

Oslo havn - Miljøovervåkning i henhold til blågrønn strategi

MILJØOVERVÅKNING DYPVANNNSDEPONIET VED
MALMØYKALVEN - RESULTATER 2016 OG 2017

DOK.NR. 20160264-01-R
REV.NR. 3 / 2018-01-24

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Prosjekt

Prosjekttittel: Oslo havn - Miljøovervåkning i henhold til blågrønn strategi
Dokumenttittel: Miljøovervåkning Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven - Resultater 2016 og 2017
Dokumentnr.: 20160264-01-R
Dato: 2016-12-05
Rev.nr. / Rev.dato: 3/ 2018-01-24

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Oslo Havn KF
Kontaktperson: Heidi Neilson
Kontraktreferanse: 09HAV16, innkjøpsordrenr. 914004708

for NGI

Prosjektleder: Amy M.P. Oen
Utarbeidet av: Amy M.P. Oen
Kontrollert av: Arne Pettersen

Sammendrag

Oslo Havn KF fortsetter sitt langsiktige arbeid innenfor miljø som er dokumentert i Oslo Havns blågrønne strategi og er forankret i Havneplan 2013-2030. Aktiviteter som er foreslått i blågrønn strategi inkluderer overvåkning av miljøstatus ved dypvannsdeponiet i 2016. Denne rapporten presenterer miljøstatus ved dypvannsdeponiet ved Malmøykalven som ble gjennomført i perioden juni – september 2016. Det ble satt ut sedimentfeller også i perioden juni – september 2017 for å få data på metaller i sedimenterende materiale. Dette gikk tap hos laboratoriet da analyse skulle gjøres i 2016. Rapporten dokumenterer forhold ved deponiområdet og resultatene bidrar til å dokumentere den langsiktige trenden i miljøkvaliteten ved dypvannsdeponiet. Oppsummert viser overvåkingen gjennomført i 2016 følgende:

- Sedimentfeller
 - Tilførsel eller spredning av sedimenterende materiale er lik over hele undersøkelsesområder, dvs. samme forhold både ved referansestasjonen (1 km nord for dypvannsdeponiet) og ved dypvannsdeponiet i overvåkingsperioden.

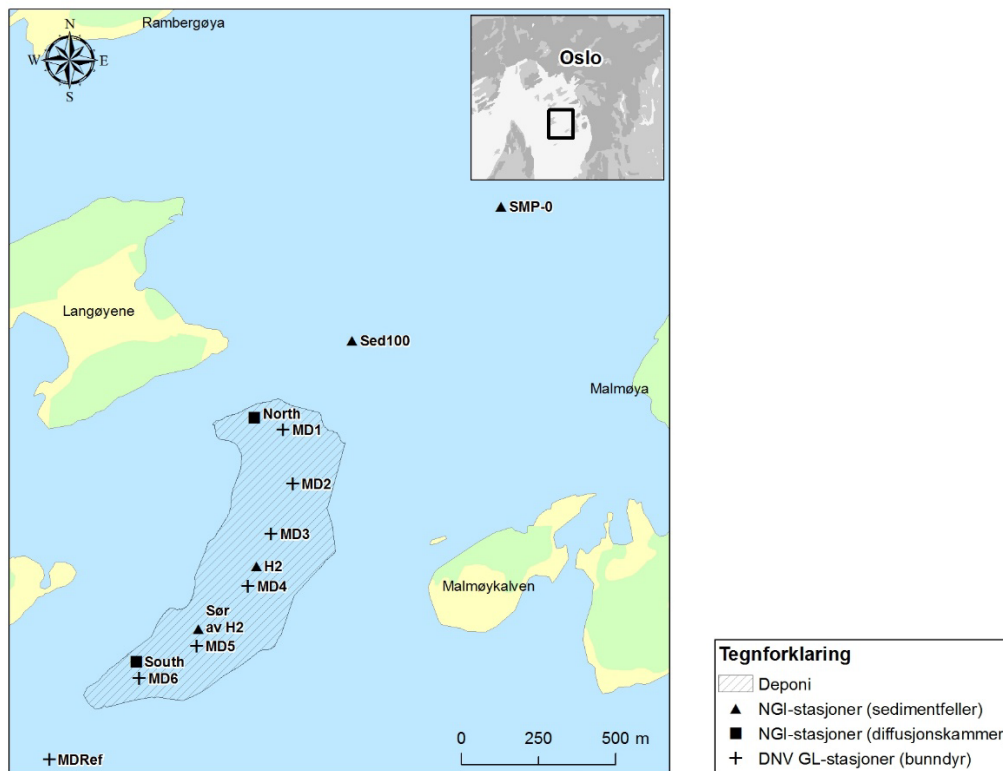
- Konsentrasjon av organiske miljøgifter i sedimenterende materiale tilsvarende tilstandsklasse II for de enkelte PAH forbindelser, tilstandsklasse III for PCB-7 og tilstandsklasse IV for TBT både for referansestasjonen og ved dypvannsdeponiet. Dette er i tråd med resultatene fra tidligere undersøkelser.
- Konsentrasjon av både bly, kadmium, kobber, og kvikksølv er på det samme nivå som målt under tidligere kontroll og med kvalitet tilsvarende tilstandsklasse II. Konsentrasjoner av sink tilsvarende tilstandsklasse III og viser litt mindre variasjon (234-249 mg/kg) enn under kontroll i 2013 (121-254 mg/kg).
- Sedimentasjonshastigheten i 2016 og 2017 er litt lavere enn tidligere observert i kontroll 2011, 2012 og 2013. Det er ikke søkt å finne årsaken til dette, men siden resultatene fra alle sedimentfeller er relativt like er det sannsynlig at dette skyldes forhold som påvirker hele Bekkelagsbassenget.
- SPMD i diffusjonskamre på sjøbunn
 - Utlekking målt i 2016 viser at konsentrasjoner av PCB-7 er på det samme nivå som tidligere, men konsentrasjoner av PAH-16 har økt sammenliknet med resultatene fra 2012 og 2013.
 - Økning i konsentrasjon av PAH-16 viser at den langsiktige trenden i sediment kvaliteten ved dypvannsdeponiet gjenspeiler bidragene fra nytt materialet som legger seg på toppen av dypvannsdeponiet.
- POM passive prøvetakere
 - Konsentrasjonen av PAH i bunnvannet målt i 2016 er på det samme nivå som i 2013.
 - Konsentrasjon av PCB i bunnvannet målt i 2016 er høyere enn i 2013, men fremdeles lavere enn kontroll gjennomført i 2012.
 - Analyseresultatene i hele vannsøylen ved dypvannsdeponiet og 300 m nord for deponiområdet viser at vannkvaliteten er homogen og konsentrasjonene er representative for hele området.
- Overvåkning av bunnfauna
 - Undersøkelse av bunndyrsamfunnet gjort av DNV GL viser at tilstanden varierer mellom dårlig og svært dårlig iht. gjeldende bløtbunnsindekser. Samlet er tilstanden dårligere sammenliknet med resultater fra undersøkelsen i 2012 inklusive referansestasjonen som ligger syd for tildekkingsområdet.
 - Tilstand av oksygen i perioden i forkant av undersøkelser av bunndyrsamfunnet er en viktig parameter. Studier har vist at bunndyrsamfunnet påvirkes negativt ved oksygen konsentrasjoner rundt 1 ml/l eller lavere (NIVA, 2009).
 - Tidligere oksygen målinger fra miljøovervåking av Indre Oslofjord, viser at oksygenforholdene i ytre del av Bunnefjorden fra desember 2015 til mai 2016 var verre (klassifisert til dårlig (2,5-1,5 ml/l) og svært dårlig (<1,5 ml/l) sammenliknet med samme periode i 2011/2012.

- Oksygenforholdene i bunnvannet i perioden desember 2015 til mai 2016 viser en negativ trend med konsentrasjoner under 2 ml/l. De lave oksygenkonsentrasjonene under larvestadiet til bunndyrssamfunnet kan ha slått negativ ut for artsdiversiteten i hele området.

De fleste kjemiske parametere fra miljøstatus i 2016/2017 viser at den langsiktige kvaliteten av dypvannsdeponiet hovedsakelig endres som følge av ny sedimentasjon i området. Bunndyrssamfunnet påvirkes av oksygenforholdene i området, noe som ikke er relatert til de deponerte massene i dypvannsdeponiet.

Analyseresultatene fra 2016/2017 (kjemiske og biologiske) viser også at det er lite variasjon mellom alle stasjonene både innenfor og utenfor dypvannsdeponiet, noe som indikerer at endringer i observert miljøkvalitet skyldes forhold som påvirker hele Bekkelagsbassenget. Dette gjelder spesielt for utvikling av bunndyrssamfunnet og det antas at oksygenforholdene kan være en begrensende faktor.

Observasjoner fra den samlede overvåkning etter 2011, viser at forholdene ved dypvannsdeponiet har stabilisert seg og varierer lite. Det er derfor naturlig at fra og med 2018 inngår overvåkingen av dypvannsdeponiet utenfor Malmøykalven inn i samme rapporteringssyklus som annet relevant arbeid i forhold til Vannforskriften i Vannområde Oslo.



Oversiktskart av deponiet som viser plassering av utstyr benyttet i miljøovervåkning 2016 og 2017.

Innhold

1	Innledning	7
2	Forurensningssituasjon	7
2.1	Metode og feltarbeid	7
2.2	Analyseresultater	8
2.3	Sammenligning med tidligere målinger	10
3	Overvåkning av tildekkingslaget	13
3.1	Metode og feltarbeid	13
3.2	Analyseresultater	15
3.3	Sammenligning med tidligere målinger	21
4	Overvåkning av bunndyrsfauna	24
5	Oppsummering av overvåkningsresultatene	26
6	Konklusjoner	28
7	Referanser	29

Vedlegg

Vedlegg A	Oversiktskart av deponiet som viser plassering av utstyr benyttet i miljøovervåkning 2016 og 2017
Vedlegg B	Analysereport fra undersøkelse med sedimentfeller 2016
Vedlegg C	Analysereport fra undersøkelser med SPMD og diffusjonskamre 2016
Vedlegg D	Analysereport fra undersøkelse med passive prøvetakere (POM) 2016
Vedlegg E	DNV-GL Rapport – Undersøkelse av bunnfauna
Vedlegg F	Analysereport fra undersøkelse med sedimentfeller 2017

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Oslo Havn KF har på vegne av Oslo kommune gjennomført tiltak i Oslo havnedistrikt for å forbedre miljøtilstanden (NGI, 2015). Tiltaksarbeidene har inkludert deponering av mudrede masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Oslo Havn KF har overvåket området etter at dypvannsdeponiet ble avsluttet og ferdig isolert med 0,4 m sand. Overvåkingen som har blitt gjennomført i etterkontrollen i 2011 (NGI, 2012), ett års kontroll i 2012 (DNV, 2012; NGI, 2013) og egen kontroll i 2013 (NGI, 2014). Overvåkingen har vist at tildekkingslaget fungerer som forutsatt og hindrer spredning av miljøgifter, at spredning fra deponiområdet er vesentlig lavere enn før dypvannsdeponiet ble etablert og at marin bunnfauna rekoloniserer området.

Oslo Havn KF fortsetter sitt langsiktige arbeid innenfor miljø som er dokumentert i Oslo Havns blågrønne strategi og er forankret i Havneplan 2013-2030. Aktiviteter som er foreslått i blågrønn strategi inkluderer overvåking av miljøstatus ved dypvannsdeponiet i 2016.

NGI og DNV GL har på oppdrag fra Oslo Havn KF gjennomført undersøkelser ved dypvannsdeponiet i 2016. Overvåking har blitt gjennomført ved å benytte de samme metodene som tidligere (sedimentfeller, diffusjonskamre, passive prøvetakere og bunn-dyrsfauna undersøkelser). Hensikten med arbeidet er å bidra til den langsiktige trenden i miljøstatus ved dypvannsdeponiet.

2 Forurensningssituasjon

2.1 Metode og feltarbeid

Bruk av sedimentfeller er en metode for å samle opp partikulært materiale som spres i vannkolonnen og sedimenteres til sjøbunn. Fellene står ute i en lengre tidsperiode slik at målingene representerer et tidsintegret gjennomsnitt for perioden. Sedimentfeller har blitt brukt både innenfor og utenfor dypvanndeponiets areal for å dokumentere kvaliteten av det sedimenterende materiale. Observasjonene fra tidligere viser at kvaliteten representerer naturlig sedimenterende materiale i området.

For å dokumentere kvaliteten av sedimenterende materiale og eventuell spredning av miljøgifter, ble det utplassert 4 sedimentfeller på tilsvarende steder som tidligere og som vist i oversiktskart i vedlegg A (Sed100 som er 100 m nord fra deponiet, SMP-0 som tilsvarer referansestasjonen, H2 som er midt i deponiet, og sør for H2). Dette ble utført som tidligere ved å benytte Forskningsfartøyet F/F Braarud som har både nødvendig utstyr, kran med vinsj og personell med kunnskap om området. For å sikre innhenting, plasseres sedimentfeller på sjøbunnen ved en akustisk transponder med tau til sedimentfellens moring (Figur 1).



Figur 1 Bilde tatt under utplassering av sedimentfeller den 21. juni 2016. Rigg til sedimentfeller klargjøres med blåser, moring og akustisk transponder. Foto: NGI

For at det skal samles nok prøvemateriale bør sedimentfeller stå ute i minst 8 uker (som tidligere). Sedimentfellene ble satt ut i perioden 21. juni – 19. september 2016. I tillegg ble sedimentfellene satt ut i perioden 20. juni – 21. september 2017 for å samle materiale til tungmetall analyser som ikke ble analysert i 2016 pga. avvik fra laboratoriet. Etter innhenting, ble materialet fra sedimentfellene overført til egnet emballasje i felt og levert ALS Laboratory Group Norway AS for kjemisk analyse. Analyseprogrammet omfattet total mengde sedimentert materiale, samt analyse av PAH (organiske tjærestoffer), PCB (polyklorerte bifenyler), TBT (tinnorganiske forbindelser) og utvalgte metaller. Der mengde materialet i sedimentfellene ofte er svært begrenset har metall analysene blitt prioritert i alle tidligere undersøkelsene i området.

2.2 Analyseresultater

Tabell 1 og Tabell 2 presenterer resultatene fra sedimentfelleundersøkelse gjennomført etter avsluttet deponering og tildekking av dypvannsdeponiet. I Tabell 1 er resultatene for PAH-16 og PCB-7 gitt som sum av påviste komponenter. Analyserapportene er presentert i vedlegg B og vedlegg F. Resultatene er sammenlignet med Miljødirektoratets nye tilstandsklasser (Miljødirektoratet, 2016). Men, da grenseverdier for sum

PAH-16 og forvaltningsmessige grenseverdier mangler i den nye veilederen, skal ifølge Miljødirektoratet¹ den tidligere veilederen benyttes (Miljødirektoratet, 2007).

Tabell 1 Innhold i sedimentfeller fra miljøovervåking 2016, ved dypvannsdeponiet (21/6-16 til 19/9-16).

Stoff	Benevning	SMP-0	Sed100	H2	Sør for H2
Mengde sediment, tørket	g	4,8	5,4	5	4,2
Sedimentasjons-hastighet	g/m ² /døgn	3,4	3,8	3,5	3,0
	mm/år*	0,89	1,00	0,92	0,77
B(a)P ¹⁾	mg/kg ts	0,09	0,074	0,092	0,07
PAH-16 ²⁾	mg/kg ts	1,22	0,964	1,19	0,954
PCB-7 ³⁾	mg/kg ts	0,0088	0,0072	0,0081	0,0068
TBT ⁴⁾	µg/kg ts	25	22	24	23

¹⁾PAH komponenten benso(a)pyren.

²⁾Sum av påvist PAH komponentene.

³⁾Sum av PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

⁴⁾Tributyltinnkation.

*Det er antatt at materialet har egenvekt 1,4 g/cm³.

Resultatene for PAH-16 og TBT er klassifisert med fargeskala i henhold til Miljødirektoratet (2007), øvrige resultatene er klassifisert i henhold til Miljødirektoratet (2016).

< eller i.p.: ikke påvist.

Tabell 2 Innhold i sedimentfeller fra miljøovervåking 2017, ved dypvannsdeponiet (20/6-17 til 21/9-17).

Stoff	Benevning	SMP-0	Sed100	H2	Sør for H2
Mengde sediment, tørket	g	3,4 ¹⁾	2,8 ¹⁾	5,5	4,2
Sedimentasjons-hastighet	g/m ² /døgn	4,7	3,8	3,8	2,9
	mm/år*	1,21	1,00	0,98	0,75
Bly	mg/kg ts	78	65	76	72
Kadmium	mg/kg ts	0,28	0,29	0,30	0,30
Kobber	mg/kg ts	82	82	71	74
Kvikksølv	mg/kg ts	0,46	0,35	0,36	0,37
Sink	mg/kg ts	238	234	249	240

¹⁾Mistet et rør under innhenting, derfor er total mengde sediment halvert sammenlignet med de øvrige sedimentfeller, med allikevel nok materiale til analyse.

*Det er antatt at materialet har egenvekt 1,4 g/cm³.

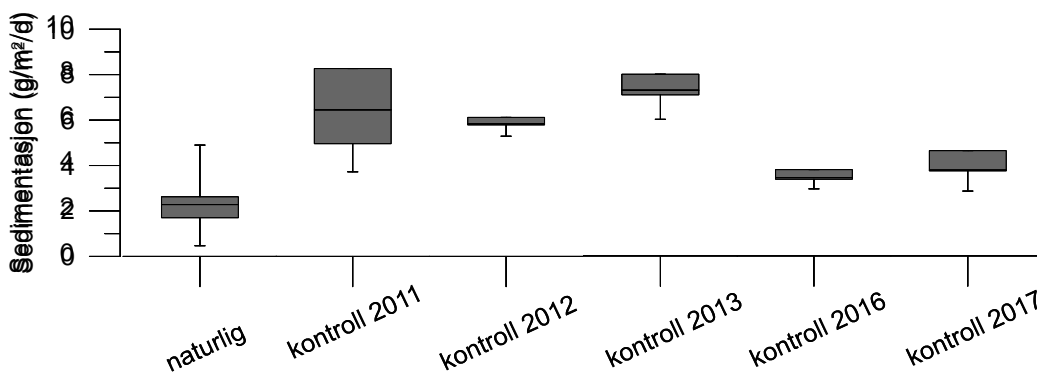
Resultatene er klassifisert med fargeskala i henhold til Miljødirektoratet (2016).

¹ <http://www.miljodirektoratet.no/no/Publikasjoner/2016/September-2016/Grenseverdier-for-klassifisering-av-vann-sediment-og-biota/>

2.3 Sammenligning med tidligere målinger

Figur 2 viser mengde materiale som sedimenterer i området per dag (sedimentasjonsraten). Observasjonene er illustrert som "Whisker plot" som viser utfallsrommet ved en matriseberegning der variasjonsbredden i alle målinger er tatt inn. Dette presenteres i bokser som omfatter median og 25 % høyeste og laveste utfall. Maksimums- og minimumsverdien vises som "whiskers." Materiale som ble samlet opp med sedimentfeller før deponeringen kom i gang og fra referansestasjonen som er her omtalt som *naturlig* sedimenterende materiale. Sedimenterende materiale som ble samlet opp under kontrollene gjennomført i 2011 (juni til august 2011), i 2012 (mars til juni 2012), i 2013 (juni til september 2013) og nå i 2016 (juni til september 2016) og i 2017 (juni til september 2017) defineres som prøvemateriale fra sedimentfeller utplassert ved 4 stasjoner som vist i oversiktskart i vedlegg A.

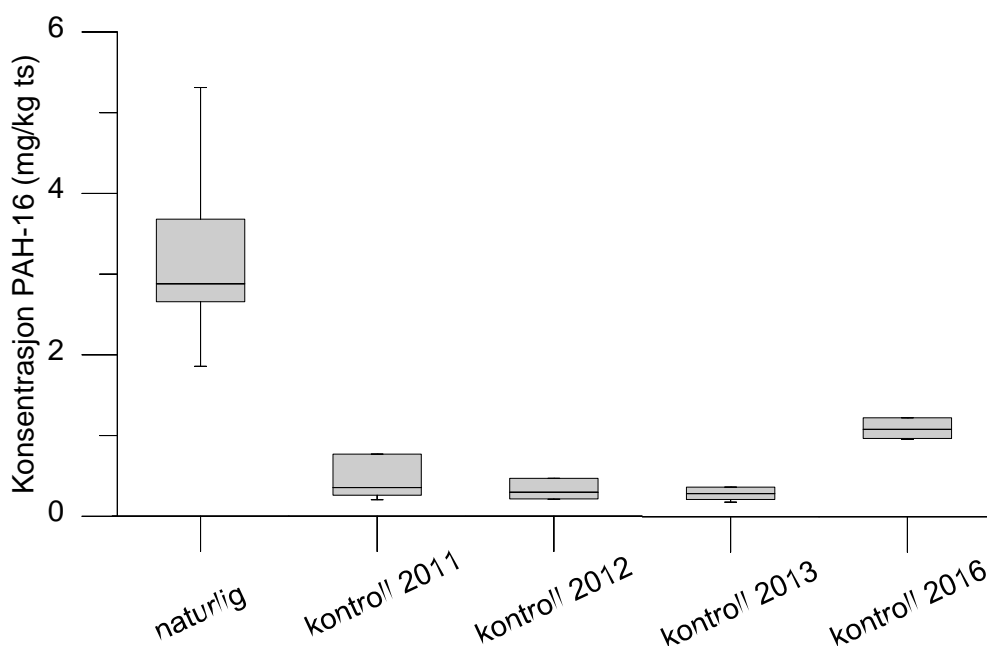
Figur 2 viser lite variasjon mellom sedimentasjonsrate for de 4 ulike stasjonene og er mellom 3,0 – 3,8 g/m²/døgn i 2016. Dette viser at det er relative like forhold ved alle stasjonene. Dette gjenspeiles i konsentrasjon av TBT i sedimenterende materiale som varierer mellom 22 – 25 µg/kg ts. Resultatene viser at tilførsel av partikulært materialet har vært det samme både ved referansestasjonen og ved dypvannsdeponiet i overvåkingsperioden. Under overvåking gjennomført i 2017 viser referansestasjonen ved SMP-0 litt høyere sedimentasjonsrate (4,7 g/m²/døgn) mens de øvrige stasjonene er like, også sammenlignet med overvåkningen gjennomførte i 2016 (2,9 – 3,8 g/m²/døgn).



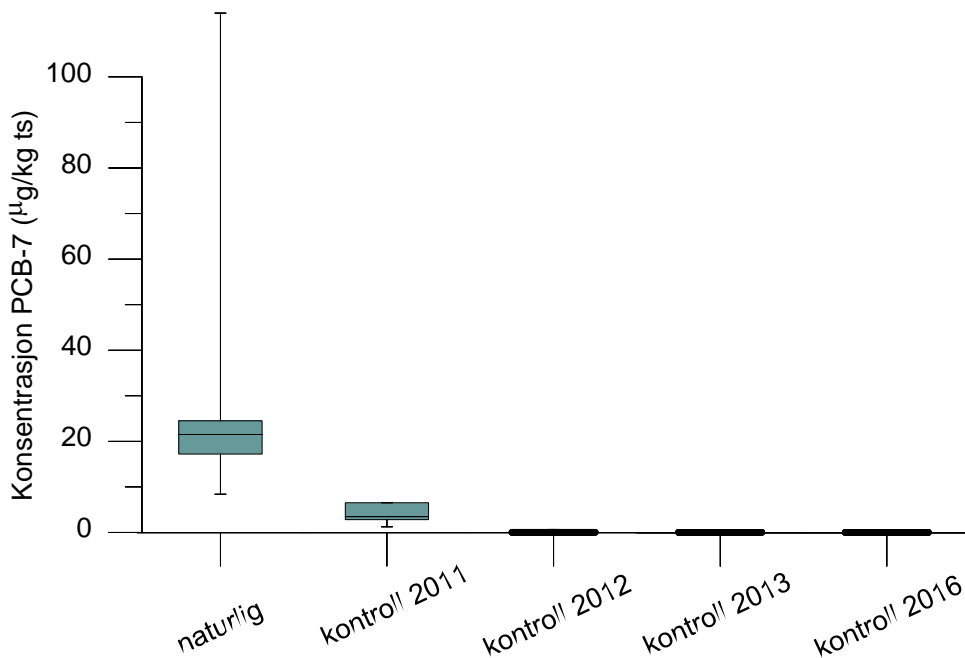
Figur 2 Mengde sedimentert materiale (g/m²/dag) som målt i sedimentfeller utplassert i området rundt dypvannsdeponiet; naturlig sedimenterende material før nedføring av mudrede masser og sandtildekking og under etterkontroll av dypvannsdeponiet.

Kvaliteten på sedimenterende materiale som konsentrasjoner av PAH-16 og PCB-7 er vist forholdsvis i Figur 3 og Figur 4 som benytter den samme grupperingen som tidligere: naturlig sedimenterende materiale, og under kontroll gjennomført i 2011, 2012, 2013 og 2016. Konsentrasjoner av PAH-16 i sedimenterende materiale i 2016 er innenfor en faktor to sammenliknet med tidligere etterkontroll og fremdeles klassifisert som tilstandsklasse II i forhold til kvalitet. Konsentrasjoner av PCB-7 er på det samme nivå som målt tidligere, også med kvalitet tilsvarende tilstandsklasse III.

