



COWI



STAVANGER DOMKIRKE – ETABLERING AV 5-ÅRIG MILJØOVERVÅKINGSPROGRAM

Bevaringsrapport, Stavanger Domkirke - resultater pr. august 2023

Line Hovd (NIKU), Liv B. Henninge og Stein B. Olsen (COWI),
Mike Voellmecke og Jørgen Engebretsen (Cautus Geo AS)





Tittel Stavanger Domkirke – Etablering av 5-årig Miljøovervåkingsprogram Bevaringsrapport, Stavanger Domkirke - resultater pr. august 2023	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 340	Publiseringsdato 03.04.2024
	Prosjektnummer 1021779-01	Sider 88
	Avdeling Arkeologi	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Line Hovd (NIKU), Liv B. Henninge og Stein B. Olsen (COWI), Mike Voellmecke og Jørgen Engebretsen (Cautus Geo AS)	ISSN 1503-4895 ISBN 978-82-8101-489-3	Periode gjennomført Januar 2020, april og juni 2021
	Forsidebilde Miljøprofil 4 i kammer D3 under installasjon av Cautus Geo AS. Sett mot sørvest. Foto: Sf229348.	

Prosjektleder Line Hovd
Prosjektmedarbeider(e) Skriv her
Kvalitetssikrer Vibeke Vandrup Martens

Finansiert av Stavanger kirkelige fellelsråd

Sammendrag
NIKU og AM UiS utførte arkeologiske undersøkelser i krypkjelleren under skipet i Stavanger domkirke 15.02.-18.06.21. Undersøkelsene omfattet dokumentasjon av jordflater og profiler, tre små utgravningsfelt, samt bygningsarkeologisk dokumentasjon. Det ble funnet rester etter jordbruk og bygninger på stedet i yngre jernalder, to grophus og spor av beinhandverk og metallarbeid i vikingtid, samt vesentlig ny informasjon om den romanske kirkebygningens fundamentering, gulv. m.m. Det ble også funnet 77 graver anlagt inne i skipet fra middelalder og etterreformatorisk periode, samt fire etterreformatoriske gravkamre. Ved etablering av nytt gulv i domkirken manglet Riksantikvaren ønsket kunnskap om hvordan kulturlagenes bevaringsforhold og -tilstand vil kunne tåle et endret klima inne i kirkebygget. Riksantikvaren ønsket dermed at kulturlagenes bevaringsforhold og -tilstand skulle analyseres gjennom en geofysisk og geokjemisk undersøkelse. Utstyr for langvarig (5 år) overvåking skulle installeres i tillegg, i fire målepunkter. Installering av utstyr og tilstandsvurdering av kulturlag i felt fant sted i 2020 og 2021, før og etter at nytt gulv ble etablert.

Abstract
NIKU and AM UiS carried out archaeological investigations in the crawlspace beneath the nave of Stavanger Cathedral (15.02.-18.06.21). The work comprised the documentation of soil surfaces and profiles, three small excavation fields, and documentation of the building's subsurface architectural features. Traces of cultivation activities and buildings from the late iron age were identified, as well as two pit houses/sunken floor buildings, remnants of bone/antler craftwork and metalwork from the Late Viking period, and substantial new information on the Romanesque building foundations, floor and more. 77 Medieval and Post-Reformation graves were identified in the nave, as well as four Post-Reformation burial chambers. However, the Directorate of Cultural Heritage lacked sufficient knowledge of the site state of preservation and preservation conditions of the archaeological deposits to assess whether they will endure an altered indoor climate. Consequently, the Directorate wanted the site state of preservation and preservation conditions of the archaeological deposits to be analysed through a geophysical and geochemical examination. Equipment for prolonged (5 years') monitoring should be installed as well, at four monitoring points. Installation of equipment and assessment of archaeological deposits on the site took place in 2020 and 2021.

Emneord Stavanger, Stavanger domkirke, krypkjeller, miljøovervåking, arkeologi, kulturlag, bevaringsforhold, geokjemi, miljøprofil
Keywords Stavanger, Stavanger Cathedral, crypt, environmental monitoring, archaeology, archaeological deposits, preservation conditions, geochemistry, environmental monitoring section

Avdelingsleder
Lise-Marie Bye Johansen

Forord

NIKU – Norsk institutt for kulturminneforskning – er et tverrvitenskapelig forskningsinstitutt med faglig ansvar for arkeologisk undersøkelse og miljøovervåking av Norges middelalderbyer, kirker, klostre og borganlegg. NIKU arbeider langsiktig innenfor feltet miljøovervåking og fungerer som en av kulturminneforvaltningens faglige rådgivere for bevaring av kulturlag i umettet og mettet sone. Målet med miljøovervåking (MOV) av kulturminner er å skaffe et godt kunnskapsgrunnlag for tiltak og politiske beslutninger, og å sikre befolkningen rett til informasjon om kulturminnenes tilstand i tråd med nasjonale mål. Miljøovervåking skal også gi myndighetene kompetanse til å sette i gang tiltak for å vedlikeholde eller forebygge forringelse av viktig kulturminneverdier og evaluere virkningen av slike tiltak.

Miljøovervåking:

- gir kunnskap og oversikt over miljøtilstand og miljøforhold
- skaffer faktagrunnlag for bærekraftig politikkutforming, forvaltning og næringsutvikling, og bidrar til bevissthet om miljøet
- gir datagrunnlag for miljøforskning og mulighet for å oppdage og forebygge miljøproblemer
- er nødvendig for å kunne utvikle, evaluere og følge opp mål, tiltak og virkemidler i miljøvernpolitikken

Miljøovervåking av middelalderske kulturlag i Norge har i all hovedsak vært gjennomført som en del av vilkårene knyttet til vedtak i forvaltningssaker. De har dermed hatt som mål å påvise eventuelle endringer i bevaringstilstand og -forhold som en følge av konkrete tiltak og måling har vært gjort innenfor relativt korte tidsspenn, som regel i fra ett til fem år. Forvaltningens behov for oversikt over – og kontroll med – kulturlagenes tilstand strekker seg utover det.

Forsvarlig forvaltning av automatisk fredete kulturlag i våre 8 middelalderbyer (Bergen, Hamar, Oslo, Sarpsborg, Skien, Stavanger, Trondheim og Tønsberg) krever inngående kunnskap om kulturlagenes bevaringstilstand og bevaringsforhold eller miljøforhold. Slik kunnskap kan innhentes gjennom et langvarig miljøovervåkingsprogram. Lange tidsserier med målinger og en jevn tilførsel av opplysninger, vil sikre forvaltningen oppdatert og tilfredsstillende kunnskap om bevaringsforhold og bevaringstilstand for de middelalderske kulturlagene i våre byer og dermed gi oss de beste forutsetninger for å drive en kunnskapsbasert forvaltning.

Målet for en kunnskapsbasert forvaltning av kulturlagene i middelalderbyene er å legge til rette for livskraftige bysentra, samtidig som ikke-fornybare kulturminneverdier kan tas vare på i et langtidsperspektiv.

Klimaet vårt er i endring. De økte nedbørsmengdene, eller endrede nedbørsmønstre, gir utfordringer for overvannshåndtering, særlig i tettbygde strøk og byer. Tilførsel av vann til kulturlagene vil i mange tilfeller i utgangspunktet være positivt, men økte nedbørsmengder kan også være en trussel mot kulturlagene dersom infiltreringsanlegg for håndteringen av overvannet ikke fungerer eller om for eksempel overflateforurensning fører til uønskede kjemiske endringer i kulturlagene. Miljøovervåking er også på dette feltet et viktig tiltak, slik at vi ved varsling om endrede forhold som følge av nedbør /økte vannmengder, som vurderes som negative for kulturlagene, kan anbefale iverksettelse av nødvendige avbøtende tiltak.

Innholdsfortegnelse

Definisjoner	7
1 Innledning	8
1.1 Administrativ og faglig bakgrunn	8
1.2 Hovedprosjekt – Arkeologiske undersøkelser i krypkjelleren, Stavanger domkirke (NIKU prosjektnummer 1021779).....	8
1.2.1 Mål for MOV-undersøkelsen	10
1.3 Arkeologisk feltarbeid, installering av teknisk utstyr og geokjemiske analyser: ansvarfordeling metoder og gjennomføring.....	10
1.4 Rapportens innhold og struktur	11
2 Miljøprofilene: Arkeologisk-stratigrafisk beskrivelse	13
2.1 Miljøprofil 1 – midtgang vest (C2)	13
2.1.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning	14
2.2 Miljøprofil 2 – midtgang øst (C4)	18
2.2.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning	18
2.3 Miljøprofil 3 – kammer A2	22
2.3.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning	22
2.4 Miljøprofil 4 – kammer D3	27
2.4.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning	27
3 Arkeologisk tilstandsvurdering av miljøprofil 1–4	33
3.1 Tilstandsvurdering miljøprofil 1	33
3.2 Tilstandsvurdering miljøprofil 2	33
3.3 Tilstandsvurdering miljøprofil 3	34
3.4 Tilstandsvurdering miljøprofil 4	35
4 Avbøtende tiltak – plombering av kulturlag	36
5 Analyseresultater kulturlag	39
5.1 Analyseparametere	39
5.2 Bevaring og bevaringsforhold	39
6 Teknisk installasjonsbeskrivelse (Cautus Geo AS)	41
6.1 Overvåkingssonder i miljøprofil	41
6.1.1 Vanninnhold og ledningsevne.....	41
6.1.2 pH og reduksjonspotensiale	41
6.1.3 Oksygen.....	42
6.1.4 Datalogger	42
6.2 Feltarbeid januar 2020, samt april og juni 2021	42
6.3 Drift og vedlikehold.....	43
6.3.1 Lading og permanent strøm.....	43
6.3.2 Vedlikehold	43
6.3.3 Videre arbeid.....	43
6.4 Plassering av miljøprofil	43
6.5 Miljøprofiler / skap	44
7 Geokjemiske analyseresultater og bevaringsvurdering (COWI)	46
7.1 Beskrivelse av jordprøver fra kulturlagene.....	46
7.2 Avvik – manglende prøveresultater.....	46
7.3 Analyseresultater jordprøver	46
7.4 Analyseresultater og bevaringsvurdering.....	47
7.5 Sensorer	49
7.5.1 Miljøprofil 1 (Skap 1)	49
7.5.2 Miljøprofil 2 (Skap 2)	50
7.5.3 Miljøprofil 3 (Skap 3)	50
7.5.4 Miljøprofil 4 (Skap 4)	51
7.6 Oppsummering.....	51
8 Vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og bevaring	52
8.1 Vurdering av arkeologisk tilstand	52
8.2 Vurdering av bevaringsforhold	52
9 Konklusjoner	53
10 Referanser	55
11 Vedlegg1: Bilder fra installasjonsarbeidene	56
12 Vedlegg 2: Sensordata	61

12.1	Skap 1	61
12.2	Skap 2	64
12.3	Skap 3	67
12.4	Skap 4	70
13	Vedlegg 3: Analyseresultater.....	73

Definisjoner

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

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.

1 Innledning

1.1 Administrativ og faglig bakgrunn

Bakgrunnen for den arkeologiske undersøkelsen og etableringen av et miljøovervåkingsprogram var tiltak i forbindelse med det omfattende restaureringsprosjektet fram mot 900-års jubileum for Stavanger i 2025 (Domkirken 2025, se Schjelderup og Gram 2013). Stavanger domkirke ligger innenfor middelalderbyen Stavanger, sentralt plassert i byen på en høyde mellom Breivatnet i sør og Vågen i nordvest (se Figur 1). Under koret er det tidligere funnet eldre kristne graver.

Skjelettmateriale som trolig stammet fra noen av disse gravene er datert vikingtid. Ut fra dette og andre funn tilknyttet domkirken og de nærmeste omgivelsene – gjenstandsfunn, spor av spesialisert produksjon og bosetning – var det forventet at grunnen under domkirken kunne inneholde materiale og levninger av stor interesse for spørsmål knyttet en eldre kirkebygning, den eldste bosetningen og bydannelsen i Stavanger m.m.

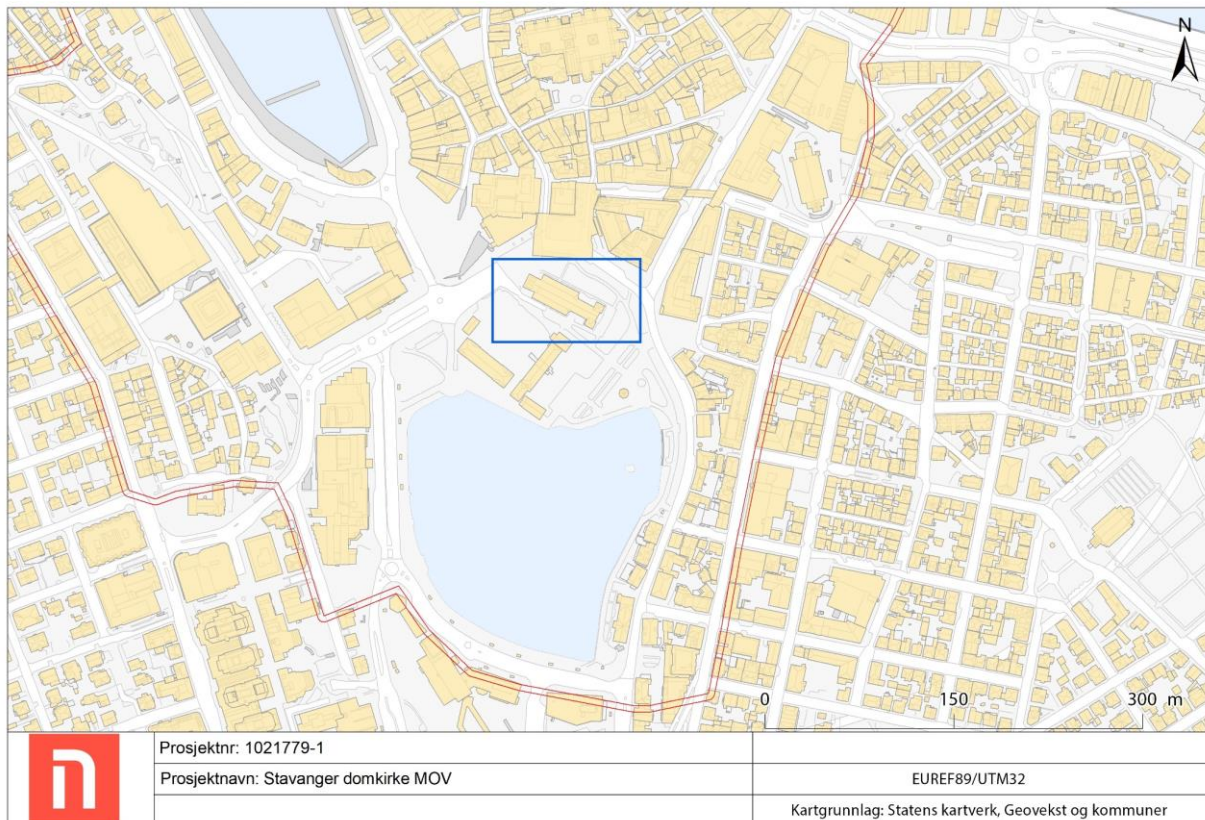
Tiltakene i domkirkens krypkjeller, etablering av ny gulvløsning i skipet og igjenfylling av krypkjeller, innebar konflikt med automatisk fredet bygrunn fra middelalder, kulturminne-ID 88461 Middelalderbyen Stavanger, Stavanger domkirke kirkested, kulturminne-ID 85552 og Stavanger domkirke kulturminne-ID 85552-1. Tiltakene krevde derfor dispensasjon etter Kulturminnelovens § 8 første ledd. Søknad om dispensasjon ble sendt til Riksantikvaren 19.12.2019. Riksantikvaren fattet vedtak i saken den 18.01.2021, med vilkår om gjennomføring av en arkeologisk undersøkelse i krypkjelleren, og vedtak om dekning av utgifter til undersøkelsene etter § 10 (RA 20/09600-86).

Vilkår for dispensasjon for tiltakene inkluderte etablering av et miljøovervåkingsprogram (MOV) i domkirkens krypkjeller. Dette skulle omfattet fire overvåkingspunkter med en overvåkingsperiode på fem år. Det skulle installeres sensorer ved to punkter før det eksisterende tregulvet i domkirken ble fjernet, og to etter. Videre skulle samtlige profiler og jordflater dekkes til med ikke-marin leire før oppfylling av krypkjelleren, som et avbøtende tiltak for videre *in situ* bevaring av gjenværende kulturlag.

MOV-delen av den arkeologiske undersøkelsen ved Stavanger domkirke ble organisert som et underprosjekt, NIKU prosjekt 1021779-01, og inneværende rapport gjelder kun miljøovervåking. For hovedundersøkelsen, NIKU prosjekt 1021779, er det utarbeidet en egen rapport (Ødeby *et al.* 2022), og det henvises til denne for en fullstendig gjennomgang av saksgang, utgravings forløp, funn og dateringer, samt HMS. I delkapittelet under (1.2) gis det en kort redegjørelse.

1.2 Hovedprosjekt – Arkeologiske undersøkelser i krypkjelleren, Stavanger domkirke (NIKU prosjektnummer 1021779)

De arkeologiske undersøkelsene i krypkjelleren i Stavanger domkirke ble utført av NIKU og AM UiS 15. februar til 18. juni 2021, og ble finansiert av tiltakshaver Stavanger kirkelige fellesråd/Stavanger kommune. Hensikten med de arkeologiske undersøkelsene var å sikre kilde- og kunnskapsverdien av levninger i grunnen i tiltaksområdet, samt bygningsdeler av kirken som ville bli utilgjengelige etter at nytt betonggulv var støpt i skipet.



Figur 1: Utsnitt av Stavanger middelalderby (kulturminne-ID 88461), med vernesonen merket med rød linje, og Stavanger domkirke merket i blått. Kart: NIKU.

Feltarbeidet ved hovedundersøkelsen ble utført i løpet av 17 arbeidsuker, med totalt seks medarbeidere i felt, fra både NIKU og AM UiS. Etter fjerning av tregulvet i skipet, ble alle tilgjengelige, eksponerte jordflater i krypkjelleren rensert opp og dokumentert arkeologisk, ca. 215 m² i alt. I tre av krypkjellerens kamre, D2, D3 og D7, ble det foretatt arkeologisk utgravning. Totalt ble om lag 26 m² gravd ut. I tillegg ble det utført dokumentasjon av tørrmurer, fundamenter og bygningsdeler fra middelalder i hele krypkjelleren. I krypkjelleren var det to langsgående tørrmurer på til sammen ca. 77 løpemeter i tillegg til 20 tverrgående tørrmurer med samlet lengde på ca. 35 løpemeter, totalt ca. 112 løpemeter. Tørrmurenes tykkelse varierte fra 40–60 cm langs ytterveggene og 80–100 cm for den langsgående muren i midtskipet og for murene som gikk mellom veggene og de ti søylene (Ødeby *et al.* 2022).

Området i domkirken som skulle undersøkes var preget av inngrep i nyere tid, også inngrep som var gjort ned i automatisk fredete kulturlag. Ved restaureringsarbeidene i 1867–75 ble hellegulvet erstattet med tregulv, og det ble da gravd ut en krypkjeller under skipet (1867). Det ble også lagt opp tørrmurer for å bære tregulvet og støtte de frittstående søylene og ytterveggene (hovedsakelig i 1867 og 1868). Tørrmurene tok opp mye av arealet under skipet, og krypkjelleren besto derfor av små kamre knyttet sammen med smale passasjer. Langs midten av skipet ble det gravd en dypere gang som var opp til 1,5 meter dyp og om lag én meter bred (Ekroll og Hess 1998, Hommedal 2003, Fyllingen og Brun 2017:24).

Hovedundersøkelsen skulle da dokumentere krypkjelleren slik den fremstod i 2021 før oppfylling for nytt gulv. Fra de utgravde kamrene og de undersøkte jordflatene ble det funnet rester etter jordbruk og bygninger på stedet i yngre jernalder, to grophus og spor av beinhåndverk og metallarbeid i vikingtid, samt vesentlig ny informasjon om den romanske kirkebygningens fundamentering, gulv. m.m. Det ble også funnet 77 graver anlagt inne i skipet fra middelalder og etterreformatorisk periode, samt fire etterreformatoriske gravkamre (Ødeby *et al.* 2022).

1.2.1 Mål for MOV-undersøkelsen

Det er behov for langtidsprogram / lange tidsserier for måling av bevaringsforhold i kulturlag. Miljøovervåking i relasjon til arkeologiske kulturlag er undersøkelser av jordkjemi, for å kunne avsløre om aktiv nedbrytning pågår, om bevaringsforhold forverres og om det eventuelt kan være behov for å gjennomføre avbøtende tiltak for å bremse nedbrytningen – og i så fall hvilke avbøtende tiltak som vil kunne ha effekt på den berørte lokaliteten. MOV utføres i dette prosjektet etter Norsk Standard NS9451:2009. Det foreligger ved denne rapportens publisering en ny europeisk standard, NS EN 17652:2022, men arbeidet denne rapporten omfatter ble utført før denne forelå. Samme utstyr benyttes i alle prosjekter i middelalderbyene – det gir best mulig innsikt i betydningen av måledataene, hvordan de skal tolkes og muligheter/begrensninger for fortsatt *in situ* bevaring. Dataene fra overvåkingen gir innsyn i om bevaringsforholdene endres av tiltaket/byggearbeidet. Det kan være både bedring (stabilisering) og forverring (eskalert nedbrytning) i bevaringsforholdene.

I Stavanger Domkirke er det utelukkende kulturlag i umettet sone, over grunnvannstand. Tidligere undersøkelser har vist at lagene er tørre og porøse. Det er derfor utført avbøtende tiltak i form av tildekking med leire for alle eksponerte kulturlagsflater og -profiler i krypkjelleren før oppfylling og støpning av gulv. Tildekking ble utført etter anvisning fra NIKU, og med overvåking første gang dette ble utført. Samtlige profiler og jordflater ble dekket med ikke-marin blåleire.

1.3 Arkeologisk feltarbeid, installering av teknisk utstyr og geokjemiske analyser: ansvarfordeling metoder og gjennomføring

Feltarbeidet tilknyttet tiltaket ble gjennomført i flere omganger, først i 2020 fra 14.01–16.01 (miljøprofil 1 og 2), for så i 2021, den 13.04 (miljøprofil 3) og den 15.06 (miljøprofil 4). Arbeidet ble koordinert av NIKU ved prosjektleder Line Hovd og Vibeke Vandrup Martens, med bistand fra prosjektleder for hovedutgravningen Halldis Hobæk. Utgravningsleder Kristine Ødeby fra NIKU bisto med håndgraving og innmålingsarbeid, sammen med flere fra NIKU og AM UiS. Mike Voellmecke og Jørgen Engebretsen, samt Lars Steinar Hefre i 2021, fra Cautus Geo AS gjennomførte installeringen av MOV-prosjektets måleutstyr etter at fire egnete kulturlagsprofiler, heretter betegnet som «miljøprofiler», ble klargjort i forkant av og utover i utgravningens forløp. Vibeke Vandrup Martens og Line Hovd fra NIKU gjennomførte den arkeologiske tilstandsanalysen, og prøver tatt fra utvalgte kulturlag ble oversendt COWI AS for geokjemiske og geofysiske analyser i henhold til Norsk Standard NS 9451 (2009). Analysene ble gjennomført av Eurofins. Byggeleder for Domkirken 2025 var Bengt Frantzen, entreprenøren for arbeidet var Head Energy AS, med underentreprenør Hako Total AS.

NIKUs arbeid i felt ifm. med MOV-undersøkelsen begynte før kirkens tregulv over krypkjelleren ble tatt ned. Her ble allerede eksponerte jordprofiler i krypkjellerens midtgang anvendt, gravd i forbindelse med restaureringsarbeidene gjennomført i 1867–75, med intakte vernede kulturlag som var egnet for tilstandsvurdering og installering av MOV-prosjektets måleutstyr. Etter at tregulvet var fjernet, ble to kamre utgravd hvor ytterligere jordprofiler ble vurdert som egnet for installasjon. I kammer A2 og D3 nord og sør i skipet, var det i løpet av utgravningen mulig å grave seg ned til den naturlige undergrunn og samtidig blottlegge egnete vertikale jordprofiler med stratifiserte kulturlag.

Profilene, heretter betegnet som **miljøprofil 1–4**, ble renset fram og dokumentert arkeologisk, og en tilstandsvurdering ble gjennomført i tråd med Norsk Standard 9451:2009. Jordprøver til geokjemisk og geofysisk analyse ble tatt fra utvalgte kulturlag. Deretter ble målesensorer og tilhørende koblingsbokser og referansesensorer installert av Cautus Geo AS i tilknytning til de fire profilene. For de to første installerte målepunktene ble det lagt opp til en midlertidig løsning med batteripakker som strømforsyning for dataloggerne, frem til en endelig løsning kunne etableres. Trekkerør ble da, da alle punkter var installert, lagt fra profilene og ut i midtgangen for trekking av kabler frem til et skap for dataloggere som ble montert på veggen i nytt teknisk rom øst i kirken. Jordprofilene og sensorene ble forseglet med ikke-marin leire og kamrene i krypkjelleren ble fylt igjen med «lettere» masser, glasopor.

I enkelte kamre i skipet ble det anvendt tyngre tette masser. Glasoporen / tyngre masser ble komprimert for å hindre fremtidige setningsskader, og deretter ble et betongdekk støpt som fundament for nytt kirkegulv. Betongdekket ble ferdig støpt den 15. september 2021.

Digital innmåling i felt ble gjennomført ved bruk av en Trimble S5 totalstasjon. Høydesystem NN2000 ble benyttet, og koordinatsystem EUREF 89 UTM Zone 32N.

1.4 Rapportens innhold og struktur

Rapporten redegjør for gravearbeid og tilstandsvurdering av kulturlag gjennomført av NIKU, installering av MOV-utstyr gjennomført av Cautus Geo AS, og analyser av jordkjemiske og jordfysiske prøver utført av Eurofins AS og vurdering av kulturlagenes bevaringsforhold gjennomført av COWIs spesialister. Cautus Geo AS utarbeidet en egen samlet rapport for installeringsarbeidet. Rapporten deres er innlemmet i denne rapportens hovedtekst. Rapporten er ellers samsskrevet mellom COWI og NIKU.

Kapittel 2 og **kapittel 3** presenterer resultatene av feltarbeidet som ble gjennomført av NIKU. De arkeologiske-stratigrafiske forholdene i de enkelte kamrene presenteres først og etterfølges av den arkeologiske tilstandsvurderingen av kulturlagene som ble påvist i de enkelte miljøprofiler. **Kapittel 4** gir en redegjørelse av tildekking med ikke-marin leire som et avbøtende tiltak. **Kapittel 6** presenterer den tekniske rapporten for installering av MOV-utstyret utført av Cautus Geo AS. **Kapittel 7** presenterer resultater av analyser av jordkjemiske prøver tatt fra utvalgte kulturlag i miljøprofilene. Analysene ble gjennomført av Eurofins AS, og resultatvurderingen ble gjennomført av COWI, se **kapittel 7** og **kapittel 8**. NIKUs avsluttende vurderinger legges fram i **kapittel 9**.

