

Miljøundersøkelser rundt vraket av MS Server



RAPPORT

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 Miljøundersøkelser rundt vraket av MS Server	Løpenr. (for bestilling) 6916-2015	Dato 09.11.2015
	Prosjektnr. Udemnr. 15261	Sider Pris 62
Forfatter(e) Norderhaug KM, Bakke T, Berge JA, Fagerli CW, Tveiten L, Gitmark J, Walday MG.	Fagområde Miljøundersøkelse	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Dalnave Navigation Inc., Avena Shipping Co. Ltd og Assuranceforeningen Gard – gjensidig	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har gjennomført miljøundersøkelser rundt vraket av MS Server. Resultatene var entydige og hovedkonklusjonen fra undersøkelsene er at vraket av MS Server ikke har negativ påvirkning på miljøet med hensyn på tre viktige undersøkte indikatorer for den marine miljøkvaliteten: biomangfold på hardbunn, miljøgifter i blåskjell og hormonforstyrrelser hos snegl.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. MS Server 2. Miljøundersøkelse 3. Biologisk mangfold 4. Imposex 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. MS Server 2. Environmental assessment 3. Biodiversity 4. Imposex
--	---



Kjell Magnus Norderhaug

Prosjektleder



Mats Gunnar Walday

Forskningsleder

Miljøundersøkelser rundt vraket av MS Server

Forord

Dette prosjektet ble gjennomført av NIVA for Dalnave Navigation Inc., Avena Shipping Co. Ltd og Assuranceforeningen Gard – gjensidig og har omfattet miljøundersøkelser av vraket av lasteskipet MS Server som sank utenfor Fedje i 2007. Nasjonal kontakt har også vært Wikborg Rein & Co Advokatfirma DA. I forbindelse med den pågående rettsprosessen ble NIVA engasjert for å gjennomføre miljøundersøkelser ved vraket.

NIVA er en sentral aktør innen nasjonal miljøovervåkning (bl.a. i Statlig program for forurensningsovervåkning, Økosystemovervåkning i kystvann) og vi er ansvarlige for flere pågående og tidligere gjennomførte programmer som har spesiell relevans for undersøkelsene av MS Server, bl.a. Kystovervåkingen, Program for lange overvåkningstidsserier, Sukkertareovervåkingen, ØKOKYST og Program for miljøgifter i norske kystområder. Data fra disse programmene representerer et solid sammenligningsgrunnlag som er brukt for å analysere funnene ved vraket av MS Server i forhold til hvordan miljøet generelt er i området, f. eks. forekomst og variasjon i det naturlige biomangfoldet og generell kunnskap om nivåer av miljøgifter.

Både Gard-gjensidig og The International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) deltok i sentrale deler av feltarbeidet som observatører. NIVA ønsker å takke Alex Hunt ITOPF for hjelp i forbindelse med feltarbeid og nyttige diskusjoner i forbindelse med valg av stasjonsplassering. Vi retter også en takk til IMC Diving for hjelp med å finne og skrape bunnstoff fra skroget.



Oslo, 9.11.2015



Kjell Magnus Norderhaug (prosjektleder og redaktør for rapporten)

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Metoder	8
2.1 Stasjoner og historiske data	8
2.1.1 Hellesøy fyr og Hellesøykalven	10
2.1.2 Referansestasjon Islendingane	11
2.1.3 Referansestasjon D27 Mågeøy	12
2.2 Biologisk mangfold	13
2.3 Opptak av miljøgifter i blåskjell	14
2.4 Effekter av TBT på snegl	16
2.5 Analyse av TBT i bunnstoff fra skroget	19
3. Resultater	20
3.1 Vraket av MS Server	20
3.2 Biologisk mangfold	21
3.2.1 Dykkeprofiler og sonering	21
3.2.2 Biomangfoldberegninger	22
3.2.3 Samfunnsanalyser	23
3.2.4 Arters sårbarhet	24
3.3 Opptak av miljøgifter i organismer	27
3.3.1 Villskjell	27
3.3.2 Transplanterte skjell	28
3.4 Effekter av TBT på snegl	31
3.5 TBT i prøver av bunnstoff fra skroget	33
4. Diskusjon og konklusjoner	34
5. Referanser	36
Vedlegg A. Bilder fra vraket av MS Server	38
Vedlegg B. Bilder fra transektstasjonene	49
Vedlegg C. Stasjonsbeskrivelser	59
Vedlegg D. Miljøgifter i riggskjell	60
Vedlegg E. Prinsippskisse for blåskjellrigger	62

Sammendrag

I forbindelse med rettsprosessen etter forliset av MS Server ved Hellesøy i Hordaland i 2007 har NIVA gjennomført miljøundersøkelser som skal tette viktige kunnskapshull for å bedre kunne vurdere risikoen for skade på miljøet av vraket. Resultatene var entydige og hovedkonklusjonen fra undersøkelsene er at vraket av MS Server ikke har negativ påvirkning på miljøet med hensyn på tre viktige undersøkte indikatorer for den marine miljøkvaliteten: biomangfold på hardbunn, miljøgifter i blåskjell og hormonforstyrrelser hos snegl. Det er tidligere påvist en rekke miljøgifter i vraket. Disse kan tas opp og akkumulere i organismer, men det har vært usikkert om disse utgjør noen fare for miljøet på havaristedet. Vraket ligger i et område der det blant annet er rike tareskogsforekomster. Tareskogene vurderes som viktige på grunn av deres store produksjon og rike biomangfold. TBT (tributyltinn) er blant miljøgiftene som er påvist på vraket og som kan gi skader på snegl.

NIVA har fokusert på å bruke metoder det finnes etablerte klassifiseringssystemer for. Konkret har undersøkelsene fokusert på om biomangfoldet i flora- og faunasamfunnet på fjellbunn (inkludert tareskog) er forskjellig ved havaristen i forhold til hva som forventes i området, om miljøgifter fra havaristen tas opp av organismer (bløtdyr) og om TBT fra havaristen gir hormonforstyrrende skader på stedegne snegl (kjønnskifte, kalt imposex hos purpursnegl og intersex hos strandsnegl). Miljøtilstanden ved vraket (Hellesøy) ble sammenlignet med referansestasjoner med så like miljøforhold som mulig og med miljøovervåkningsstasjoner der det finnes historiske data som beskriver naturlig variasjon. Disse overvåkningsstasjonene ligger i likhet med Hellesøy på ytre kyst i bølgeeksponerte områder som er lite påvirket av forurensning som eutrofi (overgjødning) og miljøgifter.

Det naturlige biomangfoldet i flora- og faunasamfunnet på fjellbunn/tareskog er relativt høyt i dette området. Biomangfoldet og samfunnsstrukturen ved havaristen var lik sammenlignet med referansestasjoner med lignende miljøforhold og som har vært overvåket i lang tid. Det ble ikke påvist kjønnsforstyrrelse hos strandsnegl på noen av de undersøkte lokalitetene. Hos purpursnegl viste to av 125 analyserte individer svak kjønnsforstyrrelse, men dette regnes som tilfeldig og ikke tilknyttet mulig TBT-utlekking fra vraket. Vevsnivået av miljøgifter i lokale blåskjell, strandsnegl, purpursnegl og i blåskjell satt ut på rigger i ulike avstander fra vraket, var lavt og med få unntak innenfor det som betraktes som bakgrunnsnivå i kyst- og fjordområder uten punktkilder. Unntakene lå så vidt over bakgrunnsnivået og viste ingen sammenheng med nærhet til vraket. Det ble funnet TBT i gjenværende bunnstoff på skroget. Dette må fortsatt kunne forventes å lekke langsomt ut, men antas ut fra de øvrige resultatene å utgjøre en svært liten miljørisiko både i dag og i fremtiden.

Summary

Title: Environmental assessments at MS Server

Year: 2015

Author: Norderhaug KM, Bakke T, Berge JA, Fagerli CW, Tveiten L, Gitmark J, Walday MG.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6651-1

In connection with the trial after the loss of MS Server at Hellesøy in Hordaland in 2007, NIVA has performed environmental assessments to address important knowledge gaps to be able to assess the risk the wreck represents to the environment. The results were concurrent and the main conclusion from the assessments is that the wreck of MS Server is not affecting the environment negatively with respect to three important assessed indicators for the marine environmental quality: hard bottom biodiversity, contaminants in blue mussels and disruption of hormones in snails. A number of contaminants which may be taken up and accumulate in organisms have been detected in the wreck, but it has been uncertain to what extent these represent a risk to the environment. The wreck is situated in an area with rich kelp forests. Kelp forests are considered important because of the high production and associated diversity. TBT (tributyltinn) is one of the detected contaminants in the wreck and can harm snails.