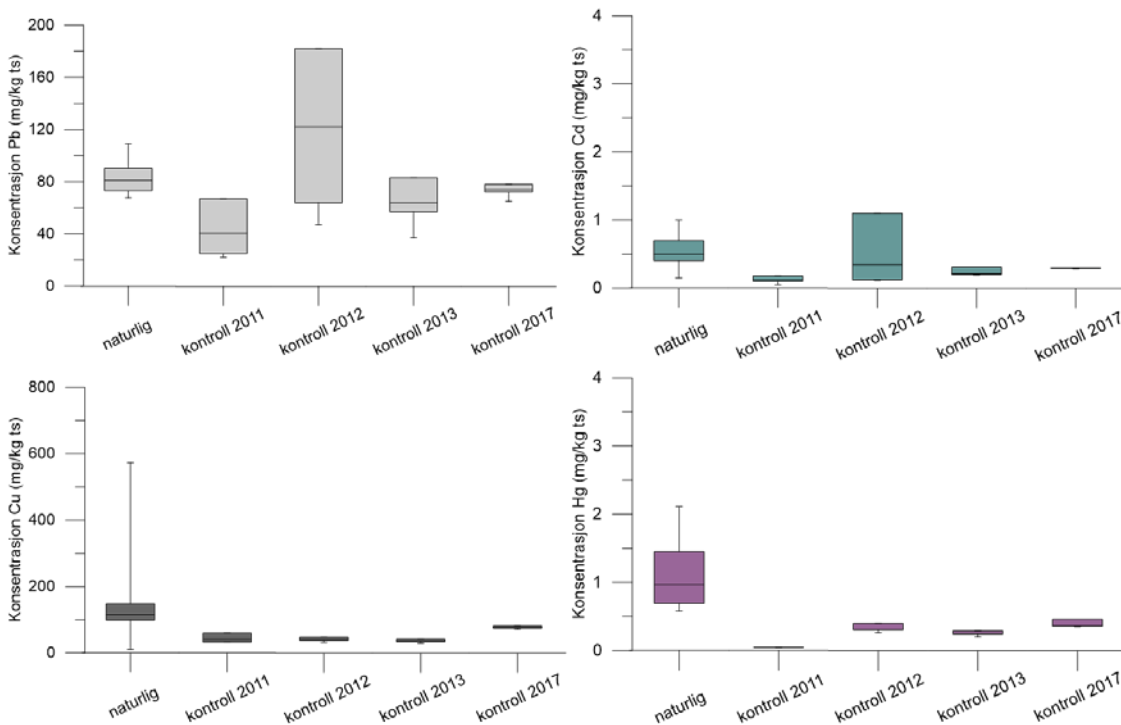
Konsentrasjoner av utvalgte metaller er illustrert i Figur 5. Resultatene viser lite variasjon mellom stasjonene som igjen indikerer at det er relative like forhold både ved referansestasjonen og ved dypvannsdeponiet i overvåkingsperioden. I tillegg er konsentrasjonene registrert i 2017 for både bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu) og kvikksølv (Hg) er på det samme nivå som målt tidligere, og med kvalitet tilsvarende tilstandsklasse II. Konsentrasjoner av sink tilsvarende tilstandsklasse III og viser litt mindre variasjon (234-249 mg/kg) enn under kontroll i 2013 (121-254 mg/kg).



Figur 3 Kvaliteten av sedimenterende materiale. Konsentrasjoner av PAH-16 målt i sedimentfeller utplassert i området rundt dypvannsdeponiet; naturlig sedimenterende materiale før nedføring av mudrede masser og sandtildekking og under etterkontroll av dypvannsdeponiet.



Figur 4 Kvaliteten av sedimenterende materiale. Konsentrasjoner av PCB-7 målt i sedimentfeller utplassert i området rundt dypvannsdeponiet; naturlig sedimenterende materiale før nedføring av mudrede masser og sandtildekking og under etterkontroll av dypvannsdeponiet.



Figur 5 Kvaliteten av sedimenterende materiale. Konsentrasjoner av utvalgte metaller målt i sedimentfeller utplassert i området rundt dypvannsdeponiet; naturlig sedimenterende materiale før nedføring av mudrede masser og sandtildekking og under etterkontroll.

3 Overvåkning av tildekkingslaget

Overvåkning av tildekkingslaget har blitt gjennomført både før og etter etablering av dypvannsdeponiet ved å bruke diffusjonskamre og passive prøvetakere (NGI, 2012; 2013; 2014). Tidligere overvåkingen har dokumentert noen av de ulike fasene av utlekking fra det tildekkede dypvannsdeponiet, da det kan påvirkes av flere forhold:

- Transport gjennom tildekkingen (utpressing av porevann under konsolideringen av de deponerte massene)
- Diffusjon av miljøgifter fra deponerte masser gjennom tildekkingslaget etter avsluttet deponering og tildekking.
- Diffusjon av PAH og PCB bundet til tildekkingsmaterialet
- Diffusjon av PAH og PCB fra nytt sedimenterende materiale som har lagt seg på toppen av tildekkingen
-

Analyseresultatene fra de tre årskontrollene (2011, 2012 og 2013) dokumenterte konsolideringsfasen av dypvannsdeponiet og at spredning fra dypvannsdeponiet på lang sikt styres av diffusjon som er påvirket av tre ulike prosesser (utlekking fra de deponerte masser gjennom tildekkingslaget, eventuell utlekking fra tildekkingsmaterialet og utlekking fra nytt sedimenterende materiale).

3.1 Metode og feltarbeid

3.1.1 Diffusjonskammer

NGIs diffusjonskammer er utviklet for å måle utlekking av organiske miljøgifter fra sedimentoverflaten til vannet over sjøbunnen (Eek et al., 2010). Diffusjonskammeret avgrenser et areal av sjøbunnen og vannfasen like over sjøbunnen. Inne i øvre del av kammeret er det festet et materiale (SPMD i denne undersøkelsen) som binder de organiske miljøgiftene som utlekkingen skal bestemmes for. Dette materialet binder PAHer og PCBer fra vannfasen slik at denne hele tiden tømmes for disse stoffene. Vannfasen etterfylles av PAHer og PCBer ved at disse lekker ut fra sjøbunnen. Kamrene står utplassert på sjøbunnen lenge nok til å få en målbar mengde analytt før de hentes inn og SPMD membranen analyseres for mengde oppsamlet PAH og PCB.

Under feltarbeid den 21. juni 2016 ble det også tatt 3 feltblank prøver som benyttes for å dokumentere bakgrunnsnivået (kontaminering) som tilføres SPMD membranene under håndtering i forbindelse med utsetting og innhenting av diffusjonskamrene. For å måle innhold i blankprøven, ble SPMD-membraner montert i 3 ulike diffusjonskamre som ble senket ned til sjøbunnen, og tatt opp igjen umiddelbart. Etterpå ble det satt ut 2 tripoder installert med 3 diffusjonskamre hver; 1 tripod (med 3 diffusjonskamre) sør i deponiet og 1 tripod (med 3 diffusjonskamre) nord i deponiet (se bilde i Figur 6). Posisjonene tilsvarer de som ble benyttet tidligere for å dokumentere før-situasjonen og under kontroll i 2011, 2012 og 2013 (se oversiktskart i vedlegg A). Diffusjonskamrene med

SMPDene ble hentet inn den 19. september 2016 og overført til egnet emballasje i felt og levert til NIVA Lab for kjemisk analyse.



Figur 6 Bilde tatt under utsetting av tripod med 3 diffusjonskamre den 21. juni 2016. Foto: NGI

3.1.2 Passive prøvetakere

Passive prøvetakere er en effektiv metode for å bestemme konsentrasjonen av ulike organiske forbindelser løst i sjøvann, inklusive overvåkning og etterkontroll av dypvannsdeponiet. Fordelene med metoden er dokumentert tidligere og omfatter at passive prøvetakere kan detektere PAH og PCB ved svært lave konsentrasjoner, som er vanskelig å oppnå med andre metoder (nedre bestemmelsesgrense til 0,1 pg/L for PCBer, 1 pg/L for PAHer). I tillegg bestemmer metoden den vannløste konsentrasjonen som ikke er bundet til partikulært materiale og dette tilsvarer den biotilgjengelige andelen som potensielt kan tas opp av organismer.

Konsentrasjoner av PAH og PCB i sjøvann dokumenteres ved å utplassere POM passive prøvetakere i bunnvannet og i vannkolonnen ved dypvannsdeponiet. Under feltarbeid den 21. juni, ble det utplassert POM 10 cm over sjøbunn ved alle de 6 stasjonene der diffusjonskamre ble utplassert og 3 m over sjøbunn ved alle 4 sedimentfellene. I tillegg ble POM utplassert ved stasjon Sed100 og H2 fra sjøbunnen til overflaten i ti meter intervaller for å få en vertikal konsentrasjonsprofil av både PAH og PCB i hele vannsøylen (se oversiktskart i vedlegg A).

POM passive prøvetakere ble innhentet den 19. september 2016 og overført til egnet emballasje i felt og levert til NGIs miljølaboratorium for kjemisk analyse. Basert på

erfaring oppnår POM likevekt for både PAH og PCB etter 4 uker eksponeringstid (Cornelissen et al., 2008). Derfor vil analyseresultatene representere en tidsintegrert konsentrasjon for de 4 siste ukene POM er utplassert.

3.2 Analyseresultater

3.2.1 SPMD i diffusjonskamre på sjøbunn

I Tabell 3 er det visst total mengde akkumulert PAH og PCB i de tre feltblankprøver som ble målt under feltarbeid den 21. juni 2016. I Tabell 4 vises total mengde akkumulert PAH og PCB i hvert av de seks diffusjonskamrene i løpet av eksponeringsperioden på 84 dager. Resultatene for sum PAH-16 og PCB-7 er gitt som sum av påviste komponenter for å sammenligne med analyseresultatene fra forundersøkelsen. Originale analyserapporter er gitt i vedlegg C.

Tabell 3 Mengde (ng) akkumulert miljøgift i felt blankprøver tatt 21. juni 2016 under dypvannsdeponiets overvåkning 2016.

Parameter*	Felt Blank 1	Felt Blank 2	Felt Blank 3
Naftalen	121	125	107
Acenaftylene	<0,5	<0,5	<0,5
Acenaften	0,87	0,81	1,5
Fluoren	6,2	7,4	5,6
Fenantren	22	18	9,2
Antracen	<1	<1	<1
Fluoranten	11	<5	<5
Pyren	<5	<0,5	<5
Benzo(a)antracen	<1	<1	<1
Krysen	<1	<1	<1
Benzo(b)fluoranten	0,64	<0,5	<0,5
Benzo(k)fluoranten	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(a)pyren	<5	<5	<5
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	<0,5	<0,5	<0,5
Dibenzo(ah)antracen	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(ghi)perylene	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PAH 16**	56,21	42,71	37,3
PCB 28	<0,5	<0,5	<0,5
PCB 52	0,49	0,4	0,49
PCB 101	0,93	0,53	0,64
PCB 118	0,48	0,3	0,44
PCB 153	0,64	0,51	0,43
PCB 138	0,55	0,24	0,27
PCB 180	0,26	0,22	0,11
Sum PCB 7**	3,35	2,2	2,38

* ng/kammer

** sum av påviste forbindelser og uten naftalen

< eller i.p.: ikke påvist

Tabell 4 Mengde (ng) akkumulert miljøgift per diffusjonskammer fra overvåkning 2016, (21/6-16 til 19/9-16).

Parameter*	Lander S-A	Lander S-B	Lander S-C	Lander N-A	Lander N-B	Lander N-C
Naftalen	39	<500	<500	67	30	46
Acenaftylen	0,5	0,55	<0,5	0,57	0,68	<0,5
Acenaften	5,8	5,4	5,5	8,2	6,9	1,6
Fluoren	8	9,1	14	9,7	9,6	10
Fenantren	39	42	54	49	56	41
Antracen	1,4	2,8	1,9	1,9	3	1,7
Fluoranten	16	26	17	24	24	24
Pyren	11	31	13	23	29	26
Benzo(a)antracen	<1	1	<1	<1	2,5	1,2
Krysen	<1	1	<1	2,5	1,4	1,9
Benzo(b)fluoranten	2,1	2,1	1	2,3	1,9	2,5
Benzo(k)fluoranten	<0,5	<0,5	0,63	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(a)pyren	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,76	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dibenzo(ah)antracen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Benzo(ghi)perylene	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PAH 16**	93,06	128,45	116,03	129,17	141,98	117,4
PCB 28	<0,3	<0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
PCB 52	0,86	0,87	0,61	0,86	1	0,97
PCB 101	0,76	1,1	0,74	0,7	1,1	1
PCB 118	0,48	0,78	0,44	0,49	0,58	0,56
PCB 153	0,74	1,1	0,6	0,53	1	0,7
PCB 138	0,56	0,82	0,49	0,41	0,27	0,65
PCB 180	0,16	0,28	0,14	0,24	0,19	<0,3
Sum PCB 7**	3,56	4,95	3,02	3,23	4,14	3,88

* ng/kammer

** sum av påviste forbindelser og uten naftalen

< eller i.p.: ikke påvist

Utlekking kan beregnes fra mengde PAH og PCB i sorbenten, eksponeringstid og eksponert areal, og angis som mengde miljøgift pr. areal og tid (ng/m²/dag). Ved å anta at SPMD-membranene effektivt tar opp all PAH og PCB i den øvre delen av de stillestående vannmassene i diffusjonskammeret, kan det antas at innholdet i SPMD-membranene er lik fluksen, F (ng/m²/dag), over tverrsnittet av diffusjonskamrene over tiden de har stått ute:

$$F = \frac{M_{\text{miljøgift}}}{A_{\text{sylinder}} \times T_{\text{diffusjon}}}$$

der:

$M_{\text{miljøgift}}$ = mengde PAH eller PCB målt i kammer (ng/kammer)
 A_{sylinder} = areal av sedimentoverflaten i diffusjonskammeret (0,049 m²)
 $T_{\text{diffusjon}}$ = tiden diffusjonskammeret er utplassert (84 dager)

Basert på mengde akkumulert miljøgift er det beregnet fluks for PAH og PCB fra sjøbunnen ved dypvannsdeponiet med justering for blankprøven. I tillegg er halvparten av kvantifiseringsgrensen benyttet i beregningene for enkeltforbindelsene som ikke er påvist. Fluksverdiene for PAH og PCB er presentert i Tabell 5. Det gjøres oppmerksom på at det ikke er beregnet fluks utenfor diffusjonskammer som gjort under forundersøkelsen (2005) der diffusjonsvei lik 1 cm var antatt. Verdiene presentert i tabellene nedenfor må ganges med 12,5 (høyde av diffusjonskammer benyttet under forundersøkelse) for å kunne sammenlignes med verdiene i datarapport for forundersøkelsen (Tabell 11 i NGI, 2006).

Tabell 5 Fluks (ng/m²/dag) beregnet per diffusjonskammer (justert for blankprøver) fra overvåkning 2016 (21/6-16 til 19/9-16).

Parameter*	Lander S-A	Lander S-B	Lander S-C	Lander N-A	Lander N-B	Lander N-C
Naftalen	-	-	-	-	-	-
Acenaftylene	0,06	0,07	0,03	0,07	0,10	0,03
Acenaften	1,07	0,98	1,01	1,62	1,32	0,12
Fluoren	0,36	0,61	1,72	0,75	0,73	0,82
Fenantren	5,12	5,80	8,53	7,39	8,98	5,58
Antracene	0,20	0,52	0,32	0,32	0,57	0,27
Fluoranten	1,13	3,40	1,36	2,95	2,95	2,95
Pyren	1,93	6,46	2,38	4,65	6,01	5,33
Benzo(a)antracene	0,06	0,11	0,06	0,06	0,45	0,16
Krysen	0,06	0,11	0,06	0,45	0,20	0,32
Benzo(b)fluoranten	0,33	0,33	0,08	0,38	0,29	0,42
Benzo(k)fluoranten	0,03	0,03	0,09	0,03	0,03	0,03
Benzo(a)pyren	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,12	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Dibenzo(ah)antracene	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Benzo(ghi)perylene	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Sum PAH 16**	10,81	18,81	15,99	19,03	21,99	16,39
PCB 28	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
PCB 52	0,09	0,09	0,03	0,09	0,12	0,12
PCB 101	0,01	0,09	0,01	0,08	0,09	0,07
PCB 118	0,02	0,08	0,01	0,02	0,04	0,03
PCB 153	0,05	0,13	0,02	0,00	0,11	0,04
PCB 138	0,05	0,11	0,03	0,01	0,04	0,07
PCB 180	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Sum PCB 7	0,27	0,55	0,15	0,24	0,45	0,38

- = konsentrasjon av naftalen er mindre enn konsentrasjon i felt blankprøven.

Tabell 6 Analyseresultater av POM utplassert over sjøbunnen ved dypvannsdeponiet for miljøstatus 2016, (21/6-16 til 19/9-16).

Parameter	SMP-0 ¹⁾	Sed100 ¹⁾	H2 ¹⁾	Sør for H2 ¹⁾	Lander Sør1 ²⁾	Lander Sør2 ²⁾	Lander Sør3 ²⁾	Lander Nord1 ²⁾	Lander Nord2 ²⁾	Lander Nord3 ²⁾
Naftalen (ng/l)	1,956	2,577	2,672	2,824	1,408	3,457	1,838	2,916	2,869	2,143
Acenaftylen (ng/l)	0,096	0,476	0,407	0,425	0,199	0,304	0,263	0,224	0,291	0,204
Acenaften (ng/l)	0,412	1,364	1,256	0,938	0,684	0,924	0,902	1,103	1,296	1,071
Fluoren (ng/l)	1,333	1,759	3,131	2,460	1,554	2,395	1,807	1,807	1,586	1,840
Fenantren (ng/l)	5,693	4,934	12,216	11,355	2,853	6,307	5,545	4,372	3,792	4,632
Antracen (ng/l)	0,028	0,059	0,045	0,021	0,022	0,034	0,048	0,041	0,076	0,056
Fluoranten (ng/l)	0,693	0,511	1,263	1,160	0,414	1,692	1,155	0,737	0,873	0,667
Pyren (ng/l)	0,599	1,236	1,323	1,227	0,866	3,220	2,219	1,610	2,458	1,626
Benso(a)antracen (ng/l)	0,007	0,023	0,017	0,019	0,011	0,016	0,020	0,019	0,039	0,014
Krysen (ng/l)	0,036	0,095	0,070	0,087	0,051	0,093	0,093	0,071	0,161	0,085
Benso(b,k)fluoranten (ng/l)	0,017	0,043	0,032	0,036	0,022	0,035	0,033	0,035	0,066	0,042
Benso(a)pyren (ng/l)	0,004	0,007	0,006	0,006	0,004	0,005	0,006	0,007	0,010	0,008
Indeno(123cd)pyren (ng/l)	0,003	0,009	0,007	0,008	0,003	0,007	0,007	0,007	0,011	0,010
Dibenso(ah)antracen (ng/l)	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002
Benso(ghi)perylene (ng/l)	0,003	0,008	0,007	0,007	0,005	0,009	0,007	0,007	0,012	0,009
Sum PAH-16 (ng/l)	10,882	13,103	22,454	20,576	8,096	18,500	13,944	12,957	13,543	12,408
PCB-28 (pg/l)	3,460	3,905	7,181	6,625	2,655	9,790	5,162	2,655	9,790	5,162
PCB-52 (pg/l)	11,726	38,403	32,036	33,938	24,064	27,183	31,233	24,064	27,183	31,233
PCB-101 (pg/l)	0,323	0,383	0,617	0,752	0,335	1,577	0,854	0,335	1,577	0,854
PCB-118 (pg/l)	0,092	0,137	0,144	0,183	0,096	0,335	0,181	0,096	0,335	0,181
PCB-153 (pg/l)	0,063	0,124	0,115	0,126	0,080	0,204	0,121	0,080	0,204	0,121
PCB-138 (pg/l)	0,097	0,165	0,177	0,160	0,125	0,398	0,236	0,125	0,398	0,236
PCB-180 (pg/l)	0,017	0,036	0,039	0,029	0,029	0,000	0,033	0,029	0,000	0,033
Sum PCB-7 (pg/l)	15,777	43,154	40,308	41,814	27,384	39,487	37,819	27,384	39,487	37,819

1) 3 meter over sjøbunn, 2) 10 cm over sjøbunn

Tabell 7 Analyseresultater av POM utplassert i vertikal profil i vannsøylen ved dypvannsdeponiet for miljøstatus 2016, (21/6-16 til 19/9-16).

Parameter	Sed100					H2				
	10m*	20m*	30m*	40m*	50m*	10m*	20m*	30m*	40m*	50m*
Naftalen (ng/l)	2,773	1,975	3,360	1,637	1,460	1,889	3,239	1,976	2,579	1,933
Acenaftalen (ng/l)	0,197	0,291	0,346	0,311	0,441	0,381	0,385	0,299	0,358	0,512
Acenaften (ng/l)	0,751	1,007	1,198	0,786	0,884	0,985	1,218	0,826	1,026	0,844
Fluoren (ng/l)	1,320	1,310	2,224	1,514	1,288	1,433	2,662	2,029	2,713	1,865
Fenantren (ng/l)	3,058	2,423	10,585	5,087	4,618	2,212	10,972	11,447	9,848	7,094
Antracen (ng/l)	0,063	0,020	0,054	0,055	0,118	0,042	0,037	0,075	0,021	0,129
Fluoranten (ng/l)	0,569	0,395	1,717	0,841	1,445	0,374	1,558	2,836	1,766	2,020
Pyren (ng/l)	1,527	0,690	2,320	1,380	1,654	0,955	1,300	2,704	1,743	1,574
Benso(a)antracen (ng/l)	0,033	0,017	0,025	0,028	0,050	0,020	0,015	0,032	0,017	0,060
Krysen (ng/l)	0,165	0,077	0,113	0,133	0,170	0,098	0,085	0,162	0,076	0,243
Benso(bk)fluoranten (ng/l)	0,059	0,035	0,039	0,075	0,100	0,040	0,037	0,064	0,041	0,132
Benso(a)pyren (ng/l)	0,008	0,006	0,007	0,013	0,021	0,006	0,006	0,011	0,008	0,026
Indeno(123cd)pyren (ng/l)	0,013	0,008	0,009	0,017	0,023	0,008	0,008	0,014	0,011	0,029
Dibenso(ah)antracen (ng/l)	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006
Benso(ghi)perylene (ng/l)	0,012	0,008	0,008	0,015	0,017	0,009	0,008	0,013	0,009	0,022
Sum PAH-16 (ng/l)	10,550	8,263	22,007	11,894	12,296	8,451	21,531	22,491	20,217	16,488
PCB-28 (pg/l)	3,583	2,376	9,102	6,977	7,265	1,776	6,338	11,946	8,509	13,304
PCB-52 (pg/l)	8,446	34,375	38,110	35,992	37,233	34,566	32,410	29,562	32,110	39,163
PCB-101 (pg/l)	0,553	0,344	0,912	0,963	1,295	0,335	0,870	1,576	0,814	1,918
PCB-118 (pg/l)	0,207	0,144	0,232	0,367	0,439	0,131	0,194	0,388	0,263	0,650
PCB-153 (pg/l)	0,179	0,124	0,187	0,308	0,292	0,130	0,160	0,280	0,203	0,463
PCB-138 (pg/l)	0,264	0,173	0,301	0,451	0,492	0,166	0,239	0,483	0,317	0,690
PCB-180 (pg/l)	0,047	0,039	0,053	0,097	0,098	0,037	0,041	0,066	0,043	0,117
Sum PCB-7 (pg/l)	13,280	37,574	48,896	45,155	47,113	37,141	40,253	44,301	42,259	56,306

* meter over sjøbunn

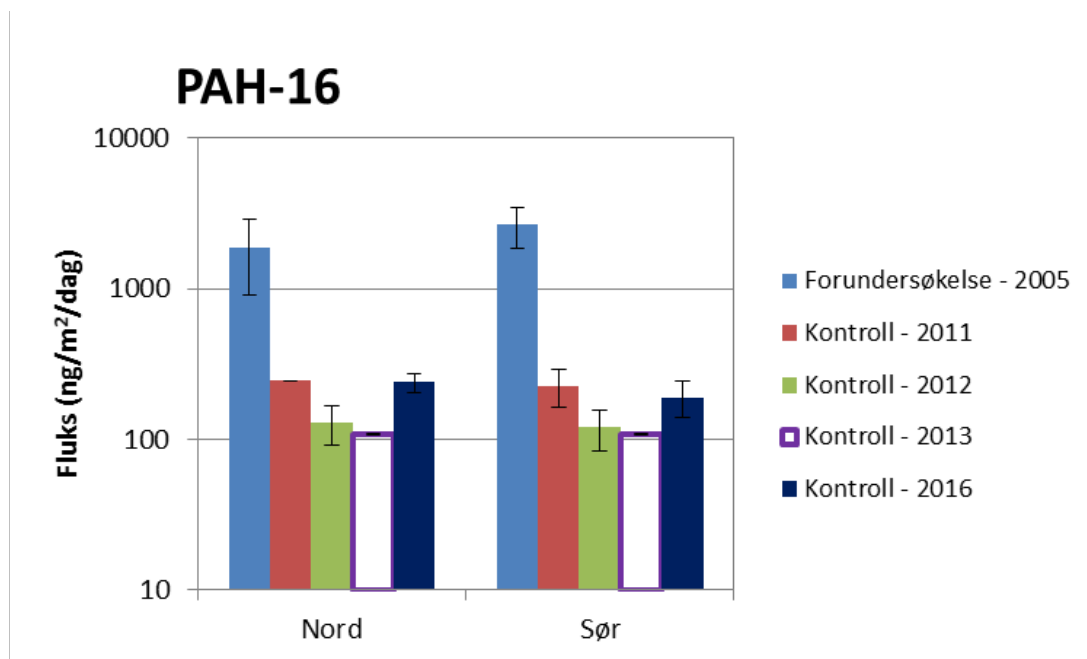
3.2.2 POM i vannsøyلة

Tabell 6 og Tabell 7 viser analyseresultater av PAH og PCB fra POM passive prøvetakere satt ut henholdsvis over sjøbunnen ved alle stasjonene og i vertikal profil i vannsøylen ved Sed100 og H2. For å beregne konsentrasjoner i vannet er det benyttet de samme K_{POM} verdiene som tidligere (NGI, 2006, 2011; 2012; 2013). Originale analyserapporter er vist i vedlegg D.

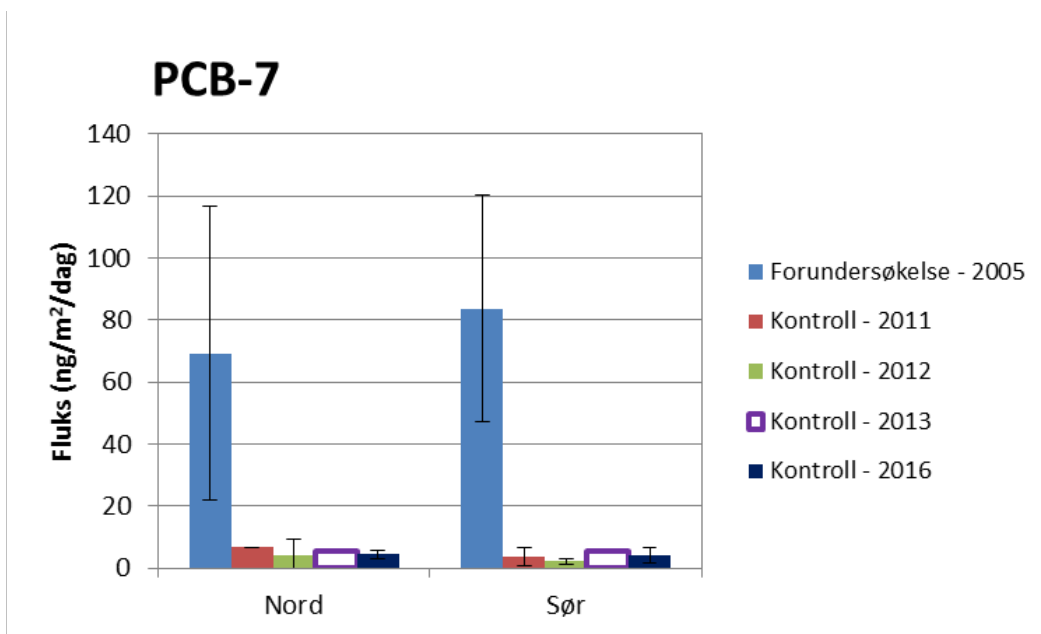
3.3 Sammenligning med tidligere målinger

3.3.1 SPMD i diffusjonskamre på sjøbunn

Fluksen av sum PAH er beregnet å variere mellom 10,8 - 22 $\text{ng/m}^2/\text{dag}$ inn i diffusjonskammer (tilsvarer 135 og 275 $\text{ng/m}^2/\text{dag}$ ved diffusjonsvei lik 1 cm). For PCB er fluksen beregnet å være mellom 0,15 og 0,45 $\text{ng/m}^2/\text{dag}$ (tilsvarer 1,9 $\text{ng/m}^2/\text{dag}$ og 5,6 $\text{ng/m}^2/\text{dag}$ ved diffusjonsvei lik 1 cm). Gjennomsnittlige konsentrasjoner av PAH-16 og PCB-7 i SPMD i diffusjonskamre plassert ved stasjonene Nord og Sør er vist i henholdsvis Figur 7 og Figur 8.



