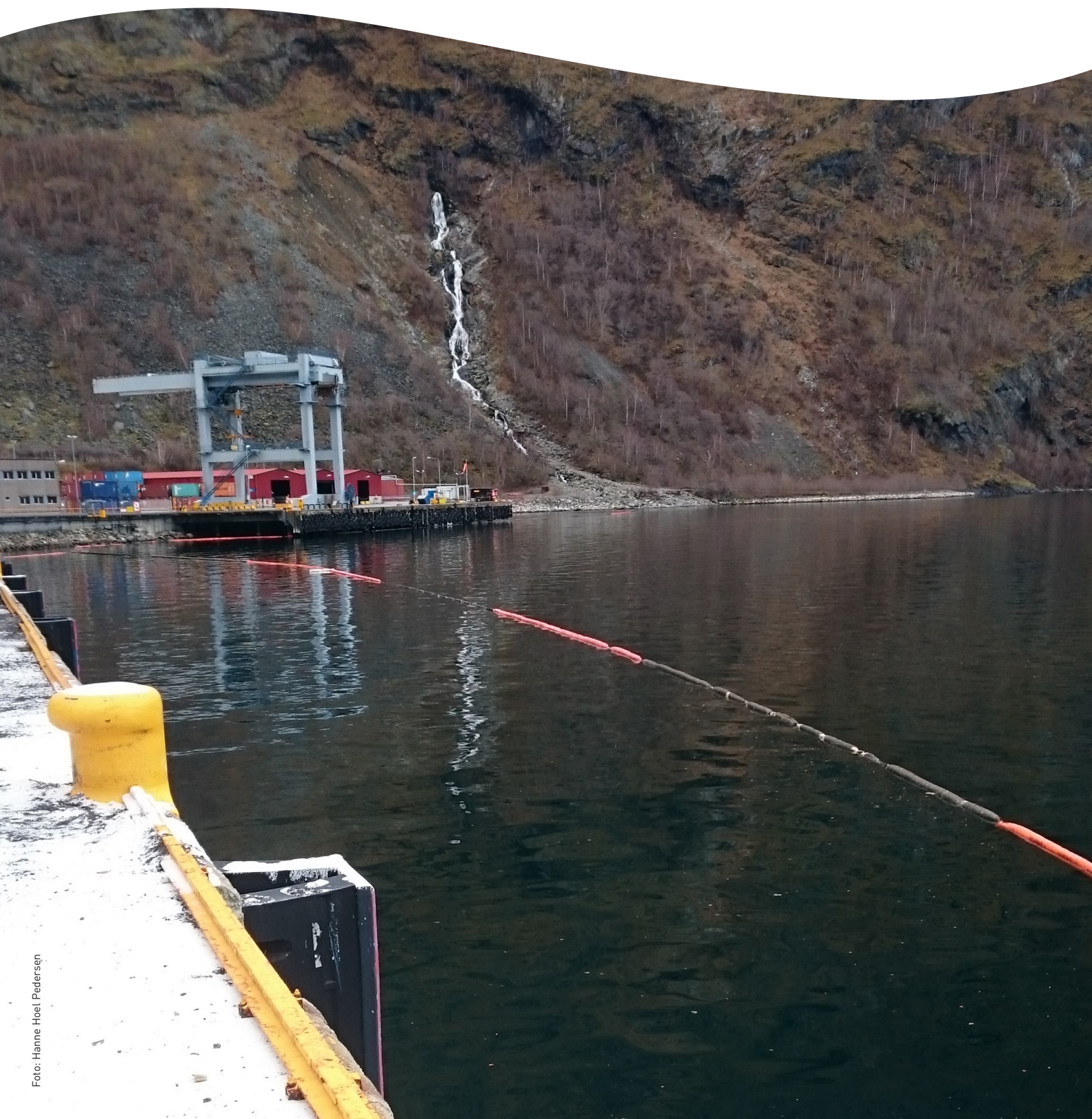


Konsekvensvurdering av dieselutslipp til Årdalsfjorden i november 2016

Fagrappport



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Konsekvensvurdering av dieselutslipp til Årdalsfjorden i november 2016	Løpenummer 7117-2017	Dato 10.2.2017
Forfatter(e) Sigurd Øxnevad	Fagområde Miljøgifter - marin	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Årdalsfjorden	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Hydro Aluminium AS, Årdal Metallverk	Oppdragsreferanse Hanne Hoel Pedersen
--	--

<p>Sammendrag</p> <p>25. november 2016 skjedde det et uhellsutslipp av diesel til Årdalsfjorden hos Hydro Aluminium Årdal. Dieselutslippet ved Årdalstangen har sannsynligvis ikke medført særlig skade på livet i Årdalsfjorden. Det er estimert at det rant ut ca. 1600 liter diesel. Diesel er et svært flyktig stoff, og mye av dieselen fordampet nok bort. Dieselen på fjorden ble ganske raskt blandet ned i vannmassene. Diesel har potensiale for å bioakkumulere, og kan være giftig for vannlevende organismer. Innerst ved Årdalstangen (ved Klingenberg og ved Moldekran) var det en kort stund konsentrasjoner av diesel som kan være akutt toksisk for vannlevende organismer. Det var ingen tegn til død fisk eller synlige skadevirkninger på livet i fjorden som følge av utslippet. Dieselutslippet kan ha medført effekter helt lokalt ved utslippsstedet. Noen av stoffene i dieselen kan ha blitt tatt opp i organismer som f.eks. muslinger.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Årdalsfjorden 2. Dieselutslipp 3. Konsekvensvurdering 4. Hydro Aluminium AS Årdal 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Årdalsfjord 2. Diesel oil spill 3. Environmental impact assessment 4. Hydro Aluminium AS Årdal
---	---

