



RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

Endre Aas, Anne Bjørnstad

Mulige effekter i marine organismer i
forbindelse med grunnstøtingen av lasteskipet
”Green Ålesund”

Rapport RF – 2001/145

Kvalitetssikring (RF): Odd Ketil Andersen
Oppdragsgiver(e): SINTEF Kjemi, Trondheim/
Statens Forurensningstilsyn

ISBN: 82-490-0130-3

Gradering: Åpen

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Forord

I forbindelse med grunnstøtingen av lasteskipet "Green Ålesund", ved Bleivik nord for Haugesund, med påfølgende oljeutslipp, ble det i regi av SFT initiert en etterkantundersøkelse av mulige miljøeffekter. SINTEF er koordinator for prosjektet, der Rogalandforskning ble bedt om å undersøke mulige effekter av olje i fisk, krabbe og blåskjell i området. Rogalandforskning var i tillegg ansvarlig for en dykker undersøkelse.

Takk til bidragsytere.

Takk til John M. Knudsen og Magne Vedøy fra ResQ Haugesund for god og velvillig innsats ved innsamling av fisk og krabbe for undersøkelsen.

Stavanger, 24. august 2001

for
Endre Aas

Jan I. Blomseth

Innhold

Sammendrag	4
1 INNLEDNING	5
1.1 Biomarkører.....	5
2 MATERIAL OG METODE.....	7
2.1 Dykkerundersøkelse.....	7
2.2 Fangst, utsetting og prøvetaking av marine organismer	7
2.3 Analyser	8
2.4 Statistikk.....	9
3 RESULTATER.....	10
3.1 Dykkerundersøkelsen.....	10
3.2 PAH metabolitter i galle fra torsk.....	10
3.3 EROD aktivitet i lever fra torsk.....	12
3.4 PAH metabolitter i urin fra taske krabbe	12
3.5 Lysosomal membranstabilitet i blåskjell.....	13
4 KONKLUSJONER.....	15
5 REFERANSER.....	15
6 VEDLEGG A - RÅDATA	17

Sammendrag

Som ledd i en etterkant undersøkelse av marine organismer i forbindelse med grunnstøtingen av lasteskipet "Green Ålesund", har Rogalandforskning undersøkt for mulige effekter av bunkersolje i fisk, krabbe og blåskjell. Torsk og krabbe ble fangstet i februar og mai i Bleivik og ved en referanselokalitet, Trætøy lenger nord på Sletta, i mars. Blåskjell ble plassert ut i bur i Bleivik og ved Trætøy i mars, og prøver ble tatt ut etter 1 og 3 måneder. En dykkerundersøkelse ble også koordinert av Rogalandforskning.

Det ble funnet forhøyede nivåer av hydrokarboner, målt som PAH metabolitter, for både torsk og krabbe i februar i Bleivik sammenlignet med referansen. For torsk var det fortsatt forhøyede nivåer i mai, men de var reduserte i forhold til i februar. Det ble også tatt ut leverprøver av torsk for eventuelle seinere analyser av avgiftningsenzym (EROD) eller DNA addukter (genskader). Lysosomal membranstabilitet, som er en indikator på svekkelse i immunforsvaret viste ikke forskjeller mellom Bleivik, Trætøy og andre referanseskjell. Dykkerundersøkelsen viste at det ikke var betydelige mengder oljerester på bunnen i Bleivik.

De forhøyede PAH metabolitnivåene i torsk og krabbe viste at hydrokarboner er blitt tatt opp og omsatt av marine organismer i Bleivik. Nedgangen i metabolitt nivåer fra februar/mars til mai kan indikere at forbindelsene stammer fra "Green Ålesund". Sikkerhetssenteret ResQ Haugesund har i forbindelse med brannvernaktivitet et utslipp av hydrokarboner til Bleivik. En bidrag herfra til de forhøyede PAH metabolitt nivåer kan ikke utelukkes.

1 Innledning

Fokus for undersøkelsen var å spore mulige effekter i marine organismer av bunkersolje sluppet ut i forbindelse med grunnstøtingen av "Green Ålesund". Det ble enighet om et prøvetakingsopplegg som innbefattet undersøkelser av PAH metabolitt nivåer i villfanget fisk og krabbe, samt effekter på immunforsvaret til utplasserte blåskjell. I tillegg skulle en dykkerundersøkelse inkluderes. Det skal nevnes at ResQ Haugesund har utslipp av hydrokarboner til sjø i Bleivik fra sitt brannvernssenter. Parafin, diesel og bensin blir benyttet. Det er knyttet et større renseanlegg til denne aktiviteten.

1.1 Biomarkører

Det eksisterer i dag en rekke metoder for å vurdere organismers mulige opptak og påvirkning av forurensning, f.eks olje. For en rask undersøkelse som denne er det likevel enkelte metoder som er mer egnet enn andre. Det blir her gitt en kort innføring i metodene som er benyttet i denne undersøkelsen. Metoder for måling av forurensning sin påvirkning på organismer kalles ofte biomarkører.

Miljøovervåkning kan generelt gjøres på innfangede organismer eller organismer satt ut i bur i det aktuelle området. Studier av viltlevende arter på stedet er det mest relevante. Det er jo mulig påvirkning på disse organismene som skal vurderes. Mange arter er imidlertid så mobile at det er vanskelig å si hvor lenge de har oppholdt seg i det aktuelle området. Utsetting av organismer i bur kan derfor ofte være et godt alternativ. Dyr som har vært fangstet på det samme stedet kan da settes ut både i det området som skal undersøkes for mulig forurensningspåvirkning og i et referanseområde. Det er da kun miljøet på utsettingslokalitetene som blir forskjellig.

For å undersøke om fisk har vært utsatt for olje kan en måle etter polyaromatiske hydrokarboner(PAH) metabolitter i gallen. Flere PAH forbindelser er potensielt kreftfremkallende og er derfor regnet å være vesentlig å overvåke i forbindelse med oljesøl. PAH tas opp av fisk, og andre marine organismer, og opptaket skjer i stor grad over gjellene. Etter opptak skjer det en metabolisering eller avgiftningsprosess, der PAH forbindelsene blir mer vannløselige og dermed lettere utskilt. Slike metabolitter er også reaktive, og kan starte skadelige prosesser i cellene. Bl.a kan metabolittene binde seg til DNA molekylet. Metabolismen av PAH forbindelser skjer hovedsakelig i leveren hos fisk og i hepatopaneas hos krabbe, og metabolittene utskilles derfra via gallen eller urin. I gallen vil PAH metabolittene samles opp, for deretter å bli sluppet ut i tarmen ved fordøyelsen.

