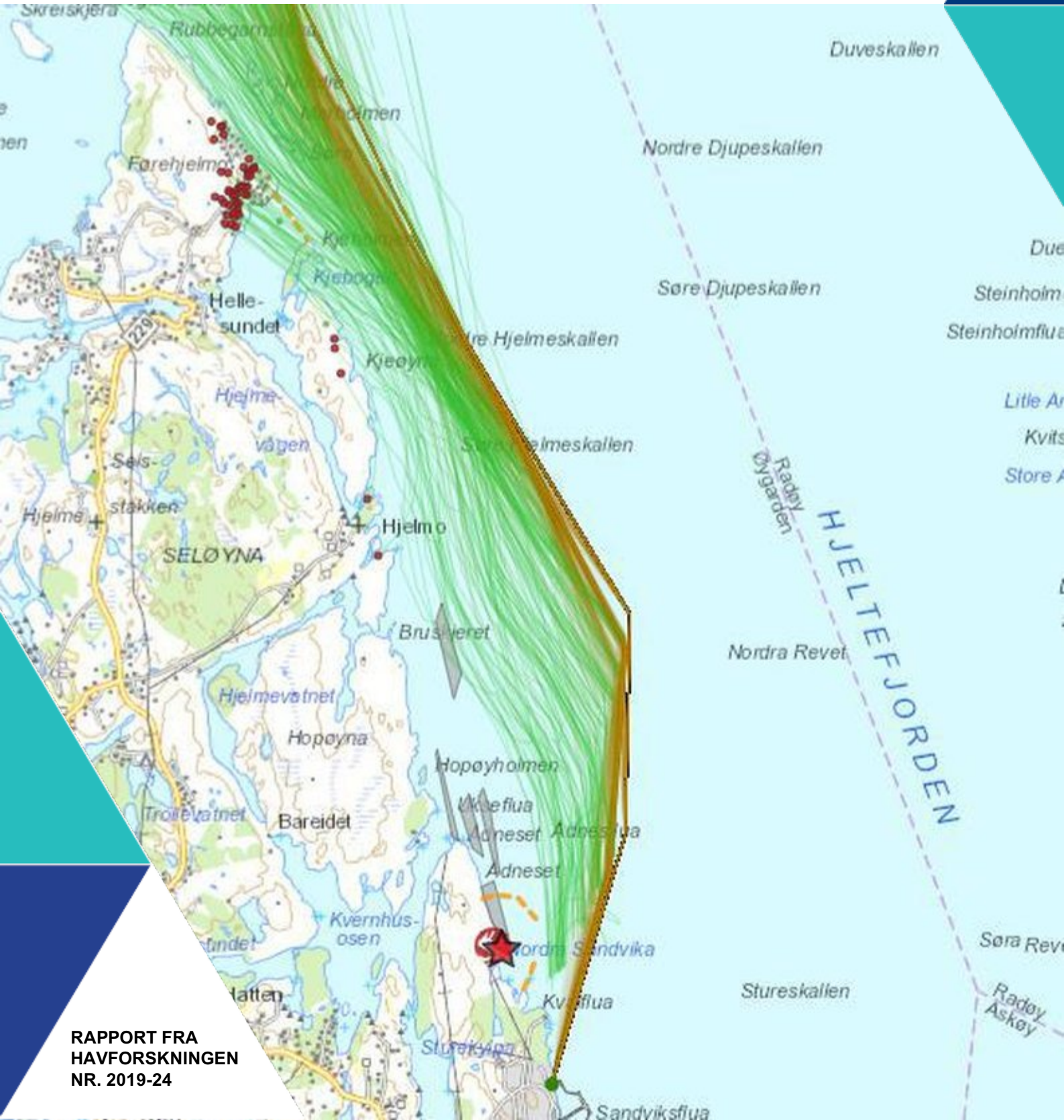




# OLJEFORURENSNING I HJELTEFJORDEN ETTER FORLISET AV KNM «HELGE INGSTAD»

Stepan Boitsov og Jarle Klungsøy (Havforskningsinstituttet)



**Tittel (norsk og engelsk):**

Oljeforurensning i Hjeltefjorden etter forliset av KNM «Helge Ingstad»

Oil contamination in Hjeltefjorden after the accident with HNoMS *Helge Ingstad*

**Rapportserie:**                      **År - Nr.:**                      **Dato:**  
Rapport fra Havforskningen 2019-24                      04.06.2019  
ISSN:1893-4536

**Forfatter(e):**  
Stepan Boitsov og Jarle Klungsøyr (Havforskningsinstituttet)

Faggrupeleder(e): Jarle Klungsøyr (Miljøkjemi) Godkjent av:  
Forskningsdirektør(er): Gro-Ingunn Hemre Programleder(e): Henning  
Wehde

**Distribusjon:**

Åpen

**Prosjektnr:**

15440

**Oppdragsgiver(e):**

Kysverket

**Program:**

Nordsjøen

**Faggruppe(r):**

Miljøkjemi

**Antall sider:**

26

**Forord:**

Miljøundersøkelsene for oppdrettsfisk, skjell og sediment i forlisområdet rundt KNM «Helge Ingstad» ble utført av Havforskningsinstituttet på oppdrag fra Kystverket, som ledet den statlige oljevernaksjon for å begrense miljøskadene etter havariet. Havforskningsinstituttet deltar som en del av Kystverket sin beredskapsorganisasjon under aksjoner med akutte oljeutslipp i norske farvann. Det er en egen avtale mellom Kystverket og Havforskningsinstituttet om gjennomføring av miljøundersøkelser etter ulykker som medfører forurensing av marint miljø.

Havforskningsinstituttet har en koordinerende rolle for programmet og utfører undersøkelser i marint miljø.

Vi vil rette en takk til regionskontorene til Fiskeridirektoratet for organisering av innsamling av lakseprøver, samt Equinor og Fishguard for prøver av blåskjell fra området ved Sture. Videre vil vi takke Dr. Vivian Husa (HI) for innsamling av blåskjell-prøver ved Hanøytangen og sedimentprøver i Nordre Sandvika (Sture), Kjell Bakkeplass (HI) for tillaging av kart, Dr. Hilde Elise Heldal (HI) for kvalitetssikring av rapporten og personell på Havforskningsinstituttets avdelinger for Prøvemottak og Kjemi- og fremmedstofflaboratoriet som håndterte prøvene og utførte analysene på kort varsel.

**Sammendrag (norsk):**

Havforskningsinstituttet har like etter forliset i november 2018 på oppdrag fra Kystverket analysert 24 samleprøver av filet av atlantisk laks (*Salmo salar*) fra 6 oppdrettsanlegg ved Hjeltefjorden plassert nedstrøms for havariområdet for KNM «Helge Ingstad». Det ble mars-april 2019 analysert 7 prøver av blåskjell (*Mytilus edulis*) og 2 prøver av albusnegl (*Patella vulgata*) fra Stureområdet, 5 prøver av blåskjell fra Hanøytangen, og 5 overflatesedimentprøver fra en bukt plassert like ved havaristen på Sture. Ingen spor av oljeforurensning ble funnet i lakseprøvene. I blåskjell- og sedimentprøvene ble det kun påvist oljeforurensning fra fregatten i et begrenset område lokalt ved forlisstedet. Effekten av oljeutslippet på marint miljø anses derfor som liten, og det vurderes som unødvendig med videre miljøundersøkelser knyttet til hendelsen.