Sigurd Øxnevad
Prosjektleder

Marianne Olsen
Forskningsleder

**Konsekvensvurdering av
dieselutslipp til Årdalsfjorden i november 2016**

Forord

Denne miljøkonsekvensvurderingen er utarbeidet av NIVA på forespørsel fra Hydro Aluminium AS Årdal etter et uhellsutslipp av diesel til Årdalsfjorden ved Årdalstangen 25. november 2016. Rapporten er utarbeidet av forsker Sigurd Øxnevad. Kontaktperson hos Hydro Aluminium AS Årdal har vært Hanne Hoel Pedersen.

Grimstad, 10.2. 2017

Sigurd Øxnevad

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	7
2	Litt om olje og oljeprodukter i kystsonen	7
3	Hendelsesforløpet	9
4	Karakteristikk av utslippet	10
4.1	Fysiske- og kjemiske egenskaper	10
4.2	Nedbrytbarhet	11
4.3	HMS- og miljøklassifisering	11
4.4	Toksisitet	12
5	Spredning med vannmassene	13
6	Resultater av vannprøvene	13
7	Mulige effekter på økosystemet av dieselutslippet	15
8	Konklusjon	16
9	Referanser	17

Sammendrag

På forespørsel fra Hydro Aluminium AS Årdal har NIVA vurdert mulige miljøkonsekvenser av et uhellsutslipp av diesel til Årdalsfjorden den 25. november 2016. Det er estimert at det rant ut ca. 1600 liter diesel. Det ble satt i gang tiltak for å samle opp diesel og minimere videre spredning. Diesel er et flyktig stoff, og mest sannsynlig fordampet mye av dieselen bort i løpet av kort tid. Resterende diesel ble raskt blandet ned i vannmassene. Fem dager etter utslippet var det ikke synlig tegn til oljefilm i fjæra. Diesel har potensiale for å bioakkumulere og kan være giftig for vannlevende organismer. Innerst ved Årdalstangen (ved Klingenberg og ved Moldekran) var det en kort stund konsentrasjoner av diesel som kan være akutt toksiske for vannlevende organismer.

Det var ingen tegn til død fisk eller synlig skadevirkninger på livet i fjorden som følge av utslippet. Det kan imidlertid ikke utelukkes at dieselutslippet kan ha medført effekter helt lokalt ved utslippsstedet. Noen av stoffene i dieselen kan ha blitt tatt opp i organismer som f.eks. muslinger. Dette kan utgjøre en uønsket langtidseffekt på miljøet i fjorden. Konklusjonen er likevel at dieselutslippet ved Årdalstangen den 25. november 2016 sannsynligvis ikke har medført særlig skade på livet i Årdalsfjorden.

Summary

Title: Environmental impact assessment of a diesel oil spill to the Årdalsfjord in November 2016

Year: 2017

Author: Sigurd Øxnevad

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6852-2

On request from Hydro Aluminium AS Årdal, NIVA has assessed the possible environmental impact of a diesel oil spill to the Årdalsfjord. It has been estimated that approximately 1600 liters of diesel oil leaked out. Actions were taken to remove oil spill and to minimize spreading of the oil. Diesel is highly volatile, and it is likely that much of the diesel evaporated shortly after the spill. The remaining diesel got mixed and diluted in the seawater. There was no visible oil spill five days after the incident. Diesel has potential to accumulate and is also considered to be harmful to water living organisms. For a short while there were concentrations of diesel in the innermost part of the fjord (by Klingenberg and by the Moldekran) that may have caused acute toxic effects.

There were no observations of dead fish or any visible signs of harmful effect to the environment in the fjord. The diesel oil spill may still have resulted in harmful effects in the innermost part of the fjord. Some of the hydrocarbons in diesel might have accumulated in organisms, for instance in mussels. The diesel oil spill may therefore have a long term negative effect to the environment in the Årdalsfjord. The conclusion is nevertheless that the diesel oil spill has probably not caused much harm to the environment in the Årdalsfjord.

1 Bakgrunn

Den 25. november 2016 skjedde det et utslipp av diesel hos Hydro Aluminium Årdal på Årdalstangen i Sogn og Fjordane. Uhellsutslippet skjedde i forbindelse med demontering av en gammel dieseltank. På forespørsel fra Hydro Aluminium Årdal har NIVA gjort en vurdering av miljøkonsekvensene av utslippet. Vurderingen er gjort på bakgrunn av beskrivelse fra Hydro Aluminium Årdal angående hendelsesforløp, størrelse av utslippet og sikkerhetsdatablad for diesel.

2 Litt om olje og oljeprodukter i kystsonen

Konsekvenser av uhellsutslipp av olje er omfattende beskrevet i SINTEF-rapport fra 2003 (Johansen m.fl. 2003). En konsekvensvurdering av regulære utslipp til sjø er gitt i Akvaplan-niva rapport nr. 5935-1 (Bakke m.fl. 2012). I en review-artikkelen har Beyer m.fl. (2016) sammenfattet kunnskap om Deepwater-Horizon-utslippet.

