

# Heimdal - Undersøkelse av borekaks på havbunnen

EQUINOR ENERGY AS

Rapportnr.: 2019-4038, Rev. 0

Dokumentnr.: 349926

Dato: 2019-06-03



Prosjektnavn: Heimdal Hazardous Substance Inventory Mapping DNV GL AS  
Rapporttittel: Heimdal - Undersøkelse av borekaks på Environmental Risk Management  
havbunnen 4002 Stavanger  
Oppdragsgiver: EQUINOR ENERGY AS P.O. Box 408  
Sandslivegen 90, Tel: +47 51 50 60 00  
5254, SANDSLI, Norway NO 945 748 931 MVA  
Kontaktperson: Lars Petter Myhre  
Dato: 2019-06-03  
Prosjektnr.: 10118195  
Org. enhet: Environmental Technology & Advisory  
Rapportnr.: 2019-4038, Rev. 0 0  
Dokumentnr.: 349926  
Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er): 4590109391

#### Oppdragsbeskrivelse:

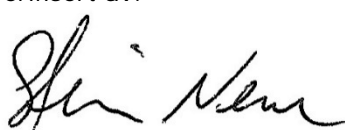
Rapporten omhandler prøvetaking, analyser og resultater fra bunnprøver tatt ved Heimdalplattformen. Formålet er å undersøke forurensningstilstand i området hvor det tidligere er deponert borekaks med vedheng av vannbasert borevæske.

Utført av:



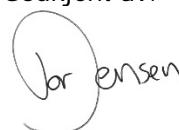
Øyvind Tvedten  
Principal consultant

Verifisert av:



Steinar Nesse  
Vice president

Godkjent av:



Tor Jensen  
Head of department

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2019. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle 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:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.  
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.  
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV GL according to applicable contract.\*  
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

\*Distribusjonsliste:

Nøkkelord: Heimdal, avslutning, sjøbunn, sediment, borekaks, prøvetaking, ROV-kjerneprøvetakere, hydrokarboner, tungmetaller

Keywords: Heimdal, decommissioning, seabed, sediment, drill cuttings, sampling, ROV corers, hydrocarbons, metals.

Forsidefoto: Blekksprut som ble observert under prøvetakingen

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
A	29-05-2019	For kommentarer fra kunde	Ø. Tvedten	S. Nesse	-



## Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG .....	III
FORKORTELSER OG FORKLARINGER .....	IV
1    INNLEDNING .....	1
2    MATERIALE OG METODER .....	3
2.1  Analysemetoder .....	4
3    ORDINÆR MILJØOVERVÅKING VED HEIMDAL .....	6
4    RESULTATER .....	7
4.1  Generelle observasjoner .....	7
4.2  Kornstørrelse og TOC .....	11
4.3  Hydrokarboner .....	11
4.4  Metaller .....	13
4.5  Vurdering i forhold til OSPAR's kriterier for etterlatelse av borekaks- hauger .....	15
5    REFERANSER .....	16
VEDLEGG A. INFORMASJON OM PRØVENE .....	17
VEDLEGG B. METODER OG RESULTATER SAMT NOEN KROMATOGRAMMER FRA ANALYSE- SINTEFMOLAB .....	18

## SAMMENDRAG

I forbindelse med forberedelse til nedstengning og senere fjerning av Heimdalplattformen ble det tatt prøver av sjøbunnen hvor det tidligere har vært utslipp av borekaks med vedheng av vannbasert borevæske. Det var ingen markert haug med borekaks ved plattformen, men en forhøyning på 0,5-1 m i et område i østlig del utenfor stålunderstellet. Prøvene ble analysert for nivå og utbredelse av eventuell forurensning. Informasjonen fra undersøkelsen skal blant annet benyttes som bakgrunnsinformasjon til avslutningsplanen (konsekvensutredning), og ved planlegging og gjennomføring av eventuelt arbeid senere, som berører sjøbunnen ved plattformen.

Kjerneprøver fra 26 steder ble samlet av sjøbunnen ved hjelp av ROV (fjernstyrt undervannsfarkost) i april 2019, og ulike lag nedover i sedimentet ble analysert på et utvalg av stasjoner og prøver.

I et område ut til ca. 20 m fra plattformen var sjøbunnen dekket av døde blåskjell som hadde sin opprinnelse i overflatesonen på stålunderstellet. Laget med skjellrester, iblandet litt mudder, var anslagsvis 50 cm tykt ved plattformen, men avtok i tykkelse med økende avstand. Det var mye dyr som vokste på skjellene, hovedsakelig sjønellik og andre anemoner, men sjøstjerner og noen krepsdyr ble også observert. Nær plattformen var det også noen få individer av koraller. Utenfor området med skjellrester bestod sjøbunnen av finkornet olivengrønn sand.

I området hvor det var blitt sluppet ut kaksrester fra boring, og under laget med skjell, ble det funnet lyse og mørkere sjikt i sjøbunnen. Disse lagene stammer trolig fra episoder med utslipp og kunne se ut som sement og/eller borekaks. Det luktet ikke H<sub>2</sub>S eller olje av prøvene, og sjøbunnen virket lite forurenset av olje. Prøvene inneholdt ikke forhøyet nivå av radioaktivitet.

Analyseresultatene viste at det var forholdsvis lite oljeforurensning i prøvene (vanligvis 100-200 mg totalt hydrokarboner (THC)/ kg tørt sediment). Maksimalverdi var 600 mg/kg og det er langt under nivået som kan finnes i borekaks med vedheng av oljebasert borevæske. Det var en tydelig gradient, med høyest THC-innhold i prøvene fra utslippsområdet og avtagende med økende avstand. Hva som var kilden til hydrokarbonene (fra for eksempel reservoar eller borevæske) kunne ikke identifiseres i analysene.

Bariuminnholdet var høyt i de fleste prøvene og viser at disse prøvene er tatt av materiale som er påvirket fra utslipp av borevæske. Barium brytes ikke ned og var mer utbredt i området enn THC. Prøvene ved plattformen var også forurenset av andre metaller som trolig stammer fra boreutslipp eller generell drift.

Med bakgrunn i resultatene fra undersøkelsen vurderes borekaksen å være godt innenfor kriteriene til OSPAR om å kunne etterlate borekaksen ved plattformen.

## FORKORTELSER OG FORKLARINGER

Forkortelse	Forklaring
As	Arsen
Ba	Barium
Cd	Kadmium
Cr	Krom
Cu	Kobber
Hg	Kvikksølv
HMP	Heimdal hovedplattform
HRP	Heimdal stigerørsplattform
LSC	Limit of Significant Contamination, beregnet bakgrunnsnivå
NPD	Naftalen, fenantren og dibenzotiofen og deres C1-C3 homologer,
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (også kalt tjærestoffer). Her samlebetegnelse for 16 forbindelser (EPA PAH 16).
Pb	Bly
ROV	Fjernstyrt undervannsfarkost, Remote operated vehicle
THC	Total hydrokarboner (olje), her karbonkjeder/alkaner n-C12 - n-C35
Ti	Titan
TOC	Totalt organisk karbon (mål på mengde organisk materiale)
Zn	Sink

## 1 INNLEDNING

Heimdalfeltet ligger i Nordsjøen utenfor Haugesund og vandypet er ca. 120 m. Det er et knutepunkt for gassprosessering fra flere felt og transport av produksjonen videre i rør. Equinor planlegger å avslutte produksjonen ved Heimdal hovedplattform (HMP) i 2021. Da har feltet vært i drift i ca. 35 år siden oppstart i 1985. De fleste brønnene ble stengt i 2011 og er senere permanent plugget og forlatt. En stigerørplattform, HRP, som er broforbundet med HMP, vil også bli overflødig ved at produksjon som kommer fra nærliggende felt ledes i rør utenom plattformene. Begge plattformene skal deretter fjernes.

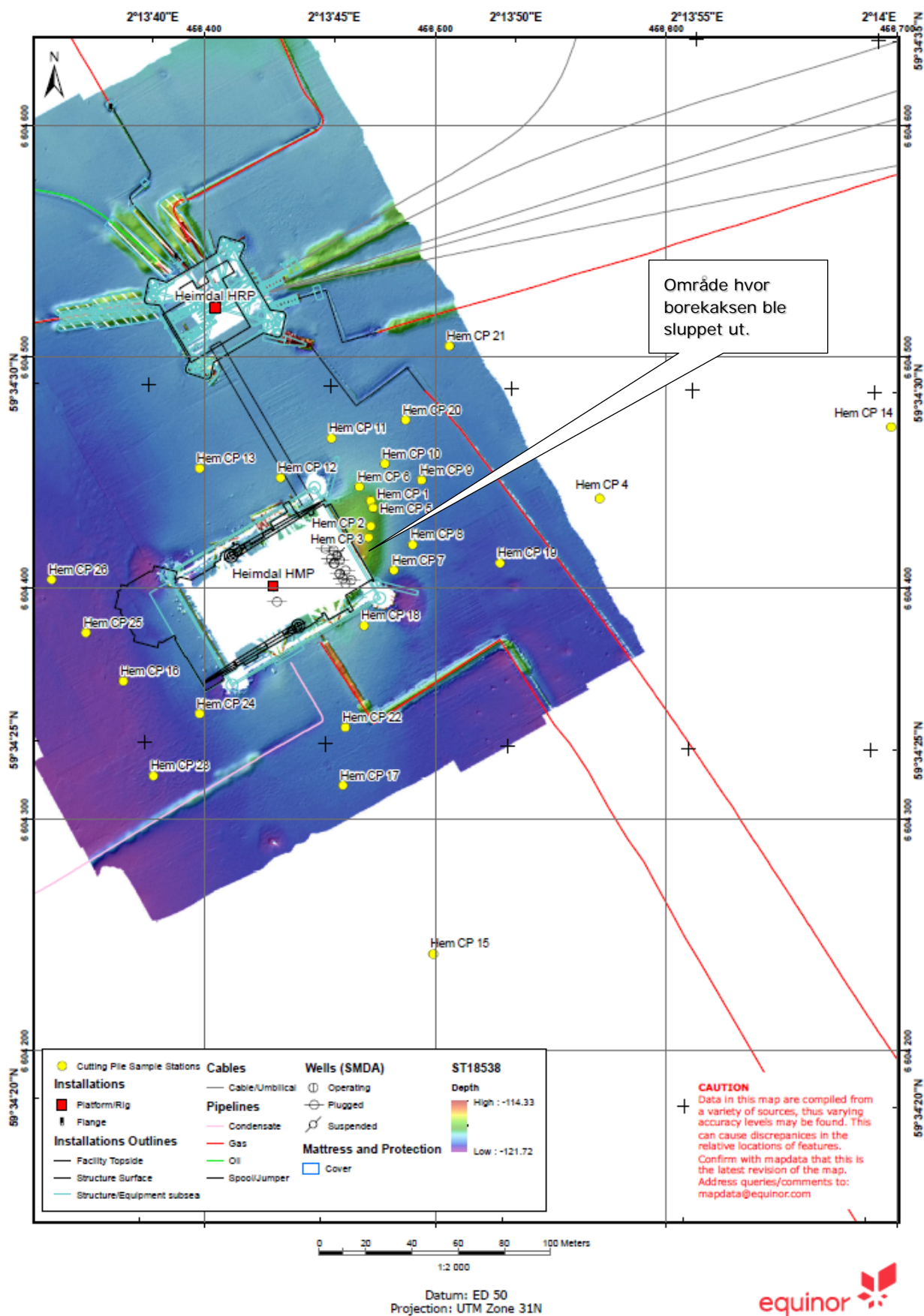
Det er 14 brønnsliiser på plattformen, men noen brønner har hatt sidesteg, slik at antall brønnbaner er høyere. Utslipp av vannbasert borevæske og borekaks ble ledet ut i rør ('drilling cutting caisson') ved brønnene i østlig ende på plattformen. Dette skjedde hovedsakelig midt på 1980-tallet. I 2008 ble det estimert at 30 000 m<sup>3</sup> med borekaks var sluppet ut, og at det da var 3 000 m<sup>3</sup> igjen på sjøbunnen (DNV 2008). Resten ble antatt å være fordelt utover med vannstrøm når det ble sluppet ut og erosjon hadde redusert ansamling ved plattformen.

Regulær miljøovervåking, som utføres hvert tredje år, viser liten eller ingen forurensning i sjøbunnen (prøvene er tatt fra ca. 300 m og utover fra senter av plattformen).

En undersøkelse av bunntopografi indikerer at avsetning av borekaks er ca. 0,5-1 m høy i forhold til sjøbunnen ellers i området og lokalisert ved østsiden av plattformen (MMT 2018). Området under plattformen (inne mellom understellet) ble ikke kartlagt. Et bunnkart som viser strukturer på bunnen og plassering av prøvestasjoner er gitt i Figur 1-1.

Equinor har tildelt DNV GL i oppdrag å ta prøver av sjøbunnen, få disse analysert, og rapportere resultatene.

Hensikten med undersøkelsen er blant annet å gi bakgrunnsinformasjon til avslutningsplanen (konsekvensutredning) og til bruk ved planlegging og gjennomføring av eventuelt arbeid som berører sjøbunnen ved plattformen. I henhold til Forurensningsforskriften §22 er all mudring og utlegging av stein søknadspliktig, uavhengig om sjøbunnen er forurenset eller ikke. Resultatene kan også benyttes til å vurdere utbredelse og nedbrytningshastighet av forurensningen opp mot kriteriene til OSPAR (OSPAR 2006) om etterlatelse av borekakschauger.



Figur 1-1. Kart over bunntopografi ved Heimdal med plattformer og rørledninger inntegnet.