NIVA used methods with established classification systems. Specifically, the assessments have focused on to investigate if the flora and fauna community on rocky bottom (including kelp forest) near the wreck is different from what is expected in the area, if contaminants from the wreck is taken up by organisms (molluscs) and if TBT from the wreck harms local snails (imposex for *Nucella lapillus* and intersex for *Littorina littorea*). The environmental status at Hellesøy was compared to reference stations with similar environmental conditions and to environmental monitoring stations from which historical data describing natural variation is available. Similar to Hellesøy, these monitoring stations are situated on the outer coast in wave exposed areas which are little impacted by pollution like eutrophication and contaminants.

The biodiversity in the flora and fauna community on rocky bottom/kelp forest is quite high in the area. Diversity and community composition near the wreck was similar compared to reference stations with similar environmental conditions and which have been monitored for decades. Neither imposex nor intersex was detected for snails at any of the investigated stations. Two out of 125 *Nucella lapillus* individuals showed small degrees of imposex, but this was not regarded to have been caused by leakage from the wreck. Tissue levels of contaminants in local mussels, snails and mussels transplanted to rigs in different distance from the wreck was low and with few exceptions within what is regarded as background levels in fjord and coastal areas without point sources. The exceptions were marginally above background levels and showed no connection to the presence of the wreck. TBT was found in the remaining antifouling paint on the hull. This is expected to leak slowly to the water, but according to the results from this assessment is expected to represent a very small environmental risk today and in the future.

1. Bakgrunn

MV Server sank ved Hellesøy fyr på sørsiden av Fedje i Hordaland 12. januar 2007. Forstavnen ble fjernet etter ulykken. Det ble også gjort arbeid for å fjerne olje fra havaristen i 2007 samt batterier, brannslukkingsutstyr og andre kilder til forurensning i 2014 med bruk av dykkere (IMC diving). Mesteparten av olje og diesel om bord lakk ut i sjøen i forbindelse med forliset. Akterskipet er etter hvert blitt brutt ned av tung sjø og ligger i dag i to store og mange mindre deler på 13-25 m dyp (IMC, 2015). NIVA og Norconsult har i senere tid gjennomført miljøundersøkelser og konsekvensvurdering for å vurdere mulige miljøvirkninger av vraket (Bakke & Farmen 2012, Norconsult 2014). En rekke miljøfarlige stoffer ble vurdert, blant annet PAH, PCB, TBT og tungmetaller. Vraket ligger delvis innenfor grensen for Hellesøy naturreservat og et hvert influensområde for spredning av miljøgifter vil være i geografisk konflikt med reservatet. Hele vestsiden av Øygarden og Fedje er klassifisert som viktig på grunn av forekomster av naturtypen tareskog. Det er forøvrig ikke registrert spesielt sjeldne eller sårbare arter eller naturtyper i området.

Oslo tingrett fant i dom av 9. januar 2015 at pålegget om å heve vraket, som var rettet mot Avena Shipping Co. Ltd., var gyldig. Et sentralt punkt i dommen var at retten kom frem til at de påviste miljøgiftene i vraket utgjorde en miljørisiko og fare for skade på miljøet ut over det som kunne karakteriseres som betydningsløst. Det ble spesielt trukket frem tareskog og skjellsandbunn som verdifulle naturtyper i området, og at arter i det rike tareskogssamfunnet kunne være sårbare for stoffer som lekker fra vraket (Bakke & Farmen 2012, Dommen fra Oslo tingrett datert 9. januar 2015). Tareskog er blant klodens mest produktive og artsrike naturtyper og omtales ofte som havets regnskog på grunn av dens høye produksjon og artsrikdom. Den undersjøiske skogen gir både skjul og jaktområder – både for evertebrater og fisk av alle størrelser (Norderhaug et al. 2005). Tareskog er derfor listet blant prioriterte naturtyper og er kartlagt for hele Norge (Direktoratet for naturforvaltning, 2007). Rundt Hellesøy finnes store forekomster av tareskog (skoger som er 100 000 - 500 000 m²) som klassifiseres som viktige av Miljødirektoratet (Naturbase.no).

Boks 1. Hva er miljørisiko?

I følge Norsk Standard NS 5814:2008, Krav til risikovurderinger defineres risikobegrepet som "et uttrykk for kombinasjonen av sannsynligheten for og konsekvensen av en uønsket hendelse". Miljørisikobegrepet består følgelig av to uavhengige komponenter, *sannsynlighet* for at en uønsket hendelse skal skje (for eksempel utslipp av olje ved et havari) og *konsekvensene* av hendelsen dersom den skjer (for eksempel skade på organismer i området). Risikoen er bare høy dersom både sannsynligheten er høy og konsekvensene er alvorlige.

Det er en viss risiko for at miljøgifter som eventuelt er igjen i vraket og lekker ut kan påvirke lokale marine organismer. Skadepotensialet ble av Bakke & Farmen (2012) vurdert å være lavt, men mulige skadevirkninger ble da ikke undersøkt. Utlekking kan også føre til bioakkumulering av lite nedbrytbare stoffer i organismer, selv om de analysene som tidligere var gjort rundt vraket (Norconsult 2014) ikke indikerte at dette hadde skjedd. Det har vært knyttet spesiell bekymring rundt utlekkning av TBT fra gjenværende gammelt bunnstoff. TBT er meget giftig for en rekke arter, og spesielt har stoffet vist seg å kunne skade kjønnsutviklingen hos en del sneglearter som også er vanlige i området rundt «Server».

På forespørsel fra Naldave Navigation inc via Gard-gjensidige og Wikborg Rein & Co Advokatfirma DA utarbeidet NIVA etter dommen i tingretten forslag til utvalgte miljøundersøkelser med mål å dekke de viktigste kunnskapshullene når det gjaldt mulige økologiske effekter av vraket der det ligger. Det ble utarbeidet en arbeidsbeskrivelse for miljøundersøkelsene som har belyst tre sentrale spørsmål:

- Om biomangfoldet av fastsittende flora- og fauna på fjellbunn/tareskog ved havaristen er forskjellig fra det som forventes i området. Fastsittende organismer integrerer miljøpåvirkning over tid og er sentrale objekter for både nasjonal og internasjonal miljøovervåking.

- Om miljøgifter fra havaristen tas opp av organismer som forekommer naturlig i området og som erfaringsmessig er godt egnet til å fastslå dette.
- Om TBT fra havaristen gir skader på stedegne snegl (kjønnsskifte, såkalt imposex hos purpursnegl og intersex hos strandsnegl).

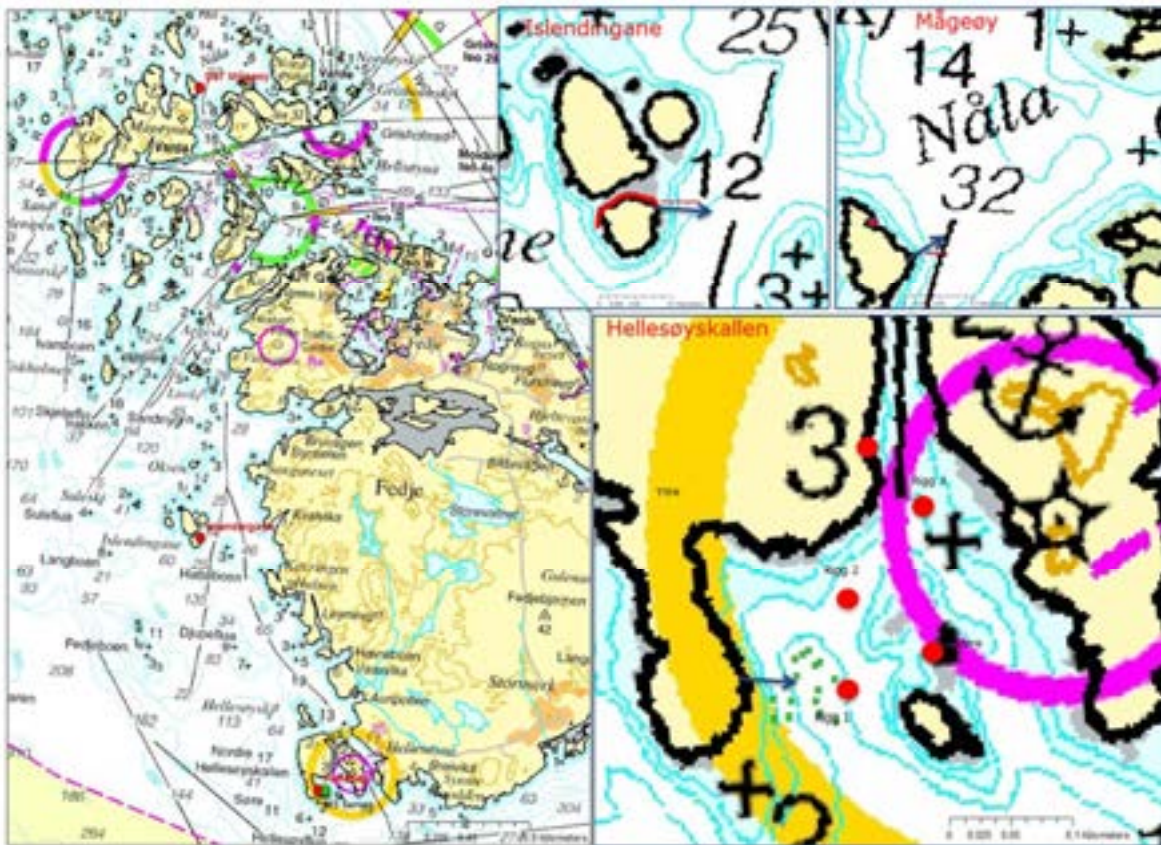
NIVA har gjennomført disse miljøundersøkelsene ved bruk av etablerte metoder og resultatene er vurdert opp mot etablerte nasjonale og internasjonale klassifiseringssystemer for miljøkvalitet og -tilstand. Det er benyttet etablerte metoder for overvåkning og sammenligning av biomangfold på hardbunn som også dekker tareskog (ISO/FDIS 19493-2007, Norderhaug et al. 2015). Dykketransektene brukt i denne undersøkelsen er den samme metoden som brukes i den nasjonale miljøovervåkingen ØKOKYST (som er en del av den statlige miljøovervåkingen). Metoden ble utviklet av NIVA i Kystovervåkningsprogrammet som var en del av miljøovervåkingen som ble etablert av norske myndigheter som en oppfølging av Nordsjødeklarasjonen. I Kystovervåkingen (senere Sukkertareovervåkingen (Norderhaug et al. 2011) og ØKOKYST (Norderhaug et al. 2015)) har et stasjonsnett på hardbunn/fjellbunn blitt overvåket siden 1990. Flere av disse stasjonene er plassert langt fra kysten i bølgeeksponerte områder som området rundt Fedje (Norderhaug et al. 2011). Metodene brukt for å undersøke opptak av miljøgifter i organismer og effekter av TBT på snegl er de samme som brukes i nasjonal overvåking som bl.a. NIVA utfører. Dette gir også godt grunnlag for å vurdere tilstanden rundt havaristen med tilsvarende forhold langs andre deler av norskekysten.