Figur 7 Fluks av PAH-16 målt før deponering og etter tildekking av dypvannsdeponiet, ved kontrollene gjennomført i 2011, 2012, 2013 og 2016 ($\text{ng/m}^2/\text{dag}$). Målinger av fluks gjennomført under kontroll 2013 er under halvparten av metodens kvantifiseringsgrense som illustreres i figuren med en lilla kantlinje, tykkelse på linje har kun grafisk funksjon. Data er presentert i logaritmisk skala og justert for diffusjonsvei lik 12,5 cm for å kunne sammenligne med resultatene fra forundersøkelsen.



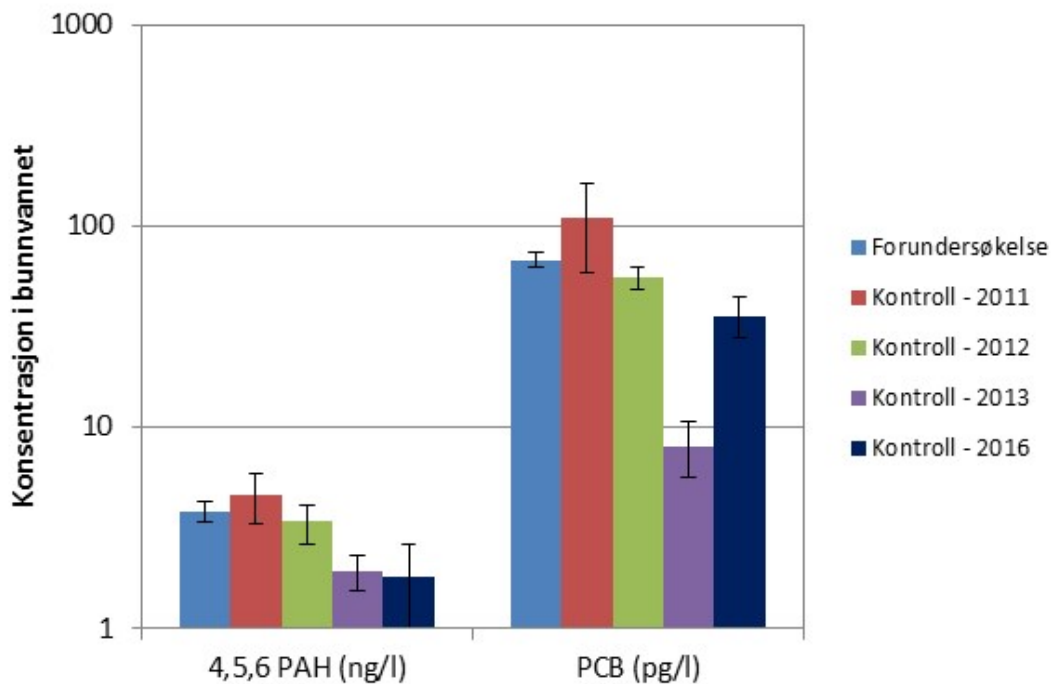
Figur 8 Fluks av PCB-7 målt før deponering og etter tildekking av dypvannsdeponiet, ved kontrollene gjennomført i 2011, 2012, 2013 og 2016 (ng/m²/dag). Målinger av fluks gjennomført under kontroll 2013 er under halvparten av metodens kvantifiseringsgrense som illustreres i figuren med en lilla kantlinje, tykkelse på linje har kun grafisk funksjon. Data er justert for diffusjonsvei lik 12,5 cm for å kunne sammenligne med resultatene fra forundersøkelsen.

Analyseresultatene fra overvåkingen 2016 viser en økning i konsentrasjon av PAH-16 sammenlignet med resultatene fra 2012 og 2013. Konsentrasjoner av PCB-7 er på det samme nivå som målingene gjennomført i 2012 og 2013. Økningen i konsentrasjon av PAH-16 skyldes bidraget fra nytt sedimenterende materiale som har lagt seg på toppen av det tildekkede dypvannsdeponiet. Det er tidligere dokumentert at PAH er en pågående kilde til forurensning i Oslofjorden forårsaket av avsetning av forurenset materialet fra luften (NGI, 2009). Dette bidraget vil på lengre sikt styre kvaliteten av sedimentene i området.

Totalt vises det at utlekking av PAH og PCB etter deponering og tildekking av dypvannsdeponiet ble redusert henholdsvis 87 – 93 % og 94 – 95 % i forhold til den opprinnelige sjøbunnen i område ved dypvannsdeponiet, før dypvannsdeponiet ble etablert.

3.3.2 POM i vannsøylen

Vannkvaliteten like over sjøbunnen ble dokumentert ved å måle konsentrasjon av løst PAH og PCB i POM passive prøvetakere plassert over sjøbunnen ved alle overvåkningsstasjoner (se vedlegg A). Figur 9 sammenligner fritt løste konsentrasjoner av PAH (4, 5 og 6-ring PAH samt PCB-7 med tidligere analyseresultater.

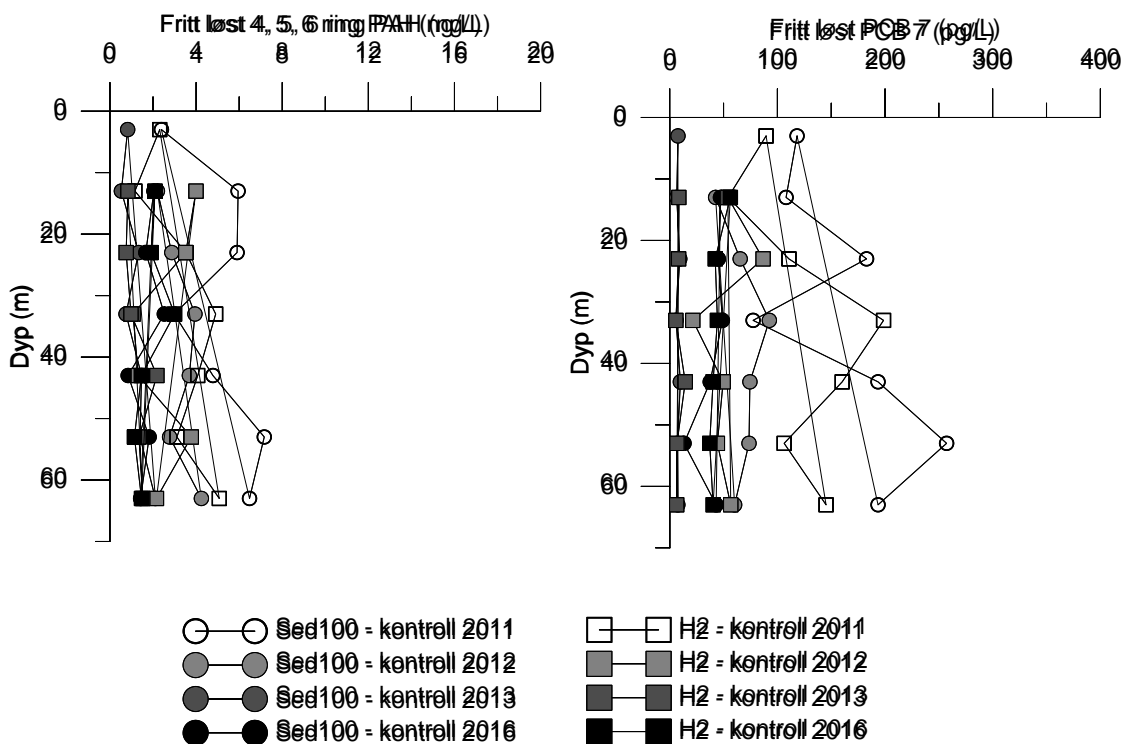


Figur 9 Konsentrasjoner av fritt løst 4,5,6-ring PAH og PCB-7 i bunnvannet ved dypvannsdeponiet.

Analyseresultatene fra overvåkingen 2016 viser at konsentrasjon av PAH (4,5,6-ring) er på det samme nivå som i 2013 med litt større variasjon mellom verdiene. Konsentrasjon av PCB er høyere enn i 2013, men fremdeles lavere enn kontroll gjennomført i 2012. Alle analyseresultatene er lavere enn det som var målt før deponeringsarbeid var påbegynt.

Det er også dokumentert konsentrasjoner av PAH og PCB ved flere vandybder på to stasjoner der det ble målt vertikale konsentrasjonsprofiler som vist i Figur 10. Den naturlige variasjonen i bakgrunnskonsentrasjonen i vannet er 0,78-11 ng/L for PAH (4,5,6-ring) og 65-241 pg/L for PCB-7. Den naturlige variasjonen er basert på målingene gjennomført ved referanse-stasjon i vannmassene grunnere enn 40 m i perioden 2006 – 2009. Etablering av disse bakgrunnskonsentrasjonene er basert på målingene gjennomført ved referansestasjonen og i vannmassene grunnere enn 40 m vandybde mens deponeringsarbeidene pågikk. Konsentrasjoner av PAH og PCB er høyere i 2016 enn målt i kontroll 2013, men innenfor det som kan tolkes som naturlig variasjon.

Generelt viser resultatene fra 2016 de samme konsentrasjonsnivå på alle dybdene på begge stasjonene H2 og Sed100. Observasjonene fra den samlede overvåkingen etter 2011 (konsolideringsfasen), viser at forholdene ved dypvannsdeponiet har stabilisert seg og varierer lite.



Figur 10 Konsentrasjonsprofiler for fritt løst PAH og PCB ved dypvannsdeponiet.

4 Overvåkning av bunndyrsfauna

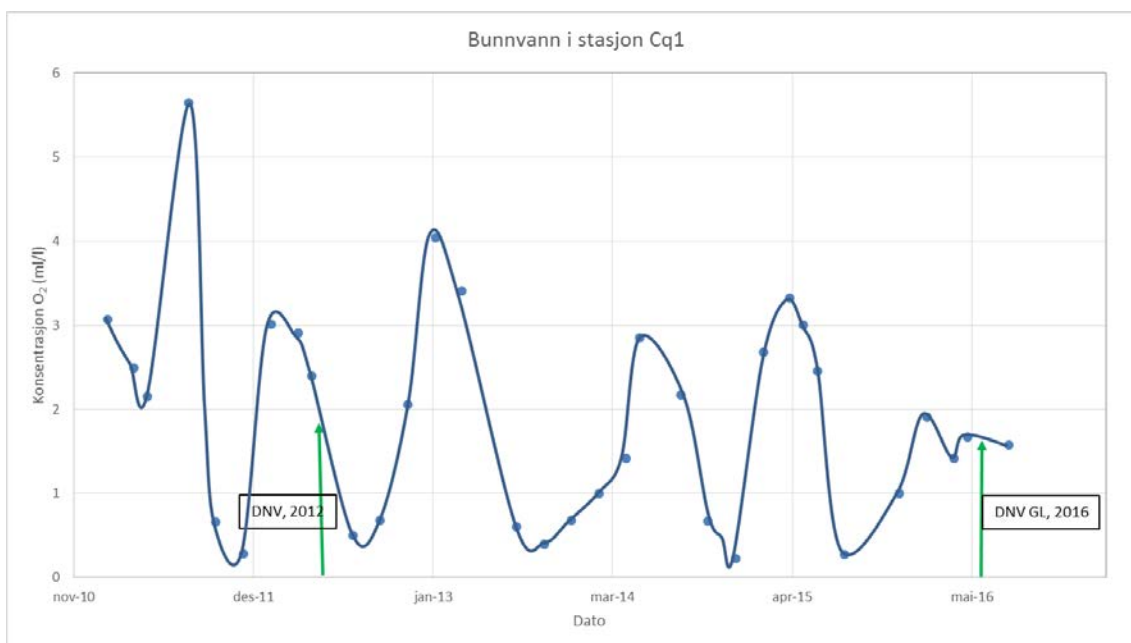
Som en del av overvåkingen av dypvannsdeponiet i 2016 har DNV-GL gjennomført en oppfølgende undersøkelse av bunndyrsamfunnet i det tildekte deponiområdet ved Malmøykalven i Oslofjorden. Dette var en oppfølging av grunnlagsundersøkelsen som ble utført i 2012 (DNV, 2012) og hensikten var å kartlegge endringen i bunndyrsamfunnet etter tildekking av rene masser over dypvannsdeponiet som ble etablert i forbindelse med mudring ved Oslo Havn. Årets undersøkelse var identisk med undersøkelsen fra 2012, med 7 bunndyrstasjoner langs et transekt gjennom tiltaksområdet (fra kun tildekking, til tildekking over deponi og videre til referansestasjon) som vist i vedlegg E.

Undersøkelsen i 2016 viser at tilstanden varierer mellom dårlig og svært dårlig iht. gjeldende bløtbunnsindekser. Bare en stasjon oppnådde moderat tilstandsklasse (Stasjon MD1, 65,5 m vanddyb). Denne stasjonen lå på nordsiden av deponiet, i et område med kun tildekking av rene masser. Samlet er tilstanden i undersøkelsesområdet dårligere sammenliknet med resultater fra undersøkelsen i 2012. Dette gjelder også referansestasjonen som ligger syd for tildekkingsområdet.

Endringer i kornstørrelse mellom undersøkelses periodene var små. Innhold av totalt organisk karbon (TOC) viste en økning fra 2012 til 2016 i henhold til miljødirektoratets

klassifiseringssystem. Oksygenmålinger under selve prøvetakingsperioden viste moderate (3,5-2,5 ml/l) konsentrasjoner O₂ i bunnvannet. Tidligere oksygenmålinger fra miljøovervåking av Indre Oslofjord, viser at oksygenforholdene i ytre del av Bunnefjorden var bedre fra desember 2011 til mai 2012 (2,5-3 ml/l) sammenliknet med samme periode i 2015/2016 som ble klassifisert til dårlig (2,5-1,5 ml/l) og svært dårlig (<1,5 ml/l) tilstand. Det antas at oksygenforholdene kan være en begrensende faktor for bunnnyrsamfunnets utvikling til å kunne oppnå en god tilstand. Studier har vist at bunnnyrsamfunnet påvirkes negativt ved oksygen konsentrasjoner rundt 1 ml/l eller lavere. NIVA konkluderte med at fraværende bunnfauna i dypområdene i Bunnefjorden trolig er styrt av oksygenforholdene (NIVA, 2009) og at grensen for svært dårlige forhold (uten makroskopisk liv) inntraff på om lag 60 meters dyp.

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord, har arbeidsoppgaver som inkluderer å koordinere overvåking av miljøforholdene i fjorden. Oksygenforholdene har vært en viktig parameter å overvåke da gode oksygenforhold er nødvendig for å opprettholde biodiversiteten i hele området. På Fagrådets webside (www.indre-oslofjord.no) står det at: "Selv om forurensningsbelastningen har avtatt de siste tiårene, er det fremdeles mye oksyngjeld i sedimentene." NIVA har overvåket forholdene i fjorden fra 1990 til 2014 og fra og med 2015 utføres undersøkelsene av Norconsult. Som en del av overvåkningsprogrammet er det etablert en målestasjon i området ved dypvannsdeponiet (Cq1) og oksygenforholdene i bunnvannet ved denne stasjon er vist i Figur 11. Figuren viser at forholdene i månedene i forkant av bunnfaunaundersøkelsene gjennomført i 2012 var moderat med konsentrasjoner av oksygen i bunnvannet fra 2,5-3 ml/l. Men oksygenforholdene i bunnvannet i perioden desember 2015 til mai 2016 viser imidlertid en negativ trend med konsentrasjoner under 2 ml/l. De lave oksygenkonsentrasjonene under larvestadiet til bunndyrssamfunnet kan ha slått negativ ut for artsdiversiteten i hele området.



Figur 11 Konsentrasjon av oksygen i bunnvannet ved Stasjon Cq1 fra 2011 til 2016. Figuren er basert på data fra Fagrådet for vann & avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord (NIVA har overvåket forholdene i fjorden fra 1990 til 2014 og fra og med 2015 utføres undersøkelsene av Norconsult).

5 Oppsummering av overvåkningsresultatene

I denne undersøkelsen er det gjennomført undersøkelser for å kartlegge miljøstatus ved dypvannsdeponiet som har omfattet flere metoder som bidrar til dokumentasjon av den langsiktige utviklingen av miljøkvaliteten ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven. Resultatene fra undersøkelsene utført i 2016, i tillegg til ytterlige overvåkning med sedimentfellene i 2017, kan for de ulike metodene oppsummeres som følger:

- Sedimentfeller
 - Tilførsel eller spredning av sedimenterende materiale er lik over hele undersøkelsesområder, dvs. samme forhold både ved referansestasjonen (1 km nord for dypvannsdeponiet) og ved dypvannsdeponiet i overvåkingsperioden.
 - Konsentrasjon av organiske miljøgifter i sedimenterende materiale tilsvarer tilstandsklasse II for de enkelte PAH forbindelser, tilstandsklasse III for PCB-7 og tilstandsklasse IV for TBT både for referansestasjonen og ved dypvannsdeponiet. Dette er i tråd med resultatene fra tidligere undersøkelser.
 - Konsentrasjon av både bly, kadmium, kobber, og kvikksølv er på det samme nivå som målt under tidligere kontroll og med kvalitet tilsvarende tilstandsklasse II. Konsentrasjoner av sink tilsvarer tilstandsklasse III og

viser litt mindre variasjon (234-249 mg/kg) enn under kontroll i 2013 (121-254 mg/kg).

- Sedimentasjonshastigheten i 2016 og 2017 er litt lavere enn tidligere observert i kontroll 2011, 2012 og 2013. Det er ikke søkt å finne årsaken til dette, men siden resultatene fra alle sedimentfeller er relativt like er det sannsynlig at dette skyldes forhold som påvirker hele Bekkelagsbassenget.
- SPMD i diffusjonskamre på sjøbunn
 - Utlekking målt i 2016 viser at konsentrasjoner av PCB-7 er på det samme nivå som tidligere, men konsentrasjoner av PAH-16 har økt sammenliknet med resultatene fra 2012 og 2013.
 - Økning i konsentrasjon av PAH-16 viser at den langsiktige trenden i sediment kvaliteten ved dypvannsdeponiet gjenspeiler bidragene fra nytt materialet som legger seg på toppen av dypvannsdeponiet.
- POM passive prøvetakere
 - Konsentrasjonen av PAH i bunnvannet målt i 2016 er på det samme nivå som i 2013.
 - Konsentrasjon av PCB i bunnvannet målt i 2016 er høyere enn i 2013, men fremdeles lavere enn kontroll gjennomført i 2012.
 - Analyseresultatene i hele vannsøylen ved dypvannsdeponiet og 300 m nord for deponiområdet viser at vannkvaliteten er homogen og konsentrasjonene er representative for hele området.
- Overvåkning av bunnfauna
 - Undersøkelse av bunndyrsamfunnet gjort av DNV GL viser at tilstanden varierer mellom dårlig og svært dårlig iht. gjeldende bløtbunnsindekser. Samlet er tilstanden dårligere sammenliknet med resultater fra undersøkelsen i 2012 inklusive referansestasjonen som ligger syd for tildekkingsområdet.
 - Tilstand av oksygen i perioden i forkant av undersøkelser av bunndyrsamfunnet er en viktig parameter. Studier har vist at bunndyrsamfunnet påvirkes negativt ved oksygen konsentrasjoner rundt 1 ml/l eller lavere (NIVA, 2009).
 - Tidligere oksygen målinger fra miljøovervåking av Indre Oslofjord, viser at oksygenforholdene i ytre del av Bunnefjorden fra desember 2015 til mai 2016 var verre (klassifisert til dårlig (2,5-1,5 ml/l) og svært dårlig (<1,5 ml/l)) sammenliknet med samme periode i 2011/2012 som ble tilstand.
 - Oksygenforholdene i bunnvannet i perioden desember 2015 til mai 2016 viser en negativ trend med konsentrasjoner under 2 ml/l. De lave oksygenkonsentrasjonene under larvestadiet til bunndyrsamfunnet kan ha slått negativ ut for artsdiversiteten i hele området.

6 Konklusjoner

Denne rapporten presenterer miljøstatus ved dypvannsdeponiet ved Malmøykalven som ble gjennomført av NGI i 2016/2017. Rapporten dokumenterer forhold ved deponiområdet og resultatene bidrar til å dokumentere den langsiktige trenden i miljøkvaliteten ved dypvannsdeponiet.

Miljøovervåkingen som her er presentert benyttet de samme metodene som under alle tidligere kontroller (2011, 2012 og 2013). I tillegg har DNV gjennomført en kartlegging av bunndyrsamfunn ved å benytte de samme metodene som tidligere (DNV, 2012).

De fleste kjemiske parametere fra miljøstatus i 2016/2017 viser at den langsiktige kvaliteten av dypvannsdeponiet hovedsakelig endres som følge av ny sedimentasjon i området. Bunndyrsamfunnet påvirkes av oksygenforholdene i området, noe som ikke er relatert til de deponerte massene i dypvannsdeponiet.

Analyseresultatene fra 2016/2017 (kjemiske og biologiske) viser også at det er lite variasjon mellom alle stasjonene både innenfor og utenfor dypvannsdeponiet, noe som indikerer at endringer i observert miljøkvalitet skyldes forhold som påvirker hele Bekkelagsbassenget. Dette gjelder spesielt for utvikling av bunndyrsamfunnet og det antas at oksygenforholdene kan være en begrensende faktor.

Observasjoner fra den samlede overvåking etter 2011, viser at forholdene ved dypvannsdeponiet har stabilisert seg og varierer lite. Det er derfor naturlig at fra og med 2018 inngår overvåkingen av dypvannsdeponiet utenfor Malmøykalven inn i samme rapporteringssyklus som annet relevant arbeid i forhold til Vannforskriften i Vannområde Oslo.

7 Referanser

Cornelissen, G.; H.P.H. Arp; A. Pettersen; A. Hauge and G.D. Breedveld (2008)
Assessing PAH and PCB emissions from the relocation of harbor sediments using equilibrium passive samplers. *Chemosphere*, 72, 1581-1587.

DNV (2012)
Rekolonisering av bentisk fauna ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012.
Rapportno: 2012-1437

Eek, E., G. Cornelissen, G.D. Breedveld (2010)
Field measurement and diffusional Mass Transfer of HOCs at the Sediment-Water Interface, *Environ. Sci. Technol.*, 6752-6759.

Miljødirektoratet (2016)
Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Veileder M-608:2016.

Miljødirektoratet (2007)
Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. TA-2229/2007.

NIVA (2009)
Kartlegging av bløtbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i Bunnefjorden 2008, Nilsson, H. ISBN 978-82-577-5538-6. Rapport nr. 5803-2009.

NGI (2006)
Forundersøkelse dypvannsdeponiet. Datarapport. NGI rapport 20051732-1, datert 14. juli 2006.

NGI (2009)
Old and new organic priority contaminants in Norwegian fjords: Old sins or ongoing input? Passive samplers as a novel tool for flux determination in sediment-water-air systems. NGI report no. 20071127-1.

NGI (2011)
Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Dypvannsdeponi ved Malmøykalven. Sluttrapport del 2 - Dokumentasjon av tildekking. NGI rapport 20051785-00-559-R, datert 12. desember 2011.

NGI (2012)
Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Dypvannsdeponi ved Malmøykalven – etterkontroll. NGI rapport 20051785-00-562-R, datert 31/1-2012.

NGI (2013)
Etterkontroll av Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Ett års kontroll 2012. NGI rapport 20120393-01-R, datert 22/4-2013.

NGI (2014)

Etterkontroll av Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven - 2013. NGI rapport 20130439-01-R, rev 2 datert 3/7-2014.