## 2 MATERIALE OG METODER

Prøveinnsamlingen ble foretatt 6-7. april 2019 fra fartøyet «Normand Ocean». DeepOcean AS, rederiet Solstad og Equinors representanter om bord, takkes for god tilretteleggelse og hjelp under arbeidet. Øyvind Tvedten fra DNV GL var ansvarlig for prøvetakingen. I forkant av prøveinnsamlingen ble det avholdt en sikker jobb analyse (SJA) og gjennomgang av prosedyrer/bruk av utstyret ('tool box talk'). Undersøkelsen var beskrevet i Arbeidsprogram (IMR 19-165) fra Equinor (Equinor 2019). Det var planlagt å ta prøver fra 21 steder, konsentrert i området hvor det tidligere var sluppet ut borekaks og ut til ca. 200 m distanse. Av sikkerhetsmessige årsaker var det ikke planlagt å ta prøver fra bunnen under selve stålunderstellet.

Prøverørene oppbevares og senkes til bunnen i et stativ. Stativene ble stroppet fast i en stålkurv ('subsea basket', Figur 2-1) og kjerneprøvetakere ble håndtert av ROV. Prøverørene presses ned i sjøbunnen og vannet i rørene slippes ut i toppen slik at det ikke dannes mottrykk. Deretter tettes røret i toppen slik at det dannes et vakuum når røret trekkes ut av sjøbunnen. Dette sikrer at prøven henger bedre fast i prøverøret. Det er imidlertid vanskelig å ta prøver i sandbunn og grovt/hardt sediment (prøven renner lett ut av røret), materialet bør helst være noe klebrig. Prøverørene trykkes normalt så langt ned i sjøbunnen som det går (gjørne hele lengden av røret), som ROV klarer, og uten at de knekker. På grunn av friksjon i røret og kompresjon av prøven, blir samlet prøvelengde normalt kortere enn dybden som røret har vært nede i sjøbunnen.

Det ble benyttet to ulike prøverør. Equinor hadde ett prøverørstativ med ti rør (utstyrsnummer 12537778), som hadde 82 mm indre diameter og 58,5 cm lengde. DNV GL hadde 16 rør (72 mm indre diameter 50 cm lengde) i to stativ, hvor rørene landes oppå gummipropper. Proppene kan løsnes og holdes på plass, slik at ikke prøven ramler ut når en løfter prøverøret ut av stativet. Equinor sine rør har en kuleventil på toppen som står åpen når prøven tas og lukket når røret trekkes ut av bunn. DNV GL sine rør har en fjærbelastet åpning i toppen, som slipper ut vannet ved prøvetaking, og tetter når røret trekkes opp. Kjerneprøvefanger ble ikke benyttet på noen av rørene. Det ble tatt video av prøvetakingen og filmene er benyttet som dokumentasjon.

Det ble tatt prøver fra 26 steder (DeepOcean 2019, Vedlegg A). På dekk ble lengden av prøvene målt, fotografert og beskrevet. Prøverørene var merket med nummer og det ble loggført hvilket rør som ble benyttet på stasjonene.

Det ble gjort en kontroll av radioaktivitet (med Tracero 201 måleinstrument av DNV GL og et Automess instrument av «Normand Ocean»). Det ble ikke registrert noe radioaktivitet i fra prøvene.

Prøven ble deretter presset ut (eller 'sklidd' ut) av røret, inspisert og fotografert, og delt opp i 5 cm lange sjikt (Figur 2-2). Noen få steder ble øverste prøve tatt fra 0-10 cm, fordi det var så mye skjellrester at det var lite sediment til analyse. På noen stasjoner ble enkelte sjikt ikke prøvetatt, fordi de ble antatt å være uforurenset sjøbunn (se oversikt i Vedlegg B). Bord og utstyr ble jevnlig skylt med rent vann for å redusere fare for krysskontaminering mellom prøver. Totalt ble det samlet 126 prøver fra de 26 prøvestedene (Vedlegg A). Vekten på prøvene var vanligvis 300-500 g, men noen var litt mindre (200 g). Lengden på hele kjerneprøvene varierte fra 9 cm til 40 cm på stasjonene. Hver prøve ble merket (HEM-CP-X, x-x cm) og lagt i rilsanposer (12 prøver ble lagt i zip-poser). Prøvene ble oppbevart i fryseboks og senere sendt til SintefMolab for analyse. Parametre som skulle analyseres, og i hvilke prøver, ble bestemt av DNV GL i samarbeid med Equinor. Analysene ble utført med metodikk som den ordinære offshore miljøovervåkingen (MDIR 2016), og NOROGs veileder for borekaksundersøkelser (NOROG 2016), se vedlegg B.

Ved planlegging av prøveinnsamlingen ble det vurdert å analysere radioaktivitet i prøvene. Under feltarbeidet ble radioaktivitet målt med instrumenter, men det ble ikke registrert noe forhøyet



radioaktivitet. Radioaktive nuklider fra reservoarene følger stort sett produsert vann og vil i liten grad være tilstede i borekaks i våre områder (Bakke m fl. 2013, NOROG 2016). I prosess- og vannbehandlingsanlegg på selve riggen er det funnet litt radioaktivitet i avleiringer (DNV GL 2019), men undersøkelsene så langt tyder på små mengder.

Det var planlagt å gjøre utlekkingsstest (prøve ristes i vann for å måle utlekking av forurensning til vannfasen) på noen av prøvene, men på grunn av lavt nivå av olje ble dette ikke utført. Tidligere tester har vist at forurensning i borekaks er hovedsakelig bundet til partiklene og er lite vannløselige (Statoil 2017, OSPAR 2016, NOROG 2016). Siden nivå av hydrokarboner ved Heimdal var lavt, og de mest forurensede prøvene lå under blåskjellaget, vil det være meget liten utlekking av olje til sjøvannet.

## 2.1 Analysemetoder

Analysemetodene er beskrevet i Vedlegg B, sammen med analyserapport fra laboratoriet.



**Figur 2-1.** Stålkurv ('subsea basket') på sjøbunnen med prøverørstativene stropet fast.



**Figur 2-2.** Foto av kjerneprøvetagere på dekk og i stativ. Foto av splitting av prøve i sjikt (oppe til høyre) og en prøve (HEM CP 17) lagt for ut for beskrivelse og prøvetaking/seksjonering i sjikt. Nederst er samme prøve delt på langs. Den bestod hovedsakelig av naturlig sjøbunn, med noen blåskjell og mørkere felt på toppen (til høyre i kjernen som vises i nederste bilde).

### 3 ORDINÆR MILJØOVERVÅKING VED HEIMDAL

Det er utført miljøovervåking av sjøbunnen rundt Heimdal hvert tredje år siden 1997. Overvåkingen er regulert gjennom Aktivitetsforskriften og Veileder M-300 fra Miljødirektoratet (MDIR 2016). Norsk sokkel er delt inn i regioner hvor det tas prøver hvert tredje år. Ved Heimdal ligger de nærmeste prøvestasjonene ca. 300 m fra senter på plattformen. Den siste undersøkelsen ble gjort i 2018 (Fishguard 2019). Resultatene fra 2018 viste at overflaten av sjøbunnen var lite/ikke forurensset av tidligere utslipp fra boringen/driften ved feltet. Konsentrasjonen (mg THC/kg tørt sediment) av total hydrokarboner (THC) var under eller rundt bakgrunnsnivå (11 mg/kg) for området. I perioden som overvåkingen har foregått har ingen av stasjonene hatt THC-nivå over 100 mg/kg og vurderes til å være lite forurensset. Det har generelt vært målt høyest innhold av olje på den nærmeste stasjonen sør for plattformen. I 2018 ble det 300 m øst for plattformen observert svarte flekker nede i sedimentet, som kan skyldes rester av olje eller oksygenmangel og dermed dannelse av sulfider.

Innholdet av barium var i år 2000, 2012 og 2015 noe høyere nærmest plattformen i forhold til bakgrunnsnivå. Barium inngår som vektmateriale i borevæsker og kan dermed brukes som sporstoff for slike utslipp. På stasjonene i større avstand fra plattformen var konsentrasjonen lavere. Stasjonen sør for plattformen har generelt hatt høyest metallinnhold og det kan tyde på at sørlig strøm dominerer. I 2018 hadde alle stasjonene et bariuminnhold som var under bakgrunnsnivå for området. Noen andre metallkonsentrasjoner på enkelte stasjoner var over bakgrunnsnivå, men de fleste var under.

Undersøkelsene viser at overflatesedimentet ved Heimdal generelt har et lavt innhold av olje og metaller.

Bunndyrssammensetning ble sist undersøkt i 2006 (Unifob 2007). Det ble ikke funnet noen tydelig effekt av utslipp fra plattformen. Stasjonene hadde en artsrik og uforstyrret fauna.

Det er ikke utarbeidet grenseverdier for konsentrasjoner av forurensning og tilhørende miljøklassifisering for sjøbunn i Nordsjøen-Norskehavet, slik det er for fjorder og kystfarvann (Veileder 02 2018). Offshore beregnes et bakgrunnsnivå (LSC, Limit of Significant Contamination) ut fra målte verdier på antatt uforurensede, regionale stasjoner.

Tabell 3-1 gjengir bakgrunnsnivå som ble beregnet for 2018 (Fishguard 2019).

**Tabell 3-1.** Bakgrunnsnivå (mg/kg tørt sediment) for forurensning i området ved Heimdal (LSC, 1997-2018, underregion sentral, Fishguard 2019). \* for arsen er bare resultater fra 2018 benyttet.

	THC	PAH	NPD	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	As*
LSC, 1997-2018	11,0	0,126	0,045	150	0,034	10,5	2,7	0,012	6,8	14,4	2,2

I 2018 ble det analysert for naturlig radioaktivitet og PFAS (Per- and Polyfluorinated Alkylated Substances) i Region II (Fishguard 2019, IFE 2018, NIVA 2018). Undersøkelse av PFAS har foregått over flere år (NIVA 2018). Det ble ikke tatt prøver ved Heimdal i undersøkelsen. Resultatene tyder ikke på et generelt økt nivå av stråling (nuklider som kan stamme fra reservoar og følge produsert vann til utslipp) av prøvene nærmest plattformene. Innholdet av PFAS-forbindelsene (som kan stamme fra utslipp av brannskumkjemikalier) varierte betydelig mellom installasjonene, hvor noen områder var forurensset, og andre ikke.

## 4 RESULTATER

### 4.1 Generelle observasjoner

På sjøbunnen var det visuelt en tydelig endring i fra området ved basis av plattformen og utover (Figur 4-1). Nær plattformen var det mye blåskjellskall (mest døde skjell med mørkt/svart mudder imellom) sjøanemoner (trolig mest sjønellik, *Metridium* spp. og andre sjøanemoner), noen sjøstjerner og diverse krepsdyr. Det ble også sett bløtkoraller (*Paragorgia*, ved Hem CP 7, se foto i vedlegg A) og en blekksprut. Kaldtvannskoraller (*Desmophyllum pertusum* som tidligere het *Lophelia*) ble ikke sett, men slike koraller kan vokse på stålunderstell.

I vannet over var det mye fisk (mest sei, men også torsk og hyse). Basert på observasjonene ble området med skjellrester på bunnen anslått til å strekke seg ut til ca. 50 m fra plattformen i alle retninger, men betydelig mindre mengder fra ca. 20 m og utover. Det var mest skjellrester ut mot sør og kortere mot nord. Skjellene stammer fra overflatesonen på stålunderstellet, hvor de detter ned fra, enten som døde eller de blir spist/dør på bunnen. Blåskjell lever ikke naturlig på 120 m dyp.