Oljeforurensning kan bestå av råolje eller raffinerte produkter (Carroll m.fl. 1999). Olje kan være alt fra en lett fargeløs væske til en svart, tungtflytende masse. Raffinerte produkter inneholder i prinsippet de samme kjemiske elementene som råoljer, men kokepunktsområdene er noe smalere. For å kunne gi en rask vurdering av oljens oppførsel på sjøen og på strand, og for å bestemme hvilke oppsamling- og saneringsmetoder som er best egnet deles oljer inn i tre grupper:

- Lette og meget lette oljer, som f.eks. letter råoljer, diesel, bensin og flybensin
- Middels tunge råoljer og oljeprodukter (råoljer, lette fyringsoljer)
- Tunge råoljer og oljeprodukter (råoljer, bunkers, asfalt, smøreoljer)

Hver oljetype inneholder et bredt spekter av komponenter, hvorav hydrokarboner utgjør den største gruppen (50-98 %). De fysiske- og kjemiske egenskapene til hydrokarboner er avhengig av det totale antall karbonatomer de er bygd opp av. Egenvekten (tettheten) til oljer er vanligvis lavere enn 1,0 g/ml, slik at olje som slippes ut på havet i utgangspunktet vil legge seg på overflaten. For å utvikle gode tiltaksstrategier er det viktig å forstå hvordan olje oppfører seg på sjøen og på strand. Forvitring, spredning og sedimentering av olje avhenger av oljetype, oljemengde, andel av overflaten som er eksponert, bølger, strømforhold, is, meteorologiske forhold, osv.

Når oljen flyter på sjøen begynner den å forvitte. Forvitring er en betegnelse som brukes for alle de prosessene forurensningen utsettes for som påvirker mengde og sammensetning (Carroll m.fl. 1999). De mest relevante prosessene er fordampning, naturlig dispergering og emulsjonsdannelse. Andre prosesser er oppløsning, biologisk nedbrytning (biodegradering) og fotooksidasjon, men disse prosessene er av mindre betydning for nedbrytning og reduksjon av oljemengde. Forvitring av olje er særlig avhengig av viskositet (seighet) og tetthet (egenvekt). Viskositeten øker ved lave temperaturer. Olje og oljeprodukter med lav viskositet har generelt lav tetthet.

Fordampning er den viktigste prosessen i de første timene etter et oljeutslipp. Utslipp av lette, raffinerte produkter, som f.eks. bensin, parafin og diesel fordamper meget raskt. Slike utslipp vil fordampe i løpet av noen få timer.

Fordampningshastigheten er avhengig av:

- Temperaturen i sjøen hvor oljen flyter
- Lufttemperatur og solstråling
- Vindstyrke og bølgebevegelser. Mer vind gir raskere fordampning
- Hvor stor andel av oljen som er eksponert til luft (kan endres raskt)
- Emulsjonsdannelse

Den raskeste fordampningen skjer på solfylte, vindfulle dager i områder med gode strømforhold.

Naturlig dispergering skjer ved at oljekomponenter blir blandet ned i sjøen. Denne prosessen er for en stor del styrt av bølger.

Ved de fleste oljeutslipp blir det etter kort tid (minutter eller timer) observert endringer i oljens konsistens. Etter at de lette komponentene i oljen har fordampet, kan bølgepåvirkning føre til at den gjenværende fraksjonen blandes med vann og danner en emulsjon. Emulsjonens vanninnhold kan være opp til 70 %. I forhold til olje er emulsjoner mer tyktflytende (har høyere viskositet) og har lavere nedbrytningshastighet og toksisitet (på grunn av fortynning med vann). Emulsjonsdannelse forekommer så godt som aldri ved utslipp av bensin, parafin eller diesel (unntatt ved meget lave temperaturer).

Etter utslippet vil forurensningen spre seg utover sjøen og drive av sted. Spredningen av oljen er i stor grad styrt av overflatespenningen mellom vann og olje/oljeproduktet mens driften (transporten) er bestemt av vind og strøm, og i mindre grad av bølger.

Sedimentering og transport av sediment kan i stor grad påvirke transport og effekter av olje. Suspendert sediment kan forekomme i spesielt høye konsentrasjoner i vannmasser ved elvemunninger og i grunne kystområder. Disse partiklene har til sammen stor overflate som olje kan absorberes til. Dersom olje blir absorbert av suspendert sediment eller andre uorganiske eller organiske partikler dannes det aggregater. Disse aggregatene kan vaskes på land, eller når den samlede oppdriften er negativ, sedimentere i områder hvor strømmen er svak nok til å tillate sedimentering.

Opptak og metabolisme av oljekomponenter i organismer

PAH-forbindelser kan akkumuleres i organismer tilhørende lavere trinn i næringskjeden, men i mye mindre grad i organismer høyere opp (f.eks. fisk). Fisk kan ta opp oljekomponenter ved eksponering for olje i vann eller føde (Rice 1985, Gobas 1992). Fisk har imidlertid evnen til å metabolisere (bryte ned/fordøye) oljekomponenter som tas opp. Utskillelse av aromatiske hydrokarboner og deres nedbrytningsprodukter i fisk foregår hovedsakelig i leveren via gallen (Thomas & Rice 1981, 1982), men det finnes også andre ekskresjonsveier. Hydrokarboner som toluen og naftalen skilles hovedsakelig ut over gjellene. Hydrokarboner er også blitt funnet i slim utskilt gjennom skinnen (Varanasi m.fl. 1978) og i gonadene (Reichert & Varanasi 1982). Akkumulering av PAH-forbindelser i fisk øker med økende antall aromatiske ringer i molekylet (Rice m.fl. 1975). Det er vist at fiskeegg og fiskelarver tar opp aromatiske hydrokarboner fra vannfasen (Solbakken m.fl. 1984).