2. Metoder

2.1 Stasjoner og historiske data

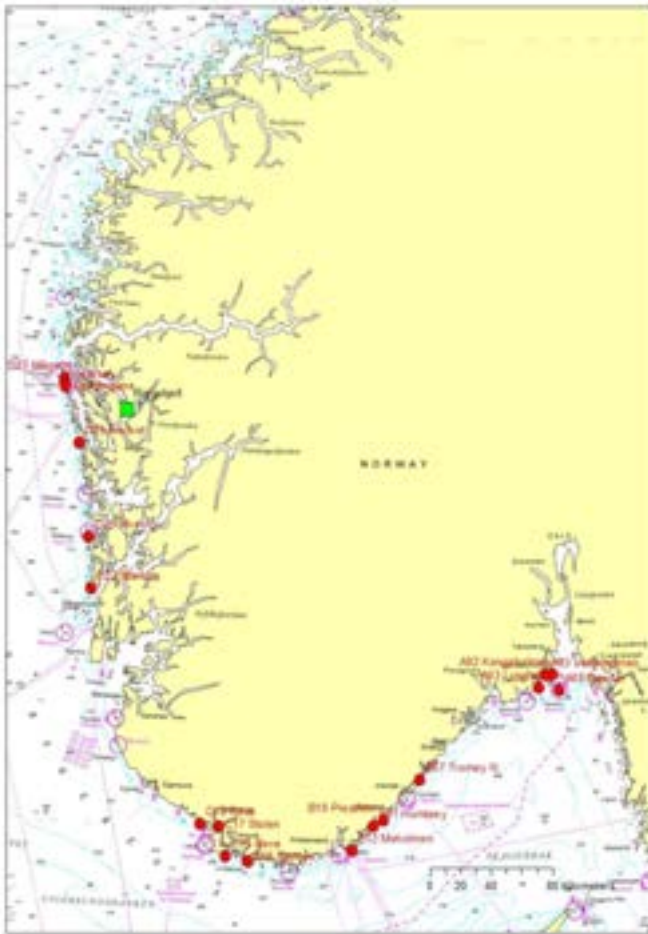
MS Server ligger ved Hellesøy på sørvestsiden av Fedje. Undersøkelsene ble gjennomført i umiddelbar nærhet til havaristen (Hellesøy, Hellesøyskallen og skjærene rundt vraket) og på stasjon D27 Mågeøy på nordsiden av Fedje og en stasjon vest for Fedje (Islendingane) som begge fungerte som referansestasjoner (figur 1). Islendingane ble valgt for å være mest mulig lik Hellesøy med hensyn på miljøforholdene (for eksempel bølgeeksponering, helning på bunnen og lysforhold). D27 Mågeøy er en stasjon NIVA har drevet biomangfoldovervåking på i lang tid (i periodene 1990-99, 2005-10 gjennom Miljødirektoratets Kystovervåkningsprogram (Norderhaug et al. 2011)). Alle de undersøkte stasjonene ligger i bølgeeksponerte områder dominert av fjellbunn med tett tareskog. Miljøforholdene er ganske like og de er alle klassifisert som åpen eksponert kyst i region Nordsjøen nord i henhold til Vannforskriften (veileder 02:2013, vedlegg C). Slike bølgeeksponerte områder på ytre kyst er lite påvirket av forurensning. Derfor egner de seg som referansestasjoner for vurdering av forurensningspåvirkning.

Miljøtilstanden på Hellesøy ble sammenlignet med referansestasjonene for å undersøke om biomangfold, konsentrasjoner av miljøgifter i og effekter på organismer under like miljøforhold, på samme årstid og historiske sett var innenfor det som kan betraktes som naturlig variasjon. Biomangfoldundersøkelsene og innsamling av lokale snegl og skjell ble gjennomført i august. Innsamlingen av de historiske data, og undersøkelsene på D25 i 2015, ble gjennomført i juni.



Figur 1. Oversikt over stasjoner (røde symboler i hovedkartet) der dykkertransekter ble gjennomført og bløtdyr (snegl og skjell) ble samlet inn for undersøkelse av opptak av og effekter fra miljøgifter. I kartutsnittene er dykkertransekter markert med blå pil og innsamlingssteder for bløtdyr med rødt (Mågeøy: purpursnegl/strandsnegl/blåskjell. Islendingane: purpursnegl. Hellesøy indre: Purpursnegl, midtre: Purpursnegl/o-skjell, ytre: purpursnegl/strandsnegl/blåskjell. Blåskjellrigg 1-3. Vraket av MS Server er merket med grønt).

For analyser av de biologiske samfunnene ble også andre relevante overvåkningsdata brukt. Gjennom overvåkningsprogrammer som NIVA gjennomførte ble data fra Stasjonene A03 Lyngholmen (Ytre Oslofjord), B07 Tromøy, B10 Prestholmen (Arendal til Grimstad) og C17 Stolen (Farsund) overvåket i 2015. Disse dataene sammen med historiske data fra en rekke stasjoner ble inkludert i samfunnsanalysene for å vurdere samfunnet på Hellesøy i forhold til naturlig variasjon i tid og rom. En oversikt over plasseringen av stasjonene er gitt i figur 2. Lengde-/breddeposisjoner og vannforskriftklassifisering av stasjonene er gitt i vedlegg C.



Figur 2. Undersøkellesområdet. Hellesøyskallen ligger ved vraket av MS Server og Islendingane er en referansestasjon for Hellesøyskallen som skal være så lik som mulig med hensyn på miljøforhold. De andre stasjonene er miljøovervåkingsstasjoner NIVA har overvåket i perioden 1990-2015 (men ikke alle stasjoner er overvåket alle år). Innsamlingssted for blåskjell som ble satt på rigger på Hellesøy ble samlet inn innerst i Hindenesfjorden, Lindås (grønt symbol)). Stasjonene er nærmere beskrevet i tabell 1, vedlegg C.

2.1.1 Hellesøy fyr og Hellesøykalven

Stasjonen på Hellesøy lå østvendt og åpent eksponert mot sørvest. Dykkertransekter ble foretatt fra strandkanten på Hellesøyskallen (figur 3). Den naturlige topografien gjorde det mulig å starte transektet på 24 m dyp inntil skroget av MS Server (dykkerne kunne ta på vraket der transektene startet). Transektet opp til overflaten fulgte skrånende fjellbunn som på miljøovervåkingsstasjonene. Stedegne snegl og skjell for kjemiske og biologiske analyser ble samlet her, på et skjær på andre siden av vraket og inne i sundet nord for vraket (figur 1). Det var i august 2015 ingen synlige tegn til oljepåvirkning i strandkanten (figur 4).



