figur 3). Figur 3 viser at pH ble registrert relativt lav både i MB10 og MB5 i starten av måleperioden under pH 6, men steg til 6,8 og 6,9 gjennom 2014 i begge brønner. I løpet av perioden 2015 og 2017 har pH steget og stabilisert seg omkring 7.5 i MB10 (Tabell 5). Det er en positiv observasjon at grunnvannets pH har steget til 7.5 i MB10 og 6.9 i MB5 i slutten av hver sin måleperiode (Figur 3 og Tabell 4 & 5). Nøytralt til svakt basisk grunnvann er gunstig for bevaring av kulturlag gjenstander av metall og bein.



Figur 3. Konduktivitet (ledningsevne) (over) og pH (under) i grunnvann fra miljøbrønnene MB5 og MB10. Resultatene er sammenstilt med mm nedbør per dag fra Tønsberg (data fra www.yr.no).

Tabell 5. Max, min, median og gjennomsnittverdier av grunnvannsnivå, grunnvannets temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold beregnet i MB10 i de ulike årene 2013 til 2017.

MB10	2013 Grunnvann moh	2013 Temp °C	2013 pH	2013 Ledningsevne mScm -1	2013 Redox mV
Min	2.62	13.60	5.44	1.33	-293
Max	3.05	14.38	6.71	3.91	-112
Median	2.82	14.16	5.50	3.35	-229
Gj.Snitt	2.82	14.12	5.61	3.22	-235

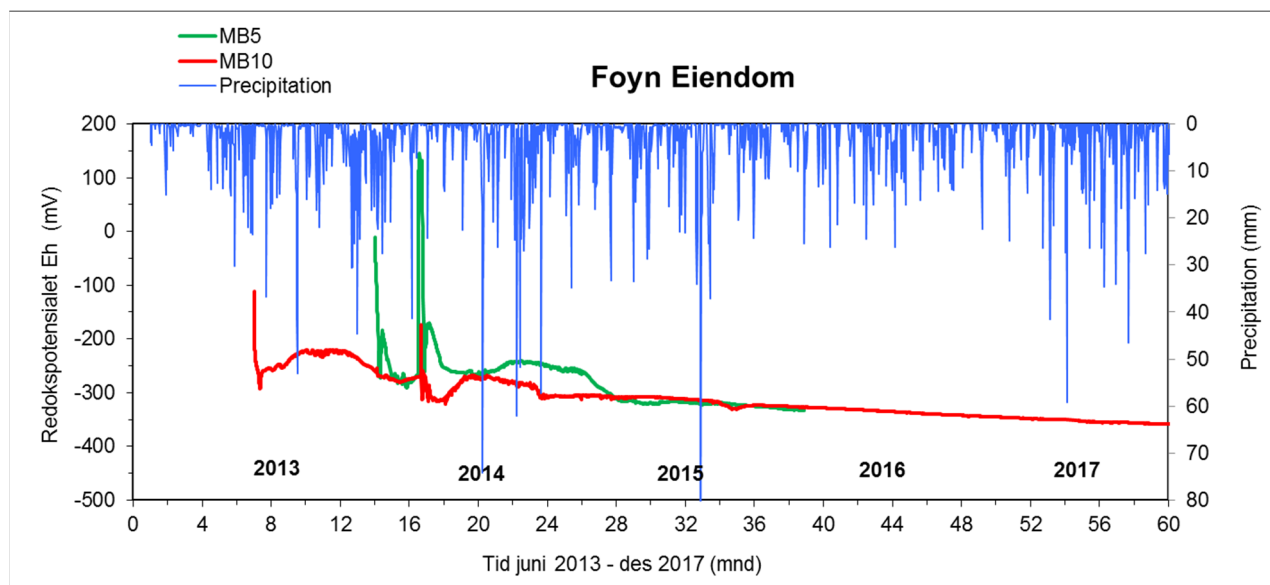
MB10	2014 Grunnvann moh	2014 Temp °C	2014 pH	2014 Ledningsevne mScm -1	2014 Redox mV
Min	2.76	14.08	5.77	0.47	-321
Max	3.26	14.45	8.58	3.96	-174
Median	2.90	14.19	6.73	3.30	-272
Gj.Snitt	2.93	14.26	6.69	3.30	-272