PAH forbindelser har den egenskapen at de er naturlige fluorescerende. Dette kan utnyttes for beregning av PAH konsentrasjon. Fluorescens kan måles enten ved bestemte bølgelengdepar for eksitasjon og emisjon eller ved synkron fluorescens spektrografi, der en skanner over et bølgelengde intervall og får en fluorescens profil på

prøven. Målinger av PAH metabolitter i galle er en sensitiv metodikk både på grunn av at PAH oppkonsentreres i gallen, og siden selv svært små mengder PAH kan detekteres med fluorescens. På samme måte kan PAH metabolitter måles i urin, og i denne undersøkelsen er metodikken også benyttet på taskekrabbe. Gallefargestoffet biliverdin måles får å få et mål på gallekonsentrasjonen. Økt gallekonsentrasjon vil medføre økt konsentrasjon av eventuell PAH forbindelser, dersom slike er til stede. Deteksjon av PAH metabolitter i galle eller urin regnes som en biomarkør for PAH eksponering som viser at PAH har vært tilstede, blitt tatt opp og metabolisert. Det er derfor ikke noe skademål i seg selv, men en indikasjon på at skade kan skje eller kan ha skjedd.

Selve metabolismen eller avgiftnings-prosessen av PAH forbindelser baserer seg på bestemte enzymsystemer, for fisk det såkalte cytokrom P4501A (CYP1A). Dette enzymsystemet er vist å bli induert dersom organismen blir utsatt for f.eks PAH. En økning i mengden eller aktiviteten til disse enzymene er derfor også en indikasjon på en mulig forurensning, og kan dermed brukes som en biomarkør. Det finnes ulike måter å beregne en slik induksjon. I denne rapporten er den såkalte EROD metoden benyttet. EROD står for etoxyresorufin-O-deetylase, og er et substrat som ved hjelp av CYP1A omdannes til resorufin som kan måles ved fluorescens. På denne måten kan CYP1A aktiviteten beregnes.

Blåskjell er en svært egnet organisme for miljøovervåkning enten ved bruk av stedege eller utsatte skjell. De filtrerer store mengder vann, akkumulerer giftstoffer hvis de er tilstede og beveger seg ikke stort. I denne undersøkelsen er det målt kjemisk nivåer av PAH forbindelser i blåskjell. I tillegg er en metode for vurdering av mulig svekkelse i skjellenes immunforsvar brukt, nemlig lysosomal membranstabilitet. Lysosomer er cellorganeller som har en viktig funksjon i forsvaret mot fremmedstoff, f.eks miljøgifter, i cellene. De lukker inn inntrengeren, og transporterer den ut av cellen igjen. Flere miljøgifter er vist å kunne ødelegge membranen til lysosomene og dermed svekke en viktig forsvarsmekanisme i cellen. En slik redusert membrankvalitet kan måles ved å tilsette et fargestoff, nøytralrødt. Evnen til å ta opp og holde på dette fargestoffet er et mål på membranstabiliteten til lysosomene. Denne biomarkøren er vist å respondere mot PAH eksponering Grundy *et al.* (1996).

2 Material og metode

2.1 Dykkerundersøkelse

Jensen Dykkerservice ved Harald Jensen gjennomførte en dykkerinspeksjon i Bleivik den 15. februar. Jobben inkluderte visuell inspeksjon av bunnen etter mulige oljerester, fotografisk dokumentering og innhenting av 6 sedimentprøver. Rapporten fra dette arbeidet er oversendt SINTEF. Sedimentprøvene er foreløpig lagret hos Rogalandsforskning.

2.2 Fangst, utsetting og prøvetaking av marine organismer

2.2.1 Torsk og krabbe

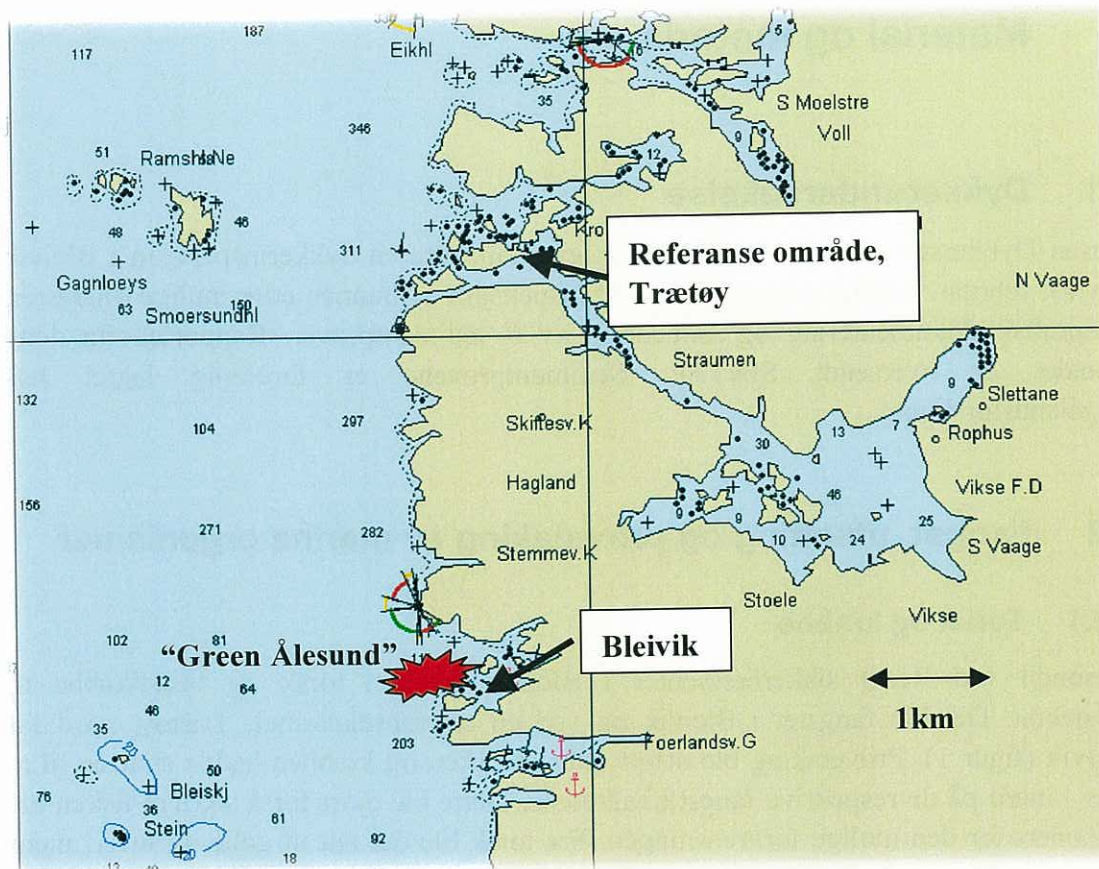
Personell ved ResQ sikkerhetssenter i Bleivik fangstet torsk og taskekrabbe til prosjektet. Det ble fangstet i Bleivik og ved en referanselokalitet, Trætøy, nord for Bleivik (figur 1). Prøvetaking ble utført etter at fisken og krabben hadde stått en til to uker i merd på de respektive fangstlokalitetene. Dette ble gjort for å sikre at fisken ble eksponert for den mulige forurensningen. Fra torsk ble det tatt ut galle og lever, mens urinprøver ble tatt fra krabbe. Prøvetaking i Bleivik ble utført 28. februar og 9. mai, og ved Trætøy 14. mars. Det ble ikke tatt prøver ved Trætøy i mai pga manglende tilgang på både torsk og krabbe. Størrelse på torsk i Bleivik var $800 \text{ g} \pm 400 \text{ g}$, mens den for Trætøy var $550 \text{ g} \pm 400 \text{ g}$

