



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT

**VOL.: 2, NR.98 2016**

Miljøovervåking av grunnvann i miljøbrønner  
fra Dronning Eufemias gt. (DEG), Oslo  
Statusrapport IV

**OVE BERGERSEN**

NIBIO miljø og naturressurser

**TITTEL**

Overvåking av grunnvann i miljøbrønner fra Dronning Eufemias gt. (DEG), Oslo  
Statusrapport IV

**FORFATTER**

Ove Bergersen

<b>DATO:</b>	<b>RAPPORT NR.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET:</b>	<b>PROSJEKT NR.:</b>	<b>SAKSNR.:</b>
03.06. 2016	2 (98) 2016	Åpen	2110790 & 8604	2016/1691
<b>ISBN-NR.:</b>	<b>ISBN DIGITAL VERSJON:</b>	<b>ISSN-NR.:</b>	<b>ANTALL SIDER:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG:</b>
978-82-17-01687-8		2464-1162	20	2

**OPPDRAAGSGIVER:**

Riksantikvaren, Distriktskontor Tønsberg  
Norsk institutt for kulturminneforskning, NIKU,  
Hovedkontor Oslo

**KONTAKTPERSON:**

Lise Marie Bye Johannesen

**STIKKORD:**

Redoksforhold, bevaring, kulturminner,  
Miljøovervåking, nedbrytning, jordkvalitet.

**FAGOMRÅDE:**

Jordkvalitet Miljøovervåking, Middelalderbyen Oslo

**SAMMENDRAG:**

I forbindelse med anleggsarbeider for anleggelse av nytt hovedgateløp i Bjørvika-byen, Oslo, er det igangsatt et miljøovervåkningsprogram for å dokumentere bevaringstilstand og bevaringsforhold i kulturlag i området. Videre overvåking instrumentert med multiparametersensorer for overvåking av temperatur, pH, ledningsevne og redokspotensiale i grunnvannet fortsetter i miljøbrønn MB4. Ekstra miljøbrønn (MB8) etablert i 2013 med ekstra oksygensensor sluttet å virke i løpet av 2015. Logger ble ødelagt av fuktighet slik at vi mangler data etter mai 2015. Det er planlagt å sette ut ny logger i denne brønnen. De første 3 års overvåking er fremstilt i rapporten og viser mere stabilt grunnvann i starten av måleperioden enn i siste del 2014 og 2015, hvor hyppigere fluktuasjoner pga nedbørsvingninger inntraff. Lave redoksverdier og oksygenkonsentrasjoner lavere en måleteknisk grense i områdets grunnvann er registrert. Disse resultatene og egenskapene til grunnvannet som berører resterende kulturminner over, under eller nær brønnen indikerer gode bevaringsforhold av organisk og uorganisk materiale in situ for regionen under og etter bygging av ny veitrase.

<b>LAND/COUNTRY:</b>	Norge
<b>FYLKE/COUNTY:</b>	Oslo
<b>KOMMUNE/MUNICIPALITY:</b>	Oslo
<b>STED/LOKALITET:</b>	Dronning Eufemias gate

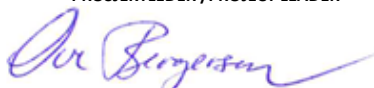
GODKJENT / APPROVED



Trond Mæhlum

SENIORFORSKER

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER



Ove Bergersen

SENIORFORSKER

**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# FORORD

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra NIKU og Riksantikvaren. NIBIO (tidligere Bioforsk) har i oppdrag å overvåke flere brønner i Dronning Eufemias gate (DEG) over 5 år. Flere av brønnene er avviklet på grunn av ferdigstilling av trikk og vei trase i krysset mot Bispegata, Kong Håkons gate 5 og Nordenga bru. Nå gjenstår de to brønnene DEG 4 og DEG 8 som er plassert gunstig på hver side av Nordenga bru.

Informasjonen presentert i denne statusrapporten er basert på data fra 2013, 2014 og 2015. Hensikten med overvåkingen er å se om grunnvannet kan påvirke bevaring av kulturlag fra middelalder ved bygging av nye hus og veitraseer i området over tid In Situ.

Prosjektledelse: Ove Bergersen.

Kvalitetssikring av rapporten: Trond Mæhlum

Ove Bergersen



Ås, 03.06 2016

# INNHOOLD

1	INNLEDNING.....	5
1.1	Bakgrunn .....	5
1.2	Målet for prosjektet.....	7
2	MATERIALE OG METODER .....	8
2.1	Naturvitenskapelige definisjoner .....	8
2.2	Måleparametre.....	8
2.3	Overvåking av 2 miljøbrønner MB4, MB8.....	9
3	RESULTATER.....	11
3.1	Grunnvannsnivå i MB4 og MB8.....	12
3.2	Overvåking av temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold i grunnvannet fra MB4 og MB8. ....	13
3.3	Avvik i måleperioden .....	17
4	KONKLUSJONER.....	18
1.	VEDLEGG.....	20

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

De arkeologiske undersøkelsene i forbindelse med etablering av Dronning Eufemias gate (DEG) i Oslos middelalderby (Gamlebyen) har sin bakgrunn i anlegging av nytt hovedgateløp i området. Tiltakshaver, Statens vegvesen Region Øst (SVRØ), søkte i brev datert 11.6.2010 Riksantikvaren om dispensasjon etter Lov om kulturminner av 9. juni 1978 for fundamentering av østre del av DEG, i krysset mot Bispegata, Kong Håkons gate 5 og Nordenga bru, se oversiktskart (Figur 1). Anlegging av DEG er vedtatt i reguleringsplan for Bjørvika-Bispevika-Lohavn, godkjent 18.6.2004. Tiltaksområdet ligger innenfor fornminneområdet Middelalderbyen Oslo, og tiltaket er godkjent i reguleringsplanen.



*Figur 1 Oversiktskart av Bjørvika i Oslo med undersøkelsesområdet markert med svart firkant. Kart: NIKU.*

Dronning Eufemias gate er hovedgaten i den nye Bjørvika byen og går fra Tollbugata i vest til kryss mot Kong Håkons gate 5/Bispegata/Østre Tangent i øst. Hovedgaten er 43 meter bred og inneholder kjørefelt for biler, kollektivfelt, sykkel felt og fortau samt trikketrase. Utbyggingen av DEG er utført i etapper. Forprosjektet til videre miljøovervåking er beskrevet av Amundsen et al. (2011).