**Sammendrag (engelsk):**

On assignment from the Norwegian Coastal Administration, IMR has analyzed 24 pooled filet samples of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from 6 aquaculture facilities in Hjeltefjorden, downstream from the area of the accident with HNoMS *Helge Ingstad* in November 2018. Further analyses of 12 samples of blue mussels (*Mytilus edulis*), 2 samples of common limpet (*Patella vulgata*) and 5 surface sediment samples were carried out in March-April 2019 after ended rescue operation. No traces of oil contamination were found in the salmon samples. In the samples of mussels and sediments, oil contamination related to the accident was only confirmed in a limited area close to the original location of the shipwreck. The effect of the oil spill on the marine environment due to the accident is therefore regarded as small and no further environmental studies are considered necessary.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Prøvetaking</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Analysemetoder</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Kriterier for vurdering av resultater</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Konklusjoner</b> .....	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>19</b>
	<b>Vedlegg 1. Resultater av PAH-målinger i laksefilet fra oppdrettsanleggene i Hjeltefjorden</b> .....	<b>20</b>
	<b>Vedlegg 2. Resultater av PAH-målinger i blåskjell og albusnegl fra Hanøytangen og Sture</b> .....	<b>22</b>
	<b>Vedlegg 3. Resultater av målinger av THC og PAH i overflatesediment fra Nordre Sandvika</b> .....	<b>24</b>

# 1 - Innledning

Havforskningsinstituttet har på oppdrag fra Kystverket analysert 24 filetprøver av atlantisk laks (*Salmo salar*), 12 prøver av blåskjell (*Mytilus edulis*), 2 prøver av albusnegl (*Patella vulgata*) og 5 sedimentprøver. Prøvene ble innsamlet fra oppdrettsanlegg i Hjeltefjorden, fra stasjoner ved havariområdet for KNM «Helge Ingstad», og ved Hanøytangen hvor siste fase av redningsoperasjonen foregikk. Arbeidet ble gjort for å dokumentere omfanget av oljeforurensning i Hjeltefjorden som følge av utslippet av olje fra havaristen. Det endelige regnskapet satt opp av Kystverket etter forliset viser at 500 m<sup>3</sup> olje var lastet på KNM «Helge Ingstad», der 460 m<sup>3</sup> var marin diesel og resten andre oljeprodukter. Totalt 284 m<sup>3</sup> marin diesel lakk ut i Hjeltefjorden. Utslipet fra KNM «Helge Ingstad» skiller seg fra utslipp etter andre forlis i norske kystfarvann de siste 20 årene. Forlisene de siste årene som har medført utslipp har stort sett vært tung bunkersolje, som har medført behov for omfattende rensarbeid i strandsonen. Gjenværende olje etter gjennomførte oljeverniltak etter hendelser har vært følgende: omtrent 340 tonn fra «Rocknes» i 2004, 388 tonn fra «Server» i 2007, 191 tonn fra «Full City» i 2009 og omtrent 30 tonn fra «Godafoss» i 2011 (se Boitsov mfl., 2012 for detaljer om miljøundersøkelsene gjort i etterkant av disse forlisene). Marin diesel fra KNM «Helge Ingstad» er relativt flyktig, fordampes fra sjøoverflaten etter relativt kort tid og spres hurtig.

Miljøundersøkelsen etter forliset av KNM «Helge Ingstad» ble igangsatt kort tid etter hendelsen og utført i tre stadier. Prøver av oppdrettslaks fra 6 anlegg i nærheten av forlisområdet ble tatt like etter forliset i november 2018 og analysert i løpet av kort tid. Laks i oppdrettsanlegg har ikke så lett mulighet til å slippe unna oljeforurensning. Prøvene ble tatt både for å dokumentere om drift av olje fra KNM «Helge Ingstad» hadde spredd seg til oppdrettsanlegg, og som innspill til Mattilsynet som har ansvaret for matkvalitetsvurderinger knyttet til hendelsen. For å kontrollere miljøtilstand ble det videre tatt prøver av blåskjell i forlisområdet mot slutten av januar 2019, og senere rundt Hanøytangen på Askøy, der båten ble slept i midten av mars 2019. På slutten av mars ble det også tatt sedimentprøver i bukten Nordre Sandvika, like ved stedet hvor fregatten hadde ligget, og hvor det ble funnet en del synlig oljeforurensning. Alle prøver ble analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, inkludert oljeindikatoren NPD). Sedimentprøvene ble i tillegg analysert for totalt hydrokarboninnhold (THC). Alle analyser ble utført på Havforskningsinstituttets Kjemi- og fremmedstofflab i november-desember 2018 og mars-april 2019.