2.2.2 Blåskjell

Blåskjell ble satt ut den 14. februar i Bleivik og ved Trætøy. Den 14. mars ble de fleste skjellene tatt opp. Ca 1 kg fra hver lokalitet ble da sendt til SINTEF for kjemianalyser, mens en gruppe skjell ble fraktet til Rogalandsforskning for lysosomal membranstabilitets (LMS) analyser. Den 9.mai ble de siste skjellene tatt inn for LMS målinger.

2.2.3 Prøvetaking

Lengde, vekt, lever vekt, kjønn og kjønnsmodningsstatus ble notert for torsk, mens skall-lengde, skall-bredde og kjønn ble notert for krabbe. Galle og lever fra torsk og urin fra krabbe ble tatt ut og frosset inn på flytende nitrogen. I laboratoriet ble prøvene overført til -80°C frys. Blåskjell som skulle analyseres for lysosomal membranstabilitet ble fraktet levende til Rogalandsforskning sitt laboratorium.



Figur 1. "Green Ålesund" gikk på grunn ved Bleivik nord for Haugesund. Området rundt Trætøy ved utløpet av Viksefjorden ble valgt som referanse lokalitet for undersøkelser av torsk, krabbe og blåskjell.

2.3 Analyser

2.3.1 Fluorescens målinger av PAH metabolitter fisk

Galle ble fortynnet 1:1600 ganger i 50 % metanol, og fluorescens ble målt med et Perkin Elmer LS50 B Luminescens Spectrofotometer. Følgende faste bølgelengde-par ble benyttet (fixed wavelength fluorescence – FF): 290/335 nm (naftalen/ fenantren type metabolitter), 341/383 nm (pyren type metabolitter) og 380/430 nm (BaP type metabolitter). En slit åpning på 2.5 nm (ex/em) ble benyttet og prøvene ble målt i kvartskyvette. Det ble også gjort synkron fluorescens spektrografi (SFS), med en differens mellom eksitasjon og emisjon på 42nm. Fluorescens signalene ble semi-kvantitativt bestemt til "pyren fluorescens ekvivalenter" (PFE). En standardkurve ble laget med pyren (Sigma, St.Louis USA) målt ved dets optimale bølgelengde-par 332/374 nm. Kyvette, slit åpning og løsningsmiddel var identisk til prøveanalysene. Biliverdin konsentrasjonen i galle prøvene av fisk ble målt spektrofotometrisk ved 660 nm. Prøvene ble fortynnet 40 ganger i 50 % metanol for biliverdin analyser.

For mer utførlig metodebeskrivelse, se Aas *et al.* (2000).

2.3.2 Fluorescens målinger av PAH metabolitter krabbe

PAH metabolitter ble analysert og kvantifisert i urin fra taskekrabbe med samme metodikk som benyttet for torske galle. Til forskjell fra analysene på torsk ble det for krabbe brukt en fortykning på 1:20 av løsningsmiddelet (50 % metanol). Metodikk på analyse av PAH metabolitter i urin fra krabbe er under publisering (M. Depledge, pers.medd.)

2.3.3 EROD aktivitet

Noen få individer av torsk ble analysert for avgiftningsenzym nivåer. Det var ikke lagt inn nok økonomi i prosjektet til å analysere alle individene. Spesifikk EROD aktivitet i lever mikrosomer ble målt etter metoden beskrevet i Nilsen *et al.* (1998). Protein konsentrasjon ble målt med metodikk beskrevet av Bradford (1976).

2.3.4 Lysosomal membranstabilitet

Hemolymfe (blod) ble tappet ved hjelp av sprøyte fra skjellenes lukkemuskel og blandet 1:1 med en fysiologisk saltløsning (pH 7.4). Hemolymfe-løsningen ble deretter overført til objektglass. Etter at hemocytene (blodcellene) hadde festet seg til objektglasset ble det toksiske fargestoffet Nøytral Rødt (NR) tilsatt. NR tas opp i blodcellenes lysosomer og tilfører lysosomenes membran et ekstra stressmoment. Etter hhv. 15, 30, 60, 90, 120, 150 og 180 minutt inkubasjon i en lystett og fuktig boks, ble objektglassene eksaminert under mikroskop. Etter en tid (fra 15-200 min etter tilsetning av NR) avhengig av skjellenes helsetilstand, vil lysosomenes membran sprekke (som følge av NR) slik at NR lekker ut i hemocyttenes cytosol. Dette medfører at cellene kollapser og forandrer form fra irregulære til runde. Tiden fra NR blir tilsatt cellene til over 50% av cellene er "døde" betegnes Nøytral Rød RetensjonsTid (NRRT). NRRT observeres og beregnes manuelt i mikroskop. Blodceller i friske blåskjell klarer vanligvis å holde på det toksiske fargestoffet i 150 - 180 min, mens celler fra skjell med svekket immunforsvar har lavere retensjonstid (helt ned i 15 min ved ekstrem eksponering).

