

## Klebrig eggeskall gjør hyseegg svært sårbare for oljeforurensning

Hyseegg er overraskende sensitive for oljeforurensning, viser nye effektstudier. Trolig skyldes det at den klebrige membranen til hyseeggene binder til seg store mengder oljedråper. Det betyr blant annet at dagens terskelverdier for oljeeksponering bør senkes dersom risikomodelleringen skal klare å fange opp hvordan oljeforurensningen påvirker de aller tidligste livstadiene til fiskeartene i nord.

SONNICH MEIER | [sonnich.meier@imr.no](mailto:sonnich.meier@imr.no), ELIN SØRHUS, ØRJAN KARLSEN, ANDERS THORSEN, ROLF EDVARDESEN, TERJE VAN DER MEEREN og FRODE VIKEBØ

Spørsmålet om Lofoten og Vesterålen skal åpnes opp for oljeleting er gjenstand for stor debatt. Seismiske målinger viser at det kan være snakk om betydelige oljereserver; estimert til 1,3 milliarder fat av Oljedirektoratet. Samtidig er Lofoten og Vesterålen viktige gyte- og oppvekstområder for noen av verdens største fiskebestander som nordøstarktisk torsk (skrei), hyse, sei og norsk vårgytende sild.

### Kobler sammen modeller

Nye og bedre metoder for risikomodellering utvikles for å hjelpe myndighetene med disse vanskelige beslutningene. Modellene brukes til å beregne hvilke effekter oljeutslipp kan få på de marine økosystemene i nord. SYMBIOSE, et numerisk verktøy for å vurdere risiko ved oljeforurensning, finansiert av Forskningsrådet og oljeindustrien, arbeider med å koble sammen forskjellige modeller (havstrømmodeller, oljespredningsmodeller og fordelingsmodeller for fiskeegg og fiskelarver). Verktøyet kan brukes til å beregne overlappet mellom fiskeegg og -larver og eventuelt oljesøl for ulike gyteplasser rundt Lofoten og Vesterålen. I tillegg til overlapp, estimerer verktøyet opptaket av skadelige

oljekomponenter hos marine arter og hvilke skader de kan påføres.

For å bygge gode og mest mulig realistiske risikomodeller trengs det eksperimentelle data som kan verifisere modellene. Blant annet er det behov for bedre data på langtids-effekter på fiskeegg og fiskelarver som er eksponert for lave doser olje. Det finnes i dag kun gode data på torsk, mens det mangler undersøkelser på andre relevante arter som sild, hyse og sei.

### Store miljøkatastrofer øker kunnskapen

Forskningen på effekter av oljeforurensning i det marine miljøet trappes ofte kraftig opp etter alvorlige oljeutslipp som Exxon Valdez-forliset i Alaska i 1989 og Deepwater Horizon-utblåsningen i Mexicogolfen i 2010. Før 1989 ble de fleste effektstudier gjort på "fersk" råolje, og det ble fokusert mest på lette oljeforbindelser som benzen, toluen og xylener (BTX-forbindelser). BTX-forbindelsene er blant de mest akutt giftige stoffene i råolje, men de har kort levetid i naturen fordi de forsvinner svært hurtig ved fordampning. Etter Exxon Valdez-ulykken skiftet fokus til

å studere forvitrede oljer; det vil si den delen av oljen som har lang levetid i naturen. Polyaromatiske hydrokarboner (PAH-er) ble identifisert som de mest giftige stoffene for fiskeegg og fiskelarver.

I Deepwater Horizon-utblåsningen ble det brukt store mengder med dispergeringsmiddel, noe som har gitt stor oppmerksomhet og økt forskning på effektene av mikrooljedråper.

#### Oljedråper og andre oljeforbindelser bør inkluderes

I den senere tid har det oppstått en ny debatt om hvordan man bør vurdere risiko og giftighet fra oljeforurensning. Tidligere studier har vist at det er den vannløselige fraksjonen av PAH-er som er biotilgjengelig, mens PAH-ene som finnes i oljedråper ikke tas opp av fisk og andre marine dyr. Det er derfor foreslått å kun inkludere de vannløselige PAH-ene i risikomodelleringen for tidlige livsstadier hos fisk. En rekke forskere mener derimot at man også bør inkludere oljedråper og andre oljeforbindelser i slike studier. Når olje slippes ut i sjøen, medfører bølgeenergi og/eller bruk av kjemiske dispergeringsmiddel under opprydding at det genereres store mengder olje-i-vann-dispersjoner med oljedråper ned mot 10 µm. Disse svært små oljedråpene blandes ned i vannsøylen, og kan holde seg der i lengre tid.