For ytterligere og detaljert gjennomgang av selve hovedutgravings saksgang, gjennomføring og tolkning- og dateringsgrunnlaget m.m., henvises det til hovedrapporten, NIKU Rapport 118/2022, publisert 30.08.2022 (Ødeby *et al.* 2022), og skrevet i samarbeid med AM UiS.



Figur 2: Akseplan over krypkjellerens kammerinndelinger, med miljøprofil (MP) markert i rød firkant. Kabler fra sensorer ble lagt i føringsrør i krypkjellerens midtgang frem til skap for datalogger plassert i «teknisk rom». Kamrenes benevnelse er merket øverst i venstre hjørne.

2 Miljøprofilene: Arkeologisk-stratigrafisk beskrivelse

Ved den arkeologiske undersøkelsen, NIKU prosjekt 1021779, ble det påvist intakte vernede kulturlag i flere av de undersøkte kamrene, men de fleste hadde ved utgravningens avslutning relativt små igjenstående kulturlagsprofiler. Der det ble installert utstyr var naturlig nok der kulturlagsprofilene var størst/tykkest og ble ansett som best egnet. Egnethet ble også vurdert opp mot HMS på lokaliteten og praktiske/logistiske utfordringer. Det kan også nevnes at det var sært lite bevarte kulturlag og strukturer øst i domkirkens skip, noe som utelukket området for miljøovervåking. Miljøprofil 1 og 2 ble etablert i 2020 i krypkjellerens midtgang (se Figur 2, midtgangen er merket «C» på kartet), som ble spadd ut i bevarte kulturlag og *in situ* graver på 1860-tallet. Profilene i denne midtgangen har blitt dokumentert av AM UiS (Denham og Gil 2022). Miljøprofil 3 og 4 ble etablert i to av kamrene (A2 og D3) hvor det var mulig å totalgrave kulturlag og strukturer i forbindelse med hovedutgravingen for dette prosjektet i 2021 (se Figur 2). En del av lagbeskrivelsene for disse to kulturlagsprofilene er hentet fra denne rapporten (Ødeby *et al.* 2022). De stratigrafiske forholdene som ble avdekket i kulturlagsprofilene beskrives hver for seg herunder.

2.1 Miljøprofil 1 – midtgang vest (C2)

Miljøprofil 1 ble installert i kammer C2, i krypkjellerens midtgang i domkirkens skip, før domkirkens eksisterende tregulv ble fjernet. I den vestre enden av midtgangen ble det påvist en egnet sørvendt kulturlagsprofil under øst-vestgående indre murfundament/kammer – ***miljøprofil 1*** (se Figur 7). Her hadde det blitt grave ned til naturlig undergrunn på 1860-tallet. Profilet var ca. 0,90 m bredt og var 0,20–0,40 m høy. Topp overflate lå ved ca. 9,74 moh. Profilet ble i tillegg til etablering av én målestasjon brukt til tilstandsvurdering og jordprøveuttak.



Figur 3: Miljøprofil 1 under installasjon av sensorer i vest krypkjellerens midtgang. Sett mot vest. Foto: Sf229351.



Figur 4: Målesensorer installert i miljøprofil 1. Sett mot nordvest. Foto: Sf223952.

Fra installerte sensorer ble kabler lagt i rør frem til skap for dataloggeren like vest for profilet. Dataloggeren ble i perioden 14.01.2020 til 13.04.2021 midlertidig forsynt av strøm via en ladbar batteribank, før permanent strømforsyning kunne etableres. Samtidig med installasjon av miljøprofil 3, ble skapet for datalogger flyttet til «teknisk rom» øst i domkirken, og kablene ble da lagt i føringsrør i krypkjellerens midtgang. Etter montering av sensorene se (se Figur 4) ble profilet tildekket med ikke-marin leire (se Figur 5) og kammeret/midtgangen ble fylt opp med glasopor/tyngre masser som føringsrøret ble liggende i. Ved overvåkingspunkt ble også koblingsmodul for pH og redoks liggende igjen i oppfyllingsmassene.

2.1.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning

Profilet (se Figur 6 og Figur 7) inneholdt en ca. 20 cm tykke stratifiserte strukturer/nedgravninger, samt stratifisert akkumulasjon av horisontalt liggende naturlige avsetninger. Kulturlagstykkelsen som er bevart er lite, og består av to til tre definerte lag/strukturer (Figur 7 og Tabell 1 bør benyttes i sammenheng med påfølgende redegjørelse).

De øverste lagene (lag 1 og 2) var forholdsvis tørre og minerogene i karakter. Den naturlige undergrunnen (lag 3 og 4) besto i dette området av både morenemasser og lysegul grusholdig sand.



Figur 5: Miljøprofil 1 tildekket med leire etter ferdigstilt installasjon, samt ladbar batteripakke etablert som midlertidig strømforsyning. Sett mot vest. Foto: Sf223955.

Lag 1 i profilet representerer en grav, kutt og fyll, bestående av både skjelettmateriale og rester av en trekiste. Laget bestod hovedsakelig av lys gråbrun homogen sandblandet humus, med innslag av treflis eller små trebiter. Ved undersøkelsene gjennomført av AMs i 2018, ble dette området betegnet som «seksjon A, grav 1» (Denham og Gill 2022). Både trekisten og en tann ble datert, noe som gav sprikende resultater, med en midt-/sen 1100-talls datering på skjelettet og en 1600-talls datering på trekisten. Graven ble dermed tolket som å være en gjenbegravelse av et eldre individ i en «ny» kiste på 1600-tallet (Denham og Gill 2022).

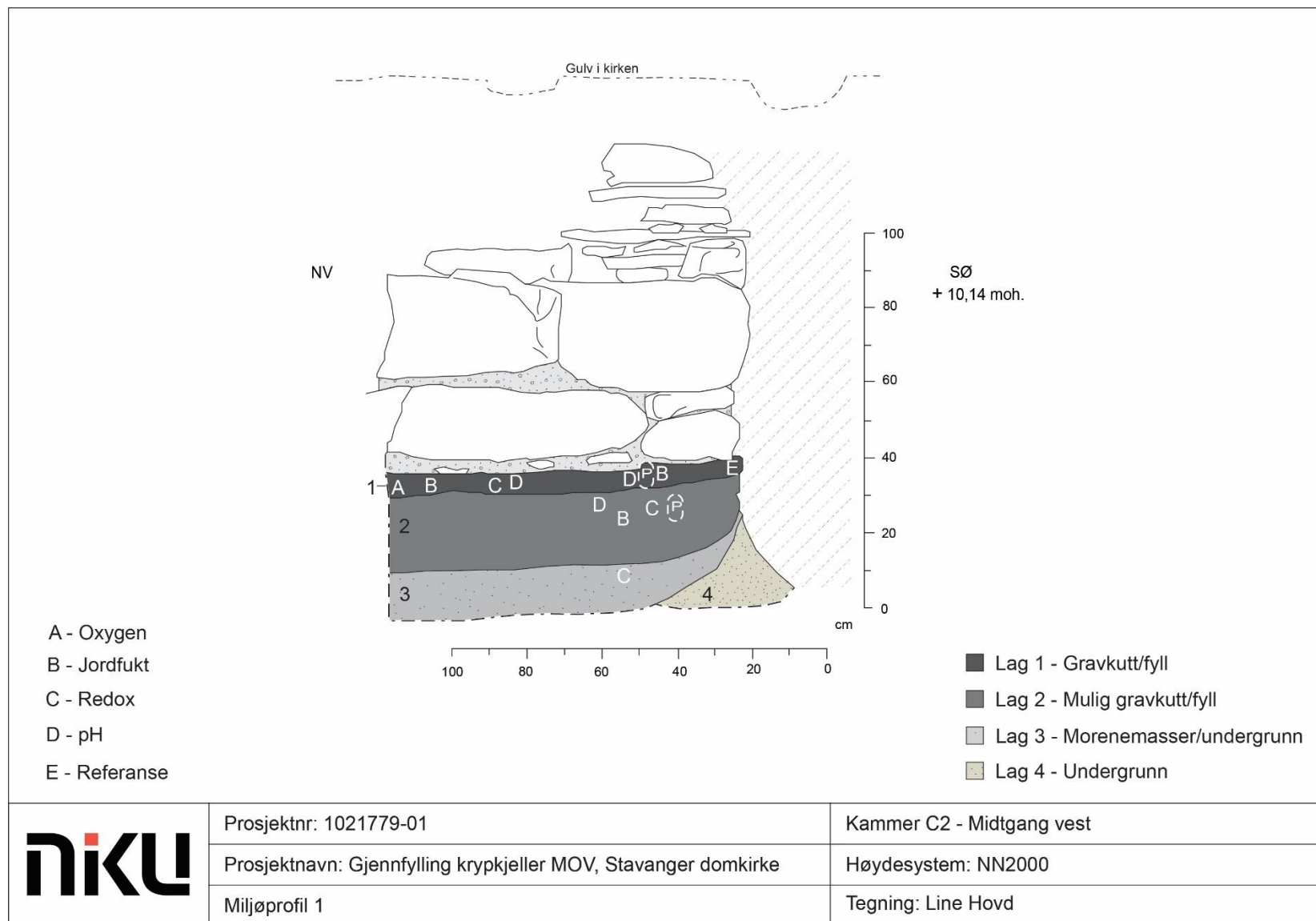
Lag 2 bestod av et fyll av lys gulbrun humusblandet sand med noe grus. Laget var relativt kompakt, men også tørt og porøst. Dette ble tolket som et mulig eldre gravkutt/-fyll. Dette laget ble ikke datert, men om denne strukturen representerer en grav, kan den tolkes som å være eldre enn 1600-tallet.

Tabell 1: Miljøprofil 1, lagbeskrivelse og tolkning.

Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
1	Mørk brun sandblandet humus, treflis og noe små trebiter. En liten andel grus. Laget er løst. 5–6 cm tykt.	9.74	Jordkjemisk prøve	Jernalder/ etterreformatorisk	Grav
2	Lys gulbrun humusblandet sand med grus. Kompakt. Ca. 20 cm tykt.	9.69	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Mulig grav
3	Morenematerie blandet med strandsand. Kompakt. Minst 10–15 cm tykt.	9.49			Morenemasser/naturlig undergrunn
4	Fin lys strandsand. Kompakt. 10–20 cm eksponert.	9.54			Naturlig undergrunn.



Figur 6: Miljøprofil 1 i kryptkellerens midtgang ferdig renset. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Sett mot nordvest. Foto: Sf223949.



Figur 7: Stratigrafi ved miljøprofil 1 vest i krypkjellerens midtgang, kammer C2, under domkirkens skip. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Illustrasjon: NIKU.

2.2 Miljøprofil 2 – midtgang øst (C4)

Miljøprofil 2 ble installert i kammer C4 før domkirken eksisterende tregulv ble fjernet, omtrent midt på krypkjellerens midtgang i en egnet nordvendt kulturlagsprofil under øst-vestgående indre murfundament/kammer – *miljøprofil 2* (se Figur 8). Her var det spadd ut ned til naturlig undergrunn på 1860-tallet. Profilet var ca. 1,2 m bredt og 0,80–0,90 m høy. Topp overflate lå ved ca. 10,04 moh. Profilet ble i tillegg til etablering av én målestasjon brukt til tilstandsvurdering og jordprøveuttak.



Figur 8: Tv.: Miljøprofil 2 før installasjon av sensorer. Sett mot nordvest. Foto: Sf223953. Th.: Sensorer installert i krypkjellerens midtgang mot øst, MP2. Sett mot sørøst. Foto: Sf223954.

Fra installerte sensorer ble kabler lagt i rør frem til skap for dataloggeren, som lå plassert like over profilet på tørrmur fra 1860-tallet (se Figur 8). Dataloggeren ble i perioden 14.01.2020 til 13.04.2021 midlertidig forsynt av strøm via en ladbar batteribank før permanent strøm kunne etableres. Samtidig med installasjon av miljøprofil 3, ble skapet for datalogger flyttet til «teknisk rom» øst i domkirken, og kablene ble da lagt i føringsrør i krypkjellerens midtgang. Etter montering av sensorene ble profilet tildekket med ikke-marin leire (se Figur 9) og kammeret ble senere fylt opp med glasopor/tyngre masser for etablering av nytt betonggulv, og føringsrøret ble liggende i disse. Ved overvåkingspunkt ble også koblingsmodul for pH og redoks liggende igjen i oppfyllingsmassene.

2.2.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning

Profilet (se Figur 10 og Figur 11) inneholdt en ca. 20–40 cm tykke strukturer/nedgravninger, samt stratifisert akkumulasjon av horisontalt liggende naturlige avsetninger. Kulturlag som er bevart er lite, og består av to til tre definerte lag (Figur 11 og Tabell 2 bør benyttes i sammenheng med påfølgende redegjørelse).

Det øverste laget (lag 1) var et lag med utjevningmasser for mur, mens kulturlagene under dette (lag 2 og 3) var forholdsvis tørre og minerogene i karakter. Den naturlige undergrunnen (lag 4) besto i dette området av morenemasser.



Figur 9: Miljøprofil 2 tildekket med leire etter ferdigstilt installasjon. Skap for datalogger ble plassert like over profilet fram til den skulle flyttes til «teknisk rom». Sett mot sørvest. Foto: Sf223956.

Profilets lag 2 og 3 representerer to graver, kutt og fyll, som bestod hovedsakelig av lys gråbrun homogen humusblandet sand med noe grus og enkelte stein. I lag 3 var det også noe innslag av kalk.

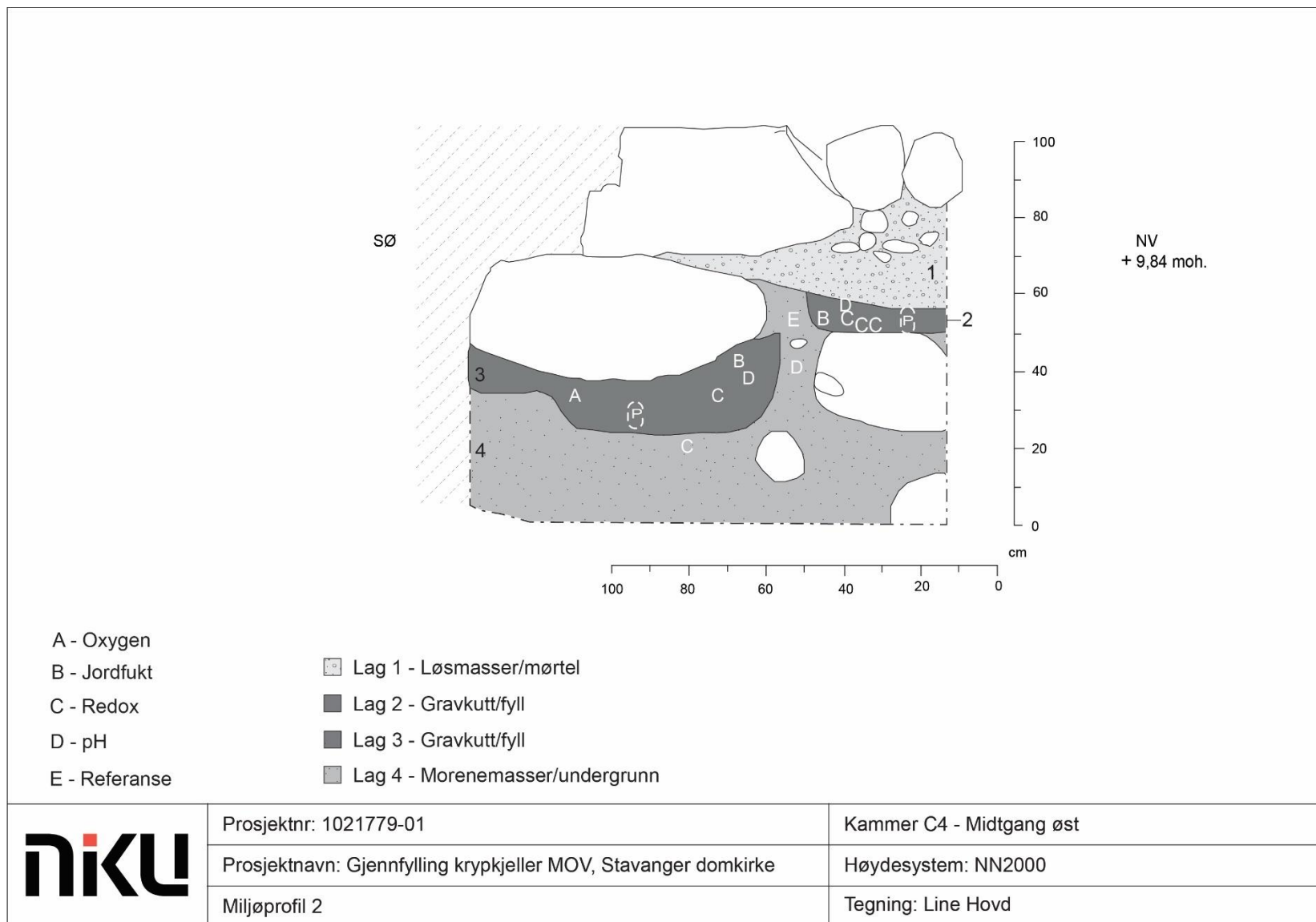
Ved undersøkelsene gjennomført av AMs i 2018, ble motsatt side av midtgangen, den nordre siden, i dette området betegnet «seksjon D, grav 4 og 5» (Denham og Gill 2022). Dateringer av grav 4 gav samme resultater som ved graven i miljøprofil 1, hvor datering av fragment fra trekiste og skjelett gav sprikende resultater. Individet ble datert til tidlig 1000-tallet, mens kisten ble datert til 1700-tallet, og samme tolkning av resultatene ble gjort her som for graven ved miljøprofil 1, hvor graven representerer en gjenbegravelse av et eldre individ i en «ny» kiste på 1700-tallet. Grav 5 fikk en 1400-talls datering, og ble tolket som å representere en primærbegravelse (Denham og Gill 2022). Det kan dermed vurderes om gravene i umiddelbar nærhet til disse kan gis samme dateringsintervaller, eller om skipets gulv har hatt så hyppige begravelser og gjenbegravelser at dette blir for usikkert å fastslå med sikkerhet.

Tabell 2: Miljøprofil 2, lagbeskrivelse og tolkning.

Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
1	Løst gråbrunt lag med en del stein, noe mørtel, omrotete med moderne masser. Laget er løst. 10–23 cm tykt.	10.04		Nyere tid	Utjevning
2	Lys brun humusblandet sand med noe grus. Laget er løst. 5–10 cm tykt. Laget er løst	9.69	Jordkjemisk prøve	Jernalder/ Middelalder/ nyere tid	Grav
3	Brun/lys brun humusblandet sand med grus, og noe stein. Liten andel kalk. Laget er løst. 10–25 cm tykt.	9.44	Jordkjemisk prøve	Middelalder	Grav
4	Morenematerie blandet med strandsand. Kompakt. Minst 20–60 cm eksponert.	9.34	Jordkjemisk prøve		Morenemasser/naturlig undergrunn



Figur 10: Miljøprofil 2 i krypkjellerens midtgang ferdig renset. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Sett mot sørvest. Foto: Sf223950.



Figur 11: Stratigrafi ved miljøprofil 2 øst i krypkjellerens midtgang, kammer C4, under domkirkens skip. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Illustrasjon: NIKU.

2.3 Miljøprofil 3 – kammer A2

Miljøprofil 3 ble installert i kammer A2, etter at domkirkens eksisterende tregulv ble fjernet, helt nordvest i domkirkens skip. Kammeret og kulturlagene som ble påvist i dette området ble gravd for hånd, og her ble det påvist en egnet nordvendt kulturlagsprofil under øst-vestgående indre murfundament/kammer – **miljøprofil 3** (se Figur 2). I dette kammer ble det mulig å grave ned til naturlig undergrunn, noe som ikke var tilfelle for alle kamrene på grunn av HMS-problematikk (det henvises til rapport fra hovedundersøkelse for nærmere beskrivelse av forholdene; Ødeby *et al.* 2022). Profilet var ca. 1,4 m bredt og 0,40–0,50 m høy. Topp overflate lå ved ca. 9,91 moh. Profilet ble i tillegg til etablering av én målestasjon brukt til tilstandsvurdering og jordprøveuttak.

Fra installerte sensorer ble kabler lagt i føringsrør i krypkjellerens midtgang og frem til «teknisk rom», hvor skapet for datalogger ble montert, eksisterende skap ble bygget om til ett enkelt skap, og permanent strømtilførsel ble etablert. Etter montering av sensorene ble profilet tildekket med ikke-marin leire og kammeret ble fylt opp med glasopor som fundament for nytt betonggulv, hvor føringsrøret ble liggende (se Figur 13 og Figur 14). Ved overvåkingpunkt ble også koblingsmodul for pH og redoks liggende igjen i oppfyllingsmassene.



Figur 12: Miljøprofil 3 under installasjon av sensorer i kammer A2. Sett mot sør. Foto: Sf223946

2.3.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning

Profilet (se Figur 15 og Figur 17) inneholdt en ca. 30–40 cm tykk stratifisert akkumulasjon av horisontalt liggende avsetninger, samt enkelte nedgravninger (ardspor). Kulturlagstykkelsen som er bevart er liten, og består av to til tre definerte lag (Figur 17 og Tabell 3 bør benyttes i sammenheng med påfølgende redegjørelse).

De øverste lagene (SL3290 og SL3947) hadde relativt høyt organisk innhold og var forholdsvis fuktige, mens det nederste laget (SL3555) til gjengjeld var forholdsvis tørt og minerogen i karakter. Den naturlige undergrunnen (SL1100) besto i dette området av lysegul grusholdig sand.



Figur 13: Målesensorer installert i miljøprofil 3. Sett mot sør. Foto: Sf223945.



Figur 14: Miljøprofil 3 tildekket med leire etter ferdigstilt installasjon. Sett mot nordvest. Foto: Sf223947.

Aktivitetsslagene SL3290 og SL3947 var sand- og siltholdig, og inneholdt 20–40 % organisk materiale, noe grus og kull, samt skjell. I profil C3949 kunne det observeres fem horisontale skiller i laget, en klar indikasjon på en stratifisert deponering over lang tid. Lagets avgrensning i plan skyldes trolig forstyrrelser fra yngre gravkutt. I toppen av aktivitetsslaget SL3290 ble det funnet artikulerte bein fra en grisebø, som viste at beina og dermed laget under var uforstyrrete. En prøve fra grisebein, samt et forkullet fragment av bjørk (*Betula*), ble ¹⁴C-datert. Det yngste og mest sannsynlige dateringsresultatet kunne snevres inn til perioden første halvdel av 1000-tallet (det henvises til hovedrapport for fullstendig dateringsgrunnlag, Ødeby *et al.* 2022).

Lag SL3555 var trolig avsetninger fra dyrkningsaktivitet. Laget bestod hovedsakelig av lys gråbrun homogen sand og grus, med innslag av humus og enkelte dyrebein. En del fiskebein ble funnet i SL3555. Fiskebeinene er tolket som å kunne ha blitt benyttet som gjødsel, eller ha kommet ned i dyrkningslaget fra det overliggende kulturlaget (SL3290) (Ødeby *et al.* 2022). Mikromorfologisk analyse av aktivitets- og dyrkningslag i A2 (SL3555 og SL3290) viste innhold av både latrine-avfall og husdyrmøkk (Macphail 2022) Det kan tyder på gjødsling, og styrker tolkning av dyrkning i området i yngre jernalderen.

Tabell 3: Miljøprofil 3, lagbeskrivelse og tolkning.

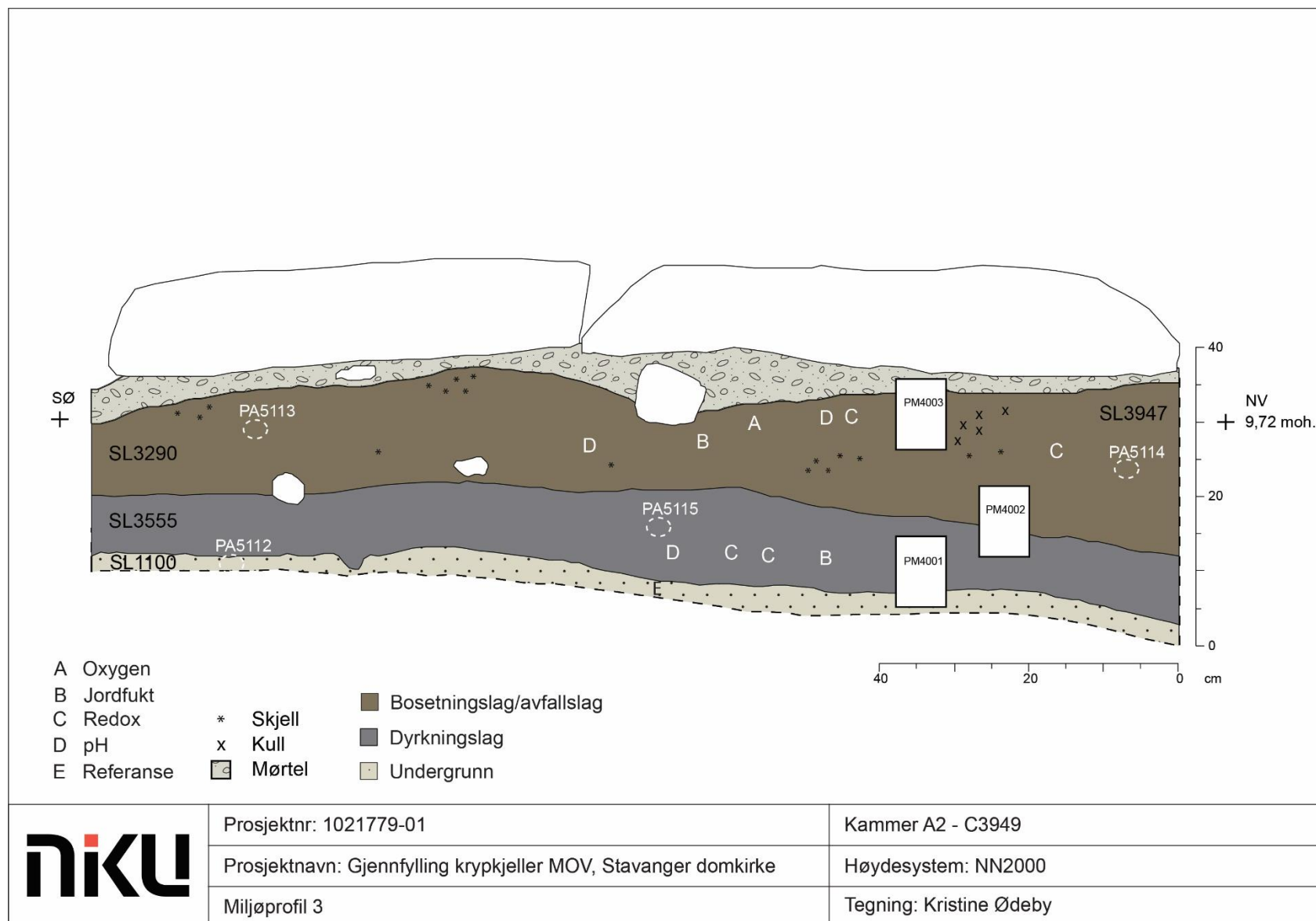
Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
SL3290	Brunt sand- og siltholdig lag, med noe grus og stein. Inneholder omtrent 20–40 % blandet organisk material, blant annet mye dyrebein, artikulert dyreskjelett, skjell, samt noe kull. Laget er løst. 15–20 cm tykt.	9.91	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Aktivitetsslag
SL3947	Brunt sand- og siltholdig lag, med noe grus og stein. Inneholder omtrent 20–40 % blandet organisk material, blant annet mye dyrebein, artikulert dyreskjelett. Laget inneholder mye skjell og kull. 20–25 cm tykt.	9.84	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Aktivitetsslag
SL3555	Lys gråbrun noe humøs grus- og sandholdig silt. Noe innslag av stein. Noe dyrebein (fisk), men dette kan være fra laget over. Antydning til ardspor under laget. Laget er homogent og relativt kompakt. 10–15 cm tykt.	9.79	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Dyrkningslag
SL1100	Fin lys grusholdig sand. Øvre sjikt har et guloransje skjær, mens en blekere sandfarget naturlig undergrunn ligger dypere. Enkelte plasser er fullstendig homogene sjikt av silt observert. Svært kompakt. 5–10 cm eksponert.	9.70	Jordkjemisk prøve		Naturlig undergrunn



Figur 15: Miljøprofil 3 i kammer A2, C3949, ferdig renset. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Sett mot sørvest. Foto: Sf209448.