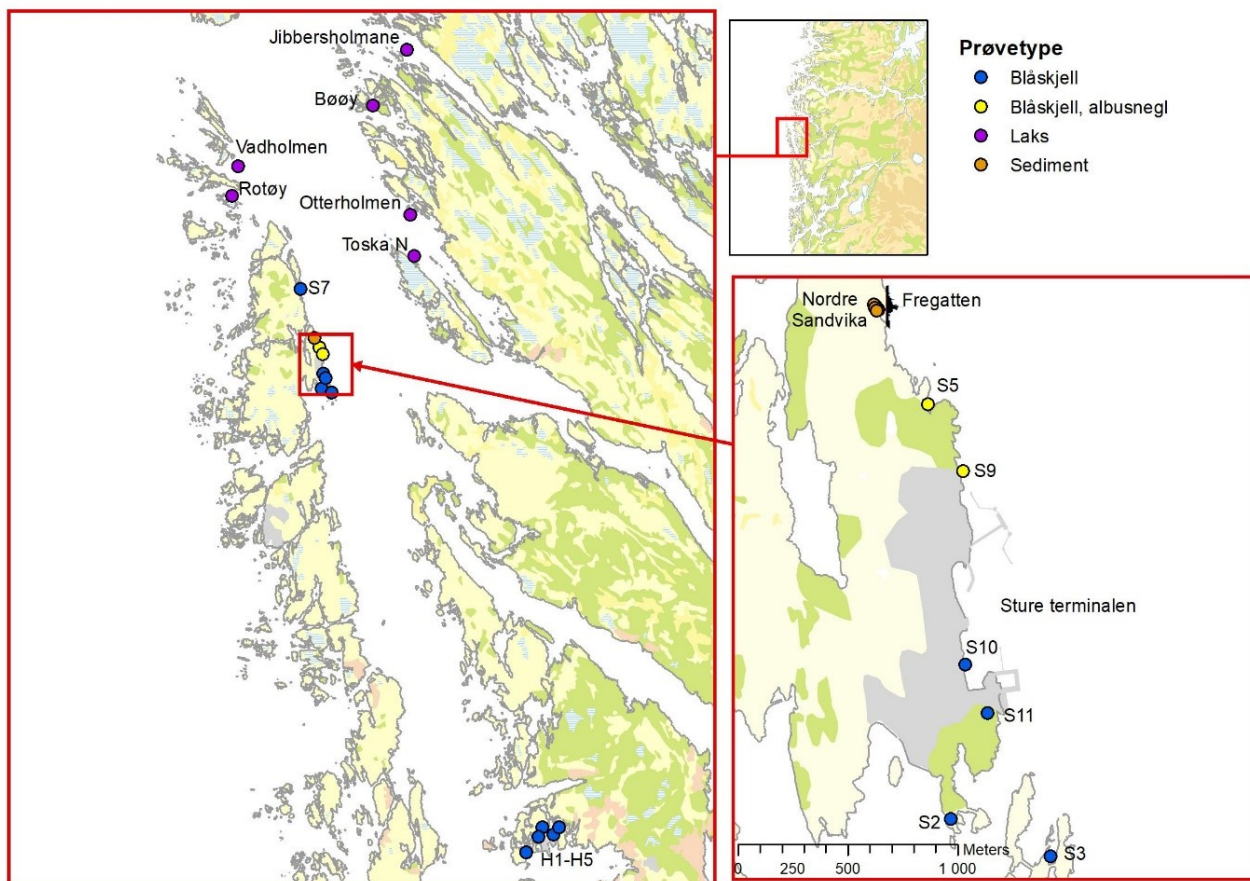


Bilde: Kystverket / Kystvakten

**Figur 1.** Aksjon ved forlisområdet i Hjeltefjorden i desember 2018. Nordre Sandvika er bukten som ligger like innenfor havaristen.

## 2- Prøvetaking

Prøvetakingslokaliteter for alle typer prøver er vist på kartet under, mens prøvetakingen er beskrevet separat for hver prøvetype.



**Figur 2.** Prøvetakingslokaliteter for alle prøver som ble samlet inn i forbindelse med miljøundersøkelsene etter forliset av KNM «Helge Ingstad».

### 1. Laks

Det ble tatt ut prøver av laks fra seks anlegg som ligger nord for havaristedet på begge sider av Hjeltefjorden. Basert på modelleringer av drivbaner av oljen fra havaristen, har regionskontorene til Fiskeridirktoratet organisert innsamling av prøver fra følgende anlegg: Toska N., Otterholmen, Rotøy, Vadholmen, Bøøy og Jibbersholmane. Til sammen ble 120 oppdrettslaks levert for analyse. Det ble laget samleprøver av filet, 4 prøver à 5 fisk fra hvert anlegg. Totalt utgjorde dette analyser av 24 samleprøver. Prøvene ankom Havforskningsinstituttet 15. november 2018, og analyseresultatene ble rapportert til Kystverket 12. desember 2018.

## 2. Blåskjell og albusnegl

Det ble samlet prøver av blåskjell fra syv stasjoner og prøver av albusnegl fra to av de samme stasjonene nær Sture oljeterminal 21. januar 2019. Blåskjellene ble samlet fra bur som ble satt ut i juli 2018 av Fishguard, som en del av den regelmessige overvåkingen av det marine miljø rundt terminalen. Havforskningsinstituttet tok videre prøver av blåskjell fra fem stasjoner ved Hanøytangen på Askøy 13. mars 2019. Informasjon om prøvetakingen er gitt i tabell 1 og prøvetakingslokalitetene er vist på kartet i figur 2. Prøver fra hver stasjon ble slått sammen, homogenisert og analysert som samleprøver. Analyseresultatene ble sendt til Kystverket i en foreløpig rapport 15. april 2019.

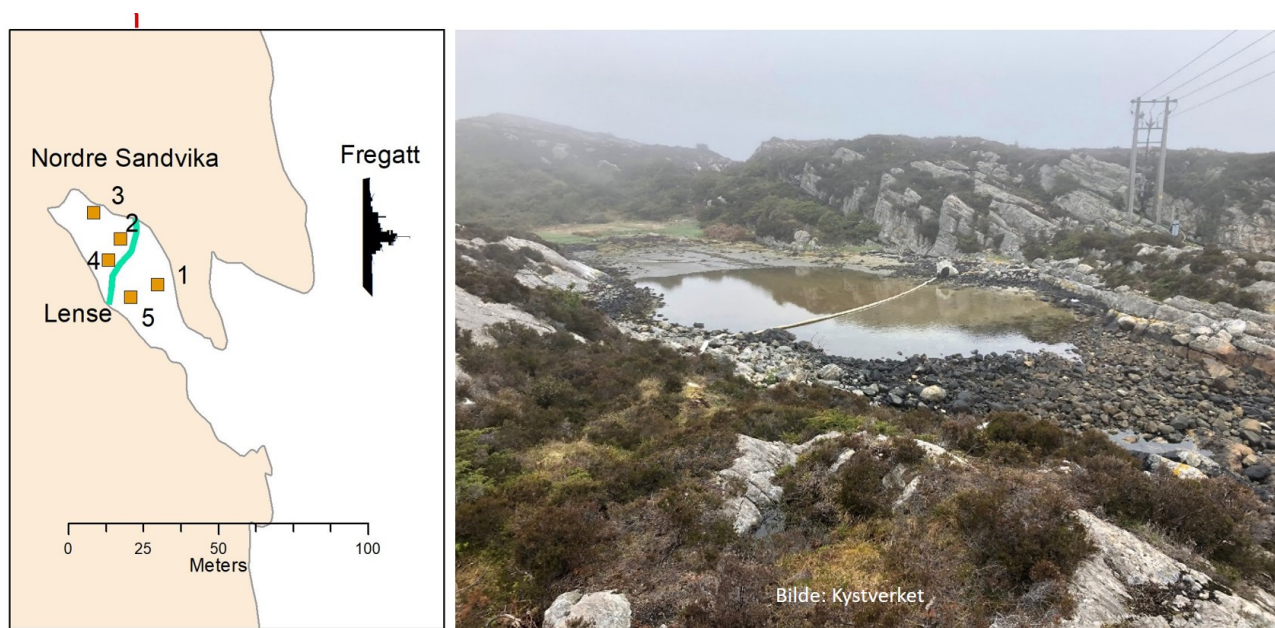
**Tabell 1.** Prøvetaking av blåskjell og albusnegl ved Sture terminal (S-stasjoner) og Hanøytangen (H-stasjoner). Stasjonen merket med stjerne er nærmest havaristedet.

Stasjon	Breddegrader N	Lengdegrader Ø	Dato	Innsamlet prøve	Antall individer
S 2	60° 36,642'	4° 51,485'	21.01.2019	Blåskjell	50
S 3	60° 36,589'	4° 52,003'	21.01.2019	Blåskjell	50
S 5*	60° 37,635'	4° 51,055'	21.01.2019	Blåskjell	50
				Albusnegl	29
S 7	60° 38,978'	4° 49,670'	21.01.2019	Blåskjell	50
S 9	60° 37,486'	4° 51,277'	21.01.2019	Blåskjell	50
				Albusnegl	22
S 10	60° 37,020'	4° 51,437'	21.01.2019	Blåskjell	50
S 11	60° 36,912'	4° 51,584'	21.01.2019	Blåskjell	50
H 1	60°26'44,0"	5°6'13,7"	13.03.2019	Blåskjell	45
H 2	60°26'55,4"	5°6'26,2"	13.03.2019	Blåskjell	50
H 3	60°26'52,2"	5°5'37,0"	13.03.2019	Blåskjell	46
H 4	60°26'37,0"	5°5'30,6"	13.03.2019	Blåskjell	50
H 5	60°26'12,1"	5°5'0,6"	13.03.2019	Blåskjell	50



### 3. Sedimenter

Sedimentprøvetakingen ble utført av Havforskningsinstituttet i bukten Nordre Sandvika 27. mars 2019. Bukten er liten og rimelig beskyttet mot bølger. Det ble samlet inn fem prøver av overflatesediment (ca. 0-2 cm overflatelag) i et relativt lite område innenfor og utenfor lensen som var satt opp over bukten, se kartet i figur 3 under. Posisjon midt i bukten er 60°37'50,9"N, 4°50'43,5"Ø. Det var tilsynelatende markant oljeforurensning på vannoverflaten i bukten under prøvetakingen, med spesifikk oljelukt og synlige oljeflekker enkelte steder. Prøvene ble samlet med metallspade ved 20 til 50 cm vanddyb ved nesten flo, pakket i aluminiumfolie og frosset ned. Prøvene ble levert til Kjemi- og fremmedstofflaben 1. april 2019. Analyseresultatene rapporteres her for første gang.