#### Hyseegg er spesielt sårbare

I 2013 og 2014 ble det gjennomført oljeeksponeringsforsøk på hyseegg og hyselarver. Det ble undersøkt hvilken effekt dispersert olje har på ulike tidlige livsstadier hos hyse (tidlig embryo, sen embryo og larvestadiet). Det ble brukt lave og realistiske oljedoser tilsvarende de konsentrasjonene vi

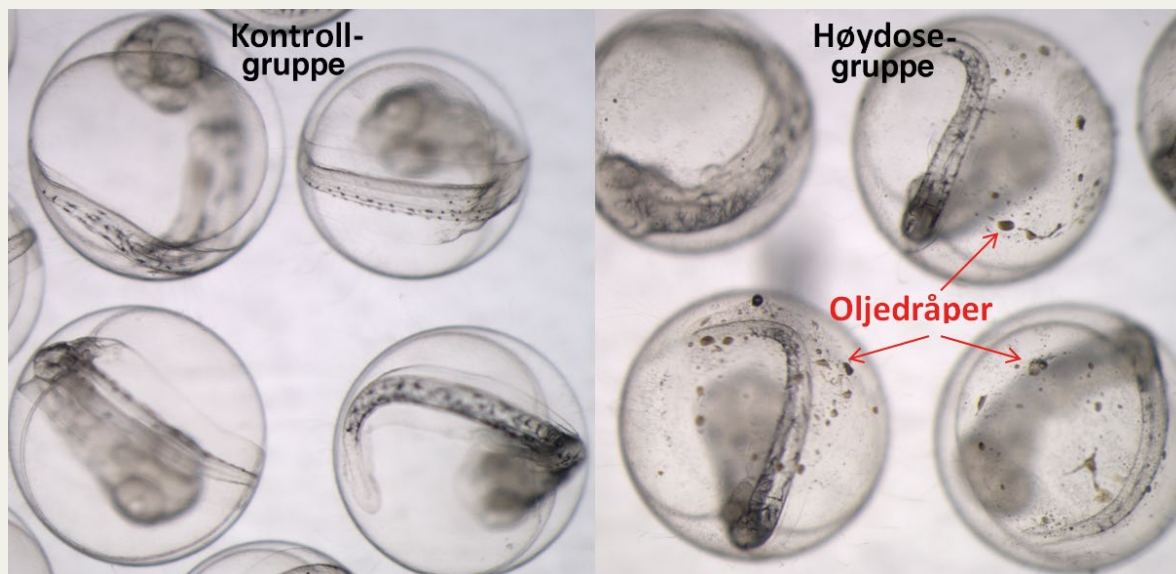
kan vente å finne i den øverste delen (0–30 meter) av vannsøylen etter store oljeuhell. De totale PAH-konsentrasjonene (TPAH) i eksponeringstankene lå fra 0,6 µg/L til 34 µg/L.

Et nytt og overraskende funn var at det ble observert mikrooljedråper på eggeskallet til hysene i alle de oljeeksponerte gruppene. Dette ble observert allerede ved første prøvetakning etter 24 timers eksponering. Dråpeantallet økte gjennom hele forsøket. Figur 1 viser at etter sju dagers eksponering med 600 µg olje/L var eggeskallene dekket av et stort antall små oljedråper. I disse forsøkene var det også høy dødelighet, selv ved de laveste eksponeringsdosene. Dette viser at hyseegg er mer følsomme for oljeeksponering enn de fleste andre fiskearter som er studert. Det er kjent at hyseegg har en klebrig membran rundt eggene, men at denne kan akkumulere oljedråper har ikke tidligere vært kjent.