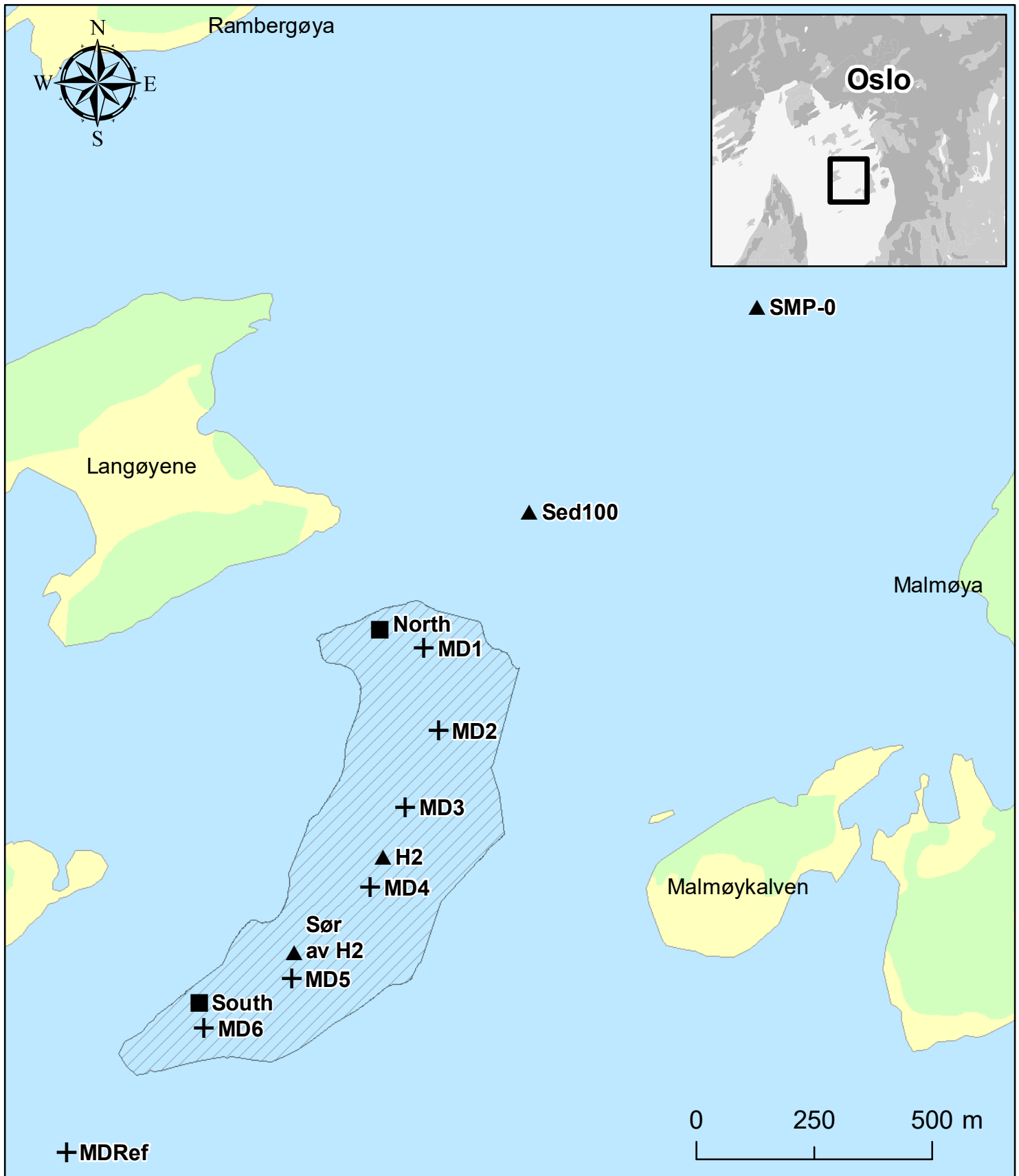
NGI (2015)

Oslo havn KF - Overvåkning av forurensning ved mudring og deponering. Endelig oppsummering 2014. NGI rapport 20140442-03-R, rev 03, datert 16/11-15.

Vedlegg A

OVERSIKTSKART AV DEPONIET SOM
VISER PLASSERING AV UTSTYR BENYTTET
I MILJØOVERVÅKNING 2016





Tegnforklaring

- ▲ NGI-stasjoner (sedimentfeller)
- NGI-stasjoner (diffusjonskammer)
- + DNV GL-stasjoner (bunndyr)
- ▨ Deponi

Målestokk (A4): 1:11 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 32

Oslo Havn KF		
Overvåking 2016	Prosjektnr. 20160264	Kartnr. A
	Gjennomført 19. juni - 21. september 2016	
	Utført KEk	Dato 2017-12-07
	Kontrollert GBr	Godkjent AO

Vedlegg B

ANALYSERAPPORT FRA UNDERSØKELSE
MED SEDIMENTFELLER 2016



Rapport

N1614056

Side 1 (7)

24E3AOVITSY



Mottatt dato **2016-09-20**
Utstedt **2016-10-27**

NGI
Arne Pettersen
Miljøgeologi
Box 3930 Ullevål Stadion
N-0806 Oslo
Norge

Prosjekt **Dypvanndeponi-Kontroll 2016**
Bestnr **20160264**

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	SMP-0					
	Sedimentfelle					
Labnummer	N00455332					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Mengde total*	1500		g	1	1	JIBJ
Mengde total, tørt*	4.8		g	1	1	JIBJ
As (Arsen)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cd (Kadmium)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cr (Krom)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cu (Kopper)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Hg (Kvikksølv)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Ni (Nikkel)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Pb (Bly)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Zn (Sink)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Naftalen	0.063	0.012	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaftylen	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaften	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoren	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fenantren	0.14	0.027	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Antracen	0.056	0.011	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoranten	0.24	0.046	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Pyren	0.25	0.048	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)antracen^	0.11	0.021	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Krysen^	0.092	0.018	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(b)fluoranten^	0.12	0.024	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(k)fluoranten^	0.061	0.012	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)pyren^	0.090	0.017	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Dibenso(ah)antracen^	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(ghi)perylene	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Indeno(123cd)pyren^	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH-16*	1.22		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH carcinogene^*	0.473		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 28	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 52	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 101	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 118	<0.0050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 138	0.0042	0.00083	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 153	0.0046	0.00091	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 180	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PCB-7*	0.00880		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Monobutyltinnkation	29	3.8	µg/kg TS	3	1	HABO

ALS Laboratory Group Norway AS
PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info.on@alsglobal.com
Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
og digitalt undertegnet av

ALS avd. ØMM-Lab
Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info.srp@alsglobal.com
Tel: + 47 69 13 78 80

Web: www.alsglobal.no

Hanne Boklund

Client Service
hanne.boklund@alsglobal.com

2016.10.27 17:48:35

Rapport**N1614056**

Side 2 (7)

24E3AOVITSY



Deres prøvenavn	SMP-0 Sedimentfelle					
Labnummer	N00455332					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Dibutyltinnkation	52	6.8	µg/kg TS	3	1	HABO
Tributyltinnkation	25	3.3	µg/kg TS	3	1	HABO
Tetrabutyltinnkation	n.a.		µg/kg TS	3	1	HABO
Monooktyltinnkation	30	3.9	µg/kg TS	3	1	HABO
Dioktyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trisykloheksyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Monofenyltinnkation	<5.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Difenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trifenyltinnkation	<1.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Metaller: Analyse ikke utført grunnet mangelfull bestilling til lab. Dette gjelder samtlige prøver i denne ordren.						

Rapport**N1614056**

Side 3 (7)

24E3AOVITSY



Deres prøvenavn	Sed 100 Sedimentfelle					
Labnummer	N00455333					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Mengde total*	2200		g	1	1	JIBJ
Mengde total, tørt*	5.4		g	1	1	JIBJ
As (Arsen)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cd (Kadmium)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cr (Krom)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cu (Kopper)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Hg (Kvikksølv)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Ni (Nikkel)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Pb (Bly)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Zn (Sink)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Naftalen	0.052	0.0100	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaftylen	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaften	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoren	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fenantren	0.12	0.023	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Antracen	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoranten	0.22	0.042	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Pyren	0.22	0.042	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)antracen^	0.093	0.018	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Krysen^	0.085	0.016	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(b)fluoranten^	0.10	0.020	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(k)fluoranten^	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)pyren^	0.074	0.014	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Dibenso(ah)antracen^	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(ghi)perylene	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Indeno(123cd)pyren^	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH-16*	0.964		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH carcinogene^*	0.352		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 28	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 52	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 101	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 118	<0.0040		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 138	0.0036	0.00071	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 153	0.0036	0.00071	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 180	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PCB-7*	0.00720		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Monobutyltinnkation	17	2.2	µg/kg TS	3	1	HABO
Dibutyltinnkation	22	2.9	µg/kg TS	3	1	HABO
Tributyltinnkation	22	2.9	µg/kg TS	3	1	HABO
Tetrabutyltinnkation	n.a.		µg/kg TS	3	1	HABO
Monooktyltinnkation	1.8	0.23	µg/kg TS	3	1	HABO
Dioktyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trisykloheksyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Monofenyltinnkation	<5.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Difenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trifenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO

Rapport**N1614056**

Side 4 (7)

24E3AOVITSY



Deres prøvenavn	H2 Sedimentfelle					
Labnummer	N00455334					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Mengde total*	1500		g	1	1	JIBJ
Mengde total, tørt*	5.0		g	1	1	JIBJ
As (Arsen)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cd (Kadmium)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cr (Krom)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cu (Kopper)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Hg (Kvikksølv)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Ni (Nikkel)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Pb (Bly)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Zn (Sink)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Naftalen	0.053	0.010	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaftalen	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaften	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoren	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fenantren	0.12	0.023	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Antracen	0.050	0.0096	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoranten	0.24	0.046	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Pyren	0.25	0.048	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)antracen^	0.11	0.021	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Krysen^	0.095	0.018	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(b)fluoranten^	0.12	0.024	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(k)fluoranten^	0.060	0.012	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)pyren^	0.092	0.018	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Dibenso(ah)antracen^	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(ghi)perylene	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Indeno(123cd)pyren^	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH-16*	1.19		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH carcinogene^*	0.477		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 28	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 52	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 101	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 118	<0.0040		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 138	0.0041	0.00081	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 153	0.0040	0.00079	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 180	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PCB-7*	0.00810		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Monobutyltinnkation	16	2.1	µg/kg TS	3	1	HABO
Dibutyltinnkation	21	2.7	µg/kg TS	3	1	HABO
Tributyltinnkation	24	3.1	µg/kg TS	3	1	HABO
Tetrabutyltinnkation	n.a.		µg/kg TS	3	1	HABO
Monooktyltinnkation	1.4	0.18	µg/kg TS	3	1	HABO
Dioktyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trisykloheksyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Monofenyltinnkation	<5.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Difenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trifenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO

Rapport**N1614056**

Side 5 (7)

24E3AOVITSY



Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Deres prøvenavn	Sør for H2 Sedimentfelle					
Labnummer	N00455335					
Mengde total*	1300		g	1	1	JIBJ
Mengde total, tørt*	4.2		g	1	1	JIBJ
As (Arsen)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cd (Kadmium)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cr (Krom)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Cu (Kopper)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Hg (Kvikksølv)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Ni (Nikkel)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Pb (Bly)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Zn (Sink)	-----		mg/kg TS	1	1	HABO
Naftalen	0.050	0.0096	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaftalen	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Acenaften	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoren	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fenantren	0.13	0.025	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Antracen	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Fluoranten	0.22	0.042	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Pyren	0.22	0.042	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)antracen[^]	0.089	0.017	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Krysen[^]	0.081	0.016	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(b)fluoranten[^]	0.094	0.019	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(k)fluoranten[^]	<0.050		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(a)pyren[^]	0.070	0.013	mg/kg TS	2	1	JIBJ
Dibenso(ah)antracen[^]	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Benso(ghi)perylene	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Indeno(123cd)pyren[^]	<0.20		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH-16*	0.954		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PAH carcinogene^{^*}	0.334		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 28	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 52	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 101	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 118	<0.0040		mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 138	0.0033	0.00065	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 153	0.0035	0.00069	mg/kg TS	2	1	JIBJ
PCB 180	<0.0030		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Sum PCB-7*	0.00680		mg/kg TS	2	1	JIBJ
Monobutyltinnkation	15	2.0	µg/kg TS	3	1	HABO
Dibutyltinnkation	22	2.9	µg/kg TS	3	1	HABO
Tributyltinnkation	23	3.0	µg/kg TS	3	1	HABO
Tetrabutyltinnkation	n.a.		µg/kg TS	3	1	HABO
Monooktyltinnkation	1.6	0.21	µg/kg TS	3	1	HABO
Dioktyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trisykloheksyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Monofenyltinnkation	<10		µg/kg TS	3	1	HABO
Difenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO
Trifenyltinnkation	<2.0		µg/kg TS	3	1	HABO



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.
 n.d. betyr ikke påvist.
 n/a betyr ikke analyserbart.
 < betyr mindre enn.
 > betyr større enn.

Metodespesifikasjon																					
1	<p>Bestemmelse av metaller</p> <p>Metode: DIN EN ISO 17294-2-E29 Deteksjon og kvantifisering: Plasma-emisjonsspektrometri (ICP-AES) Kvantifikasjonsgrenser:</p> <table> <tr><td>Pb</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>0,1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Hg</td><td>0,1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>As</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Co</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>V</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> </table> <p>Note: Fosfor (P) er analysert etter DIN EN ISO 11885-E22.</p>	Pb	1 mg/kg TS	Cd	0,1 mg/kg TS	Cr	1 mg/kg TS	Cu	1 mg/kg TS	Ni	1 mg/kg TS	Hg	0,1 mg/kg TS	Zn	1 mg/kg TS	As	1 mg/kg TS	Co	1 mg/kg TS	V	1 mg/kg TS
Pb	1 mg/kg TS																				
Cd	0,1 mg/kg TS																				
Cr	1 mg/kg TS																				
Cu	1 mg/kg TS																				
Ni	1 mg/kg TS																				
Hg	0,1 mg/kg TS																				
Zn	1 mg/kg TS																				
As	1 mg/kg TS																				
Co	1 mg/kg TS																				
V	1 mg/kg TS																				
2	<p>Bestemmelse av PAH-16 og PCB-7.</p> <p>Metode: PAH-16: GC/MSD PCB-7: EN DIN ISO 10382 Ekstraksjon: PAH-16: Aceton/heksan PCB-7: Aceton/heksan/sykloheksan Rensing: PAH-16 og PCB-7: SiOH-kolonne om nødvendig Deteksjon og kvantifisering: PAH-16 og PCB-7: GC/MSD Kvantifikasjonsgrenser: PAH-16: 0,05 mg/kg TS PCB-7: 0,003 mg/kg TS.</p>																				
3	<p>Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser.</p> <p>Metode: DIN ISO 23161 Ekstraksjon: KOH/Heksan Rensing: Alumina Derivativering: Na tetraetyl borat (NaBEt₄) Deteksjon og kvantifisering: GC-FPD Kvantifikasjonsgrenser: 1 µg/kg TS Usikkerhet (2*RSD): 13 - 15% (basert på gjentatte analyser av kontrollprøve)</p>																				

Godkjenner	
HABO	Hanne Boklund
JIBJ	Jan Inge Bjørnengen

Underleverandør¹

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

ALS Laboratory Group Norway AS
 PB 643 Skøyen, N-0214 Oslo

E-post: info.on@alsglobal.com
 Tel: + 47 22 13 18 00

Dokumentet er godkjent
 og digital undertegnet av

ALS avd. ØMM-Lab
 Yvenveien 17, N-1715 Yven

Epost: info.srp@alsglobal.com
 Tel: + 47 69 13 78 80

Hanne Boklund

Client Service
hanne.boklund@alsglobal.com

2016.10.27 17:48:35

Web: www.alsglobal.no



Underleverandør ¹	
1	<p>Ansvarlig laboratorium: GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland</p> <p>Lokalisering av andre GBA laboratorier:</p> <p>Hildesheim Daimlerring 37, 31135 Hildesheim Gelsenkirchen Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen Freiberg Meißner Ring 3, 09599 Freiberg Hameln: Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln Hamburg: Goldschmidstraße 5, 21073 Hamburg Akkreditering: DAkks, registreringsnr. D-PL-14170-01-00</p> <p>Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon</p>

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

Vedlegg C

ANALYSERAPPORT FRA UNDERSØKELSE
MED SPMD OG DIFFUSJONSKAMRE 2016



Mottaker

Amy Oen, NGI

Dato 19.11.16**RESULTATER FRA analyse av SPMD for PCB og PAH****Prosjektnummer: O 16254_1****Prosjektnavn: NGI****LIMS oppdragsnummer: Wilab 2016-14****Kommentarer:**

Rapporteringsgrensen for PAH er noe forhøyet pga noe høye blank verdier.

NIVA anbefaler ikke å bruke verdiene for naftalen i SPMD, men har her gjort ett unntak etter forespørsel fra oppdragsgiver. For prøve 2 og prøve 3 er imidlertid gjennfinningen av internstandard for naftalen relativt dårlig og nivåene kraftig overestimert og derfor ikke rapportert, da vi vet de blir feil.

Kine Bæk**Overingeniør****Miljøkjemi**

RESULTATER AV OH-PAH

Innsendt ID	LIMIS-prøvenummer	Matriks	Lander Sør A	Lander Sør B	Lander Sør C	Lander Nord A	Lander Nord B	Lander Nord C	Feltblank 1	Feltblank 2	Feltblank 3
			2016-00014	2016-00014	2016-00014	2016-00014	2016-00014	2016-00014	2016-00014	2016-00014	2016-00014
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			SPMD	SPMD	SPMD	SPMD	SPMD	SPMD	SPMD	SPMD	SPMD
	CB28-SPMD	ng/SPMD	<0,3	<0,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,5	<0,5
	CB52-SPMD	ng/SPMB	0,86	0,87	0,61	0,86	1	0,97	0,49	0,4	0,49
	CB101-SPMD	ng/SPMD	0,76	1,1	0,74	0,7	1,1	1	0,93	0,53	0,64
	CB118-SPMD	ng/SPMD	0,48	0,78	0,44	0,49	0,58	0,56	0,48	0,3	0,44
	CB153-SPMD	ng/SPMD	0,74	1,1	0,6	0,53	1	0,7	0,64	0,51	0,43
	CB138-SPMD	ng/SPMD	0,56	0,82	0,49	0,41	0,27	0,65	0,55	0,24	0,27
	CB180-SPMD	ng/SPMD	0,16	0,28	0,14	0,24	0,19	<0,3	0,26	0,22	0,11
	HCB-SPMD	ng/SPMD	0,24	0,36	0,3	0,34	0,37	0,34	0,33	0,24	0,19
	Naftalen	ng/SPMD	39	<500	<500	67	30	46	121	125	107
	Acenaftalen	ng/SPMD	0,5	0,55	<0,5	0,57	0,68	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Acenaften	ng/SPMD	5,8	5,4	5,5	8,2	6,9	1,6	0,87	0,81	1,5
	Fluoren	ng/SPMD	8	9,1	14	9,7	9,6	10	6,2	7,4	5,6
	Dibenzotiofen	ng/SPMD	<3	3,4	<3	<3	4,8	3,2	<3	<3	<3
	Fenantren	ng/SPMD	39	42	54	49	56	41	22	18	9,2
	Antracen	ng/SPMD	1,4	2,8	1,9	1,9	3	1,7	<1	<1	<1
	Fluoranten	ng/SPMD	16	26	17	24	24	24	11	<5	<5
	Pyren	ng/SPMD	11	31	13	23	29	26	<5	<0,5	<5
	Benzo(a)antracen	ng/SPMD	<1	1	<1	<1	2,5	1,2	<1	<1	<1
	Chrysen	ng/SPMD	<1	1	<1	2,5	1,4	1,9	<1	<1	<1
	Benzo(b,j)fluoranten	ng/SPMD	2,1	2,1	1	2,3	1,9	2,5	0,64	<0,5	<0,5
	Benzo(k)fluoranten	ng/SPMD	<0,5	<0,5	0,63	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Benzo(e)pyren	ng/SPMD	0,88	1,6	1	2	2,1	1,2	<1	<1	<1
	Benzo(a)pyren	ng/SPMD	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Perylen	ng/SPMD	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	ng/SPMD	0,76	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Dibenz(ac/ah)antracen	ng/SPMD	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Benzo(ghi)perylene	ng/SPMD	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Sum PAH*	ng/SPMD	125	126	108	190	171	160	161	151	123
	Sum PAH16*	ng/SPMD	124	121	107	188	165	155	161	151	123
	Acenaften-d10	ng/SPMD	1891	1563	1913	1886	1744	1848	2087	1991	1887
	Fluoren-d10	ng/SPMD	1187	1065	1171	1127	1110	1201	1225	1286	1194
	Fenantren-d10	ng/SPMD	1334	1263	1321	1321	1249	1355	1252	1349	1278
	Chrysen-d12	ng/SPMD	1484	1445	1475	1520	1420	1515	1386	1491	1354
	Benzo(e)pyren- d12	ng/SPMD	3377	3378	3376	3484	3303	3547	3056	3435	3042

* For sum PAH er verdier under rapporteringsgrensen satt til 0
NIVA anbefaler ikke å bruke verdiene for naftalen i SPMD

Vedlegg D

ANALYSERAPPORT FRA UNDERSØKELSE
MED PASSIVE PRØVETAKERE (POM) 2016





v/ NGI
v/ Amy Oen
Pb 3930, Ullevål Stadion

0806, Oslo
Norge

Oslo, 2016-11-01

62003 Analyseresultater fra NGI miljølaboratorium

Prosjektnavn: Overvåkning Dypvannsdeponiet
Prosjektnummer: 20160264 -
Prøvetype: POM passiv prøvetaker
Antall prøver: 20
Mottatt dato: 2016.09.21
Anmerkninger:

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Følgende analyser har blitt utført:

Parameter	Intern pros. MLP basert MLP på	Akkreditert	Måleområde	Analysedato
PAH/PCB	850 Passive prøvetakere	Nei	-	2016.10.19-2016.10.21

Usikkerhet oppgis ved henvendelse til laboratoriet

Denne rapporten er ikke komplett uten rapport fra ALS, hvor opplysninger vedrørende akkrediteringsstatus for enkeltforbindelser er oppgitt.

Resultatene i vedleggene gjelder utelukkende den prøve som er oppgitt på arket.

Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra laboratoriet. Resultatene kan derimot benyttes av NGIs prosjektleder i eventuell videre rapportering til NGIs eksterne kunder

Vennlig hilsen
for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Arne Pettersen
Teknisk leder miljølaboratorium

Rapportansvarlig miljølaboratorium

BS EN ISO 9001
Sertifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)

Prosjektnr.: 20160264 Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**

Prøvenavn: **Sed100 (3m)** Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering

Beskrivelse av forsøket

55 µm POM	0,833 g	<p>POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og rensset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.</p> <p>Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.</p> <p>Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)</p> <p>Metoden er ikke akkreditert.</p>
-----------	---------	--

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,003905
PCB-052	0,038403
PCB-101	0,000383
PCB-118	0,000137
PCB-138	0,000124
PCB-153	0,000165
PCB-180	0,000036
Sum PCB-7	0,043154
Naphthalene	2,577061
Acenaphthylene	0,475787
Acenaphthene	1,364181
Fluorene	1,759198
Phenanthrene	4,933884
Anthracene	0,059342
Fluoranthene	0,511145
Pyrene	1,235606
Benzo_a_anthracene	0,023414
Chrysene_Triphenylene	0,094744
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,042615
Benzo_a_pyrene	0,007305
Indeno_123cd_pyrene	0,009013
Dibenzo_ah_anthracene	0,001785
Benzo_ghi_erylene	0,008368
Sum PAH-16	13,103449

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Sed100 (10m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,773 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og rensset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,003583
PCB-052	0,008446
PCB-101	0,000553
PCB-118	0,000207
PCB-138	0,000179
PCB-153	0,000264
PCB-180	0,000047
Sum PCB-7	0,013280
Naphthalene	2,773116
Acenaphthylene	0,196650
Acenaphthene	0,750928
Fluorene	1,320390
Phenanthrene	3,057995
Anthracene	0,063273
Fluoranthene	0,568786
Pyrene	1,526718
Benzo_a_anthracene	0,032792
Chrysene_Triphenylene	0,165312
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,059490
Benzo_a_pyrene	0,008231
Indeno_123cd_pyrene	0,012644
Dibenzo_ah_anthracene	0,002297
Benzo_ghi_ptylene	0,011828
Sum PAH-16	10,550452

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Sed100 (20m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,848 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,002376
PCB-052	0,034375
PCB-101	0,000344
PCB-118	0,000144
PCB-138	0,000124
PCB-153	0,000173
PCB-180	0,000039
Sum PCB-7	0,037574
Naphthalene	1,974642
Acenaphthylene	0,290562
Acenaphthene	1,007202
Fluorene	1,309585
Phenanthrene	2,422767
Anthracene	0,019628
Fluoranthene	0,395498
Pyrene	0,689575
Benzo_a_anthracene	0,017442
Chrysene_Triphenylene	0,076721
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,034764
Benzo_a_pyrene	0,006364
Indeno_123cd_pyrene	0,008379
Dibenzo_ah_anthracene	0,001634
Benzo_ghi_ptylene	0,007873
Sum PAH-16	8,262636

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Sed100 (30m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,695 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,009102
PCB-052	0,038110
PCB-101	0,000912
PCB-118	0,000232
PCB-138	0,000187
PCB-153	0,000301
PCB-180	0,000053
Sum PCB-7	0,048896
Naphthalene	3,359816
Acenaphthylene	0,345524
Acenaphthene	1,198402
Fluorene	2,223776
Phenanthrene	10,585437
Anthracene	0,053864
Fluoranthene	1,716737
Pyrene	2,320391
Benzo_a_anthracene	0,024899
Chrysene_Triphenylene	0,113364
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,038756
Benzo_a_pyrene	0,006917
Indeno_123cd_pyrene	0,009047
Dibenzo_ah_anthracene	0,001550
Benzo_ghi_ptylene	0,008339
Sum PAH-16	22,006819

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Sed100 (40m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,690 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,006977
PCB-052	0,035992
PCB-101	0,000963
PCB-118	0,000367
PCB-138	0,000308
PCB-153	0,000451
PCB-180	0,000097
Sum PCB-7	0,045155
Naphthalene	1,636533
Acenaphthylene	0,311028
Acenaphthene	0,786302
Fluorene	1,513745
Phenanthrene	5,087084
Anthracene	0,054610
Fluoranthene	0,840975
Pyrene	1,379551
Benzo_a_anthracene	0,028330
Chrysene_Triphenylene	0,132877
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,074722
Benzo_a_pyrene	0,012503
Indeno_123cd_pyrene	0,017135
Dibenzo_ah_anthracene	0,003584
Benzo_ghi_perylene	0,015475
Sum PAH-16	11,894454

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Sed100 (50m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,866 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,007265
PCB-052	0,037233
PCB-101	0,001295
PCB-118	0,000439
PCB-138	0,000292
PCB-153	0,000492
PCB-180	0,000098
Sum PCB-7	0,047113
Naphthalene	1,460443
Acenaphthylene	0,441216
Acenaphthene	0,883823
Fluorene	1,287607
Phenanthrene	4,618362
Anthracene	0,118416
Fluoranthene	1,444596
Pyrene	1,654445
Benzo_a_anthracene	0,050254
Chrysene_Triphenylene	0,169825
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,099824
Benzo_a_pyrene	0,020964
Indeno_123cd_pyrene	0,023430
Dibenzo_ah_anthracene	0,005074
Benzo_ghi_perylene	0,017230
Sum PAH-16	12,295510

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **H2 (3m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,965 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og rensset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,007181
PCB-052	0,032036
PCB-101	0,000617
PCB-118	0,000144
PCB-138	0,000115
PCB-153	0,000177
PCB-180	0,000039
Sum PCB-7	0,040308
Naphthalene	2,672108
Acenaphthylene	0,407447
Acenaphthene	1,255795
Fluorene	3,130834
Phenanthrene	12,215825
Anthracene	0,045097
Fluoranthene	1,263283
Pyrene	1,323175
Benzo_a_anthracene	0,017213
Chrysene_Triphenylene	0,070240
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,031950
Benzo_a_pyrene	0,005797
Indeno_123cd_pyrene	0,006830
Dibenzo_ah_anthracene	0,001749
Benzo_ghi_perylene	0,006901
Sum PAH-16	22,454244

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon

Prøvenavn: H2 (10m)