MB10	2015 Grunnvann moh	2015 Temp °C	2015 pH	2015 Ledningsevne mScm -1	2015 Redox mV
Min	2.63	13.78	7.29	2.81	-331
Max	3.24	14.44	7.75	3.05	-304
Median	2.94	13.94	7.50	2.89	-310
Gj.Snitt	2.93	13.99	7.51	2.89	-313

MB10	2016 Grunnvann moh	2016 Temp °C	2016 pH	2016 Ledningsevne mScm -1	2016 Redox mV
Min	2.73	13.41	7.75	2.73	-344
Max	3.09	13.81	7.96	2.84	-324
Median	2.88	13.52	7.87	2.78	-333
Gj.Snitt	2.89	13.56	7.86	2.78	-334

MB10	2017 Grunnvann moh	2017 Temp °C	2017 pH	2017 Ledningsevne mScm -1	2017 Redox mV
Min	2.60	13.38	7.39	2.62	-359
Max	3.21	13.77	7.67	3.86	-344
Median	2.90	13.58	7.50	2.72	-353
Gj.Snitt	2.90	13.58	7.50	2.92	-352

Redoks-sensorene i begge miljøbrønnene har vist verdier lavt ned på redoks-skalaen. I begynnelsen av måleperiodene svingte de målte redoks verdiene mellom (-170mV til -300mV) i både MB10 og MB5 (Figur 4). Mot slutten av 2015 og videre sank redoksverdiene til -350 mV. Redoks forholdene har ikke endret seg men stabilisert seg etter nytt bygg sto ferdig. Dette tyder på gode bevaringsforhold med grunnvann uten innhold av oksygen som kan skade organiske materiale i de ulike kulturlag under nytt bygg.



Figur 4. Redoksf forholdene i grunnvann fra miljøbrønnene MB5 og MB10. Resultatene er sammenstilt med mm nedbør per dag fra Tønsberg (data fra www.yr.no).

4 Konklusjoner

Miljøovervåkingen årene fra 2013 ut 2017 dokumenterer et tilfredsstillende grunnvannsnivå i MB10, sannsynligvis i god kontakt med kulturlagene under nytt bygg. Kulturlag i kontakt med grunnvannet vil ha fortsatt gode bevaringsforhold slik som påvist ved forundersøkelsen. I miljøbrønnen MB5 i måleperioden 2014 og 2015 har grunnvannet sunket ca. 1 m lavere. Om den er reell er noe usikkert siden brønnen var tettet av leire og måtte spyles i starten. Dette kan ha skjedd igjen og at det påvirker målingene ikke viser helt korrekte grunnvannsnivå.

Grunnvannets temperatur er forholdsvis lik i begge miljøbrønner målt til 14 og 15 °C, men er funnet 4 grader høyere sammenliknet med grunnvanntemperaturen i miljøbrønn som ikke er direkte påvirket av bygg målt til 10 °C i nærliggende tomt ved Nedre Langgate 43. Motsatt retning sør av Foyn eiendom har grunnvannet steget 13 til 14 °C påvirket av hus med kjeller. Dette indikerer at butikklokalet i nytt bygg påvirker temperaturen på grunnvannet under bygget. Hvor stor skade på kulturlagene denne temperatur økning kan utgjøre over tid er vanskelig å vurdere sikkert. Økt temperatur og oksygen øker nedbrytingen av organisk materiale. Målte redoksforhold indikerer imidlertid at det ikke tilføres oksygen i kulturlagene under nytt bygg.

Ledningsevnen er på samme nivå i begge brønner og har sunket og stabilisert seg på 2.8 mS cm⁻¹. pH varierte i starten før bygget var ferdigstilt, men har steget til det nøytrale området mellom pH 7 og 7.5, noe som er gunstig for bevaring av uorganiske gjenstander i kulturlagene.