Figur 3. Fra Hellesøyskallen kunne dykketransekter (markert med rød pil på bildet til venstre) legges helt inntil vraket fra vest og på 24 m dyp. Hellesøy fyr synes bak dykkerskipet til IMC Diving. Oversiktsbilde til høyre er tatt fra Hellesøy fyr. Hellesøyskallen til venstre i bildet er fuglereservat. Ringen indikerer omtrentlig posisjonen til vraket.



Figur 4. Strandkanten på Helleøy fremsto uten synlige tegn til oljepåvirkning. Små oljeflekker ble funnet i sprekker i fjellet (bildet til høyre). Det er ikke kjent om disse stammer fra MS Server (foto: Alex Hunt, ITOPF)

Det ble ikke gjort kvantitative registreringer på selve vraket, men det ble tatt bilder og video slik at samfunnet kunne beskrives deskriptivt. I tillegg ble ti av de største tareplantene som ble funnet på vraket samlet inn og aldersbestemt for å si noe om hvor lenge vraket har vært bevokst av tareskog. Tare kan aldersbestemmes ved å telle årringer, på samme måte som trær. Plantene kan bli over 20 år gamle, men rik tareskog består normalt av planter som er opp til 10-12 år. Det tar ikke mer enn 4-5 år for plantene å vokse opp til full størrelse, mens det rike samfunnet av alger og dyr som hører til tareskogen tar 6-7 år for å bli fullt utviklet.

2.1.2 Referansestasjon Islendingane

Referansestasjon Islendingane (markert med rød pil i figur 5) ble valgt fordi den har omtrent like miljøforhold som Helleøy. I likhet med Helleøy er Islendingene vendt mot øst, er eksponert mot sørvest og begge stasjoner har omtrent samme bunntopografi.



Figur 5. Stasjon Islendingane. Pilen markerer posisjon der dykketransektene startet. Purpursnegl ble samlet langs strandkanten på baksiden av skjæret.

2.1.3 Referansestasjon D27 Mågeøy

Referansestasjonen D27 Mågeøy (figur 6) ble overvåket av NIVA i periodene 1990-1999 og 2005-2010 gjennom Statlig program for forurensningsovervåkning (Kystovervåkingen, Norderhaug et al. 2011) og fungerte som en referansestasjon i undersøkelsen. Stasjonen er eksponert mot nordvest og er i likhet med de andre to stasjonene i undersøkelsen klassifisert som åpen eksponert kyst i henhold til vannforskriften (Vedlegg C).



Figur 6. Stasjon D27 Mågeøy (markert med rød pil). purpursnegl/strandsnegl/ blåskjell ble samlet i en sprekk ca 100 m vest for dykketransektet.

2.2 Biologisk mangfold

Biomangfold-undersøkelser ble gjennomført med dykkertransekter i henhold til etablerte metoder som brukes i nasjonal miljøovervåking (ISO 19493, 2007, Norderhaug et al. 2015). Det undersøkes et transekt for alger av en botaniker og et for dyr av en zoolog. Dykkerne starter registrering på dypeste dyp (24 m i denne undersøkelsen fordi det var det maksimale dypet inntil skroget av vraket). Alle makroskopiske (synlige) organismer registreres til arts og forekomsten av hver art registreres på en semikvantitativ mengdeskala (1: enkeltfunn, 2: spredt forekomst, 3: vanlig, 4: dominerende). Dykker rapporterer til land via kommunikasjonskabel. Alle arter ble registrert i skjema på land. Registrering gjennomføres annen hver dybdemeter i dybdeintervallet 24 til 4 meter og hver meter fra 4 meter til overflaten. Alger og dyr som ikke kan identifiseres på stedet samles inn og identifiseres under lupe/mikroskop i laboratorium.

Boks 2. Beregning av biologisk mangfold

Biologisk mangfold kan beskrives på ulike måter. Antall arter (S) kalles artsrikhet. I samfunn som utsettes for negativ miljøpåvirkning forventes arter som er ømfintlige for påvirkningen å bli færre eller forsvinne, mens tolerante arter forventes å blomstre fordi de slipper unna konkurranse fra ømfintlige arter (Pearson & Rosenberg 1978). Derfor brukes også fordelingen av arter mellom tallrike og sjeldne arter (såkalt jevnhet i samfunnet) i beregning av biomangfoldsindekser. Den mest brukte biomangfold-indeksen er Shannon-Wiener (H' , Hill 1973):

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

Der p_i er andel individer som tilhører art i . Multivariate samfunnsanalyser tar ikke bare hensyn til antall arter og jevnhet, men også hvilke arter som er tilstede eller ikke (kvalitative samfunnsforskjeller). Slike analyser kan brukes til å identifisere og beskrive samfunnsforskjeller og trender f.eks mellom stasjoner og hvordan samfunn endres over tid. Beregning av ulikhet mellom samfunn i Multidimensional scaling (MDS i PRIMER, Clarke & Warwick 2001) baseres på Bray-Curtis dissimilarity:

$$BC_{ij} = 1 - \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$$

Der C_{ij} er summen av den minste verdien for kun arter som er felles i to samfunn. S_i og S_j er total antall i hvert samfunn.

For å undersøke om biomangfoldet i flora- og faunasamfunnet på fjellbunn/tareskog er forskjellig ved havaristen i forhold til kva som forventes i området ble følgende analyser gjort:

- Det totale antallet arter fastsittende alger og fastsittende og lite bevegelige dyr på Hellesøy ble sammenlignet med 95% konfidensintervallet (beregnet som 2 x standardfeil) for referansestasjonene i samme vanntype (åpen eksponert kyst), samme regionen (Nordsjøen nord) og i samme tid (juni-august 2015) for å se om vi med 95% sannsynlighet kunne si at antall arter ved vraket var innenfor det antallet som var forventet i området.
- Biomangfoldet (målt som Shannon Wiener indeks H' , boks 2) av fastsittende alger og fastsittende og lite bevegelige dyr på Hellesøy ble sammenlignet med 95% konfidensintervallet for referansestasjonene i samme vanntype, region og år for å se om vi med 95% sannsynlighet kunne si at biomangfoldet ved vraket var innenfor det antallet som var forventet i området.
- Samfunnet av alger og dyr ved Hellesøyskall ble sammenlignet med samfunnene ved referansestasjonene i 2015 ved bruk av samfunnsanalyse (Multidimensional scaling MDS i PRIMER, Clarke & Warwick 2001, boks 2).
- I tillegg ble arter som opptrådte mer eller mindre hyppig ved Hellesøy enn ved referansestasjonene vurdert i forhold til sårbarhet eller toleranse mot/for hydrokarboner, metaller og syntetiske stoffer (inkludert TBT) i henhold til MarLins klassifisering (MarLin.ac.uk). Marlin er en anerkjent og fritt tilgjengelig database over arter, økologi og sårbarhet og ble her brukt som kilde til sårbarhets- og toleransedata.

Multivariate analyser (Multi dimensional scaling MDS I PRIMER, Clarke & Warwick 2001) ble gjort for å studere (u)likheter mellom samfunnet av fastsittende alger og dyr ved havaristen sammenlignet med samfunnene på referansestasjonene. Disse analysene baseres på en ulikhetsmatrise basert på artssammensetning og artsforekomst (boks 2). Ut fra matrisen plottes resultatene slik at avstanden mellom punktene i plottet gjenspeiler graden av likhet mellom samfunnene. Hvert punkt representerer en stasjon med et samfunn av alger og dyr og summert over alle dyp 0 til 24 m. Jo nærmere to stasjoner/punkter ligger hverandre, jo likere er de med hensyn på artssammensetning og artsforekomst. Fremstillingen i to dimensjoner er en forenkling av resultatet i mange dimensjoner. I prosessen med å vise bare to dimensjoner beregnes en stressverdi som viser graden av feil forenklingen fører til. En stressverdi lavere enn 0,2 anses som akseptabel. Et omfattende datamateriale lå til grunn for denne analysen. Totalt 19 stasjoner ble overvåket 287 ganger i løpet av 26 år i nasjonal miljøovervåkning (1990 til 2015). 673 arter (og høyere taxa) er registrert.

2.3 Opptak av miljøgifter i blåskjell

For å belyse om en eventuell utlekking av miljøgifter fra havaristen akkumulerer i lokale organismer i området ved vraket ble det gjort analyse av miljøgiftinnholdet i blåskjell. To typer undersøkelser ble gjennomført

- Analyse av naturlig forekommende blåskjell fra nærområdet rundt havaristen.
- Analyse av blåskjell samlet fra en ren lokalitet og satt ut på rigger i ulik avstand fra vraket.