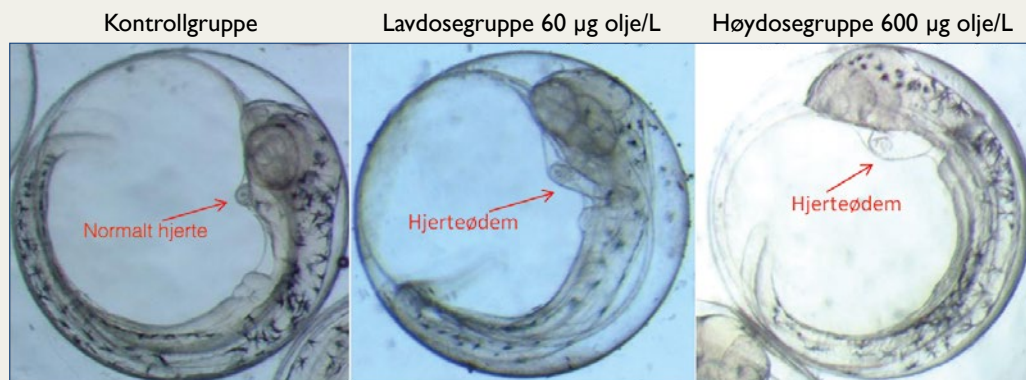
Når oljeeksponeringen kun ble gjort på larvestadiet, var hyse ikke mer sensitiv enn torskelarver. Det viser at den store effekten på hyse skyldes at det skjer et høyere opptak av giftige oljekomponenter gjennom eggenes direkte kontakt med oljedråpene. Hyse er derfor spesielt sårbar for oljeeksponering i eggfasen.

#### Oljeeksponering skader hjerteutviklingen

Det har lenge vært kjent at PAH-er fra olje kan forårsake feil i hjerteutviklingen hos fisk. Dette fører til tap av sirkulasjon og en rekke sekundære effekter; blant annet misdannelser av rygg og kjeve. Misdannelsene resulterer i redusert svømmeevne og matopptak, som til slutt gjør at larven dør. Nye studier viser at PAH blokkerer viktige kanaler som styrer hjertets pumpefunksjon, og hjertet får irreversible feil i den tidlige utviklingen.

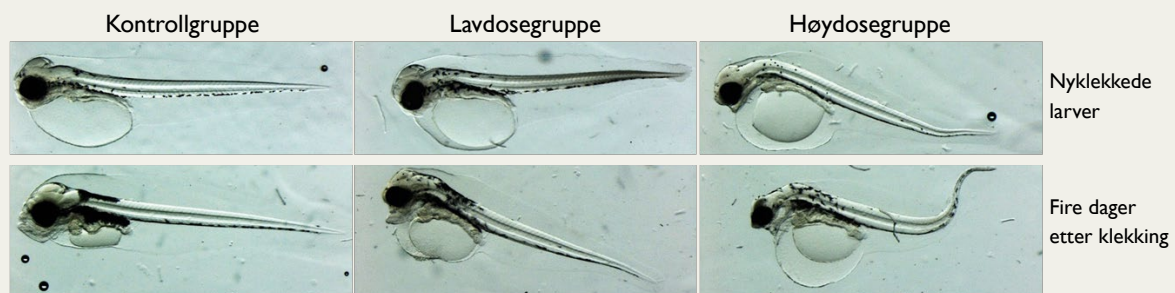


Figur 1. Lysmikroskopbilder av hyseegg fra henholdsvis kontrollgruppe og høydosegruppe etter sju dagers eksponering for dispersert olje (600 µg olje/L). Hyseeggene er 1,4 mm i diameter, oljedråpene som sitter på eggeskallene til høydosegruppen er 5–20 µm i diameter.  
Microscope images of haddock eggs of the control and high-dose group after 7 days exposure to dispersed oil (600 µg oil/L). Haddock eggs are 1.4 mm in diameter, the oil drops observed on the chorion in the high-dose group are 5 to 20 µm in diameter.



Figur 2. Lysmikroskopbilder av hyseegg fra henholdsvis kontroll-, lavdose- og høydosegruppe etter ni dagers eksponering for dispersert olje. De eksponerte embryoene har tydelig væskeansamlinger (ødem) rundt hjertet. Dette er et tegn på feil i hjerteutviklingen som over tid vil medføre en lang rekke feilutviklinger på larvestadiet som rygg- og kjevedeformiteter.