Intern ref: PAH/PCB-160921

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,928 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,001776
PCB-052	0,034566
PCB-101	0,000335
PCB-118	0,000131
PCB-138	0,000130
PCB-153	0,000166
PCB-180	0,000037
Sum PCB-7	0,037141
Naphthalene	1,888855
Acenaphthylene	0,380731
Acenaphthene	0,984598
Fluorene	1,433073
Phenanthrene	2,211956
Anthracene	0,041868
Fluoranthene	0,373502
Pyrene	0,954569
Benzo_a_anthracene	0,019720
Chrysene_Triphenylene	0,097571
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,039676
Benzo_a_pyrene	0,006000
Indeno_123cd_pyrene	0,008041
Dibenzo_ah_anthracene	0,002218
Benzo_ghi_perylene	0,008608
Sum PAH-16	8,450985

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **H2 (20m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,929 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,006338
PCB-052	0,032410
PCB-101	0,000870
PCB-118	0,000194
PCB-138	0,000160
PCB-153	0,000239
PCB-180	0,000041
Sum PCB-7	0,040253
Naphthalene	3,239447
Acenaphthylene	0,384730
Acenaphthene	1,217686
Fluorene	2,662026
Phenanthrene	10,972151
Anthracene	0,036903
Fluoranthene	1,557821
Pyrene	1,299954
Benzo_a_anthracene	0,014875
Chrysene_Triphenylene	0,084690
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,036875
Benzo_a_pyrene	0,006129
Indeno_123cd_pyrene	0,007899
Dibenzo_ah_anthracene	0,001719
Benzo_ghi_perylene	0,007963
Sum PAH-16	21,530869

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: COWI POM

Prøvenavn: H2 (30m)

Intern ref: Overvåkning Dypvannsdepon

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,656 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,011946
PCB-052	0,029562
PCB-101	0,001576
PCB-118	0,000388
PCB-138	0,000280
PCB-153	0,000483
PCB-180	0,000066
Sum PCB-7	0,044301
Naphthalene	1,976461
Acenaphthylene	0,298700
Acenaphthene	0,826224
Fluorene	2,029466
Phenanthrene	11,447383
Anthracene	0,075336
Fluoranthene	2,836116
Pyrene	2,703613
Benzo_a_anthracene	0,032075
Chrysene_Triphenylene	0,162031
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,064193
Benzo_a_pyrene	0,010837
Indeno_123cd_pyrene	0,013816
Dibenzo_ah_anthracene	0,002489
Benzo_ghi_perylene	0,012715
Sum PAH-16	22,491457

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **H2 (40m)**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,951 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,008509
PCB-052	0,032110
PCB-101	0,000814
PCB-118	0,000263
PCB-138	0,000203
PCB-153	0,000317
PCB-180	0,000043
Sum PCB-7	0,042259
Naphthalene	2,578983
Acenaphthylene	0,358150
Acenaphthene	1,026092
Fluorene	2,713387
Phenanthrene	9,848177
Anthracene	0,021068
Fluoranthene	1,765502
Pyrene	1,742945
Benzo_a_anthracene	0,016639
Chrysene_Triphenylene	0,075955
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,040809
Benzo_a_pyrene	0,007630
Indeno_123cd_pyrene	0,010960
Dibenzo_ah_anthracene	0,001882
Benzo_ghi_ptylene	0,009121
Sum PAH-16	20,217302

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon

Prøvenavn: H2 (50m)

Intern ref: PAH/PCB-160921

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,865 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,013304
PCB-052	0,039163
PCB-101	0,001918
PCB-118	0,000650
PCB-138	0,000463
PCB-153	0,000690
PCB-180	0,000117
Sum PCB-7	0,056306
Naphthalene	1,932781
Acenaphthylene	0,512075
Acenaphthene	0,843755
Fluorene	1,865151
Phenanthrene	7,093896
Anthracene	0,129031
Fluoranthene	2,019872
Pyrene	1,573860
Benzo_a_anthracene	0,059944
Chrysene_Triphenylene	0,242681
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,131890
Benzo_a_pyrene	0,026473
Indeno_123cd_pyrene	0,029137
Dibenzo_ah_anthracene	0,005959
Benzo_ghi_perylene	0,021505
Sum PAH-16	16,488010

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)

Prosjektnr.: 20160264 Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon

Prøvenavn: Lander Nord A Intern ref: PAH/PCB-160921

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering

Beskrivelse av forsøket

55 µm POM 0,732 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm. Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C) Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,004264
PCB-052	0,033493
PCB-101	0,000497
PCB-118	0,000132
PCB-138	0,000124
PCB-153	0,000187
PCB-180	0,000036
Sum PCB-7	0,038733
Naphthalene	2,916347
Acenaphthylene	0,223745
Acenaphthene	1,103322
Fluorene	1,806648
Phenanthrene	4,371578
Anthracene	0,041021
Fluoranthene	0,737364
Pyrene	1,609687
Benzo_a_anthracene	0,018813
Chrysene_Triphenylene	0,071315
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,034676
Benzo_a_pyrene	0,006562
Indeno_123cd_pyrene	0,007159
Dibenzo_ah_anthracene	0,002074
Benzo_ghi_ptylene	0,006873
Sum PAH-16	12,957184

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)

Prosjektnr.: 20160264 Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon
 Prøvenavn: Lander Nord B Intern ref: PAH/PCB-160921
 Dato/kontroll:

Materialkarakterisering

Beskrivelse av forsøket

55 µm POM	0,460 g	<p>POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.</p> <p>Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.</p> <p>Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)</p> <p>Metoden er ikke akkreditert.</p>
-----------	---------	---

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,004797
PCB-052	0,030219
PCB-101	0,000515
PCB-118	0,000187
PCB-138	0,000182
PCB-153	0,000215
PCB-180	0,000046
Sum PCB-7	0,036161
Naphthalene	2,868557
Acenaphthylene	0,291006
Acenaphthene	1,296016
Fluorene	1,585997
Phenanthrene	3,792426
Anthracene	0,076034
Fluoranthene	0,872562
Pyrene	2,457567
Benzo_a_anthracene	0,039447
Chrysene_Triphenylene	0,160999
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,065769
Benzo_a_pyrene	0,010311
Indeno_123cd_pyrene	0,011084
Dibenzo_ah_anthracene	0,002757
Benzo_ghi_perylene	0,012195
Sum PAH-16	13,542727

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)

Prosjektnr.: 20160264 Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon
 Prøvenavn: Lander Nord C Intern ref: PAH/PCB-160921
 Dato/kontroll:

Materialkarakterisering

Beskrivelse av forsøket

55 µm POM 0,675 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og rensset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.
 Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.
 Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)
 Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,003957
PCB-052	0,031487
PCB-101	0,000452
PCB-118	0,000150
PCB-138	0,000131
PCB-153	0,000189
PCB-180	0,000000
Sum PCB-7	0,036365
Naphthalene	2,142574
Acenaphthylene	0,204221
Acenaphthene	1,071038
Fluorene	1,839739
Phenanthrene	4,631915
Anthracene	0,056167
Fluoranthene	0,666647
Pyrene	1,626351
Benzo_a_anthracene	0,013809
Chrysene_Triphenylene	0,084765
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,041811
Benzo_a_pyrene	0,007998
Indeno_123cd_pyrene	0,009569
Dibenzo_ah_anthracene	0,002426
Benzo_ghi_ptylene	0,009249
Sum PAH-16	12,408280

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)

Prosjektnr.: 20160264 Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**
Prøvenavn: **Lander Sør A** Intern ref: **PAH/PCB-160921**
Dato/kontroll:

Materialkarakterisering

Beskrivelse av forsøket

55 µm POM 1,043 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakuksentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.
Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.
Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)
Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,002655
PCB-052	0,024064
PCB-101	0,000335
PCB-118	0,000096
PCB-138	0,000080
PCB-153	0,000125
PCB-180	0,000029
Sum PCB-7	0,027384
Naphthalene	1,408022
Acenaphthylene	0,198682
Acenaphthene	0,684476
Fluorene	1,553784
Phenanthrene	2,852636
Anthracene	0,022108
Fluoranthene	0,413586
Pyrene	0,866405
Benzo_a_anthracene	0,010645
Chrysene_Triphenylene	0,050773
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,022229
Benzo_a_pyrene	0,003751
Indeno_123cd_pyrene	0,003122
Dibenzo_ah_anthracene	0,000984
Benzo_ghi_perylene	0,005040
Sum PAH-16	8,096243

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Lander Sør B**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 0,625 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,009790
PCB-052	0,027183
PCB-101	0,001577
PCB-118	0,000335
PCB-138	0,000204
PCB-153	0,000398
PCB-180	0,000000
Sum PCB-7	0,039487
Naphthalene	3,457165
Acenaphthylene	0,303862
Acenaphthene	0,923920
Fluorene	2,395223
Phenanthrene	6,306742
Anthracene	0,033747
Fluoranthene	1,692470
Pyrene	3,219939
Benzo_a_anthracene	0,016471
Chrysene_Triphenylene	0,092927
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,035039
Benzo_a_pyrene	0,005191
Indeno_123cd_pyrene	0,007032
Dibenzo_ah_anthracene	0,001375
Benzo_ghi_perylene	0,008641
Sum PAH-16	18,499742

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: **Overvåkning Dypvannsdepon**Prøvenavn: **Lander Sør C**Intern ref: **PAH/PCB-160921**

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM 1,094 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og rensset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,005162
PCB-052	0,031233
PCB-101	0,000854
PCB-118	0,000181
PCB-138	0,000121
PCB-153	0,000236
PCB-180	0,000033
Sum PCB-7	0,037819
Naphthalene	1,837669
Acenaphthylene	0,263233
Acenaphthene	0,902362
Fluorene	1,807093
Phenanthrene	5,544632
Anthracene	0,048336
Fluoranthene	1,155485
Pyrene	2,218747
Benzo_a_anthracene	0,020038
Chrysene_Triphenylene	0,092830
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,033137
Benzo_a_pyrene	0,005841
Indeno_123cd_pyrene	0,006979
Dibenzo_ah_anthracene	0,001266
Benzo_ghi_perylene	0,006644
Sum PAH-16	13,944293

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon

Prøvenavn: SMP-0 (3m)

Intern ref: PAH/PCB-160921

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering

Beskrivelse av forsøket

55 µm POM

1,824 g

POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.

Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.

Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)

Metoden er ikke akkreditert.

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,003460
PCB-052	0,011726
PCB-101	0,000323
PCB-118	0,000092
PCB-138	0,000063
PCB-153	0,000097
PCB-180	0,000017
Sum PCB-7	0,015777
Naphthalene	1,956470
Acenaphthylene	0,095640
Acenaphthene	0,412408
Fluorene	1,333025
Phenanthrene	5,693294
Anthracene	0,027926
Fluoranthene	0,693034
Pyrene	0,598977
Benzo_a_anthracene	0,007088
Chrysene_Triphenylene	0,035833
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,017213
Benzo_a_pyrene	0,003578
Indeno_123cd_pyrene	0,003379
Dibenzo_ah_anthracene	0,000803
Benzo_ghi_perylene	0,003464
Sum PAH-16	10,882133

Norges Geotekniske Institutt**Miljølaboratoriet - Passive prøvetakere (POM)**

Prosjektnr.: 20160264

Prosjekttittel: Overvåkning Dypvannsdepon

Prøvenavn: Sør for H2 (3m)

Intern ref: PAH/PCB-160921

Dato/kontroll:

Materialkarakterisering**Beskrivelse av forsøket**

55 µm POM	1,155 g	<p>POM ble rengjort og tilsatt 15 ml heptan og 20 µl IS, og ristet i 3 døgn. Heptanen ble så redusert i vakumsentrifuge til ca. 1 ml, og renset på silica-kolonne. Prøven reduseres igjen til ønsket volum og overføres til GC-vial for injeksjon på GC-MS.</p> <p>Konsentrasjonen i POM tilbakeregnes til vannkons. ved hjelp av likevektskoeffisienter for POM 55 µm.</p> <p>Forsøket ble utført ved romtemperatur (20±5°C)</p> <p>Metoden er ikke akkreditert.</p>
-----------	---------	---

Navn	Konsentrasjon (µg/l) i vann
PCB-028	0,006625
PCB-052	0,033938
PCB-101	0,000752
PCB-118	0,000183
PCB-138	0,000126
PCB-153	0,000160
PCB-180	0,000029
Sum PCB-7	0,041814
Naphthalene	2,824355
Acenaphthylene	0,425445
Acenaphthene	0,938317
Fluorene	2,460034
Phenanthrene	11,354738
Anthracene	0,020863
Fluoranthene	1,159734
Pyrene	1,226793
Benzo_a_anthracene	0,018566
Chrysene_Triphenylene	0,087142
Benzo_b_k_j_fluoranthene	0,036470
Benzo_a_pyrene	0,006055
Indeno_123cd_pyrene	0,007872
Dibenzo_ah_anthracene	0,002086
Benzo_ghi_perylene	0,007048
Sum PAH-16	20,575517

Vedlegg E

DNV-GL RAPPORT - UNDERSØKELSE AV
BUNNFAUNA



OSLO HAVN BLÅGRØNN STRATEGI

Bløtbunnsamfunn ved dypvannsdeponi, Malmøykalven 2016

Oslo Havn KF

Rapportnr.: 2016-0917, Rev. 2

Dokumentnr.: 111EOX0N-2

Dato: 2016-11-17



Prosjektnavn:	Oslo Havn blågrønn strategi	DNV GL AS Oil & Gas
Rapporttittel:	Bløtbunnsamfunn ved dypvannsdeponi, Malmøykalven 2016	Environmental Risk Management P.O. Box 300 1322 Høvik Norway
Oppdragsgiver:	Oslo havn KF	Tel: +47 67 57 99 00
Kontaktperson:	Heidi Neilson	NO 945 748 931 MVA
Dato:	2016-11-17	
Prosjektnr.:	PP159607	
Org. enhet:	Environmental Risk Management	
Rapportnr.:	2016-0917, Rev. 2	
Dokumentnr.:	111EOX0N-2	

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

Oppdragsbeskrivelse:

DNV GL har utført en analyse av bløtbunnsamfunn i deponiet ved Malmøykalven 2016. Dette var en oppfølging av av første undersøkelse som ble utført i 2012. Målet med undersøkelsen er å dokumentere bløtbunnsamfunnets suksessjon etter endt deponering og tildekking, og om samfunnet blir påvirket av deponeringen.

Utført av:



Lucy Brooks
Senior Consultant

Verifisert av:



Tormod Glette
Senior Consultant

Godkjent av:



Tor Jensen
Head of Section

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2016. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller viderefordre hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- Fri distribusjon (internt og eksternt)
- Fri distribusjon innen DNV GL
- Fri distribusjon innen det DNV GL-selskap som er kontraktspart
- Ingen distribusjon (konfidensiell)

Nøkkelord:

Marin overvåking, Bløtbunnsfauna, deponi,
tildekking, forurenset sediment,
Rekolonisering

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av:	Verifisert av	Godkjent av
1	2016-11-09	Første utgave			
2	2016-11-17	Indeks presisering			

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG.....	1
2	INTRODUKSJON	2
2.1	Bakgrunn	2
2.2	Områdebeskrivelse	2
2.3	Formål	4
3	METODIKK.....	4
3.1	Hydrografiske målinger (CTD)	4
3.2	Bløtbunn	4
4	RESULTATER.....	10
4.1	Hydrografiske målinger (CTD)	10
4.2	Bløtbunn	12
5	KONKLUSJON OG VURDERING.....	20
6	REFERANSER	21

Vedlegg 1 – Analyseresultater sediment

Vedlegg 2 – Artsliste

1 SAMMENDRAG

DNV GL har på oppdrag fra Oslo Havn KF gjennomført en oppfølgende undersøkelse av bløtbunnsamfunnet i det tildekte deponi-området ved Malmøykalven i Oslofjorden. Dette var en oppfølging av grunnlagsundersøkelsen som ble utført i 2012 (DNV, 2012). Målet er å kartlegge endringen i bløtbunnsamfunnet etter tildekking av rene masser over dypvannsdeponiet som ble etablert i forbindelse med mudring ved Oslo Havn.

Årets undersøkelse var identisk med undersøkelsen fra 2012, med 7 bløtbunnstasjoner langs et transekt gjennom tiltaksområdet (fra kun tildekking, til tildekking over deponi og videre til referansestasjon).

Undersøkelsen i år viser at tilstanden varierer mellom *dårlig* og *svært dårlig* iht. gjeldende bløtbunnsindekser. Bare en stasjon oppnådde *moderat* tilstandsklasse. Denne stasjonen lå på nordsiden av deponiet, i et område med kun tildekking av rene masser. Samlet er tilstanden i undersøkelsesområdet dårligere sammenliknet med resultater fra undersøkelsen i 2012. Dette gjelder også referansestasjonen som ligger syd av tildekkingsområdet. Endringer i kornstørrelse mellom undersøkelses periodene var små. Innhold av totalt organisk karbon (TOC) viste en forverring fra 2012 til 2016 i henhold til miljødirektoratets klassifiseringssystem. Oksygen målinger under selve prøvetakingsperioden viste *moderat* (3,5-2,5 ml/l) nivåer O₂ i bunnvannet. Tidligere oksygen målinger fra miljøovervåking av Indre Oslofjord, viser at oksygenforholdene i ytre del av Bunnefjorden var bedre fra desember 2011 til mai 2012 sammenliknet med samme periode i 2015/2016 som ble klassifisert til *dårlig* (2,5-1,5 ml/l) og *svært dårlig* (<1,5 ml/l) tilstand. Det antas at oksygenforholdene kan være en begrensende faktor for bløtbunnsamfunnets utvikling til god tilstand. Studier har vist at bløtbunnsfaunaen påvirkes negativt ved oksygen konsentrasjoner rundt 1 ml/l eller lavere. NIVA konkluderte med at fraværende bunnfauna i dypområdene i Bunnefjorden trolig er styrt av oksygenforholdene (NIVA, 2009) og at grensen for svært dårlige forhold (uten makroskopisk liv) inntraff på om lag 60 meters dyp.

2 INTRODUKSJON

DNV GL har, på oppdrag fra Oslo Havn KF, gjennomført bløtbunnsundersøkelse i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. Første undersøkelse ble utført i 2012, et år etter at arbeidet med tildekkingen av deponiet ble avsluttet (2011). Årets undersøkelse var oppfølging fra undersøkelsen i 2012, og dokumenterer bløtbunnsfaunaen sin suksesjon (fremdrift) siden 2012 og et bilde på dagens situasjon.

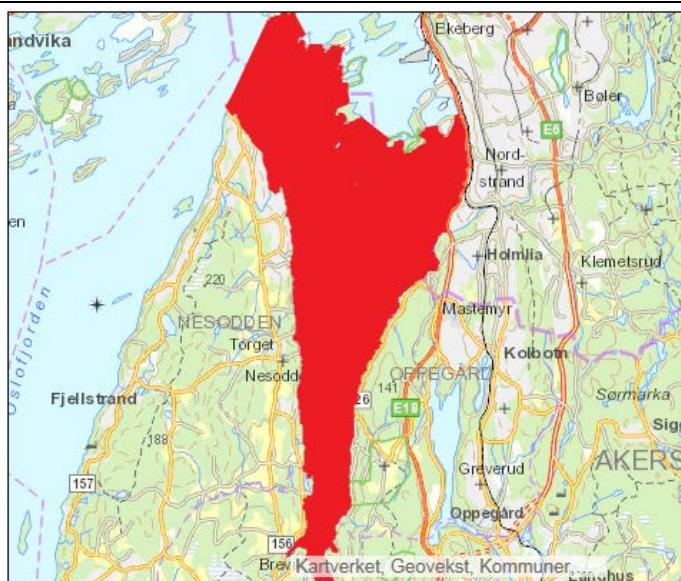
2.1 Bakgrunn

Resultater fra bløtbunnsundersøkelsen i 2012 viser at alle stasjonene i tildekkingsområdet var klassifisert som tilstandsklasse *moderat* i henhold til Vannrammedirektivet's klassifiseringssystem (VRD, 2009). Referansestasjonen (syd av tildekkingsområdet) var klassifisert som tilstandsklasse *dårlig*. Variasjoner i faunaen reflekterer sedimenttypen; sand og grus i tildekkingsområdet og leire og slam i det omkringliggende referanseområdet. I tildekkingsområdet vitner artssammensetningen om et typisk koloniseringsstadium, mens de dominante artene utenfor tildekkingsområdet er forurensingstolerante arter. I 2012 fremstod området som er tildekt med sand og grus som en "øy" av renere masser i forhold til omkringliggende forurensede sedimenter. Over tid forventes det at faunaen i tildekkingsområdet følger et typisk bentisk suksesjonsmønster så lenge oksygenivået i vannsøylen er tilfredsstillende. Området rundt deponiet har høyt innhold av organisk materiale og kan fortsatt være forurenset av miljøgifter. Tilførsler fra tilgrensende forurenset sjøbunn kan muligens påvirke tildekkingsområdet over tid, og forringe forholdene for faunaen i området.

2.2 Områdebeskrivelse

Dypvannsdeponiet er etablert vest for Malmøykalven i Bunnefjorden (se faktaboks). Her går det en renne fra indre havn i Oslo, mellom øyene (Langøya, Husbergøya og Malmøykalven) ut i Bunnefjorden. Vannndypet i deponiområdet er ca. 65 m. Tildekkingsmassene består av rene masser dominert av fin og grov sand iblandet grus og småstein. Sjøbunnen omkring deponiområdet er typisk bløtbunn/mudder. Dypvannsdeponiet er etablert i et område som gjennom lang tid har vært utsatt for forurensning. Omfattende prøvetaking av sedimentene i og rundt deponiet etter tildekking (juni 2009) viste at sedimentkvaliteten i området ikke hadde blitt påvirket av deponidriften (NGI, 2009). Selve deponiarealet viste en sterk miljøforbedring (kjemiske parametere) i 2009 som følge av sandtildekkingen og sedimentene tilsvarte tilstandsklasse *svært god* til *moderat* (I-III) (SFT 2007). Randområdene viste ingen endring i forhold til situasjonen i 2005 før deponiet ble etablert og lå fortsatt i klasse *moderat* til *svært dårlig* (III-V).

Faktaboks: Vannforekomsten ved dypvannsdeponiet ved Malmøykalven ligger i nordlige del av Bunnefjorden mot grensen til Bekkelagsbassenget. Vannforekomsten er klassifisert som «Antatt Moderat» i samlet økologisk tilstand i begge områder (Bunnefjorden og Bekkelagsbassenget). Videre er vannforekomstenes typologi definert som «beskyttet kyst/fjord» noe som er avgjørende for hvilke grenseverdier som benyttes i tolkning av data. Registrerte påvirkningskilder for Bunnefjorden er listet opp i tabellen under:



Vannforekomst **0101020701-5-C**. Rød= risiko for miljømålet ikke nås innen 2021.

Påvirkninger	Påvirkningsgrad	Kommentar
Andre påvirkninger		
Slamdumping	Stor grad	
Biologisk påvirkning		
Fremmede arter		
Japansk drivtang	Liten grad	
Forurensning		
Utslipp fra punktkilder		
Regnvannsoverløp	Middels grad	
Utslipp fra industri (ikke-IPPC)	Liten grad	
Utslipp fra renseanlegg		
Renseanlegg 2000 PE	Middels grad	
Avrenning fra diffuse kilder		
Avrenning fra byer/tettsteder	Middels grad	
Spillvannslekkasje	Middels grad	Spillvannslekkasjer. Spillvannslekkasjer.
Utslipp fra fritidsbåter	Middels grad	Spredt avløp (fritidsbåter) Spredt avløp (fritidsbåter)
Avrenning fra landbruk		
Avrenning fra annen landbrukskilde	Middels grad	
Ikke tilknyttet avløpsnett		
Avløp fra spredt bebyggelse	Middels grad	

Kilde: <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=0101020701-5-C>

2.3 Formål

Formålet med undersøkelsen har vært å kartlegge rekoloniseringen av bunndyr i det tildekte deponiområdet 5 år etter at tildekkingsarbeidet ble avsluttet. Årets undersøkelse var oppfølging fra undersøkelsen i 2012, og dokumenterer bløtbunnsfaunaen sin suksesjon (fremdrift) siden 2012 og gir informasjon om bløtbunnsamfunnets tilstand.

3 METODIKK

3.1 Hydrografiske målinger (CTD)

Det ble gjennomført hydrografiske målinger på 3 sedimentsstasjoner (MD1, MD4 og MDref som vist i figur 3-1). Målingene ble gjennomført samtidig med bløtbunnsundersøkelsene fra båten Trygve Braarud den 20. juni 2016.

Målingene (temperatur, saltholdighet, oksygen) ble gjennomført ved hjelp av en SAIV CTD Profiler som gjorde registreringer hvert sekund vertikalt gjennom hele vannsøylen.

3.2 Bløtbunn

Innsamling, analyse av fauna og sediment, og beregninger av marin bløtbunnsindekser utføres akkreditert i hht. NS-EN ISO17025, NS-EN ISO16665:2013 og NS-EN ISO5667-19. Akkrediteringsnr. til DNVGLs BIOLAB er TEST 083.

3.2.1 Bløtbunnsfauna og støtteparametere - en introduksjon

Bløtbunnsfauna er dyr som lever på og i sediment (sand, silt eller leire) og inkluderer følgende taksonomiske dyregrupper: børstemark (Polychaeta), krepser (Crustacea), bløtdyr (Mollusca), pigghuder (Echinodermata) og Varia (samlegruppe for øvrige grupper). Kun dyr større enn 1 mm (makrobenthos) er tatt med i undersøkelsen.

Sammensetningen av bunndyrsamfunn gir informasjon om effekt av miljøforstyrrelse. Grunnen til at bunndyr foretrekkes i denne typen undersøkelse er at de fleste artene er relativt stasjonære (de kan ikke flykte fra utslipp), noe som gjør at forandringer i artssammensetning og tetthet relativt lett kan påvises. De forekommer også i relativt høyt antall, noe som er gunstig ved statistisk behandling.

Sammensetningen av faunaen kan relateres til naturlig variasjon av miljøparametere som dyp og sedimenttype, samtidig som den kan relateres til forurensningsparametere som f.eks. metall- og hydrokarboninnhold samt eutrofiering og fysiske forstyrrelser. Grenseverdier for bløtbunnsindekser er gitt i Tabell 3-2.

Som støtteparametere ved bløtbunnsfaunaundersøkelser benyttes sedimentparameterne totalt organisk karbon (TOC) samt kornfordeling (andel av finmateriale <63µm). TOC og kornfordeling benyttes ikke direkte i klassifiseringen av økologiske tilstand, men støtte tolkning av artssammensetning. Sedimentets kornstørrelse gir informasjon om hvor grovt- eller finkornet sedimentet er, som har stor betydning for faunaens artssammensetning, og kan brukes ved tolkning av resultatene. Sedimentets finfraksjon (% < 63 µm) er her presentert.