Naturlige blåskjell

Prøver fra naturlige populasjoner av skjell ble samlet rundt vrakdelene eller tett opp til disse. Første prioritet var å samle inn blåskjell (*Mytilus edulis*) og erstatte/supplere med o-skjell (*Modiolus modiolus*) dersom det var vanskelig å finne tilstrekkelig med blåskjell. Målsetningen var å sammenligne konsentrasjonen i skjellene fra området rundt havaristen med skjell innsamlet i to kontrollområder for dermed å belyse om og eventuelt i hvilken grad miljøgifter fra havaristen påvirker skjellene i nærområdet. Resultatene er også sammenlignet med etablerte grenseverdier for klassifisering av miljøkvalitet i norske fjorder og kystvann (Molvær et al 1997).

Innsamlingen fra naturlige populasjoner av skjell ble foretatt 18. august 2015. Det viste seg imidlertid umulig å finne tilstrekkelig med skjell i havaristens nærområde til å gjennomføre det analyseprogrammet en i utgangspunktet hadde lagt opp til (Tabell 1). Noen svært små blåskjell ble funnet i bukta nord vest for havaristen (Stasjon Server ytre se Figur 1) og på et skjær nord øst for havaristen. Fra sistnevnte lokalitet ble et også funnet ett o-skjell som ble tatt med i prøven. Bløtdelene av alle skjellene som ble funnet i nærområdet til havaristen ble slått sammen til en prøve (totalt 3,5 g). Det har også i forbindelse med tidligere undersøkelser vært vanskelig å finne skjell i nærområdet. Det samme var tilfelle på de to kontrollstasjonene D27 Mågeøy og Islendingane (se figur 1) men det ble det funnet tilstrekkelig med skjell i nærheten. Fra kontrollstasjon D27 ble det analysert 3 parallelle blandprøver bestående av materiale fra 25 skjell og fra kontrollstasjon Islendingane 3 parallelle blandprøver bestående av materiale fra 20-21 skjell.

Tabell 1. Miljøgifter analysert i blåskjell

Analyseparametere	
Metaller	Organiske og metallorganiske forbindelser
Bly	Polyklorerte bifenyler, syv kongenerer (PCB ₇)
Kadmium	Polysykliske aromatiske hydrokarboner, 16 enkeltforbindelser (PAH ₁₆)
Kvikksølv	Tributyltin (TBT)
Kobber	Bromerte flammehemmere (PBDE)
Sink	
Vanadium	Annet
Nikkel	%Tørrstoff

Transplanterte skjell på faste rigger

I nærområdet til vrakdelene og i ulik avstand fra disse ble det satt ut tre rigger med blåskjell (se prinsippskisse vedlegg E). Målsetningen var å sammenligne konsentrasjonen i skjellene i ulik avstand fra havaristen innbyrdes og med skjell med kjent miljøgiftkonsentrasjon før utsetting. Bakgrunnen for å sette ut blåskjellrigger var dels at en fra tidligere undersøkelser i området hadde erfart at det kunne være vanskelig å finne villskjell nær havaristen og at en ved bruk av rigger kunne plassere ut skjell med kjent og lik eksponeringshistorie i ønskede posisjoner i forhold til vraket.

Skjellene for utsetting på rigg ble hentet innerst i Hindenesfjorden i Lindås kommune 20. juli 2015 (posisjonen ses i figur 2 og vedlegg C). Skjellene ble samlet inn fra pongtonger på en flytebrygge da det var vanskelig å finne skjell andre steder. Rett etter innsamling ble skjellene (anslagsvis 100-200 på hver rigg) plassert i en type nettingstrømpe som brukes i oppdrett av skjell og hengt ut på innsamlingsstedet over natten. Samtidig ble det sikret 3 parallelle kontrollprøver, hver på 20 individer. Disse ble analysert samtidig med riggskjellene og på samme måte for å fastslå miljøgiftnivåene ved starten av riggperioden.

Morgenen etter (21. juli 2015) ble skjellene transportert med båt til utsettingsstedet ved Hellesøy. Skjellene ble holdt fuktige (balje med hull i ble fylt med friskt sjøvann ca. 1 gang per time, totalt 4 ganger) inntil de ble satt ut. På hver rigg ble strømpen med skjell festet til et tau som gikk fra en moring på bunnen og opp mot en oppdriftsbøye under overflaten (vedlegg E). Fra oppdriftsbøya gikk det videre tau til en markeringsbøye på overflaten. På hver rigg ble det montert 3 grupper av skjell adskilt med knuter på strømpen. Gruppene hang derved over hverandre (øvre, midtre og nedre) på tauet over en avstand på ca. 1,5 m. Skjellstrømpene ble festet slik at nedre skjellgruppe var ca. 2 m over bunnen. På den måten reduseres muligheten noe for at innholdet av miljøgifter i skjellene blir dominert av tilførsler fra resuspendert sediment. I et høyekspontert område som der Server ligger må en likevel forvente at partikkelpåvirkningen fra resuspenderte sedimenter er betydelig.

Skjellene ble tatt opp 4. september 2015 dvs. etter at de hadde stått ute i drøye 6 uker. Tiden det tar før konsentrasjonen i blåskjell er i likevekt med nivåene i vannet rundt vil variere med type miljøgift, men 6 uker ansees også som tilstrekkelig ved den rutinemessige overvåkingen ved bruk av blåskjellrigger rundt installasjoner på norsk sokkel. Uansett vil eksponeringstiden være den samme for alle riggene slik at en innbyrdes sammenlikning av opptak av miljøgifter vil være gyldig.

Fra hver rigg ble det analysert 3 parallelle prøver bestående av vev fra 20 til 21 skjell. Startkonsentrasjonen av miljøgifter i de utsatte skjellene (prøve tatt 20. juli 2015) ble også bestemt (Kontroll i tabell 2). Størrelsen på skjellene som ble brukt til analyse varierte fra 3 til 9 cm, men hovedvekten av skjellene lå i størrelsesområdet 4-6 cm (se tabell 2). Overvåking langs norskekysten gjennom mange år for Miljødirektoratet (Coordinated Environmental Monitoring Programme) tyder på at det er liten forskjell på konsentrasjonen av miljøgifter i skjell i størrelsesgruppene 2-3, 3-4 og 4-5 cm. Når det gjelder skjell som er mindre eller større enn dette har en mindre erfaringsmateriale å bygge på. I den overvåkingen som gjøres langs kysten i dag ønsker en fortrinnsvis å benytte skjell i størrelsesgruppen 3-5 cm. Ofte kan det være vanskelig å tilfredsstille dette kravet og en må benytte de skjellene som er tilgjengelig.

Tabell 2. Antall skjell fra hver størrelsesgruppe som ble brukt til analyse fra blåskjellriggene og Kontroll. Når det gjelder prøve –id «Kontroll» er tre grupper fra den samme batchen med skjell som ble tatt ut benyttet. Disse ble nedfrosset på utsettingstidspunktet og analysert samtidig med riggskjellene etter at disse var tatt opp.

Størrelse (cm) /prøve-id	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
Kontroll 1		1	10	9		
Kontroll 2			13	7		
Kontroll 3		14	6			
B-rigg 1 øvre		7	6	1	5	1
B-rigg 1 midtre			14	4	2	
B-rigg 1 nedre		9	6	4	1	
B-rigg 2 øvre	2	4	5	3	6	
B-rigg 2 midtre	1	7	1	6	6	
B-rigg 2 nedre		11	9			
B-rigg 3 øvre	1	5	12	2		
B-rigg 3 midtre	1	5	12	2		
B-rigg 3 nedre	6	14				
Sum	11	77	94	38	20	1

Prøveopparbeiding og analyser

Skjellprøvene fra riggene skulle i utgangspunktet analyseres for de samme forbindelsene som villskjellene dvs. for metaller (bly, kadmium, kvikksølv, kobber, sink, vanadium, nikkel), polyklorerte bifenyler (PCB7), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), tributyltinn (TBT), og bromerte flammehemmere (BFH). Av hensyn til kravet om prøvemengde for analyser kunne bare de høyest prioriterte analysene utføres (se resultatkapitlet).

Blåskjellene ble opparbeidet på NIVA. Opparbeidingen består i å skille de bløtdeler som skal analyseres, dvs total mengde skallinnmat fra blåskjellskallene. I forbindelse med dette ble det også målt lengden på hvert enkelt skjell.

Analysene ble foretatt av Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss).

2.4 Effekter av TBT på snegl

Prøver av to arter strandsnegl som er følsomme for TBT, vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) og purpurnegl (*Nucella lapillus*) ble samlet inn i Hellesøyområdet samtidig med de øvrige undersøkelsene. Strandsnegl ble samlet fra to stasjoner, Server ytre og D27 Mågeøy. Purpurnegl ble samlet fra fire stasjoner: Server ytre, Server indre, D27 Mågeøy og Referansestasjon Islandingane (Figur 1). Det ble samlet 50 individer av hver art på hvert sted, bortsett fra at det bare ble funnet 12 individer av strandsnegl på stasjon D27.