Fisk er mest sårbar for forurensning fra oljekomponenter på egg- og larvestadiet. Det er vist at voksen fisk kan sanse meget lave konsentrasjoner av olje i sjøvann (Hellström & Døving 1983). Dette kan tyde på at olje vil kunne påvirke fiskens adferd, til f.eks. å kunne unngå oljeforurensede vannmasser. Det finnes få tilfeller med klare effekter på voksen fisk etter uhellsutslipp av olje. Årsaken til at voksen fisk generelt ikke er så sårbar for uhellsutslipp av olje er at fisken kan unngå områder med høye konsentrasjoner av olje. Fiskeegg som eksponeres for hydrokarboner kan få redusert klekkesuksess og/eller misdannelser (Westernhagen 1988).

Akutt giftighet av oljeforbindelser

Miljørisikoanalyse for utslipp av kjemikalier/olje til sjø bygger på prinsippet om vurdering av beregnet konsentrasjon i miljøet (Predicted Environmental Concentration, PEC) og konsentrasjon for forventet ingen effekt (Predicted No Effect Concentration, PNEC) for spesifikke oljekomponenter eller for totalt hydrokarbon i vannet (løst og dispergert olje). For å vurdere giftigheten av olje sluppet ut til sjø, er det nødvendig å ta hensyn til både løste og dispergerte forbindelser i vannmassene. Tester har vist at de mest giftige oljeproduktene er bensin, kerosin og diesel. De har E(L)L₅₀-verdier på ca. 1-50 mg/l (Tabell 3). E(L)L₅₀-verdier defineres som «Effective (Lethal) Load» og angis som den mengden olje som tilsettes en vannmasse, dette gjenspeiler både løste komponenter og dispergerte komponenter, og omregnes til konsentrasjon i vannmassene (mg/l).

Influensområde for utslippene defineres ut fra forholdet mellom modellert spredning og fortynning av de aktuelle stoffene og omforente grenseverdier av stoffenes toksisitet eller andre virkninger overfor marine organismer (Bakke m.fl. 2012). Influensområdet for hvert stoff defineres som området hvor utslippet fortsatt har så høye nivåer av utslippskomponenter at det er fare for effekter, dvs. der beregnet nivå av et stoff (PEC) overskrider grense for effekt på organismer (PNEC). Utenfor dette området er forholdet $PEC/PNEC < 1$ ved naturlig fortynning. Som konservativ tilnærming brukes kronisk PNEC i utgangspunktet for alle utslippene, men dersom fortynningen skjer raskt (størrelsesorden timer) vil også eksponeringshastigheten i vannmassene være kort, og det kan være mest relevant å bruke PNEC for kortvarig (akutt) påvirkning. Ved langsom fortynning og for organismer som forblir vedvarende eksponert (f.eks. i sedimentene) vil kronisk PNEC være mest relevant.

3 Hendelsesforløpet

Om formiddagen den 25. november 2016 skjedde det et utslipp av diesel til Årdalsfjorden da det ble utført demontering av en gammel dieseltank hos Hydro Aluminium Årdal. På tanken var det 15 år gammel diesel. Det er estimert at ca. 1600 liter diesel rant ut i Årdalsfjorden. Det var synlig oljefilm på vannet, og i området ved småbåthavna lå det et gulaktig lag med olje (se foto 1 og 2). Det ble satt i gang tiltak for å samle opp diesel og minimere videre spredning. Det ble brukt sugebil til å tømme, og rengjøre oljeutskiller, samt hele avløpet fra oppsamlingskar til fjorden. Det ble også lagt ut absorberende lense i havneområdet.



Foto 1. Dieselsøl på vannet ved båthavna ved Klingenberg. Foto: Hanne Hoel Pedersen.



Foto 2 Det ble lagt ut absorberende lense. Foto: Hanne Hoel Pedersen.

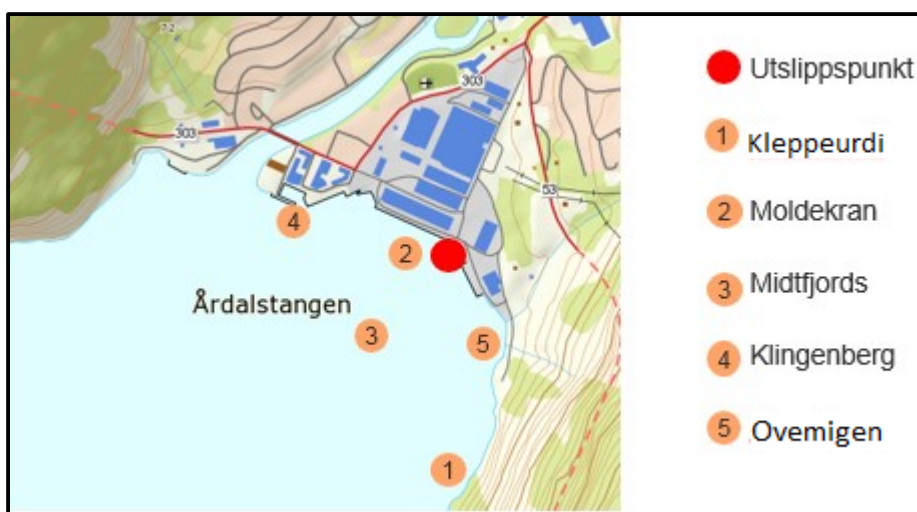
Det var rolig sjø da utslippet skjedde, men deretter var det pålandsvind av varierende styrke. Fra natt til 26. november var det sterk vind og bølgehøyde på opptil ca. 0,5 m.