Støtteparameter Totalt organisk karbon (TOC) kan gi informasjon om graden av organisk belastning.

Klassifiseringen av TOC er basert på finkornet sediment (partikler < 63µm), derfor TOC normaliseres mot innhold av finstoff etter formelen:

$TOC_{norm} = TOC_{m\ddot{a}lt} + 18 \cdot (1 - p_{<63\mu m})$. TOC målt oppgis i mg/g.

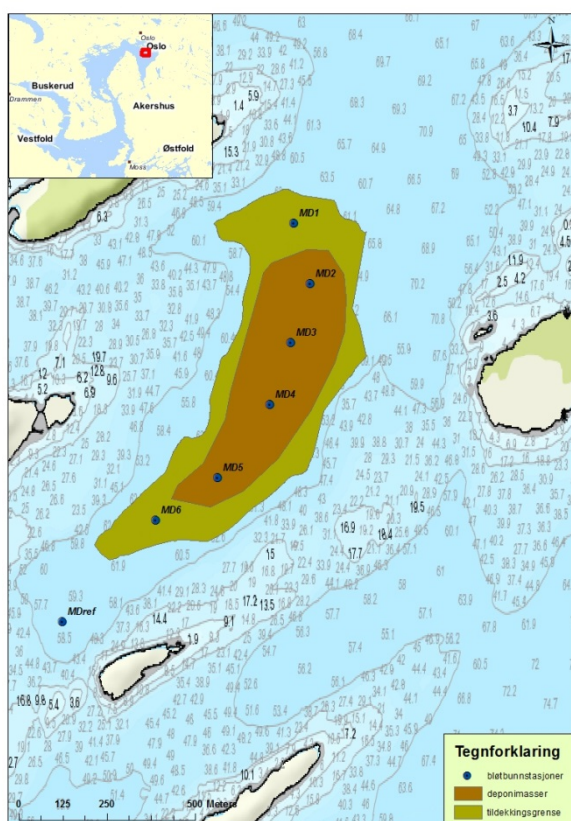
Grenseverdier for TOC er gitt i Direktoratets Veileder 2015 og er vist i Tabell 3-3.

Som diskuterte av Niermann mfl (1990) oksygenvinn fører til dødelighet av bentisk fauna. Niermann mfl. rapporterte 50 % reduksjon i artsantall etter 2 måneder med oksygenkonsentrasjon < 1 mg / l. Når oksygenverdiene endres tilbake til et gunstig nivå, det bentiske samfunnet ble gjenopprettet raskt, og art- og individs-antallet var lik opprinnelig nivå etter 2 år.

3.2.2 Prøvetaking

I henhold til overvåkingsprogrammet ble sediment og bunnfauna undersøkt på 7 lokaliteter i og ved deponiområdet (Figur 3-1). Stasjonene MD2, MD3, MD4 og MD5 ligger i selve deponiområdet der masser er deponert og tildekket. MD1 og MD6 ligger henholdsvis nord og sør for deponiet, men samtidig innenfor tildekkingsområdet. I tillegg ble referansestasjon (MDref) sørvest for tildekkingsområdet undersøkt. Referansestasjonen skal være upåvirket av virksomheten rundt deponering og tildekking. Alt av prøvetakingsutstyr er fra DNV GL sin BIOLAB, og båten som ble brukt, F/F Trygve Braarud, var innleid fra UIO (Figur 3-2).

Feltarbeidet ble gjennomført 20. juni 2016 og sediment ble samlet inn for analyser av fauna, organisk innhold og kornstørrelsesfordeling (Tabell 3-1). Hydrografiske målinger (CTD: salinitet, temperatur og oksygen) ble innhentet som støtteparametere til bløtbunnsanalysen. Både programmet og feltarbeidet var identisk med grunnlagsundersøkelsen i 2012 (DNV, 2012).



Figur 3-1. Stasjonsplassering ved deponiområdet, Malmøykalven 2016.

Tabell 3-1 Stasjonsoversikt Malmøykalven 2016

STASJON	DYP (M)	TOC/Korn	Fauna	LAT (WGS84)	LONG (WGS84)
MD1	65,5	X	X	59.868309	10.731650
MD2	66	X	X	59.866760	10.732390
MD3	66,5	X	X	59.865269	10.731340
MD4	66	X	X	59.863708	10.730210
MD5	65,5	X	X	59.861881	10.727460
MD6	65	X	X	59.860840	10.724270
MDref	60,5	X	X	59.858311	10.719390

**Figur 3-2.** Universitetet i Oslo sitt Forskningsfartøy F/F Trygve Braarud.

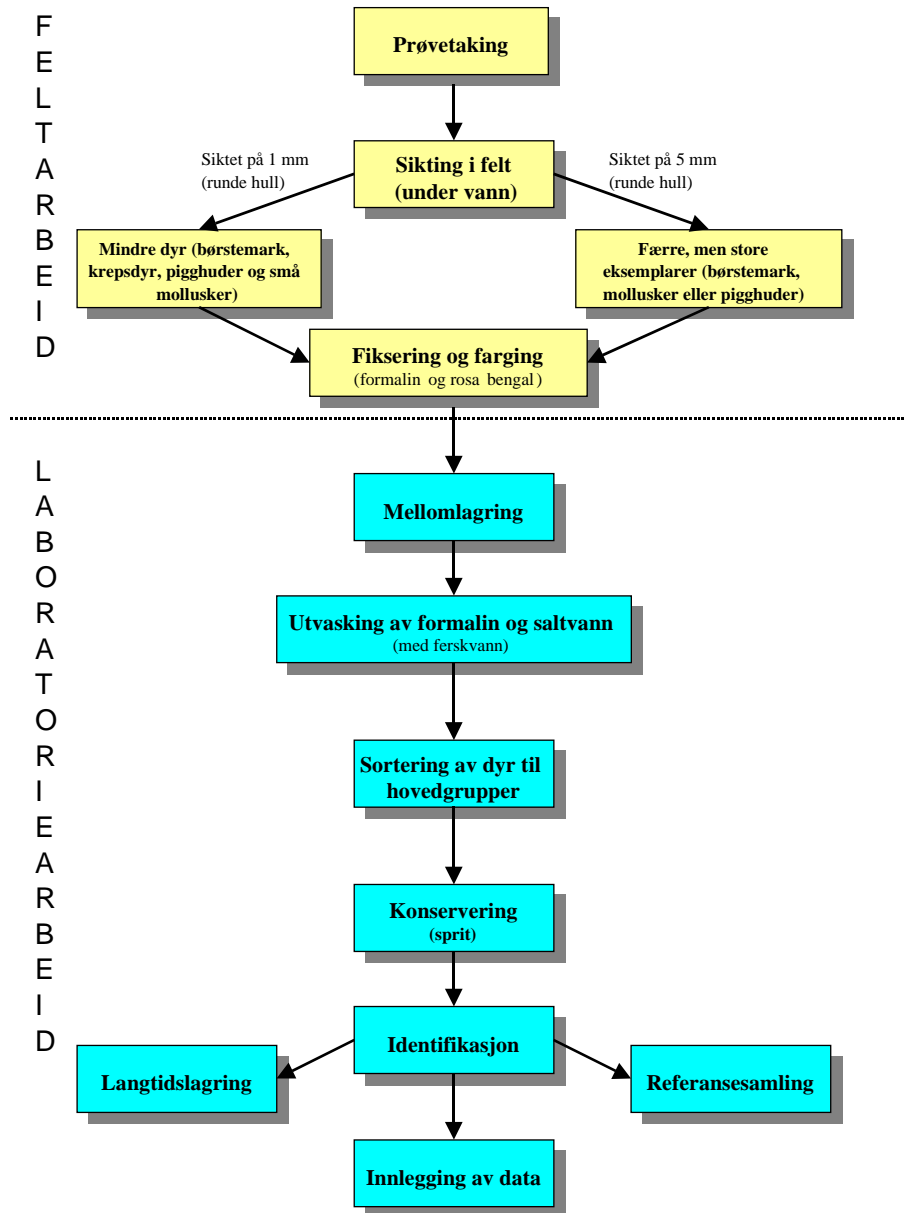
Sediment prøvetakingen for organisk innhold og kornstørrelsesfordeling ble utført i henhold til ISO 5667-19 (*Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder*). Grunnet løst sediment med grov sand og grus, var det ikke mulig å benytte Abdullah kjerneprøvetaker. Sedimentprøvene ble tatt med van Veen grabb. Det ble tatt ut tre delprøver fra 0,1 m² grabb i sedimentsjiktet 0-5 cm, og laget en blandprøve på hver stasjon. Sedimentprøvene ble pakket i diffusjonsfrie rilsanposer og sendt i frosset tilstand til Eurofins Norge for analyse av kornstørrelse og totalt organisk karbon (TOC).

Faunaprøvene ble utført i henhold til NS-EN ISO16665:2013 (*Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna*), og ble samlet inn med en van Veen grabb (0,1 m² overflateareal). Det ble tatt tre parallelle faunaprøver på hver stasjon. Prøvene ble vasket og siktet i 1 mm og 5 mm sikter under innsamlingen, og deretter konserverert i 4 % formalin bufret med hexamin og tilsatt fargestoffet rosa Bengal, og oppbevart i 3,7 liters plastbøtter frem til opparbeiding i DNV GLs BIOLAB.

3.2.3 Sortering og taksonomi

Prøvene ble sortert og artsbestemt ved DNVGLs akkrediterte laboratorium, BIOLAB: prøvene ble vasket i 1 mm sikter for å fjerne formalin og rester av sedimentet. Sikterestene ble overført til en bakk. Deretter ble individene plukket ut for hånd under lupe.

Dyrene ble delt inn i taksonomiske hovedgrupper og oppbevart i 70 % sprit før artsbestemmelse. Alle individer bestemt til lavest mulig taksonomisk nivå (fortrinnsvis til artsnivå). Figur 3-3 illustrerer flyt fra prøvetaking til innlegging av data. Indeksberegninger er utført akkreditert av DNVGL.



Figur 3-3. Flytdiagram fra prøvetaking til innlegging av artsdata i programvare.

3.2.4 Kvalitetssikring

Kvalitetssikringen av resultater og rapport er basert på egensjekk og intern verifikasjon.

Prosedyrer inkl. rutiner for kvalitetskontroll i forbindelse med opparbeiding, artsbestemmelse og registrering av bløtbunnsprøver, er gitt i BIOLABens *Biolaboratory Management System* (for metoden "Prøvetaking av marint sediment og bløtbunnsanalyser").

I korte trekk ble følgende gjennomført:

I felt ble alle prøver dobbeltmerket og journalført. I laboratoriet ble all sortering loggført (hvem som sorterte når, tidsforbruk for hver prøve, antall glass til oppbevaring, spesielle observasjoner). Hver prøve ble kontrollert av en på forhånd godkjent kontrollør.

Hver artsbestemmer utarbeider en prosjektspesifikk referansesamling, og i tvilstilfeller ble artene sammenlignet med laboratoriets verifiserte referansesamling. Ved tvil i artsbestemmelsen er dette påpekt i artslisten. For å oppnå sporbarhet har hver artsbestemmer signert ut hvilke grabber og dyregrupper vedkommende har bestemt.

Alle registrerte artsnavn er sjekket i WoRMS (World Register of Marine Species) for å oppdatere art systematikken som er i kontinuerlig endring.

3.2.5 Indekser: Klassegrenser og EQR verdier

Bløtbunnsartslistene og individtall danner grunnlag for beregning av tilstandsindekser. Indeksene illustrerer endringer i artsmangfold og endringer i forekomsten av ømfintlige og tolerante arter (ref. 02:2013_rev 2015).

Direktoratsgruppen for vanddirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøtilstand i vann (Miljødirektoratet, 2015). Følgende bløtbunnsindekser brukes for klassifisering:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks, H'
- Hurlberts rarefraction, ES100
- NQI1 (Norwegian Quality Index) som inngår i Norges rapportering til EU. NQI1 er en sammensatt indeks som inneholder sensitivitetsindeksen AMBI (<http://www.azti.es>; Borja, 2000), antall arter (S) og antall individer (N). AMBI grupperer arter etter ømfintlighetsklasse (ecological group):
Gruppe I sensitive arter; Gr II nøytrale arter; Gr III tolerante arter; Gr IV sekundær opportunistiske arter; Gr V primær opportunistiske arter. AMBI versjon: v5.0 Nov2014.
- NSI er en sensitivitetsindeks utviklet for norske fauna i 2013.
- ISI2012 er en kvalitativ sensitivitetsindeks.
- Density index (DI) er en indeks for individtetthet, utviklet i 2013.

Klassegrensene for de indeksene som benyttes er fremstilt i Direktoratsgruppens Veileder 2015. Som beskrevet i veilederen, er indeksverdiene presentert for både sum av alle grabbhugg («stasjonsverdien»), og for grabbgjennomsnitt. Verdi for hver indeks normaliseres til en 0-1 skala (nEQR) for enklere sammenlikning. Tilstandsklassen bestemmes av gjennomsnittet av de normaliserte indeksverdiene, og presenteres som «nEQR stasjon» og «nEQR grabb». Hvis grabb- og stasjonsverdiene gir ulike tilstandsklasser, skal faglig skjønn avgjøre hvilken som skal gjelde. For en grundig gjennomgang av indeksene og beregning av tilstandsklasse, se Direktoratsgruppens Veileder 2015.

Tabell 3-2. Klassegrenser for bløtbunnsindekser som benyttes til å beregne økologisk status iht. vannforskriften, fra Direktoratgruppen, 2015.

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5.7-4.8	4.8-3	3-1.9	1.9-0,9	0,9-0
ES ₁₀₀	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISl ₂₀₁₂	Ømfintlighet	13-9.6	9.6-7.5	7.5-6.2	6.1-4.5	4.5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	Individtetthet	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05

Hovedhensikten med å ha et klassifiseringssystem er å gi ulike faggrupper og personer innen forvaltning, rådgivning og forskning et felles verktøy for vurdering av miljøtilstand og utvikling i ulike typer vannforekomster.

Tabell 3-3. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment (Direktorat gruppens Veileder 2015.). N-TOC er organisk karbon korrigert for andel finstoff.

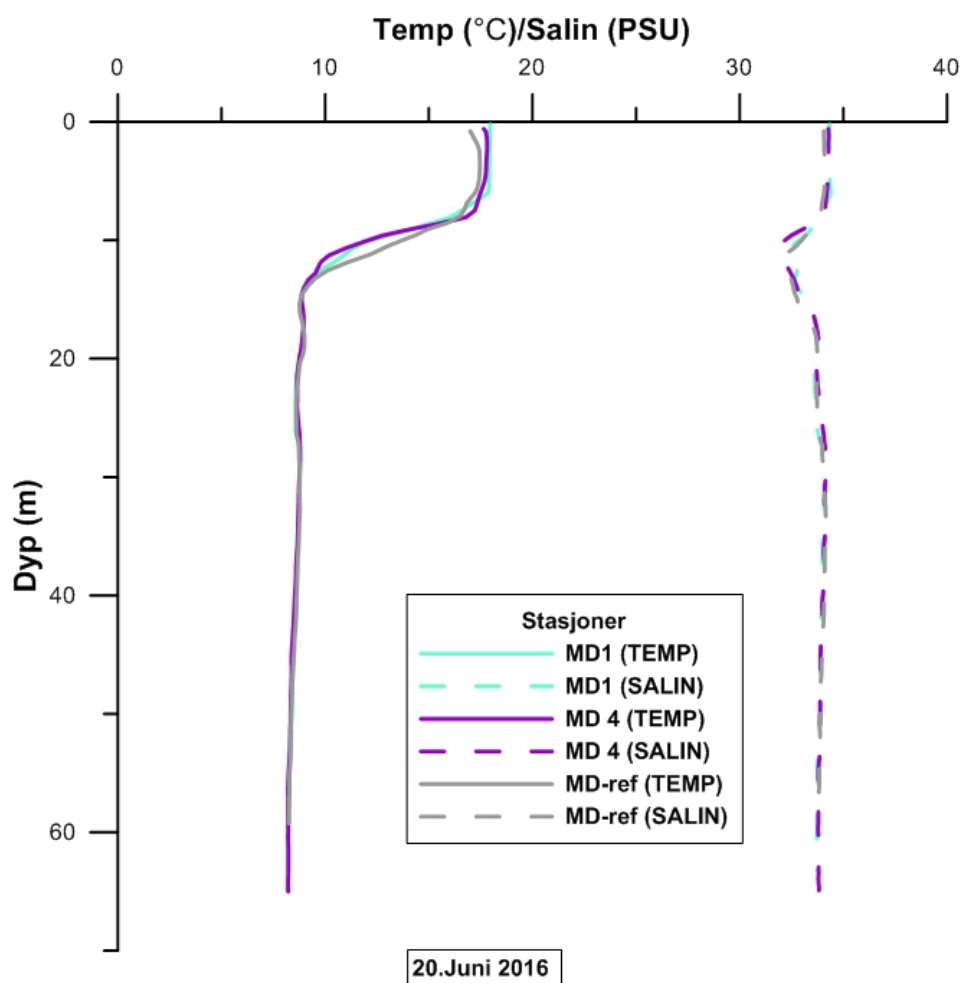
Parameter	Tilstandsklasser				
	Svært god (I)	God (II)	Moderat (III)	Dårlig (IV)	Svært dårlig (V)
Organisk karbon N-TOC (mg/g)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

4 RESULTATER

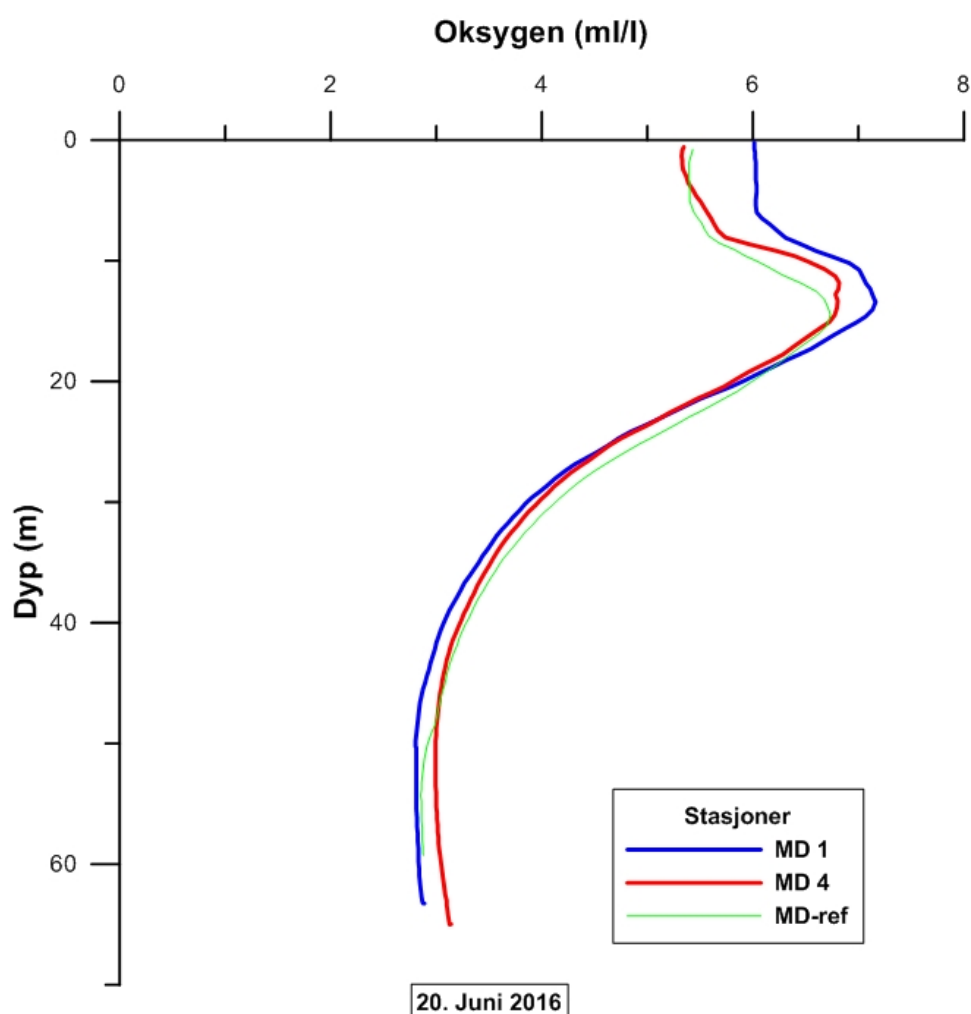
4.1 Hydrografiske målinger (CTD)

Hydrografiske målinger (CTD) og sediment data ble innhentet som støtteparametere til bløtbunnsanalysen. En enkelt måling av de hydrografiske parameterene, salinitet, temperatur og oksygen i forbindelse med innhenting av bløtbunnsprøver er ikke tilstrekkelig til å klassifisere tilstanden i vannmassen, men gir et øyeblikksbilde.

Resultatene i prøvetakingsperioden viser sprangsjikt ved ca 10 meters vanddyb. Saliniteten ligger stabilt på rundt 34,5 PSU (Figur 4-1).



Figur 4-1. Temperatur og salinitetsmålinger i vannsøylen over dypvannsdeponiet ved Malmøykalven, 20. Juni 2016.



Figur 4-2. Oksygenmålinger i vannsøylen over dypvannsdeponiet ved Malmøykalven, 20. Juni 2016.

Utdrag fra Direktorsgruppens Veileder 2015. «Klassifisering av tilstand for næringsalter og siktdyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet i saltholdighet over 18.».

Dypvann	Oksygen (ml O ₂ /l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

* Omregningsfaktor til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen. ** Omregningsfaktor til mgO₂/l er 1,42. *** Oksygenmetning er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6 °C.

Oksygenverdiene reduseres med økende dyp og konsentrasjonen av oksygen i dypvannet, og på bunnvann ligger innen *moderat* (kl III) (Figur 4-2) på alle stasjonene målt i juni 2016.

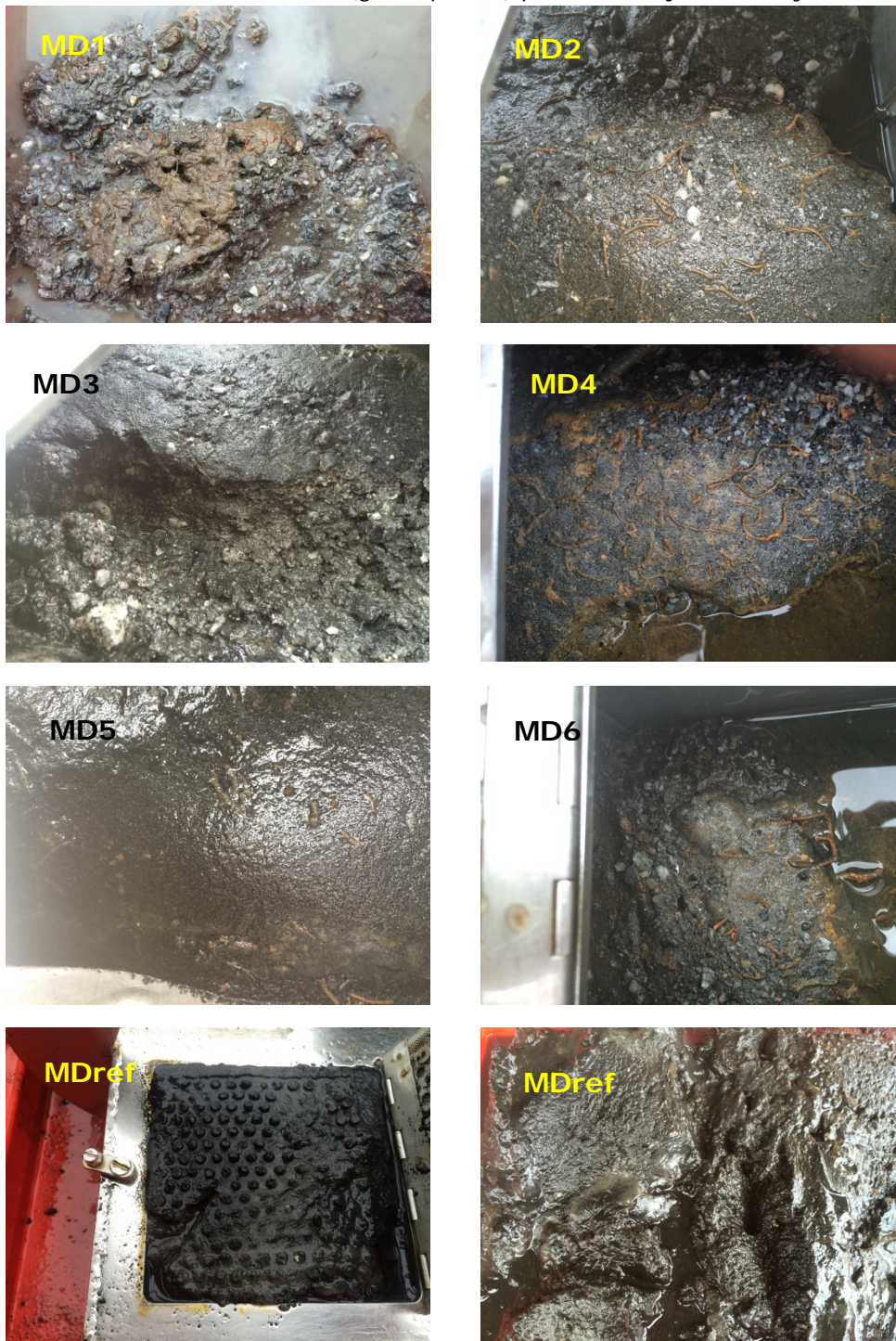
Oksygenmålinger fra overvåkingen til fagrådet Indre Oslofjord gjennomført i perioden før disse målingene (desember 2015, februar 2016 og april 2016; Norconsult 2016, toktrapporter) viser forholdsvis lave verdier (tilstandsklasse *dårlig* (2,5-1,5 ml/l) og *svært dårlig* (<1,5 ml/l)) ytterst i Bunnefjorden, ved området. Studier har vist at bløtbunnsfaunaen påvirkes negativt ved oksygen konsentrasjoner rundt 1 ml/l. NIVA konkluderte med at fraværende bunnfauna i dypområdene i Bunnefjorden trolig er styrt av oksygenforholdene (NIVA 2009) og at grensen for svært dårlige forhold (uten makroskopisk liv) inntraff på om lag 60 meters dyp.

4.2 Bløtbunn

4.2.1 Sedimentet - korn og totalt organisk karbon (TOC)

Stasjonene innen tildekkingsområdet hadde sandig bunnsediment. Analyseresultatene viste at de øverste 5 cm består av ~90 % sand/grus (Vedlegg 1). Under dette laget ble det observert grovere sand og grus (Tabell 4-1). Generelt er andelen finstoff i sedimentet samme som i 2012, men på enkelte stasjoner redusert noe (stasjon MD4 og MD6). Referansestasjonen har en økning i andel finstoff sammenliknet med resultatene fra 2012.