Prøvene ble sendt levende til NIVA Grimstad for analyse. Her ble sneglene oppbevart levende i kjøleskap ved + 4°C inntil analyse av mulige kjønnsforstyrrelser (imposex og intersex). De biologiske analysene ble utført på levende individer så raskt som mulig etter innsamling, ved bruk av lupe og i henhold til prosedyre gitt av OSPAR (2009). Etter de biologiske analysene ble bløtdelene fra alle individer av samme art fra hver stasjon slått sammen til en blandprøve som ble frosset ned og sendt til NIVAs laboratorium i Oslo for analyse av TBT-innhold. Disse analysene ble gjort av NIVAs underleverandør på kjemiske analyser Eurofins AS.

Strandsnegl er den vanligste marine sneglearten vi har. Den er planteeter og finnes i tidevannssonen både på bølgeeksponerte og beskyttede strender (figur 7). Den formerer seg ved stort antall fritt svømmende (pelagiske) larver. Strandsnegl tåler høyere TBT-påvirkning enn de fleste andre snegl før den utvikler kjønnsforstyrrelse (10 ng/l) (Bauer mfl. 1997). Ved påvirkning av TBT utvikler strandsnegl **intersex**, dvs. at hunnens kjønnsorganer omdannes til å likne hannens. Hunnene får utviklet irreversibel sædleder og penis. Intersex-stadiene deles inn i 5 hvorav Stadium 0 er friske individer og Stadium 4 er dårligste tilstand. Intersex blir klassifisert ved bruk av ISI-indeksen som gjennomsnittet av intersexstadiene til alle hunnene analysert. Intersexstadiene beskrives som følger:

- Stadium 0 viser en frisk og normal kjønnsåpning.
- Stadium 1 illustrerer at kjønnsåpningen begynner å "sprekke".
- Stadium 2 viser at hele den palliale eggleder/ovidukt nå er splittet mer enn 2/3 på langs av en åpen renne.
- Stadium 3 illustrerer at hele den palliale eggleder/ovidukt nå er splittet eller at det er en begynnende til fullt utviklet prostatakjertel.
- Stadium 4 viser at sædleder og penis er utviklet.

Hunnene blir sterile i Stadium 2-4 (Bauer mfl. 1997).

Boks 4. Imposex og intersex

Strandsnegl er særkjønnet og det er forskjellig utseende på hanner og hunner. Ved påvirkning av tributyltinn TBT utvikler strandsnegl intersex. Dette er en gradvis endring av hunnens palliale eggleder/ovidukt mot en omdannelse til en maskulin prostatakjertel samt irreversibel utvikling av penis og sædleder. Intersex-stadiene deles inn i 5 hvorav stadium 0 er friske individer og stadium 4 er dårligste tilstand.

Gjennomsnittlig stadium over alle undersøkte individer brukes som en indeks på miljøkvalitet i den undersøkte populasjonen (ISI: Intersex Stadium Indeks).

Purpursnegl er også særkjønnet. Ved påvirkning fra TBT utvikles imposex, dvs at hunnene danner sædleder og penis. Sædlederen vokser etter hvert over og blokkerer hunnens kjønnsåpning og forårsaker aborterte eggkapsler. Graden av kjønnsforstyrrelse hos hunnsneglene deles inn i 7 stadier hvorav stadium 0 er frisk og normal kjønnsåpning og stadium 6 er fullt utviklet penis og sædleder samt overgrodd kjønnsåpning. Gjennomsnittlig stadium over alle undersøkte individer brukes som en indeks på miljøkvalitet i den undersøkte populasjonen (VDSI: Vas Deference Sequence Index).



Figur 7. Strandsnegl *Littorina littorea* som skrapet mikroalger fra substratet.

Purpursnegl *Nucella lapillus* lever på eksponerte steder i fjæra og er utbredt langs hele norskekysten. Purpursnegl er rovdyr og spiser rur, snegler og muslinger (figur 8). De er kjønnsmodne etter 3 år og veksten stopper da opp. Purpursneglen produserer få og store egg som utvikler seg i eggkapsler festet til underlaget. Sneglene kan bli ca. 6 år gamle. Purpursnegl er meget følsom for TBT og utvikler imposex ved konsentrasjoner ned til 1 ng/l (Gibbs mfl. 1987). TBT induserer utvikling av mannlige kjønnskarakterer hos hunner, og disse synlige biologiske effektene kalles **imposex**. Sædlederstadiene (VDS) rangeres fra Stadium 0 (ingen effekt) til Stadium 6 (maksimal effekt) (Gibbs mfl. 1987). Imposex blir klassifisert ved bruk av VDSI-indeksen (Vas Deferens Sequence Index) analysert etter retningslinjene til OSPAR-CEMP (OSPAR 2004). VDSI-indeksen er gjennomsnittet av imposexstadiene til alle hunnene analysert. Imposexstadiene beskrives som følger

- Stadium 0. Frisk og normal kjønnsutvikling
- Stadium 1. Sædleder/vas deferens begynner å vokse fra kjønnsåpningen.
- Stadium 2. Penis synlig.
- Stadium 3. Sædleder vokser fra penis samtidig som penis vokser.
- Stadium 4. Sædlederne fra penis og kjønnsåpningen vokser sammen
- Stadium 5. Sædleder vokser over kjønnsåpningen
- Stadium 6. Fullt utviklet penis og sædleder og en overgrodd kjønnsåpning



Figur 8. Purpursnegl *Nucella lapillus* som beiter på rur (Foto: Are Pedersen).

2.5 Analyse av TBT i bunnstoff fra skroget

I tillegg til de biologiske undersøkelsene ble det skrapet bunnstoff fra skroget. Skrapingen ble gjort av IMC diving for analyse av TBT. Ifølge IMCs rapport (IMC 2015) ble det bare funnet bunnstoff på to små områder av IMCs dykkere, et ca 2 m inn på propellbuen (figur



Figur 9. Skrapet område på skroget i propellbuen. Flere lag bunnsstoff synes. Hele området er tett begrodd med dyr (Foto: IMC diving)

9) og et ca fem m lengre frem på styrbord side. Resten av skroget var uten synlig bunnsstoff. Som figuren viser består prøven av flere lag bunnsstoff, der man kan anta at det ytterste representerer påføringen gjort i 2005 med et produkt som ikke inneholdt TBT. Området ved propellen der prøven ble tatt var tett begrodd, blant annet av rur (en gruppe fastsittende krepsdyr vist i figur 8). Det ble ikke registrert påvekst på det andre området med bunnsstoff. TBT er i utgangspunktet ansett for å være et godt middel mot rur. Malingrestene fra begge områder ble skrapet av og samlet i en plastboks med lokk og senere overført til egnet glass i henhold til beskrivelse fra NIVA. Materialet var ganske grovt (partikler anslått å være over 1 mm) og inneholdt også noen store rur. Disse ble fjernet før analyse. Prøven ble analysert for TBT av Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss).

3. Resultater

3.1 Vraket av MS Server

Vraket av MS Server var i august 2015 nedbrutt av tung sjø og svært overgrodd. Det var også mer overgrodd enn bunnen rundt. Horisontale deler av vraket, spesielt dekket på 10-15m dyp, var dekket av ung, glissen tare-skog som var omtrent en meter høy (figur 10, 11). Denne skogen var 4-6 år gammel. Det ble registrert påvekst på taren, både alger og dyr, blant annet hydroider, mosdyr og sjøanemoner. Vertikale deler av skroget var tett bevoskt av fastsittende dyr, blant annet svamp, flerbørstemark, sjøanemoner, hydroider, sekkdyr og mosdyr. Også bevegelige dyr som rød kråkebolle *Echinus esculentus* og krabber (*Hyas araneus*) ble funnet på skroget, både over og under vannlinjen. NIVAs dykkere observerte ikke bunnstoff noe sted, men IMCs dykkere fant rester av bunnstoff bak ved propellen (kap. 2.5, IMC, 2015).. Vraket fungerte som et kunstig rev (boks 5). De ble observert mye fisk på og rett ved vraket. Bergnebb ble observert innimellom tareplanter på dekket, ulker på skroget under overheng og rundt vraket svømte både sei, lyr og makrell. Ved siden av vraket ble det observert bunnfisk som flyndre og fløyfisk. Vedlegg A viser et utvalg av bilder tatt på og rundt vraket.

Boks 5. Kunstige rev

Organismer på fjellbunn (hardbunn) lever i en todimensjonal verden og er utsatt for bølger, strøm og synlige for rovdyr. Derfor er gjemmesteder en begrenset ressurs og habitatbyggende arter som tare og tang nøkkelarter i økosystemene som gir grunnlag for høyt biologisk mangfold. På samme måte kan kunstige strukturer som skipsvrak tilføre leveområder og skjulesteder for hardbunnsorganismer og vrak er yndete mål for dykkere fordi det vanligvis huser rike samfunn av alger og dyr og trekker til seg fisk på jakt etter skjulesteder og føde. Kunstige rev kan også brukes aktivt for å øke produksjonen av ønskede arter, beskytte mot bølger og menneskelig aktivitet (for eksempel bunntåling), for å restaurere ødelagte økosystemer og som rekreasjonsmål (for eksempel for fiske og dykking).