Lensene fungerte bra fram til sent på kvelden den 26. november. På søndag 27. november ble lensene tatt opp fordi de hadde fått skader. Det ble gjort inspeksjon langs strandkanten og i fjorden de neste dagene. De første to dagene var det antydning til oljefilm langs fjæresteinene. Deretter ble det ikke gjort observasjoner av diesel/oljefilm.

Det ble ikke observert sjøfugl med oljeskader, død fisk eller andre alvorlige skader.

Det ble tatt vannprøver til kjemisk analyse på fem stasjoner i Årdalsfjorden:

1. Kleppeurdi
2. Moldekran
3. Midtfjords
4. Klingenberg
5. Ovemigen



Figur 1. Det ble tatt vannprøver på fem stasjoner ved Årdalstangen. Utslippspunktet er vist med rødt symbol. Kartet er laget av Hanne Hoel Pedersen, Hydro Årdal.

Vannprøvene ble tatt den 25. nov., like etter utslippet, og 28. nov., etter opprydding. Vannprøvene ble analysert av ALS Laboratory Group.

4 Karakteristikk av utslippet

4.1 Fysiske- og kjemiske egenskaper

Diesel er et motordrivstoff og har følgende sammensetning (Tabell 1):

Tabell 1. Sammensetning av diesel (Diesel B5 CS3/Diesel Farget).

Komponentnavn	Identifikasjon	Innhold
Brennstoffer, diesel; gassolje - uspesifisert	CAS-nr.: 68334-30-5 EC-nr.: 296-822-00-8	95-100 %
Fettsyre Metylester		1-5 %

I sikkerhetsdatablad er relativ tetthet (egenvekt) oppgitt å være 0,82-0,86 g/cm³.

Diesel er løselig i organiske løsemidler og mineraloljer, men er lite løselig i vann. Diesel har lav viskositet (som vann).

4.2 Nedbrytbarhet

Egenvekten (tettheten) til diesel er lavere enn 1,0 g/ml, slik at den i utgangspunktet vil legge seg på overflaten. Diesel er flyktig, og fordamper meget raskt. Diesel har totalfordampning i løpet av timer eller få dager (Carroll m.fl. 1999). Diesel dispergerer lett, men danner vanskelig emulsjoner, unntatt ved meget lave temperaturer.

4.3 HMS- og miljøklassifisering

Eksposering for diesel er helseskadelig. Det er gitt regelverksmessige opplysninger om diesel (Tabell 2).

Tabell 2. Regelverksmessige opplysninger om diesel.

R-setninger	
R-40	Mulig fare for kreft.
R51/53	Giftig for vannlevende organismer, kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet.
R65	Farlig; kan forårsake lungeskade ved svelging.
R66	Gjentatt eksponering kan gi tørr eller sprukken hud.

I sikkerhetsdatablad for diesel B5 CS3 står det at produktet antas å ha potensiale for bioakkumulering.

4.4 Toksisitet

Toksisitet av diesel har blitt vurdert ut fra informasjon fra HMS datablad, og ved at det har blitt søkt etter litteratur av økotoksikologisk karakter i databaser som US Environmental Protection Agency ECOTOX Database (<http://cfpub.epa.gov/ecotox/>) og United States National Library of Medicine TOXNET Toxicology Network (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>).

I sikkerhetsdatablad er det resultater for toksisitetstester for fisk, krepsdyr og alger (Tabell 3).

Tabell 3. Tilgjengelig informasjon fra giftighetstester (fra sikkerhetsdatablad).

Organismegruppe	Art	Resultat	Testparameter
Fisk	Regnbueørret (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)	21-230 mg/l	96 t dødelighet, WAF LL ₅₀
Fisk	Floridatannkarpe (<i>Jordanella floridae</i>) Storhodet ørekyte (<i>Pimphales promelas</i>)	31, 54 mg/l	96 t dødelighet, OWD LL ₅₀
Fisk	Sheepshead minnow (<i>Cyprinodon variegatus</i>) Inland silverside (<i>Menidia beryllina</i>) Longnose killifish (<i>Fundulis similis</i>)	33-125 mg/l	96 t dødelighet, OWD TLm
Krepsdyr (vannloppe)	<i>Daphnia magna</i>	6,2-210 mg/l	48 t dødelighet, WAF EL ₅₀
Krepsdyr (reke)	<i>Mysidopsis almyra</i>	1,6 mg/l	48 t dødelighet, OWD TLm
Krepsdyr (reke)	Daggerblade grass shrimp (<i>Palaemonetes pugio</i>)	3,4 mg/l	48 t dødelighet, OWD TLm
Krepsdyr (reke)	<i>Penaeus aztecus</i>	9,4 mg/l	48 t dødelighet, OWD TLm
Alge	<i>Raphidocellus subcapitata</i>	>10-78 mg/l	72 t dødelighet, WAF IrL ₅₀

WAF= water accommodated fraction, OWD= oil water dispersion, LL₅₀= tilført oljemengde per mengde vann (konsentrasjon) hvor 50% av organismene dør, EL₅₀= tilført oljemengde per mengde vann (konsentrasjon) hvor det er effekt på 50% av organismene (som oftest immobilisering), TLm= median tålegrense, konsentrasjon hvor 50% av organismene overlever, IrL₅₀= tilført oljemengde per mengde vann (konsentrasjon) hvor det er veksthemming på 50% av organismene