**Figur 3.** Kart og bilde av Nordre Sandvika-bukten like ved havaristedet der sedimentprøvene ble samlet inn. Bildet er tatt 30.04.2019.

## 3 - Analysemetoder

Havforskningsinstituttet har akkrediterte metoder for analyser av PAH i biota, PAH i sedimenter, og THC i sedimenter, kort beskrevet nedenfor. PAH-metodene gjelder 49 PAH-forbindelser (inkludert NPD og PAH16). Hele listen over de analyserte forbindelsene er gitt i Vedlegg 1-3.

Opparbeiding av biotaprøver (laksefilet og blåskjell/albusnegl) for PAH analyse består av ekstraksjon ved forsåpning, væske-væske ekstraksjon med heksan og rensing av prøven på silika-kolonne. Prøvene analyseres med gasskromatografi koblet til massespektrometer med elektron-ionisering (GC-MS EI) i SIM (*selected-ion monitoring*) modus. Kvantifiseringsgrensen er 0,2 µg/kg våtvekt for enkeltforbindelser PAH.

Sedimentprøver ble tint og lufttørket på laboratoriet før opparbeiding. Opparbeiding av tørkede sedimentprøver for PAH og THC analyse består av automatisert ekstraksjon ved ASE (*Accelerated Solvent Extraction*), fjerning av svovel ved kobberbehandling og rensing av prøven på silika-kolonne. Prøvene analyseres først for THC med gasskromatografi koblet til flammeioniseringsdetektor (GC-FID). Kvantifiseringsgrensen er 2,0 mg/kg tørrvekt. Prøven analyseres videre for PAH med gasskromatografi koblet til massespektrometer med elektron-ionisering (GC-MS EI) i SIM modus. Kvantifiseringsgrensen er 0,5 µg/kg tørrvekt for enkeltforbindelser PAH.

## 4 - Kriterier for vurdering av resultater

For å vurdere PAH-forurensning i miljøprøver, brukes det i tillegg til totale PAH-nivåer to kildespesifikke indikatorer, PAH16 og NPD. PAH16 er summen av 16 PAH-enkeltforbindelser, listet i tabell 3 nedenfor, og benyttes hyppig som en internasjonalt anerkjent indikator for PAH-forurensning, oftest i forbindelse med forbrenningsrelaterede kilder. NPD består av lettere PAH-forbindelser naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer, og er en indikator for oljeforurensning. NPD dominerer PAH-sammensetningen i olje. NPD-enkeltforbindelser målt av Havforskningsinstituttet er listet opp i Vedlegg 1-3.

Miljødirektoratet har utarbeidet to sett med grenseverdier for vurdering av PAH-forurensning i marin biota. Det første settet, publisert av SFT i 1997, etablerer en skala som deler nivåene i fem tilstandsklasser, fra «bakgrunnsnivå» (klasse I) opptil «meget sterkt forurenset tilstand» (klasse V). Disse tilstandsklassene ble etablert for benzo[a]pyren i blåskjell og for 15 PAH (samme som PAH16 men uten naftalen) i blåskjell, se tabell 2. Denne tilstandsklasse-skalaen er nå utdatert, og i 2016 publiserte Miljødirektoratet et nytt sett med grenseverdier for fem PAH-enkeltforbindelser, listet i tabell 2. Disse grenseverdiene er basert på internasjonale EQS-verdiene (*Environmental Quality Standard*) og gjelder marine krepsdyr og bløtdyr. EQS tillater ikke like detaljert beskrivelse av tilstanden som tilstandsklassene, siden det kun er én grenseverdi for hver forbindelse. Det er ikke etablert tilsvarende tilstandsklasser for PAH i fiskefilet.

**Tabell 2.** Øvre grenseverdier for PAH i blåskjell utarbeidet av Miljødirektoratet (MDir 2016; SFT 1997).

Grenseverdier, µg/kg våtvekt	Mdir 2016	SFT 1997				
	EQS	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
Naftalen	2400					
Antracen	2400					
Fluoranten	30					
Benz[a]antracen	304					
Benzo[a]pyren	5,0	1,0	3,0	10	30	>30
PAH15		50	200	2000	5000	>5000

Miljødirektoratet har også utarbeidet grenseverdier for vurdering av PAH-forurensning i sedimenter, primært for kyst- og havneområder. Nivåene er også delt i fem tilstandsklasser, fra «bakgrunnsnivå» (klasse I) opptil «omfattende akutt toksisk effekt» (klasse V), og gjelder kun PAH-enkeltforbindelser fra PAH16-listen, se tabell 3. Disse tilstandsklassene er også basert på internasjonale EQS-verdier (*Environmental Quality Standard*), med øvre grense for tilstandsklasse II tilsvarende AA-EQS (*Environmental Quality Standard – Annual Average*), som er grenseverdien for kroniske effekter ved langtidseksposering, og øvre grense for tilstandsklasse III tilsvarende MAC-EQS (*Environmental Quality Standard – Maximum Annual Concentration*), som er grenseverdien for akutte toksiske effekter ved korttidseksposering.

**Tabell 3.** Øvre grenseverdier for PAH i sedimenter utarbeidet av Miljødirektoratet (MDir 2016).

Grenseverdier, µg/kg tørrvekt	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
Naftalen	2,0	27	1754	8769	>8769
Acenaftalen	1,6	33	85	8500	>8500
Acenaften	2,4	96	195	19500	>19500
Fluoren	6,8	150	694	34700	>34700
Antracen	1,2	4,6	30	295	>295
Fenantren	6,8	780	2500	25000	>25000
Pyren	5,2	84	840	8400	>8400
Fluoranten	8,0	400	400	2000	>2000
Benz[ <i>a</i> ]antracen	3,6	60	501	50100	>50100
Krysen	4,4	280	280	2800	>2800
Benzo[ <i>b</i> ]fluoranten	90	140	140	10600	>10600
Benzo[ <i>k</i> ]fluoranten	90	135	135	7400	>7400
Benzo[ <i>a</i> ]pyren	6,0	183	230	13100	>13100
Indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]pyren	20	63	63	2300	>2300
Dibenz[ <i>a,h</i> ]antracen	12	27	273	2730	>2730
Benzo[ <i>ghi</i> ]perylene	18	84	84	1400	>1400

Når det gjelder NPD, er det ikke etablert tilstandsklasser eller EQS-verdier for summen av disse, og heller ikke for de aller fleste NPD-enkeltforbindelser, med unntak av naftalen og fenantren som vanligvis utgjør kun en liten del av NPD. Ved oljeforurensning vil NPD sterkt dominere PAH-sammensetning av miljøprøver, mens PAH16 vil kun utgjøre en liten del av den totale PAH-sammensetningen i prøven. Siden det ikke er etablert tilstandsklasser for NPD, må man vurdere nivåene mot det man finner i et referanseområde og det man kjenner til fra tidligere studier av området.