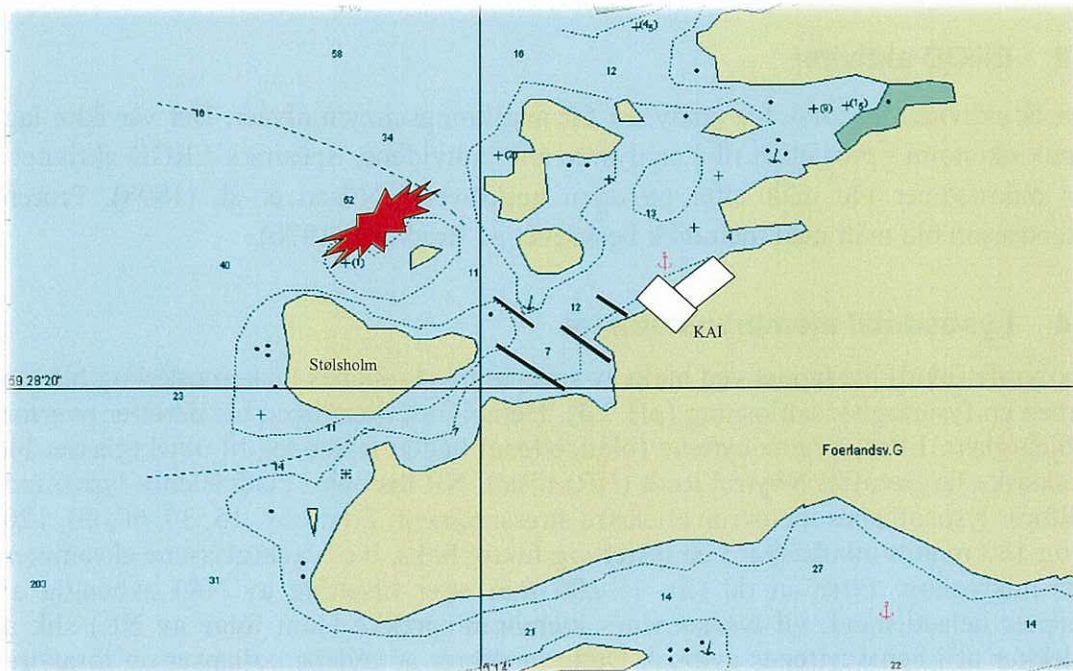
2.4 Statistikk

Dersom betingelsene lik varians og normalfordeling av data var oppfylt ble en student's t test benyttet. Hvis ikke, ble den ikke parametriske testen Wilcoxon's/Kruskal-Wallis (rank sums) benyttet. Signifikans nivået er 0.05. Statistikk er utført med programmet JMP (versjon 3.2.6). Gjennomsnittsverdi med standardavvik for de ulike parametrene er presentert i figurene.

3 Resultater

3.1 Dykkerundersøkelsen

Figur 2 viser de undersøkte transekter. Det ble ikke observert synlige oljerester på bunnen i det undersøkte området. Fotografier av representative bunnforhold finnes i egen rapport.

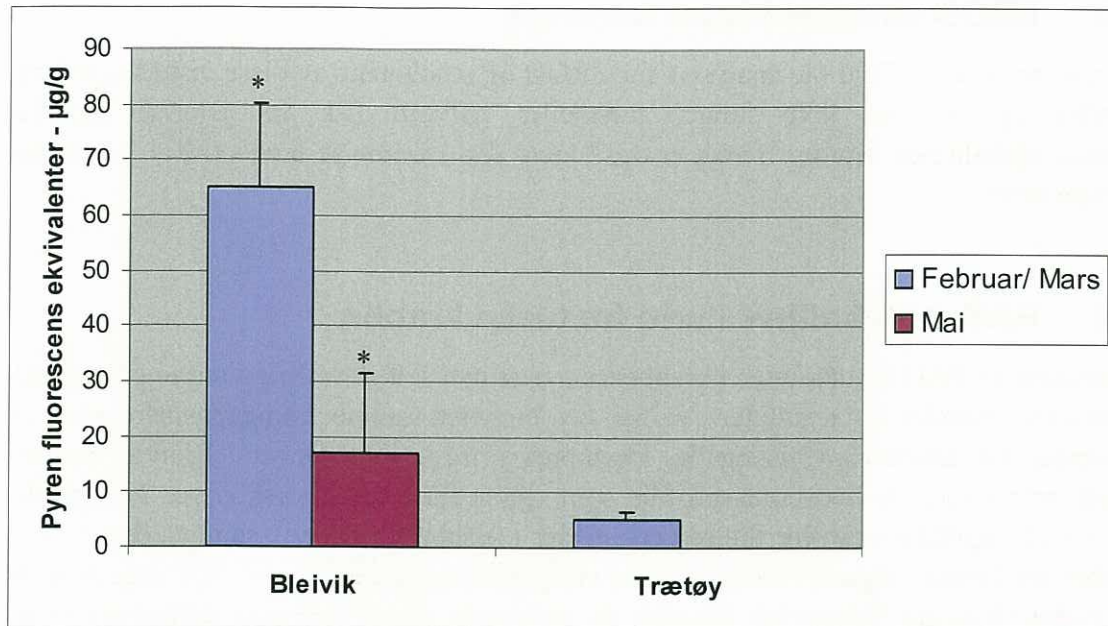


Figur 2. Transektene som ble undersøkt av dykker. Stjernen viser hvor Green Ålesund grunnstøtte.

3.2 PAH metabolitter i galle fra torsk

Direkte fluorescens analyser av galle, som estimerer PAH metabolitt nivå, viste klart forhøyede verdier i torsk fra Bleivik i forhold til torsk fra referanselokaliteten, Trætøy (figur 4). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i biliverdin konsentrasjon i gallene fra de ulike uttakene. Det betyr at fluorescens nivåene er sammenlignbare.