Det ble i tillegg vedtatt (i brev fra Riksantikvaren av 13.8.2010), at det skulle iverksettes et miljøovervåkningsprogram innenfor tiltaksområdet. Det er etablert 4 miljøbrønner som skal overvåke grunnvann og gi informasjon om bevaringsforholdene til kulturlagene som ligger i området i fem år (Bergersen, 2012, Bergersen 2014a). I de siste tre årene har kun 2 brønner vært tilgjengelige DEG 4 og DEG 8 (Figur 2).

Hensikten med miljøovervåkingen er å undersøke hvorledes kulturlagene påvirkes.



Figur 2 Oversikt over miljøbrønner ved Bispegaten, Bjørvika, Oslo. Eldre miljøbrønnene DEG 4 ved nybygg, og den nye på fortau av Bispegata DEG 8. (Foto Google Earth)

**Mekanisk påvirkning:** Graving ned i kulturlag forårsaker skade, ikke bare på de deler av lagene som blir direkte berørt, men også indirekte ved at kulturlagene blir mer eksponert for lys, oksygen og nedbør. Mekanisk skade i form av deplassering og redeponering kan således være like ødeleggende.

**Tilførsel av oksygen:** Tilførsel av oksygen starter nedbrytningsprosesser av kulturlag og organiske så vel som uorganiske gjenstander samt øvrige bestanddeler. Det er derfor viktig at nedgravninger og borehull gjenfylles med tett masse, helst leire.

**Temperaturendringer:** Økte temperaturer kan føre til høyere biologisk aktivitet og sammen med økt tilgang på oksygen føre til akselerert nedbrytning av kulturlag. I noen tilfelle kan tildekking av kulturlag ha en positiv effekt ved at temperatur-svingninger mellom veldig kaldt og veldig varmt unngås.

**Uttørking:** Hvis kulturlagene utsettes for uttørking som følge av endrete dreneringsforhold og/eller temperaturøkninger, kan dette føre til at den organiske massen i lagene brytes ned i ujevn takt, raskere enn det ville skjedd naturlig. Dette kan føre til kollaps av kulturlagene som dermed går tapt som kulturminne, gjenstander går tapt som følge av endrete bevaringsforhold, og setningene kan føre til følgeskader på bygninger som står på eller nær lagene. For eksempel kan setninger i fundamentene på bygninger og veier gi konstruksjonsskader i de bærende delene.

## 1.2 Målet for prosjektet

Målet med prosjektet var:

- Overvåke grunnvannsnivå og bevaringsforholdene til kulturlagene i anleggsområdet under og etter arbeidet med å etablere nytt hovedgateløp i området.

Denne rapporten presenterer status og resultater fra overvåkningsprogrammet for DEG 4 i perioden 2013 til januar 2016 (MB4), og DEG 8 fra november 2013, 2014 til mai 2015 (MB8). DEG 4 skulle i planen være avsluttet, men siden flere av DEG brønnene er blitt avviklet pga. vei og trikketrase har NIBIO etter ønske fra NIKU og Riksantikvaren valg å fortsette videre overvåking av denne brønnen og sammenstille resultatene med den nye DEG 8 som skal overvåkes videre frem i tid. Disse to brønnene er faglig interessante siden de står plassert motsatt overfor hverandre ved den nye Nordenga bru.

## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Naturvitenskapelige definisjoner

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

**Bevaringsforhold:** Fysiske, kjemiske og mikrobiologiske forhold som er avgjørende for 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. Slike reaksjoner bidrar til nedbryting og korrosjon av ulike materialer.

**Reduserende (reduktive) forhold:** Avhengig av forbindelsen som blir redusert, snakker man om nitratreducerende, jern- og manganreducerende, sulfatreducerende og metanogene forhold. Jo mer redusert redoksforholdene er, jo lavere er den mikrobielle aktiviteten.

**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 reducerende (reduktive) forhold, men i hvilken grad forholdene er reducerende, varierer.

**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.

### 2.2 Måleparametre

#### **Stabilt eller fluktuerende grunnvann:**

De beste bevaringsforholdene for kulturminner i jord har vi under anaerobe forhold med reduserte redoksforhold. Ofte er slike miljøer vannmettet under grunnvannsnivået. Eksempel på slike stabile steder er torvmyrer.

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. Grunnvann som fluktuerer ofte på grunn av mye nedbør kan skade kulturlag.



## **pH og ledningsevne i grunnvannet som omgir kulturlagene:**

Grunnvannets elektriske ledningsevne sier noe om mengden ioner i vannet. Endringer i elektrisk ledningsevne skyldes bl.a. inntrengning av regnvann/smeltevann (gir oftest en lavere ledningsevne). Grunnvann som er lite påvirket av nedbør og som er i likevekt med jord eller fjell, har oftest høyere elektrisk ledningsevne. Høyt salt-innhold virker ofte beskyttende for treverk.

Syre og løselige salter medfører korrosjon av metalloverflater. Økende surhet og saltkonsentrasjon vil framskynde korrosjon av metallgjenstander og forvitring av bein.

Elendige og dårlige bevaringsforhold ut fra redoksmålinger trenger ikke alltid å gi riktig logisk svar ut fra arkeologiske gjenstander og spor som ikke brytes ned. Stein, gull, metallgjenstander og bein er ofte godt beskyttet hvis de ligger tørt og pH er basisk og ikke sur. Slike områder er ofte knyttet til bosetninger.

## **Temperatur som omgir kulturlagene**

Alle kjemiske og biologiske nedbrytningsprosesser går raskere ved høyere temperatur. Unormale temperatursvingninger påvirket av ytre krefter som varme fra kjellere, fortau, eller fjernvarme kan på sikt øke skade på kulturlagene i Middelalderbyene. Lav temperatur på grunnvann vil virke beskyttende.

## **Jordfuktighet**

Høy jordfuktighet har lite plass til luftfylte porer. Tørre kulturlag sammen med høy jordfuktighet med vannfylte porer er beskyttende. Svingninger i jordfuktighet mellom fuktige og tørrere forhold vil være ugunstig for å beskytte organiske kulturlag.

## **2.3 Overvåking av 2 miljøbrønner MB4, MB8**

Overvåkingen av MB3, 5 og 7 er avvirket pga. ferdigstillelse av Dronning Eufemias gate og rapportert (Bergersen 2012, 2014b). Mb8 ble etablert og først rapportert i 2014 (Bergersen 2014a). I 2015 ble overvåking av begge brønner skrevet sammen i status rapport III (Bergersen 2015).