Figur 16: Renset undergrunn i kammer A2, med ardspor markert med pil. Miljøprofil 3 ble etablert i profilet til venstre på bildet. Sett mot nordvest. Foto: Sf210456.

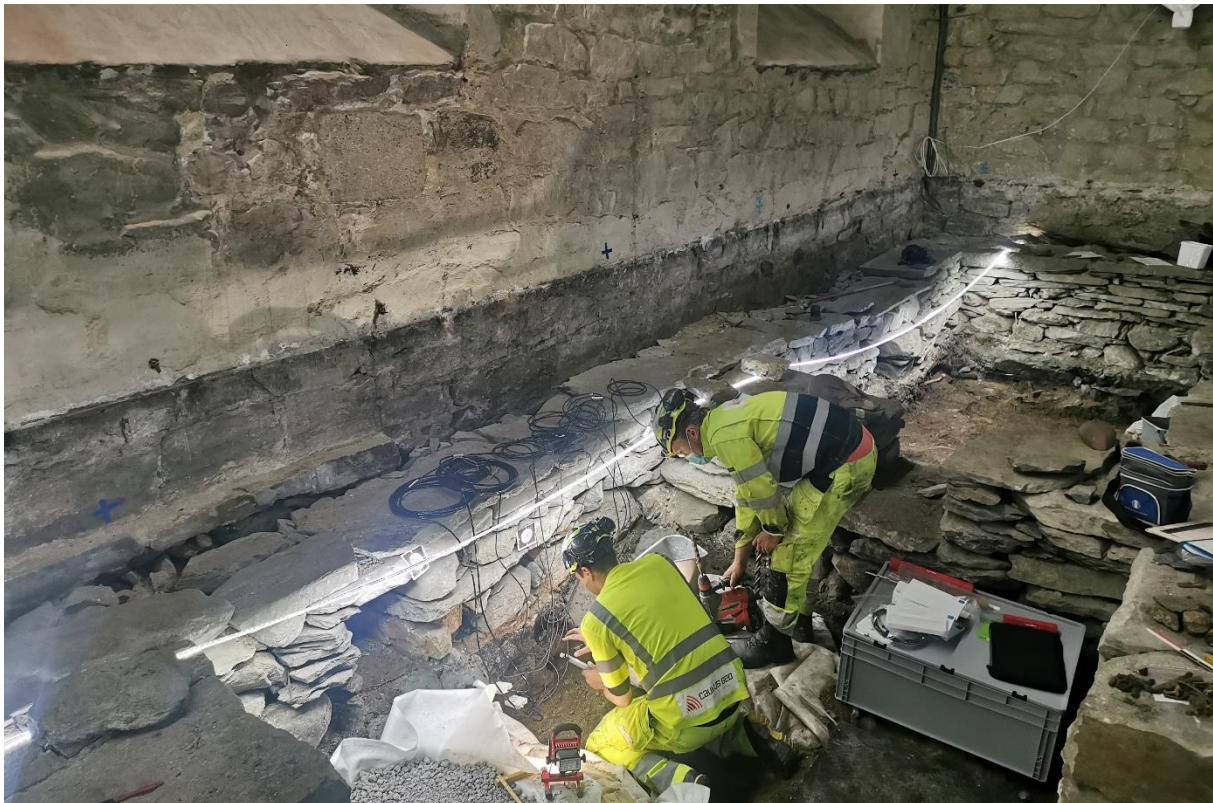


Figur 17: Stratigrافي ved miljøprofil 3 i krypkjellerens kammer A2 under domkirkens skip. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Illustrasjon: NIKU.

2.4 Miljøprofil 4 – kammer D3

Miljøprofil 4 ble installert i kammer D3, etter at domkirkens eksisterende tregulv ble fjernet, sørvest i domkirkens skip. Kammeret og kulturlagene som ble påvist i dette området ble gravd for hånd, og her ble det påvist en egnet nordvendt kulturlagsprofil under øst-vestgående murfundament/kammer – **miljøprofil 4** (se Figur 2). I dette kammer ble det, som i A2, mulig å grave ned til naturlig undergrunn, noe som ikke var tilfelle for alle kamrene på grunn av HMS-problematikk (det henvises til rapport fra hovedundersøkelse for nærmere beskrivelse av forholdene; Ødeby *et al.* 2022). Profilet var ca. 0,6 m bredt og 0,40–0,45 m høy. Topp overflate lå ved ca. 9,61 moh. Profilet ble i tillegg til etablering av én målestasjon brukt til tilstandsvurdering og jordprøveuttak.

Fra installerte sensorer ble kabler lagt i føringsrør i krypkjellerens midtgang (se Figur 23) og frem til «teknisk rom», hvor skapet for datalogger var montert og permanent strøm var etablert. Etter montering av sensorene ble profilet tildekket med ikke-marin leire (se Figur 19 og Figur 20) og kammeret ble fylt opp med tyngre masser som fundament for nytt betonggulv, som føringsrøret ble liggende i. Ved overvåkingspunkt ble også koblingsmodul for pH og redoks liggende igjen i oppfyllingsmassene.

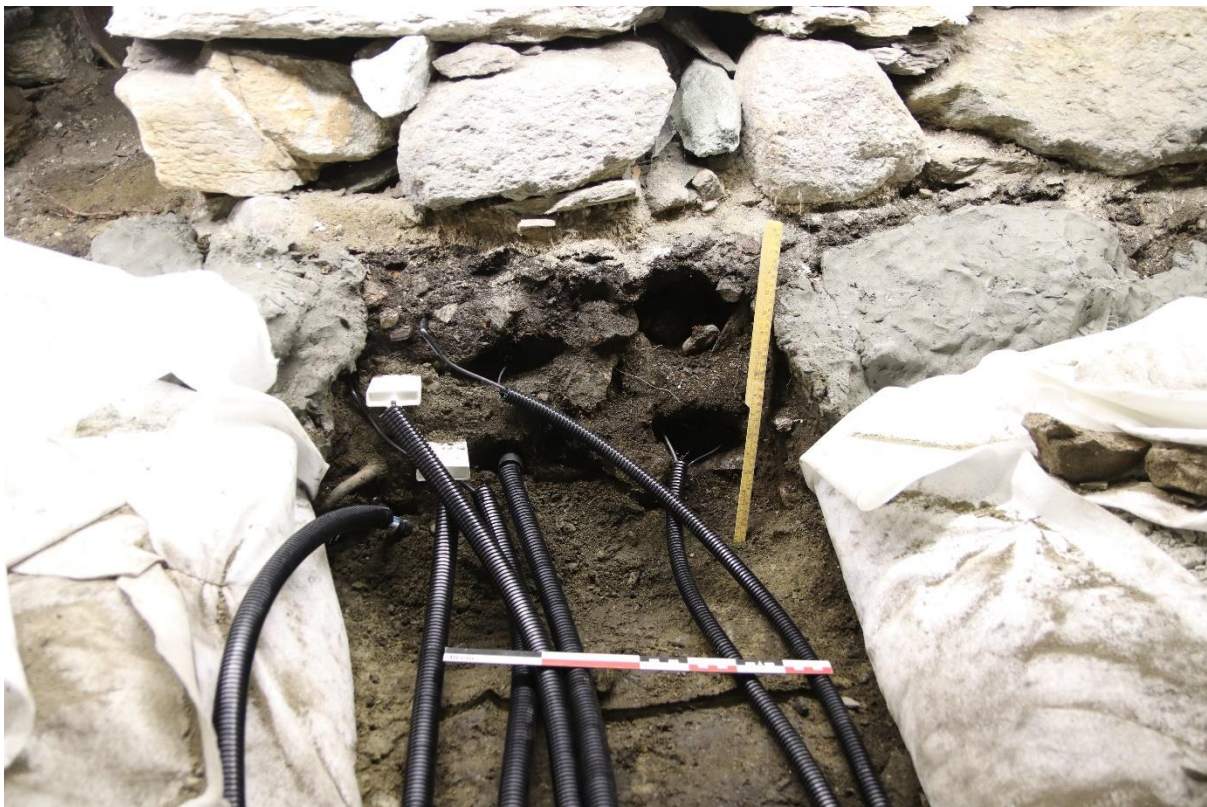


Figur 18: Miljøprofil 4 under installasjon av sensorer i kammer D3. Sett mot sørvest. Foto: Sf223948.

2.4.1 Stratigrafisk beskrivelse og tolkning

Profilet (se Figur 21 og Figur 22) inneholdt en ca. 30–40 cm tykk stratifisert akkumulasjon av horisontalt liggende avsetninger. Kulturlag som er bevart er lite, og består av tre definerte lag (Figur 22 og Tabell 4 bør benyttes i sammenheng med påfølgende redegjørelse).

Lagene SL9272 og SL9696 hadde relativt høyt organisk innhold og var forholdvis fuktige, mens det midterste laget (SL9685) til gjengjeld var forholdsvis tørt og minerogen i karakter. Den naturlige undergrunnen (SL1100) besto i dette området av lysegul grusholdig sand. Lagene i dette området ble tolket som del av et grophus (SA9200) (Ødeby *et al.* 2022).



Figur 19: Målesensorer installert i miljøprofil 4. Sett mot sør. Foto: Sf210357.



Figur 20: Miljøprofil 4 tildekket med leire etter ferdigstilt installasjon. Sett mot sør. Foto: Sf210417.

Grophus var en nedgravd hustype fra jernalder og tidlig middelalder, hvor gulvet og de nedre delene av veggene var under bakkenivå (Solberg 2003). Tolkningen mot en bygningskonstruksjon ble gjort på bakgrunn av blant annet strukturens fasong, de tydelige avsetningene som indikerer flere bruks- og gulvfaser, samt tilstedeværelsen av stolpehull. De store mengdene av dyrebein og varmepåvirket stein peker dessuten mot paralleller i andre grophus fra vikingtid (Milek 2012).

Aktivitetlaget SL9272 var et mørkebrunt sandholdig silt- og humuslag. Laget inneholdt store mengder kullbiter, brent stein og brent leire, samt mindre biter av rød tegl (eventuelt små biter rødbrent leire), skjell og stein på 5–10 cm. Teglen opptrådte i toppen av laget, og kan ha blitt tråkket ned i SL9272. Et forkullet fragment av bjørk (*Betula*) ble ¹⁴C-datert, og dateringen kunne snevres inn til første halvdel av 900-tallet (det henvises til hovedrapport for fullstendig dateringsgrunnlag, Ødeby *et al.* 2022).

Lag SL9685 var et lyst gråbrunt homogent humusholdig sand- og siltlag, men med innhold av noe småstein og et par dyrebein. Flere av steinene i massene var varmepåvirket. Laget var 5–9 cm tykt, og den tynneste enden lå i nordøst. Grunne flekker av rødbrun humus i overflaten var trolig steinopptrekk. Et forkullet fragment av bjørk (*Betula*) ble ¹⁴C-datert. Dateringen kunne snevres inn til overgangen 900- til 1000-tallet (det henvises til hovedrapport for fullstendig dateringsgrunnlag, Ødeby *et al.* 2022). Sandlaget ble tolket som å ha blitt påført som et gulvlag i grophuset, kanskje ved innledningen til en ny bruksfase. Dette bekreftes av mikromorfologisk analyse av prøve fra laget (Ødeby *et al.* 2022).

Aktivitetlaget SL9696 var et rødbrunnt humuslag. Humuslaget var 15 cm tykt, og inneholdt fuktig og brun humus spettet med kull, lys brun sand, stein, grus og store mengder dyrebein. Dyrebeina var typisk matavfall, hovedsakelig ku, sau og geit, men også en ansamling av østersskjell. I humuslaget ble det funnet fragmenter av en kam, hvis form og dekor tilsa at kammen kan dateres til 900-/1000-tallet (Ashby 2006, Flodin 1989). Et forkullet fragment av bjørk (*Betula*) ble ¹⁴C-datert. Dateringene kunne snevres inn til første halvdel av 1000-tallet (det henvises til hovedrapport for fullstendig dateringsgrunnlag, Ødeby *et al.* 2022).

En samlet vurdering av innhold og oppbygning av lagene i grophuset SA9200, og datering av materiale fra dem, gjorde at grophuset ble tolket til å ha blitt bygget sent på 900-tallet / tidlig på 1000-tallet, og at det var i bruk gjennom første del av 1000-tallet. Det ble påpekt at grophusets funksjon ikke lot seg bestemme sikkert, men basert på innhold og oppbyggingen av de bevarte avsetningene ble det tolket som å ha hatt minst to faser med bruk og aktivitet. Funnmaterialet fra grophuset indikerte at det kan ha vært brukt til håndverk/produksjonsvirksomhet (Ødeby *et al.* 2022).

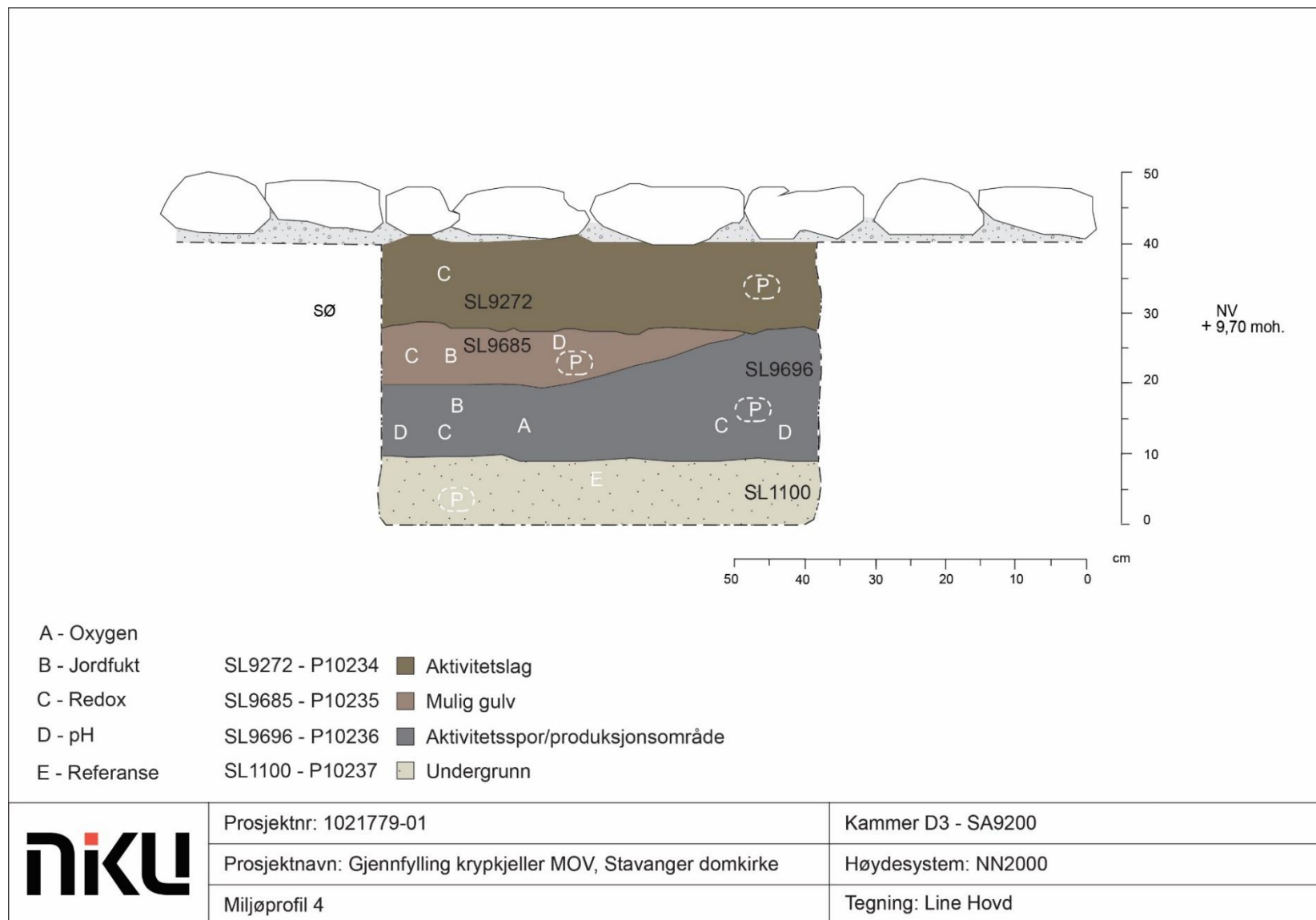
Tabell 4: Miljøprofil 4, lagbeskrivelse og tolkning.

Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
SL9272	Mørk brun til sort silt og sand, omblandet med noe grus, store mengder brent stein, og små nedbrutte fragmenter av rød tegl. Omtrent 40 % organisk materiale: humus, kullbiter, enkelte dyrebein og skjell. Det er også en del røtter i laget. Laget er kompakt. 10–12 cm tykt.	9.61	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Aktivitetslag
SL9685	Gulgrått silt- og sandlag med noe småstein og grus. Omtrent 20 % organiske materiale: humus og et par dyrebein. Laget er homogent og kompakt. 5–9 cm tykt.	9.54	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Mulig gulvlag

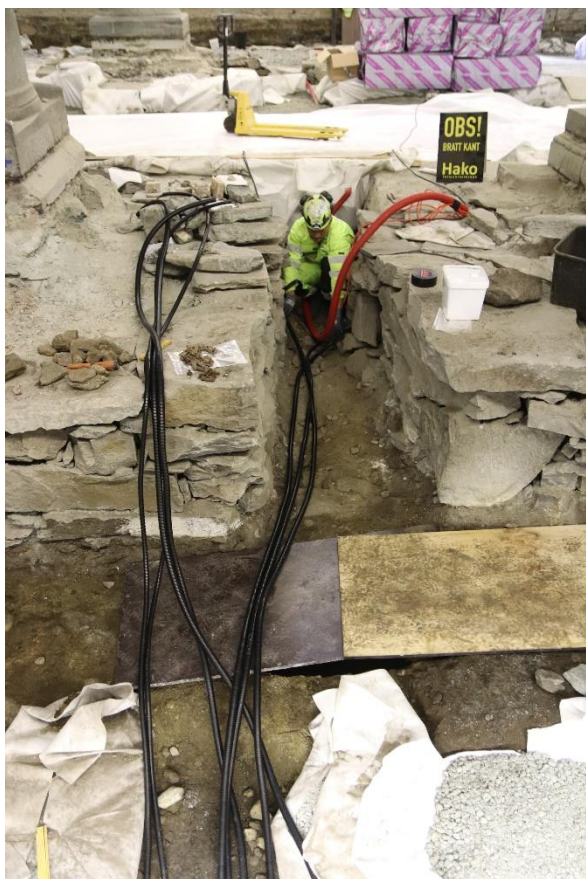
Lag	Beskrivelse	Moh.	Prøver/funn	Antatt datering	Tolkning
SL9696	Lys rødbrunt sand- og humuslag. Inneholder stein og store mengder dyrebein. Steinene er ca. 5 cm i diameter. Laget er fuktig og kompakt, og en del røtter har vokst igjennom det. 10–15 cm tykt.	9.41	Jordkjemisk prøve	Jernalder	Aktivitetsslag
SL1100	Fin lys grusholdig sand. Øvre sjikt har et guloransje skjær, mens en blekere sandfarget naturlig undergrunn ligger dypere. Enkelte plasser er fullstendig homogene sjikt av silt observert. Svært kompakt. 5–10 cm eksponert.	9.34	Jordkjemisk prøve		Naturlig undergrunn



Figur 21: Miljøprofil 4 i kammer D3, C3949, ferdig renset. Sett mot sør. Foto: Sf210346.



Figur 22: Stratigrafi ved miljøprofil 4 i krypkjellerens kammer D3 under domkirkens skip. Profiltegningen er et utsnitt av SA9200. Steinene i toppen er bunnen av tørrmur fra 1860-tallet. Illustrasjon: NIKU.



Figur 23: Tv.: Kabler fra sensorer legges i plastrør fra miljøprofil 4 og ut i midtgangen. Sett mot nord. Foto: Sf210366. Th.: Plastrør med kabler fra sensorer fra miljøprofil 4 er lagt i rødt føringsrør frem mot «teknisk rom». Sett mot vest. Foto: Sf210430.



Figur 24: Tv.: Koblingsmodul for pH/redoks liggende nord for miljøprofil 4, ut mot krypkjellerens midtgang. Sett mot sør. Foto: NIKU. Th.: Skap for datalogger ved «teknisk rom» under koret i domkirka. Sett mot nordøst. Foto: Sf223957.

3 Arkeologisk tilstandsvurdering av miljøprofil 1–4

Den arkeologiske tilstandsvurderingen av kulturlagene i de fire miljøprofilene ble gjennomført i henhold til Norsk Standard 9451:2009 av Line Hovd og Vibeke V. Martens (NIKU). Tabellen under viser innhold, tolkning og bevaringstilstanden (SOPS) som ble tildelt de enkelte kulturlagene i miljøprofilene.

3.1 Tilstandsvurdering miljøprofil 1

Miljøprofil 1 viste kulturlag i ca. 0,20 meters dybde målt fra overflaten og ned til naturlig undergrunn. Naturlig undergrunn bestod av finkornet lysegul sand. Intakte kulturlag fra jernalder/nyere tid ble registrert like under dagens overflate, under tørrmur fra 1860-tallet (ca. 9,74 moh.). Kulturlagene bestod av graver, gravkutt med fyll, og de var tørre og dominert av minerogen materiale, men med noe innslag av organisk materiale. Lagsekvensene i dette profilet knyttes til gjenbegravelse av et eldre individ i en «ny» kiste på 1600-tallet (Denham og Gill 2022).

Det ble foretatt vurderinger av kulturlagenes tilstand på samtlige lag i miljøprofil 1 (se Tabell 5 under). Ingen av kulturlagene i miljøprofil 1 fikk bedre vurdering på tilstand enn «A2- dårlig», og denne vurdering sattes kun for lag 1. For øvrige lag ble tilstanden vurdert som «A1- elendig» til «A2- dårlig».

Tabell 5: Miljøprofil 1, tilstandsvurdering av kulturlagene.

Lag	Lagets innhold % Botanisk/zoologisk/mineralsk/gjenstander	Tolkning	Datering	Moh.	Jordkjemiske prøvenavn	Bevaring (SOPS ¹)
1	30/0/70/0 % Humus, treflis, trebiter/-/sand, silt grus/-	Grav	Jernalder /etterreformatorisk	9.74	Prøve 1	A2
2	5/0/95/0 % humus/-/sand, silt, grus/-	Mulig Gravkutt/-fyll	Jernalder	9.69	Prøve 2	A1
3	0/0/100/0 % -/sand, grus, stein/-	Naturlig undergrunn		9.49		A0
4	0/0/100/0 % -/sand/-	Naturlig undergrunn		9.54		A0

3.2 Tilstandsvurdering miljøprofil 2

Miljøprofil 2 viste kulturlag i ca. 0,40 meters dybde målt fra overflaten og ned til naturlig undergrunn. Naturlig undergrunn bestod av lys gulgrå morenemasser. Intakte kulturlag fra jernalder/middelalder/nyere tid ble registrert like under dagens overflate, under tørrmur fra 1860-tallet (ca. 9,69 moh.). Kulturlagene bestod av graver, gravkutt med fyll, og de var tørre og dominert av minerogent materiale, men med noe innslag av organisk materiale. Lagsekvensene i dette profilet kan muligens sammenlignes med profilet på motsatt side av midtgangen (i umiddelbar nærhet), hvor det befant seg et gjenbegravd eldre individ i en «ny» kiste på 1700-tallet, samt en primærgrav som ble datert til 1400-tallet (Denham og Gill 2022).

Det ble foretatt vurderinger av kulturlagenes tilstand på samtlige lag i miljøprofil 2 (se Tabell 6 under). Ingen av kulturlagene i miljøprofil 2 fikk bedre vurdering på tilstand enn «A2- dårlig», og denne vurdering sattes kun for lag 1. For øvrige lag ble tilstanden vurdert som «A1- elendig» til «A2- dårlig».

¹ SOPS state of preservation scale NS9451:2009

Tabell 6: Miljøprofil 2, tilstandsvurdering av kulturlagene.

Lag	Lagets innhold % Botanisk/zoologisk/mineralsk/gjenstander	Tolkning	Datering	Moh.	Jordkjemiske prøvenavn	Bevaring (SOPS ²)
1	0/0/100/0 % -/-/sand, stein/-	Utjevning	Nyere tid	10.04		A0
2	5/0/95/0 % humus/-/sand, grus, stein/-	Grav	Middelalder	9.69	Prøve 3	A1
3	5/0/95/0 % humus/-/sand, grus, stein/-	Grav	Middelalder	9.44	Prøve 4	A1
4	0/0/100/0 % -/-/sand, grus, stein/-	Naturlig undergrunn		9.34	Prøve 5	A0

3.3 Tilstandsvurdering miljøprofil 3

Miljøprofil 3 viste kulturlag i ca. 0,40–0,50 meters dybde målt fra overflaten og ned til naturlig undergrunn. Naturlig undergrunn bestod av finkornet lysegul grusholdig sand. Intakte kulturlag fra jernalder ble registrert like under dagens overflate, under tørrmur fra 1860-tallet (ca. 9,91 moh.). De øverste kulturlagene under dagens overflate i dette området bestod av en høyere prosentandel organisk materiale, men med overvekt av minerogent innhold. Det nederste laget, SL3555, var derimot merkbart mer minerogent og med en mindre andel organisk materiale. Lagsekvensene i dette profilet knyttes til gjentagende bosetningssekvenser, og før dette til dyrkning (Ødeby *et al.* 2022).