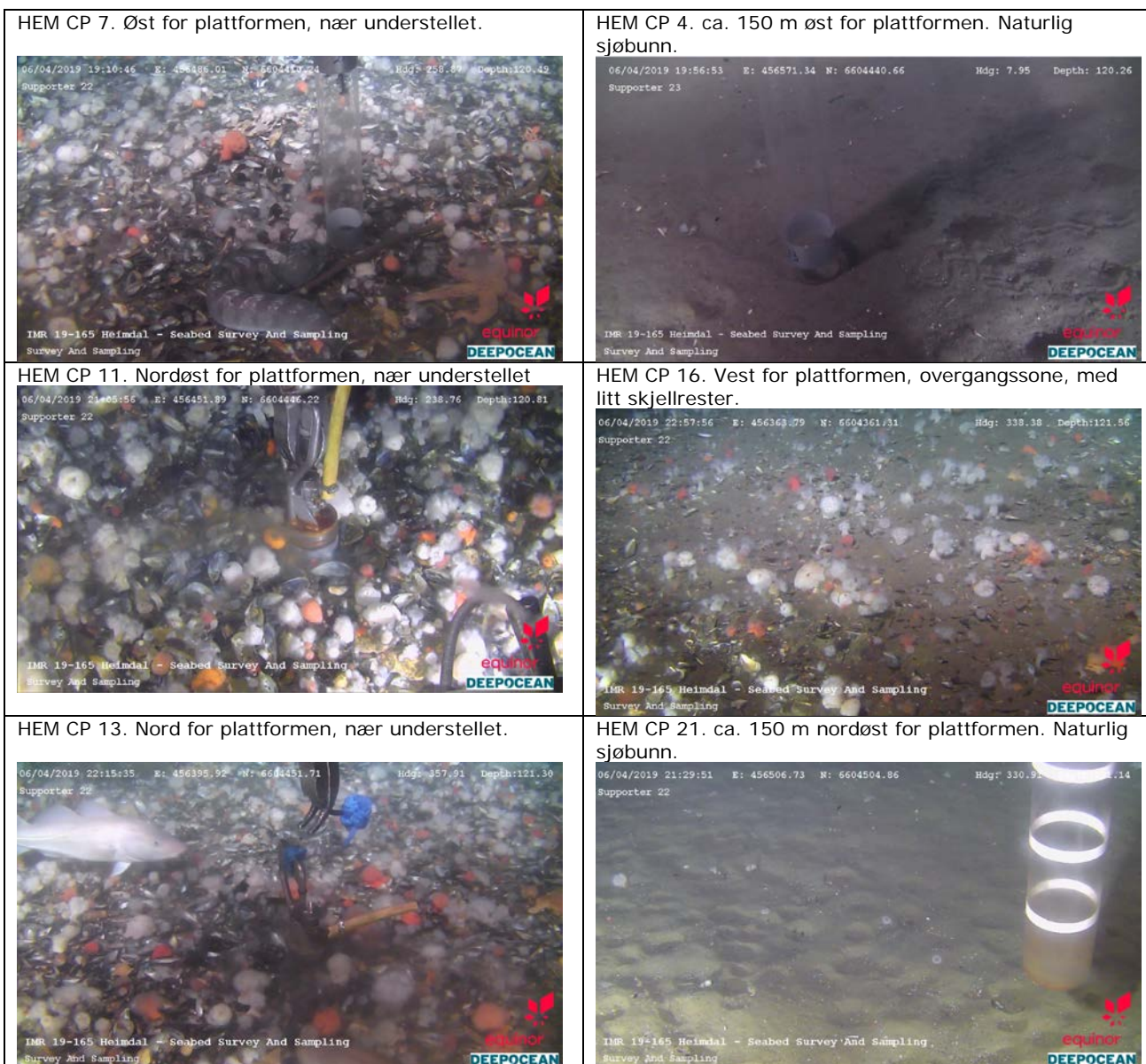
Tykkelsen med laget av skjell ble ikke målt, men anslått til ca. 50 cm på det tykkeste ut fra bilder og erfaring fra prøvetakingen. Det er tykkest nærmest plattformen, ut mot 20-50 m avstand ligger skjell spredt. Området innenfor bunnrammen til stålunderstellet ble ikke undersøkt, men kan antas å ha minst like mye blåskjellrester på bunnen (kanskje 50 cm tykt lag). Kjerneprøverørene egner seg ikke til å ta prøver av dette laget med, siden skjellene i liten grad fanges i rørene og materialet er løst og lite klebrig og renner ut av rørene. Noen prøvestasjoner ble dermed flyttet noen meter i forhold til planlagt, for å få prøve. Litt skjellrester og fauna som lever på toppen av sediment, ble samlet i enkelte av prøvene.

Lenger borte fra plattformen var det mudder og finkornet sand på sjøbunnen. Noen groper som blir laget av bunndyr og enkelte dyr var synlig på overflaten.

Naturlig sediment i området kan beskrives som finkornet, olivengrønn, sand. Prøvene som virket upåvirket av utslipp fra plattformen, lignet på prøvene som samles i den ordinære miljøovervåkingen. Det var vanlig med mørkere parti i øverste 5-15 cm av overflatesedimentet. Dette er også observert i den ordinære miljøovervåkingen (for eksempel 300 m fra plattformen mot vest i 2018). Sedimentet og de mørkere partiene lukter ikke olje eller H<sub>2</sub>S, og den mørke fargen kan ha naturlige årsaker. Tidligere miljøovervåking har ikke målt oljeforurensning av betydning på stasjoner med slike mørke felt.

Kjerneprøvene som ut fra lokasjon (nærmest der det har vært utslipp fra boring) og observasjoner under feltarbeidet antas å være påvirket, hadde til dels en annerledes kvalitet enn de lenger borte (naturlig sjøbunn). Det ble funnet mer blåskjell øverst og mørkt mudder/sand mellom skjellrestene, og dypere i sjøbunnen kunne det være tydelige sjikt. Disse lagene hadde varierende tekstur og farge (Figur 4-2). De hadde gjerne ulike gråtoner og fra sandig konsistens til mer finkornet. Andre steder kan borekaks (oljebasert eller syntetiske borevæsker) ha en myk, og glatt leireaktig konsistens, med brun, grå eller svart farge. Prøvene fra Heimdal minner ikke om det. Dessuten lukter prøvene ved Heimdal ikke av olje eller H<sub>2</sub>S, noe som er vanlig i gamle borekakshauger. Ut fra observasjonene vurderes lagene i sjøbunnen under skjellrestene til å være rester fra sement eller vannbasert borevæske og utboret masse (kaks). Dette vil beskrives mer i kapitlet som omhandler analyseresultater.

Med måleinstrument ble det ikke registrert noe radioaktivitet i prøvene. Radioaktivitet fra reservoar er knyttet til nuklider i produsert vann og eventuell avleiring ('scale') fra vannet, og forhøyet nivå finnes dermed normalt ikke i utslipp fra boring i norske områder.

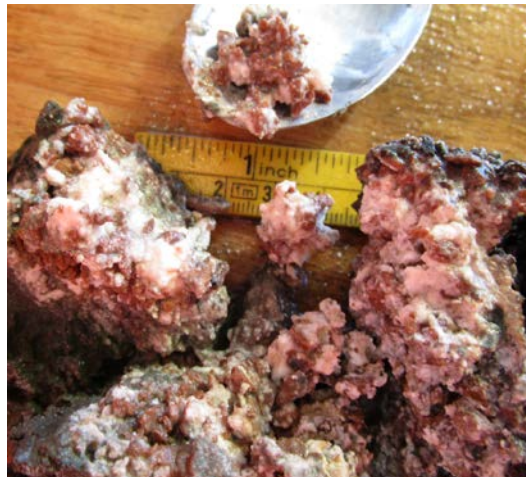


**Figur 4-1.** Et utvalg av bilder fra ROV-video fra prøvetakningen ved Heimdal i april 2019. Prøvesteder nærmest plattformen, med mye blåskjell er vist til venstre, og overgang til, eller helt naturlig sjøbunn er vist til høyre. Det er flere bilder i Vedlegg A.

**HEM CP 1.** Gråsvart sand med blåskjell. Et litt grovere parti, og nederst var det en hard, men knuselig med fingrene, klump (sement?). Bildet viser en detalj fra den nederste delen.



**HEM CP 2.** Ca. 10 cm med skjellrester og fauna på toppen, deretter 10-25 cm med gråsvart finkornet sand og mudder. 25-30 cm, lyst parti med brune klumper, mykt men noen korn. Bildet viser detalj fra funn i bunn av prøven. Materialet har ukjent opprinnelse, men kan være utslipp fra boring.



**HEM CP 6.** 5 cm med skjellrester og mudder. 5-15 cm, med olivengrønt, svart gråsvart sediment. 10 cm nederst, grå sand, lagdelt, trolig sement eller borekaks



**HEM CP 18.** Øverste 15 cm; Svart finkornet sediment med skjellrester, svart lag underst. Antydning til lukt av olje i 0-15 cm. Svarte og grå sjikt under dette. Er det utslipp av sement/kaks?



Fortsetter neste side

**HEM CP 10.** Prøven er presset ut av prøverøret.



**HEM CP 10.** Prøven er delt på langs og lagdeling kan lettere ses og beskrives. Ca. 30 cm med varierende tekstur og farge. Kaks eller sement? 5 cm med blåskjell øverst. Nederst i prøven er 5 cm med olivengrønn naturlig sediment med mørke felt.



**HEM CP 21.** Olivengrønt finkornet sediment. Naturlig sjøbunn. En del mørke felt i øverste 5 cm.



**HMP CP 25.** Olivengrønt finkornet sediment med litt blåskjellrester på toppen. Naturlig sjøbunn. Ingen spesiell lukt.



**Figur 4-2.** Foto av noen av prøvene med beskrivelse fra feltarbeidet og spesielle funn. Fargene kan være noe misvisende (av fototekniske årsaker). Se Vedlegg A for flere detaljer om prøvene.

## 4.2 Kornstørrelse og TOC

Kornstørrelse og organisk innhold (TOC) brukes mest som støtteparametre for tolkning av de kjemiske resultatene og eventuelle endringer over tid. Finkornet sediment har større overflate pr volum, og dermed bedre mulighet til å binde på forurensning enn mer grovkornete sediment. TOC gir et mål for organisk materiale i bunnen. TOC måler først og fremst naturlig organisk materiale, det skal nok så mye olje til i sedimentet, før det kan spores som TOC.

Med unntak av de to øverste prøvene fra HEM CP 6, var TOC-innholdet under 1% (Vedlegg B). Det er på nivå med det som er funnet på de regionale stasjonene i den ordinære miljøovervåkingen. De to øverste prøvene fra HEM CP 6 hadde 1,1 og 2,6 % TOC og det kan tyde på en liten opphopning av organisk materiale. Disse to prøvene hadde også blant det høyeste innholdet av små partikler (38 og 50 % leire og silt).

Basert på kornstørrelse ble sedimentet karakterisert som 'veldig fin sand', 'fin sand' og 'silt og leire'. Det var en tendens til mer finkornet sediment (leire og silt) nærmest plattformen enn lenger borte (finkornet sand), og det kan skyldes at blåskjellene hindrer at vannstrøm transporterer bort de minste partiklene.

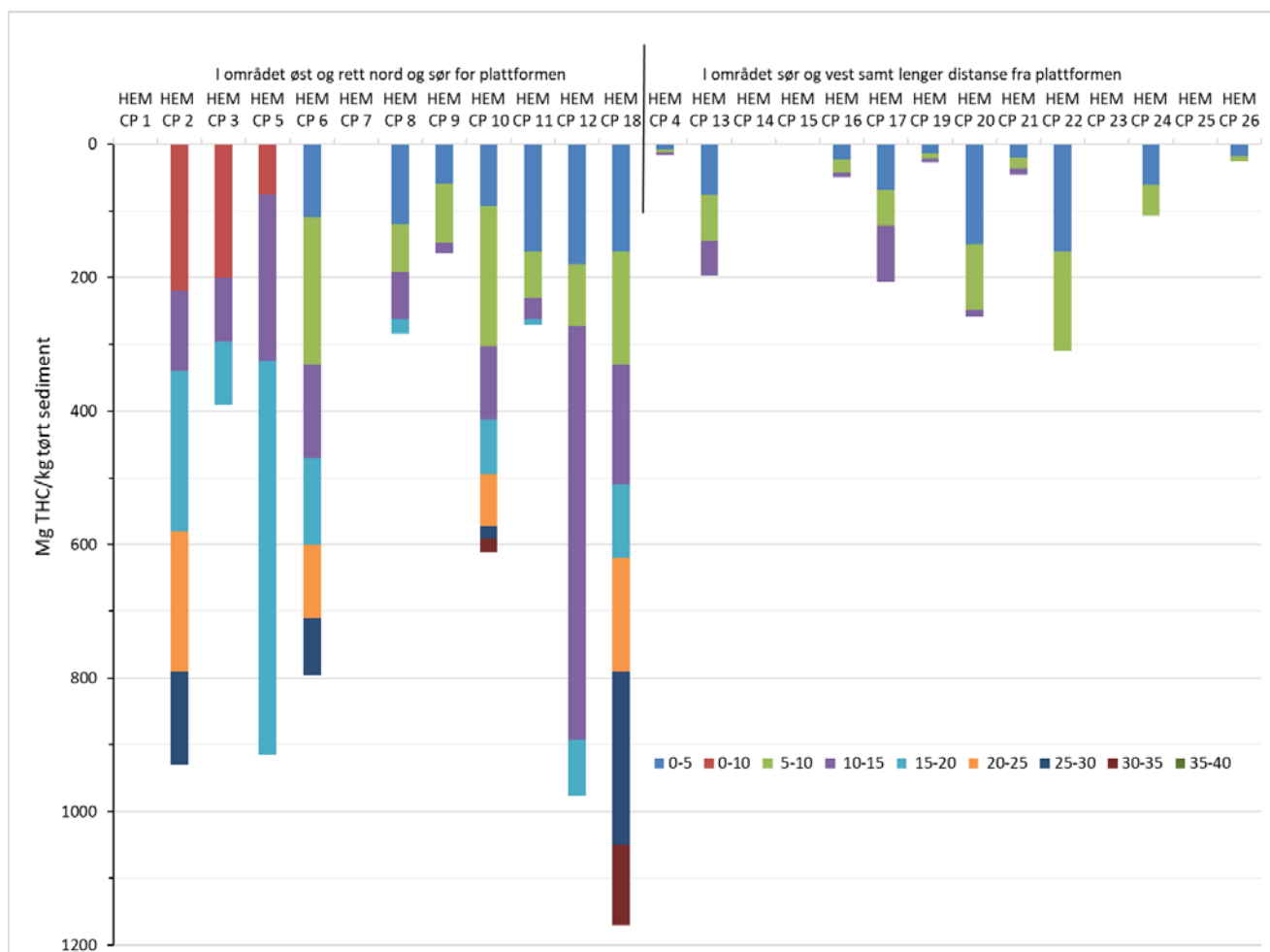
## 4.3 Hydrokarboner

Hydrokarboner i sjøbunnen rundt plattformer kan stamme fra tilsetninger i oljebaserte borevæsker og/eller fra boring gjennom berggrunn med hydrokarboner. Eventuelt andre utslipp.