## 5 - Resultater

### 1. Laks

Aggregerte resultater for PAH-målingene er vist i tabell 4, mens resultater for alle enkeltforbindelser er vist i Vedlegg 1. Geografisk plassering av anleggene er vist på kart i figur 2.

**Tabell 4.** Nivåer av PAH i laksefilet fra oppdrettsanlegg i Hjeltefjorden, µg/kg våtvekt.

Snittnivåer (n=4)	Otterholmen	Bøøy	Toska N	Rotøy	Vadholmen	Jibbersholmane
Sum 49 PAH	13	17	12	37	30	19
NPD	11	14	10	30	26	16
PAH16	2,6	3,2	2,2	5,8	5,0	2,2

Resultatene viser meget lave nivåer av PAH i alle prøver. De aller fleste enkeltforbindelsene var under kvantifiseringsgrensen (se resultatene i Vedlegg 1). Nivåene er som forventet for prøver der det ikke har vært eksponering til oljeforurensning. Det er ingen vesentlig forskjell mellom prøver fra forskjellige anlegg.



Bilde: Erlend A. Lorentzen/Havforskningsinstituttet

**Figur 4.** Lakseprøver mottatt for analyse på Havforskningsinstituttet i november 2018.

## 2. Blåskjell og albusnegl

Resultater for NPD og de PAH-forbindelsene som Miljødirektoratet har etablert grenseverdier for er vist i tabell 5, mens alle resultater er vist i Vedlegg 2. Geografisk plassering av stasjonene er vist på kart i figur 2.

**Tabell 5.** Nivåer av PAH i blåskjell og albusnegl, µg/kg våtvekt. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge tilsvarende tabell 2. Verdier under EQS betraktes som bakgrunnsnivå.

Stasjon	Art	15						
		NPD	PAH	Naftalen	Antracen	Fluoranten	Benz[a]antracen	Benzo[a]pyren
H1	Blåskjell	1431	177	0,48	7,8	18	5,3	0,58
H2	Blåskjell	453	60	0,47	2,2	7,2	1,5	0,26
H3	Blåskjell	480	71	0,26	2,0	11	3,3	0,54
H4	Blåskjell	291	42	0,37	0,82	5,8	1,3	0,22
H5	Blåskjell	382	52	0,27	1,4	7,1	2,3	0,31
S2	Blåskjell	20	13	<0,20	<0,20	2,7	0,71	0,24
S3	Blåskjell	218	35	<0,20	0,54	4,3	1,3	0,21
S5	Blåskjell	1676	208	0,57	5,2	18	11	0,82
S7	Blåskjell	57	16	<0,20	0,23	2,6	1,0	0,27
S9	Blåskjell	187	33	<0,20	0,41	3,8	1,8	0,42
S10	Blåskjell	227	40	0,34	1,2	4,8	1,9	0,44
S11	Blåskjell	77	19	0,21	0,32	3,1	0,90	0,24
S5	Albusnegl	173	27	0,38	1,1	0,90	0,29	<0,20
S9	Albusnegl	20	3,0	0,33	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20

Nivåer av alle de fem PAH-enkeltforbindelsene som Miljødirektoratet har etablert grenseverdier for ligger lavt og tilsvarer bakgrunnsnivå (merket med blå farge i tabell 5), selv om det er noe variasjon i nivåene fra stasjon til stasjon. Nivåer av 15 PAH varierer også fra stasjon til stasjon, og var ved fire av stasjonene i tilstandsklasse II («Moderat forurenset», grønn farge i tabell 5) ifølge 1997-klassifiseringen - dette er prøver som er tatt i området rundt Hanøytangen. Ved én stasjon i Sture-området, S5, kommer nivåene i blåskjell rett over grensen til tilstandsklasse III, «Markert forurenset» (gul farge i tabell 5). Denne stasjonen lå nærmest havaristen. Det er en stor variasjon i nivåer av NPD funnet i prøvene. De aller høyeste nivåene er funnet ved stasjon H1 ved Hanøytangen kai (1431 µg/kg våtvekt) og ved stasjon S5 ved Sture (1676 µg/kg våtvekt). Disse nivåene er mellom ca. 3 og 80 ganger høyere enn det som er funnet ved de andre stasjonene, og er nesten 10 ganger høyere enn nivåer av PAH15 funnet ved de samme stasjonene. Dette forholdet mellom NPD og PAH15 tyder klart på oljeforurensning i prøvene. Forbrenningsrelaterte kilder gir kun et meget lite bidrag til PAH i prøvene fra disse stasjonene. Området ved Hanøytangen er i utgangspunktet mer belastet av utslipp av olje og PAH på grunn av båttrafikk og stor menneskelig aktivitet i området, noe som løfter bakgrunnsnivåene i området. Ved Sture ligger stasjon S5 like i nærheten av havaristen, men litt på avstand fra Sture-terminalen, og det virker derfor sannsynlig at det er utslipp av olje fra fregatten som forårsaket denne forurensningen. Også nivåene i albusnegl fra Sture ligger betydelig høyere i prøven fra stasjon S5 enn i albusnegl-

prøven tatt ved stasjon S9, selv om nivåene i albusnegl er generelt lavere enn i blåskjellene.

Lave nivåer NPD funnet ved de andre stasjonene på Sture, bl.a. veldig lavt nivå funnet ved den nordligste stasjon 7, tyder på at oljeforurensningen var lokal og ikke har spredt i vesentlig grad til omgivelsene. Regelmessig tidligere overvåkning av blåskjell i området utført av SAM-Marin viser NPD-nivåer i blåskjell på opptil 66 µg/kg våtvekt i 2013, og opptil 220 µg/kg våtvekt historisk ved Sture terminal (Haave og Johansen 2014). Dette er i samsvar med nivåene funnet i denne undersøkelsen ved de andre stasjonene ved Sture terminal, med unntak av stasjon S5. Til sammenligning førte oljeutslipp etter forliset av lasteskipet «Full City» i 2009 til NPD-nivåer i blåskjell på over 12 000 µg/kg våtvekt ved overflaten, og omtrent 4 500 µg/kg våtvekt på 2-3 m dyp (Boitsov mfl. 2009). Dette tyder på at oljeforurensningen i området rundt KNM «Helge Ingstad» stort sett har vært relativt lav.

### 3. Sedimenter

Resultater for THC, NPD og de PAH-forbindelsene som Miljødirektoratet har etablert grenseverdier for er vist i tabell 6, mens alle resultatene er vist i Vedlegg 3. Geografisk plassering av stasjonene er vist på kart i seksjon 2.