Det ble foretatt vurdering av kulturlagenes tilstand på samtlige lag i miljøprofil 3 (se Tabell 7 under). Ingen av kulturlagene i miljøprofil 3 fikk bedre vurdering på tilstand enn «A2- dårlig», og denne vurderingen ble satt for alle tre lag i profilet.

Tabell 7: Miljøprofil 3, tilstandsvurdering av kulturlagene.

Lag	Lagets innhold % Botanisk/zoologisk/mineralsk/gjenstander	Tolkning	Datering	Moh.	Jordkjemiske prøvenavn	Bevaring (SOPS ³)
SL3290	40/5/55/0 % Humus/dyrebein, skjell/silt, sand, stein/-	Aktivitetsslag	Jernalder	9.91	PA5113	A2
SL3947	40/5/55/0 % Humus, kull/dyrebein, skjell/silt, sand, stein/-	Aktivitetsslag	Jernalder	9.84	PA5114	A2
SL3555	20/0/80/0 % Humus/dyrebein/silt, sand, leire, stein/-	Dyrkingslag	Jernalder	9.79	PA5115	A2
SL1100	0/0/100/0 % -/-/sand, grus, stein/-	Naturlig undergrunn		9.70	PA5112	A0

² SOPS state of preservation scale NS9451:2009

³ SOPS state of preservation scale NS9451:2009

3.4 Tilstandsvurdering miljøprofil 4

Miljøprofil 4 viste kulturlag i ca. 0,30–0,40 meters dybde målt fra overflaten og ned til naturlig undergrunn. Naturlig undergrunn bestod av finkornet lysegul grusholdig sand. Intakte kulturlag fra jernalder ble registrert like under dagens overflate, under tørrmur fra 1860-tallet (ca. 9,61 moh.). Flere av kulturlagene under dagens overflate i dette området bestod av en høyere prosentandel organisk materiale, men med en hovedandel av minerogent innhold. Et av lagene, SL9685, var derimot merkbart mer minerogent og hadde en liten andel organisk materiale. Lagsekvensene i dette profilet ble knyttet til gjentakende bosetningssekvenser innenfor en bygningskonstruksjon, et mulig grophus (Ødeby *et al.* 2022).

Det ble foretatt vurdering av kulturlagenes tilstand på samtlige lag i miljøprofil 4 (se Tabell 8 under). Ingen av kulturlagene i miljøprofil 4 fikk bedre vurdering på tilstand enn «A4- god», og denne vurdering sattes kun for lag 4. For øvrig lag ble tilstanden vurdert som «A2- dårlig».

Tabell 8: Miljøprofil 4, tilstandsvurdering av kulturlagene.

Lag	Lagets innhold % Botanisk/zoologisk/mineralsk/gjenstander	Tolkning	Datering	Moh.	Jordkjemiske prøvenavn	Bevaring (SOPS ⁴)
SL9272	40/10/50/0 % humus/dyrebein, skjell, fiskebein/silt, sand, stein/-	Aktivitetslag	Jernalder	9.61	P10234	A0
SL9685	19/1/80/0 % Humus/dyrebein/silt, sand, grus, stein/-	Mulig gulvlag	Jernalder	9.54	P10235	A2
SL9696	50/5/45/0 % Humus/dyrebein/silt, sand, stein/-	Aktivitetslag	Jernalder	9.41	P10236	A4
SL1100	0/0/100/0 % -/-/sand, grus, stein/-	Naturlig undergrunn		9.34	P10237	A0

⁴ SOPS state of preservation scale NS9451:2009

4 Avbøtende tiltak – plombering av kulturlag

Gjeldende vilkår for gjennomføring av restaureringsarbeidet ved Stavanger domkirke inkluderte avbøtende tiltak for videre *in situ* bevaring av kulturlag under nytt betonggulv. Dette vilkåret innebar at samtlige profiler og jordflater skulle dekket til med ikke-marin leire, og således plomberes før igjennfylling av krypkjelleren (se Figur 25 og Figur 26). For å skåne kulturlag og skjeletter som ble dekket til, skulle det ved igjennfylling i stor grad benyttes glasopor, et materiale med lav egenvekt og lite behov for komprimering (se Figur 28). Komprimering av materiale til igjennfylling skulle minimeres, eventuelt unngås om mulig, av hensyn til levninger og kulturlag.

Ved eksponering av kulturlagsprofiler og -flater ved arkeologiske undersøkelser, er det viktig å sikre disse før oppfylling av masser. Verste nedbrytningsfaktor for organisk materiale er oksygen (O₂), og målet med sikring er å hindre oksygen i å trenge inn i kulturlagene. En testet og utprøvd metode er nettopp å tildekke/innpakke gjenstående profilvegger og flater med et opptil 20 cm (og minimum 5 cm) tykt lag ikke-marin blåleire. Leiren presses direkte på kulturlag, og på den måten unngår man at oksygen kan trenge inn, uansett hvor ujevn for eksempel profilveggene måtte være, og binder fukten i jordlagene lengst mulig. Utenpå leiren legges geotekstil/fiberduk, og deretter fylles de gravde arealene opp med oppfyllingsmasser, med en forminsknet sannsynlighet for at dette forstyrrer fortsatt bevaring av kulturlagene. Sårbare områder med gjenstander, eventuelt graver som ved dette prosjektet, og installert overvåkingsutstyr, må pakkes for hånd.

Leiren har den fordelen at den slipper vann igjennom, men svært sakte, så kulturlagene får anledning til å suge til seg mest mulig fukt. Dette er med på å bevare det organiske materialet og sikre fremtidig bevaring. Det er viktig at leiren som brukes er ikke-marin, da marin leire inneholder sulfat som kan oksidere kulturlagene og dermed øke nedbrytningshastigheten. Leiren som ble anvendt til tildekking, fra Karmøy, i krypkjelleren ble analysert i forkant for å belyse egnethet og kvalitet basert på dens sammensetning. Analysene ble utført ved AM UiS. Leiren ble vurdert til å være svært godt egnet til formålet tiltenkt i denne sammenhengen, da det ble målt et lavt innhold av sulfat, samt for klorid og fosfat (Gebremariam 2021).

Line Hovd var i felt 19.02.21 for å veilede entreprenør Hako Total AS ved oppstarten av denne delen av arbeidet. Etter ferdigstilt arkeologisk undersøkelse i hvert kammer pakket deretter entreprenør jordoverflaten med ikke-marin leire og fylte igjen kammeret med oppfyllingsmasser. I slutten av februar varslet geotekniker at opprinnelig fremgangsmåte med maskinell komprimering av leire lagt ut med 15 cm tykkelse (gulvflate i ferdig undersøkte kamre ble fortløpende dekket til med leire) ga risiko for fremtidige setningsproblemer. I samråd med Riksantikvaren ble fremgangsmåte for komprimering av leire endret, fra 02.03.21, til utlegging av tynne sjikt leire (ca. 5 cm) som ble komprimert ved fottråkking før påføring og komprimering av neste sjikt til tykkelse på ca. 15 cm var oppnådd. Denne fremgangsmåten ble vurdert å gi mindre risiko for fremtidige setningsproblemer i bygget, og mindre risiko for mekaniske skader på skjeletter og graver under leirelaget. Den nye fremgangsmåten for komprimering var dermed mer skånsom enn opprinnelig fremgangsmåte med platevibrator.

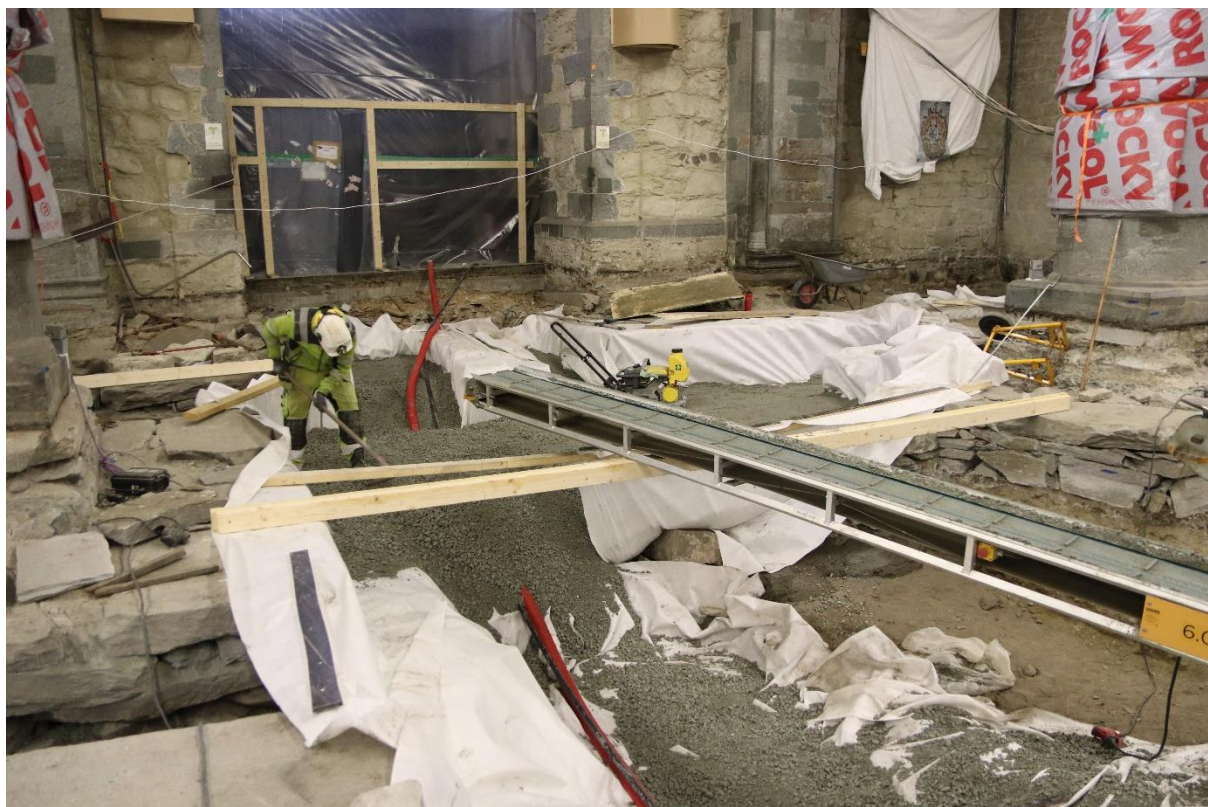
Riksantikvaren fattet den 22.04.21 tilleggsvedtak med tillatelse til endring av oppfyllingsmasser i krypkjelleren, og i stedet for glasopor ble resterende kamre i krypkjelleren (i kammer D4-6 og A2-5 var det allerede brukt glasopor) fylt opp med tunge, mineralske masser (se Figur 27). De tunge massene ville kreve mer komprimering enn glasopor, men gi bedre stabilitet og bæreevne for bygget.



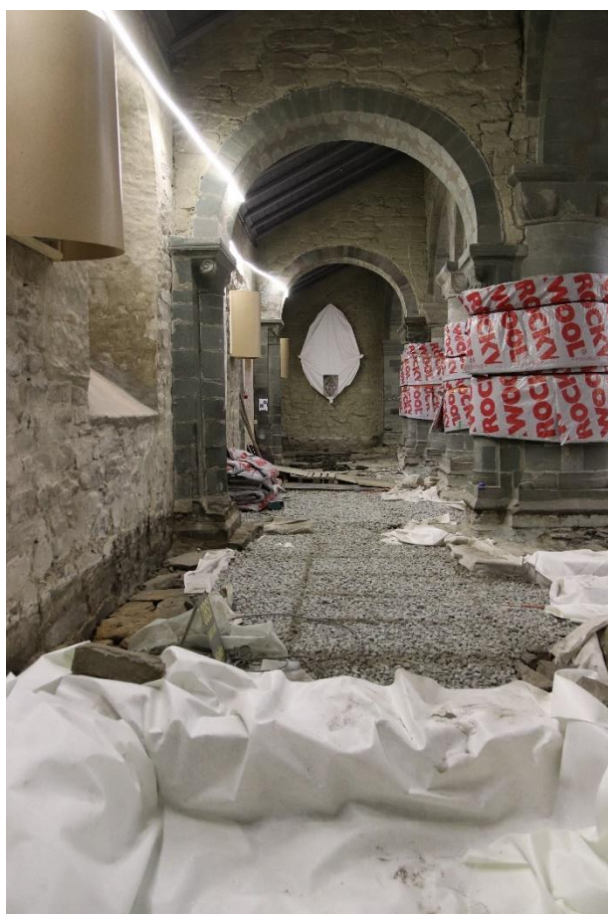
Figur 25: Første påført lag med ikke-marin leire i skipets midtre del, mot sør. Sett mot nord. Foto: Sf209195.



Figur 26: Et kammer fylt med ikke-marin leire, som fraktes inn på pall. Sett mot nord. Foto: Sf209628.



Figur 27: Oppfylling av kammer B2 og vestre del av midtgangen med «tyngre» masser bestående av sand og grus. Sett mot nordvest. Foto: Sf210026.



Figur 28: Søndre sideskip etter oppfylling av glasopor. Sett mot vest. Foto: Sf210435.

5 Analyseresultater kulturlag

5.1 Analyseparametere

Analyseparametere for miljøovervåking av kulturlag beskrives i NS9451:2009. Parametere er delt inne i grunnleggende parametere (S1) og miljøparametere (S2). Parametere i S1 og S2 beskrives i Tabell 9.

Tabell 9: Oversikt over analyseparametere i gruppene S1 og S2.

S1	S2
Tørrstoffinnhold	Matrikspotensiale (pF)
Glødetap	Porøsitet
pH	Sulfat
Ledningsevne / klorid	Sulfid
	Jern (II)
	Jern (III)
	Ammonium (ekstraherbart)
	Nitrat

Innsamlet data brukes til å vurdere bevaringsforhold av kulturlagene. Dette baseres hovedsakelig på inntrenging av oksygen som påvirker redoksforholdet i jorden (som % O₂ eller som redoks). I tillegg overvåkes / analyseres fuktighet og en del andre kjemiske parametere (pH og ledningsevne) for å se hvordan grunnvann kan påvirke kulturlaget.

5.2 Bevaring og bevaringsforhold

Bevaringsforhold er beskrevet etter de nevnte to sett med grunnleggende miljøparametere (S1 og S2, Norsk Standard 9451:2009). Gode bevaringsforhold for kulturlag karakteriseres av stabile kjemiske og fysiske forhold. Dette 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 og mindre mikrobielaktivitet.

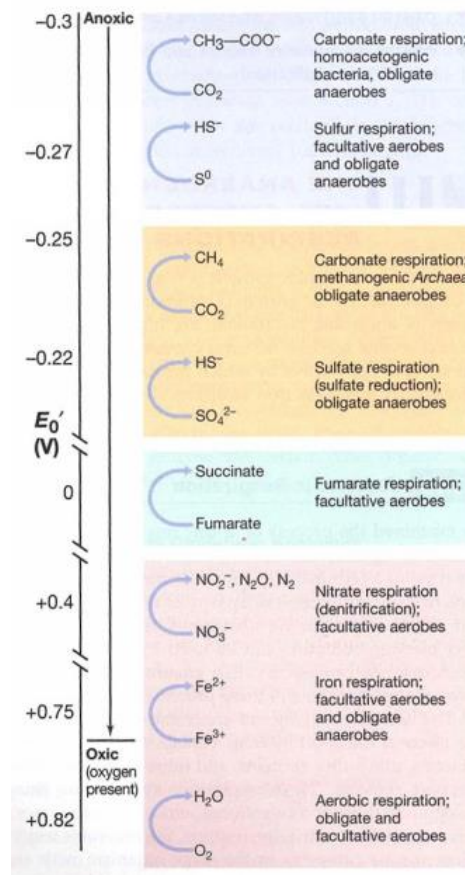
I naturen foregår nedbrytning av organisk materiale og korrosjon av metaller parallelt med andre prosesser. Mikroorganismer får energi fra slike reaksjoner. Avhengig av redoksforhold i jordtypen vil forskjellige type mikrobielle reaksjoner dominere. Dette vises i Figur 29.

Selv om redoks i jordtypen kan indikere at jernreduksjon dominerer, vil også andre prosesser som f.eks. sulfatreduksjon og dannelse av metallsulfider forekomme. Ved lavere redoksforhold, vil karbonnedbrytning foregå langsommere. Så lenge det ikke er inntrenging av fritt oksygen, vil også korrosjon av metallgjenstander foregå langsommere.

En typisk teskje jord kan inneholde bakterier i størrelsesorden 10⁹. Bakterietypene varierer voldsomt mellom hvor jorden kommer fra, dybden av prøven osv. Aktivitet, og kjemisk/fysisk fingeravtrykk av jordtypen vil bestemme hvilke typer bakterier som blir dominerende i jorden og dermed hvilke prosesser som dominerer. Noen bakterier kan redusere både nitrat og sulfat, og prosessen som dominerer bestemmes av hvor mye næringsstoff som er til stede (f.eks. sulfat / nitrat).

Grunnvannskilden og grunnvannskjemi er derfor meget viktig i påvirkning av prosessene som foregår i kulturlag.

I naturen kan det observeres at aerobe forhold med oksygen til stede, går over til nitratreduserende forhold når alt oksygen er brukt opp dersom det er nitrat tilgjengelig. Deretter følger mangan-, jern- og sulfatreduserende forhold, før metanogene forhold, så lenge de nødvendige næringsstoffene er til stede.



Figur 29: Oppsummering av redoksforhold for mikrobiologiske prosesser. Stabile negative redoks-forhold (anoksisk forhold) gir de beste bevaringsforhold for kulturlag (Madigan og Martinko, 2006).

Under metanogene forhold observeres langsom nedbrytning av organisk materiale, og mindre korrosjon av metallgjenstander. Korrosjon under slike forhold forårsakes av sulfid-dannelse og oksidasjon av jern og mangan til de respektive metallsulfider.

Nedbrytning av organiske gjenstander blir lavere dersom redokspotensiale blir mer negativt. Hastigheten av den organiske nedbrytningen 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 kjennetegner bra til utmerket bevaringsforhold. Imidlertid må stedsspesifikke forhold tas i betraktning. Redoksforhold mellom de forskjellige mikrobielle prosesser vises i Figur 29 (Madigan og Martinko, 2006).

Tabell 10 viser en enkel oversikt over hvordan kulturlagene vurderes på bevaringsforhold. Dette er gjort som en vurdering av parametere beskrevet i NS 9451:2009. I flere tilfeller vil man få grenseoverganger. I det røde markerte området vises nivåer av målte kjemiske parametere for typisk oksiderende forhold, mens reduserende forhold er vist med grønt.

Redoksforhold i grunnen kan karakteriseres ved å måle redokssensitive komponenter i jord og porevann (oksygen, nitrat, ammonium, mangan (II), mangan (IV), jern (III), jern (II), sulfat, sulfid, metan). Høye oksygenkonsentrasjoner indikerer for eksempel at forholdene er oksidative og at mikroorganismene bruker oksygen til å bryte ned organisk materiale. Tabellen illustrerer også omtrentlige redoksverdier benyttet i overvåking av grunnvannet som beveger seg igjennom kulturlagene.

Tabell 10: Relative konsentrasjoner av dominerende næringsstoffer i jordtypen under forskjellige redoksforhold og bevaringsgrad i kulturlag.

Relativ konsentrasjon					Dominerende prosess	Redoks (mv)	Bevaringsgrad
NO ₃	NH ₄	S ²⁻	Fe (II)	Fe (III)			
Lav	Lav	Lav	Lav	Høy	Oksidasjon	200	Elendig
Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Nitratreduksjon / Oksidasjon	100	Dårlig
Høy	Lav	Lav	Høy	Lav	Nitratreduksjon / Jernreduksjon	0	Middels
Lav	Lav	Lav	Høy	Lav	Jernreduksjon	-100	Middels
Høy	Høy	Høy	Middels	Lav	Nitratreduksjon / Sulfatreduksjon	-200	Bra
Lav	Høy	Høy	Middels	Lav	Sulfatreduksjon	-270	Bra
Lav	Høy	Høy	Høy	Lav	Sulfatreduksjon / Metanogenese	-400	Utmerket

Som avslutningsprosesser for miljøprofiler dekkes det utgravde området med leire som ikke er av marin opprinnelse. Ved å begrense tilgang til næringsstoffer som kan være tilfelle ved å bruke marin blåleire (sulfat, fosfat, og bundet karbon) gjør denne prosessen kulturlaget tettere mot inntrengende oksygen. Samtidig reduseres muligheten for utlekking av salter (f.eks. sulfat) som ville kunne øke nedbrytning av jernstrukturer ved økt dannelse av jernsulfid.

6 Teknisk installasjonsbeskrivelse (Cautus Geo AS)

6.1 Overvåkingssonder i miljøprofil

Det følgende beskriver instrumenter installert for overvåking i profilvegg i Stavanger domkirke inkludert sensorer og datalogger. Hvert målesystem består av 2 stk. temperatur-, ledningsevne- og vanninnholdssensorer, 3 stk. pH-sensorer, 4 stk. redoksforholdssensorer, og 1 stk. oksygensensor, se Figur 30.



Figur 30: Bilder av sensorer som er installert i miljøprofilene under Stavanger domkirke. Foto: Cautus Geo AS.

6.1.1 Vanninnhold og ledningsevne

Campbell Scientific CS655 sensoren brukes for måling av temperatur og vanninnhold i profilvegg. Den oppnår $\pm 0,1^\circ\text{C}$ nøyaktighet i temperatur og $\pm 3\%$ i vanninnhold ($\pm 1\%$ mulig med jordspesifikk kalibrering). Den måler ledningsevne i tillegg og gir god nøyaktighet i jordarter med ledningsevne opptil 3 dS/m uten spesiell kalibrering. CS655 har 12 cm målestaver.

6.1.2 pH og reduksjonspotensiale

Sensorer fra ecoTech brukes for langsiktig måling av pH- og redoksforhold i profiler. pH-sensorer kommer med beskyttelse for installasjon i jord. De er robuste og bestandige mot frost med måleområde mellom 4 til 10 og -1 til 1V for henholdsvis pH- og redoksmålinger.

Sensorene krever lite vedlikehold og kan måle i lengre tid uten stort avvik i målingene. Det finnes en måte å kalibrere pH-sensoren på om det blir observert uforventede endringer i måledataen, men etter videre diskusjon ved forhandlingsmøte med NIKU og deretter med produsenten (ecoTech), ble det kun foreslått vedlikehold av referanseelektroden. Ved dette unngås forstyrrelse av pH-sensorene, så de kan stå i profilveggene på en dybde som er trygg mot frysing. Redokssensoren trenger ikke kalibrering, så det blir aldri nødvendig å forstyrre den etter installasjon.

Referanseelektroden har et kammer som fylles med KCl elektrolytt og en «saltbro» som gir elektrisk kontakt mellom jorden og elektroden. Vedlikehold av referanseelektroden består derfor av erstatning av saltbroen (som er et gelestoff) og elektrolytten.

Begge typer sensorer kobles opp mot en enviL og koblingsmodul som gir SDI-12 utgang for kobling til dataloggeren. Adapteren har 8 innganger totalt. En inngang må brukes på referanseelektroden, så er det sju innganger igjen for kombinasjoner av pH- og redokssensorer. Derfor brukes 3 pH- og 4 redokssensorer.

6.1.3 Oksygen

Oksygenmålinger utføres ved hjelp av SO-411 sensoren fra Apogee Instruments. Den har intern temperatursensor for automatisk korrigering og oppvarming som holder sensorens temperatur litt høyere enn temperaturen i jorden for å beskytte mot kondensasjon. Den har også direkte SDI-12 utgang.

Sensoren består av en galvanisk celle med teflonmembran, referanse temperatursensor, oppvarmingselement, signalprosessor og sensorkabel. Et diffusjonshode installeres på den for å lage en luftlomme rundt sensoren, og for å beskytte membranen.

6.1.4 Datalogger

For integrering av de ovennevnte sensorene leverer vi datalogger av type CR300 fra Campbell Scientific, se Figur 31. CR300 er en industristandard logger med flere analoge og digitale sensorinnganger. Den er meget fleksibel og leveres med GSM modem for trådløs overføring av data. Den er liten i størrelse, men kraftig i ytelse og bruker liten strøm. På grunn av at det ikke var mulig å koble skapet til permanent strøm i den første fasen av denne installasjonen, så har begge loggerskap blitt levert med ekstern batteribank med 4 stk. 30 Ah batterier. Til sammen driftes systemer med 6 stk. 30 Ah batterier.



Figur 31: CR300 datalogger. Foto: Cautus Geo AS.

6.2 Feltarbeid januar 2020, samt april og juni 2021

Installasjonen ble utført i perioden 13.–15.01.2020, samt periodene 13.–14.04. og 15.–16.06. i 2021. Måleutstyret bestod av to sett med loggerskap med datalogger, og modem satt opp for trådløs overføring av data fra sensorer som måler vanninnhold, temperatur, ledningsevne, pH, redoksforhold, og oksygeninnhold i miljøprofilene. Etter ferdig installasjon av punkt 3 ble de to loggerskapene bygget om til ett skap.

Datalogger, modem og batteri ble installert i måleskap med dimensjoner, 50 cm x 50 cm x 20 cm (senere ett stort skap). Kabler for oksygen- og vanninnhold ble koblet direkte til datalogger, mens

signalet fra pH- og redokssensorer ble sendt via en koblingsenhet plassert inne i loggerskapet før signalet blir sendt videre til datalogger med kabel. Systemet er batteridrevet med to interne batteri og en ekstern batteripakke med fire batterier. Det er koblet til en batterilader og strekt opp skjøteledning for rask tilkobling av strøm for lading i kjellerrommet. Permanent strømtilførsel ble etablert da alle fire punkter var ferdig installert. Alt av utstyr er testet, og kalibrert (pH- og redokssensorer) i forkant av installasjonen.

Miljøprofilene som stod til rådighet, bestod av svært grunne lag som gjorde instrumenteringen utfordrende. Dette ble løst med god dialog mellom NIKU og Cautus Geo AS. NIKU foretok kartlegging av kulturlag samt uttak av jordprøver som ble sendt til analyse.

Ferdig monterte sensorer ble dekket til med et lag av blåleire. Leiren ble hentet fra Karmøy. Det ble brukt en plastisk, ikke-marin blåleire som side-dekkemasse av jordprofilene og tildekking av sensorer for minst mulig lufttilgang.

Bilder fra selve installasjonsarbeidene er vist i vedlegg (kapittel 11).

6.3 Drift og vedlikehold

6.3.1 Lading og permanent strøm

På grunn av mange tilkoblede sensorer og trådløs oppkobling til mobilnett, bruker systemet som forventet en del strøm i drift (ca. 0,5A per skap). Erfaringen fra driften per. 3. mars 2020, var at batterier må lades omtrent hver 14. dag. Permanent strømtilførsel ble etablert da miljøprofil 3 var ferdig installert i april 2021.