Innhold av olefiner, ester og eter ble analysert i noen få prøver for å se om det kunne være rester av syntetiske borevæsker i sjøbunnen (f. eks. Aquamul og Finagreen), men forbindelsene ble ikke påvist (se Vedlegg B). Dette stemmer med at slike borevæsker ikke er benyttet ved Heimdal.

Innholdet av THC lå rundt 100-200 mg/kg i de fleste prøvene (Figur 4-3, Vedlegg B). På stasjoner lengst ut og noen prøver nederst i kjernene var konsentrasjonen rundt 10 mg/kg, som er på linje med bakgrunnsnivå for området (Tabell 3-1 og 4-1). I kjernene fra området, hvor det var mest utslipp fra boring, var sjøbunnen forurenset ned til 20-35 cm (hele lengden av prøven). Det var ingen tydelig trend mellom sjiktene, slik at topplaget (0-5 cm) kunne ha like mye THC som 20-25 cm intervallet. Dette gjelder prøvene som ble tatt nærmest plattformen (i borekaksen). Prøvetakning av andre borekakschauger har også vist at det kan være stor variasjon mellom prøver som er tatt nær hverandre. Lenger borte fra Heimdal var det mer tydelig at THC-innholdet avtok med økende dyp i sjøbunnen.





**Figur 4-3.** Innhold av THC i hvert av de ulike sjiktene for de analyserte prøvene. (NB! Ikke akkumulerte verdier, pr. stasjon).

På stasjon HEM CP 12, 10-15 cm, var THC-innholdet høyest (620 mg/kg) av alle de analyserte prøvene. Kromatogrammet fra analysen, skilte seg også ut fra de andre prøvene. Sedimentet var svart i dette sjiktet, og THC kan være rester av gammel olje. Det er ikke funnet årsak til at akkurat denne prøven fra området nord for plattformen var mest forurenset.

Ut fra kromatogrammene fra analysene, var det ikke mulig å identifisere kilden til hydrokarbonene i sedimentet (se Vedlegg B).

PAH (Polysykliske aromatiske hydrokarboner) og NPD (Naftalen, fenantren og dibenzotiofen og deres C1-C3 homologe), ble analysert på stasjonene HEM CP 5, 6 og 9 i fra østsiden av plattformen. Disse forbindelsene kan indikere oljeforurensning. Resultatene (Tabell4-1) viste at det var høyest konsentrasjon nærmest plattformen og i forhold til bakgrunnsnivå var de fleste prøvene forurenset. Det var ikke noe mønster i resultatene med hensyn konsentrasjon, stasjoner og sjikt i sjøbunnen.

**Tabell 4-1.** Innhold av PAH og NPD i 12 prøver.

Prøve	PAH	NPD
HEM CP 5 0-10 cm	0,7	1,0
HEM CP 5 10-15 cm	1,9	12,3
HEM CP 5 15-20 cm	0,9	5,8
HEM CP 6 0-5 cm	1,0	1,6
HEM CP 6 5-10 cm	0,7	3,5
HEM CP 6 10-15 cm	0,7	3,4
HEM CP 6 15-20 cm	3,6	2,1
HEM CP 6 20-25 cm	2,9	1,9
HEM CP 6 25-30 cm	0,1	1,7
HEM CP 9 0-5 cm	0,4	1,3
HEM CP 9 5-10 cm	0,1	0,6
HEM CP 9 10-15 cm	0,3	0,3
Bakgrunnsnivå	0,126	0,045

Oppsummert viser THC-analyseresultatene av sjøbunnen nærmest og øst for plattformen var forurenset ned til minst 30-40 cm, og at forurensningen avtok med økende avstand til plattformen. Nivået av THC var betydelig lavere (100-200 mg/kg) enn det en kan finne i borekakschauger med oljebaserte borevæsker (1 000-150 000 mg/kg, DNV GL 2017). Boreaksen ved Heimdal, kan karakteriseres som lite forurenset av olje.

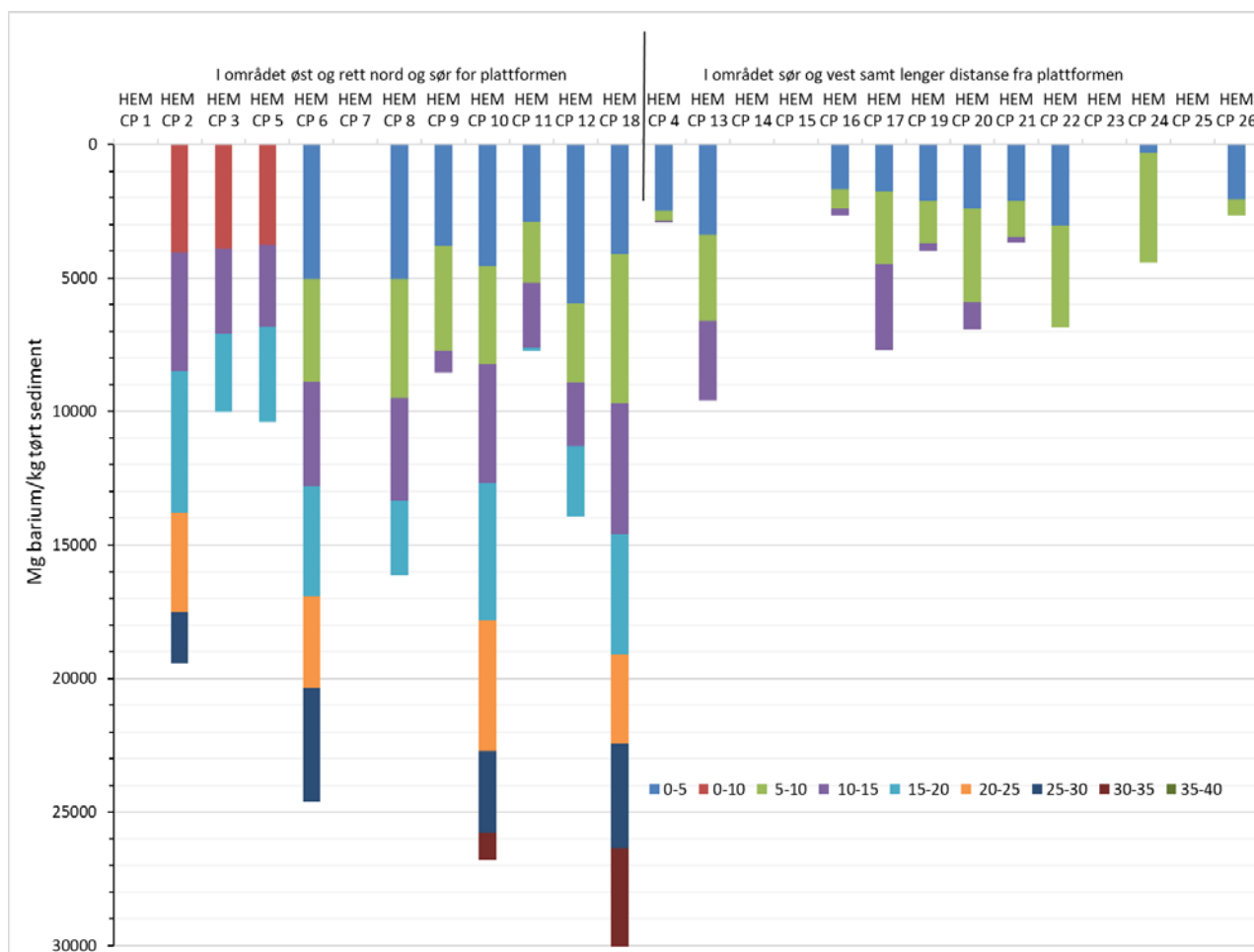
## 4.4 Metaller

Barium inngår som vektmateriale i borevæsker og kan dermed brukes som sporstoff for utslipp og sedimentasjon rundt boreplattformer. Barium foreligger i en inert form og er lite giftig for organismer i sjøen. I en periode ble titan (ilmenitt) benyttet som vektstoff ved noen borer, men det er nå lite brukt. De andre metallene som er analysert er enten bestanddeler (små mengder/forurensning) i tilsetningsstoff til borevæskene, eller stammer fra naturlig i berggrunnen som er boret ut i brønnen.

Innholdet av barium i prøvene er vist i Figur 4-4 og i Vedlegg B. I hovedsak har utbredelsen til barium det samme mønsteret som THC. Det var høyest nivå nærmest plattformen. For en del av kjernene avtok bariuminnholdet mindre med økende dyp enn THC. Barium brytes ikke ned og må spres eller fortynnes med rent sediment for at konsentrasjonen skal avta.

Gjennomsnittlig konsentrasjon var 2500 mg/kg og det høyeste innholdet var 6000 mg i det øverste sjiktet på HEM CP 12. I forhold til bakgrunnsnivå (150 mg/kg) var nesten alle prøvene forurenset.

Oppsummert viser bariumresultatene at området nærmest plattformen var markert påvirket av utslipp fra boring og at dette var påviselig ned til minst 35 cm.



**Figur 4-4.** Innhold av barium i hvert av de ulike sjiktene for de analyserte prøvene. (NB! Ikke akkumulerte verdier, pr. stasjon).

Tabell 4-2 viser minimum, maksimum, gjennomsnitt og median for de analyserte prøvene. Det var høyt innhold av blant annet jern i prøvene, og det førte til forholdsvis høy kvantifiseringsgrense (LOQ, Level of Quantification) for noen av de oppgitte metallene. På nederste rad står bakgrunnsverdier (LSC) for området. Generelt hadde prøvene et forhøyet innhold av metallene i forhold til bakgrunnsnivå, og utslipp fra driften ved plattformen er den nærliggende årsaken til dette.

**Tabell 4-2.** Bakgrunnsnivå (mg/kg tørrt sediment) for forurensning i området ved Heimdal (LSC, 1997-2018,

	As, Arsen	Ba, Barium	Cd, Kadmium	Cr, Krom	Cu, Kobber	Pb, Bly	Ti, Titan	Zn, Sink	Hg, Kvikksølv
<b>Minimum</b>	1,62	53,2	0,29	6,69	2,13	2,59	85,5	14,5	0,01
<b>Maksimum</b>	19,2	5950	2,45	187	119	311	261	1220	0,15
<b>Gjennomsnitt</b>	8	3001	0,87	33	40	59	155	347	0,04
<b>Median</b>	6	3205	0,68	22	29	47	141	214	0,03
<b>LSC</b>	<b>2,2</b>	<b>150</b>	<b>0,034</b>	<b>10,5</b>	<b>2,7</b>	<b>6,8</b>	-	<b>14,4</b>	<b>0,012</b>

## 4.5 Vurdering i forhold til OSPAR's kriterier for etterlatelse av borekakschauger

OSPAR (2006) angir to kriterier som skal oppfylles for at en borekakschaug kan etterlates uten spesielle tiltak;

1. Det skal ikke lekket ut mer olje enn 10 t pr år
2. Forurenset areal skal være innenfor en grense på 500 km<sup>2</sup>/år\*

\* Et 1 km<sup>2</sup> forurenset areal (med konsentrasjon >50 mg THC/kg) kan eksistere i maksimalt 500 år, eller et 500 km<sup>2</sup> stort areal kan eksistere i 1 år.

Med bakgrunn i det lave innholdet av THC (olje), det mest forurenset arealet er dekket med blåskjell, og tester av borekaks har vist at oljen i stor grad er bundet til partiklene og er lite vannløselig, anses kriterie 1 som oppfylt.

Forurenset areal med konsentrasjon (>50 mg THC/kg) er forholdsvis lite ved Heimdal. Dersom en foretar en konservativ tilnærming og antar at det er 300x300 m i utstrekning (0,09 km<sup>2</sup>) kan det eksistere i 5 500 år. I et slik tidsperspektiv er det sannsynlig at oljen er brutt ned og kriterie 2 er dermed oppfylt.

Det er tidligere gjort en screening av borekakschauger opp mot OSPAR sine kriterier for etterlatelse og de har konkludert med at kravene er oppfylt (DNV 2008, Aquaterra 2008, OSPAR 2009b). Det er senere ikke funnet borekakschauger på norsk sokkel som overskriver kriteriene (DNV GL 2017).