**Tabell 6.** Nivåer av THC og PAH i overflatesedimenter fra Nordre Sandvika. Miljødirektoratets tilstandsklasser er vist med farge tilsvarende tabell 3.

<b>THC, mg/kg tørrvekt</b>	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
THC	47	213	53	58	32
<b>PAH, µg/kg tørrvekt</b>	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
Naftalen	1,2	2,4	2,0	0,81	0,73
Acenaftylen	<0,50	5,7	<0,50	<0,50	<0,50
Acenaften	<0,50	62	1,2	<0,50	0,85
Fluoren	0,77	49	1,3	0,82	0,54
Fenantren	5,2	346	11	6,3	4,4
Antracen	0,60	16	1,6	0,70	0,54
Fluoranten	3,4	23	11	4,6	4,4
Pyren	13	96	28	12	8,7
Benz[a]antracen	2,6	14	5,9	3,0	2,3
Krysen	4,3	22	9,9	5,3	3,9
Benzo[b]fluoranten	2,8	4,3	4,3	3,0	2,7
Benzo[k]fluoranten	1,1	1,5	1,6	1,2	1,1
Benzo[a]pyren	1,8	2,5	3,1	2,2	2,2
Indeno[1,2,3-cd]pyren	2,7	2,3	2,9	2,2	2,0
Dibenz[a,h]antracen	0,63	0,62	0,70	0,55	<0,50
Benzo[ghi]perylene	3,2	2,9	3,5	2,7	2,2
<b>Sum 49 PAH</b>	190	4819	431	173	114
<b>NPD</b>	143	4354	338	125	75
<b>PAH16</b>	44	649	89	46	37

Nivåene av THC er høyest i prøven fra stasjon 2 (213 mg/kg tv.), og ligger ellers rundt 50 mg/kg tv. i de andre prøvene. THC er en generell parameter for det totale innholdet av forskjellige hydrokarboner. Det kan være flere kilder til hydrokarboner, også naturlige, og bakgrunnsnivåer for THC kan ligge mellom 10 og 50 mg/kg tv. i kystnære strøk, men som regel under 20 mg/kg tv. i åpent hav (se for eksempel miljøkjemirapporter på mareano.no). Nivåer høyere enn 50



mg/kg tv. kan derimot tyde på oljeforurensning.

Nivåene av PAH i sedimenter varierer mye til tross for kort avstand mellom stasjonene (mindre enn 50 m, se kart i figur 3). De høyeste nivåene er også funnet i prøven fra stasjon 2, hvor nivåene kommer i tilstandsklasse III for to PAH-forbindelser og i tilstandsklasse II for åtte andre (tabell 6). Resten av forbindelsene som det er etablert tilstandsklasser for ligger i tilstandsklasse I. Nivåene er betydelig lavere i prøven fra stasjon 3, hvor bare seks PAH-forbindelser ligger i tilstandsklasse II og resten ligger i tilstandsklasse I. Nivåene er enda lavere i resten av prøvene og ligger i tilstandsklasse I for nesten alle forbindelsene.

Prøven fra stasjon 2, som har de høyeste PAH-nivåene, har også høyt NPD nivå, 4354  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv. Dette er flere ganger høyere enn nivå av PAH16 fra samme stasjon. I tråd med resultatet for THC tyder dette også klart på oljeforurensning. NPD er mye lavere i prøven fra stasjon 3, 338  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv., men også der er denne indikatoren betydelig høyere enn PAH16. Resten av prøvene har lave nivåer av NPD. Siden NPD kan ha naturlige kilder i miljøet, varierer bakgrunnsnivåene for disse sterkt fra sted til sted, men ligger som regel under 300  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv. på steder uten kjente tilførsler av fossile stoffer til sedimentoverflaten (se miljøkjemirapporter på [mareano.no](http://mareano.no)).

Det var observert tydelig oljeforurensning i Nordre Sandvika både under sedimentprøvetaking og ved Kystverkets befarung 20. mars og 30. april 2019, med synlige oljeflekker og tydelig lukt av olje. Resultater fra målinger i sedimentprøver viser derimot stor variasjon med nesten ingen forurensning i flere av prøvene og relativt høy forurensning i én av prøvene. Prøvene ble samlet fra meget grunt område, og det er mulig at den lette marine diesellojen, som gjerne samler seg på vannoverflaten, kan ha kommet i kontakt med sedimentprøven(e) under prøvetaking.



**Figur 5.** Bilde fra Kystverkets befarung i Nordre Sandvika 20. mars 2019. Bildet viser tråkk hvor olje piper opp.

## 6 - Konklusjoner

Havforskningsinstituttet har ikke funnet oljeforurensning i oppdrettslaks fra prøveuttak i 6 anlegg langs Hjeltefjorden i november 2018. Undersøkelsene av blåskjell og albusnegler fra området ved KNM «Helge Ingstad» på Sture innsamlet i januar 2019 viste stort sett lave nivåer rundt kjent bakgrunnsnivå, med økt nivå av oljerelaterte PAH (NPD) ved én lokalitet nærmest havaristen. Forurensningen var lokal og har ikke spredt seg over et større område. Undersøkelser av forurensning i sedimenter i bukten like innenfor havaristen tyder på begrenset og noe flekkete oljeforurensning ved denne avgrensede lokaliteten. Kystverket har gjennomført befaringer langs Hjeltefjorden i slutten av mars og april 2019 for å undersøke om det fortsatt var synlige spor av oljeforurensning i området. Det var kun i Nordre Sandvika bukten synlige spor av olje ble observert. Havforskningsinstituttet hadde en befarings på samme lokalitet 21.mai 2019, og da var det ikke lenger synlige spor av olje i bukten.

Det kan dermed konkluderes at samlet effekt av oljeutslippet fra KNM «Helge Ingstad» har vært relativt lav, med liten skade på marine organismer. Dette skyldes sannsynligvis at mesteparten av utslippet bestod av marin diesel, som ble lett fortynnet i vannmassene og fordampet. Det kan derfor forventes at miljøtilstanden kommer tilbake til det normale innen relativt kort tid. Videre miljøundersøkelser av området i forbindelse med forliset anses derfor som unødvendig.

## 7 - Referanser

Boitsov, S., Fonn, M., Hjelset, E., Liebig, P.L., Meier, S., Nesje, G., Smith-Jahnsen, T., Steen, H., Tveit, G., Westrheim, K., Klungsøyr, J. 2009. Undersøkelse av oljeforurensning i marint miljø etter havariet av lasteskipet «Full City». Havforskningsinstituttets prosjektrapport prosjekt nr. 13044. S. 20.

Boitsov, S., Klungsøyr, J., Dolva, H. 2012. Erfaringer etter oljeutslipp langs kysten av Norge. Rapport fra Havforskningen nr. 23-2012. S. 34.

Haave, M., Johansen, P.-O. 2014. Miljøundersøkelse ved Statoils oljeterminal på Sture i 2013. SAM e-Rapport nr. 21-2014. S. 176.

Miljødirektoratet. 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Veileder M-608. S. 24.

SFT. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning 97:03, TA-1467/1997. S. 36.