6.3.2 Vedlikehold

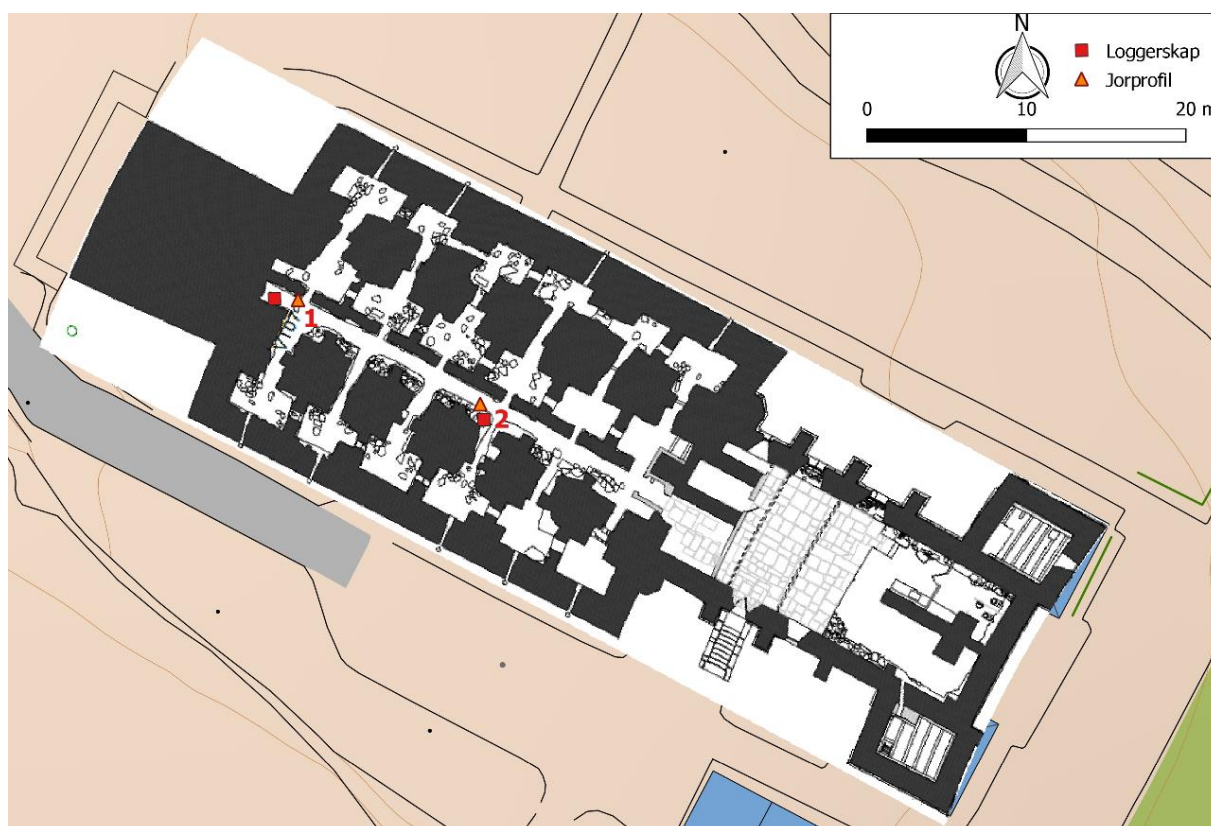
Det er ikke aktuelt med vedlikehold da referanseelektroden for pH- og redoks-sensorene er begravet.

6.3.3 Videre arbeid

Der skapene ble installert, vil det i løpet av sommeren 2021 bli fylt igjen med masser. Derfor skulle skapene flyttes til en ny lokasjon i forbindelse med det planlagte tiltaket, inn i eller like ved teknisk rom. Det ble samtidig lagt til rette for fast strømforsyning til ombygget skap.

6.4 Plassering av miljøprofil

Lokasjonen til miljøprofilene som er instrumentert er under gulvet i domkirken. Det ene profilet er helt i den nordvestlige enden av kirken, mens det andre er midt inne i «krypkjelleren» (se Figur 32). I 2021 ble det instrumentert to ytterligere jordprofiler, en i det nordvestre hjørnet av domkirken, og en på langs domkirkens søndre vegg i skipet (se Figur 2 for plassering av disse).



Figur 32: Plantegning av fundamentet til domkirken med plassering av loggerskap og miljøprofil. Kart: Cautus Geo AS.

6.5 Miljøprofiler / skap

Miljøprofil 1 er plassert lengst inne i krypkjelleren under domkirken og består av fire redoks-, en oksygen-, tre pH-, og to vanninnholdssensorer, se Tabell 11.

Tabell 11: Sensorplassering i kulturlag i miljøprofil 1.

Miljøprofil 1	
Sensor	Lag
Oksygen	1
pH 1	1A
pH 2	1B
pH 3	2
Redox 1	2
Redox 2	3
Redox 3	1A
Redox 4	1B
Vanninnhold 1	1
Vanninnhold 2	2

Miljøprofil 2 er plassert i gangen i krypkjelleren midt under domkirken og består av fire redoks-, en oksygen-, tre pH-, og to vanninnholdssensorer, se Tabell 12.

Tabell 12: Sensorplassering i kulturlag i miljøprofil 2.

Miljøprofil 2	
Sensor	Lag
Oksygen	3
pH 1	2
pH 2	3
pH 3	4
Redox 7-8	1A
Redox 9-10	2B
Redox 11-12	3
Redox 13-14	4
Vanninnhold 1	2
Vanninnhold 2	3

Miljøprofil 3 er plassert i sidekammer A2 nordvest i domkirken og består av fire redoks-, en oksygen-, tre pH-, og to vanninnholdssensorer, se Tabell 13.

Tabell 13: Sensorplassering i kulturlag i miljøprofil 3.

Miljøprofil 3	
Sensor	Lag
Oksygen	1
pH 1-2	1A
pH 3-4	1B
pH 5-6	2
Redox 7-8	1A
Redox 9-10	1B
Redox 11-12	2A
Redox 13-14	2B
Vanninnhold 1	1
Vanninnhold 2	2

Miljøprofil 4 er plassert i sidekammer D3 sørvest i domkirken og består av fire redoks-, en oksygen-, tre pH-, og to vanninnholdssensorer, se Figur 14.

Tabell 14: Sensorplassering i kulturlag i miljøprofil 4.

Miljøprofil 4	
Sensor	Lag
Oksygen	3
pH 1-2	2
pH 3-4	3A
pH 5-6	3B
Redox 7-8	1
Redox 9-10	2
Redox 11-12	3A
Redox 13-14	3B
Vanninnhold 1	2
Vanninnhold 2	3

7 Geokjemiske analyseresultater og bevaringsvurdering (COWI)

7.1 Beskrivelse av jordprøver fra kulturlagene

Det ble samlet inn jordprøver i de fire sjaktene i 2020 samt april og juni i 2021. Prøvetaking ble gjennomført av NIKU, og prøvene ble tatt på rilsanposer som ble oppbevart anaerobt (ved bruk av Anaerogen-poser), kjølig og mørkt hos NIKU frem til prøveforsendelse. Prøvene ble sendt til Eurofins for analyser av S1- og S2-parametere, se Tabell 9.

Tabell 15 viser koordinatene for miljøprofilene, og Tabell 16 viser analyseresultatene for prøvene som ble analysert (se også kapittel 7.2). Bevaringsvurderingen og en oppsummering av prøvene er beskrevet per miljøprofil videre i rapporten.

Tabell 15: Plassering av prøvepunktene. Koordinatene er oppgitt basert på EUREF89/UTM32. Prøvene fra juni 2021 ble ikke analysert, merket i kursiv.

Prøvenr. (Intrasis)	Kontekstnr.	Miljøprofil	Koordinater		Elevation (z) (moh.)
			Nord (x)	Øst (y)	
2020					
	Nordre profil, lag 1	1	312191,39	6541265,94	9,74
	Nordre profil, lag 2	1	312191,39	6541265,94	9,69
	Søndre profil, lag 2	2	312203,29	6541257,91	9,69
	Søndre profil, lag 3	2	312203,29	6541257,91	9,44
	Søndre profil, lag 4	2	312203,29	6541257,91	9,34
13.04.2021					
5113	3290	3	312193,957	6541270,23	9,981
5114	3947	3	312193,347	6541270,567	9,843
5115	3555	3	312193,649	6541270,389	9,792
5112	1100/undergrunn	3	312193,907	6541270,29	9,667
15.06.2021					
<i>10234</i>	<i>9272</i>	<i>4</i>	<i>312191,938</i>	<i>6541255,058</i>	<i>9,61</i>
<i>10235</i>	<i>9685</i>	<i>4</i>	<i>312192,165</i>	<i>6541270,23</i>	<i>9,54</i>
<i>10236</i>	<i>9696</i>	<i>4</i>	<i>312191,942</i>	<i>6541255,186</i>	<i>9,412</i>
<i>10237</i>	<i>1100/undergrunn</i>	<i>4</i>	<i>312192,279</i>	<i>6541255,143</i>	<i>9,349</i>

7.2 Avvik – manglende prøveresultater

Dessverre har prøvene fra juni 2021 forsvunnet i forbindelse med forsendelse. Disse resultatene foreligger dermed ikke. Disse prøvene kom fra miljøprofil 4 (se Tabell 15 og Tabell 16, hvor de aktuelle prøvene er merket henholdsvis i kursiv og med *).

7.3 Analyseresultater jordprøver

Tabell 16 viser analyseresultatene for prøvene fra miljøprofilene. Bevaring og en oppsummering av prøvene er beskrevet videre i rapporten. Resultatene tolkes per miljøprofil (med unntak av miljøprofil 4, se kapittel 7.2).

Tabell 16: Analyseresultater fra jordprøvene. Sikting er gjennomført på fuktige prøver, og konsentrasjoner oppgis per kg tørrvekt. Prøvene ble tatt i 2020 og 2021. Prøvene merket * forsvant under forsendelse og er ikke analysert.

Prøve	pH	Ledn. ($\mu\text{S/cm}$)	NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	SO ₄ (mg/kg)	Sulfid (mg/kg)	Fe ²⁺ (mg/kg)	Tot-Fe (mg/kg)	Fraksjon <5 mm (%, w/w)	Tør- stoff (%)	Gløde- tap (% TS)
2020 (miljøprofil 1)											
Nordre profil, lag 1	7,7	3700	2,4	3600	170	< 5,0	< 1	13000	63,7	91,4	4,5
Nordre profil, lag 2	6,1	210	1,8	110	16	8,8	< 1	23000	67,8	95,1	1,5
2020 (miljøprofil 2)											
Søndre profil, lag 2	7,7	1600	1,4	1000	730	< 5,0	< 1	17000	66,6	94,7	2,7
Søndre profil, lag 3	7,5	1100	1,6	310	1000	8,0	< 1	14000	76,2	95,6	2,4
Søndre profil, lag 4	8,0	580	<1,1	150	270	< 5,0	< 1	11000	38,8	93,1	0,8
13.04.2021 (Krypkjeller MOV) (miljøprofil 3)											
SL3290, P5113	8,6	260	<1	9,4	160	7,6	< 1	14000	61,0	78,6	5
SL3947, P5114	8,0	37	<1	8,3	6	11	< 1	13000	64,8	86,4	2,8
SL3555, P5115	8,0	40,0	<1	12	8,6	6,5	< 1	13000	61,7	85,2	2,9
SL1100 undergrunn, P5112	7,9	27	<1	5	4	< 5,0	< 1	14000	50,7	93,8	1,1
15.06.2021 (miljøprofil 4)											
10234	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10235	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10236	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10237	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

7.4 Analyseresultater og bevaringsvurdering

Prøvene som ble tatt i 2020 ble tatt fra miljøprofil 1 og 2 (nordre og søndre profil i kryptkjellerens midtgang) viste kun lave konsentrasjoner av sulfid. Tre av prøvene hadde ikke påvisbare mengder (<5 mg/kg TS), mens to av prøvene viste 8,0–8,8 mg/kg TS med sulfid. Tilstedeværelse av sulfid i disse to prøvene kan tyde på negative redoksforhold i grunnen og reduserende tilstand der prøvene ble tatt ut. Total mengde sulfid som kan dannes er avhengig av tilgjengelig sulfat. Alle prøvene inneholder tilstrekkelige mengder sulfat for å kunne danne sulfid. Likevel er konsentrasjonen veldig lav, eller ikke til stede. Sulfatinnholdet i lag 2 i miljøprofil 1 er betraktelig lavere enn for de øvrige. Dette kan tyde på at det tidligere er forbrukt større mengder av tilgjengelig sulfat for å produsere sulfid. Den samme tendensen sees i prøvene tatt fra miljøprofil 3 i 2021. Tre av de fire prøvene inneholder lave mengder sulfid, og sulfatinnholdet er relativt lavt i prøvene, noe som kan tyde på tidligere reduksjon av forbindelsene. Som nevnt over (se kapittel 7.2), forsvant prøvene fra miljøprofil 4 i forsendelse, og det foreligger derfor ingen resultater derfra.

Økt mengde av siktemasse < 5mm indikerer om strukturen og prøven er nedbrutt med mindre prøven inneholder mye uorganiske eller sandpartikler. I slike sammenhenger er det viktig å vurdere organisk innhold (glødetap) av prøven i tillegg til andel siktemasse < 5 mm for å illustrere mulig bevaring av organiske gjenstander i kulturlaget. Prøvene fra miljøprofil 1 viste 63,7–67,8 % partikler <5 mm. Det organiske innholdet var også meget lavt, kun 1,5–4,5 % glødetap. Det samme sees i miljøprofil 2 med 0,8–2,7 % glødetap. Partikkelstørrelsen er her mer varierende 38,8–76,2 % som er <5 mm. Da det organiske innholdet er såpass lavt, tyder det på at de små partiklene hovedsakelig stammer fra uorganiske partikler, f.eks. sand. Alle prøvene var også relativt tørre med tørrestoffinnhold på >91 % i nordre og søndre profil og 78–94 % for prøvene fra kryptkjeller.

Mye ammonium i prøven kan indikere økt mikrobiell aktivitet lokalt i jordlaget. Det kan også indikere at organiske forbindelser i kulturlaget blir raskere nedbrutt. Dette må også vurderes sammen med tilhørende nitratverdier i prøvene. Alle de ni prøvene inneholdt relativt lave nivåer av ammonium, maks 2,4 mg/kg TS. Ingen av prøvene fra miljøprofil 3 inneholdt påvisbare mengder ammonium (<1 mg/kg TS). Alle prøvene inneholdt nitrat, og de høyeste nivåene ble funnet igjen i prøvene fra miljøprofil 1 og 2. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i de øvre lagene. Tilstedeværelse av nitrat fører til at nitrat benyttes som oksygenkilde fremfor sulfat. De lave ammoniumkonsentrasjonene tyder på at reduksjon av nitrat ikke har vært særlig dominerende.

pH-verdiene og ledningsevne brukes til å vurdere korrosivitet lokalt i lagene. Lav pH < 6 viser et mer korrosivt miljø og vil være skadelig for metallgjenstander (uorganiske innhold) i kulturlaget. Analyseresultatene viser at pH i alle unntatt en av prøvene er på den basiske siden. Den dypeste prøven fra miljøprofil 1 har pH 6,1, så denne nærmer seg korrosive nivåer. Det er også denne prøven som hadde høyest innhold av sulfid.

Ledningsevnen er også relativt høy i både miljøprofil 1 og 2, og den synker jo dypere prøvene er tatt.

Dersom det observeres en del toverdig jern (Fe^{2+}) i prøvene, indikerer det stabile forhold for metallgjenstander i kulturlaget. Det skyldes ofte større forekomster av jern i kulturlagene grunnet sakte korrosjon av jern fra kulturlaget og opprinnelig bergart i grunn. Ingen av jordprøvene som ble analysert inneholdt toverdig jern, dvs. innholdet var <1 mg/kg TS. Derimot viser alle prøvene relativt høyt innhold av totalt jern (11 000–23 000 mg/kg TS). Dette indikerer at mesteparten av jernet enten er bundet som mineraljern, sulfider eller treverdige jernoksider.

Det er ingen fastsatte grenseverdier for analytiske parametere og bevaringsgraden i kulturlaget. Dette er derfor basert på vurdering av de ovennevnte parametere og hvordan de er i forhold til hverandre, jmfør Tabell 10.

Bevaringsvurderingen i Tabell 17 er kun basert på de prøvene som er tatt, og er derfor kun et øyeblikksbilde for de ulike stedene for det tidspunktet da prøvene ble tatt.







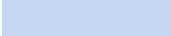
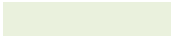


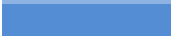
For bevaringsvurdering av organisk materiale, er det lagt spesielt vekt på nitrat, ammonium, partikkelstørrelse, organisk innhold og sulfid.

For bevaringsvurdering av uorganisk materiale, er det lagt spesielt vekt på sulfid, jern, ledningsevne og pH.

Bevaringsvurderingen er oppsummert i Tabell 17.

Tabell 17: Bevaringsvurdering av prøvene fra kulturlagene i miljøprofil 1–3.

Beskrivelse	Miljøprofil	Org. innhold (%)	Vanninnhold (%)	Sulfid (mg/kg)	pH	Ledn. (µS/cm)	Bevaring			
							Org. materiale	Uorg. materiale	Redoks	Arkeologisk tilstand (SOPS)
2020										
Nordre profil, lag 1	1	4,5	8,6	< 5,0	7,7	3700	Dårlig	Dårlig	Oks	A2
Nordre profil, lag 2	1	1,5	4,9	8,8	6,1	210	Dårlig	Dårlig	Delvis	A1
Søndre profil, lag 2	2	2,7	5,3	< 5,0	7,7	1600	Dårlig	Dårlig	Oks	A1
Søndre profil, lag 3	2	2,4	4,4	8	7,5	1100	Dårlig	Dårlig	Delvis	A1
Søndre profil, lag 4	2	0,8	6,9	< 5,0	8,0	580	Dårlig	Dårlig	Oks	A0
13.04.2021 (Krypkjeller MOV)										
SL3290, P5113	3	5	21,4	7,6	8,6	260	Dårlig	Dårlig	Delvis	A2
SL3947, P5114	3	2,8	13,6	11	8	37	Dårlig	Dårlig	Delvis	A2
SL3555, P5115	3	2,9	14,8	6,5	8,0	40	Dårlig	Dårlig	Delvis	A2
SL1100 undergrunn, P5112	3	1,1	6,2	<5,0	7,9	27	Dårlig	Dårlig	Oks	A0

	Lavt organisk innhold: < 29%		Dårlig
	Middels organisk innhold: 30-49%		Middels
	Høyt organisk innhold: >50%		Bra til utmerket
	Lavt vanninnhold: < 29%		Oksiderende
	Middels vanninnhold: 30-49%		Reduserende
	Høyt vanninnhold: > 50%		

SOPS: NS 9451:2009

7.5 Sensorer

Det er installert fire skap (ved siste installasjon bygget om til ett skap) med on-line sensorer i Stavanger domkirke.

- Miljøprofil 1 (skap 1) har måledata fra installasjon 15.01.2020 til 31.08.2023.
- Miljøprofil 2 (skap 2) har måledata fra installasjonen 15.01.2020 til 31.08.2023.
- Miljøprofil 3 (skap 3) har måledata fra installasjonen 15.04.2021 til 31.08.2023.
- Miljøprofil 4 (skap 4) har måledata fra installasjonen 15.06.2021 til 31.08.2023.

Plottene for de fire skapene/loggerne er vist i vedlegg 2, kapittel 12. Resultatene er vurdert for hver av de fire miljøprofilene/loggerskapene.

7.5.1 Miljøprofil 1 (Skap 1)

Sensormålingene er rapportert for perioden januar 2020 til august 2023.

Alle de fire redoks-sensorene i miljøprofil 1 viste jevnt høye verdier og dermed oksidative forhold i nesten hele perioden, dvs. mellom 360 og 460 mV. Fra midten av juni 2021 gikk alle fire sensorene ned til 0 mV, noe som sannsynligvis skyldes tekniske forhold. De var ute av drift resten av rapporteringsperioden. De høye resultatene tyder på ustabile forhold i grunnen med stadig tilgang på oksygen eller andre oksiderende forbindelser. Dette stemmer godt overens med oksygenmålingene tatt samme sted, der O₂ innholdet ligger jevnt på 20–25 % metning i hele perioden.

De tre pH-sensorene viser varierende resultat. Sensoren fra lag 1A viste en nedadgående tendens fra installasjon og til januar året etter. Den gikk da fra pH 7,5 til pH 2,2. Deretter økte den opp mot pH 6 frem mot juni 2021. pH i lag 1B har holdt seg jevn på pH 7,1–7,5. Sensoren i lag 2 viste ujevne

målinger rett etter installasjon, men fra våren 2020 har grafen vist en oppadgående tendens fra pH 5,0–6,0. Fra juni 2021 til desember 2023 var det ingen pH-målinger.

Ledningsevnen (konduktivitet) benyttes som et mål på vanninnholdet. Etter en ustabil startperiode, har sensoren i lag 1 stabilisert seg rundt 20–30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og sensoren i lag 2 på 12,0–13,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Måleresultatene i lag 1 ser ut til å synke sakte over tid.

Vanninnholdet målt med de to sensorene har trolig trengt litt tid på å stabilisere seg og viser dermed svært ujevne målinger frem til juni 2021. Deretter viser sensoren i lag 1 en nedadgående trend fra 16,5 % og ned mot 12,7 %. Sensoren i lag 2 holder seg rundt 7 % fra september 2021 og til august 2023.

Oppsummert ser det ut til å være dårlige bevaringsforhold i miljøprofil 1. Profilen inneholder mye oksygen, og pH har vært varierende og ned i meget sure nivåer.

7.5.2 Miljøprofil 2 (Skap 2)

Sensormålingene er rapportert for perioden januar 2020 til august 2023.

Alle de fire redoks-sensorene i miljøprofil 2 viste høye verdier og dermed oksidative forhold i hele perioden, dvs. mellom 150 og 375 mV. De høye resultatene tyder på ustabile forhold i grunnen med stadig tilgang på oksygen eller andre oksiderende forbindelser. Dette stemmer godt overens med oksygenmålingene tatt samme sted, der O_2 innholdet ligger jevnt på 20–25 % metning i hele perioden. I august 2023 skjedde det noe med sensoren slik at den viser negativ metning (-1282 %). Dette vil følges opp i fortsettelsen.

De tre pH-sensorene viser alle en svakt stigende tendens frem til april/mai 2021. Deretter skjedde en liten nedgang før målingene stort sett har stabilisert seg på ca. mellom 7,7 og 8,4 avhengig av de ulike lagene.

Ledningsevnen har stabilisert seg fra juni 2021 for sensoren i lag 2 og fra november 2021 for lag 3. Verdiene holder seg da på hhv. 6–8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og 13,8–16,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vanninnholdet har også stabilisert seg i samme perioder på hhv. 6,6–7,0 % og 9,2–9,7 % for de to lagene.

Oppsummert ser det ut til å være dårlige bevaringsforhold i miljøprofil 2. Profilen inneholder mye oksygen. pH og ledningsevne er stort sett stabile.

7.5.3 Miljøprofil 3 (Skap 3)

Sensormålingene er rapportert for perioden april 2021 til august 2023.

Alle de fire redoks-sensorene i miljøprofil 3 viste høye verdier og dermed oksidative forhold i hele perioden, dvs. mellom 360 og 490 mV. De høye resultatene tyder på ustabile forhold i grunnen med stadig tilgang på oksygen eller andre oksiderende forbindelser. Dette stemmer godt overens med oksygenmålingene tatt samme sted, der O_2 innholdet ligger jevnt på 22–24 % metning i hele perioden.

De tre pH-sensorene viser alle en synkende tendens etter den innledende ustabiliteten etter installasjon. I august 2023 ser sensorene ut til å ha stabilisert seg rundt pH 7,4 og 7,7 avhengig av de ulike lagene.

Ledningsevne holder seg jevnt lavt, men har en stigende tendens i lag 1. Fra tidspunkt for installasjon i april 2021 og frem til august 2023 har sensoren i lag 1 steget fra 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ til 16 $\mu\text{S}/\text{cm}$. I lag 2 har ledningsevnen holdt seg i området 0,8–1,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Avlesningen på de to sensorene som måler vanninnholdet holder seg relativt stabile. Vanninnholdet i lag 1 ligger på 17,4–18,0 % og lag 2 ligger på 8,2–8,7 %.

Oppsummert ser det ut til å være dårlige bevaringsforhold i miljøprofil 3. Profilen inneholder mye oksygen, og redoksforholdene er i det oksidative området. pH og ledningsevne har holdt seg relativt stabile.

7.5.4 Miljøprofil 4 (Skap 4)

Sensormålingene er rapportert for perioden juni 2021 til august 2023.

Alle de fire redoks-sensorene i miljøprofil 4 viste høye verdier og dermed oksidative forhold i hele perioden, dvs. mellom 250 og 480 mV. De høye resultatene tyder på ustabile forhold i grunnen med stadig tilgang på oksygen eller andre oksiderende forbindelser. Dette stemmer godt overens med oksygenmålingene tatt samme sted, der O₂ innholdet ligger jevnt på 22–24 % metning i hele perioden.

De tre pH-sensorene viser noe varierende nivåer. Sensoren i lag 2 viser synkende tendenser fra midten av 2022 og til august 2023. Målingene har da sunket jevnt fra 7,3 til 6,9. De øvrige to sensorene viser stabile måleverdier fra mars 2022 og senere. Målingene ser ut til å ha stabilisert seg på ca. mellom 6,5 og 6,9 avhengig av de ulike lagene.

Ledningsevnen har holdt seg stabilt lavt i hele måleperioden, men viser en svak økende trend etter juli 2022. Verdiene har økt til 6,2 µS/cm i lag 2 og til 11,2 µS/cm i lag 3. Dette er meget lave verdier. Vanninnholdet har også stabilisert seg i samme perioder på hhv. 8,8–10,9 % og 14,8–17,0 % for de to lagene.

Oppsummert ser det ut til å være dårlige bevaringsforhold i miljøprofil 4 med høyt oksygeninnhold og dermed oksidative forhold.

7.6 Oppsummering

Plassering av sensorene er forenklet skissert i Tabell 18. Ved hjelp av fargekoder er det også gjort en vurdering bevaringsforholdene for de ulike sensorene i lagene. Grønn farge antyder gode bevaringsforhold, mens rødt tyder på dårlige.

Tabell 18: Forenklet skisse over plasseringen av sensoren i de ulike lagene i miljøprofilene. Grønn = gode bevaringsforhold, rød = dårlige bevaringsforhold.