Tabell 4-1. Foto av sediment (grabb prøver) på hvert stasjon, Malmøykalven 2016.



Analyseresultater for TOC og kornstørrelse er gjengitt i Tabell 4-2. I tildekkingsområdet var det varierende TOC-verdier (N-TOC 25-34 mg/g), som tilsvarer tilstand god og moderat i henhold til miljødirektoratets klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment. På referansestasjonen (MDref) bestod 0-5 cm sjiktet av 98 % silt/leire og kun 2 % sand/grus. Analyseresultatene her viste N-TOC lik 43 mg/g, som ligger i tilstandsklasse svært dårlig (V).

Tilstand basert på organisk innhold i sediment er dårligere på alle stasjoner i 2016 sammenliknet med 2012, (Tabell 4-2). I 2012 var det lav TOC verdier (N-TOC<20) på alle stasjoner i tildekkingsområde, som tilsvarer tilstand *svært god*. Tilstanden i 2016 er redusert til *god* eller *moderat*. På referanse stasjonen MDref, var tilstand i 2012 *moderat*, mens i 2016 hadde det forverret til det *svært dårlig*.

Tabell 4-2 Kornstørrelse (<63µm) og totalt organisk karbon (TOC) korrigert for finstoffinnhold ved bløtbunnstasjoner, dypvannsdeponi, Malmøykalven 2016 (bakgrunnsfarge er referert til tilstandsklasse; se Tabell 3-3).

Stasjon	Andel finstoff, % korn (<63)		N-TOC (mg/g)	
	2012	2016	2012	2016
MD1	10	7	18,6	33,4
MD2	11	11	18,5	25,4
MD3	9	10	18,9	26,0
MD4	18	5	17,3	28,1
MD5	14	11	18,1	27,2
MD6	14	5	18,0	33,7
MDref	70	98	34,0	42,8

4.2.2 Fauna - biologiske analyser

Tabell 4-3 viser Artsantall (S) og individsantall (N) samt stasjonsverdi og gjennomsnittlig grabbverdi på alle stasjonene for de biotiske indekser iht. vannforskriften. Indeksene er deretter normalisert (til en verdi mellom 0 og 1) i henhold til fremgangsmåten beskrevet i klassifiseringsveilederen for å gi indeksverdiene 0-1 skala, (normaliserte ecological ratio, nEQR) for hver enkel indeks. Fullstendig artsliste i vedlegg 2.

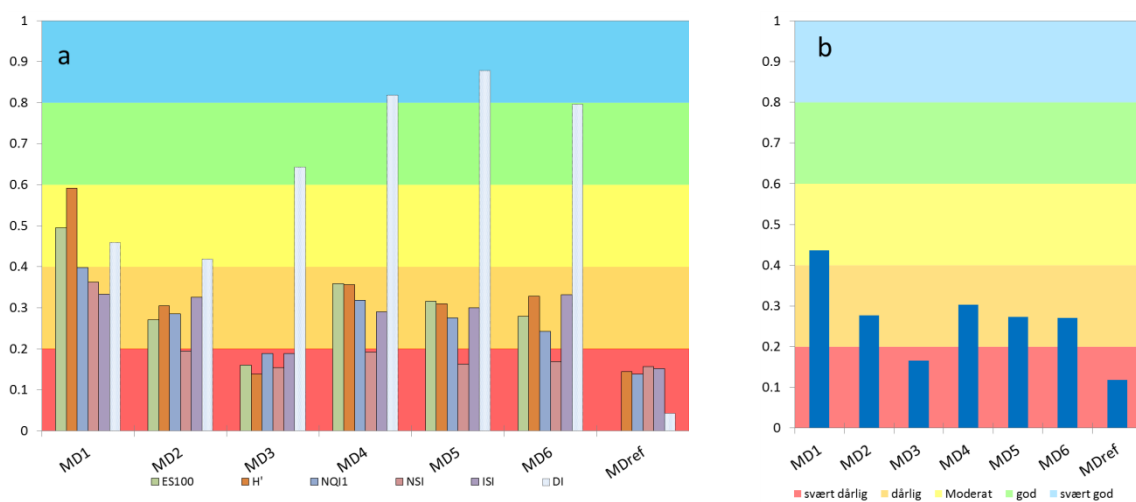
Gjennomsnittlig tilstandsklasse basert på samtlige indekser i tabellene er angitt i kolonnene nEQR helt til høyre. Indeksen nEQR indikerer endelig tilstandsklasse på grab og stasjonsnivå og fargekodene angir tilstandsklasse (Direktoratsgruppen, 2015). I dette tilfellet sammenfaller tilstandsklassene på stasjonsnivå og som gjennomsnitt av grabbprøvene fra hver stasjon. Siden det er pågående diskusjon i Miljødirektoratgruppa angående bruk av indekser DI, som kan være misledende, er nEQR resultatene presenterte med og uten DI indeks.

Tabell 4-3 Antall arter (*S*) og individer (*N*), Shannon-Wieners diversitetsindeks (*H'*) og *ES*₁₀₀ er gitt ved stasjonsverdi (0,3 m²), grabbverdi og gjennomsnittlig grabbverdi (3 grabber). Øvrige indekser som er inkludert i tabellen er de biotiske indeksene *NQI1*, *ISI*₂₀₁₂, *NSI* og *DI*. Normalisert «ecological ratio» (*nEQR*) for alle bløtbunnsindeksene er vist for gjennomsnittlig grabbverdi og stasjon. Klassifisering av miljøtilstand og fargekoder er gitt i henhold til Direktoratgruppen, 2015

Økologisk tilstand for bløtbunnsfauna											
Stasjon	Grabb/stasjon	S	N	Es100	H'	NQI1	NSI	ISI2012	DI	nEQR	nEQR u/DI
MD1	Grabbverdi	20	402	13	2,8	0,48	14	5,6	0,55		
	nEQR (gj.sn.grabb)			0,48	0,56	0,39	0,36	0,33	0,46	0,43	0,42
	Stasjonsverdi	29	1206	13	3,0	0,49	14	5,6	0,55		
	nEQR (stasjon)			0,49	0,59	0,40	0,36	0,33	0,46	0,44	0,44
MD2	Grabbverdi	11	446	6	1,3	0,35	10	5,2	0,59		
	nEQR (gj. sn. grabb)			0,25	0,28	0,25	0,21	0,28	0,42	0,28	0,25
	Stasjonsverdi	19	1337	7	1,4	0,39	10	5,6	0,59		
	nEQR (stasjon)			0,27	0,31	0,28	0,19	0,33	0,42	0,30	0,28
MD3	Grabbverdi	6	310	4	0,5	0,27	8	4,0	0,41		
	nEQR (gj. sn. grabb)			0,17	0,11	0,18	0,15	0,18	0,64	0,24	0,16
	Stasjonsverdi	9	930	4	0,6	0,29	8	4,3	0,41		
	nEQR (stasjon)			0,16	0,14	0,19	0,15	0,19	0,64	0,25	0,17
MD4	Grabbverdi	11	184	9	1,7	0,39	11	4,8	0,27		
	nEQR (gj. sn. grabb)			0,35	0,36	0,29	0,24	0,23	0,82	0,38	0,29
	Stasjonsverdi	18	552	9	1,7	0,42	10	5,3	0,27		
	nEQR (stasjon)			0,36	0,36	0,32	0,19	0,29	0,82	0,39	0,30
MD5	Grabbverdi	9	189	7	1,4	0,35	8	4,6	0,18		
	nEQR (gj. sn. grabb)			0,28	0,30	0,24	0,17	0,21	0,88	0,35	0,24
	Stasjonsverdi	14	568	8	1,5	0,38	8	5,3	0,18		
	nEQR (stasjon)			0,32	0,31	0,28	0,16	0,30	0,88	0,37	0,27
MD6	Grabbverdi	8	235	7	1,5	0,34	8	5,1	0,30		
	nEQR (gj. sn. grabb)			0,27	0,33	0,23	0,17	0,27	0,80	0,34	0,25
	Stasjonsverdi	11	706	7	1,5	0,35	8	5,6	0,30		
	nEQR (stasjon)			0,28	0,33	0,24	0,17	0,33	0,80	0,36	0,27
MDref	Grabbverdi	1	2	1	0,3	0,14	8	2,2	1,79		
	nEQR (gj. sn. grabb)			0,05	0,07	0,09	0,15	0,10	0,04	0,08	0,09
	Stasjonsverdi	2	6	0	0,7	0,22	8	3,4	1,79		
	nEQR (stasjon)			0,00	0,14	0,14	0,16	0,15	0,04	0,11	0,12

Indeksverdiene på en 0-1 skala, (normaliserte ecological ratio, nEQR) for hver enkelt indeks på stasjonsnivå er illustrerte i Figur 4-3 a). Bakgrunnen til figuren viser hvilken tilstandsklasse hver indeksverdi faller inn under. På Figur 4-3 b) er endelig tilstandsklasse for hver stasjon presentert. Den er basert på gjennomsnitt av normaliserte indeksverdier (nEQR, uten DI) på kumulerte stasjonsnivå.

Tabell 4-4 viser de mest tallrike artene på hver av stasjonene i 2016. Sammenligning av resultatene fra 2012 og 2016 er illustrerte i Figur 4-4, som viser klassifisering av hver stasjon iht. til NQ11 indeks. Denne indeksen var den gjeldende indeks i 2012, og er en del av nEQR indeks i dag. Artsantall (S), individsantall (N) og diversitet H' og ES100i 2012 og 2012 kan også sammenlignes i Figur 4-5. Figur 4-6 viser fordelingen av sensitive arter og opportunistiske arter for de enkelte stasjonene. Opportunistiske arter (Gruppe V art) trives bedre i dårligere forhold og ut-konkurrerer mindre tolerante arter. Forhold som kan fører til høy andel opportunistiske art inkluderer lav oksygen forhold, høyt organisk karbon, høy tilførsel av næringsalter samt miljøgifter.



Figur 4-3 a) Indeksverdiene på en 0-1 skala, (normaliserte ecological ratio, nEQR) for hver enkelt indeks på stasjonsnivå, Malmøykalven 2016.

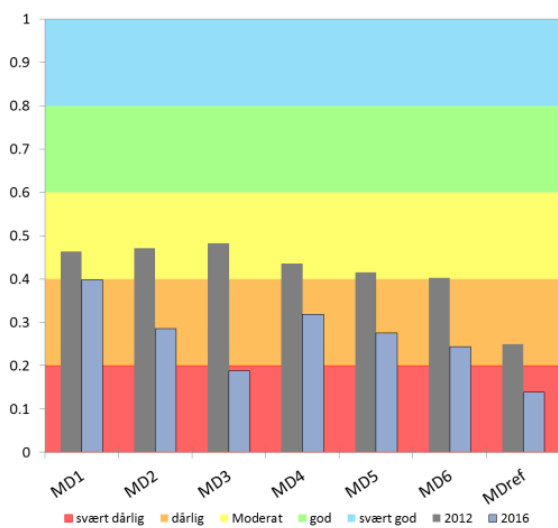
b) Samlet tilstandsklasse for hver stasjon, basert på gjennomsnitt av normaliserte indeksverdier visste i a), (nEQR, uten DI) på kumulerte stasjonsnivå. Bakgrunnen til figurene viser hvilken tilstandsklasse hver indeksverdi faller inn under.

Tabell 4-4. De ti mest vanlige artene for hver stasjon (eks. juvenile), Malmøykalven, 2016

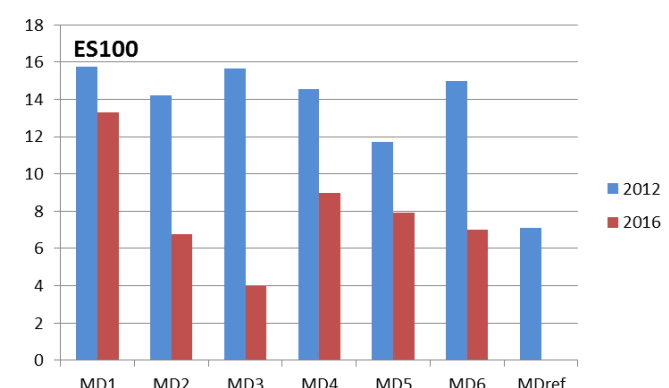
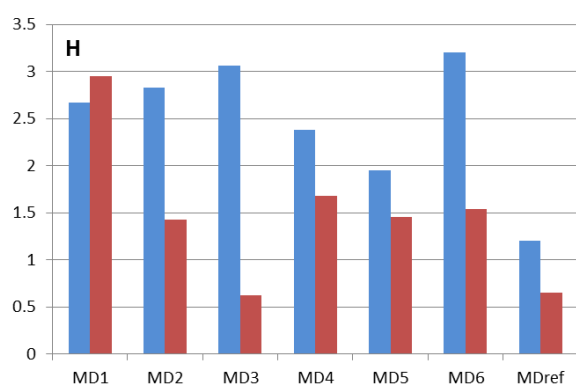
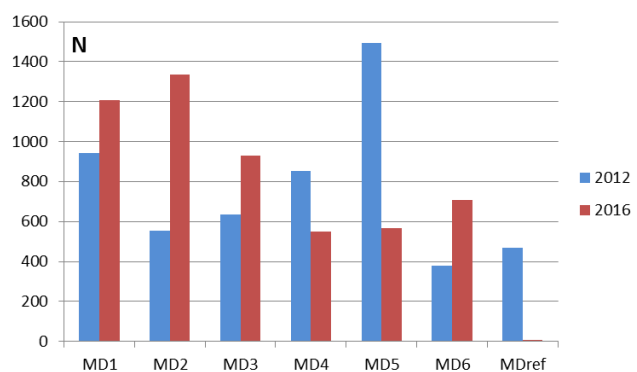
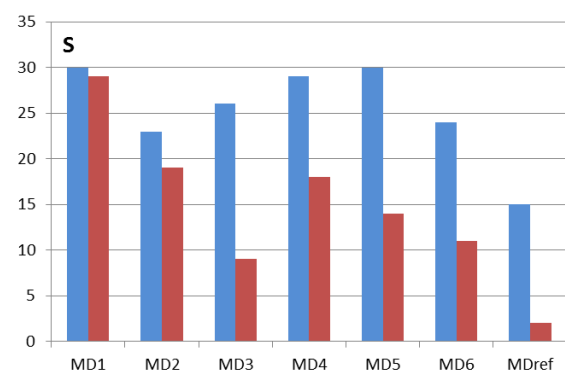
MD1	Antall	%	Kum%
Pseudopolydora paucibranchiata	378	31,3	31,3
Capitella capitata	263	21,8	53,2
Raricirrus beryli	197	16,3	69,5
Chaetozone setosa complex	106	8,8	78,3
Mediomastus fragilis	82	6,8	85,1
Thyasira sarsi	52	4,3	89,4
Polydora ciliata	20	1,7	91,0
Sosane wahrbergi	20	1,7	92,7
Sige fusigera	13	1,1	93,8
Tharyx	10	0,8	94,6
<i>Totalt antall taxa 29</i>			
MD3	Antall	%	Kum%
Capitella capitata	844	90,8	90,8
Pseudopolydora paucibranchiata	50	5,4	96,1
Mediomastus fragilis	12	1,3	97,4
Polydora ciliata	12	1,3	98,7
Raricirrus beryli	5	0,5	99,3
Chaetozone setosa complex	3	0,3	99,6
Harmothoe	2	0,2	99,8
Oligochaeta	1	0,1	99,9
Dipolydora caulleryi	1	0,1	100,0
<i>Totalt antall taxa 9</i>			
MD5	Antall	%	Kum%
Capitella capitata	424	74,7	74,7
Mediomastus fragilis	57	10,0	84,7
Polydora ciliata	39	6,9	91,6
Raricirrus beryli	13	2,3	93,8
Pseudopolydora paucibranchiata	13	2,3	96,1
Sige fusigera	5	0,9	97,0
Thyasira sarsi	5	0,9	97,9
Chaetozone setosa complex	5	0,9	98,8
Cerianthus lloydii	2	0,4	99,1
Harmothoe	1	0,2	99,3
<i>Totalt antall taxa 14</i>			
MDref	Antall	%	Kum%
Capitella capitata	5	83,3	83,3
Mediomastus fragilis	1	16,7	100,0

MD2	Antall	%	Kum%
Capitella capitata	929	69	69,5
Pseudopolydora paucibranchiata	275	20	90,1
Polydora ciliata	66	4,9	95,0
Sosane wahrbergi	18	1,4	96,3
Thyasira sarsi	12	0,9	97,2
Raricirrus beryli	8	0,6	97,8
Mediomastus fragilis	7	0,5	98,4
Chaetozone setosa complex	7	0,5	98,9
Cerianthus lloydii	2	0,2	99,0
Sige fusigera	2	0,2	99,2
<i>Totalt antall taxa 19</i>			
MD4	Antall	%	Kum%
Capitella capitata	370	67,0	67,0
Pseudopolydora paucibranchiata	101	18,3	85,3
Polydora ciliata	31	5,6	90,9
Oligochaeta	12	2,2	93,1
Dipolydora caulleryi	10	1,8	94,9
Heteromastus filiformis	6	1,1	96,0
Harmothoe	4	0,7	96,7
Thyasira sarsi	4	0,7	97,5
Sosane wahrbergi	3	0,5	98,0
Thyasira flexuosa	2	0,4	98,4
<i>Totalt antall taxa 18</i>			
MD6	Antall	%	Kum%
Capitella capitata	499	70,7	70,7
Mediomastus fragilis	89	12,6	83,3
Raricirrus beryli	46	6,5	89,8
Pseudopolydora paucibranchiata	28	4,0	93,8
Polydora ciliata	25	3,5	97,3
Thyasira flexuosa	9	1,3	98,6
Dipolydora caulleryi	4	0,6	99,2
Glycera alba	2	0,3	99,4
Chaetozone setosa complex	2	0,3	99,7
Sige fusigera	1	0,1	99,9
<i>Totalt antall taxa 11</i>			

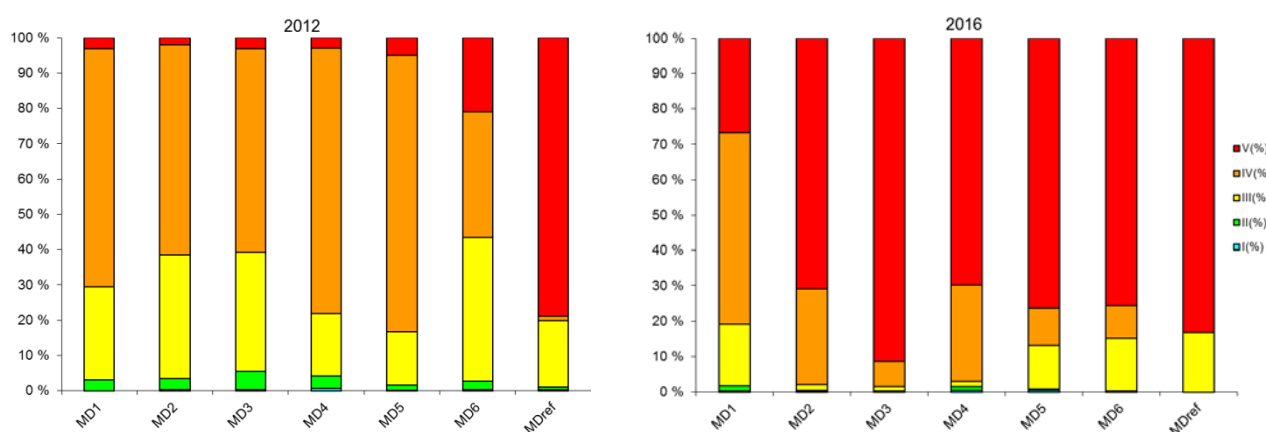
Totalt antall taxa 2



Figur 4-4. NQI1 (Norwegian Quality Index) på en 0-1 skala, i 2012 og 2016, Malmøykalven. Indeksen inngår i dagens rapporte indeks for vannrammedirektivet. Bakgrunnen til figurene viser hvilken tilstandsklasse indeksverdiene faller inn under.



Figur 4-5. Antall arter (S), individtall (N), diversitet H' og ES100 på stasjonsnivå på Malmøykalven i 2012 og 2016.



Figur 4-6 Andel individer i de ulike økologiske gruppene (AMBI) på hver stasjon i 2012 (til venstre) og i 2016 (til høyre).

- Gr I sensitive arter; ● Gr II nøytrale arter; ● Gr III tolerante arter;
- Gr IV sekundær opportunistiske arter; ● Gr V primær opportunistiske arter

Referanse stasjon MDref representerer original, kontaminerte sediment i Oslo Havn, og skal være upåvirket av virksomheten rundt deponering. Tilstanden i 2012 var *dårlig*, iflg. NQI1 indeks, (felles indeks brukt på begge undersøkelser). Tilstand på stasjonen var forverret i 2016, og er nå *svært dårlig*. Som vist i Tabell 4-4 har antall arter (S), antall individer (N), diversitet H' og ES₁₀₀ en dårligere tilstandsklasse i 2016 sammenliknet med 2012. Det var lite liv på denne referansestasjonen nå i 2016: kun 6 individer, av 2 arter, hovedsakelig børstemarken *Capitella capitata* som trives i forurenset område (GrV art), som visst i Tabell 4-4 og Figur 4-6.

Stasjon MD1 ligger nord for deponiet, men innenfor tildekket området. Denne stasjonen viser beste tilstand av alle stasjonene i undersøkelse i 2016. Tilstanden her er *moderat* iflg. nEQR (u/DI) som vist i Figur 4-3b. Artsantallet (S), diversitet H' og ES100 er moderat på stasjonen (Figur 4-3), og er sammenlignbar med situasjon i 2012. Artssammensetning har derimot endret seg på stasjonene siden 2012 å reflektere noe dårligere forhold. Som vist i Figur 4-6 har andelen primær opportunistiske arter (GrV art), som trives i forurenset område økt, sånn at de utgjør nesten 30 % av alle individer i prøver. Det er hovedsakelig Gr V børstemarken *Capitella capitata* som er blitt mer dominant.

Stasjon MD6 ligger sør for deponiet, men innenfor tildekket område. Som vist i Figur 4-3b, er tilstanden på MD6 (basert på nEQR u/DI) *dårlig*. Diversitet H' og ES100 er *dårlig* (Figur 4-3a), og antall arter er lav (Figur 4-5). Tilstand på stasjonen var *dårligere* i 2016 enn i 2012. I 2012 var tilstand iflg. sammensattindeks NQI1 på *dårlig/moderat* grense, som vist i Figur 4-4, mens i 2016 var NQI1 *dårlig*. Særlig er diversitet H' forverret, som var *god* i 2012, og er *dårlig* i 2016. Andelen forurensings tolerante arter (Gr V art) har økt (Figur 4-6). Andelen av Gr V utgjør 80 % av alle individer i prøven i 2016 (kontra 20 % i 2012). Det er hovedsakelig børstemarken *Capitella capitata* som nå dominerer samfunn.

Stasjoner MD2, -3, -4, og -5 ligger inni tildekket deponi område. Tilstand iflg. nEQR (u/DI) på stasjon MD3 er *svært dårlig* mens for de øvrige stasjoner er det *dårlig*, som visst i Figur 4-3b.

Samfunn og tilstand på de tre stasjonene MD2, -4 og -5 er lik dette på stasjon MD6. Antall art (S) er middels lav, og diversitet H' er *dårlig* (Figur 4-5). På stasjon MD2, -4, og -5 har tilstand forverret fra *moderat* til *dårlig* mellom 2012 og 2016 iflg. felles indeks NQI1, illustrerte i Figur 4-4. Diversitet H' har likeså minket fra moderat til *dårlig*. Som visst i Figur 4-6, på de tre stasjonene er andel Gr V art (som trives i forurenset område) høy: ≥ 70 %. Dette er en tydelig forverring siden 2012, når andel Gr V art

utgjørt <10 % av alle individer i prøvene. Det er børstemarken *Capitella capitata* som nå dominerer på stasjoner MD2, -4, og -5 (Tabell 4-4).

Som vist i Figur 4-3b er tilstand på stasjon MD3 *svært dårlig* i 2016 iflg nEQR (u/DI). Tilstanden reflekterer lav diversitet på stasjonene (diversitet H' og ES100 er *dårlig*, se Figur 4-3a), lav artsantall (S), høy andel individer som trives i forurenset/forstyrret områder (Gr V art, se Figur 4-6), og lav andel følsom art.

Som visst i Figur 4-4, er biologiske tilstand dårligere i 2016 en i 2012 på alle stasjonene basert på NQI1 (Norwegian Quality Indeks), som tar hensyn til artsantall, individantall, og artens ømfintlighet. Forhold for bløtbunn virker dårligere i 2016 en i 2012 på alle stasjonene unntatt MD1 når diversitet (H') (mangfold av arter i et biologisk samfunn) og antall arter (S) tas i betraktning.

På alle stasjoner i tildekket område er andel art som trives i forurensete/forstyrret område økt i 2016 sammenlignet med 2012 (rød del av søylene på Figur 4-6). Som visst i Tabell 4-4, i 2016 er det Gr V arten *Capitella capitata* som dominerer på alle stasjoner unntatt MD1 (70-90 % av alle individer i prøvene). I 2012 var det *Chaetozone setosa* som dominerte, som er en sekundær opportunistisk art (Gr IV), på alle stasjoner unntatt MD6 og MDref (DNVGL, 2012). *C. capitata* er en klassisk opportunistisk art som trives i påvirket og forurenset områder, hvor den utkonkurrerer mindre tolerante arter. *C. capitata* har en relativt høy toleranse for sediment hypoksi (oksygen mangel), sammenlignet med andre bløtbunnsarter (Henriksson 1969).

5 KONKLUSJON OG VURDERING

Den biologiske tilstanden for bløtbunnsfauna i det tildekte området ved Malmøykalven er dårligere i 2016 sammenliknet med data fra overvåkingen i 2012. Dette reflekteres i endringen av fauna med lavere diversitet, lavere antall arter og høyere andel av forurensnings tolerante arter. Det samme gjelder for referansestasjonen som endret seg fra tilstandsklasse *dårlig* (IV) i 2012 til kl *svært dårlig* (V) i 2016 (iht NQI1 indeks). Kun 2 arter fordelt på 6 individer ble registrert på referansestasjonen. Dette er en stor reduksjon sammenliknet med arts- og individ-tallene i 2012.

Som beskrevet i rapporten fra 2012, var det en forventning at fauna i tildekket området følger et typisk bentisk suksesjonsmønster mot normale forhold, så lenge oksygenforholdene i bunnvannet er tilfredsstillende. Oksygenmålinger utført vinter og vår 2012 viste verdier innen tilstandsklasse *moderat* (2,5-3,5 ml/l) (NIVA 2012, tokrapporter). Bløtbunnsfaunaen ble klassifisert som *moderat* med en forventning om videre suksesjon og stabilitet.