## 5 REFERANSER

- Aquatera 2008. Initial Screening Assessment of UKCS Cuttings Piles. Shell UK Limited. Report rev 1.1. March 2008.
- Bakke, T, Klungsøyr, J, and Sanni, S, Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. Marine Environmental Research 92 (2013) 154-169.
- DeepOcean 2019. HEIMDAL - SEABED SURVEY AND SAMPLING. END OF JOB REPORT. IMR NO: 19-165. DOC NO: NO.E11111-ENG-REP-007. ISSUED DATE: 09.04.2019. Rev A.
- DNV 2008. OLF borekaks, datasammenstilling. DNV rapport 2008-4132. Oktober 2008.
- DNV GL 2017. Drill cuttings piles management and environmental experiences. Report for Bransjeforeningen Norsk Olje og gass. DNV GL report: 2017-4056. 2017-12-19, revisjon 01.
- DNV GL 2019. Level II Hazardous Material Inventory Mapping. Report No.: 2018-4088, Rev. 0. Document No.: 221230. Date: 2019-01-04.
- Equinor 2019. Arbeidsprogram for IMR-Operasjoner. IMR 19-165. Sediment prøvetaking rundt kaks haug på Heimdal. Rev 01. 22-03-2019. AO/WBS T.O036C.DM.10010.
- Fishguard 2019. 2. utkast. Miljøovervåking av olje-og gassfelt i Region II, 2018. Hovedrapport. Utkast sendt til Miljødirektoratet April 2019.
- IFE 2018. Bestemmelse av naturlig radioaktivitet i sedimentprøver. Oppdrag nr 2018-2215. Ref VE71.8/ARA. Datert 2018-11-16.
- MDIR 2016. Miljødirektoratet. Miljøovervåking av petroleumsvirksomheten til havs. Veileder M-300-2015.
- MMT 2018. ST18536 – HEIMDAL DECOMMISSIONING - DETAILED SURVEY. WO: 4503659554. MARINE SURVEY REPORT | 300072-EQU-MMT-SUR-REP-ST18538
- NIVA 2018. Per- and Polyfluorinated Alkylated Substances (PFAS) in biota and sediment from the offshore oil and gas industry. Notat. Journal number: 1403/ 18. Datert: 14.11.2018.
- NOROG (Norwegian Oil and Gas Association) 2016. Guidance document for characterization of offshore drill cuttings piles. Version 4, 21 October 2016.
- OSPAR 2006. OSPAR recommendation 2006/5 on a Management Regime for Offshore Cuttings Piles. OSPAR 2009. Implementation report on Recommendation 2006/05 on a Management Regime for Offshore Cuttings piles. Publication 2009/451.
- OSPAR 2016. Impacts of certain pressures of the offshore oil and gas industry on the marine environment – stocktaking report. No 2016/684.
- Unifob 2007. Miljøovervåking av olje- og gassfelt i Region II i 2006. UNIFOB AS, Seksjon for anvendt miljøforskning. 23. mars 2007
- Statoil 2017. Veslefrikk PL 052 Konsekvensutredning for avslutning av Veslefrikk-feltet. Dok. nr. PM598-DD-023-001. Rev 01.
- Veileder 2:2018 Klassifisering. Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologiske og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

## VEDLEGG A. INFORMASJON OM PRØVENE

Koordinater for stasjonene. Datum: ED50, UTM sone 31N.

Stasjon	Øst	Nord
Hem CP 1	456 472	6 604 438
Hem CP 2	456 472	6 604 427
Hem CP 3	456 471	6 604 422
Hem CP 4	456 571	6 604 439
Hem CP 5	456 473	6 604 435
Hem CP 6	456 467	6 604 444
Hem CP 7	456 482	6 604 408
Hem CP 8	456 490	6 604 419
Hem CP 9	456 494	6 604 447
Hem CP 10	456 478	6 604 454
Hem CP 11	456 455	6 604 465
Hem CP 12	456 433	6 604 448
Hem CP 13	456 398	6 604 452
Hem CP 14	456 697	6 604 470
Hem CP 15	456 499	6 604 242
Hem CP 16	456 365	6 604 360
Hem CP 17	456 460	6 604 315
Hem CP 18	456 469	6 604 384
Hem CP 19	456 528	6 604 411
Hem CP 20	456 487	6 604 473
Hem CP 21	456 506	6 604 505
Hem CP 22	456 461	6 604 340
Hem CP 23	456 378	6 604 319
Hem CP 24	456 398	6 604 346
Hem CP 25	456 349	6 604 381
Hem CP 26	456 334	6 604 404

Oversikt over prøver og beskrivelse. Til høyre vises hvilke prøver som ble analysert

Stasjons-navn	Prøverør nr	Lengde av kjerne (cm)	Sjikt, prøver. z= i zip-pose. I.P.= ikke prøve	Beskrivelse	THC	PAH+ NPD	Metaller (Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)	Kornstørrelse	TOC	Ester	Eter	Olefiner	
HEM CP 1	26	12	0-5	Gråsvart sand med blåskjell. Et litt grovere parti, og nederst var det en hard klump (sement?).									
			5-10										
HEM CP 2*	24	30	0-10*	Ca 10 cm med skjellrester og fauna på toppen, deretter 10-25 cm med gråsvart finkornet sand og mudder. 25-30 cm, lyst parti med brune klumper, mykt men noen korn. Trolig borevæske eller sement. * Mye skjellrester i 0-10 cm prøve. 200 gr prøve i 15-20 cm.	x		x	x					
			10-15		x		x	x					
*Prøveposer er merket med CP 5, (ytre merkelapp på pose med CP 2) bruk CP 2 ved rapportering			15-20		x		x	x					
			20-25		x		x	x					
			25-30		x		x	x					
HEM CP 3	23	20	0-10*	Ca 10 cm med blåskjellrester og svart mudder. 10-15 cm litt mindre skjell, men gråsvart. Nederste 5 cm blanding mellom olivengrønt finkornet sediment (naturlig sjøbunn) med mørkere parti. En hard (men knusbar) lys klump og brune korn nederst. Sement, borevæske? Ingen spesiell lukt i noen sjikt.	x		x						
		10-15	x			x							
		15-20	x			x							
HEM CP 4	13	17	0-5	Olivengrønn finkornet sand. Ingen mørke felt, ingen spesiell lukt. Naturlig sjøbunn.	x		x						
		5-10z	x			x							
		10-15z	x			x							
HEM CP 5/5A**	25	20	0-10	0-15 cm, svart sediment med blåskjellrester. Fauna på toppen. Nederste 10 cm er innblandet med lysere parti. Sement?	x	x	x						
**Prøveposer merket med CP 5A. Bruk 5 ved rapportering.			10-15		x	x	x						
			15-20		x	x	x						
HEM CP 6	5	33	0-5	5 cm med skjellrester og mudder. 5-15 cm, med olivengrønt, svart gråsvart sediment. 10 cm nederst, grå sand, lagdelt, trolig sement eller borekaks.	x	x	x	x	x	x	x	x	
		5-10	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
		10-15	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
		15-20	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
		20-25	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
		25-30	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
HEM CP 7	21	30	0-5	Øverste 10-15 cm; litt blåskjell øverst, ellers grått og svart sediment. Noe sement? Nederste 15 cm ren olivengrønn naturlig sjøbunn									
		5-10											

Stasjons-navn	Prøverør nr	Lengde av kjerne (cm)	Sjikt, prøver. z= i zip-pose. I.P.= ikke prøve	Beskrivelse	THC	PAH+ NPD	Metaller (Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)	Kornstørrelse	TOC	Ester	Eter	Olefiner	
			10-15										
			I.p.										
			25-30										
HEM CP 8	22	20	0-5	Øverste 5 cm; gråsvart sediment med blåskjell. 5-15 cm, innblandet lysere og grovere materiale (sement el kaks?), nederste 3 cm er naturlig sjøbunn med mørke felt	x		x						
			5-10		x		x						
			10-15		x		x						
			15-20		x		x						
HEM CP 9	17	42	0-5	Olivengrønt finkorna sediment. Litt grovere partikler og skjellrester øverst. Mørke parti i 0-15 cm. Naturlig sjøbunn under.	x		x	x	x	x	x	x	
			5-10		x		x	x	x	x	x	x	
			10-15		x		x	x	x	x	x	x	
			I.p.										
			35-40										
HEM CP 10	18	35	0-5	Ca 30 cm med varierende tekstur og farge. Kaks eller seMENT? 5 cm med blåskjell øverst. 5 cm i bunn er olivengrønn naturlig sediment med mørke felt.	x		x						
			5-10		x		x						
			10-15		x		x						
			15-20		x		x						
			20-25		x		x						
			25-30		x		x						
			30-35										
HEM CP 11	4	37	0-5	Gråsvart sediment øverst (13 cm). Ingen spesiell lukt, litt skjellrester. Olivengrønt finkornet sediment under.	x		x						
			5-10		x		x						
			10-15		x		x						
			15-20		x		x						
			20-25										
			25-30										
HEM CP 12	3	30	0-5	15 cm med gråsvart sediment og skjellrester. Fauna på toppen. 5 cm med svart finkornet sand. 10 cm nederst med olivengrønn sand. Ingen spesiell lukt i noen sjikt.	x		x						
			5-10		x		x						
			10-15		x		x						
			15-20		x		x						
			20-25										
			25-30										



Stasjons-navn	Prøverør nr	Lengde av kjerne (cm)	Sjikt, prøver. z= i zip-pose. I.P.= ikke prøve	Beskrivelse	THC	PAH+ NPD	Metaller (Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)	Kornstørrelse	TOC	Ester	Eter	Olefiner
HEM CP 13	1	33	0-5	Ca 5 cm med skjellrester og fauna pluss svart sediment. 10 cm med mørk sand under. Svak lukt av olje 5-10 cm. Olivengrønt sediment resten (under 15 cm)	x		x	x				
			5-10z		x		x	x				
			10-15z		x		x	x				
			I.p.									
			25-30z*									
HEM CP 14	14	38	0-5	Olivengrønt sediment. Noen mørkere (svarte felt) i 0-15 cm. Ingen spesiell lukt.								
			5-10									
			10-15									
			I.p.									
			30-35z									
HEM CP 15	15	35	0-5	Som CP 14								
			5-10									
			10-15									
			I.p.									
			25-30z									
HEM CP 16	8	40	0-5	Olivengrønn finkornet sand. Litt mørkere i øverste 5 cm. Litt skjellrester på toppen, ellers naturlig sediment.	x		x	x				
			5-10		x		x	x				
			10-15		x		x	x				
			15-20									
			20-25									
			25-30									
			30-35									
			35-40									
HEM CP 17	16	37	0-5	Olivengrønt finkornet sediment. Mørke parti 0-10 cm. Ingen spesiell lukt.	x		x	x				
			5-10		x		x	x				
			10-15		x		x	x				
			I.p.									
			30-35z									
HEM CP 18	11	37	0-5		x		x					
			5-10		x		x					

Stasjons-navn	Prøverør nr	Lengde av kjerne (cm)	Sjikt, prøver. z= i zip-pose. I.P.= ikke prøve	Beskrivelse	THC	PAH+ NPD	Metaller (Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)	Kornstørrelse	TOC	Ester	Eter	Olefiner	
			10-15	Øverste 15 cm; Svart finkornet sediment med skjellrester, svart lag underst. Antydning til lukt av olje i 0-15 cm. Svarte og grå sjikt under dette. Er det utslipp av sement/kaks?	x		x						
			15-20		x		x						
			20-25		x		x						
			25-30		x		x						
			30-35		x		x						
HEM CP 19	12	33	0-5	Olivengrønt finkorna sediment. Mørkere og litt skjell øverste 5 cm.	x		x						
			5-10z		x		x						
			10-15z		x		x						
			I.P.										
			25-30z										
HEM CP 20	19	35	0-5	Blåskjellrester øverste 5 cm. Mørke felt i øverste 15 cm, ellers olivengrønt finkornet sediment. Ingen spesiell lukt.	x		x	x	x				
			5-10		x		x	x	x				
			10-15		x		x	x	x				
			I.P.										
			30-35z										
HEM CP 21	2	40	0-5	Olivengrønt finkornet sediment. Naturlig sjøbunn. En del mørke felt i øverste 5 cm.	x		x						
			5-10		x		x						
			10-15		x		x						
			I.P.										
			35-40										
HEM CP 22	20	9	0-5	Svart og mørkegrønt finkornet sediment. Blåskjellrester. Ingen spesiell lukt.	x		x						
			5-9		x		x						
HEM CP 23	10	45	0-5	Olivengrønt finkornet sediment. Naturlig sediment. Ingen spesiell lukt.									
			5-10										
			10-15										
			15-20										
			20-25										
			25-30										
			30-35										
			35-40										
HEM CP 24	9	30	0-5	15 cm med svart sediment og skjellrester. Ingen lukt. Underst 15 cm med finkornet sand, olivenarøn.	x		x						
			5-10		x		x						

Stasjons-navn	Prøverør nr	Lengde av kjerne (cm)	Sjikt, prøver. z= i zip-pose. I.P.= ikke prøve	Beskrivelse	THC	PAH+ NPD	Metaller (Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ti, Zn, As, Hg)	Kornstørrelse	TOC	Ester	Eter	Olefiner	
			10-15										
			15-20										
			20-25										
			25-30										
HEM CP 25	7	33	0-5	Olivengrønt finkornet sediment med litt blåskjellrester på toppen. Naturlig sjøbunn. Ingen spesiell lukt									
			5-10										
			10-15										
			15-20										
			20-25										
			25-30										
HEM CP 26	6	43	0-5	Olivengrønt sediment i hele prøven, men litt mørkere i øverste 5 cm	x		x						
			5-10		x		x						
			10-15										
			15-20										
			20-25										
			25-30										
			30-35										
			35-40										

Skjermbilder av video fra prøvetakningen.