Synkron fluorescens spektrografi (SFS) indikerer hvilke PAH forbindelser som er til stede i prøven (figur 5). Av profilen kan en lese at det forekommer metabolitter av både mindre PAH-er som naftalener og fenantrener (to og tre ring strukturer) og pyren (fire ring struktur) i galleprøvene. Dette er alle forbindelser som forekommer i bunkersolje.



Figur 4. PAH metabolittnivåer (gjennomsnitt + standardavvik) i galle fra torsk målt med fluorescens ved 341/383 nm (eksitasjon/ emisjon). Figuren viser signifikant høyere verdier for torsk fanget i Bleivik sammenlignet med torsk fra Trætøy for prøveuttak i februar/mars (*). I mai er signalet redusert i forhold til februar, men fortsatt signifikant høyere enn i referanse fisken.

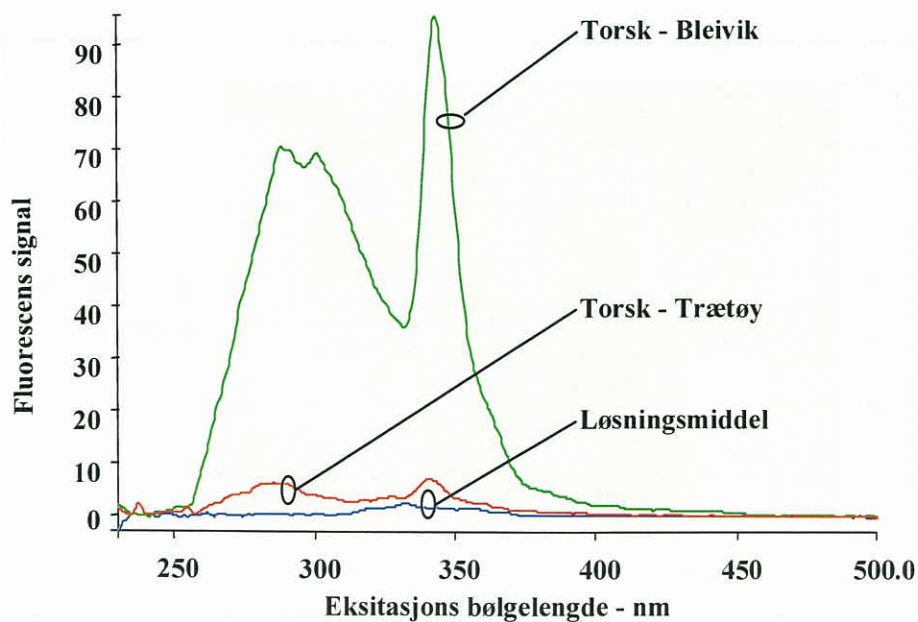


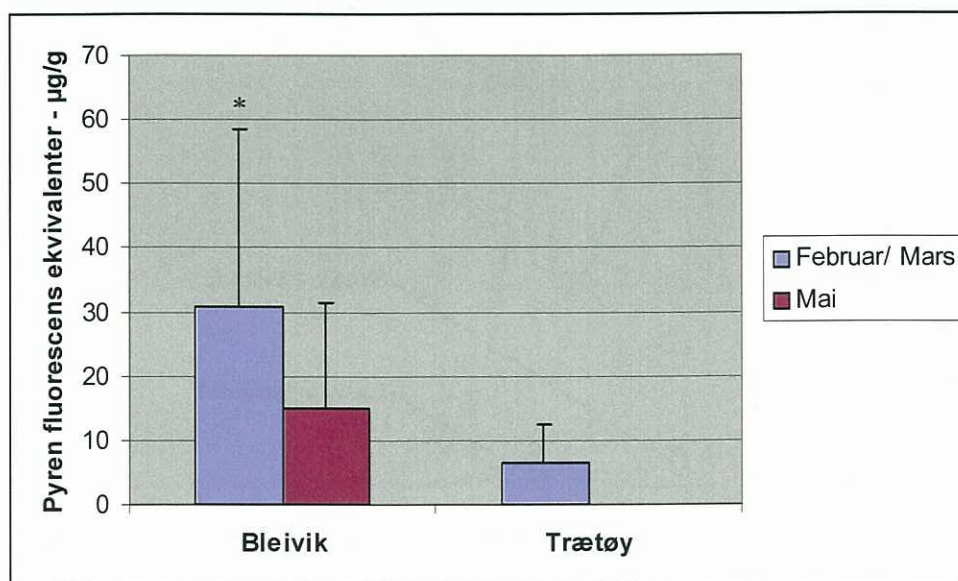
Figure 5. Synkron fluorescens spektrografi av representative galleprøver fra torsk fangstet i Bleivik og ved Trætøy i februar og mars ($\Delta\lambda$ 42nm). Toppen ved 290 nm indikerer tilstedeværelse av mindre PAH molekyler som naftalener og fentantrener, mens toppen rundt 340 nm hovedsakelig stammer fra 1-OH pyren.

3.3 EROD aktivitet i lever fra torsk

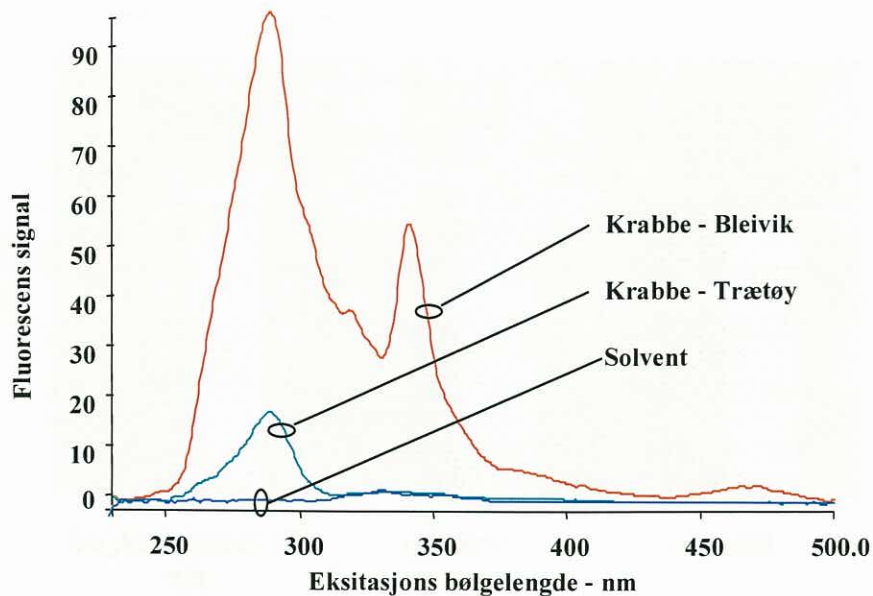
Et mindre antall individ ble analysert for EROD og resultatene av disse viste svært lave verdier og det ble ikke funnet forskjeller mellom fisk fra Bleivik og fra referanselokaliteten Trætøy. Torsk er også kjent for å framvise lave verdier for denne parameteren.