Figur 10.
Tareplante med påvekst på dekket til MS Server (foto: J Gitmark, NIVA).

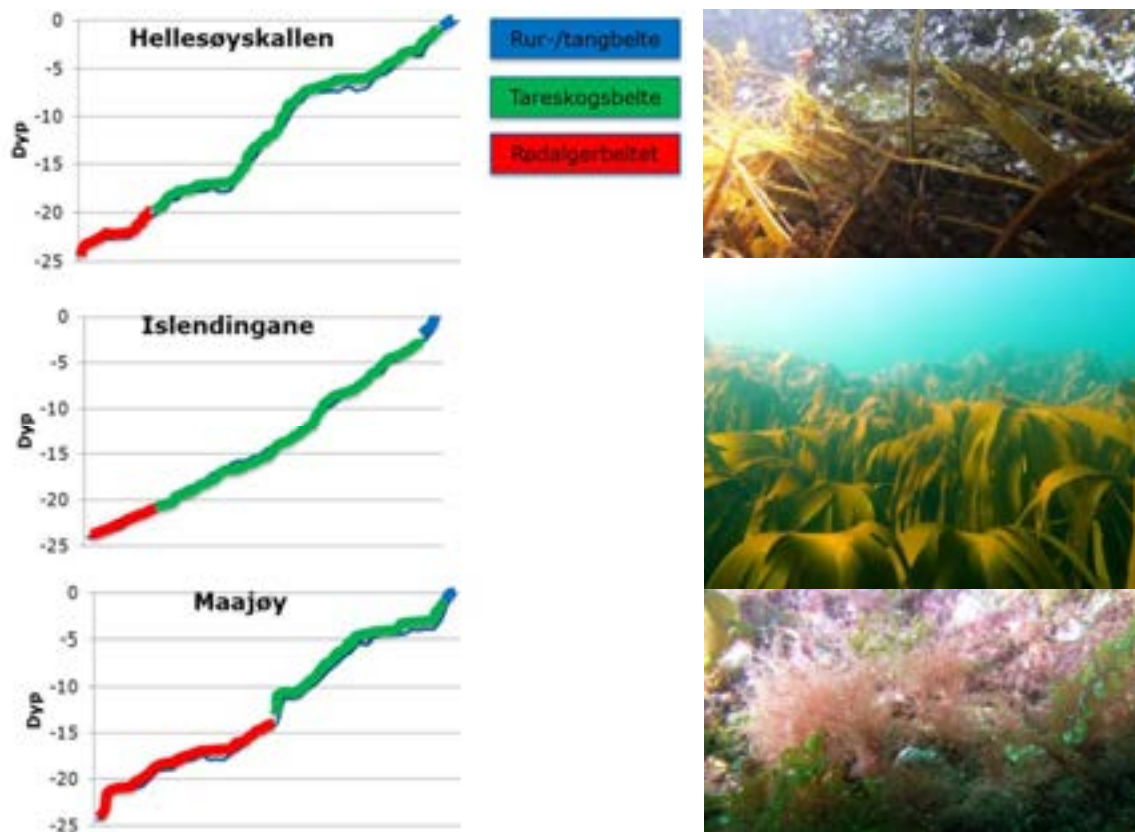


Figur 11. 10 store canopyplanter fra dekket på MS Server ble samlet inn og aldersbestemt. Disse var alle sammen 4-6 år gamle og tare ser dermed ut til å ha bevakst vraket fra våren 2009. En 1 m målestokk ligger mellom tareplantene.

3.2 Biologisk mangfold

3.2.1 Dykkeprofiler og sonering

Dykkerprofilene på alle de undersøkte stasjonene var ganske like med kupert, skrånende fjellbunn med tre hovedsoner vertikalt av naturtyper: tang- og rurbelte i littoralsonen og ned til omtrent en meter, tett tareskog fra en til mellom 14 og 20 meter og sonen under tareskogen var dominert av rødalger (figur 12). Hellesøy var dominert av *Balanus balanoides* rur og *Fucus* tang fra 0-1 m dyp. Tareskogsbeltet strakk seg fra 1-20 m og var dominert av stortare *Laminaria hyperborea*, med innslag av butare *Alaria esculenta*, rødalgebeltet strakk seg fra 20 meter og ned til vraket og sandbunn på 24 m (f eks *Bonnemaisonia hamifera*, *Delesseria sanguinea*, kalkalger). Islendingane var også dominert av *Balanus*-rur, brunalger som *Alaria esculenta* men også rødalger som *Porphyra umbilicalis*. Tett tareskog fra 1-18 m var dominert av *Laminaria hyperborea* og blant annet *Alaria esculenta*. I rødalgebeltet som strakk seg fra 18 til nedenfor 24 m var blant annet *Bonnemaisonia hamifera*, *Delesseria sanguinea* og kalkalger vanlige. På D27 Mågeøy var *Balanus* rur og *Fucus* tang dominerende fra overflaten og til 1 m, tareskogsbeltet (dominert av *Saccorhiza polyschides*, *Laminaria* spp. *Saccharina latissima*, strakk seg ned til 14 m, og rødalgebelte dominerte til nedenfor 24 m (f eks *Bonnemaisonia hamifera*, *Delesseria sanguinea*, kalkalger). Vertikale vegger og overheng var dominert av dyr på alle tre stasjoner (vedlegg B).



Figur 12. Dykkerprofiler og vertikalsonering ved Hellesøy og de to referansestasjonene Islendingane og Mågeøy. De tre sonene er illustrert med foto.

3.2.2 Biomangfoldberegninger

Antallet arter som ble funnet på Hellesøy var innenfor det som var forventet i denne regionen og vanntypen. Det ble funnet litt fler arter på Hellesøy (116 arter) enn gjennomsnittet på de andre stasjonene med sammenlignbare miljøforhold og som ble undersøkt i 2015 (106 arter, tabell 3). Beregnet 95% konfidensintervall var ± 13 (2 x S.E. ble brukt), det vil si at ut fra de dataene som er tilgjengelige var det forventede antall arter på stasjoner med miljøforhold som Hellesøy mellom 93 og 119 (med 95% sannsynlighet). Også biomangfoldet på Hellesøy var innenfor det som var forventet. Shannon Wiener indeksen var 6,6 og dermed marginalt høyere enn gjennomsnittet for referansestasjonene (6,5). Med et konfidensintervall på $\pm 0,12$ var det forventede biomangfoldet på Hellesøy i 2015 mellom 6,4 og 6,7.

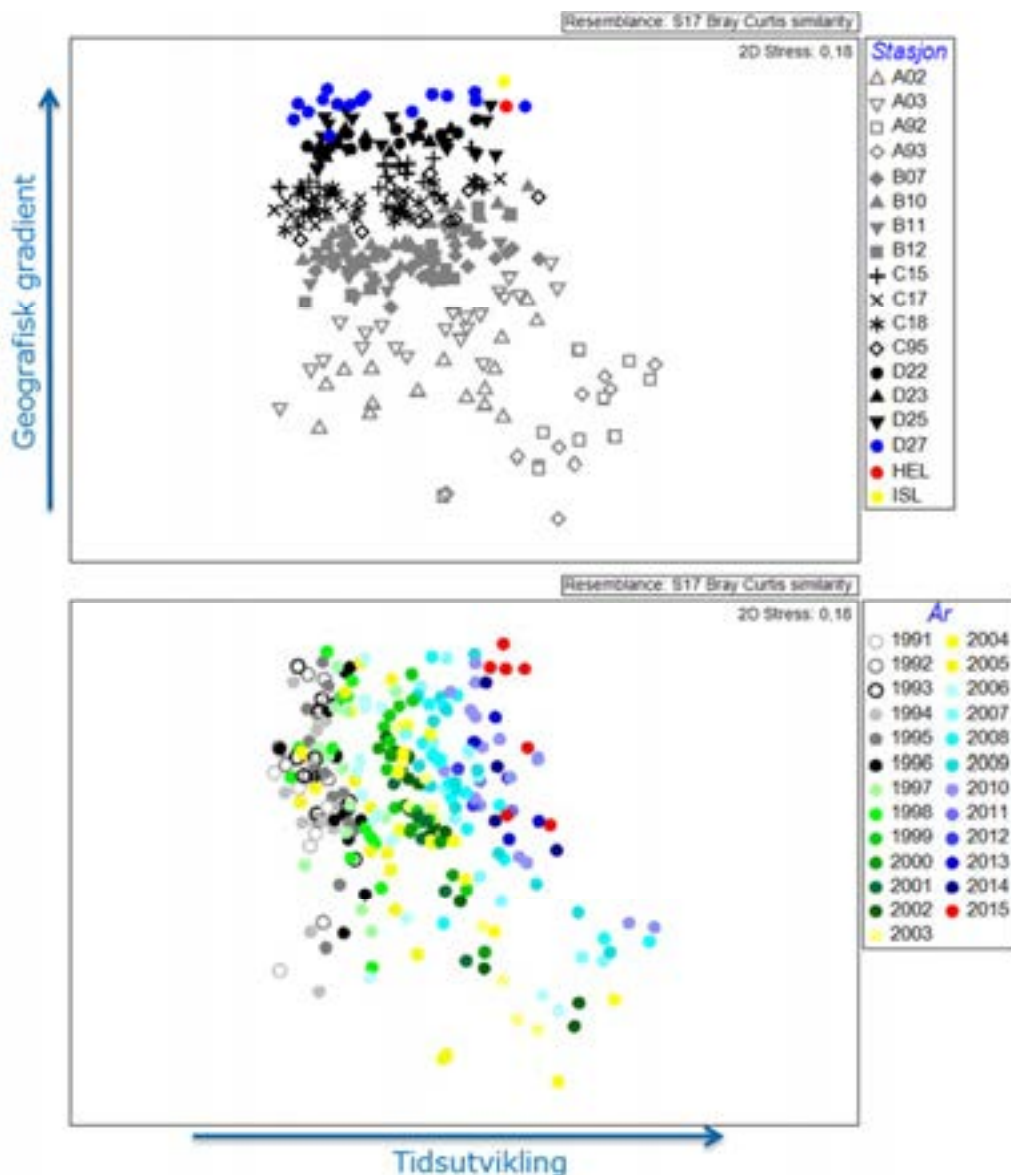
Tabell 3. Antall registrerte arter (S) og biomangfold (H' Shannon-Wiener indeks) på Hellesøy (HEL), minimums- og maksimumsverdi for relevante referansestasjoner undersøkt i 2015 (vannforskriftregion Nordjøen nord og vanntype Åpen eksponert kyst: Islendingane, D25, D27 fra 0 til 24 m), gjennomsnittet for referansestasjonene med verdier for 95% konfidensintervall.