Målingene i slutten av måleperiode har vist nå mer stabiliserende forhold etter at nytt bygg er ferdigstilt. Nytt bygg har ikke virket destabiliserende for de underliggende kulturlagene.

Referanser

- Bergersen, O. & Petersen, A. H. 2010. Storgaten 30-32, "City Shopping", Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke Bioforsk NIKU rapport Vol 5 (149) 2010.
- Bergersen, O. 2012. Miljøovervåking av kulturminner fra miljøbrønn på tomten Storgaten 30-32, City Shopping i Tønsberg. Bioforsk rapport Vol 7 (9) 2012.
- Bergersen, O. 2013. Miljøovervåking av kulturlag fra Middelalderen under bygging og etter at nybygg ved Nedre Langgate 41-43, Tønsberg. Sluttrapport. Bioforsk rapport 8 (19) 2013.
- Bergersen, O. 2014. Miljøovervåking av middelalder båt i fjernvarmegrøft ved Nedre Langgate 19, Tønsberg, Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Sluttrapport. Bioforsk rapport 9 (40) 2014.
- Bergersen, O. 2015a. Forundersøkelse fra pælehull ved Storgaten 30-32, "Føyn eiendom", Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Bioforsk rapport 10(45) 2015.
- Bergersen, O. 2015b. Miljøovervåking av miljøbrønn MB5 & MB10, "Føyn eiendom", Tønsberg kommune, Vestfold Fylke. Status rapport I for perioden 2013 - 2014. Bioforsk rapport Vol.10 (56) 2015.
- Bergersen, O. 2016. Overvåking av bevaringsforhold for kulturlag under "Føyn kjøpesenter" i Storgata 30-32 i Tønsberg. Statusrapport II for miljøbrønn MB5 & MB10 i perioden 2013-15. NIBIO rapport Vol.2 (65) 2016.
- 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.
- Petersen, A.H. og Bergersen, O. 2016. In situ preservation in the unsaturated zone: Results from environmental investigations at the "Schultz gate" case study in the medieval town of Trondheim, Norway. *Conservation and Management of Archaeological Sites* 2016 Vol. 18 Nos 1-3, 2016, s 181-204.
- Riksantikvaren & NIKU 2008. *The Monitoring Manual. Procedures and Guidelines for Monitoring, Recording, and Preservation Management of Urban Archaeological Deposits.*
- Standard Norge 2009. Norwegian Standard 9451:2009. Cultural Property. Requirements for Environmental Monitoring and Investigation of Archaeological Deposits.
- Yr: http://www.yr.no/sted/Norge/Hordaland/Bergen/Bergen/detaljert_statistikk.html.

Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr. Emne

- 1 Oversikt over bevaringsforhold i begge profiler fra jordprøver analysert før overvåking.
- 2 Kart over miljøbrønner på tomten
- 3 Illustrasjon av boreprofiler og etableringer av miljøbrønn 5 og 10