Overvåking av forholdene i miljøbrønnene skal foregå i minst fem år under og etter at anlegget er ferdigstilt. Grunnvannet overvåkes ved hjelp av sensorer koblet til automatiske loggere fra SEBA Hydrometrie GmbH (Tyskland). Overføring av loggerdata skjer via GSM kommunikasjon, men loggerne må vedlikeholdes og kalibreres to ganger per år. Grunnvannet overvåkes i alle brønner. I tillegg er miljøbrønn MB4, 5 og 7 etablert med multiparametersensor som også informerer om temperatur, pH, ledningsevne (ionestyrke) og redoksforhold. Disse parameterne er nødvendige for å kunne si om grunnvannet vil påvirke kulturlagene i en negativ retning. En slik multiparametersensor er også plassert i MB8, og har oksygensensor i tillegg.

Loggeren var en SEBA Datalogger type Slimcom -2 GSM med multisensorer type MPS-D8 som registrerer vannstand, temperatur, pH, redoks og konduktivitet (el. ledningsevne) og oksygen. I miljøbrønn MB3 var det SEBA Datalogger type Log-com med sensorer type MPS-D3 som registrerer kun grunnvann. Plassering av brønnene er vist i figur 2 og 3.



### 3 RESULTATER

Videre overvåking av området omkring Dronning Eufemias gt. i Bjørvika vil foregå gjennom miljøbrønnene MB 4 som ligger nært spunt- og anleggsområdet for bygging høyhusene vest for Nordenga bru og den nye etablert MB 8 på østsiden av Nordenga bru etablert i 2013 (Kart vist i figur 2). Siden disse ligger i nærheten av hverandre på hver sin side av Nordenga bru vil disse gi nyttig informasjon om grunnvannsspeilet har forandret seg eller vil forandre seg fremover i tid. Resultater viste ganske stabile grunnvannsnivåer, temperatur, pH, ledningsevne og redoksnivå, målt i miljøbrønnene MB4 og MB8 rapportert i perioden 2013 og 2014 (Bergersen 2015).

Tabell 1 Maks-, min-, median og gjennomsnittsverdier av grunnvann, temperatur, pH og ledningsevne, målt i miljøbrønnene MB4 i måleperioden 2014 til jan. 2016. MB8 i måleperioden 2014 til mai 2015.

Grunnvann fra overflate 2014	MB4 moh	MB 8 moh	Temperatur 2014	MB4 °C	MB 8 °C
Min	1.60	1.71	Min	6.7	7.8
Max	2.28	2.42	Max	11.8	10.9
Median	1.87	2.01	Median	9.1	8.8
Gjennomsnitt	1.92	2.00	Snitt	9.4	9.1

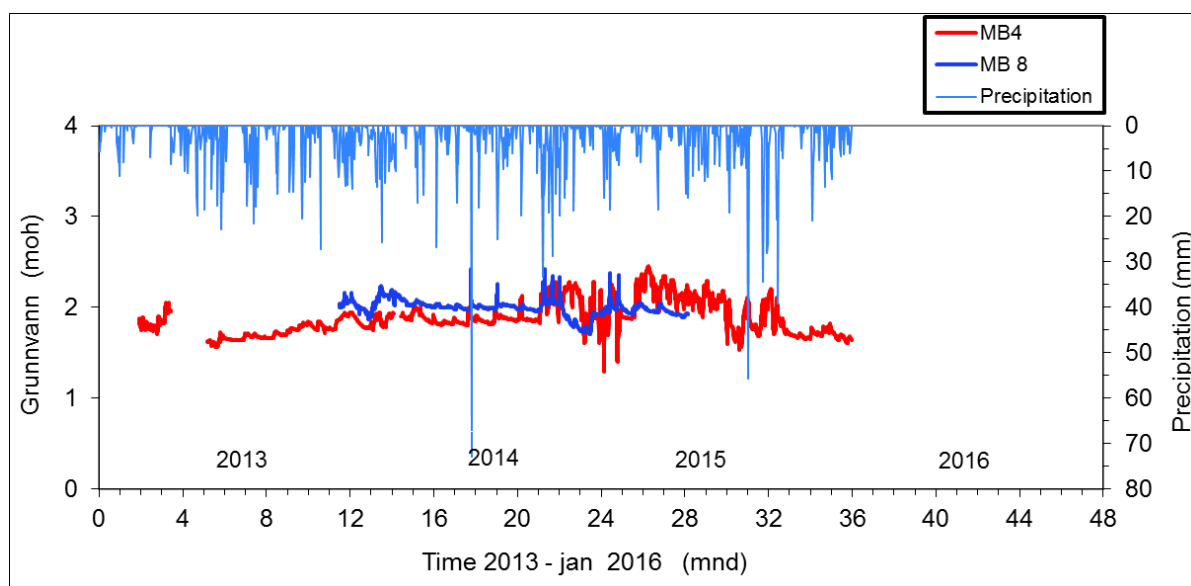
Grunnvann fra overflate 2015	MB4 moh	MB 8 moh	Temperatur 2015	MB4 °C	MB 8 °C
Min	1.29	1.89	Min	7.9	8.4
Max	2.45	2.38	Max	11.5	10.6
Median	1.91	1.96	Median	9.7	9.4
Gjennomsnitt	1.94	1.97	Snitt	9.7	9.5

pH 2014	MB4	MB 8	Ledningsevne 2014	MB4 mS	MB 8 mS cm -1
Min	6.7	6.6	Min	21.75	18.40
Max	7.2	7.5	Max	26.26	23.41
Median	6.9	7.0	Median	25.46	21.98
Snitt	6.9	7.0	Snitt	25.19	21.52

pH 2015	MB4	MB 8	Ledningsevne 2015	MB4 mS	MB 8 mS cm -1
Min	6.9	7.4	Min	20.22	18.95
Max	7.1	7.5	Max	25.18	22.96
Median	7.0	7.5	Median	24.69	22.72
Snitt	7.0	7.4	Snitt	24.11	22.68

\* 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 gjennomsnittsverdi er at median er stabil overfor ekstreme observasjoner (som blant annet kan fremkomme ved målefeil).

Rapporten viser figurer over måleparameter i MB 4 fra 2013 til i januar 2016 og MB8 fra desember 2013 til mai 2015. Beregninger av maks, min, median og gjennomsnittsverdier for 2014 og 2015 er vist i Tabell 1. Medianen\* på dataseriene for alle sensorer fra hver brønn er bedre å bruke for å kunne vurdere evt. forskjeller mellom brønnene.



Figur 4. Grunnvann målt moh. i miljøbrønnene MB4 og MB 8 fra Dronning Eufemias gt. Bjørvika 2013 og til jan. 2016 sammenstilt med nedbør (mm/d, data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)). MB8 ble etablert og startet des 2013, men sluttet å virke i mai 2015.