## Vedlegg 1. Resultater av PAH-målinger i laksefilet fra oppdrettsanleggene i Hjeltefjorden

PAH snittvåær (n=4), µg/kg vv.	Otterholmen	Bøøy	Toska N	Rotøy	Vadholmen	Jibbersholmane
Naftalen	0,72	1,2	0,68	1,4	2,4	0,69
2-Metylnaftalen	0,40	0,75	0,43	0,93	0,56	1,6
1-metylnaftalen	0,43	0,81	0,47	0,93	0,65	1,8
Bifenyl	0,36	0,99	0,41	1,6	0,39	0,58
2,6-Dimetylnaftalen	<0,2	0,22	<0,2	<0,2	<0,2	0,46
1,3-Dimetylnaftalen	0,45	0,85	0,55	1,1	1,1	2,0
2,3-Dimetylnaftalen	6,5	7,9	6,1	22	18	7,1
1,4-Dimetylnaftalen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Acenaftylen	<0,2	<0,2	<0,2	0,22	<0,2	<0,2
Acenaften	0,30	0,31	0,29	0,71	0,45	0,29
Dibenzofuran	0,68	0,77	0,63	1,6	1,1	0,61
1,3,7-Trimetylnaftalen	0,86	0,76	0,78	1,0	1,9	1,3
2,3,5-Trimetylnaftalen	0,20	0,23	0,21	0,39	0,55	0,32
1,2,3-Trimetylnaftalen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,4,6,7-Tetrametylnaftalen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2,5,6-Tetrametylnaftalen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fluoren	0,47	0,55	0,37	1,1	0,68	0,39
1-Metylfluoren	0,20	<0,2	<0,2	0,25	0,33	<0,2
9-Etylfluoren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dibenzotiofen	<0,2	<0,2	<0,2	0,29	<0,2	<0,2
Fenantren	0,44	0,43	0,39	1,3	0,72	0,33
Antracen	<0,2	0,27	0,26	0,79	0,49	0,27
4-metyldibenzotiofen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
3-Metylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2-Metylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
9-Metylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	0,25	<0,2	<0,2
1-Metylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-etyldibenzotiofen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
3,6-Dimetylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
4-propyldibenzotiofen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,7-Dimetylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2-Dimetylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
2,6,9-Trimetylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2,6-Trimetylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

1,2,7-Trimetylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2,6,9-Tetrametylfenantren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Fluoranten	<0,2	<0,2	<0,2	0,24	<0,2	<0,2
Pyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benz[a]antracen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Krysen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[b]fluoranten	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[k]fluoranten	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[j]fluoranten	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[e]pyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[a]pyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Perylen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Indeno[1,2,3-cd]pyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dibenz[a,h]antracen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[ghi]perylene	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2

## Vedlegg 2. Resultater av PAH-målinger i blåskjell og albusnegl fra Hanøytangen og Sture

Område - prøve	Hanøytangen - blåskjell					Sture - blåskjell							Albusnegl	
	H1	H2	H3	H4	H5	S2	S3	S5	S7	S9	S10	S11	S5	S9
PAH, µg/kg vv.														
Naftalen	0,48	0,47	0,26	0,37	0,27	<0,2	<0,2	0,57	<0,2	<0,2	0,34	0,21	0,38	0,33
2-Metylnaftalen	4,1	1,8	0,64	0,91	0,68	<0,2	0,51	6,5	<0,2	1,4	0,91	0,54	1,3	0,26
1-metylnaftalen	5,5	2,4	1,1	1,2	0,92	<0,2	0,56	6,6	<0,2	1,4	1,0	0,50	1,9	0,50
Bifenyl	2,7	1,6	0,71	0,97	0,71	<0,2	0,55	3,9	0,24	0,75	0,59	0,31	1,1	<0,2
2,6-Dimetylnaftalen	17	6,1	3,0	3,1	2,1	0,24	3,0	30	0,29	4,1	2,6	1,3	7,5	7,3
1,3-Dimetylnaftalen	43	15	6,7	7,4	4,3	0,72	7,7	77	0,74	11	7,7	3,6	21	2,1
2,3-Dimetylnaftalen	8,6	3,1	1,4	1,6	1,1	<0,2	1,6	16	0,22	2,5	1,7	0,71	4,3	0,31
1,4-Dimetylnaftalen	6,3	3,4	0,88	2,6	0,60	<0,2	0,90	10	<0,2	1,3	1,0	0,42	3,2	0,33
Acenaftalen	1,2	0,40	0,37	0,40	0,29	<0,2	<0,2	1,3	<0,2	0,28	<0,2	<0,2	0,23	<0,2
Acenaften	15	4,8	2,3	2,3	1,8	0,21	1,8	17	0,30	2,1	2,0	0,71	2,3	<0,2
Dibenzofuran	4,7	1,6	0,73	0,90	0,84	0,36	0,38	3,2	0,28	0,49	0,47	0,42	0,66	<0,2
1,3,7-Trimetylnaftalen	114	38	18	19	16	1,2	16	133	2,0	16	18	5,1	20	1,0
2,3,5-Trimetylnaftalen	70	24	13	12	10	1,0	12	86	1,4	11	12	3,9	17	0,91
1,2,3-Trimetylnaftalen	30	11	5,9	5,3	5,6	0,26	4,5	28	0,65	4,0	4,7	1,3	4,7	0,28
1,4,6,7-Tetrametylnaftalen	33	11	6,6	5,5	6,0	0,44	4,8	34	1,2	4,2	5,1	1,4	3,1	<0,2
1,2,5,6-Tetrametylnaftalen	12	17	11	8,4	10	0,67	7,1	51	2,2	6,3	7,9	2,5	3,8	<0,2
Fluoren	4,8	2,4	1,3	1,6	1,0	0,33	1,4	7,3	0,32	1,0	1,2	0,57	1,7	<0,2
1-Metylfluoren	44	15	9,1	8,3	6,7	0,62	8,6	48	1,5	6,0	7,9	2,4	6,5	0,27
9-Etylfluoren	13	5,2	2,9	2,7	3,6	0,41	1,7	13	1,5	2,2	2,3	0,87	<0,2	<0,2
Dibenzotiofen	3,4	1,6	1,2	1,0	1,2	<0,2	0,81	3,8	0,29	0,70	0,86	0,29	0,58	<0,2
Fenantren	47	19	13	12	10	2,0	10	53	2,4	7,3	9,9	3,8	16	1,4
Antracen	7,8	2,2	2,0	0,82	1,4	<0,2	0,54	5,2	0,23	0,41	1,2	0,32	1,1	<0,2
4-metyldibenzotiofen	18	5,9	5,2	3,6	4,5	0,34	3,6	20	0,64	2,0	2,9	1,1	1,5	<0,2
3-Metylfenantren	149	45	43	27	32	1,7	22	141	4,1	15	21	7,0	20	1,5
2-Metylfenantren	162	49	51	31	37	1,6	24	164	4,7	16	24	7,8	13	0,97
9-Metylfenantren	95	30	30	18	22	1,2	15	94	2,8	9,7	13	4,9	7,3	0,39
1-Metylfenantren	76	24	25	15	18	1,2	12	72	2,3	7,4	11	4,1	7,6	0,54