Ved søk i TOXNET ble det funnet flere litteraturhenvisninger om diesel. En aktuell publisasjon er om blåskjell som ble eksponert for kobber og diesel (Strømgren & Nielsen 1991). Da ble larver av blåskjell (størrelse 150 µm) eksponert for diesel (konsentrasjoner på 5-500 µg/l) i 10 dager. De fikk LC50-verdier for larver av blåskjell på 30-35 µg/l. Bokn m.fl. (1993) undersøkte langtidseffekter av diesel på populasjoner i strandsonen. I to år ble strandsonesamfunn eksponert for dieselolje. Blåskjell ble sterkt påvirket av dieselforurensningen og forsvant helt ved konsentrasjoner av diesel på 129,4 µg/l og 30,1 µg/l. Sjøstjernearten *Asterias rubens* forsvant også helt ved dieselkonsentrasjon på 129,4 µg/l.

BCF (bioconcentration factor) for et stoff angir forholdet mellom konsentrasjon i akvatiske organismer og konsentrasjon i vannet ved likevekt. En PCF på 100 betyr at det er 100 ganger høyere konsentrasjon i organismene enn i omgivende vann, og er også grenseverdien for kjemikalier betegnet som potensielt oppkonsentrerende i organismer. I TOXNET står det at beregnet BCF for diesel er området 70 til 2700, som betyr at potensialet for biokonsentrering i akvatiske organismer er moderat til svært høyt. På generelt grunnlag er det derfor risiko for langtidseffekter i form av forhøyede nivåer av hydrokarboner som finnes i diesel, derav miljøklassifiseringen for diesel («giftig for vannlevende organismer, kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet»).

5 Spredning med vannmassene

Årdalsfjorden er ca. 18 km lang, og 1-2 km bred. Dybden øker utover til 600 m dyp ved samløp med Lustrafjorden. Noen få km lengre ut i Sognefjorden har fjorden dybder på mer enn 900 meter, og lengre ut er Sognefjorden 1308 meter på det dypeste.

En stor del av dieselen fordampet sannsynligvis bort i løpet av kort tid. Noe av dieselen ble samlet opp med absorberende lense. Dieselen som fløt på overflaten etter uhellsutslippet ble spredt utover fjorden med vind og bølger. Mye vind og bølgeaktivitet de neste dagene førte til at dieselen ble blandet ned i vannmassene.

Det ble rapportert om antydning til synlig oljefilm i fjæresteinene tre og fire dager etter utslippet, men ikke synlig oljefilm på fjorden. Etter fire dager ble det ikke observert noe oljefilm.

6 Resultater av vannprøvene

Analysene viste at det var relativt høye konsentrasjoner av hydrokarboner i vannprøvene som ble tatt 25. november. De høyeste konsentrasjonene ble påvist i vannprøvene som ble tatt ved Klingenberg og ved Moldekran (Tabell 4). Det var eksempelvis 19,3 mg/l av fraksjonen >C16-C35 og 37,3 mg/l av fraksjonen >C35-C40. Konsentrasjonene av hydrokarboner som ble påvist i vannprøvene tatt ved Klingenberg og Moldekran den 25. november var så høye at de potensielt kan ha hatt toksiske effekter. Det var betydelig lavere konsentrasjoner på de andre tre stasjonene. Vannprøvene som ble tatt ved Kleppeurdi, Ovemigen og midtfjords hadde ikke konsentrasjoner av hydrokarboner som kan ansees å være akutt toksiske. Vannprøvene som ble tatt 28. november ved Klingenberg og Moldekran hadde mye lavere innhold av hydrokarboner, ved Klingenberg var konsentrasjonen ca. en tusendel av nivået tre dager tidligere. Den 28. november var det noe høyere konsentrasjon av hydrokarboner i vannprøvene tatt ved Ovemigen og midtfjords i forhold til prøvene som ble tatt 25. november. Dette tyder på at dieselen hadde spredt seg utover i fjorden.

Tabell 4. Konsentrasjon av TOC og hydrokarboner målt i vannprøver i Årdalsfjorden utenfor Årdalstangen. Vannprøvene er analysert av ALS Laboratory Group. Tabell med analyseresultater er fremskaffet av Hydro Aluminium AS Årdal.

Prøvested	Kleppeurdi		Kleppeurdi		Moldekran		Moldekran		Midtjords		Midtjords		Ved Klingsberg		Ved Klingsberg		Ved Ovemigen		Ved Ovemigen	
	25.nov.		28.nov.		25.nov.		28.nov.		25.nov.		28.nov.		25.nov.		28.nov.		25.nov.		28.nov.	
Resultat	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet	Resultat	Usikkerhet
TOC (mg/l)	0,87	0,17	1,39	0,28			4,5	0,9	1,45	0,29	1,87	0,37	4,85	0,97	4,17	0,83	1,19	0,24	< 1,5	0,83
Fraksjon >C5-C6 (µg/l)	< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0	
Fraksjon >C6-C8 (µg/l)	< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		31,5	12,6	13,6	5,4	39,1	15,6	< 5,0	5,4	41,8	16,7
Fraksjon >C8-C10 (µg/l)	< 5,0		< 5,0		< 5,0		< 5,0		5,9		180	72,1	12,3	4,9	< 5,0		< 5,0	4,9	< 5,0	
Fraksjon >C10-C12 (µg/l)	21,1	6,3	20,7	6,2	60,4	18,1	20,2	6,1	10,2	2,4	14,8	4,4	577	173	5,4	1,6	< 5,0	173	5,4	1,6
Fraksjon >C12-C16(µg/l)	256	76,9	26,8	8	1360	409	10,4	3,1	15,6	3,1	223	67	19300	5790	13,8	4,1	< 5,1	5790	13,8	4,1
Fraksjon >C16-C35 (µg/l)	610	183	56	17	11300	3390	< 30		38	4,7	577	173	37300	11200	<30		< 30	11200	43	13
Fraksjon >C35-C40 (µg/l)	< 10		< 10		28	8	< 10		< 10	11	10	3	226	68	<10		< 10	68	<10	
Sum >C5-C35 (µg/l)	887		104		12700		30,6		69,7		1030		57200		58,3		n.d.		84,8	
Sum >C5-C40 (µg/l)	887		104		12700		30,6		69,7		1040		57400		58,3		n.d.		84,8	
Sum >C12-C35 (µg/l)	886		82,8		12700		10,4		53,6		800		56600		13,8		n.d.		43	
Sum >C10-C40 (µg/l)	887		104		12700		30,6		69,7		1040		57400		58,3		n.d.		84,8	