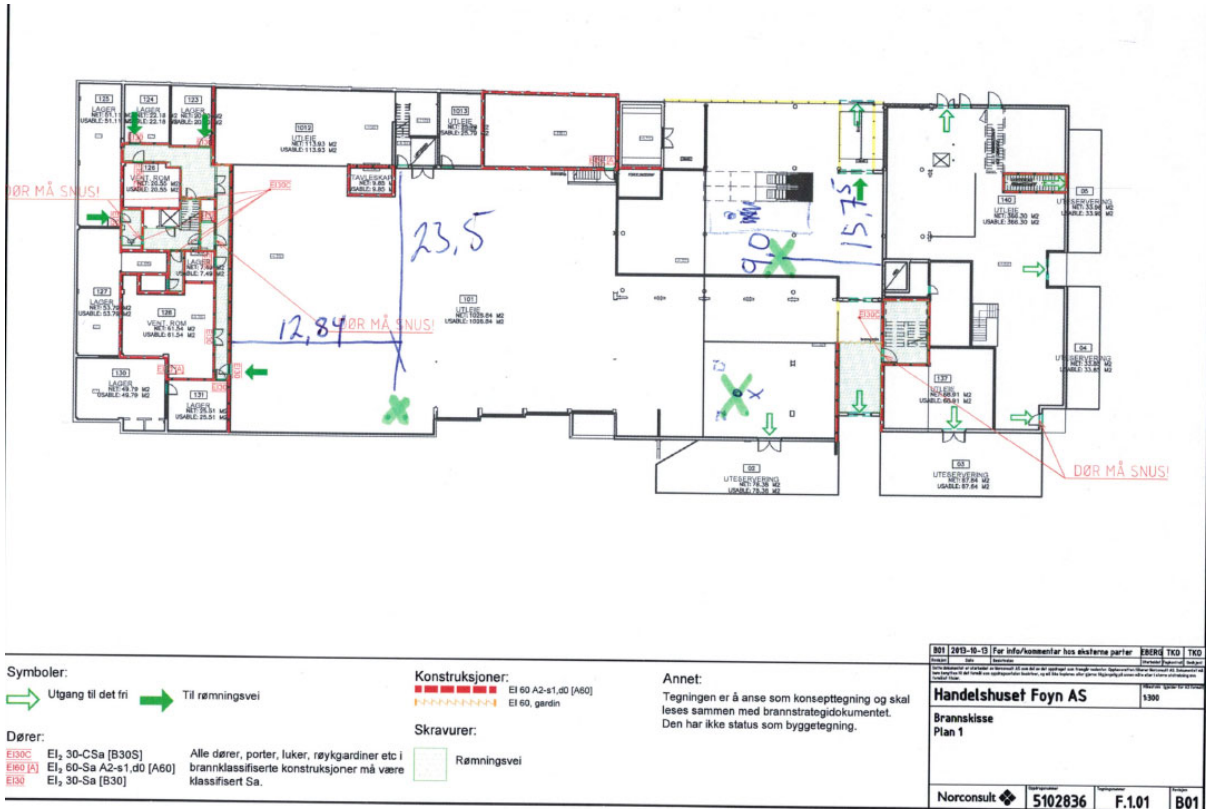
Vedlegg 1. Bevaringsforhold i miljøbrønnene MB5 og MB10

Oversikt over fysisk og kjemisk analyser utført på hele tomten Foyn eiendom som ligger til grunn for bevaringsforholdene av organisk og uorganisk materiale. Miljøbrønn 5 og 10 markert i tabellene. Dette er beskrevet i mer detalj i NIBIO rapport Vol 2 45 (Bergersen, et al. 2015a).

Borepkt. / lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Organisk innhold og vanninnhold	Surhet og salinitet	Redoksforhold	Bevaringsforhold
1B-2 lag 2	0.6	3.59	Middels org - og vanninnhold	Svakt surt og lav	Sulfatreduserende	Bra
2A-2 lag 2	0.8	3.50	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra
2A-3 lag 3	1.5	2.75	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og middels	Sulfatreduserende	Bra
3A-3 lag 3	1.8	2.48	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra
4-3 lag 3	1.4	2.81	Høyt org. - og vanninnh.	Middels basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra
4-4 lag 4	1.8	2.46	Middels org - og vanninnhold	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra
MB 5-3 lag 3	0.9	3.47	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Oksiderende	Dårlig
MB 5-4 lag 4	1.7	2.67	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra
6A-1 lag 1	0.6	3.69	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra
7B-1 lag 1	0.6	3.68	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra
7B-2 lag 2	0.9	3.38	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra
8B-1 lag 1	0.9	3.45	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra
9B-1 lag 1	1.4	2.78	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra
MB 10-1 lag 1	0.6	3.65	Høyt org. - og vanninnh.	Nøytral og lav	Sulfatreduserende	Bra
MB 10-2 lag 2	0.9	3.35	Høyt org. - og vanninnh.	Svakt basisk og lav	Sulfatreduserende	Bra