3.4 PAH metabolitter i urin fra taske krabbe

Deteksjon av PAH metabolitter i krabbeurin, er et nytt felt, foreløpig uten internasjonal publiserte metoder og resultater. Vi har her benyttet samme framgangsmåte som vi anvender for analyser av fiskegalle. I urinprøver fra krabbe fanget i Bleivik ble det observert tilsvarende fluorescensprofiler som i galle fra Bleivik-torsk (figur 7). Det ble også målt signifikant høyere fluorescens nivåer i krabbe fra Bleivik sammenlignet med krabbe fra Trætøy (figur 6) i februar/mars ved pyren bølgelengder (341/383 nm). Noe få individer (fem) fra Trætøy ble fanget og undersøkt. Disse referanse individene viste imidlertid sterke fluorescens signaler ved 290/335 nm (naftalen type PAH bølgelengder). Dette kan indikere at disse har vært utsatt for en forurensning (f.eks olje). Naturlige forhold kan heller ikke utelukkes, da dette er en ny og fortsatt relativt lite utprøvd metode. I mai var fluorescens signalet ved 341/383 nm redusert, og ikke lenger signifikant høyere enn ved referanse lokaliteten. Variansen var likevel større. Det var også noe få individer i mai prøvetakingen i Bleivik (seks). Flere individer ved hvert prøveuttak ville forbedret mulighetene til å avdekke reelle forskjeller i metabolitt nivåer.



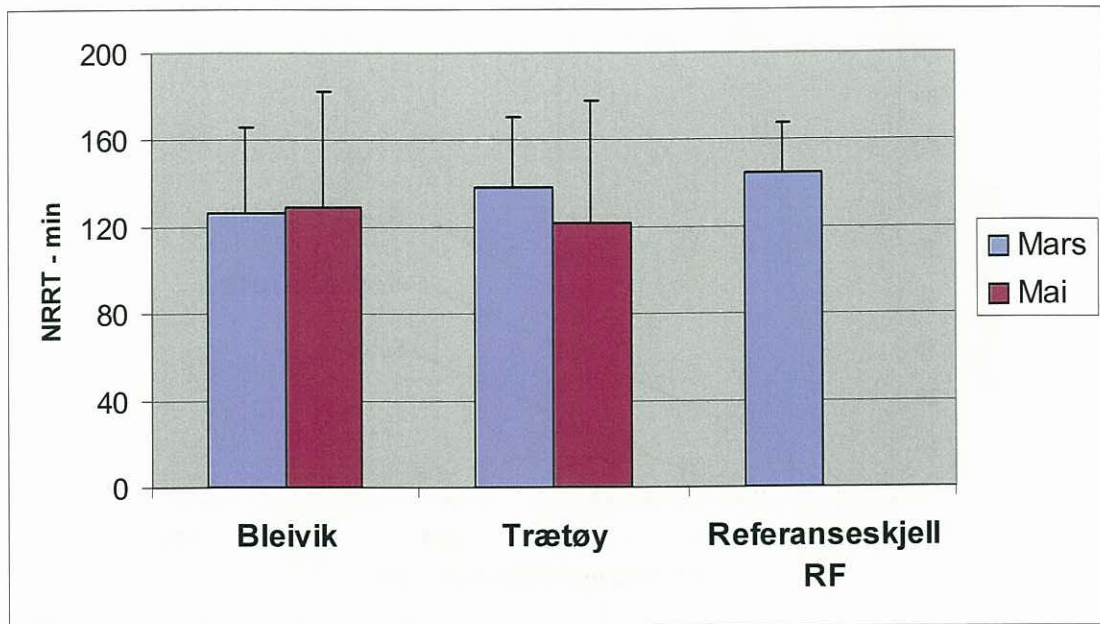
Figur 6. PAH metabolittnivåer (gjennomsnitt + standardavvik) i urin fra taskekrabbe målt som fluorescens-signal ved 341/383 nm (eksitasjon/ emisjon). Figuren viser signifikant høyere verdier for krabbe fanget i Bleivik sammenlignet med krabbe fra Trætøy både.



Figur 7. Synkron fluorescens spektrografi av representative urinprøver fra taskekrabbe fangstet i Bleivik og ved Trætøy i februar og mars ($\Delta\lambda$ 42nm). Toppen ved 290 nm indikerer tilstedeværelse av mindre PAH forbindelser som naftalener og fentantrener, mens toppen rundt 340 nm hovedsakelig stammer fra 1-OH pyren.

3.5 Lysosomal membranstabilitet i blåskjell

Utsatte blåskjell i Bleivik og ved Trætøy ble analysert for LMS dagen etter de ble hentet inn. Skjell utplassert i Bleivik i 1 måned (mars) og tre måneder (mai) viste ikke tegn på svekket immunforsvar i forhold til skjell fra Trætøy og referanseskjell som benyttes ved Rogalandsforskning (figur 3). For blåskjellene må en huske på at de ble plassert ut 2 måneder etter grunnstøtingen og dermed ikke ble eksponert i den første fasen av utslippet, da konsentrasjonene av olje var høyest.



Figur 3. Lysosomal membranstabilitet (gjennomsnitt + standardavvik) i blåskjell utsatt i Bleivik sammenlignet med blåskjell utsatt ved referanselokaliteten Trætøy og en gruppe referanseskjell som benyttes ved Rogalandforskning. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i NRRT retensjonstid mellom gruppene.

4 Konklusjoner

Basert på dykkerundersøkelsen er det ikke sannsynlig at større mengder olje har sunket til bunnen i det undersøkte området i Bleivik.