### HEM CP 7, endelig plassering



### HEM CP 8

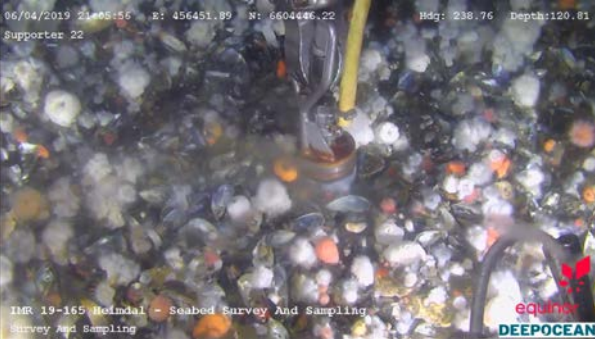


### HEM CP 9. Foto mangler

### HEM CP 10



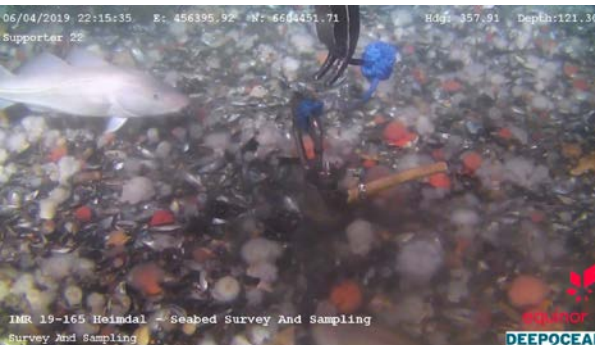
### HEM CP 11



### HEM CP 12

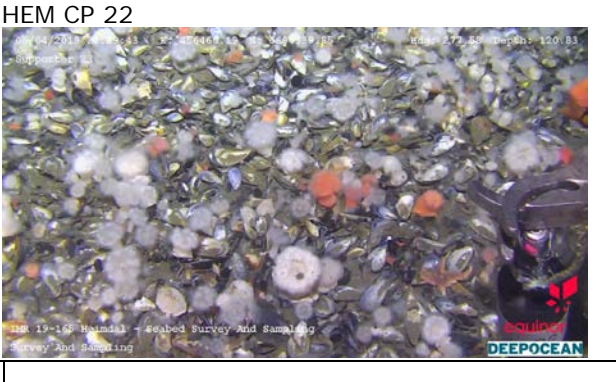
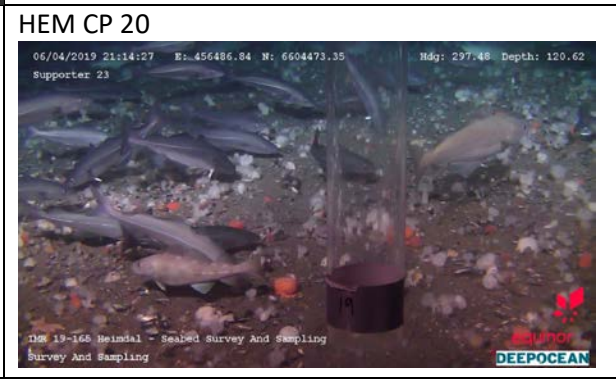
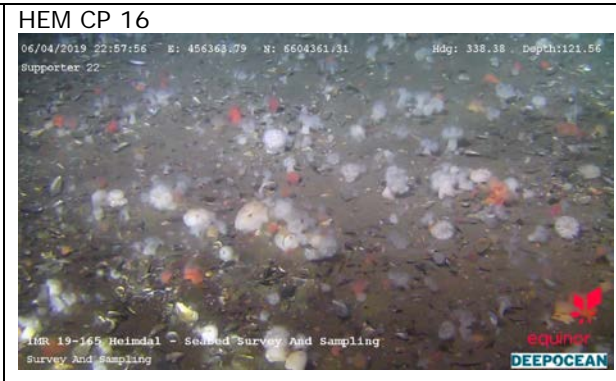


### HEM CP 13



### HEM CP 14





HEM CP 23



HEM CP 24



HEM CP 25



HEM CP 26





## **VEDLEGG B. METODER OG RESULTATER SAMT NOEN KROMATOGRAMMER FRA ANALYSER-SINTEFMOLAB**



### 3 METODEBESKRIVELSE

(SintefMolab)

#### 3.1 Kornstørrelsesfordeling

Metoden for bestemmelse av kornstørrelsesfordeling i sedimentprøver er beskrevet i Buchanan (1984). Metoden består av en hurtig, mekanisk separasjon av sandfraksjonen ( $> 63 \mu\text{m}$ ) fra silt og leire. Denne sandfraksjonen tørkes og siktes gjennom et sett med graderte sikter.

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. Ca. 10 g ble veid ut til nærmeste 0,01 g før våtsikting på en  $63 \mu\text{m}$  sikt. En egen prøve ble innveid, tørket og tørrvekten ble bestemt. Prosent silt og leire ( $< 63 \mu\text{m}$ ) i tørr prøve ble så beregnet.

Den gjenværende sandfraksjonen ( $> 63 \mu\text{m}$ ) ble tørket ved  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ , og siktet på nytt i tørr tilstand. En serie Retsch graderte sikter (Endecott Test Sieves, London) med mesh størrelser fra 2000 til  $63 \mu\text{m}$  ble brukt. Prøven ble ristet på en Retsch KG testing sieve shaker i minimum tre minutter. Vekten av hver fraksjon ble bestemt til nærmeste 0,01 g. En kumulativ vekt % fordeling ble beregnet, og beregningene ble videre brukt til å bestemme median partikkel diameter og avvik, skjevhet og kurtosis for partikkelstørrelsesfordelingen. Fordi partikkelstørrelsesfordelingen for fraksjonen  $< 63 \mu\text{m}$  ikke ble bestemt, ble  $\phi$ -verdien for denne samlefraksjonen satt lik 8 (beskrevet i Faksness 1998). Verdiene for  $Md\phi$ ,  $SD\phi$ ,  $Sk\phi$  og  $K\phi$  må derfor betraktes som ekstrapolerte resultater.

Formler brukt for beregninger av  $Md\phi$ ,  $SD\phi$ ,  $Sk\phi$  og  $K\phi$ :

$Md\phi$  (median partikkel diameter):

$Md\phi$  = verdien til midtpunktet (dvs. 50 %) til den kumulative % vektkurven.

$SD\phi$  (standard avvik):

$SD\phi$  estimeres ved:

$$SD\phi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

$SD\phi$  gir et mål for spredning i partikkelstørrelse rundt  $Md\phi$ , og således et mål for sorteringsgraden.

$Sk\phi$  (skjevhet):

$Sk\phi$  estimeres ved:

$$Sk\phi = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2Md\phi}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2Md\phi}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

$Sk\phi$  beskriver symmetrien av spredningen i fordelingen rundt  $Md\phi$ . En fullstendig symmetrisk fordeling vil ha  $Sk\phi = 0$ , negative verdier indikerer forskyvning av fordelingskurven mot grovere sediment, og positiv  $Sk\phi$  verdier indikerer forskyvning mot finere sediment.

### Kurtosis, $K\phi$ :

$K\phi$  estimeres ved:

$$K\phi = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

$K\phi$  beskriver toppetheten til fordelingen, dvs. hvor tung halene er (uttrykt ved  $\phi_5$  og  $\phi_{95}$  fraksjonene) sammenlignet med den sentrale delen av fordelingen. For en normalfordeling vil  $K\phi$  verdien være 1,00.

Oversikt over meshverdier og kornstørrelsesparametere er gitt i Tabell 3-1 og Tabell 3-2.

**Tabell 3-1** Kornstørrelsefordeling. Mesh størrelser og Wentworth klassifisering (Buchanan, 1984)

Mesh diameter ( $\mu\text{m}$ )	$\phi$	Beskrivelse
4000	-2	Grus
2000	-1	
1000	0	Grov sand
500	1,0	
355	1,5	Medium sand
250	2,0	
180	2,5	Fin sand
125	3,0	
90	3,5	Veldig fin sand
63	4,0	
<63	>4,5	Silt og leire (pelitt)

$\phi$ -verdien for silt og leire fraksjonen blir satt lik 8.

**Tabell 3-2** Tolkning av beskrivende størrelser.

	Indeks verdi	Tolkning
Standardavvik ( $SD\phi$ )	<0,35	svært godt sortert
	0,35-0,50	godt sortert
	0,50-0,71	moderat godt sortert
	0,71-1,00	moderat sortert
	1,00-2,00	dårlig sortert
	2,00-4,00	svært dårlig sortert
	>4,00	ekstremt dårlig sortert
Skjevhet ( $Sk\phi$ )	+1,00 til +0,30	meget skjev mot finkornig
	+0,30 til +0,10	skjev mot finkornig
	+0,10 til -0,10	symmetrisk
	-0,10 til -0,30	skjev mot grovkornig
	-0,30 til -1,00	meget skjev mot grovkornig
Kurtosis ( $K\phi$ )	<0,67	meget platykuritisk
	0,67-0,90	platykuritisk (flat-toppet)
	0,90-1,11	mesokuritisk (nærmest normal)

## 3.2 Totalt organisk karbon (TOC)

De tre grabbprøvene fra 0-5 cm sjiktet på hver stasjon ble blandet og homogenisert, og en homogenisert prøve ble analysert. TOC er bestemt etter NS-EN 13137 metode A ved at total karbon bestemmes i induksjonsovn, og uorganisk karbon bestemmes ved å løse prøven i fortennet fosforsyre. TOC beregnes da som differansen mellom total karbon og total uorganisk karbon.

## 3.3 Kjemiske analyser

### 3.3.1 Hydrokarboner

Prøveopparbeidelse:

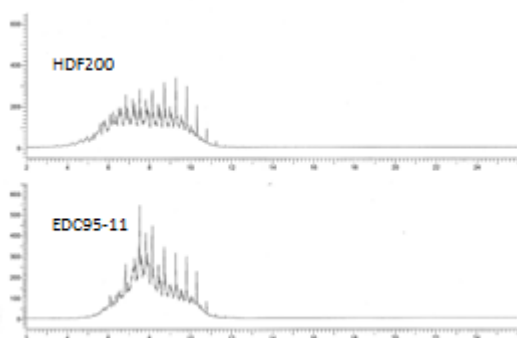
Sedimentprøvene til analyse av THC (n-C12 – n-C35) PAH og NPD ble opparbeidet med forhøyet trykk og temperatur ved bruk av Dionex ASE 350 Accelerated Solvent Extractor, med påfølgende opprensing på silika-kolonne etter bytte av løsningsmiddel til heksan. De viktigste trinnene i analyseprosedyren er vist i Figur 3-2.

Kvantifisering:

Innholdet av THC ble bestemt ved bruk av GC-FID, mens innholdet av PAH og NPD ble bestemt ved bruk av GC-MSMS.

THC ble bestemt med gasskromatografi i kokepunktområdet n-C12 alkan til n-C35 alkan.

Kvantifiseringen ble utført med bruk av en ekstern standardkurve av referanseoljen boreslamsolje HDF 200, som er benyttet ved tidligere overvåkningsprosjekter. Boreslamoljen som er foreslått benyttet i forslag til ny aktivitetsforskrift, EDC95-11, ble sammenliknet med HDF200; begge standardkurver viser en  $R^2 > 0,999$  i en 4-punkts kurve (0,1-1 mg/ml) og  $R^2 > 0,998$  i en 7-punkts kurve (0,1-10 mg/ml). Demings regresjon viser ingen forskjell mellom de to 7 punkts kurvene. (Slope 1,256 [1,098 to 1,413]. Intercept - 0,0581 [-0,2362 to 0,1199]).



**Figur 3-2** GC-FID kromatogram; HDF200 er vist øverst og EDC95-11 nederst.

PAH og NPD ble bestemt ved GC-MSMS med deuturerede forbindelser som internstandarder samt en ekstern standardkurve.



**Figur 3-3** Oversikt over de viktigste trinnene ved bestemmelse av hydrokarboner (THC, PAH, NPD) i sedimenter.

### 3.3.2 Metaller

Den kjemiske analysen av metaller inkluderer bestemmelse av Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ti, Zn og As med salpetersyreoppslutning (NS 4770).

Sedimentprøven ble tørket ved 40 °C i 2 døgn, homogenisert og siktet gjennom et 0,5 mm nylon nett. 1 g av sedimentfraksjonen < 0,5 mm ble ekstrahert med 20 mL 7 M salpetersyre i en pyrex oppslutningskolbe i en autoklav ved 120° i 30 min. Etter avkjøling ble 80 mL avionisert vann tilsatt. Løsningen ble deretter blandet godt, og etter sedimentering ble den klare løsningen dekantert over i en polyetylenflaske.

Det ble ved bestemmelsen av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb, Zn og As benyttet ICP-OES, induktivt koplet plasma optisk emisjonsspektrometer. Cd ble bestemt ved bruk av ICP-MS, induktivt koplet plasma massespektrometer, mens Hg ble bestemt ved bruk av CV-AAS, atomadsorpsjon kald damp teknikk. Bestemmelsene av Ba, Cr, Cu, Ti, Pb, As og Zn er utført i hht. NS-EN ISO 11885:2009/ICP-OES. Bestemmelse av Cd er utført i hht. NS-EN 14385. Hg er bestemt etter intern metode i hht. NS-EN 1483.

DNV GL AS  
Att: Øyvind Tvedten  
c/o Fakturamottak  
Postboks 4900, Vika  
8608 MO I RANA



**SINTEF Molab as**  
Org. nr.: NO 953 018 144 MVA  
Postboks 611  
8607 Mo i Rana  
www.sintefmolab.no  
Tlf: 404 84 100

Ordrenr.: 77769  
Rapportref.: Rapport  
Bestillingsnr.:  
Antall sider + bilag: 6  
Dato: 24.05.2019

## RAPPORT BOREKAKS HEIMDAL

Det ble mottatt 126 sediment/kaks prøver 30. april, prøvetatt fra kunde, hvorav disse parameterene skulle analyseres:

	THC	PAHNPD	Metaller	TOC	Korn	Ester/Eter/Olefiner
Antall prøver	73	9	73	12	26 (25 av disse ble analysert. 1 prøve bestod av kun skjell).	9
53 prøver ble sendt men ikke analysert. Alle prøvene blir oppbevart fryst i 6 mnd hos Sintef Molab (frem til 1. november) etter avtale med kunde.						

Resultater er sendt på excelformat i tillegg til pdf rapport.