Borepkt. / lag	Dyp (m)	Dyp (moh)	Nitrat - N (mg/kg TS)	Ammonium (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)
1B-2 lag 2	0.6	3.59	< 0,73	23	889	57	101	1	99 %
2A-2 lag 2	0.8	3.50	< 1,7	275	1026	2	20	1	97 %
2A-3 lag 3	1.5	2.75	< 1,9	2119	3127	123	26	< 0,1	100 %
3A-3 lag 3	1.8	2.48	< 1,3	384	946	129	46	1	99 %
4-3 lag 3	1.4	2.81	< 2,0	1300	906	36	10	< 0,1	98 %
4-4 lag 4	1.8	2.46	< 0,8	425	1528	49	106	1	99 %
MB 5-3 lag 3	0.9	3.47	< 1,1	11	2661	1	12	39	24 %
MB 5-4 lag 4	1.7	2.67	< 1,9	686	1471	123	23	< 0,1	100 %
6A-1 lag 1	0.6	3.69	< 1,9	151	536	71	32	< 0,1	100 %
7B-1 lag 1	0.6	3.68	< 1,5	117	1494	42	34	< 0,1	100 %
7B-2 lag 2	0.9	3.38	< 1,8	240	1012	134	22	< 0,1	99 %
8B-1 lag 1	0.9	3.45	1,4	36	1745	36	38	3	93 %
9B-1 lag 1	1.4	2.78	2,9	234	1158	42	22	1	98 %
MB 10-1 lag 1	0.6	3.65	< 1,5	128	412	19	37	1	97 %
MB 10-2 lag 2	0.9	3.35	< 1,9	367	517	212	24	< 0,1	99 %

Vedlegg 2 Kart over miljøbrønner



X=MB6

X=MB 10

X=MB 5

Vedlegg 3 Boreprofiler og etableringer av miljøbrønn 5 og 10





Plassering av Miljøbrønn 5



Overvåkings logger i Miljøbrønn 5

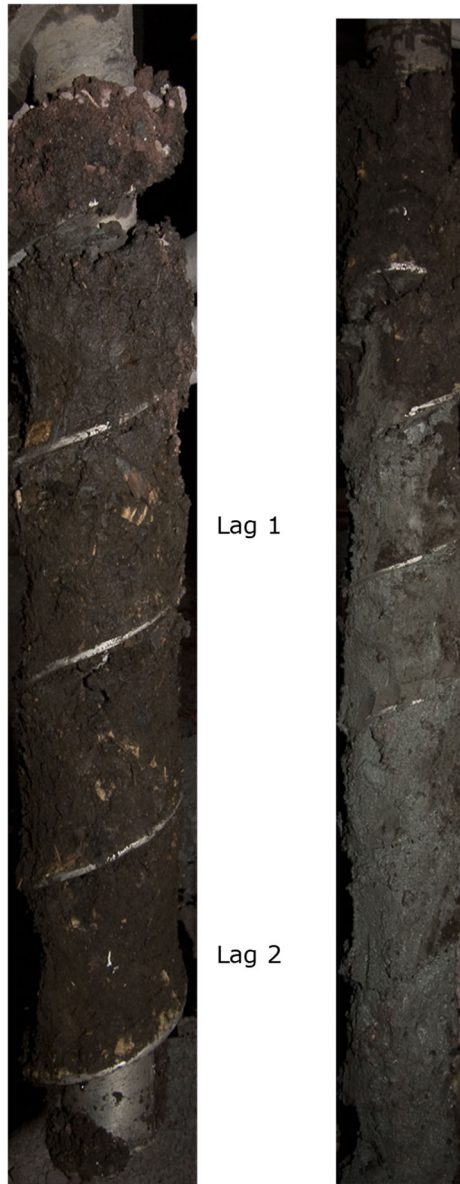


Miljøbrønn 5 ble spylt og rengjort og senket ned i gulvet april 2014

Miljøbrønn 10

0-1m

1-2m





Plassering av Miljøbrønn 10 (forundersøkelsen 2010)



Overvåking Miljøbrønn 10 (start 2013)



Logger senket ned i gulvet i Miljøbrønn 10, april 2014

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.