Oksygenforholdene under prøvetakingsperioden i 2016 viste *moderate* forhold i henhold til tilstandsklassen (2,5 -3,5 ml/l). Oksygenmålinger fra overvåkingen til fagrådet Indre Oslofjord viser forholdsvis lave verdier (tilstandsklasse *dårlig*: 2,5-1,5 ml/l) og *svært dårlig* (<1,5 ml/l) ytterst i Bunnefjorden, ved området Malmøykalven, i desember 2015 samt februar og april 2016 (Norconsult 2016, tokrapporter). Det antas at oksygenforholdene kan være en begrensende faktor for bløtbunnsamfunnets utvikling til god tilstand. Studier har vist at bløtbunnsfaunaen påvirkes negativt ved oksygen konsentrasjoner rundt 1 ml/l. NIVA konkluderte med at fraværende bunnfauna i dypområdene i Bunnefjorden trolig er styrt av oksygenforholdene (NIVA 2009) og at grensen for svært dårlige forhold (uten makroskopisk liv) inntraff på om lag 60 meters dyp.

Økningen i andel totalt organisk materiale (TOC) kan være forårsaket av høy våroppblomstring, som igjen fører til settling (utsynking) av mye organisk materiale og dekomponering som fører til økt oksygenforbruk ved bunnen. Dette kan påvirke bløtbunnsfauna negativt. Lavt oksygeninnhold i vannet nær bunn vil kunne føre til dødlighet av bløtbunnsfauna som igjen vil føre til dekomponering og økt innhold av TOC i sedimentet.

6 REFERANSER

Borja, A., Franco J., og Perez, V. 2000. <i>A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments</i> . Mar Poll Bull. 40 (12), 1100-114
Direktoratsgruppen, 2015. Veileder 02:2013-revidert 2015. <i>Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver</i> . 229pp
DNV 2012. Rekolonisering av bentisk fauna ved dypvannsdeponiet, Malmøykalven 2012. Rapportno: 2012-1437
Henriksson, R., 1969. Influence of pollution on the bottom fauna of the Sound (Öresund). Oikos, 20 (2), 507-523.
NGI 2009. <i>Overvåking av forurensing ved mudring å deponering</i> . Rapportnr: 20051785-65. REV 1
Niermann, U., Bauerfeind, E., Hickel, W., Westernhagen, H.V, 1990. The recovery of benthos following the impact of low oxygen content in the German Bight. Netherlands Journal of Sea Research. Volume 25, Issues 1-2, May 1990. p215-226.
NIVA 2009. Kartlegging av bløtbunn med sedimentprofilbilder (SPI) i Bunnefjorden 2008, Nilsson, H. ISBN 978-82-577-5538-6. Rapport nr. 5803-2009
NIVA 2011. Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord 2010. ISBN 978-82-577-5916-2. Rapport nr. 6181-2011
NIVA 2012. <i>Miljøovervåking av Indre Oslofjord</i> . Tokrapport 27.08.2012
Norconsult 2016. <i>Miljøovervåking av Indre Oslofjord</i> . Tokrapport 18.08.2016
NS-EN ISO 17025:2005 Generelle krav til prøvings-og kalibreringslaboratoriers kompetanse. Norsk standard
NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna. Norsk Standard.
NS-EN ISO 5667-19 Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder
SFT, 2007. Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment. TA-2229/2007.
VRD, 2009. Veileder 01:2009. <i>Klassifisering av miljøtilstand i vann</i> . Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

VEDLEGG 1 – ANALYSERESULTATER SEDIMENT

Rapport

N1609503

Side 1 (4)

1UBPCC6ACKI



Mottatt dato **2016-06-24**
 Utstedt **2016-07-01**

DNV GL AS
Tormod Glette

Veritasveien 1
N-1363 Høvik

Prosjekt **Oslo Havn 2016**
 Bestnr **906 89 463**

Analyse av sediment

Deres prøvenavn	MD-1 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438758					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	73.9	4.46	%	1	1	JIBJ
TOC	1.67		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Deres prøvenavn	MD-2 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438759					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	73.6	4.45	%	1	1	JIBJ
TOC	0.948		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Deres prøvenavn	MD-3 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438760					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	81.0	4.89	%	1	1	JIBJ
TOC	0.990		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Deres prøvenavn	MD-4 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438761					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	80.7	4.87	%	1	1	JIBJ
TOC	1.10		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Rapport**N1609503**

Side 2 (4)

1UBPCC6ACKI



Deres prøvenavn	MD-5 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438762					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	73.3	4.43	%	1	1	JIBJ
TOC	1.12		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Deres prøvenavn	MD-6 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438763					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	82.6	4.99	%	1	1	JIBJ
TOC	1.66		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Deres prøvenavn	MD-7 0,5 Sediment					
Labnummer	N00438764					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (E)	27.6	1.68	%	1	1	JIBJ
TOC	4.25		% TS	1	1	JIBJ
Vedlegg UL	-----		Se vedlegg	2	1	JIBJ

Rapport

N1609503

Side 3 (4)

1UBPCC6ACKI



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.
 n.d. betyr ikke påvist.
 n/a betyr ikke analyserbart.
 < betyr mindre enn.
 > betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Kolometri Rapporteringsgrenser: LOR 0.01 % TS Andre opplysninger: TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).
2	Kornstørrelse >63µm, 63-2µm, <2µm Metode: CZ_SOP_D06_07 Fraksjoner: Sand (>63µm) Silt (63-2µm) Leire (<2µm)

Godkjenner	
JIBJ	Jan Inge Bjørnengen

Underleverandør ¹	
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163. Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

Rapport

N1609503

Side 4 (4)

1UBPCC6ACKI



Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



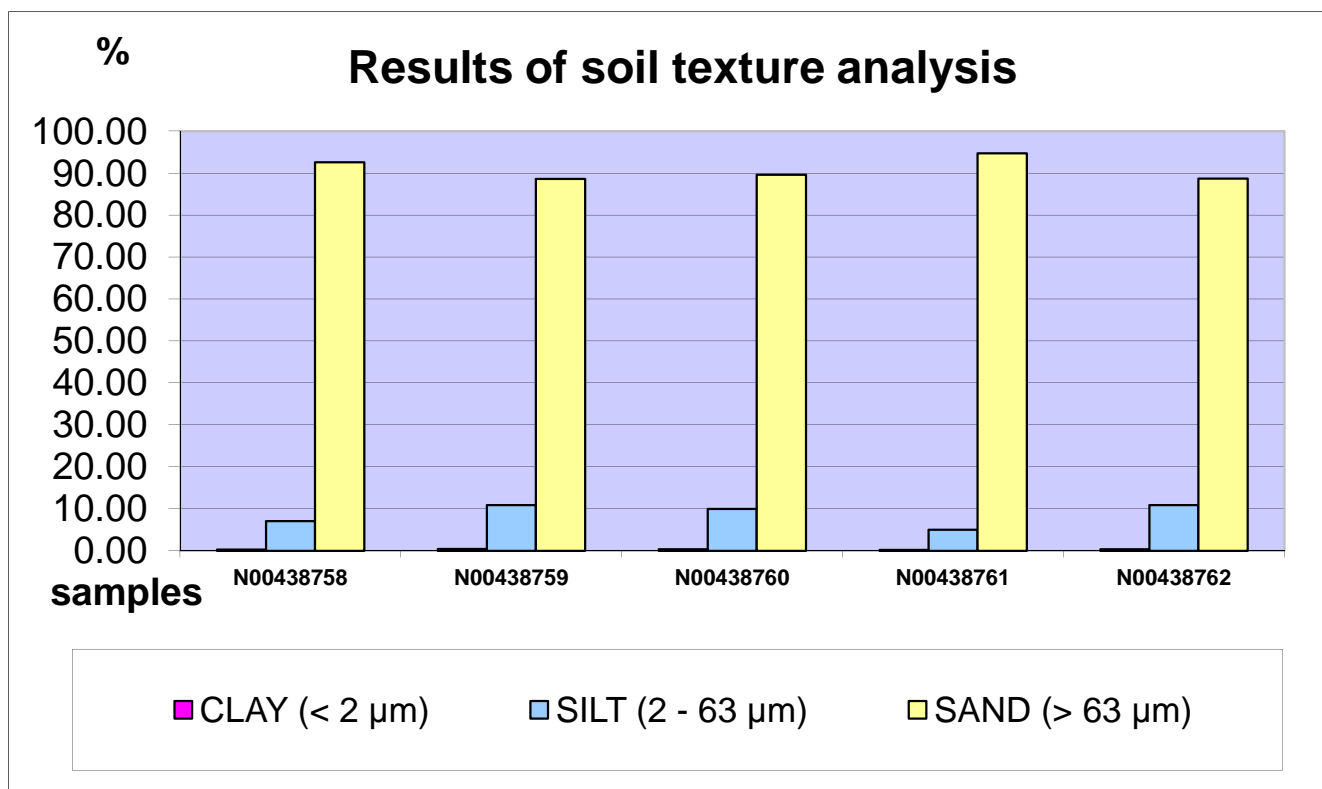
ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

ALS Czech Republic, s.r.o., Laboratory Česká Lípa Attachment No. 1 to the Test Report No.: PR1646833

Bendlova 1687/7, CZ-470 03 Česká Lípa, Czech Republic

RESULTS OF SOIL TEXTURE ANALYSIS

Sample label:	N00438758	N00438759	N00438760	N00438761	N00438762
Lab. ID:	001	002	003	004	005
Gross sample weight [g]	63.59	47.59	58.75	47.10	45.86
CLAY (< 2 µm) [%]	0.29	0.44	0.36	0.19	0.40
SILT (2 - 63 µm) [%]	7.10	10.91	10.00	5.05	10.87
SAND (> 63 µm) [%]	92.61	88.65	89.65	94.76	88.72



Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 µm) Fraction > 0.063 mm determined by wet sieving method, other fractions determined from the fraction "< 0.063mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode. Fractions "Sand >63 µm", "Silt 2-63 µm" and "Clay <2 µm" evaluated from measured data.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:

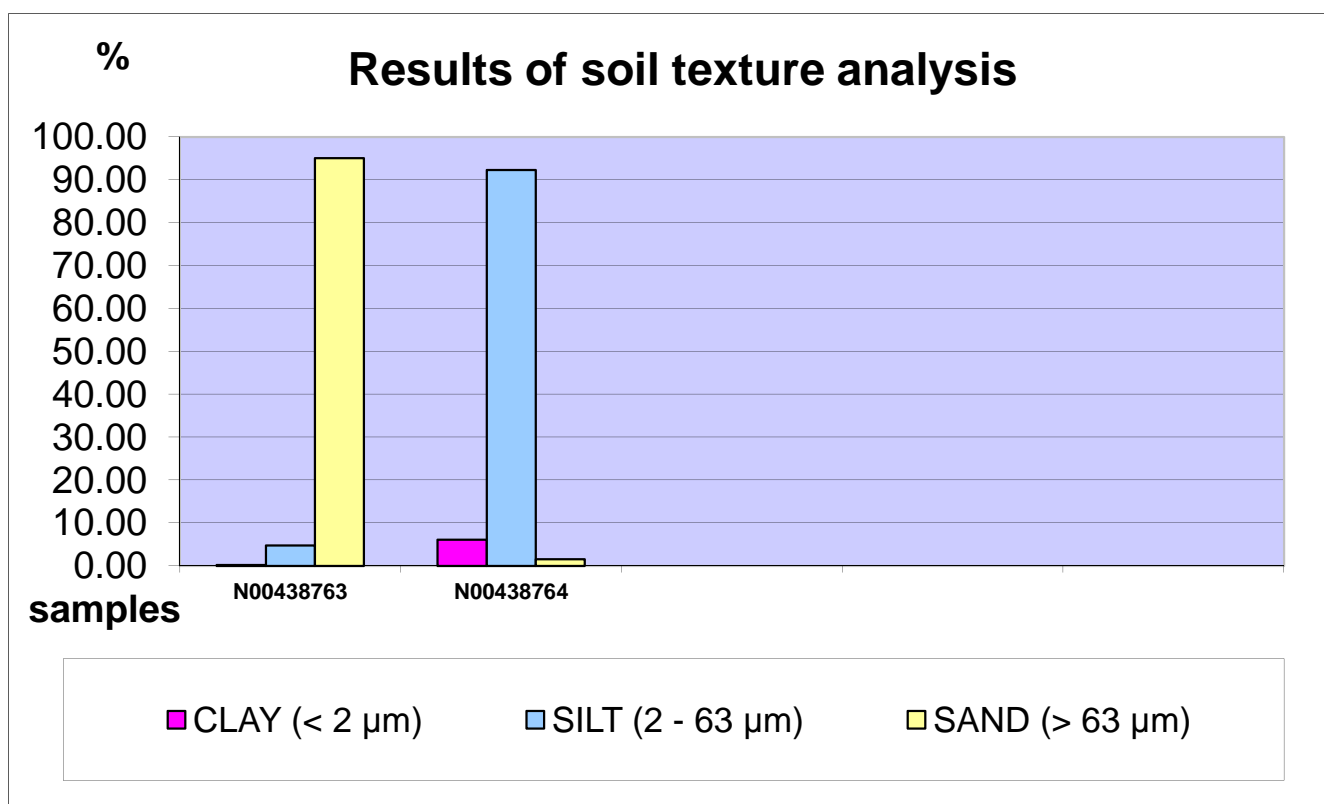


ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9

ALS Czech Republic, s.r.o., Laboratory Česká Lípa Attachment No. 1 to the Test Report No.: PR1646833
Bendlova 1687/7, CZ-470 03 Česká Lípa, Czech Republic

RESULTS OF SOIL TEXTURE ANALYSIS

Sample label:	N00438763	N00438764
Lab. ID:	006	007
Gross sample weight [g]	54.13	10.07
CLAY (< 2 µm) [%]	0.18	6.11
SILT (2 - 63 µm) [%]	4.74	92.30
SAND (> 63 µm) [%]	95.08	1.59



Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 µm to 63 mm) Fraction > 0.063 mm determined by wet sieving method, other fractions determined from the fraction "< 0.063mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode. Fractions "**Sand >63 µm**", "**Silt 2-63 µm**" and "**Clay <2 µm**" evaluated from measured data.

Test specification, deviations, additions to or exclusions from the test specification:

Vedlegg 2 – Artsliste

Phylum	Family	WoRMS checked name	MD1	MD2	MD3	MD4	MD5	MD6	MD-ref
Annelida		Oligochaeta	1	0	1	12	0	0	0
Cnidaria	Cerianthidae	Cerianthus lloydii	2	2	0	1	2	0	0
Cnidaria	Edwardsiidae	Edwardsiidae	0	0	0	0	1	0	0
#N/A	#N/A	Sosane wahrbergi	20	18	0	3	0	0	0
Annelida	Capitellidae	Capitella capitata	263	929	844	370	424	499	5
Annelida	Capitellidae	Heteromastus filiformis	3	0	0	6	0	0	0
Annelida	Capitellidae	Mediomastus fragilis	82	7	12	1	57	89	1
Annelida	Cirratulidae	Chaetozone setosa complex	106	7	3	0	5	2	0
Annelida	Cirratulidae	Tharyx	10	0	0	0	0	0	0
Annelida	Ctenodrilidae	Raricirrus beryli	197	8	5	2	13	46	0
Annelida	Dorvilleidae	Dorvilleidae	1	0	0	0	0	0	0
Annelida	Glyceridae	Glycera alba	9	2	0	0	1	2	0
Annelida	Hesionidae	Nereimyra punctata	3	0	0	0	1	0	0
Annelida	Hesionidae	Oxydromus flexuosus	3	1	0	1	0	0	0
Annelida	Hesionidae	Syllidia armata	0	0	0	0	0	1	0
Annelida	Phyllodocidae	Eteone	0	1	0	0	0	0	0
Annelida	Phyllodocidae	Phyllodoce maculata	1	0	0	0	0	0	0
Annelida	Phyllodocidae	Sige fusigera	13	2	0	1	5	1	0
Annelida	Polynoidae	Harmothoe	0	0	2	4	1	0	0
Annelida	Polynoidae	Polynoidae juv.	1	1	0	0	1	0	0
Annelida	Scalibregmatidae	Polyphysia crassa	10	0	0	0	0	0	0
Annelida	Scalibregmatidae	Scalibregma inflatum	6	0	0	1	0	0	0
Annelida	Spionidae	Dipolydora caulleryi	9	2	1	10	0	4	0
Annelida	Spionidae	Prionospio fallax	0	1	0	0	0	0	0
Annelida	Spionidae	Pseudopolydora paucibranchiata	378	275	50	101	13	28	0
Annelida	Spionidae	Spiophanes kroyeri	3	1	0	0	0	0	0
Annelida	Spionidae	Polydora ciliata	20	66	12	31	39	25	0
Annelida	Syllidae	Syllis cornuta	7	0	0	1	0	0	0
Annelida	Syllidae	Trypanosyllis (Trypanosyllis) coeliaca	1	0	0	0	0	0	0
Annelida	Terebellidae	Terebellidae juv.	1	0	0	0	0	0	0
Annelida	Trichobanchidae	Terebellides stroemii	1	0	0	0	0	0	0
Arthropoda	Photidae	Gammaropsis sophiae	0	1	0	1	0	0	0
Mollusca	Thyasiridae	Mendicula ferruginosa	1	0	0	0	0	0	0
Mollusca	Thyasiridae	Thyasira sarsi	52	12	0	4	5	0	0
Mollusca	Thyasiridae	Thyasira flexuosa	2	1	0	2	1	9	0
Mollusca	Thyasiridae	Thyasira obsoleta	0	1	0	0	0	0	0
Mollusca	Corbulidae	Corbula gibba	1	0	0	0	0	0	0
Echinodermata	Synaptidae	Labidoplax buskii	1	0	0	0	0	0	0

About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.

Vedlegg F

ANALYSERAPPORT FRA UNDERSØKELSE
MED SEDIMENTFELLER I 2017





Mottatt dato **2017-09-26**
 Utstedt **2017-10-09**

NGI
Arne Pettersen
Miljøgeologi
Box 3930 Ullevål Stadion
N-0806 Oslo
Norway

Prosjekt **Dypvandeponiet-Kontroll-2016**
 Bestnr **20110264**

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	SMP-0					
	sedimentfelle					
Labnummer	N00530166					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Prøveopparbeiding sedimentfeller	-----			1	1	NADO
Vekt prøve total	160		g	1	1	NADO
Vekt prøve tørket	3.4		g	1	1	NADO
As (Arsen) ^{a ulev}	32	2.3	mg/kg TS	2	1	NADO
Pb (Bly) ^{a ulev}	78	5.6	mg/kg TS	2	1	NADO
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	0.28	0.021	mg/kg TS	2	1	NADO
Cu (Kopper) ^{a ulev}	82		mg/kg TS	2	1	NADO
Cr (Krom) ^{a ulev}	64	5.6	mg/kg TS	2	1	NADO
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.46	0.014	mg/kg TS	2	1	NADO
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	39	3.0	mg/kg TS	2	1	NADO
Zn (Sink) ^{a ulev}	238	6.2	mg/kg TS	2	1	NADO

Deres prøvenavn	Sed 100					
	sedimentfelle					
Labnummer	N00530167					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Prøveopparbeiding sedimentfeller	-----			1	1	NADO
Vekt prøve total	190		g	1	1	NADO
Vekt prøve tørket	2.8		g	1	1	NADO
As (Arsen) ^{a ulev}	23	1.7	mg/kg TS	2	1	NADO
Pb (Bly) ^{a ulev}	65	4.7	mg/kg TS	2	1	NADO
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	0.29	0.022	mg/kg TS	2	1	NADO
Cu (Kopper) ^{a ulev}	82		mg/kg TS	2	1	NADO
Cr (Krom) ^{a ulev}	71	6.2	mg/kg TS	2	1	NADO
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.35	0.011	mg/kg TS	2	1	NADO
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	44	3.3	mg/kg TS	2	1	NADO
Zn (Sink) ^{a ulev}	234	6.1	mg/kg TS	2	1	NADO



Deres prøvenavn	H2 sedimentfelle					
Labnummer	N00530168					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Prøveopparbeiding sedimentfeller	-----			1	1	NADO
Vekt prøve total	190		g	1	1	NADO
Vekt prøve tørket	5.5		g	1	1	NADO
As (Arsen) ^{a ulev}	24	1.7	mg/kg TS	2	1	NADO
Pb (Bly) ^{a ulev}	76	5.5	mg/kg TS	2	1	NADO
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	0.30	0.023	mg/kg TS	2	1	NADO
Cu (Kopper) ^{a ulev}	71		mg/kg TS	2	1	NADO
Cr (Krom) ^{a ulev}	66	5.7	mg/kg TS	2	1	NADO
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.36	0.011	mg/kg TS	2	1	NADO
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	41	3.1	mg/kg TS	2	1	NADO
Zn (Sink) ^{a ulev}	249	6.5	mg/kg TS	2	1	NADO

Deres prøvenavn	Sør for H2 sedimentfelle					
Labnummer	N00530169					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Prøveopparbeiding sedimentfeller	-----			1	1	NADO
Vekt prøve total	220		g	1	1	NADO
Vekt prøve tørket	4.2		g	1	1	NADO
As (Arsen) ^{a ulev}	24	1.7	mg/kg TS	2	1	NADO
Pb (Bly) ^{a ulev}	72	5.2	mg/kg TS	2	1	NADO
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	0.30	0.023	mg/kg TS	2	1	NADO
Cu (Kopper) ^{a ulev}	74		mg/kg TS	2	1	NADO
Cr (Krom) ^{a ulev}	63	5.5	mg/kg TS	2	1	NADO
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.37	0.011	mg/kg TS	2	1	NADO
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	43	3.3	mg/kg TS	2	1	NADO
Zn (Sink) ^{a ulev}	240	6.2	mg/kg TS	2	1	NADO



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon																	
1	<p>Sedimentfeller prøveopparbeiding og innveing</p> <p>Metode: Prøven bestående av vann og sediment veies ved ankomst.</p> <p>Vannfasen dekanteres av. Deretter blir sedimentet sentrifugert og vannfasen dekanteres av.</p> <p>Prøven tilsettes ultrapure water for å vaske vekk saltet. Prøven sentrifugeres på nytt og vannfasen dekanteres igjen av. Vasking ved tilsats av ultrapure water, sentrifugering og dekantering utføres tre ganger.</p> <p>Deretter frysetørkes sedimentet og veies, dette er angitt som «vekt prøve tørket».</p> <p>«Vekt prøve total»: Original vekt på prøve ved ankomst, sediment inkludert vann. «Vekt prøve tørket»: Vekt på vasket og frysetørket sediment.</p>																
2	<p>Metaller i jord/sediment/slam</p> <p>Metode: ISO 16171 Måleprinsipp: ICP-MS Rapporteringsgrenser (LOQ) og Måleusikkerhet – utdrag:</p> <table> <tr> <td>As (Arsen):</td> <td>1,0 mg/kg TS, MU 7,20%</td> </tr> <tr> <td>Bly (Pb):</td> <td>1,0 mg/kg TS, MU: 7,20%</td> </tr> <tr> <td>Kadmium (Cd):</td> <td>0,10 mg/kg TS, MU: 7,60%</td> </tr> <tr> <td>Krom (Cr):</td> <td>1,0 mg/kg TS, MU: 8,70%</td> </tr> <tr> <td>Kobber (Cu):</td> <td>1,0 mg/kg TS</td> </tr> <tr> <td>Nikkel (Ni):</td> <td>1,0 mg/kg TS, MU: 7,60%</td> </tr> <tr> <td>Kvikksølv (Hg):</td> <td>0,10 mg/kg TS, MU: 3,00%</td> </tr> <tr> <td>Sink (Zn):</td> <td>1,0 mg/kg TS, MU: 2,60%</td> </tr> </table>	As (Arsen):	1,0 mg/kg TS, MU 7,20%	Bly (Pb):	1,0 mg/kg TS, MU: 7,20%	Kadmium (Cd):	0,10 mg/kg TS, MU: 7,60%	Krom (Cr):	1,0 mg/kg TS, MU: 8,70%	Kobber (Cu):	1,0 mg/kg TS	Nikkel (Ni):	1,0 mg/kg TS, MU: 7,60%	Kvikksølv (Hg):	0,10 mg/kg TS, MU: 3,00%	Sink (Zn):	1,0 mg/kg TS, MU: 2,60%
As (Arsen):	1,0 mg/kg TS, MU 7,20%																
Bly (Pb):	1,0 mg/kg TS, MU: 7,20%																
Kadmium (Cd):	0,10 mg/kg TS, MU: 7,60%																
Krom (Cr):	1,0 mg/kg TS, MU: 8,70%																
Kobber (Cu):	1,0 mg/kg TS																
Nikkel (Ni):	1,0 mg/kg TS, MU: 7,60%																
Kvikksølv (Hg):	0,10 mg/kg TS, MU: 3,00%																
Sink (Zn):	1,0 mg/kg TS, MU: 2,60%																

Godkjenner	
NADO	Nadide Dönmez

Utf ¹	
1	<p>Ansvarlig laboratorium: GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland</p> <p>Lokalisering av andre GBA laboratorier:</p>

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Utf¹	
Hildesheim	Daimlerring 37, 31135 Hildesheim
Gelsenkirchen	Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen
Freiberg	Meißner Ring 3, 09599 Freiberg
Hameln:	Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln
Hamburg:	Goldschmidstraße 5, 21073 Hamburg
Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon	

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Miljøovervåking Dypvannsdeponiet ved Malmøykalven - Resultater 2016 og 2017		Dokumentnr./Document no. 20160264-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Oslo Havn KF	Dato/Date 2016-12-05
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 3 / 2018-01-24
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Harbour, sea water, sea bed, field measurements, capping		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Oslo	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Oslo	Felt navn/Field name
Sted/Location Oslo havnedistrikt	Sted/Location
Kartblad/Map 1914 IV	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Sone 32 Øst: E596951 Nord: N6642602	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2016-12-05 Amy M.P. Oen	2016-11-17 Arne Pettersen	2016-11-17 Gijs D. Breedveldr	
1	Resultater for metaller i sedimenterende materiale er lagt inn	2017-11-07 Amy M.P. Oen	2017-11-07 Arne Pettersen		
2	Presiseringer og mindre rettelser	2017-12-11 Amy M.P. Oen	2017-12-11 Arne Pettersen		
3	Bruk av forvaltningsgrenser for TBT (Tabell 1)	2018-01-24 Amy M.P. Oen	2018-01-24 Arne Pettersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 24. januar 2018	Prosjektleder/Project Manager Amy M.P. Oen
--	-------------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