*Microscope images of haddock embryo from the control, low-dose and high-dose groups after nine days exposure to dispersed oil. The heart edema seen in both the low-dose and high-dose embryo is associated with irreversible heart failure that leads to a number of secondary effects from loss of circulation, such as spinal and jaw deformities.*



Figur 3. Lysmikroskopbilder av henholdsvis nyklekkede og fire dager gamle hyselarver fra kontroll-, lavdose og høydosegruppe (larvene er ca. 4 mm lange). Eksponeringen ble stoppet to dager før klekking, og larvene ble overført til rent sjøvann. Larvene fra de eksponerte gruppene har væskeansamlinger (ødem) rundt plommesekken i de nyklekkede gruppene, og i høydosegruppen er det tydelige misdannelser i ryggraden og kraniet. Ved prøvetakingen fire dager etter klekking, var størsteparten av høydosegruppen kraftig deformert, mens i lavdosegruppen fantes det både deformerte og tilsynelatende normale larver. Ingen larver fra høydosegruppen klarte å begynne å spise, og alle døde i løpet av kort tid. I lavdosegruppen overlevde kun 2 % frem til yngelfasen, mot 17 % i kontrollgruppene.

*Microscope images of respectively newly hatched and four days old haddock larvae from control, low-dose and high-dose groups (larvae are about 4 mm long). The exposure was stopped two days before hatching and larvae transferred to clean seawater. Larvae from the exposed groups have edema around yolk sac in the newly hatched groups, and the high-dose group had malformations of the spine and cranium. Four days after hatching, all larvae in the high-dose group were severely deformed, while in low-dose group there were both deformed and apparently normal larvae. No larvae from high-group managed to start eating, and all died within a short time. In the low-dose group, only 2% survived until the juvenile stage, compared with the control group where the survival was 17%.*

Både hjertefeil (figur 2) og misdannelser i kranium og skjelett (figur 3) ble observert i størsteparten av hysene som ble eksponert på eggstadiet (laveste dose). Hos hyse som ble eksponert på larvestadiet, fant vi kun tydelige effekter ved 10 ganger høyere doser (6 µg PAH/L). Etter endt eksponering ble all fisk overført til rent sjøvann, hvor de ble fulgt opp i seks måneder for å kunne observere eventuelle langtidseffekter.

Misdannelsene hos den oljeeksponerte fisken er ikke akutt dødelige, og vil derfor heller ikke bli fanget opp i tradisjonelle giftighetsforsøk, hvor det kun studeres akutte effekter ved 24 eller 96 timers eksponering.

#### Konsekvenser for risikomodellering

Disse studiene viser at det kan være viktig å inkludere dispersert olje og ikke kun se på effektene av den vannløselige PAH-fraksjonen i risikomodelleringen. Den overraskende høye sensitiviteten til hyseegg viser at det er viktig å få data fra flere fiskearter og ulike livsstadier for å kunne vurdere miljøeffektene på de relevante marine kaldtvannsfiskene. Det er også nødvendig å studere langtidseffektene (helst minst en måned) for å undersøke den forsinkede dødeligheten som er typisk ved slike eksponeringer.

Eksponeringstid er en meget viktig parameter i risikomodelleringen. Ved et større oljeutslipp vil fiskeegg og fiskelarver ikke oppleve en konstant dose over lengre tid, men bevege seg inn og ut av vannmasser med høye konsentrasjoner. Det er derfor behov for flere data på lang-

tidseffektene etter kort tids eksponering. I hyseforsøkene ble det funnet at hyseegg som ble eksponert i 24 timer og deretter overført til rent vann, også fikk hjerteskadene.

Vi fant klare negative effekter ved den laveste undersøkte dosen (53 µg olje/L). I dag brukes 100 µg olje/L som terskelverdi i de fleste risikomodelleringer. Våre forsøk viser at disse må senkes. I 2015 vil det bli gjennomført nye eksponeringsforsøk med enda lavere doser for å finne hvilke terskelverdier som ikke gir effekt på hyseegg.

#### Haddock embryos especially vulnerable to oil spill

Risk assessment models need input of empirical data in order to be able to predict a more correct outcome of an accidental oil spill. To obtain more realistic data, we have used controlled delivery of mechanically dispersed crude oil to expose pelagic embryos and larvae of a marine teleost, the Atlantic haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). The haddock embryos showed a pronounced attraction of oil microdroplets to the chorion prior to hatch, which led to enhanced exposure, reflected by increased mortality and severe deformities. This unanticipated result therefore has implications for assessing the ecological impacts of oil spills and the use of methods for dispersing oil in the open sea.