7 Mulige effekter på økosystemet av dieselutslippet

Diesel har E(L)₅₀-verdier på ca. 1-50 mg/l (Tabell 3). Den laveste konsentrasjonen som har gitt dødelig effekt på 50% av individene i en test er 1,6 mg/l. Som et konservativt utgangspunkt for etablering av en grenseverdi for effekter (PNEC – Predicted No Effect Concentration) med det eksisterende datagrunnlaget, benyttes den laveste kjent effektverdien for alger, krepsdyr og fisk. Med en anbefalt sikkerhetsfaktor på 1000 blir da PNEC i denne situasjonen 1,6 µg/l.

Det er ikke gjort spredningsberegninger av dieselutslippet. Det er estimert at ca. 1600 liter diesel rant ut i Årdalsfjorden. Diesel er et flyktig stoff, og det må antas at en god del av dieselen fordampet. Dieselen la seg som en film på vannet, men ble ganske fort blandet ned i vannmassene. Det var ikke synlig oljefilm på å se den femte dagen etter utslippet. Konsentrasjonen av hydrokarboner i vannprøvene tatt ved Klingenberg og ved Moldekran 25. november var på nivåer som potensielt kan være akutt toksiske for vannlevende organismer (Tabell 4). På de tre andre målestasjonene ble det ikke påvist så høye konsentrasjoner av hydrokarboner (ikke akutt toksiske).

Mulig tilgrising langs land

Det ble et gulaktig oljelag ved småbåthavna. Den synlige oljen ble ryddet bort. Det ble rapportert om antydning til synlig oljefilm i fjæresteinene tre og fire dager etter utslippet, men ikke synlig oljefilm på fjorden. Etter fire dager ble det ikke observert noe oljefilm. Det er ikke sannsynlig at dieselen kan ha forårsaket særlig skade i strandsonen. Flere av stoffene i diesel har potensiale for å bioakkumulere. Dyr i strandsonen kan derfor ha akkumulert noe av stoffene som finnes i diesel. Filtrerende organismer innerst i fjorden kan ha akkumulert hydrokarboner fra dieselutslippet.

Skade på sjøfugl

Det er ikke rapportert om døde eller skadede fugler som følge av dieselutslippet.

Skade på fisk

Nær utslippsstedet var det dieselforurensningen så høy at den kan ha vært akutt toksisk for fisk. Det er imidlertid ikke rapportert om død fisk ved Årdalstangen etter utslippet. Egg og plommesekeyngel er mest følsomme for giftvirkninger av olje. Voksen fisk er mindre sensitiv overfor giftvirkninger av olje, og kan skille ut igjen stoffene de har tatt opp. På tidspunktet da utslippet skjedde (tidlig vinter), var det lite fiskekeyngel i fjorden. De fleste fiskeartene her har yngelstadiet om våren og sommeren, og de oppholder seg ofte på grunne områder i strandsonen. Eventuelle skader i forbindelse med dieselutslippet må ha skjedd i umiddelbar nærhet av utslippet. Ut fra den korte eksponeringstiden er det ikke sannsynlig at den har gitt giftvirkninger på fisk, eller har forringet kvaliteten på fisken i området.

Effekter på alger

Dieselutslippet kan ha gitt skader på alger i umiddelbar nærhet av utslippet. Det var konsentrasjonen av hydrokarboner på nivå som kan være akutt toksisk for alger (Tabell 3).

Effekter på bunndyr

Diesel ble blandet ned i vannmassene. Noe diesel kan ha blitt bundet til partikler, sunket og lagt seg på bunnsedimentet. Dette vil ha skjedd over tid slik at utsynkingen er spredt over et meget stort område. Dette, samt langsom synkehastighet, det store dypet i fjorden, og erfaring fra andre oljeutslipp sier at dieselutslippet ikke kan ha medført så høyt oljenivå i bunnslammet at det kan ha skadet bunndyr.

Effekter på plankton

Dieselutslippet kan ha gitt toksiske effekter på plankton i vannmassene innerst i fjorden. Konsentrasjonen av hydrokarboner var på nivåer som kan være akutt toksisk for vannlopper og reker (Tabell 3). Det er

generelt lite planktonaktivitet i sjøen om vinteren, så utslippet av diesel har nok hatt liten virkning på plankton i Årdalsfjorden.