4-etyldibenzotiofen	7,8	2,1	3,0	1,6	2,8	<0,2	1,1	9,2	0,36	0,83	1,1	0,37	0,23	<0,2
3,6-Dimetylfenantren	93	29	37	20	32	1,6	13	90	5,6	11	14	5,2	6,9	0,69
4-propyldibenzotiofen	6,5	1,9	3,0	1,6	2,8	<0,2	0,94	8,3	0,42	0,94	0,90	0,33	<0,2	<0,2
1,7-Dimetylfenantren	201	54	82	40	66	2,4	27	222	8,8	21	28	9,5	7,6	0,40
1,2-Dimetylfenantren	32	9,4	15	7,1	12	0,38	4,5	37	1,5	3,7	4,8	1,5	1,2	<0,2
2,6,9-Trimetylfenantren	133	35	69	30	56	1,6	17	187	9,7	19	22	6,5	1,9	<0,2
1,2,6-Trimetylfenantren	46	12	25	11	20	0,62	6,09	65	3,0	5,9	7,8	2,3	1,0	<0,2
1,2,7-Trimetylfenantren	13	2,7	8,4	2,8	5,9	<0,2	1,8	23	0,80	1,8	2,3	0,56	0,29	<0,2
1,2,6,9-Tetrametylfenantren	5,0	1,5	3,0	0,99	2,5	<0,2	0,65	8,1	0,37	0,78	0,98	0,28	<0,2	<0,2
Fluoranten	18	7,2	11	5,8	7,1	2,7	4,3	18	2,6	3,8	4,8	3,1	0,90	<0,2
Pyren	57	16	22	12	17	2,3	9,5	67	3,5	7,9	9,6	4,0	4,54	0,52
Benz[a]antracen	5,3	1,5	3,3	1,3	2,3	0,71	1,3	11	1,0	1,8	1,9	0,90	0,29	<0,2
Krysen	12	2,9	8,5	2,4	5,4	1,6	3,0	19	2,2	3,4	3,9	2,0	0,46	<0,2
Benzo[b]fluoranten	2,6	1,2	3,2	1,4	1,7	1,4	1,1	3,5	1,6	2,3	2,3	1,4	<0,2	<0,2
Benzo[k]fluoranten	0,80	0,45	0,95	0,44	0,53	0,49	0,36	0,93	0,49	0,75	0,77	0,47	<0,2	<0,2
Benzo[j]fluoranten	0,97	0,54	1,2	0,58	0,66	0,65	0,51	1,2	0,71	0,99	1,1	0,64	<0,2	<0,2
Benzo[e]pyren	4,3	2,2	4,5	2,2	2,6	1,8	1,4	4,3	1,7	2,5	2,7	1,9	<0,2	<0,2
Benzo[a]pyren	0,58	0,26	0,54	0,22	0,31	0,24	0,21	0,82	0,27	0,42	0,44	0,24	<0,2	<0,2
Perylen	0,59	0,30	0,50	0,22	0,30	<0,2	<0,2	0,68	<0,2	0,28	0,33	<0,2	<0,2	<0,2
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,61	0,33	0,68	0,36	0,48	0,34	0,25	0,52	0,32	0,49	0,52	0,30	<0,2	<0,2
Dibenz[a,h]antracen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Benzo[ghi]perylene	2,5	1,0	2,1	1,1	1,7	0,82	0,77	2,9	0,70	1,1	1,2	0,80	<0,2	<0,2

## Vedlegg 3. Resultater av målinger av THC og PAH i overflatesediment fra Nordre Sandvika

Stasjon	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5
<b>THC, mg/kg tv.</b>	47	213	53	58	32
<b>PAH, µg/kg tv.</b>					
Naftalen	1,2	2,4	2,0	0,81	0,73
2-Metylnaftalen	1,9	18	2,5	1,1	0,66
1-metylnaftalen	1,3	21	1,9	0,79	<0,50
Bifenyl	0,68	4,9	0,96	<0,50	<0,50
2,6-Dimetylnaftalen	6,6	229	6,9	3,8	4,1
1,3-Dimetylnaftalen	2,7	428	4,4	2,1	1,2
2,3-Dimetylnaftalen	0,51	91	1,0	<0,50	<0,50
1,4-Dimetylnaftalen	<0,50	60	<0,50	<0,50	<0,50
Acenaftylen	<0,50	5,7	<0,50	<0,50	<0,50
Acenaften	<0,50	62	1,2	<0,50	0,85
Dibenzofuran	0,64	12	1,1	0,67	0,60
1,3,7-Trimetylnaftalen	3,6	553	4,7	2,5	1,1
2,3,5-Trimetylnaftalen	4,0	416	7,2	2,6	1,2
1,2,3-Trimetylnaftalen	1,7	126	3,3	1,1	0,57
1,4,6,7-Tetrametylnaftalen	2,5	68	5,0	1,8	1,1
1,2,5,6-Tetrametylnaftalen	2,7	60	5,8	2,1	1,1
Fluoren	0,77	49	1,3	0,82	0,54
1-Metylfluoren	2,9	137	7,2	2,6	1,2
9-Etylfluoren	0,77	2,5	<0,50	<0,50	<0,50
Dibenzotiofen	0,52	11	1,1	0,60	<0,50
Fenantren	5,2	346	11	6,3	4,4
Antracen	0,60	16	1,6	0,70	0,54
4-metyldibenzotiofen	1,3	29	4,0	1,5	0,73
3-Metylfenantren	11	426	26	11	5,8
2-Metylfenantren	12	454	26	7,4	2,1
9-Metylfenantren	8,0	196	24	7,9	4,2
1-Metylfenantren	6,0	174	18	6,0	3,1
4-etyldibenzotiofen	<0,50	5,90	1,5	<0,50	<0,50
3,6-Dimetylfenantren	7,6	126	27	7,2	4,1
4-propyldibenzotiofen	0,52	3,3	1,2	0,50	<0,50
1,7-Dimetylfenantren	20	248	65	19	11
1,2-Dimetylfenantren	4,7	47	13	4,2	2,7



2,6,9-Trimetylfenantren	22	135	46	20	14
1,2,6-Trimetylfenantren	8,7	54	19	8,0	5,7
1,2,7-Trimetylfenantren	3,2	19	6,7	3,0	2,1
1,2,6,9-Tetrametylfenantren	2,0	8,7	3,0	1,7	1,2
Fluoranten	3,4	23	11	4,6	4,4
Pyren	13	96	28	12	8,7
Benz[a]antracen	2,6	14	5,9	3,0	2,3
Krysen	4,3	22	9,9	5,3	3,9
Benzo[b]fluoranten	2,8	4,3	4,3	3,0	2,7
Benzo[k]fluoranten	1,1	1,5	1,6	1,2	1,1
Benzo[j]fluoranten	1,2	1,4	1,8	1,3	1,2
Benzo[e]pyren	2,5	3,8	3,5	2,4	2,2
Benzo[a]pyren	1,8	2,5	3,1	2,2	2,2
Perylen	1,2	1,9	2,9	1,9	1,3
Indeno[1,2,3-cd]pyren	2,7	2,3	2,9	2,2	2,0
Dibenz[a,h]antracen	0,63	0,62	0,70	0,55	<0,50
Benzo[ghi]perylen	3,2	2,9	3,5	2,7	2,2



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes  
5817 Bergen  
E-post: [post@hi.no](mailto:post@hi.no)  
[www.hi.no](http://www.hi.no)