ID TEXT	SAMPLE NAME	Median diameter	Klassifikasjon	Kornstørrelsesfordeling (%)			Standard-avvik	Skjevhet	Kurtose	TOC
		MD $\Phi$		Silt og leire	Sand	Grus	SD $\Phi$	Sk $\Phi$	K $\Phi$	% TS
77769-3	HEM CP 2 0-10 cm	for lite prøvemateriale, for det meste store skjell								
77769-4	HEM CP 2 10-15 cm	3.856	Veldig fin sand	48.304	37.406	14.290	3.365	-0.246	0.771	
77769-5	HEM CP 2 15-20 cm	3.598	Veldig fin sand	45.774	43.261	10.965	3.175	-0.144	0.620	
77769-6	HEM CP 2 20-25 cm	3.777	Veldig fin sand	47.834	37.911	14.255	3.286	-0.206	0.619	
77769-7	HEM CP 2 25-30 cm	4.790	Silt og leire	62.314	20.206	17.480	3.574	-0.447	0.639	
77769-17	HEM CP 6 0-5 cm	4.029	Silt og leire	50.367	29.884	19.749	3.766	-0.354	0.739	2.6
77769-18	HEM CP 6 5-10 cm	3.021	Veldig fin sand	38.050	52.896	9.053	2.960	0.011	0.856	1.1
77769-19	HEM CP 6 10-15 cm	2.433	Fin sand	29.295	66.716	3.989	2.417	0.313	1.089	0.3
77769-20	HEM CP 6 15-20 cm	2.261	Fin sand	16.993	75.357	7.650	2.284	0.030	1.553	0.6
77769-21	HEM CP 6 20-25 cm	2.112	Fin sand	24.092	70.319	5.590	2.604	0.210	1.043	0.6
77769-22	HEM CP 6 25-30 cm	2.063	Fin sand	17.426	74.590	7.984	2.334	0.103	1.393	0.3
77769-31	HEM CP 9 0-5 cm	2.213	Fin sand	8.439	86.784	4.777	1.766	-0.043	1.245	0.5
77769-32	HEM CP 9 5-10 cm	2.465	Fin sand	11.400	87.482	1.118	1.439	0.212	1.538	0.2
77769-33	HEM CP 9 10-15 cm	3.410	Veldig fin sand	16.784	83.098	0.118	1.201	0.119	2.631	0.5
77769-54	HEM CP 13 0-5 cm	3.478	Veldig fin sand	37.206	44.795	18.000	3.605	-0.277	0.944	
77769-55	HEM CP 13 5-10 cm	3.361	Veldig fin sand	22.069	73.798	4.133	2.032	-0.009	2.222	
77769-56	HEM CP 13 10-15 cm	3.311	Veldig fin sand	15.218	83.545	1.237	1.493	-0.151	2.005	

Utført av:

Helene Tvette  
Ansvarlig

77769-66	HEM CP 16 0-5 cm	3.128	Veldig fin sand	9.396	86.472	4.133	1.491	-0.251	1.787	
77769-67	HEM CP 16 5-10 cm	3.339	Veldig fin sand	13.208	86.532	0.261	1.167	-0.002	2.701	
77769-68	HEM CP 16 10-15 cm	3.387	Veldig fin sand	16.697	83.180	0.123	1.203	0.124	2.297	
77769-74	HEM CP 17 0-5 cm	3.104	Veldig fin sand	4.046	91.452	4.502	1.213	-0.620	1.622	
77769-75	HEM CP 17 5-10 cm	3.092	Veldig fin sand	5.844	89.271	4.885	1.452	-0.505	1.617	
77769-76	HEM CP 17 10-15 cm	3.297	Veldig fin sand	14.222	85.508	0.270	1.376	-0.096	1.925	
77769-89	HEM CP 20 0-5 cm	2.832	Fin sand	15.116	81.552	3.332	1.887	-0.113	1.658	0.7
77769-90	HEM CP 20 5-10 cm	2.303	Fin sand	8.882	90.283	0.835	1.446	0.134	1.391	0.3
77769-91	HEM CP 20 10-15 cm	3.296	Veldig fin sand	13.984	85.872	0.144	1.190	0.037	1.939	0.4

ID TEXT	SAMPLE NAME	THC, C12-C35	SUM PAH	SUM NPД	Estere	Etere	Olefiner
		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
77769-3	HEM CP 2 0-10 cm	220					
77769-4	HEM CP 2 10-15 cm	120					
77769-5	HEM CP 2 15-20 cm	240					
77769-6	HEM CP 2 20-25 cm	210					
77769-7	HEM CP 2 25-30 cm	140					
77769-8	HEM CP 3 0-10 cm	200					
77769-9	HEM CP 3 10-15 cm	96					
77769-10	HEM CP 3 15-20 cm	95					
77769-17	HEM CP 6 0-5 cm	110	1.0	1.6	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-18	HEM CP 6 5-10 cm	220	0.7	3.5	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-19	HEM CP 6 10-15 cm	140	0.7	3.4	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-20	HEM CP 6 15-20 cm	130	3.6	2.1	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-21	HEM CP 6 20-25 cm	110	2.9	1.9	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-22	HEM CP 6 25-30 cm	85	0.1	1.7	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-78	HEM CP 18 0-5 cm	160					
77769-79	HEM CP 18 5-10 cm	170					
77769-80	HEM CP 18 10-15 cm	180					
77769-81	HEM CP 18 15-20 cm	110					
77769-82	HEM CP 18 20-25 cm	170					
77769-83	HEM CP 18 25-30 cm	260					
77769-84	HEM CP 18 30-35 cm	120					
77769-31	HEM CP 9 0-5 cm	60	0.4	1.3	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-32	HEM CP 9 5-10 cm	88	0.1	0.6	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-33	HEM CP 9 10-15 cm	16	0.3	0.3	ikke påvist	ikke påvist	<0.01
77769-35	HEM CP 10 0-5 cm	93					
77769-36	HEM CP 10 5-10 cm	210					
77769-37	HEM CP 10 10-15 cm	110					
77769-38	HEM CP 10 15-20 cm	82					
77769-39	HEM CP 10 20-25 cm	77					
77769-40	HEM CP 10 25-30 cm	19					
77769-41	HEM CP 10 30-35 cm	20					
77769-54	HEM CP 13 0-5 cm	76					
77769-55	HEM CP 13 5-10 cm	70					

77769-56	HEM CP 13 10-15 cm	52				
77769-66	HEM CP 16 0-5 cm	23				
77769-67	HEM CP 16 5-10 cm	20				
77769-68	HEM CP 16 10-15 cm	7				
77769-74	HEM CP 17 0-5 cm	69				
77769-75	HEM CP 17 5-10 cm	53				
77769-76	HEM CP 17 10-15 cm	85				
77769-89	HEM CP 20 0-5 cm	150				
77769-90	HEM CP 20 5-10 cm	98				
77769-91	HEM CP 20 10-15 cm	11				
77769-11	HEM CP 4 0-5 cm	8				
77769-12	HEM CP 4 5-10 cm	5				
77769-13	HEM CP 4 10-15 cm	5				
77769-14	HEM CP 5 0-10 cm	75	0.7	1.0		
77769-15	HEM CP 5 10-15 cm	250	1.9	12.3		
77769-16	HEM CP 5 15-20 cm	590	0.9	5.8		
77769-27	HEM CP 8 0-5 cm	120				
77769-28	HEM CP 8 5-10 cm	72				
77769-29	HEM CP 8 10-15 cm	70				
77769-30	HEM CP 8 15-20 cm	22				
77769-42	HEM CP 11 0-5 cm	160				
77769-43	HEM CP 11 5-10 cm	71				
77769-44	HEM CP 11 10-15 cm	31				
77769-45	HEM CP 11 15-20 cm	8				
77769-48	HEM CP 12 0-5 cm	180				
77769-49	HEM CP 12 5-10 cm	93				
77769-50	HEM CP 12 10-15 cm	620				
77769-51	HEM CP 12 15-20 cm	83				
77769-85	HEM CP 19 0-5 cm	14				
77769-86	HEM CP 19 5-10 cm	8				
77769-87	HEM CP 19 10-15 cm	6				
77769-93	HEM CP 21 0-5 cm	21				
77769-94	HEM CP 21 5-10 cm	16				
77769-95	HEM CP 21 10-15 cm	9				
77769-97	HEM CP 22 0-5 cm	160				
77769-98	HEM CP 22 5-9 cm	150				
77769-107	HEM CP 24 0-5 cm	61				
77769-108	HEM CP 24 5-10 cm	46				
77769-119	HEM CP 26 0-5 cm	18				
77769-120	HEM CP 26 5-10 cm	8				

ID TEXT	SAMPLE NAME	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Ti	Zn	Hg
		mg/kg TS								
77769-3	HEM CP 2 0-10 cm	15.1	4050	1.14	37.6	116	59.8	179	349	0.052
77769-4	HEM CP 2 10-15 cm	12.5	4420	0.488	36.9	100	57.2	212	518	0.029
77769-5	HEM CP 2 15-20 cm	14.8	5320	0.568	36.4	60.8	74.3	173	1090	0.031
77769-6	HEM CP 2 20-25 cm	17.1	3730	1.18	47.2	68.8	311	137	446	0.053
77769-7	HEM CP 2 25-30 cm	16.8	1920	1.22	96.5	69.8	56	261	127	0.028
77769-8	HEM CP 3 0-10 cm	14.7	3910	2.45	50.6	119	65.9	203	620	0.028
77769-9	HEM CP 3 10-15 cm	15.5	3180	1.33	37.5	68.8	59.1	223	904	0.048
77769-10	HEM CP 3 15-20 cm	16.1	2930	1.23	81.4	93.3	85.4	221	277	0.031
77769-17	HEM CP 6 0-5 cm	15.4	5040	0.569	28.2	96.5	49.7	194	963	0.063
77769-18	HEM CP 6 5-10 cm	10.4	3840	0.516	23.8	45.8	68.7	175	761	0.021
77769-19	HEM CP 6 10-15 cm	5.49	3930	<0.989	17.2	28.6	77.7	104	173	0.018
77769-20	HEM CP 6 15-20 cm	5.54	4100	0.293	24.3	24	78.7	136	1070	0.04
77769-21	HEM CP 6 20-25 cm	8.59	3460	<0.994	98.4	39.8	85.1	169	245	0.05
77769-22	HEM CP 6 25-30 cm	3.97	4240	<0.987	45.8	27.6	58.6	117	50.3	0.03
77769-78	HEM CP 18 0-5 cm	16.5	4120	1.13	27.9	67	59.7	205	1220	0.032
77769-79	HEM CP 18 5-10 cm	11	5580	<0.999	35.5	40.7	123	217	353	0.028
77769-80	HEM CP 18 10-15 cm	6.01	4900	<0.983	24	21.1	112	137	380	0.032
77769-81	HEM CP 18 15-20 cm	6.64	4490	<0.990	103	27.1	147	143	199	0.13
77769-82	HEM CP 18 20-25 cm	11.9	3350	<1.00	181	41.4	221	161	184	0.11
77769-83	HEM CP 18 25-30 cm	7.07	3910	<1.01	71.8	44.2	226	229	153	0.032
77769-84	HEM CP 18 30-35 cm	4.05	3750	<0.996	33.4	19.1	66.1	177	117	0.028
77769-31	HEM CP 9 0-5 cm	5.71	3790	<1.00	23	26.2	57.9	137	220	0.028
77769-32	HEM CP 9 5-10 cm	2.77	3940	<1.00	18	10.8	43.4	102	68.2	0.046
77769-33	HEM CP 9 10-15 cm	1.62	805	<0.2	7.6	2.38	10.2	113	16.3	<0.01
77769-35	HEM CP 10 0-5 cm	11	4540	0.682	26.3	65.3	46.2	197	590	0.065
77769-36	HEM CP 10 5-10 cm	19.2	3680	1.32	55.2	119	147	248	729	0.11
77769-37	HEM CP 10 10-15 cm	5.62	4460	<0.998	29.1	26.3	54.1	129	89	0.02
77769-38	HEM CP 10 15-20 cm	5.41	5130	0.718	60.7	37.9	96.2	231	158	0.051
77769-39	HEM CP 10 20-25 cm	5.64	4910	<0.2	56.7	25.5	168	134	84.3	0.062
77769-40	HEM CP 10 25-30 cm	1.91	3050	<0.991	10.9	8.4	23.9	85.5	29.5	0.014
77769-41	HEM CP 10 30-35 cm	2.13	1020	<1.01	9.22	<6.05	25	112	31.7	<0.01
77769-54	HEM CP 13 0-5 cm	11.4	3370	0.963	21	39.3	38.2	207	778	0.039
77769-55	HEM CP 13 5-10 cm	4.43	3240	0.502	15.6	23.4	50	149	339	0.018
77769-56	HEM CP 13 10-15 cm	2.42	2970	<1.00	11.9	12.7	20	164	126	0.013
77769-66	HEM CP 16 0-5 cm	3.51	1660	0.338	8.76	12.8	21	132	198	0.011
77769-67	HEM CP 16 5-10 cm	2.8	736	<0.999	7.88	7.31	12.7	131	137	<0.01
77769-68	HEM CP 16 10-15 cm	2.08	258	0.32	7.35	<6.00	7.97	130	32.3	<0.01
77769-74	HEM CP 17 0-5 cm	6.59	1760	<0.990	14	26.4	36.3	113	300	0.021
77769-75	HEM CP 17 5-10 cm	7.24	2720	<0.993	19.3	50.2	75.9	151	586	0.016
77769-76	HEM CP 17 10-15 cm	2.84	3230	<1.00	19.2	14.5	38	154	149	0.025
77769-89	HEM CP 20 0-5 cm	7.13	2410	<0.992	17	29.5	46.9	136	283	0.026
77769-90	HEM CP 20 5-10 cm	2.62	3480	1.0	187	27	42.9	104	95.4	0.017
77769-91	HEM CP 20 10-15 cm	1.85	1040	<1.00	7.24	4.38	11.1	109	19.7	<0.01