### 3.1 Grunnvannsnivå i MB4 og MB8

Figur 4 viser grunnvannsdata fra brønnene i meter over havet. Resultatene er sammenstilt med nedbørsdata fra området. Tabell 1 vises overvåkningsdata for hver av brønnene beregnet for 2014 og 2015 hver for seg.

Brønnene viser variasjon i grunnvannsnivå i nedbørsrike perioder gjennom overvåkningsperioden. Minimumsverdi var lavere i MB4, med en forskjell på 10 cm (2014) og 60cm (2015) sammenlignet med MB8 (Tabell 1). Maksverdien viste kun 10 cm forskjell begge år. Gjennomsnittet og medianen har likt nivå av grunnvann brønnene seg i mellom. Forskjellen er ca. 10cm (Tabell 1). Begge miljøbrønnene viste mer fluktuasjon fra oktober 2014 og ut måleperioden som ser ut til å være nedbørspåvirket. Begge brønner viser noe reduksjon i grunnvann i perioder som kan relateres til mindre nedbørsmengder. Ingen store forskjeller i grunnvannets nivå er observert mellom vinter og sommer. Det er ikke påvist store forskjeller i grunnvannsnivå i MB4, som står på den siden av Nordenga bru som teoretisk kan bli påvirket av byggeaktivitet av høye hus, sammenliknet med miljøbrønn MB8 på østsiden av broen som ikke er berørt av byggeaktivitet.

Kulturlag som ligger omkring kote +2.4 moh. og nedover i området rundt MB8 har gode bevaringsforhold og står ikke i fare for å tørke ut og brytes ned ved tilførsel av luft. I MB4 er alle kulturlagene godt bevarte fra kote +1.94 moh og nedover (Vedlegg 2).

## 3.2 Overvåking av temperatur, pH, ledningsevne og redoksforhold i grunnvannet fra MB4 og MB8.

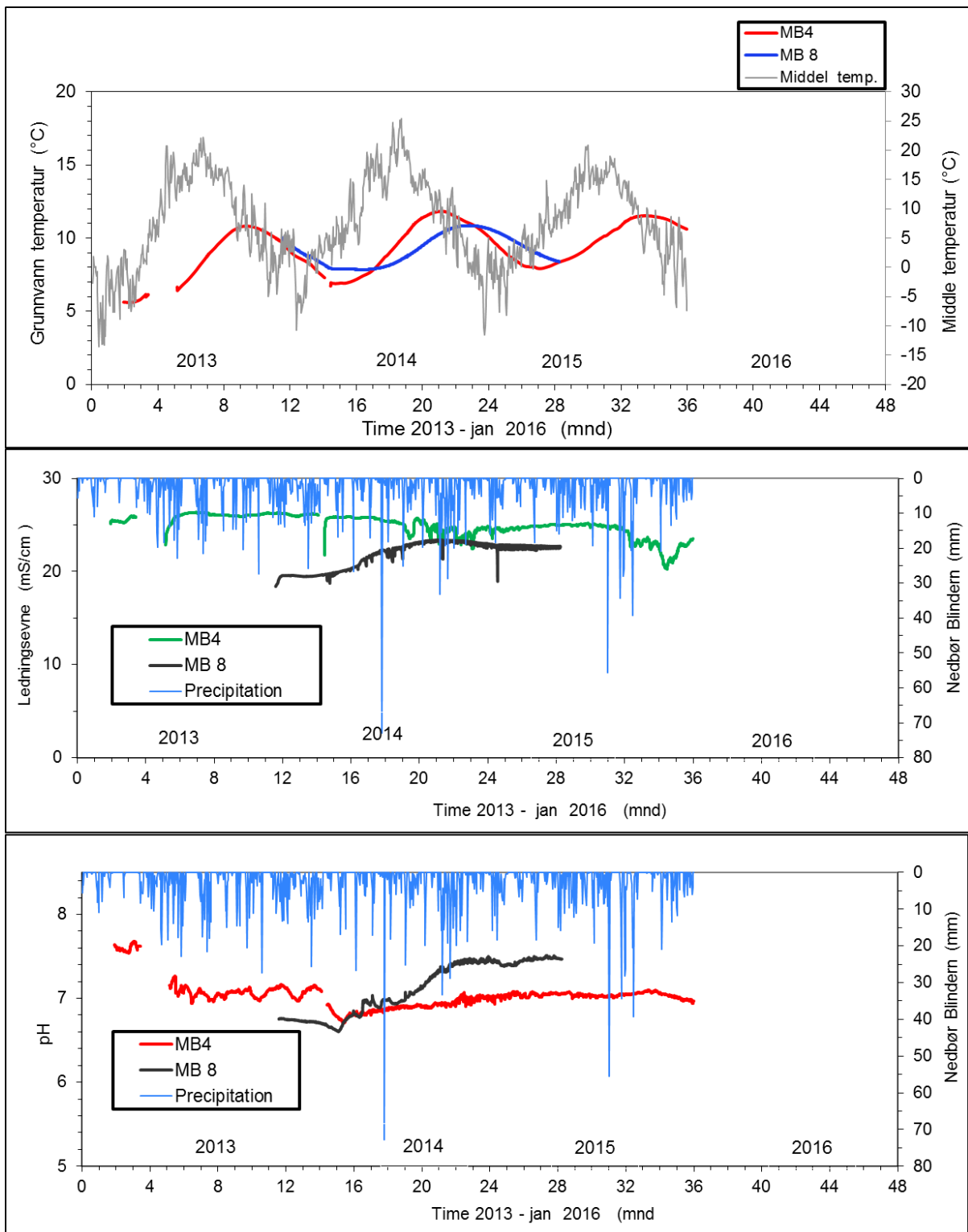
Resultater fra overvåking av temperatur, pH, og ledningsevne foreligger for miljøbrønnene MB4 fra feb. 2013 og til jan. 2016. For miljøbrønn MB8 som ble startet des. 2013 stoppet lagring av data i logger etter mai 2015. Måling av redokspotensialet mangler i MB4 i en periode fra 2013 til mars 2014. Dataene fra 2014 og 2015 er vist som maks, min, median og gjennomsnittsverdier i tabell 1 og 2. Figurene 5 og 6 viser grafer basert på det samme datagrunnlaget.