Miljøprofil	Lag	Sensor				Jordprøver tatt i 2020/21
		Ledningsevne og vanninnhold	pH	Redoks	oksygen	
Skap 1	1	Vanninnhold 1			Oksygen	Nordre profil, lag 1
	1A		pH 1	Redox 3		
	1B		pH 2	Redox 4		
	2	Vanninnhold 2	pH 3	Redox 1		Nordre profil, lag 2
	3			Redox 2		
Skap 2	1					
	1A			Redox 7-8		
	2	Vanninnhold 1	pH 1			Søndre profil, lag 2
	2B			Redox 9-10		
	3	Vanninnhold 2	pH 2	Redox 11-12	Oksygen	Søndre profil, lag 3
	4		pH 3	Redox 13-14		Søndre profil, lag 4
Skap 3	1	Vanninnhold 1			Oksygen	5113, SL3290
	1A		pH 1-2	Redox 7-8		5114, 3947
	1B		pH 3-4	Redox 9-10		

Miljøprofil	Lag	Sensor				Jordprøver tatt i 2020/21
		Ledningsevne og vanninnhold	pH	Redoks	oksygen	
	2	Vanninnhold 2	pH 5-6			5115, 3555
	2A			Redox 11-12		
	2B			Redox 13-14		
	E					5112, 1100/ undergr.
Skap 4	1			Redox 7-8		
	2	Vanninnhold 1	pH 1-2	Redox 9-10		
	3	Vanninnhold 2			Oksygen	
	3A		pH 3-4	Redox 11-12		
	3B		pH 5-6	Redox 13-14		

8 Vurdering av forhold for kulturlagenes tilstand og bevaring

Det gjennomførte feltarbeidet har omfattet en arkeologisk tilstandsvurdering av kulturlag og installering av overvåkingsutstyr i fire miljøprofiler i Stavanger domkirke, samt foretatt geokjemiske undersøkelser av utvalgte jordprøver for analyse av bevaringsforhold i tråd med Riksantikvarens vedtak datert 18.01.2021 (RA ref. nr. 20/09600-86). Undersøkelsene er utført av NIKU, i samarbeid med partnere COWI og Cautus Geo AS, og er foretatt i henhold til Norsk Standard NS 9451:2009, «Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag».

8.1 Vurdering av arkeologisk tilstand

Miljøprofil 1 ligger lengst vest i det som har blitt benevnt som krypkjellerens midtgang, mens miljøprofil 2 ligger omtrent i midten av denne midtgangen i domkirkens skip. Den arkeologiske tilstanden for kulturlag i disse to miljøprofilene vurderes som dårlig. Kulturlagene ble tolket som å være intakte *in situ* graver, og i disse området av domkirkens skip har gravene blitt datert til fra yngre vikingtid til middelalder, samt gjenbegravelser av eldre individer på 1600- og 1700-tallet. Kulturlagene var kompakte, men også tørre og porøse i konsistens, med et lavt organisk innhold. Kulturlagene ble vurdert til å være i dårlig eller elendig tilstand.

Miljøprofil 3 og miljøprofil 4 ligger i den vestre siden av domkirkens skip, men på hver sin kant i den nordre og søndre siden. Kulturlagene ble tolket som å være intakte *in situ* avsetninger fra vikingtid og middelalder. Disse besto av avsetninger og strukturer knyttet til produksjonsvirksomhet, bosetning, dyrking, husholdning og dyrehold. Kulturlagene var tette og relativt kompakte, foruten enkelte unntak, med middels høyt organisk innhold. Mesteparten av kulturlagene ble vurdert til å være i dårlig tilstand, foruten ett lag som ble vurdert til å være i god tilstand.

8.2 Vurdering av bevaringsforhold

Prøver fra 2020 tatt i miljøprofil 1 og 2 viste kun lave konsentrasjoner av sulfid, foruten to av prøvene som viste mengder som kan tyde på negative redoksforhold i grunnen og reduserende tilstand der prøvene ble tatt ut. Alle prøvene inneholder tilstrekkelige mengder sulfat for å kunne danne sulfid videre. Den samme tendensen sees i prøvene tatt i miljøprofil 3 i 2021. Tre av de fire prøvene inneholder lave mengder sulfid, og sulfatinholdet er relativt lavt i prøvene, noe som kan tyde på tidligere reduksjon av forbindelsene.

Da det organiske innholdet er såpass lavt i kulturlagene som er analysert, som nevnt over gjennomsnittlig mindre enn 29 %, tyder dette på at de små partiklene hovedsakelig stammer fra uorganiske partikler, f.eks. sand, og at den organiske andelen av lagets sammensetning trolig ikke har vært så høy i utgangspunktet. Alternativt er mesteparten av organisk innhold nedbrutt allerede kort

etter deponeringstid og har siden holdt seg stabilt lavt. Alle prøvene var også relativt tørre, med tørrstoffinnhold på >91 % i miljøprofil 1 og 2 og 78–94 % for prøvene tatt fra miljøprofil 3. Videre inneholdt prøvene relativt lave nivåer av ammonium, samtidig som alle prøvene inneholdt nitrat, og de høyeste nivåene ble funnet igjen i prøvene fra miljøprofil 1 og 2, og fra de øverste lagene. Tilstedeværelse av nitrat gjør at dette benyttes som oksygenkilde for mikrobielle organismer fremfor sulfat.

Alle analyseresultater for pH er på den basiske siden, foruten en av prøvene fra miljøprofil 1 som nærmer seg korrosive nivåer. Ledningsevnen er relativt høy i alle prøvene, og synker jo dypere prøven er tatt. Ingen av prøvene viste innhold av toverdig jern, men derimot et relativt høyt innhold av totalt jern. Dette indikerer at mesteparten av jernet enten er bundet som mineraljern, sulfider eller treverdige jernoksider. Dette er igjen en indikator på dårlige bevaringsforhold.

Kombinasjon av jordkjemiske parameterverdier gjengitt over tilsier at bevaringsforholdene kan vurderes som dårlige for kulturlagene i miljøprofilene 1, 2 og 3 (se Tabell 17).

Målingene som har blitt foretatt ved installerte sensorer ved miljøprofil 1 og 2 og miljøprofil 3 og 4, og som omfattes av denne rapporten, er gjort fra henholdsvis 2020 og 2021 fram til og med august 2023 (se Tabell 18). Betongdekket for det nye gulvet i Stavanger domkirke stod ferdig støpt den 15. september 2021.

For miljøprofil 1 og 2 kan det observeres målinger ved redoks-sensorene som har viste høye verdier og dermed oksidative forhold i hele perioden. De høye resultatene tyder på ustabile forhold i grunnen med stadig tilgang på oksygen, eller andre oksiderende forbindelser. Dette stemmer også overens med høye oksygenmålinger i hele perioden. Miljøprofil 1 har også vist målinger av varierende og meget sure nivåer i pH-sensorene, samt noe varierende forhold for vanninnhold frem til juni 2021. Vanninnholdet har vist i den påfølgende rapporterte måleperiode en nedadgående/stabil trend, samt en stabil/synkende ledningsevne. I miljøprofil 2 har derimot pH-målingene, ledningsevne og vanninnhold stabilisert seg fra vår og sommer i 2021. Målinger av oksygenmetningen viser at det stadig er tilgang på oksygen i dette profilet. I august 2023 ble det avlest en uventet måling for denne sensoren, som bør følges opp ved fremtidig rapportering.

Redoks-sensorene i miljøprofil 3 og 4 har også vist høye verdier og dermed oksidative forhold i hele måleperioden, noe som tyder på ustabile forhold i grunnen med stadig tilgang på oksygen eller andre oksiderende forbindelser. Oksygenmålingene ligger også i begge disse miljøprofilene relativt høyt i hele perioden. I miljøprofil 3 viser pH-sensorene en synkende tendens, men som stabiliserer seg innen august 2023. I miljøprofil 4 er det registrert varierende pH-nivåer, både synkende og stabile tendenser, men som også stabiliserer seg utover i måleperioden. Målinger av ledningsevne i ulike lag i de to miljøprofilene har vært noe sprikende, hvor enkelte sensorer har vist stabile forhold, mens andre har målt stigende nivåer. Målinger av vanninnhold i miljøprofil 3 og 4 har vist relativt stabile forhold.

Oppsummert viser de geokjemiske og geofysiske analyseresultater fra jordprøver for miljøprofil 1, 2 og 3 at forhold for bevaring av organisk materiale er dårlige for kulturlag i de fleste av de ulike nivåene i alle profilene hvor det er tatt prøver til analyse. Det gjennomsnittlige vanninnholdet i miljøprofil 1, 2 og 3 er lavt, og ligger på under 29 % i alle prøvene. Analyseresultat for de tre miljøprofil viser også svært lave konsentrasjoner av organisk materiale (mindre enn 29 %) i kulturlagene fra topp til bunn. Det er påvist oksiderende forhold i enkelte av prøvene fra de tre miljøprofilene, og delvis oksiderende i de resterende.

9 Konklusjoner

Fire miljøprofiler i ulike deler av Stavanger domkirkes kryptkjeller har blitt undersøkt av arkeolog. Basert på de resultater som har fremkommet, de geokjemiske og -fysiske så vel som de arkeologiske, er de intakte kulturlag fra middelalder og vikingtid som har blitt undersøkt i relativt dårlig forfatning, og

er utsatt for aktiv nedbrytning. Den arkeologiske og geokjemiske vurderingen av bevaringstilstand og bevaringsforhold fra miljøprofil 1, 2 og 3 er omtrent samfelle i sine konklusjoner om at intakte kulturlag er dårlig bevarte og har i tillegg dårlig tåleevne. Det eneste laget som fikk en høyere arkeologisk vurdering var lag SL9696 i miljøprofil 4, men der foreligger det som ovenfor forklart dessverre ikke analyseresultater av prøven.

Det kan ut ifra denne rapporten konkluderes at det er dårlige bevaringsforhold for kulturlagene under Stavanger domkirke, påvist ved både en arkeologisk bevaringsvurdering og ved geokjemiske og geofysiske analyser. Målinger fra sensorene som er installert i miljøprofilene viser derimot per august 2023 ikke vesentlige endringer i bevaringsforholdene som vil akselerere nedbrytningsprosesser som allerede er aktivt pågående. Forholdene har holdt seg stabilt dårlige tross arbeidene som er gjort og et endret inn klima som følge av etableringen av et nytt gulv så langt (miljøprofil 1 og 2).

Vesentlige punkter for måleperioden fremover vil være å overvåke innvirkningen og utviklingen videre på de gjenværende *in situ* kulturlagene etter etableringen av støpt betonggulv og hvordan et endret klima vil endre bevaringsforhold ved alle de fire målepunktene, samt om ytterligere endringer kan observeres etter at varme skrur på i det nye gulvet. Ved eventuelle negative utviklinger i bevaringsforhold, anbefaler vi at det bør settes inn avbøtende tiltak for å minimere risikoen for videre forringelser av intakte kulturlag fra jernalder og middelalder.

10 Referanser

- Ashby, S. P. 2010. *A typological guide for the spot-identification of medieval bone/antler combs from the British Isles and Northern Europe*. Unpublished datasheet of the ICAZ Worked Bone Research Group, hentet fra <http://www.wbrg.net/>
- Denham, Sean og Theo Gil 2022. *Documentation and dating of a dry-stone wall and exposed soil profile beneath the floor of Stavanger Cathedral*. Oppdragsrapport 2022/20, Universitetet i Stavanger/Arkeologisk museum.
- Ekroll, Øystein og Tor Hess 1998. Notat om arkeologisk synfaring under golvet i skipet i Stavanger domkyrkje. Upublisert notat, 7. januar 1998.
- Flodin, L. 1989.: «Kammakeriet i Trondheim. En kvantitativ analys av horn- og benmaterialet från Folkebibliotekstomten.» *Fortiden i Trondheim bygrunn: Folkebibliotekstomten. Meddelelser nr. 14*. Riksantikvaren. Utgravningskontoret for Trondheim 1989.
- Fyllingen, Hilde og Wenche Brun 2017. *Arkeologiske undersøkelser i og rundt Stavanger domkirke*. Oppdragsrapport 2017/12, Universitetet i Stavanger/Arkeologisk museum.
- Gebremariam, Fanta Kidane 2022. *Analysis of clay, slag and metallic materials from the archaeological excavation in the nave of Stavanger Cathedral (NIKU/1021779): interim report*. Oppdragsrapport 2022/18, Universitetet i Stavanger/Arkeologisk Museum.
- Hommedal, Alf Tore 2003. Stavanger domkirke, arkeologiske undersøkingar under skipet. Upublisert notat til Riksantikvaren datert 20.03.2003.
- Madigan, M. T. og J. M. Martinko 2006. *Brock Biology of Microorganisms*. 11th. Ed. Pearson Prentice Hall, USA.
- Macphail, Richard I. 2022. *Stavanger Cathedral, Stavanger, Rogaland, Soil Micromorphology*. Institute of Archaeology, University College London.
- Milek, Karen 2012: The Roles of Pit Houses and Gendered Spaces on Viking-Age Farmsteads in Iceland. *Medieval Archaeology* 56.
- Standard Norge 2009. Kulturminner. Krav til miljøovervåking og -undersøkelse av kulturlag. Norsk Standard NS9451:2009. ICS 13.020.99: 91.010.99
- Standard Norge 2022. Kulturminner – Undersøkelse og overvåking av arkeologiske kulturlag for bevaring på stedet. NS-EN 17652:2022.
- Solberg, Bergljot 2003. *Jernalderen i Norge. 500 før Kristus til 1030 etter Kristus*. 2 ed. Cappelen Akademisk Forlag, Oslo.
- Schjelderup, Per og Live Gram 2013. *Stavanger domkirke og bispekapellet: Restaureringsplan 2013-2025*. Arkitektkontoret Schjelderup&Gram, Stavanger 2013.
- Voellmecke, M., Engebretsen, J. & Dinning, A.J. 20. Installasjon- og bevaringsrapport: Stavanger domkirke, Stavanger. (Upublisert rapport).
- Ødeby, Kristine, Sean Denham, Kjartan Hauglid og Halldis Hobæk 2022. *Arkeologiske undersøkelser i krypkjelleren, Stavanger domkirke. Stavanger domkirke, Stavanger kommune, Rogaland*. NIKU Rapport 118/2022.

11 Vedlegg1: Bilder fra installasjonsarbeidene



Figur 33: Presentasjon av ulike kulturlag. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 34: Installasjon av sensorer ved miljøprofil 1. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 35: Elektroder for måling av reduksjonspotensiale. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 36: Sensorer installert i miljøprofil 1. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 37: Installerte sensorer i miljøprofil 1, koblet til skap 1. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 38: Tildekte sensorer ved miljøprofil 2. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 39: Måleskap ved miljøprofil 2 og batteripakke. Foto: Cautus Geo AS.



Figur 40: Ferdig installasjon miljøprofil 1. Foto: Cautus Geo AS.



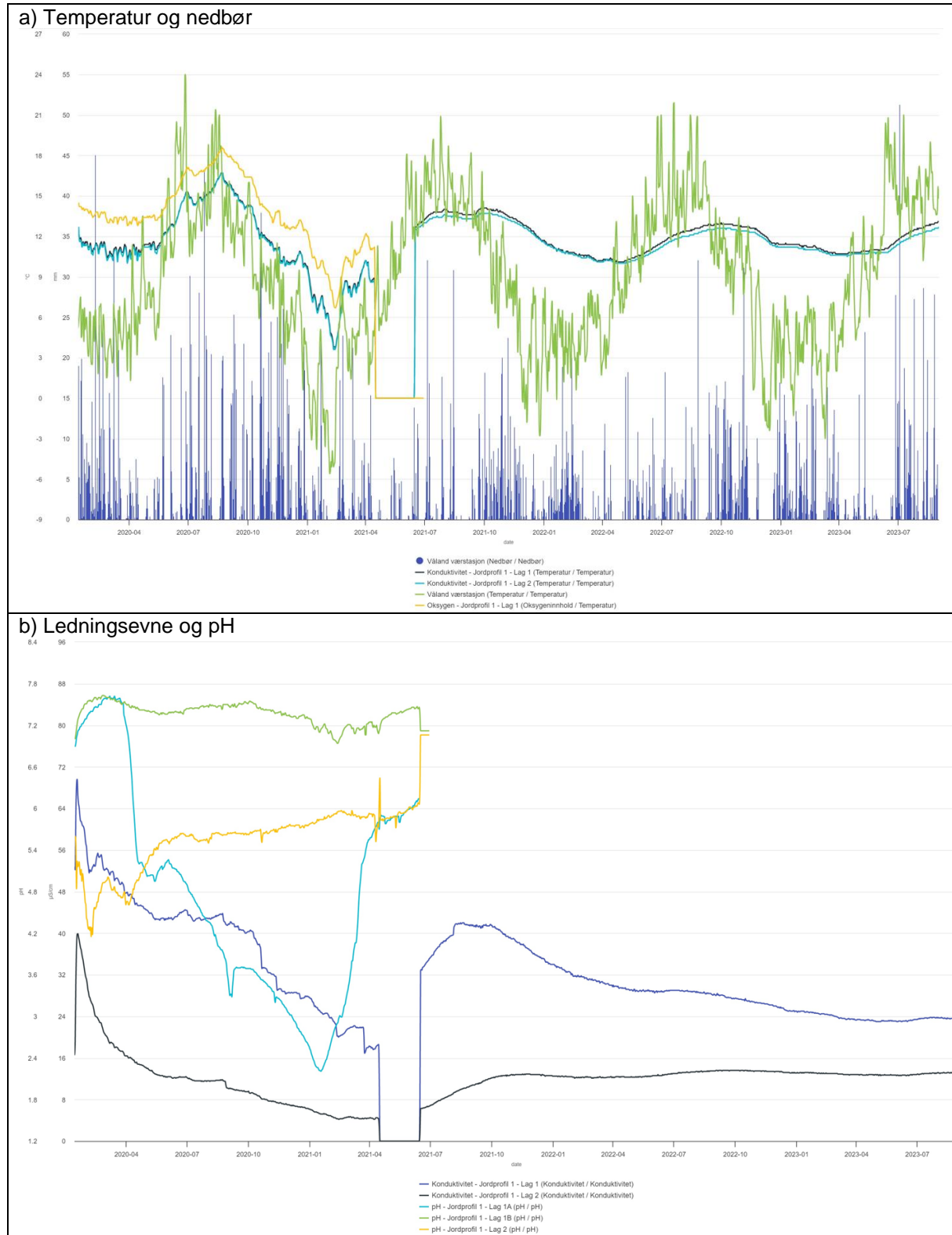
Figur 41: Ferdig installasjon miljøprofil 2. Foto: Cautus Geo AS.

12 Vedlegg 2: Sensordata

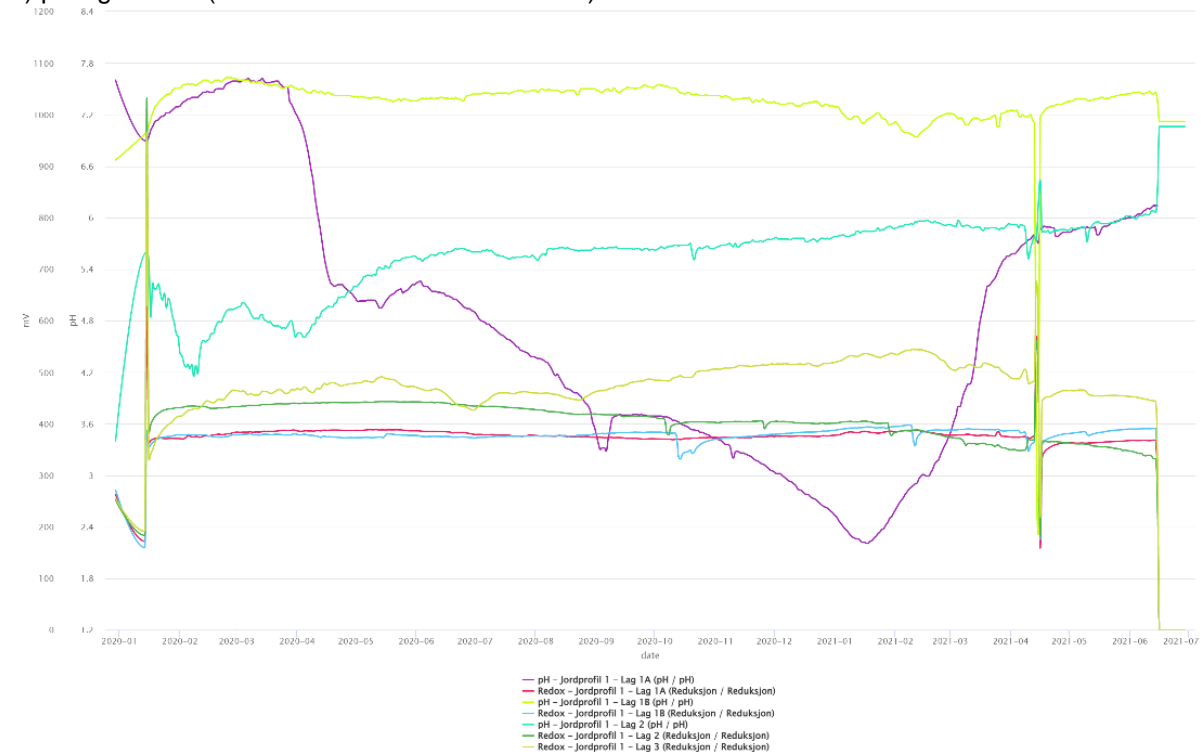
12.1 Skap 1

Installasjonspunkt miljøprofil 1 (Skap 1). Plottene er hentet fra Cautus Web som døgngeneraliserte verdier, se Figur 42.

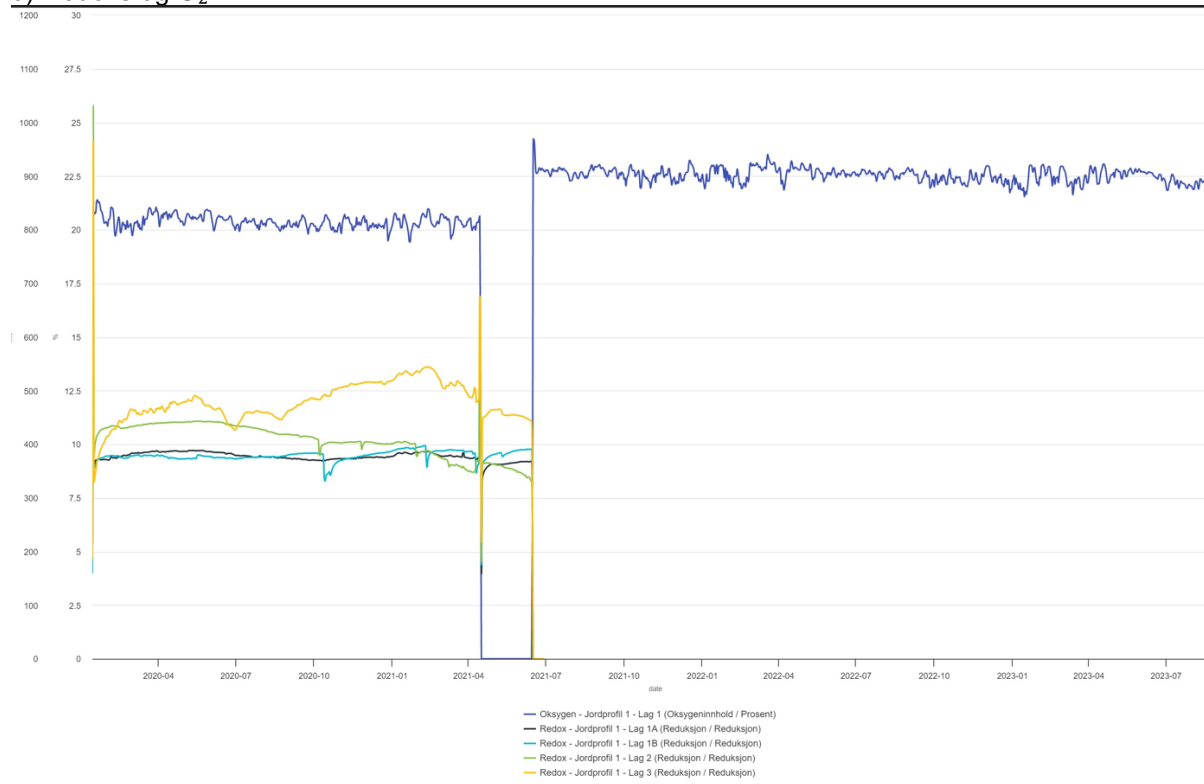
Figur 42: Plott fra online sensorer av miljøprofil 1 (skap 1).