8 Konklusjon

Dieselutslippet ved Årdalstangen som skjedde 25. november 2016 har sannsynligvis ikke medført særlig skade på livet i Årdalsfjorden. Det er estimert at det rant ut ca. 1600 liter diesel. Noe av dieselen fordampet sannsynligvis vekk, og resten ble ganske raskt blandet ned i vannmassene. Diesel har potensiale for å bioakkumulere og kan være giftig for vannlevende organismer. Innerst ved Årdalstangen (ved Klingenberg og ved Moldekran) var det en kort stund konsentrasjoner av diesel som kan være akutt toksiske for vannlevende organismer.

Det var ingen tegn til død fisk eller synlig skadevirkninger på livet i fjorden som følge av utslippet. Dieselutslippet kan ha medført effekter helt lokalt ved utslippsstedet. Noen av stoffene i dieselen kan ha blitt tatt opp i organismer som f.eks. muslinger. Dette kan utgjøre en uønsket langtidseffekt på miljøet i fjorden.

9 Referanser

- Bakke, T., Beyer, J., Busch, K.E.T., Iversen, K.R., Larsen, L.-H., Madsen, M.K., Nashoug, B.F., Olsen, L.J. & Tjomsland, T. Konsekvensutredning (KU) som en del av prosessen med åpning av det tidligere omstridte området vest for avgrensningslinjen i Barentshavet Sør. Regulære utslipp til sjø. Akvaplan-niva rapport nr 5935-1.
- Beyer, J., Trannum, H.C., Bakke, T., Hodson, P.V. & Collier, T.K. 2016. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: A review. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 110, Issue 1: 28-51.
- Bokn, T., Moy, F. & Murray, S.N. 1993. Long-term effects of water-accommodated fraction (WAF) of diesel oil on rocky shore populations maintained in experimental mesocosms. *Botanica Marina*. 36 (4): 313-319.
- Carroll, M., Evenset, A., Kögler, J., Langfeldt, J.N. & Johansson, T. 1999. Sanering av akutt forurensning på strand. Del 1: Teoretisk grunnlag for anbefalte praktiske tiltak og organisering. Guideline for restoration of acute pollution on beach habitats. Part 1: Theoretical foundation for recommended, practical action and organization. SFT-rapport TA-1658/99.
- Gobas, F.A.P.C. 1992. Modelling the accumulation and toxicity of organic chemicals in aquatic food chains. In *Chemical dynamics of freshwater ecosystems*. (edited by F.A.P.C. Gobas & J.A.McCorquodale), Lewis Publisher, Chelsea, MI, 129-152.
- Hellstrøm, T. & Døvning, K.B. 1983. Perception of diesel oil by cod (*Gadus morhua* L.). *Aquat. Toxicol.*, 4: 303-315.
- Johansen, Ø., Skognes, K., Aspholm, O.Ø., Østby, C. Moe, K.A. & Fossum, P. 2003. Utredning av helårs oljevirkosomhet i Lofoten – Barentshavet, uhellsutslipp av olje – konsekvenser i vannsøylen. SINTEF rapport STF66 FO3028.
- Reichert, W.L. & Varanasi, U. 1982. Metabolism of orally administered naphthalene in spawning english sole (*Parophrys vetulus*). *Environ. Res.* 27: 316-324.
- Rice, S.D., Moles, D.A., & Short, J.W. 1975. The effect of Prudhoe Bay crude oil on survival and growth of eggs, alvins and fry of pink salmon, *Oncorhynchus gorbushcha*. In «1975 Conference on prevention and control of oil pollution», Am. Pet. Inst., WashingtonDC.
- Rice, S.D. 1985. Effects of oil on fish. I Engelhart, F.R. (ed.). *Petroleum effects in the Arctic Environment*. Elsevier Appl.Sci., London and New York.
- Solbakken, J.E., Tilseth, S. & Palmork, K.H. 1984. Uptake and elimination of aromatic hydrocarbons and a chlorinated biphenyl in eggs and larvae of cod *Gadus morhua*. *Mar. ecol. Prog.Ser.* 16; 297-301.
- Strømgren, T. & Nielsen, M. 1991. Spawning frequency, growth and mortality of *Mytilus edulis* larvae, exposed to copper and diesel oil. *Aquatic Toxicology*. Vol. 21, Issues 3-4: 171-179.
- Thomas, R., E. & Rice, S.D. 1981. Excretion of aromatic hydrocarbons and their metabolites by freshwater Dolly Varden char. In «Biological monitoring of marine pollutants», F.J.Vernberg, A. Calabrese, F.P. Thurberg & W.B. Vernberg (eds). Academic Press, New York.

Thomas, R., E. & Rice, S.D. 1982. Metabolism and clearance of phenolic and mono-, di- and polynuclear aromatic hydrocarbons by Dolly Varden char. In «Physiological mechanisms of marine pollutant toxicity». Academic Press, New York.

Westerthang, H.von. 1988. Sublethal effect of pollutants on fish egg and larvae. 253-346. In Fish physiology. W.S. Hoar & D.J. Randall (eds.) Volume XI. Academic Press (London).

Sikkerhetsdatablader som er brukt:

Sikkerhetsdatablad for diesel (dyed), cas-nr. 68334-30-5, fra ExxonMobil, revisjonsdato: 21. jan 2016.

Sikkerhetsdatablad for diesel B5 CS3/Diesel Farget, cas-nr. 68334-30-5, fra UnoX, revisjonsdato: 12.5.2009.

Sikkerhetsdatablad for diesel, cas-nr. 68334-30-5, fra Statoil Norge AS, revisjonsdato: 17.12.2009.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no