Resultatene fra overvåkningsprogrammet viser at forholdene i grunnvannet er stabile. Temperaturen i grunnvannet svinger med utetemperaturen gjennom årstidene, men variasjonene er små. Forskjell mellom høyeste og laveste temperatur er på 5.5 °C (2014) og 3.5 °C (2015) i MB4 (Tabell 1). Tabell 1 viser også at grunnvannet i MB8 varierte 3.0 °C (2014) og 2.3 °C (halve 2015). Dette er positivt ved at store temperatursvingninger unngås og at grunnvannet ligger i snitt under 10°C som gir lav nedbrytingsrate hvis oksygen skulle nå ned til kulturlagene. 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°C skjer det svært lite, mens en økning fra 10 til 15 grader øker nedbrytningshastigheten vesentlig, spesielt dersom oksygen er tilgjengelig.

pH er stabil på omkring 6.9 målt som median og gjennomsnittverdier i MB8 og MB4 for 2014 (Tabell 1). Målinger fram til sommeren 2015 ble det observert en økning i grunnvannets pH i MB8 til 7.5 (Tabell 1 & Figur 5).

Ledningsevnen, som angir vannets innhold av løste salter, varierer lite mellom de to brønnene. Forskjellen mellom dem er 3 mScm<sup>-1</sup>. MB4 viser ett snitt på 25 mScm<sup>-1</sup> i 2014 og 2015, mens MB8 viste ledningsevne på 22 mScm<sup>-1</sup> i 2014 og 23 mScm<sup>-1</sup> fram til sommeren 2015. Figur 5 viser at ledningsevnen sank til 19 mScm<sup>-1</sup> i en periode med variasjon i nedbørsperiode høsten 2015 i MB4.

Begge brønnene viser at grunnvannet er sjøvannspåvirket med ledningsevne på over 22 mScm<sup>-1</sup> (Tabell 1).



Figur 5 Overvåking av temperatur, ledningsevne og pH, målt i miljøbrønnene MB4 og MB8 fra perioden feb 2013 til jan. 2016. MB8 ble startet des 2013 og sluttet å virke i starten av mai 2015. Resultatene er sammenstilt med nedbør målt i samme periode (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)).

Overvåking av grunnvann i denne typen miljøbrønner bør inneholde sensorer som måler redokspotensialet for å vurdere om oksygen er til stede, noe som kan forringe nærliggende kulturlag. I tillegg til redoksforhold ble det målt løst oksygen i MB8.

Brønnene MB4 og MB8 viser gjennomsnittlig negative redoksverdier i 2014 og 2015 (Tabell 2), noe som tilsier at det ikke tilføres oksygen som kan starte nedbrytningsprosesser av kulturlagene som er omgitt av grunnvannet. I brønn MB4 har redokspotensiale variert lite gjennom måleperioden, med gjennomsnitt og median beregnet til -490 mV i både 2014 og 2015 (Figur 6). Redokspotensialet i MB8 har stabilisert seg fra -440 mV i 2014 til -460 mV i løpet av måleperioden fram til sommeren 2015 (Tabell 2).

Tabell 2 Maks-, min-, median og gjennomsnittsverdier av redoksforhold målt i miljøbrønnene MB4 og MB8 i måleperioden 2013 til feb. 2015. MB8 registrerer i tillegg oksygenkonsentrasjoner i grunnvannet. MB8 ble startet des 2013 og sluttet å virke i starten av mai 2015

Redoksforhold	MB4	MB 8
2014	mV	mV
Min	-527.75	-461.21
Max	-276.79	-216.19
Median	-494.56	-448.79
Snitt	-495.67	-443.88

Redoksforhold	MB4	MB 8
2015	mV	mV
Min	-505.75	-466.81
Max	-448.82	-445.71
Median	-493.65	-460.50
Snitt	-485.15	-460.73

Oksygen	MB 8
2014	mgL -1
Min	0.014
Max	0.028
Median	0.023
Gjennomsnitt	0.023

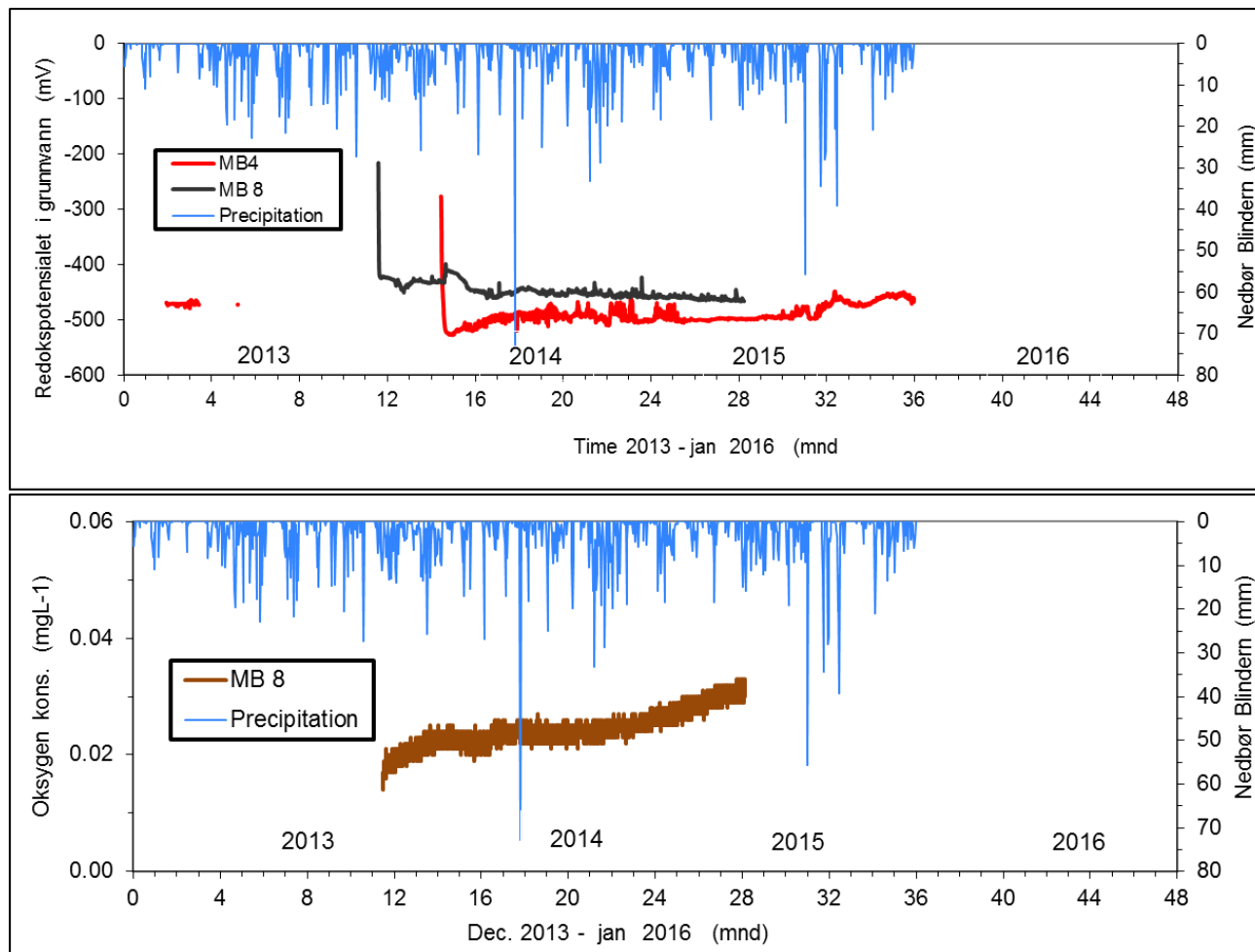
Oksygen	MB 8
2015	mgL -1
Min	0.024
Max	0.033
Median	0.029
Gjennomsnit	0.029