Både i galle fra torsk og i urin fra krabbe ble det i februar/ mars målt sterkere fluorescens signal i individer fangstet i Bleivik sammenlignet med individer fra referanselokaliteten, Trætøy. Dette indikerer en større grad av opptak og metabolisme av PAH forbindelser i Bleivik sammenlignet med Trætøy. PAH profilen observert i SFS scan indikerer tilstedeværelse av metabolitter fra både naftalener, fenantrener og pyren. Ved undersøkelsen i mai var nivået av PAH metabolitter i torskegalle fortsatt forhøyet i forhold til referanse lokaliteten. De utvalgte fiskene som ble analysert for EROD aktivitet i lever viste svært lave nivåer, og det ble ikke funnet forskjeller i EROD aktivitet mellom fisk fra Bleivik og fisk fra Trætøy.

Det ble ikke funnet svekkelse i lysosomal membran stabilitet i blåskjell som hadde vært utplassert i 1 måned i Bleivik. Heller ikke etter tre måneders utplassering var det noen forskjell å se.

Det kan virke sannsynlig at de forhøyede PAH metabolitt nivåene funnet i fisk og krabbe stammer fra olje fra "Green Ålesund" i og med at nivåene var lavere i mai i forhold til februar/ mars. En kan imidlertid ikke være sikker, særlig med tanke på at det regulært foregår et utslipp av hydrokarboner i Bleivik. En ytterligere runde med PAH metabolitt studier burde kunne avklare dette.

Hvorvidt det medfører en risiko for mennesker å spise fisk og krabbe fra Bleivik, pga de forhøyede PAH nivåene, krever i utgangspunktet kjemiske analyser av f.eks fiskefilet, fiskelever og krabbeinnmat. Deteksjon av PAH metabolitter i fisk og krabbe er imidlertid en svært sensitiv metodikk, og mest sannsynlig vil PAH nivået i fiskefilet og krabbe ligge under det som regnes som helseskadelig. Dersom nivået på PAH metabolitter i fisk og krabbe holder seg høyt fremover, burde en vurdere å utføre kjemiske analyser med tanke på mulig risiko for mennesker ved konsum.

5 Referanser

- Bradford, M. M. (1976). "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding." *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Grundy, M.M., Moore, M.N., Howell, S.M. and Ratcliffe, N.A., (1996). Phagocytic reduction and effects on lysosomal membranes by polycyclic aromatic hydrocarbons, in haemocytes of *Mytilus edulis*. *Aquatic Toxicool.* 34(4): 273-290C.

Nilsen, B. M., K. Berg and A. Goksøyr (1998). Induction of Cytochrome P450 1A (CYP1A) in Fish: A biomarker for Environmental Pollution. Methods in Molecular Biology. I. R. Phillips and E. A. Shephard. Totowa, NJ, Humana Press Inc. 107: 423-438.

Aas, E., J. Beyer and A. Goksøyr (2000b). "Fixed wavelength fluorescence (FF) of bile as a monitoring tool for polyaromatic hydrocarbon exposure in fish: an evaluation of compound specificity, inner filter effect and signal interpretation." *Biomarkers* 5(1): 9-23.

6 Vedlegg A - Rådata

Prøvetaking torsk

Fisk nr.	Sted	Tidspunkt	Lengde-cm	Vekt-g	Lever-g	Kjønn	Modningsgrad (1-3)
2802101	Bleivik	28.feb	44	786	9	F	1
2802102	Bleivik	28.feb	53	1446	34	F	1
2802103	Bleivik	28.feb	40	564	14	F	1
2802104	Bleivik	28.feb	46	783	22.5	F	1
2802105	Bleivik	28.feb	44	740	11	F	1
2802106	Bleivik	28.feb	44	676	19.5	M	1
2802107	Bleivik	28.feb	53	1232	19.5	M	1
2802108	Bleivik	28.feb	58	1694	96.5	F	1
2802109	Bleivik	28.feb	37	433	10	F	1
2802110	Bleivik	28.feb	35	384	9	M	1
2802111	Bleivik	28.feb	39	522	12	F	1
2802112	Bleivik	28.feb	43	743	27.5	F	1
2802113	Bleivik	28.feb	39	509	8	M	1
2802114	Bleivik	28.feb	39	497	13.5	F	1
2802115	Bleivik	28.feb	43	650	16.5	F	1
1403201	Trætøy	14.mar	56	1404	15.5	M	1
1403202	Trætøy	14.mar	42	605	12.5	M	1
1403203	Trætøy	14.mar	30	242	7	F	1
1403204	Trætøy	14.mar	35	421	15.5	M	1
1403205	Trætøy	14.mar	38	550	16.5	M	1
1403206	Trætøy	14.mar	42	593	7.5	M	1
1403207	Trætøy	14.mar	33	312	4.5	F	1
1403208	Trætøy	14.mar	32	314	9	F	1
905101	Bleivik	09.mai	36	398	12	F	1
905102	Bleivik	09.mai	46	795	16	F	1
905103	Bleivik	09.mai	64	1821	46	M	1
905104	Bleivik	09.mai	59	1532	48	F	1
905105	Bleivik	09.mai	48	883	14	M	1
905106	Bleivik	09.mai	43	674	15	F	1
905107	Bleivik	09.mai	51	1135	45	F	1
905108	Bleivik	09.mai	42	791	27	M	1
905109	Bleivik	09.mai	43	747	15	F	1
905110	Bleivik	09.mai	41	563	14	F	1
905111	Bleivik	09.mai	38	513	9	F	1
905112	Bleivik	09.mai	45	845	30	M	1
905113	Bleivik	09.mai	39	500	8	M	1
905114	Bleivik	09.mai	42	622	9	M	1
905115	Bleivik	09.mai	38	505	12	F	1