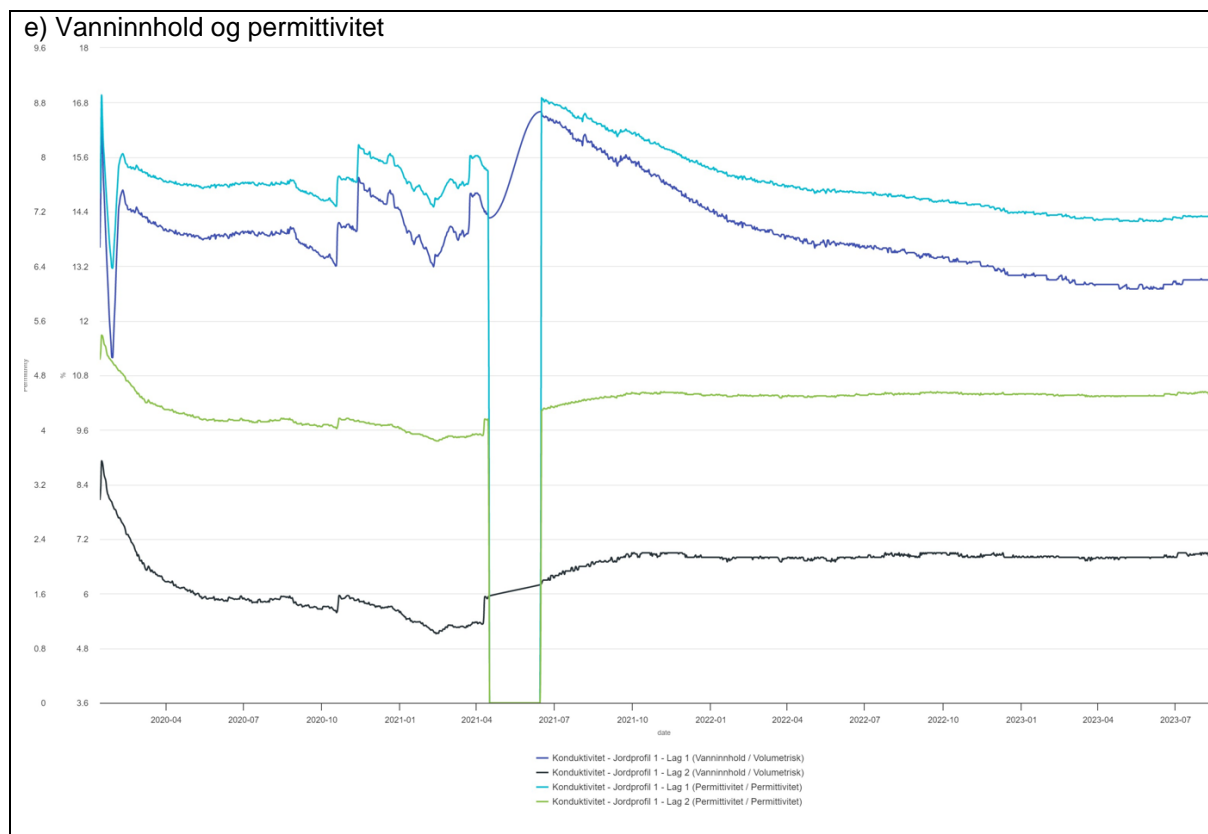


c) pH og redoks (data re etablert desember 2023)



d) Redoks og O₂

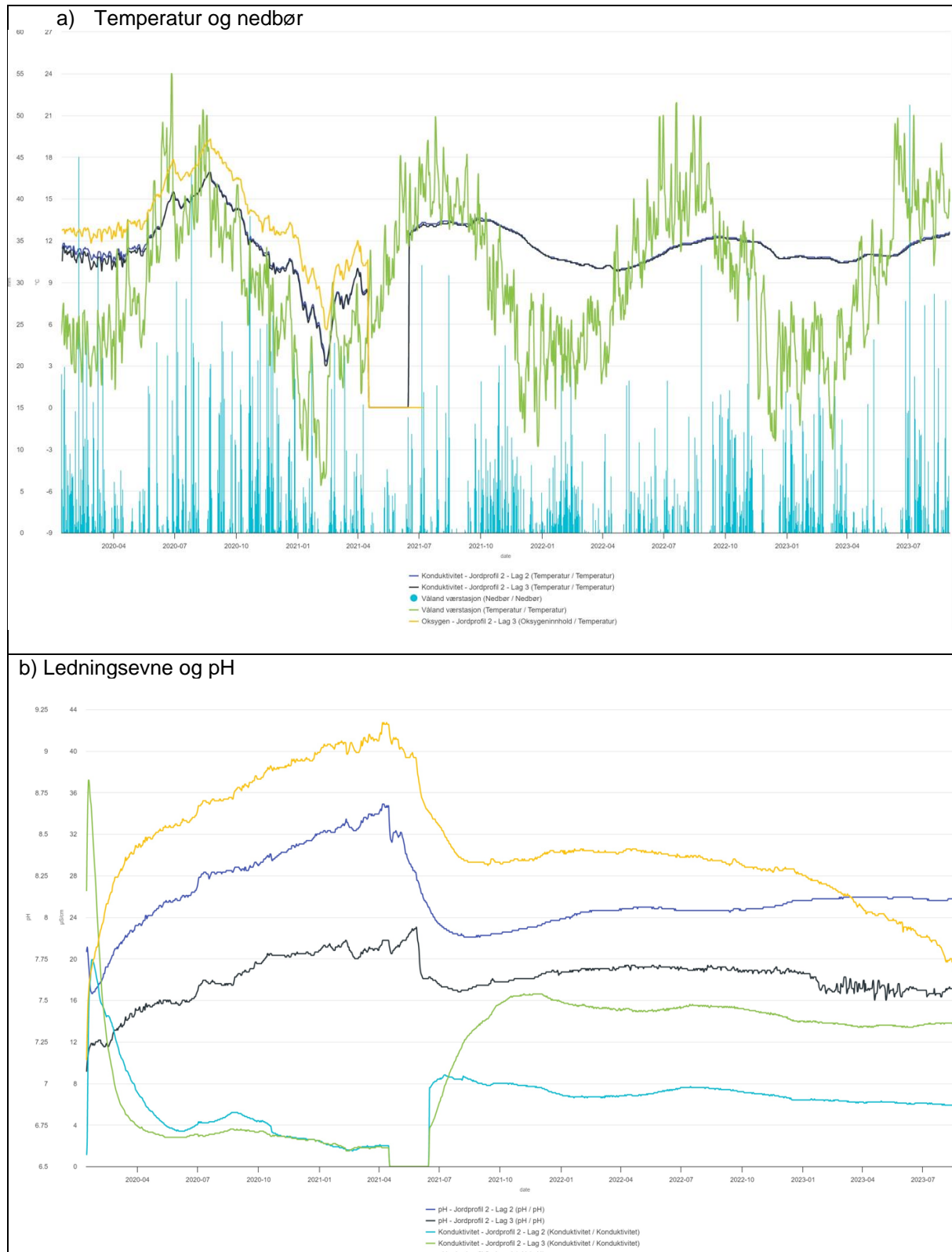




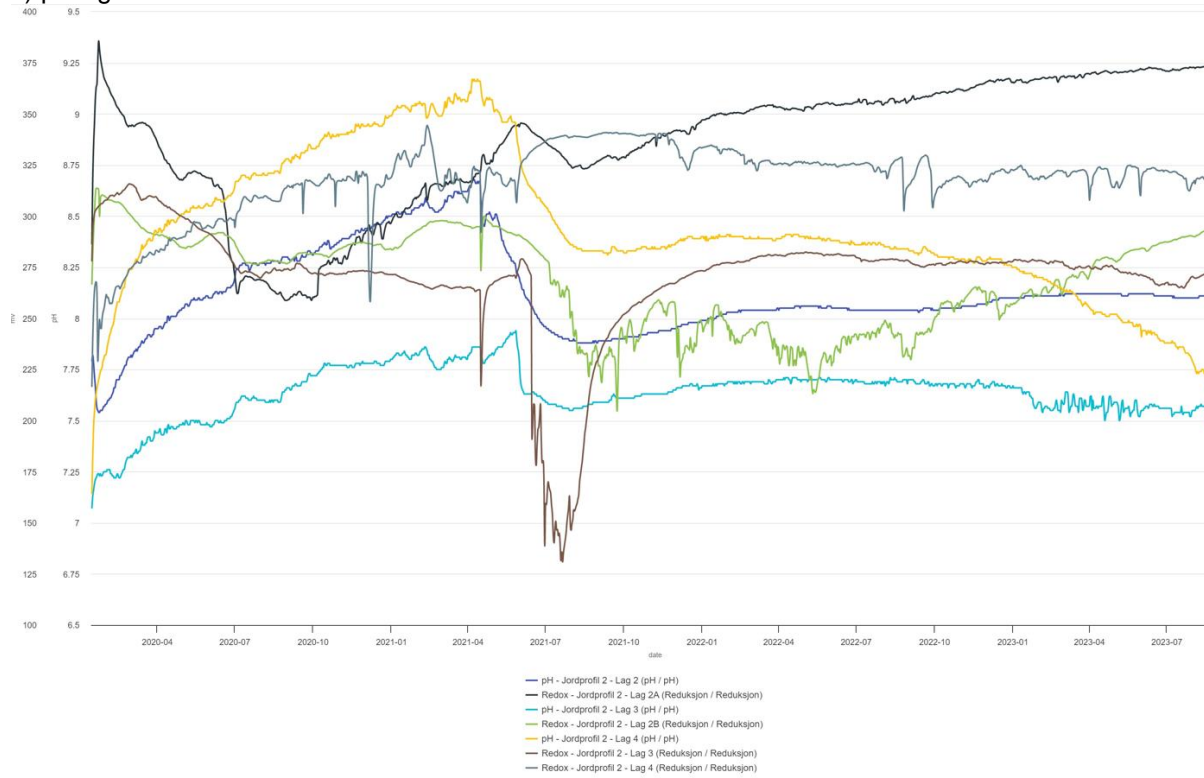
12.2 Skap 2

Installasjonspunkt miljøprofil 2 (Skap 2). Plottene er hentet fra Cautus Web som døgngeneraliserte verdier, se Figur 43.

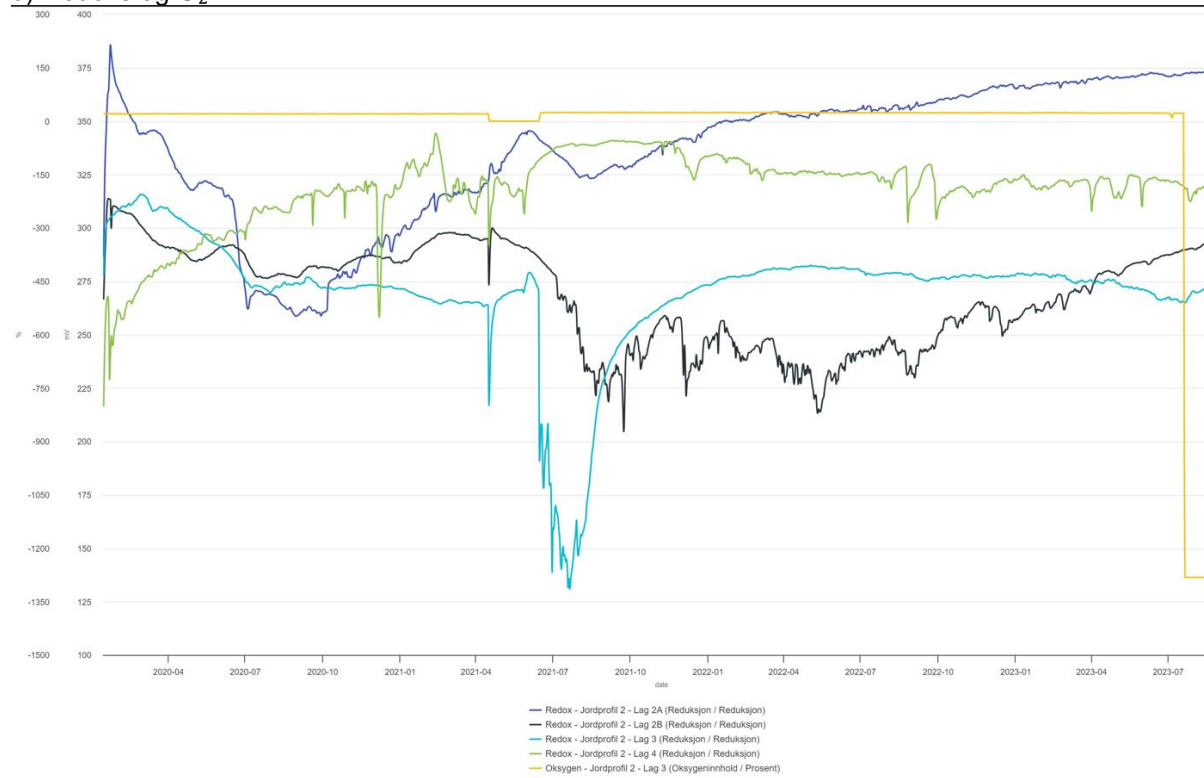
Figur 43: Plott fra online sensorer av miljøprofil 2 (skap 2).



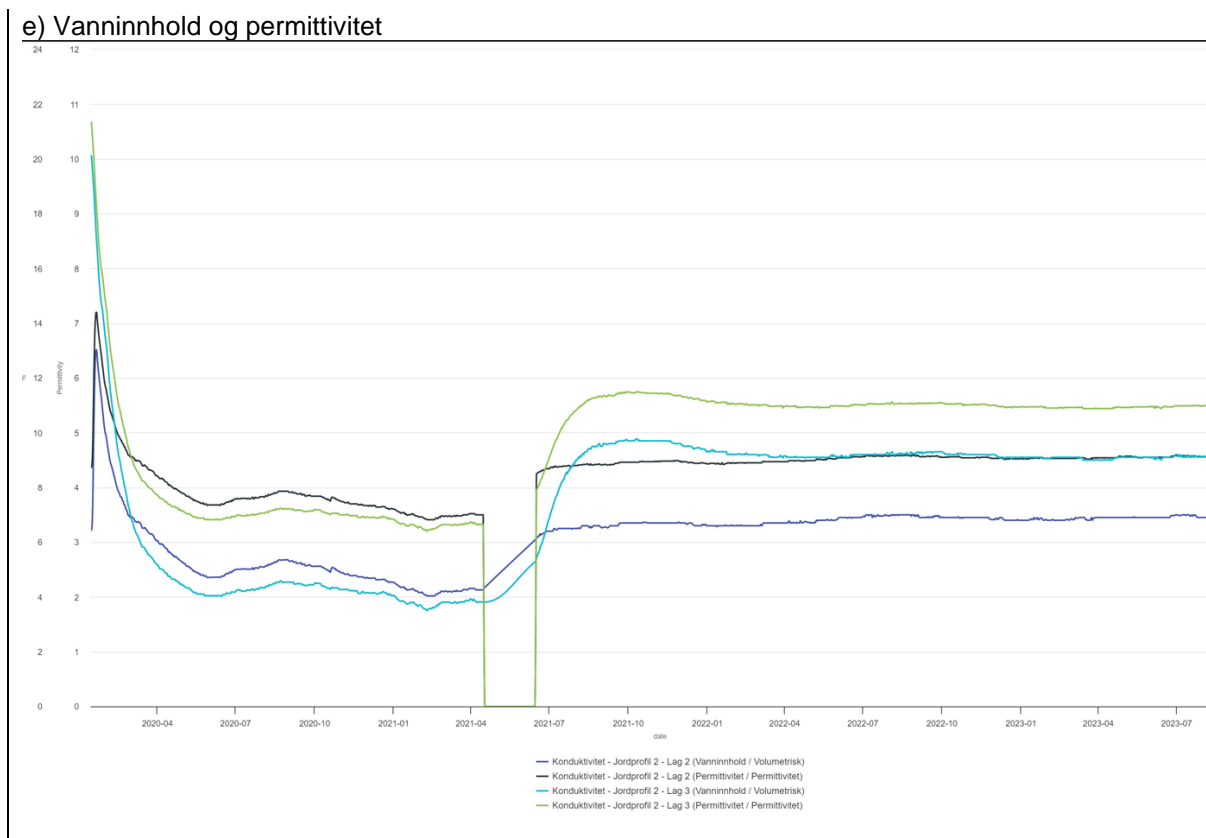
c) pH og redoks



d) Redoks og O₂



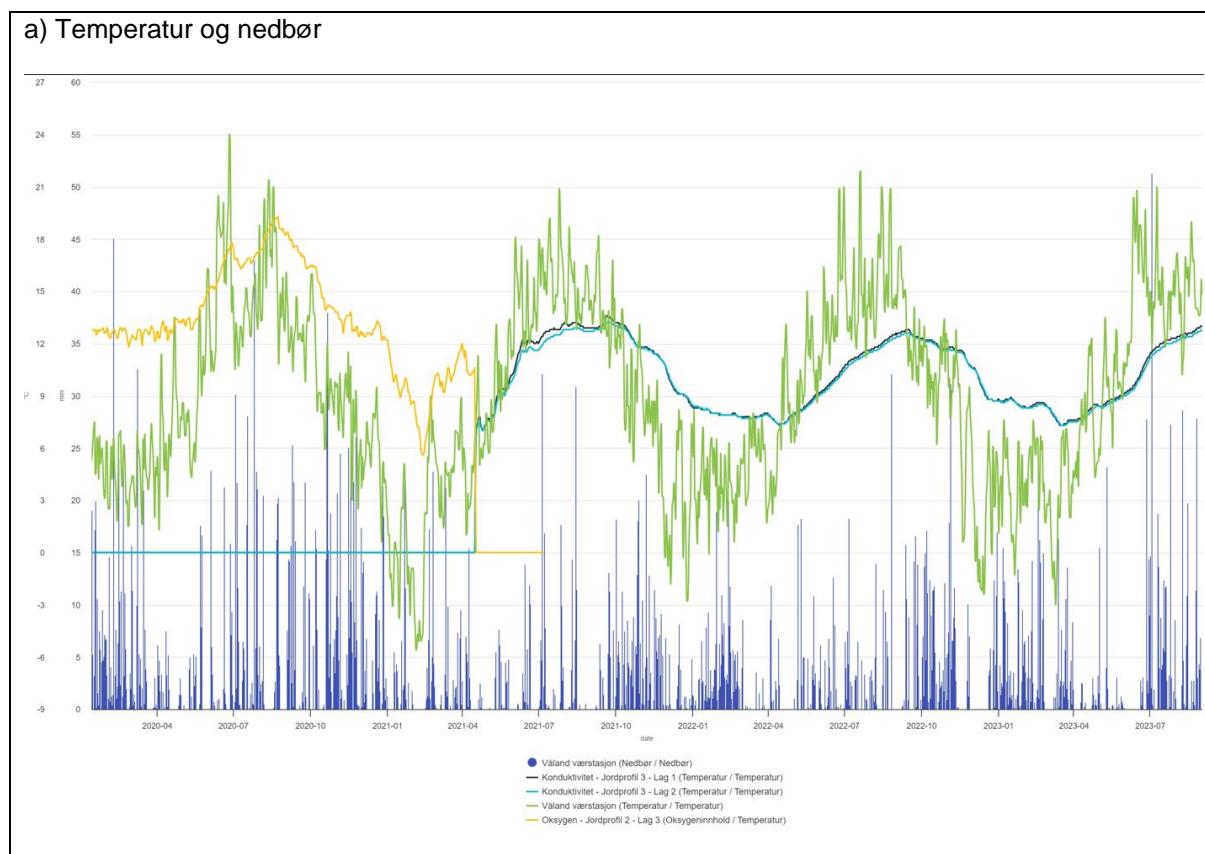
e) Vanninnhold og permittivitet



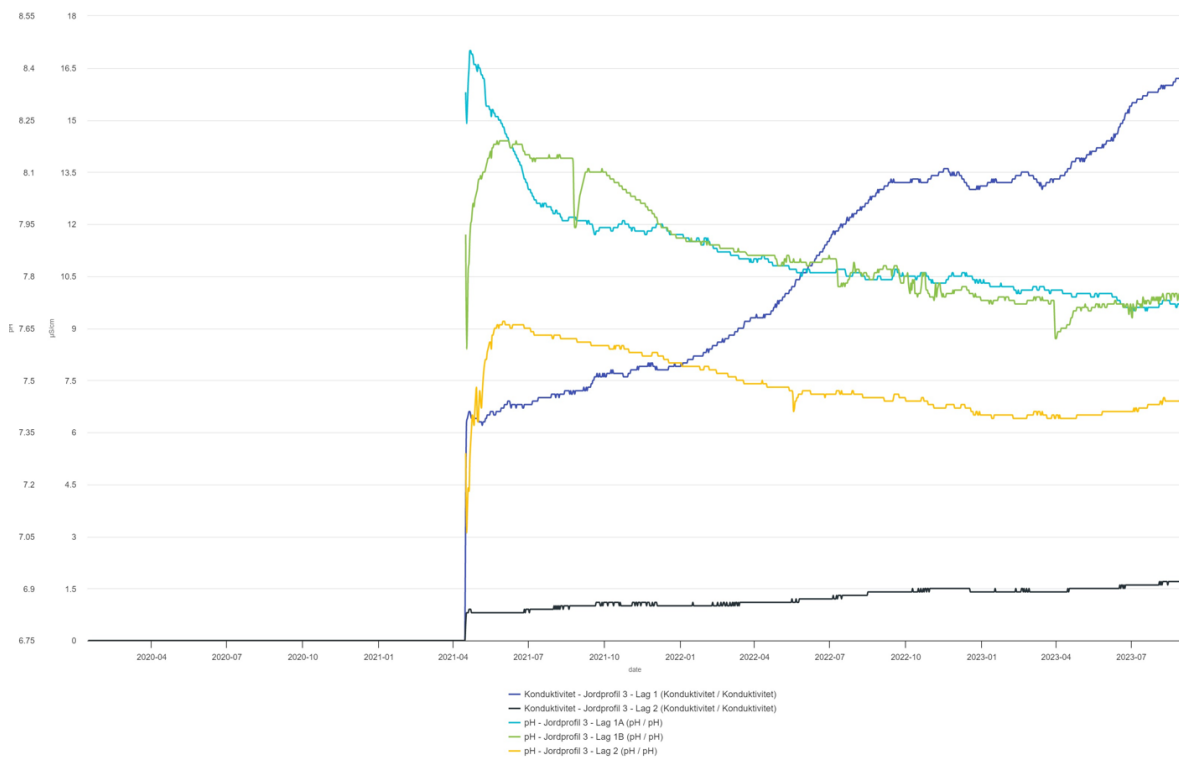
12.3 Skap 3

Installasjonspunkt miljøprofil 3 (Skap 3). Plottene er hentet fra Cautus Web som døgngeneraliserte verdier, se Figur 44.

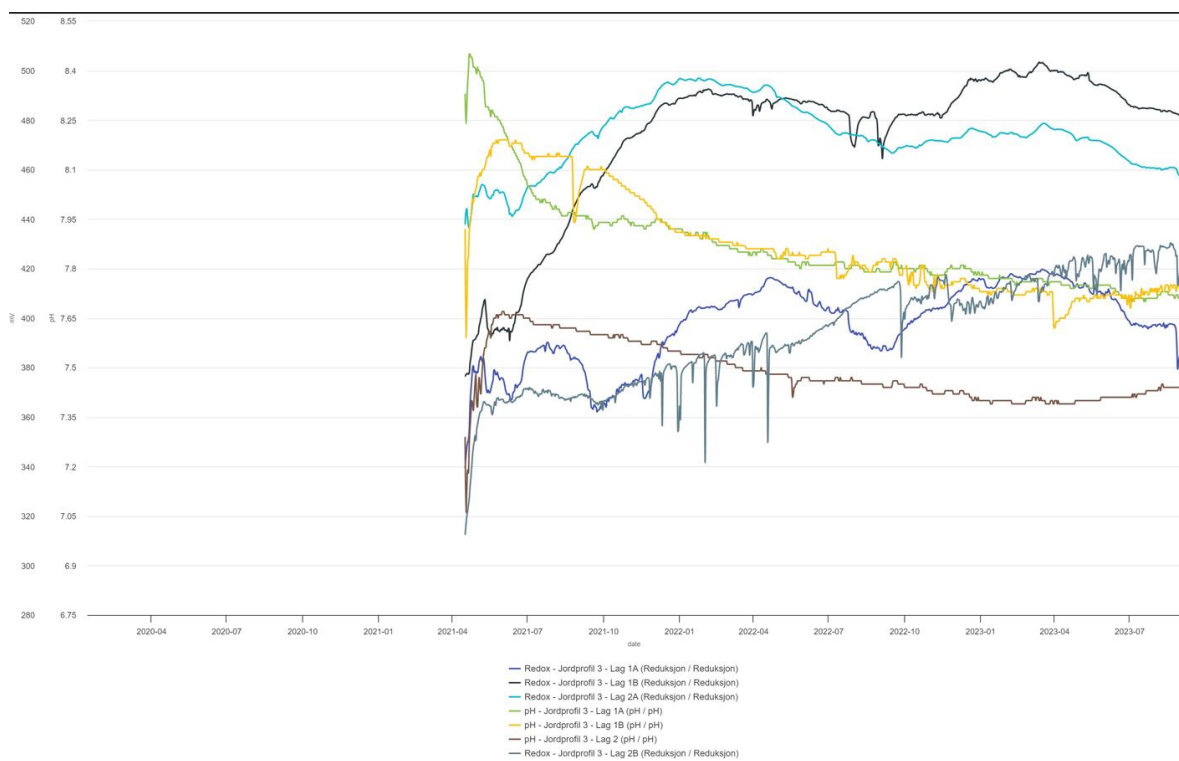
Figur 44: Plott fra online sensorer av miljøprofil 3 (skap 3).