Oksygenkonsentrasjonen i grunnvann er blitt registrert med optisk sensor i MB8. I sistnevnte brønn ble det målt helt stabile lave nesten ikke målbare oksygenkonsentrasjon i grunnvannet på 0.02 - 0.03 mgL<sup>-1</sup> (Figur 6 og Tabell 2). Dette viser et godt samsvar i at lavt redokspotensialet samtidig viser ikke påvisbart oksygen og anoksisk grunnvann.

Ved å sammenligne grunnvannets redokspotensialet i begge brønner kan man konkludere med at oksygen ikke har trengt ned i grunnvannet i måleperioden.

Erfaringer fra andre miljøbrønner i Anders Madsens gt. i Tønsberg med måling av redoksforhold og oksygenkonsentrasjon i grunnvann har vist at verdier lavere en+ 200mV gir oksygenverdier lavere enn 0.15 mgL<sup>-1</sup> (Bergersen 2014).

Dette indikerer at grunnvannets beskyttende effekt for å bevare kulturlagene fra overvåkingsområdet ved Dronning Eufemias gt. ikke er blitt påvirket av anleggsarbeidet. Grunnvannet viser fortsatt gode bevaringsforhold som også tidligere ble påvist i mer eller mindre alle pelehull (Amundsen et al. 2012).



Figur 6 Overvåking av redoksforhold og oksygenkonsentrasjon i grunnvannet målt i miljøbrønnene MB4 og MB8 fra des 2013 til jan. 2016. Oksygenkonsentrasjon i grunnvannet måles kun i MB8. Resultatene er sammenstilt med nedbør målt i samme periode (data fra [www.yr.no](http://www.yr.no)).



### 3.3 Avvik i måleperioden

Etter at overvåkingsprogrammet startet i Dronning Eufemias gate har det vært mye anleggsarbeid i området, slik at både MOV-utstyr og -brønner ikke har gitt kontinuerlige måleserier av resultater. Miljøbrønn 5 og 7 er avviklet siden trikketrase og vei er lagt over disse. Overvåkingsdata fra avsluttet overvåking er illustrert i vedlegg 1. Oversikt over bevaringsforholdene i disse to brønner er illustrert i vedlegg 2. Detaljer omkring grunnvannsnivå, temperatur og måleparameter for å vurdere bevaringsforhold fra flere brønner i området er rapportert i Bioforsk rapportene (Bergersen 2012, 2014b). Bioforskrapporten (Bergersen 2015) viser siste overvåkingsdata fram til jan. 2015 for MB4.

Miljøbrønnene MB4 og MB8 ble undersøkt i juni 2015 og det ble skiftet batteri. Kun MB4 kommuniserte og sendte data til Hydrasenter via modem som NIBIO har etablert sammen med SEBA. Ingen feil eller mangler er oppdaget ved overvåkingen av MB4 i 2015 til april 2016. MB8 sluttet å kommunisere, men viste signaler om at loggeren samlet data juni 2015. Sistnevnte ble undersøkt april 2016 og tatt inn for videre undersøkelse i håp om å kunne hente ut data. Ingen data er hentet siden det ikke var mulig å få kontakt med loggeren. Årsaken kan være fuktskade på elektroniske komponenter. Det vil bli satt ut en ny logger i løpet av 2016.

Det er viktig å sammenligne data fra MB4 og MB8 da disse kan benyttes videre til å tolke bevaringsforholdene til kulturlagene i området på hver side av Nordenga bru.

## 4 KONKLUSJONER

I forbindelse med anleggsarbeider for anleggelse av nytt hovedgateløp i Bjørvika-byen, Oslo, ble det igangsatt et miljøovervåkningsprogram for å dokumentere bevaringstilstand og bevaringsforhold i kulturlagene i området. Fire miljøbrønner (MB3, MB4, MB5 og MB7) ble instrumentert med sensor for overvåking av grunnvannsnivå. Tre miljøbrønner (MB4, MB5 og MB7) er i tillegg til grunnvann instrumentert med multiparametersensorer for overvåking av temperatur, pH, ledningsevne og redokspotensiale i grunnvannet. Flere av disse er nå avvirket pga. ferdigstillelse av vei og trikketrase i løpet av 2014. I 2013 ble det etablert en ny miljøbrønn DEG MB8.

Denne statusrapporten presenterer data fra de to gjenværende miljøbrønnene MB4 og MB8 som gir grunnlag for å anta følgende:

- Grunnvannsnivå varierer med 16 cm fra MB4 og MB8 brønnene i overvåkningsperioden. Gjennomsnittlig og median beregninger på grunnvannsnivå er på omkring 1,90 og 2,01 moh både 2014 og 2015 for begge brønner som tilsier stabilt grunnvannnivå.
- Variasjoner i minimum og maksimum grunnvannsnivå er observert i begge brønner, MB4 (0,70 moh i 2014 og 1,15 moh i 2015) og MB8 (0,71 moh i 2014 og 0,40 moh i 2015).
- Kulturlagene som ligger under laveste grunnvannstand er ikke utsatt for uttørking som følge av endret grunnvannstand.
- Temperaturer i grunnvannet følger årstidsvariasjoner. Variasjonene innen hver brønn er fra 3-4 °C med maksimumstemperaturer på 11-12 °C. Gjennomsnitt og medianverdien er ca. 9 °C i både 2014 og 2015.
- pH ligger nøytralt på omkring 7,0 i begge brønnene 2014, men steg noe i MB 8 til 7,5 før sommeren i 2015.
- Ledningsevne (saltinnholdet) er høyt, men stabilt på over 22 - 25 mScm<sup>-1</sup> i begge grunnvannsbrønner i 2014 og 2015, som også indikerer saltvannspåvirkning i begge brønner.
- Redokspotensiale ligger stabilt på ca. -440 til -460mV (MB8) og -490mV (MB4) i både 2014 og 2015. Resultatene viser ingen tegn til at oksygen trenger ned i grunnvannet og påvirker eller skader kulturlagene. Oksygenkonsentrasjoner i MB8 viser 0,02 til 0,03 mgL<sup>-1</sup> i 2014 og 2015.
- *Stabile forhold i grunnvannet med hensyn til nivå og kjemi (saltinnhold, pH og lavt redokspotensialet) er positivt for bevaring av arkeologiske kulturlag. Ut fra data presentert i denne rapporten ser det ikke ut til at nytt høyhus vest for Nordenga bru og ferdigstillelse av veiforbindelsen på østsiden av Nordenga bru har forandret bevaringsegenskapene som grunnvannet har i dette området.*

# LITTERATURREFERANSER

**Amundsen, H.R., Bye Johansen, L.M., Amundsen, C.E., & Bergersen, O. 2011.**

Miljøovervåking i Dronning Eufemias gate (DEG), middelalderbyen, Oslo. Arkeologisk og jordfaglig undersøkelse med kartlegging av bevaringsforhold og -tilstand samt miljøovervåking av grunnvann og kulturminner, 2010-14. NIKU nr 273/ Bioforsk rapport nr 144. 2011.

**Bergersen, O. 2012.**

Overvåking av grunnvann i miljøbrønner fra Dronning Eufemias gate (DEG), Bjørvika, Oslo. Statusrapport I 2011. Bioforsk rapport 7 (66) 2012.

**Bergersen, O. 2014.**

Ett års miljøovervåking av grunnvann omkring kulturminner i området Anders Madsens gate i Tønsberg. Bioforsk rapport 9 (104) 2014.

**Bergersen, O. 2014a.**

Geokjemiske kartlegging av kulturlag i boreprofiler og ny miljøbrønn DEG 8 etablert i Bispegaten, Bjørvika, Oslo. Forundersøkelse på bevaringsforhold i kulturlag fra grunnboring i forbindelse med utbygging av ny E18. Bioforsk rapport 9 (21) 2014.

**Bergersen, O. 2014b.**

Overvåking av grunnvann i miljøbrønner fra Dronning Eufemias gate (DEG), Bjørvika, Oslo. Statusrapport II 2014. Bioforsk rapport 9 (54) 2014.

**Bergersen, O. 2015.**

Overvåking av grunnvann i miljøbrønner fra Dronning Eufemias gate (DEG), Bjørvika, Oslo. Statusrapport III 2013 og 2014. Bioforsk rapport 10 (36) 2015.

**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)

# 1. VEDLEGG

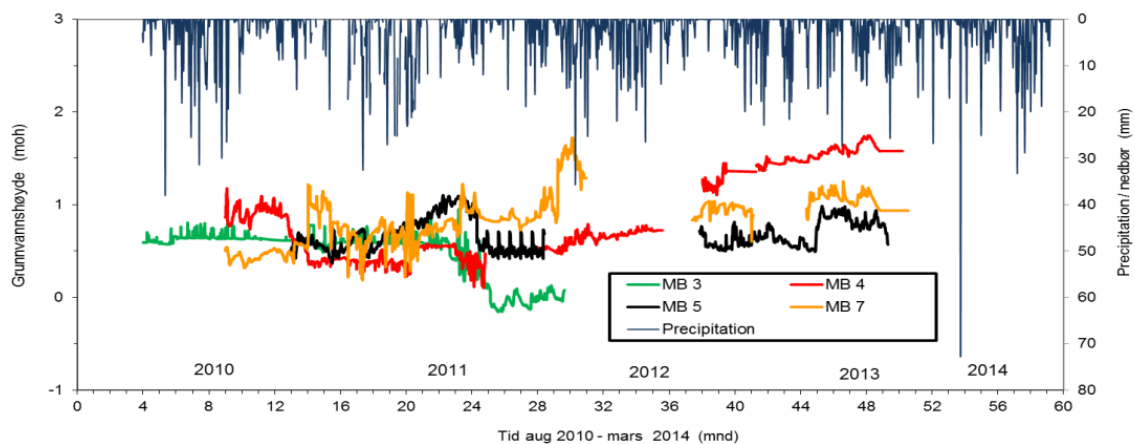
---

## Oversikt over vedlegg

1. Illustrasjon av overvåkingsdata av MB 3,4,5 og 7 for perioden 2010- til avvikling mars 2014 sammen med tabeller av gjennomsnitt-, median, min- og maks verdier i måleperioden.
2. Bevaringsforhold til kulturlag fra forundersøkelsen av MB4 og MB8.