77769-11	HEM CP 4 0-5 cm	1.62	2490	<1.00	7.3	6.45	10	109	33.8	<0.01
77769-12	HEM CP 4 5-10 cm	1.94	368	<0.999	6.69	2.14	4.32	103	27.8	<0.01
77769-13	HEM CP 4 10-15 cm	2.44	53.2	<1.00	7.61	2.13	2.59	113	15	<0.01
77769-14	HEM CP 5 0-10 cm	11.4	3760	0.483	26.4	62.9	34	191	552	0.036
77769-15	HEM CP 5 10-15 cm	12.6	3060	<1.00	40.8	95.7	145	126	333	0.05
77769-16	HEM CP 5 15-20 cm	13.5	3560	0.541	66.2	86.1	78.4	188	178	0.038
77769-27	HEM CP 8 0-5 cm	6.88	5040	<1.01	24.1	32.2	50.8	163	235	0.051
77769-28	HEM CP 8 5-10 cm	5.97	4450	<1.01	53	41.9	83.9	187	267	0.034
77769-29	HEM CP 8 10-15 cm	4.98	3860	<0.996	44.7	14.3	63.7	111	73.8	0.065
77769-30	HEM CP 8 15-20 cm	2.32	2780	<0.984	9.06	22.3	30.1	95.3	25.3	0.02
77769-42	HEM CP 11 0-5 cm	13.1	2890	0.684	20.8	59.4	41.7	186	964	0.047
77769-43	HEM CP 11 5-10 cm	6.26	2290	<0.989	13.4	32	60.4	117	606	0.011
77769-44	HEM CP 11 10-15 cm	3.07	2430	<1.00	10.3	12.5	29.9	133	208	0.014
77769-45	HEM CP 11 15-20 cm	2.18	114	<0.994	7.32	<2.48	4.11	107	14.8	<0.01
77769-48	HEM CP 12 0-5 cm	15.2	5950	<1.01	29.1	102	40.6	232	980	0.15
77769-49	HEM CP 12 5-10 cm	13.1	2980	<0.984	22.5	35.5	28.2	204	930	0.13
77769-50	HEM CP 12 10-15 cm	11.2	2370	1.13	18	32.4	36.4	166	757	0.037
77769-51	HEM CP 12 15-20 cm	7.11	2640	<0.987	19.1	24.2	55.9	139	406	0.023
77769-85	HEM CP 19 0-5 cm	2.71	2110	<1.01	10.6	8.14	14.2	131	41.7	<0.01
77769-86	HEM CP 19 5-10 cm	8.37	1600	<1.01	9.61	48.9	32.7	159	454	<0.01
77769-87	HEM CP 19 10-15 cm	2.59	276	<0.994	7.86	<2.49	3.31	116	14.5	<0.01
77769-93	HEM CP 21 0-5 cm	3.47	2110	<1.00	10.8	19.6	24.4	161	145	0.011
77769-94	HEM CP 21 5-10 cm	2.72	1370	<0.986	9.39	5.93	10.1	124	39.7	<0.01
77769-95	HEM CP 21 10-15 cm	2.62	203	<1.00	8.24	<2.51	3.91	119	16.6	<0.01
77769-97	HEM CP 22 0-5 cm	8.41	3040	<0.986	19.1	49.3	30.8	159	469	0.069
77769-98	HEM CP 22 5-9 cm	10.5	3830	<0.995	22	55.1	66.7	174	719	0.045
77769-107	HEM CP 24 0-5 cm	9.18	314	<1.01	23.4	27	30.8	158	901	0.035
77769-108	HEM CP 24 5-10 cm	2.94	4100	<0.985	7.25	26	37.9	137	477	0.015
77769-119	HEM CP 26 0-5 cm	<2.00	2060	<0.998	<5.99	5.74	41.4	129	139	<0.01
77769-120	HEM CP 26 5-10 cm	<2.01	585	<1.00	<6.02	<3.01	6.77	111	32.6	<0.01

**ANALYSEINFORMASJON**

Opplysningene i tabellen under er basert på sediment, LOQ oppgitt for prøvene i rapporten kan avvike fra tabellen ut fra f.eks. matriksinterferenser.

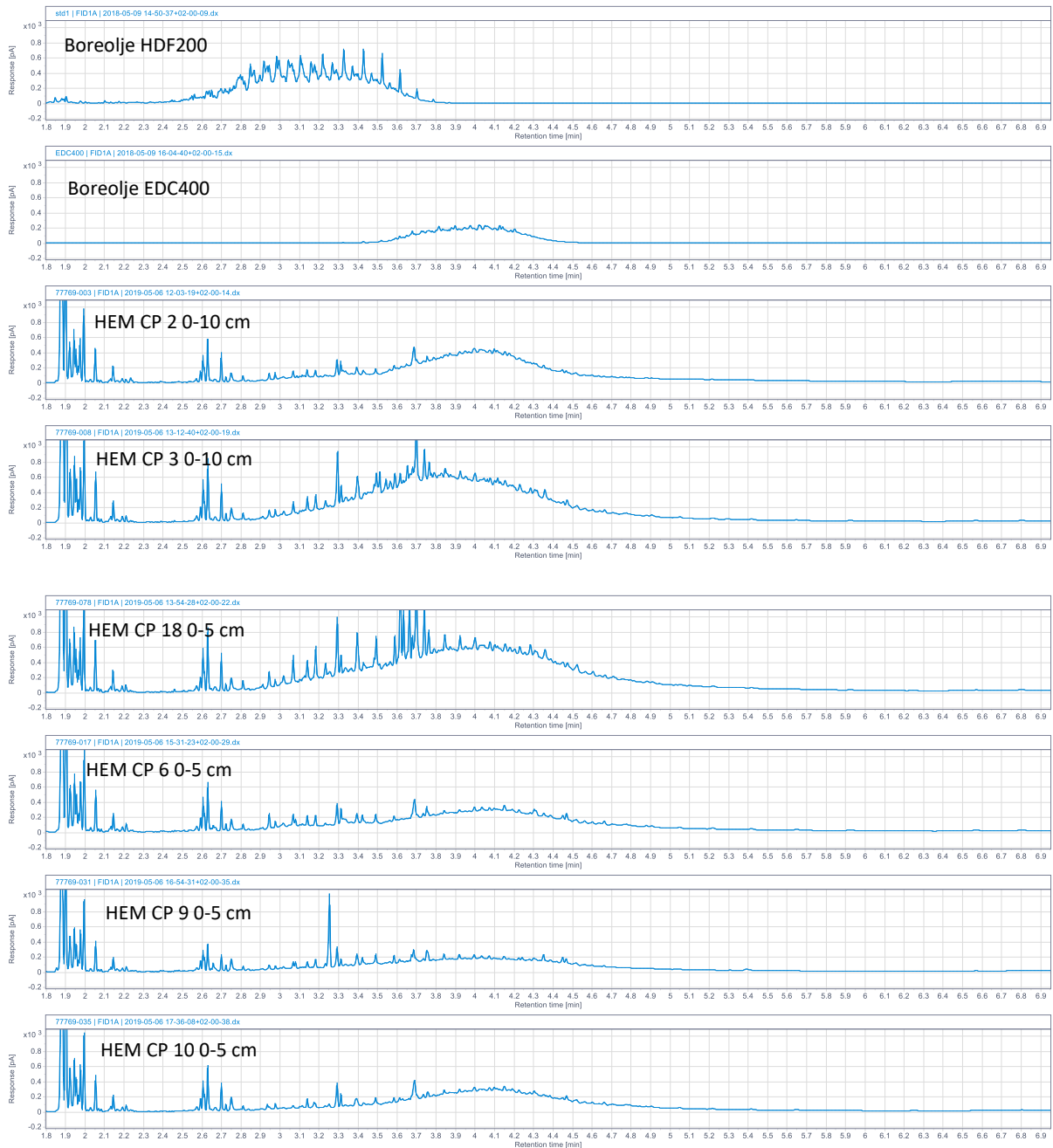
Parameter	Metode	Akkred. status	Relativ usikkerhet (%)	Kvantgrense	Enhet	
Cd, Kadmium	ICP-OES	A	20	0,01 (LOD) / 0,03 (LOQ)	mg/kg	
Ba, Barium	ICP-OES	A	20	1	mg/kg	
Cr, Krom	ICP-OES	A	20	0,2	mg/kg	
Cu, Kobber	ICP-OES	NS-ISO 11885:2009	A	20	0,2	mg/kg
Pb, Bly	ICP-OES	og NS 4770:1994	A	20	1	mg/kg
Zn, Sink	ICP-OES		A	20	0,1	mg/kg
Ti, Titan	ICP-OES		A	20	0,2	mg/kg
As, Arsen	ICP-OES		A	20	1	mg/kg
Hg, Kvikksølv	CV-AAS	NS-EN 1483:2007	A	35	0,01	mg/kg
THC (C12-C35)	GC-FID	D00833	A	30-50	1 (LOD) / 3 (LOQ)	mg/kg
PAH og NPD	GC-MS-MS	D00836	-	30-50	0,001 - 0,01	mg/kg
TOC	-	NS-EN 13137:2001	A	25	0,1	%
Ester/Eter/Olfiner	GC-MS/GC-FID/GC-MS		-			mg/kg
Kornstørrelsesfordeling	-	Intern metode	A	-	-	-

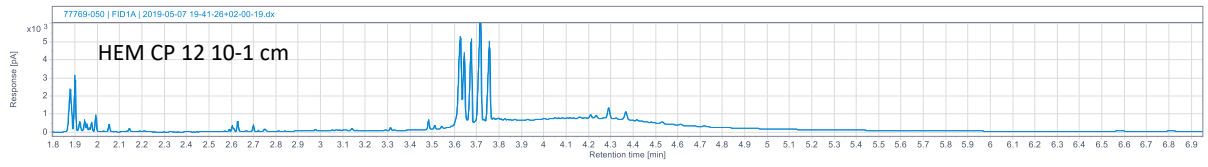
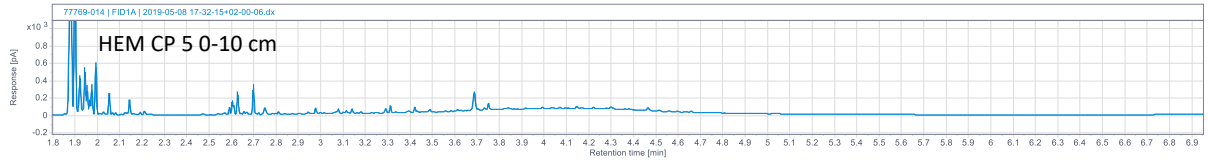
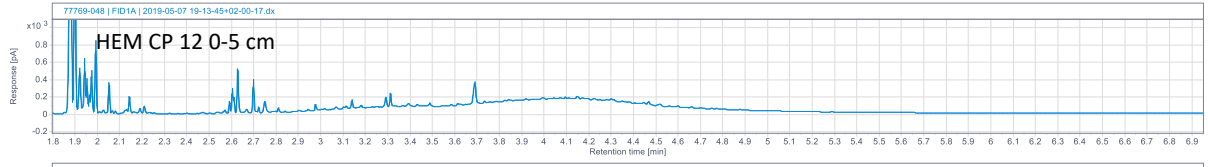
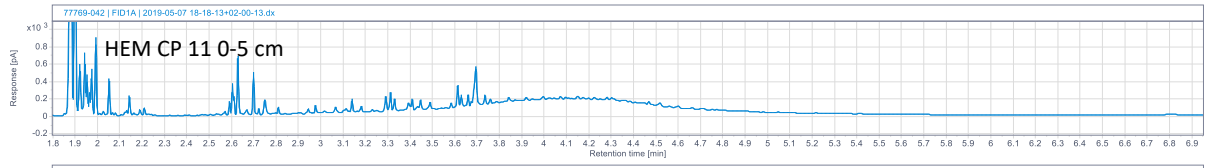
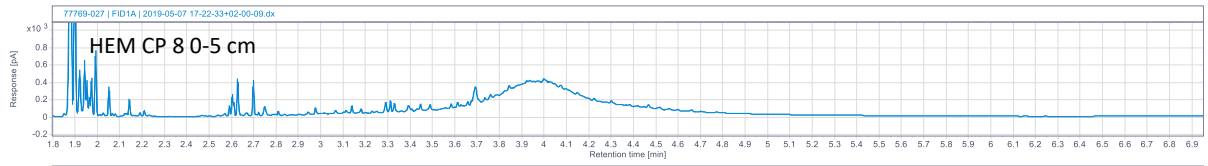
A = Akkreditert prøving. Dersom ikke annet er oppgitt angis usikkerheten med 95 % konfidensintervall

Resultater mellom LOD og LOQ er ikke akkreditert.

Vurdering fra SintefMolab 27-05-2019.

Kromatogram fra to ulike boreoljer, samt øverste sjikt av punkt 2, 3, 6, 18, 9, 10, 5, 8, 11 og 12, samt sjikt 10-15 cm i punkt 12. Kromatogrammet fra 10-15 cm ved HEM CP 12 skiller seg tydelig ut fra de resterende kromatogrammene, med fem tydelige enkelt-topper i kokepunktområdet til nC20 og nC22. Enkelte av kromatogrammene samsvarer med boreoljen EDC men det kan ikke utelukkes at oljen som er påvist stammer fra andre kilder, da det kun er HDF og EDC som er benyttet som direkte sammenlikning. Oljen som er påvist i prøvene befinner seg i hovedsak i området C12-C35.







## Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.