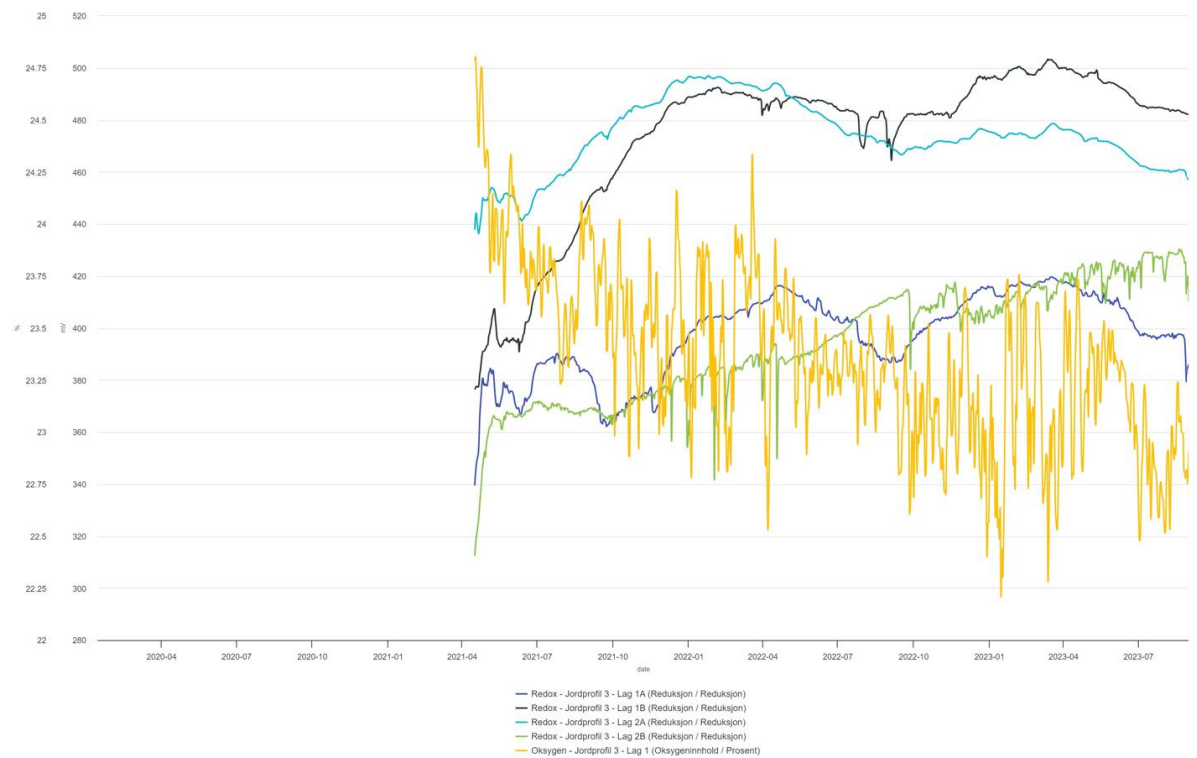
b) Ledningsevne og pH



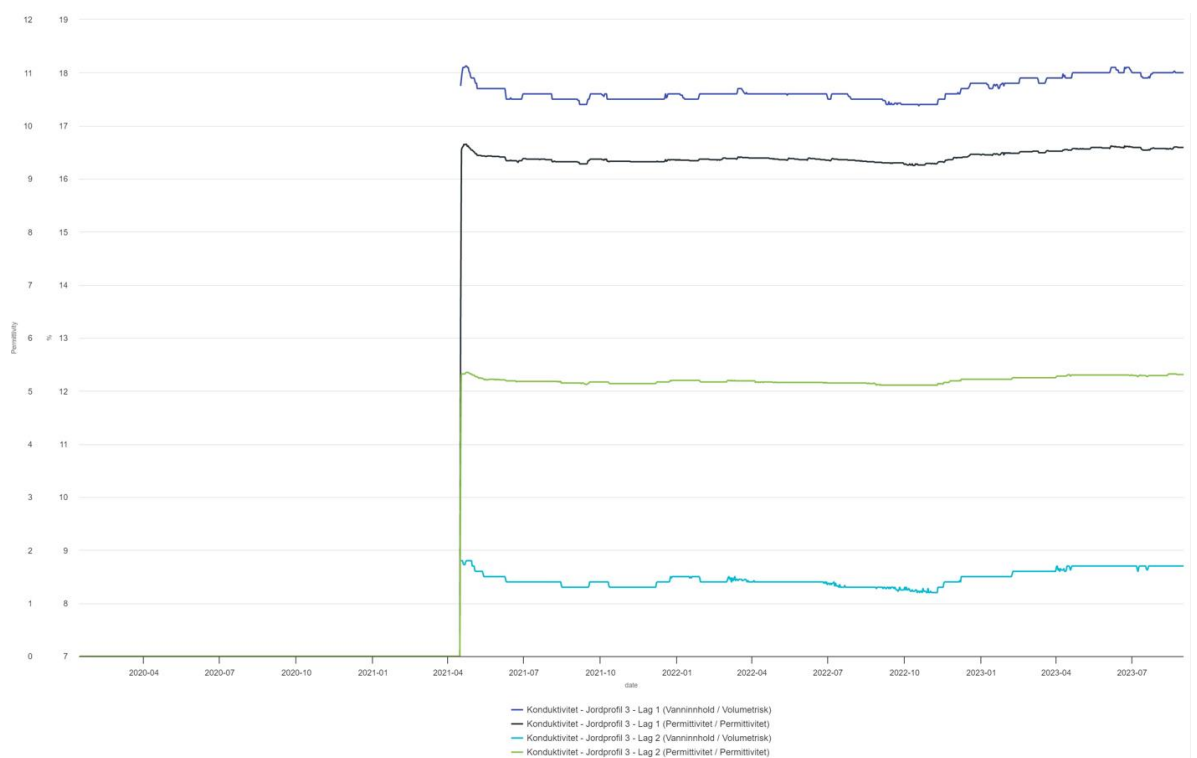
c) pH og redoks



d) Redoks og O₂



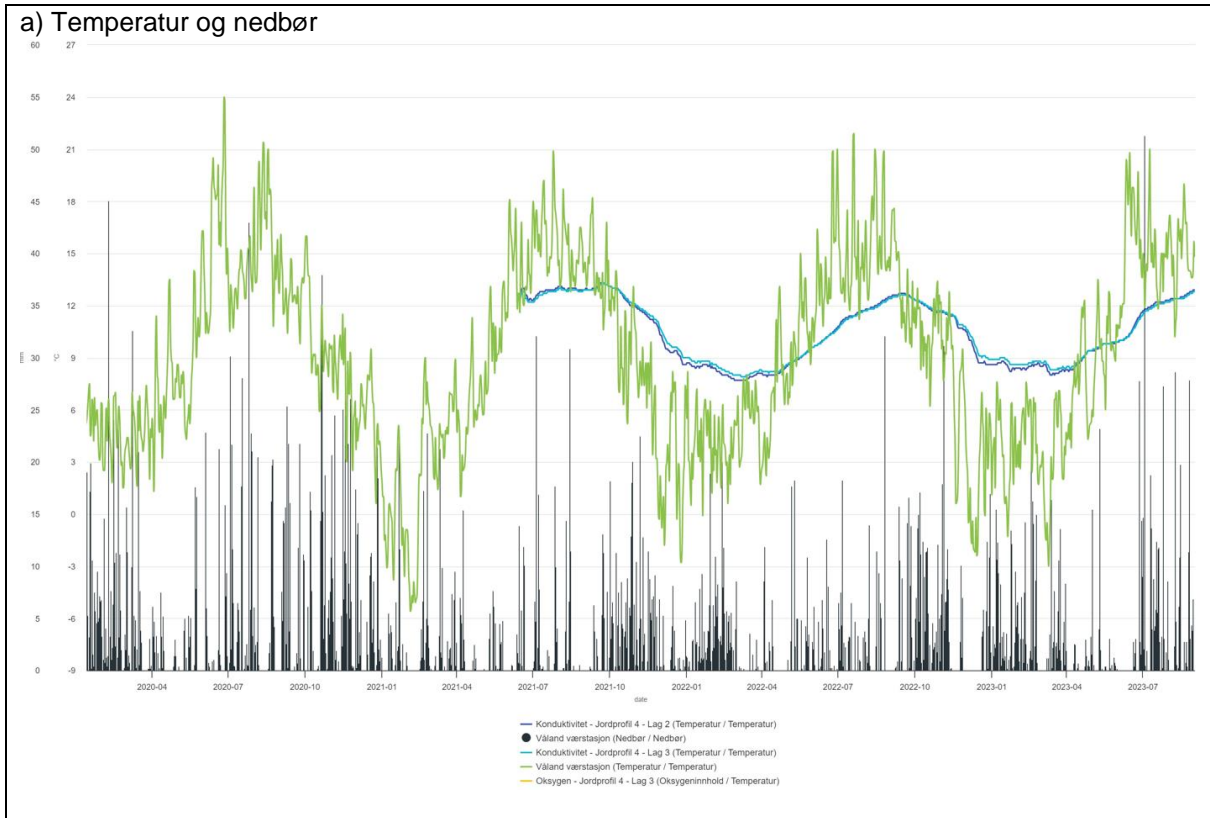
e) Vanninnhold og permittivitet



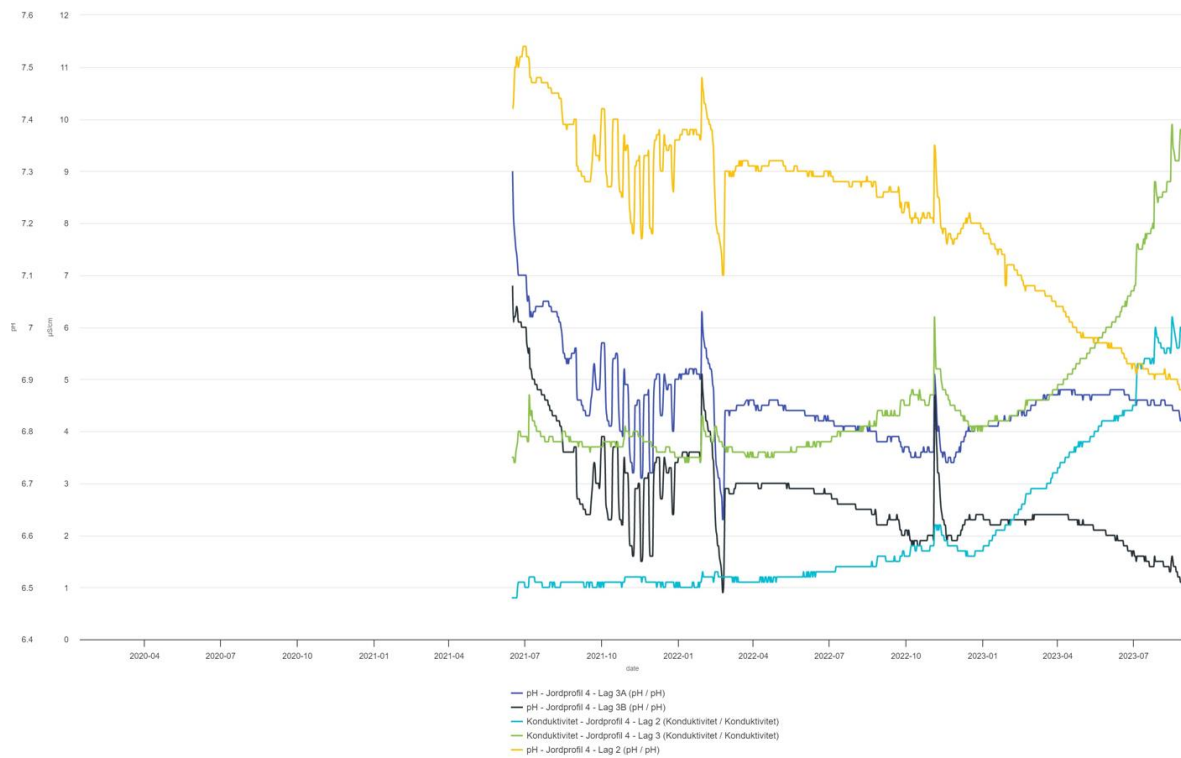
12.4 Skap 4

Installasjonspunkt miljøprofil 4 (Skap 4). Plottene er hentet fra Cautus Web som døgngeneraliserte verdier.

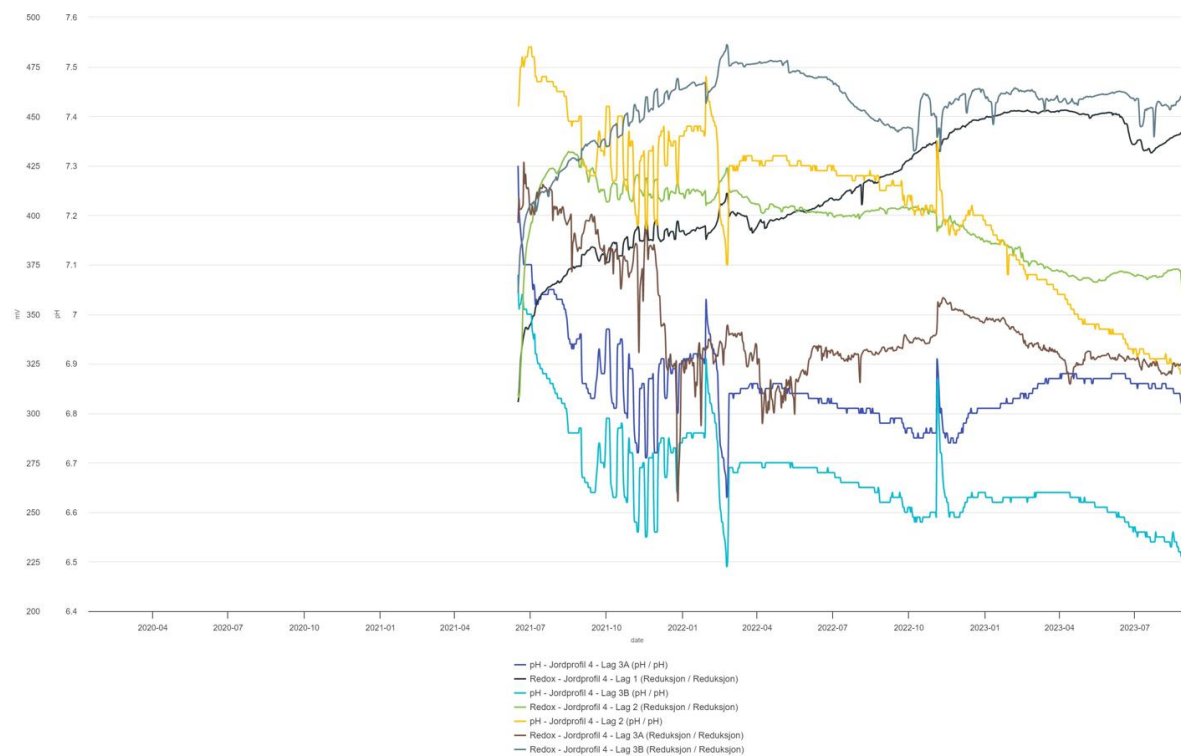
Figur 45: Plott fra online sensorer av miljøprofil 4 (skap 4).



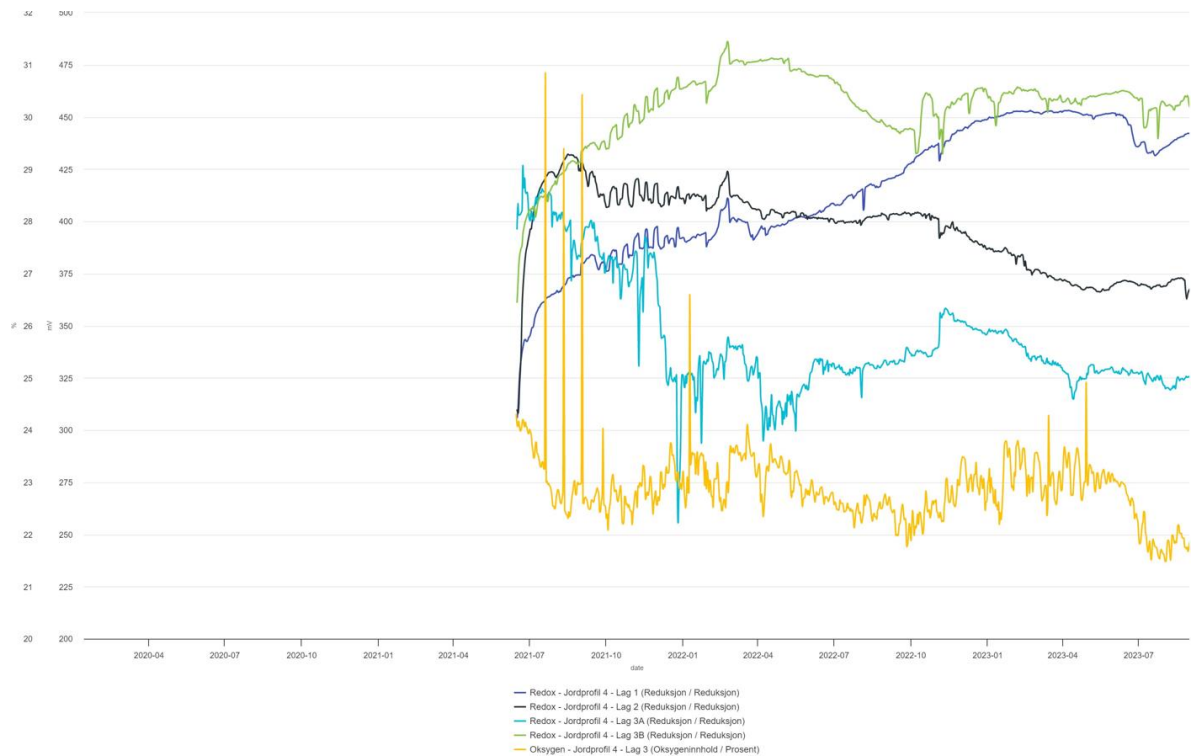
b) Ledningsevne og pH



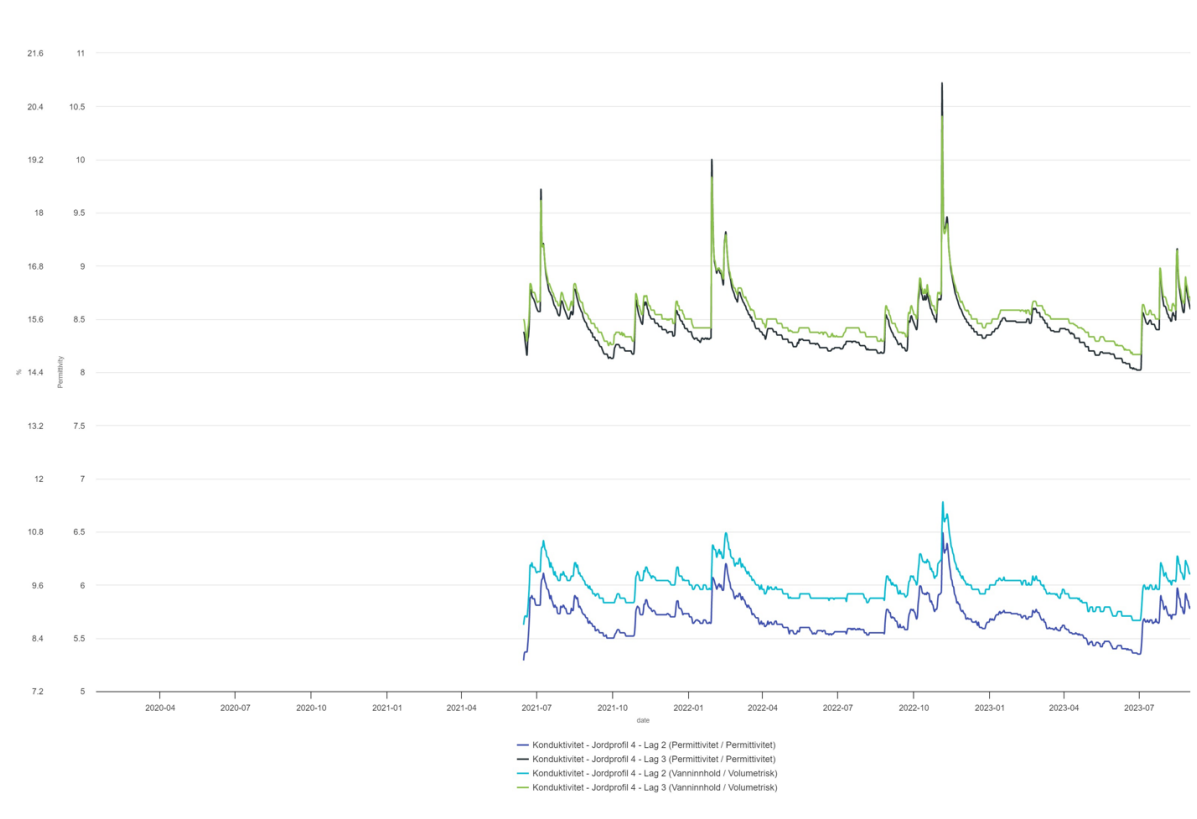
c) pH og redoks



d) Redoks og O₂



e) Vanninnhold og permittivitet



13 Vedlegg 3: Analyseresultater



COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Stein Broch Olsen

Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-20-MM-008798-01

EUNOMO-00250345

Prøvemottak: 22.01.2020
Temperatur:
Analyseperiode: 23.01.2020-05.02.2020

Referanse: A107158 Stavanger
Domkirke

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-01220870	Prøvetakingsdato:	14.01.2020		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Nordre profil, lag 1	Analysestartdato:	23.01.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	7.7		1		Intern metode
* Konduktivitet/ledningsevne ved 25°C					
* Konduktivitet	370	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	170	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	2.4	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
b) Jern (Fe)	13000	mg/kg TS	30	25%	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed. 1
a)* Ammoniumacetat ekstraksjon, jord					
a)* Ammonium-Acetate extract	Ok44595077				Ekstraksjon
b) Total tørrstoff glødetap	4.5	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)	3600	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	63.7	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	< 5.0	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	91.4	%	0.1	10%	EN 12880 (S2a): 2001-02

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf
- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00,
- b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr "ikke påvist".

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v.166

AR-20-MM-008798-01

EUNOMO-00250345



Moss 05.02.2020

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kjemitekniker

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<. Mindre enn >. Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet 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).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Stein Broch Olsen

AR-20-MM-008799-01

EUNOMO-00250345

Prøvemottak: 22.01.2020
Temperatur: 23.01.2020-05.02.2020
Analyseperiode:

Referanse: A107158 Stavanger
Domkirke

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-01220871	Prøvetakingsdato:	14.01.2020		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Nordre profil, lag 2	Analysestartdato:	23.01.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	6.1		1		Intern metode
* Konduktivitet/ledningsevne ved 25°C					
* Konduktivitet	21	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	16	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	1.8	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
b) Jern (Fe)	23000	mg/kg TS	30	25%	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed. 1
a)* Ammoniumacetat ekstraksjon, jord					
a)* Ammonium-Acetate extract	Ok44595252				Ekstraksjon
b) Total tørrstoff glødetap	1.5	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)	110	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	67.8	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	8.8	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	95.1	%	0.1	10%	EN 12880 (S2a): 2001-02

Ytterligere laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf
- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00,
- b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 1/66

AR-20-MM-008799-01

EUNOMO-00250345



Moss 05.02.2020

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kjemitekniker

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Stein Broch Olsen

AR-20-MM-008800-01

EUNOMO-00250345

Prøvemottak: 22.01.2020
Temperatur:
Analyseperiode: 23.01.2020-05.02.2020

Referanse: A107158 Stavanger
Domkirke

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-01220872	Prøvetakingsdato:	14.01.2020		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Søndre profil, lag 2	Analysestartdato:	23.01.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	7.7		1		Intern metode
* Konduktivitet/ledningsevne ved 25°C					
* Konduktivitet	160	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	730	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	1.4	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
b) Jern (Fe)	17000	mg/kg TS	30	25%	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed. 1
a)* Ammoniumacetat ekstraksjon, jord					
a)* Ammonium-Acetate extract	Ok44595475				Ekstraksjon
b) Total tørrstoff glødetap	2.7	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)	1000	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	66.6	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	< 5.0	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	94.7	%	0.1	10%	EN 12880 (S2a): 2001-02

Utlørende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf
a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 1/66

AR-20-MM-008800-01

EUNOMO-00250345



Moss 05.02.2020

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kjemitekniker

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Stein Broch Olsen

AR-20-MM-008801-01

EUNOMO-00250345

Prøvemottak: 22.01.2020
Temperatur: 23.01.2020-05.02.2020
Analyseperiode:

Referanse: A107158 Stavanger
Domkirke

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-01220873	Prøvetakingsdato:	14.01.2020		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Søndre profil, lag 3	Analysestartdato:	23.01.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	7.5		1		Intern metode
* Konduktivitet/ledningsevne ved 25°C					
* Konduktivitet	110	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	1000	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	1.6	mg/kg TS	1	40%	Intern metode
b) Jern (Fe)	14000	mg/kg TS	30	25%	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed. 1
a)* Ammoniumacetat ekstraksjon, jord					
a)* Ammonium-Acetate extract	Ok44595343				Ekstraksjon
b) Total tørrstoff glødetap	2.4	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)	310	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	76.2	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	8.0	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	95.6	%	0.1	10%	EN 12880 (S2a): 2001-02

Utlørende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf
a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 1/66

AR-20-MM-008801-01

EUNOMO-00250345



Moss 05.02.2020

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kjemitekniker

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Stein Broch Olsen

AR-20-MM-008802-01

EUNOMO-00250345

Prøvemottak: 22.01.2020
Temperatur: 23.01.2020-05.02.2020
Analyseperiode:

Referanse: A107158 Stavanger
Domkirke

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-01220874	Prøvetakingsdato:	14.01.2020		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Søndre profil, lag 4	Analysestartdato:	23.01.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	8.0		1		Intern metode
* Konduktivitet/ledningsevne ved 25°C					
* Konduktivitet	58	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	270	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<1.1	mg/kg TS	1		Intern metode
b) Jern (Fe)	11000	mg/kg TS	30	25%	EN ISO 11885:2009/SS 028311 ed. 1
a)* Ammoniumacetat ekstraksjon, jord					
a)* Ammonium-Acetat extract	Ok44595215				Ekstraksjon
b) Total tørrstoff glødetap	0.8	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)	150	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	38.8	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	< 5.0	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	93.1	%	0.1	10%	EN 12880 (S2a): 2001-02

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf
- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00.
- b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhogsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. belyr "ikke påvist".

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2

AR-001 v 166

AR-20-MM-008802-01

EUNOMO-00250345



Moss 05.02.2020

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kjemitekniker

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<. Mindre enn >. Større enn nd. Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere 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).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 2 av 2

AR-001 v 106



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Environment_sales@eurofins.no

AR-21-MM-036553-01

EUNOMO-00292584

Prøvemottak: 22.04.2021
Temperatur: 22.04.2021-06.05.2021
Analyseperiode:
Referanse: A107158 (Oslo)

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2021-04220666	Prøvetakingsdato: 13.04.2021				
Prøvetype: Jord	Prøvetaker: LH, Cautus				
Prøvemerkning: SL3947, P5114	Analysestartdato: 22.04.2021				
Stavanger domkirke, krypkjeller MOV, NIKU-prosjek					
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	8.0		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	3.7	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	6.0	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<1	mg/kg TS	1		Intern metode
b) Jern (Fe)	13000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS- EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff glødetap	2.8	% TS	0.1	10%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	8.3	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prevepreparering (<5mm sikting)	64.8	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	11	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	86.4	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAKKS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 06.05.2021

Stig Tjomsland
Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet 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).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Environment_sales@eurofins.no

AR-21-MM-036555-01

EUNOMO-00292584

Prøvemottak: 22.04.2021
Temperatur: 22.04.2021-06.05.2021
Analyseperiode:
Referanse: A107158 (Oslo)

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-04220667	Prøvetakingsdato:	13.04.2021		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	LH, Cautus		
Prøvemerkning:	SL1100 undergrunn, P5112 Stavanger domkirke, krypkjeller MOV, NIKU-prosjek	Analysestartdato:	22.04.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	7.9		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	2.7	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	4.0	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<1	mg/kg TS	1		Intern metode
b) Jern (Fe)	14000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS- EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff glødetap	1.1	% TS	0.1	10%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	5.0	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prevepreparering (<5mm sikting)	50.7	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	< 5.0	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	93.8	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAKKS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 06.05.2021

Stig Tjomsland

Stig Tjomsland
Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Environment_sales@eurofins.no

AR-21-MM-036556-01

EUNOMO-00292584

Prøvemottak: 22.04.2021
Temperatur: 22.04.2021-06.05.2021
Analyseperiode: 22.04.2021-06.05.2021
Referanse: A107158 (Oslo)

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-04220668	Prøvetakingsdato:	13.04.2021		
Prøvetype:	Jord	Prøvetaker:	LH, Cautus		
Prøvemerkning:	SL3290, P5113	Analysestartdato:	22.04.2021		
	Stavanger domkirke, krypkjeller MOV, NIKU-prosjekt				
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	8.6		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	26	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	160	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<1	mg/kg TS	1		Intern metode
b) Jern (Fe)	14000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS- EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff gjødetap	5.0	% TS	0.1	10%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	9.4	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prøvepreparering (<5mm sikting)	61.0	%(w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	7.6	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	78.6	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 06.05.2021

Stig Tjomsland
Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1

AR-001 v 166



Eurofins Environment Testing Norway
AS (Moss)
F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Environment_sales@eurofins.no

AR-21-MM-036558-01

EUNOMO-00292584

Prøvemottak: 22.04.2021
Temperatur: 22.04.2021-06.05.2021
Analyseperiode:
Referanse: A107158 (Oslo)

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Liv Bruås Henninge

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 439-2021-04220669	Prøvetakingsdato: 13.04.2021				
Prøvetype: Jord	Prøvetaker: LH, Cautus				
Prøvemerkning: SL3555, P5115	Analysestartdato: 22.04.2021				
Stavanger domkirke, krypkjeller MOV, NIKU-prosjek					
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
pH målt ved 23 +/- 2°C	8.0		1		Intern metode
* Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C)	4.0	mS/m	1	25%	NS-EN ISO 7888
* Sulfat	8.6	mg/kg TS	1	20%	NS-EN ISO 10304-1
Ammonium (NH4-N)					
Ammonium-N	<1	mg/kg TS	1		Intern metode
b) Jern (Fe)	13000	mg/kg TS	30	25%	SS 28311:2017mod/SS- EN ISO 11885:2009
b) Total tørrstoff glødetap	2.9	% TS	0.1	10%	SS-EN 12879:2000
a) Jern (II) (Fe II) [ammoniumacetat løselig] ma. %TS					
a) Jern (Fe2+)	< 0.0001	% TS	0.0001		DIN 19684-7: 2009-01
* Nitrat (NO3-N)					
* Nitrat (NO3)	12	mg/kg TS	0.1	10%	NS-EN ISO 10304-1
a) Prevepreparering (<5mm sikting)	61.7	% (w/w)	0.1		DIN 50929-3: 2018-03
a) Sulfid	6.5	mg/kg tv	5		DIN 50929-3: 2018-03
b) Tørrstoff					
b) Total tørrstoff	85.2	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000

Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a) Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAKKS D-PL-14081-01-00,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 06.05.2021

Stig Tjomsland
Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området. For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet 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). Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1

AR-001 v 166

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 340

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