Prøvetaking krabbe

Krabbe nr.	Sted	Tidspunkt	Lengde skall-cm	Bredde skall-cm	Vekt-g	Kjønn
2802301	Bleivik	28.feb	9	14.2	394	F
2802302	Bleivik	28.feb	9.5	15.5	400	M
2802303	Bleivik	28.feb	8.1	13.3	298	M
2802304	Bleivik	28.feb	6.4	10.2	158	M
2802305	Bleivik	28.feb	9.8	15	407	F
2802306	Bleivik	28.feb	7.5	12	303	M
2802307	Bleivik	28.feb	10.2	15.8	628	F
2802308	Bleivik	28.feb	7.8	12.1	281	M
2802309	Bleivik	28.feb	6.2	9.8	159	M
2802310	Bleivik	28.feb	7.5	10.9	210	F
2802311	Bleivik	28.feb	7.2	11	177	M
2802312	Bleivik	28.feb	7	10.9	201	M
2802313	Bleivik	28.feb	7.9	12.2	292	F
1403401	Trætøy	14.mar	8.6	13.3	339	F
1403402	Trætøy	14.mar	7.2	11.6	212	M
1403403	Trætøy	14.mar	7.5	12	278	M
1403404	Trætøy	14.mar	8.6	13.5	348	F
1403405	Trætøy	14.mar	9.1	14.9	527	M
905301	Bleivik	09.mai	72	118	248	M
905302	Bleivik	09.mai	99	156	493	F
905303	Bleivik	09.mai	79	128	338	M
905304	Bleivik	09.mai	111	185	1060	M
905305	Bleivik	09.mai	96	155	548	F
905306	Bleivik	09.mai	88	149	584	M
905307	Bleivik	09.mai	70	113	231	M

Analyser galle - torsk

Fisk nr.	Sted	Tidspunkt	Biliverdin-mg/l	Pyren fluorescens ekvivalenter (PFE)		
				NPH-290/335 nm µg/g	PYR-341/383 nm µg/g	BaP-380/430 nm µg/g
2802101	Bleivik	28.feb	0.34	55.8	59.7	4.6
2802102	Bleivik	28.feb	0.10	42.2	40.2	2.9
2802103	Bleivik	28.feb	0.41	63.6	81.1	7.3
2802104	Bleivik	28.feb	0.23	57.7	67.5	4.1
2802105	Bleivik	28.feb	0.52	71.4	80.1	5.5
2802106	Bleivik	28.feb	0.15	45.1	53.8	3.6
2802107	Bleivik	28.feb	0.34	72.3	84.0	5.6
2802108	Bleivik	28.feb	0.29	44.1	53.8	3.5
2802109	Bleivik	28.feb	0.40	44.1	63.6	6.7
2802110	Bleivik	28.feb	0.26	61.6	66.5	4.2
2802111	Bleivik	28.feb	0.53	66.5	74.3	5.1
2802112	Bleivik	28.feb	0.49	40.2	42.2	3.4
2802113	Bleivik	28.feb	0.61	53.8	67.5	4.4
2802114	Bleivik	28.feb	0.26	53.8	52.9	3.9
2802115	Bleivik	28.feb	0.30	71.4	89.8	5.1
1403201	Trætøy	14.mar	0.23	1.7	2.8	1.1
1403202	Trætøy	14.mar	0.04	2.9	4.2	1.3
1403203	Trætøy	14.mar	0.65	5.0	7.1	1.6
1403204	Trætøy	14.mar	0.27	7.1	7.1	1.6
1403205	Trætøy	14.mar	0.13	5.7	6.2	1.4
1403206	Trætøy	14.mar	0.26	2.8	3.9	1.3
1403207	Trætøy	14.mar	0.12	2.6	3.9	1.2
1403208	Trætøy	14.mar	0.07	3.2	4.3	1.2
905101	Bleivik	9.May	0.03	3.2	2.0	1.0
905102	Bleivik	9.May	0.22	10.0	10.0	1.7
905103	Bleivik	9.May	0.34	12.0	8.1	1.8
905104	Bleivik	9.May	0.19	8.1	5.6	1.3
905105	Bleivik	9.May	0.19	10.0	6.3	1.6
905106	Bleivik	9.May	0.61	28.5	18.8	2.3
905107	Bleivik	9.May	0.31	26.6	34.4	3.2
905108	Bleivik	9.May	0.37	15.9	17.8	2.1
905109	Bleivik	9.May	0.33	25.6	20.8	3.0
905110	Bleivik	9.May	0.52	19.8	12.0	2.0
905111	Bleivik	9.May	0.74	30.5	16.9	2.5
905112	Bleivik	9.May	0.31	13.9	8.1	1.8
905113	Bleivik	9.May	0.26	20.8	28.5	2.9
905114	Bleivik	9.May	0.69	15.9	10.0	1.8
905115	Bleivik	9.May	0.38	39.2	57.7	4.2
Berggylt	Bleivik	9.May	0.24	5.5	3.1	1.1
Blåstål	Bleivik	9.May	0.96	16.9	3.9	1.5

Analyser urin - krabbe

Pyren fluorescens ekvivalenter (PFE)						
NPH-290/335 nm PYR-341/383 nm BaP-380/430 nm						
Krabbe nr.	Sted	Tidspunkt	µg/g	µg/g	µg/g	
2802301	Bleivik	28.feb	145.3	79.1	10.7	
2802302	Bleivik	28.feb	47.0	32.4	4.8	
2802303	Bleivik	28.feb	72.3	29.5	5.8	
2802304	Bleivik	28.feb	69.4	13.0	3.9	
2802305	Bleivik	28.feb	57.7	41.2	6.4	
2802306	Bleivik	28.feb	180.3	13.0	5.6	
2802307	Bleivik	28.feb	37.3	13.0	2.5	
2802308	Bleivik	28.feb	80.1	37.3	6.8	
2802309	Bleivik	28.feb	199.8	20.8	9.7	
2802310	Bleivik	28.feb	52.9	20.8	5.4	
2802311	Bleivik	28.feb	10.0	2.0	1.8	
2802312	Bleivik	28.feb	32.4	3.8	4.0	
2802313	Bleivik	28.feb	102.5	94.7	11.9	
1403401	Trætøy	14.mar	204.7	5.8	7.2	
1403402	Trætøy	14.mar	371.1	16.5	9.5	
1403403	Trætøy	14.mar	81.1	4.6	2.5	
1403404	Trætøy	14.mar	626.0	6.0	5.4	
1403405	Trætøy	14.mar	23.7	0.3	1.7	
905301	Bleivik	9.May	69.4	47.0	8.0	
905302	Bleivik	9.May	16.9	2.9	1.9	
905304	Bleivik	9.May	16.9	5.2	2.6	
905305	Bleivik	9.May	29.5	14.9	5.8	
905306	Bleivik	9.May	22.7	14.9	5.9	
905307	Bleivik	9.May	21.7	4.0	1.9	