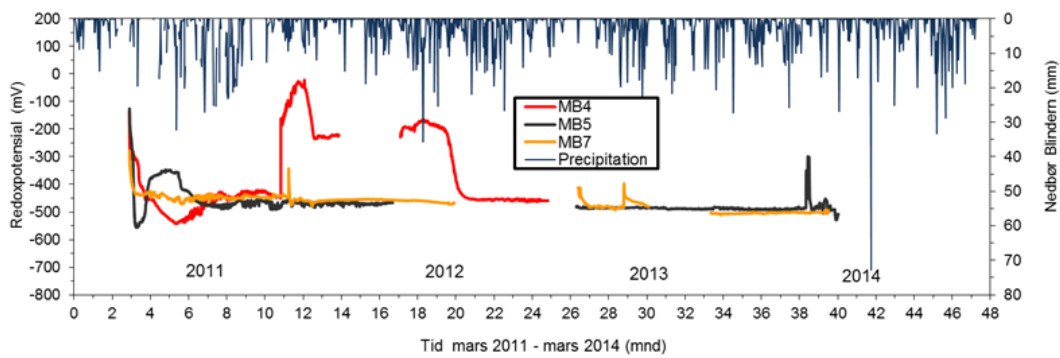
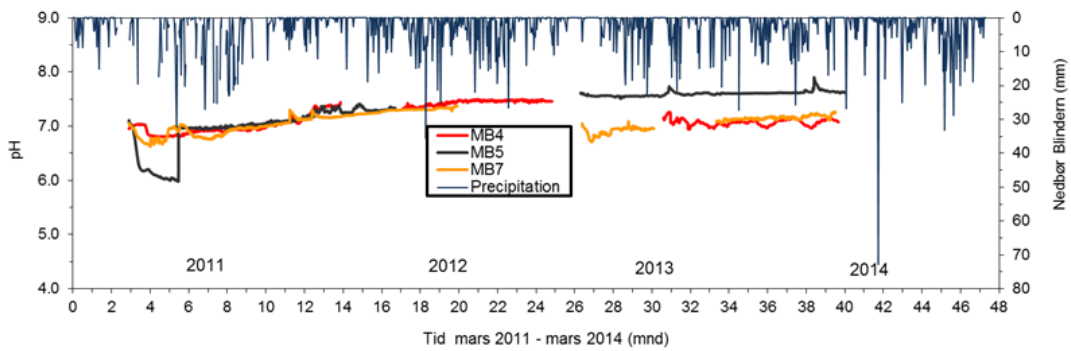
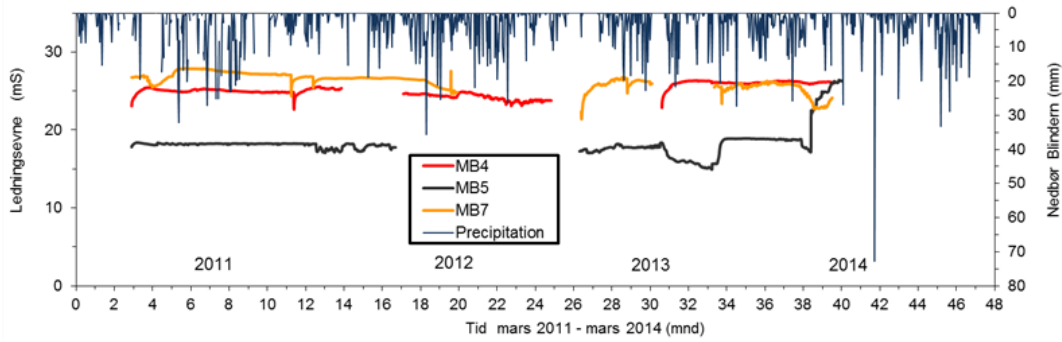
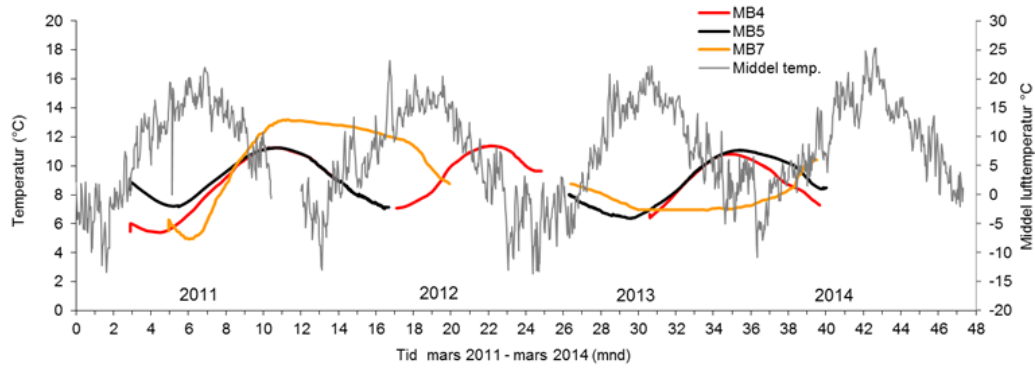
## Vedlegg 1

Overvåkingsdata fra miljøbrønner i DEG prosjektet ut mars 2014 før miljøbrønn DEG 5 og 7 måtte avvikles. Oppdaterte verdier etter Bioforsk rapport 9 (54) 2014.



Grunnvann	MB3	MB4	MB5	MB7
2010-2014	moh	moh	moh	moh
Min	-0.16	0.1	0.4	0.2
Max	0.95	1.7	1.0	1.7
Median	0.61	0.6	0.6	0.7
Snitt	0.59	0.7	0.7	0.7

# Vedlegg 1



## Vedlegg 1

Grunnvannsnivåer i miljøbrønner fra 2010 til mars 2014 DEG prosjektet.

Temp	MB4	MB5	MB7	Redoks	MB4	MB5	MB7
	°C	°C	°C		mV	mV	mV
Min	5.4	6.4	4.9	Min	-543	-557	-511
Max	11.4	11.2	13.4	Max	-22	-126	-279
Median	9.2	8.8	9.8	Median	-444	-470	-450
Gj.Snitt	8.8	9.0	9.5	Gj.Snitt	-398	-461	-453

pH	MB4	MB5	MB7	Ledningsevne	MB4	MB5	MB7
					mScm-1	mScm-1	mScm-1
Min	6.8	6.0	6.63	Min	22.6	14.9	21.4
Max	7.5	7.9	7.37	Max	26.3	26.4	27.9
Median	7.0	7.2	6.98	Median	25.0	18.2	26.9
Gj.Snitt	7.1	7.1	6.99	Gj.Snitt	25.1	18.2	26.8

Maks-, min-, median og gjennomsnittsverdier av temperatur, redoksforhold, pH og ledningsevne, målt i miljøbrønnene MB4, MB5 og MB7 i måleperioden mars 2011, til mars 2014.

## Vedlegg 2




Data fra forundersøkelsen.

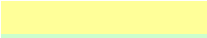
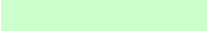
### Miljøbrønn 4

Borehull	Dyp (moh)	Bevaring		
prøve nr	tpkt. 2.45	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
	<b>1.48</b>			
1-1	0.75	Utmerket	Bra	C5
1-2	0.45	Utmerket	Bra	C5
1-3	0.15	Bra	Bra	C4
Leire	-0.20			

### Miljøbrønn 8

Borehull	Dyp (moh)	Bevaring		
prøve nr	tpkt. 3.69	Organisk materiale	Uorganisk materiale	Redoks forhold *
Sand	3.09			
DEG 8 1-2m lag K3	2.49	Bra	Middels	A4
DEG 8 1-2 m lag K5	2.19	Utmerket	Bra	A5
	<b>1.79</b>			
DEG 8 2-3 m	1.39	Utmerket	Bra	C5
DEG 8 2-3	1.09	Utmerket	Bra	C5
DEG 8 3-4 m	0.59	Utmerket	Bra	C5
Leire	-0.31			

	Elendig til dårlig
	Middels
	Bra til utmerket
	Grunnvann

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











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.