	HEL	Minimum	Maksimum	Gjennomsnitt	95%C.I.
Ant arter (S)	116	96	118	106	93-119
Biodiversitet (H')	6,6	6,3	6,6	6,5	6,4-6,7

3.2.3 Samfunnsanalyser

Samfunnsanalysene (MDS i figur 13) viste at samfunnet av alger og dyr på Hellesøy hadde en sammensetning og forekomst av arter som var forventet i forhold til miljøforholdene og geografisk regionen. Av de undersøkte samfunnene var Hellesøy og Islendingane likest (likhetsindeks (Bray Curtis, Clarke & Warwick 2001) var 71,4). Begge plasserte seg til høyere, øverst i plottet, og Hellesøy ligger midt i en samling av referansestasjoner. Stasjon D25 var mer lik Hellesøy enn de andre stasjonene lengre nord (57,6, mot henholdsvis 57,3 og 56,2 likhet med Islendingane og D27) Hellesøy føyde seg dermed inn i mønsteret av miljøovervåkningsstasjonene som på ytre kyst i dette området er lite påvirket av menneskelig aktivitet (Norderhaug et al. 2011, Green et al. 2013).

Forskjeller mellom samfunnene ble i stor grad forklart av geografisk region. Stasjonene fordeler seg omtrent som kystlinjen fra sør til nord vertikalt i plottet (markert med en pil for geografisk gradient i det øverste plottet). Dette skyldes biogeografiske forskjeller i fordeling av arter (gradvis utskiftning av arter) fra Ytre Oslofjord og via sørlandet, sørvestlandet og til vestlandet (Moy et al. 2003, Norderhaug et al. 2011). Forskjeller mellom stasjoner horisontalt forklares først og fremst av forandring av samfunnene over tid (tidsutvikling fra 1991 til 2015 fra venstre mot høyre i plottet, markert med pil for tidsutvikling i plottet nederst). De største forskjellene i datasettet kom dermed av gradvis endring over tid som i stor grad skyldes klimaendring (Norderhaug et al. 2011).



Figur 13. MDS plot som viser ulikhet (Bray Curtis dissimilarity) mellom samfunn av alger og dyr på ulike stasjoner 1991-2015 og summert over alle dyp. Jo nærmere to stasjoner (punkter) ligger hverandre i plottet, jo likere er samfunnet. Plottet øverst vises symboler for stasjoner. Stasjoner som begynner på A: Ytre Oslofjord, B: Sørlandet, C: Sør-vestlandet, D: Vestlandet. Det samme plottet er vist nederst med symboler som viser år stasjonen ble undersøkt. Piler er lagt på for å indikere hovedmønstre i plottene.

3.2.4 Arters sårbarhet

Mindre forskjeller mellom samfunnet Hellesøy og referansestasjonene som ble identifisert (figur 13), men som ikke skyldtes geografiske fordeling og tidsutvikling, skyldtes antagelig naturlig variasjon og ikke negativ påvirkning fra MS Server. Arter som ble funnet i denne undersøkelsen og som det finnes sårbarhetsdata for i databasen MarLin er listet i tabell 4. Artene er rangert slik at de artene som var fraværende eller hadde minst forekomst på Hellesøy sammenlignet med gjennomsnittet for referansestasjonene står øverst, mens arter med høyest forekomst på Hellesøy sammenlignet med referansestasjonene står nederst. Dersom negativ påvirkning fra hydrokarboner, metaller eller syntetiske stoffer (inkludert TBT) hadde vært årsak til de observerte samfunnsforskjellene ville sårbare arter blitt funnet øverst i tabellen og tolerante nederst. Det er imidlertid ingenting som tyder på at sårbarhet har noe

å si for forekomstene av arter på Hellesøy, artene er tilfeldig fordelt i tabellene med hensyn på sårbarhet for både hydrokarboner, metaller og syntetiske stoffer. Ingen av de registrerte artene som det finnes sårbarhetsdata om er i MarLin oppgitt med høy eller svært høy sensitivitet hverken for hydrokarboner, metaller eller syntetiske stoffer. For hydrokarboner fordeler arter med moderat sensitivitet seg tilsynelatende tilfeldig i tabellen og øvrige arter har lav sensitivitet til ikke sensitiv. For metaller er det kun en art (den røde kråkebollen *Echinus esculentus*) som er moderat sensitivitet, men denne var også tallrik på vraket (vedlegg A). De øvrige artene viser lav sensitivitet til ikke sensitiv. Også i forhold til syntetiske stoffer fordeler artene seg tilfeldig i forhold til sårbarhet. Datagrunnlaget for konklusjoner om sårbarhet er imidlertid svakt. Av artene vi registrerte fant vi informasjon om sårbarhet for 26 arter for hydrokarboner, 18 arter for metaller og 19 arter for syntetiske stoffer i MarLin. Til sammenligning ble det registrert 96 til 118 arter på de ulike stasjonene. I tillegg er sikkerheten for konklusjon om sårbarhet i mange tilfeller lav (lav confidence ifølge Marlin).

Tabell 4. Registrerte arters forekomst ved Hellesøy, ved referansestasjonene Islandingane, D25 og D27 og differansen i forekomst mellom Hellesøy og gjennomsnittet for referansestasjonene. Intoleranse (ømfintlighet), restitusjonsevne (recoverability). Sensitivitet avhenger av ømfintlighet og restitusjonstiden. Datasikkerhet (confidence) for hydrokarboner (tabell 4a), metaller (4b) og syntetiske stoffer (deriblant TBT, 4c). Alle sårbarhetsdata er hentet fra MarLin.

Tabell 4a - hydrokarboner

Species	HEL	ISL	D25	D27	HEL - average	Intolerance	Recoverability	Sensitivity	Confidence
SACLA	0	0	30	42	-24	Low	High	Low	Low
UMBLI	4	20	24	9	-13,6667	Intermediate	High	Low	Low
SACPO	0	0	13	27	-13,3333	Low	High	Low	Very low
ALAES	5	14	17	16	-10,6667	Low	Moderate	Not sensitive	Moderate
ELEPI	38	47	40	54	-9	Intermediate	Very high	Low	Very low
ECHES	2	20	2	5	-7	High	High	Moderate	Moderate
DELSA	38	38	44	42	-4	High	High	Moderate	High
LAMDI	0	3	4	4	-3,66667	Low	High	Low	High
ALCDI	14	0	34	16	-2,66667	Low	High	Low	Very low
BALBO	11	9	3	28	-2,33333	Intermediate	Moderate	Moderate	Low
HALSI	0	0	4	2	-2	Low	Very high	Very low	Low
LACVI	0	0	0	2	-0,66667	Intermediate	High	Low	Moderate
CLARU	0	0	0	1	-0,33333	Intermediate	Very high	Low	Moderate
PATVU	2	1	2	3	0	High	High	Moderate	High
HALPA	11	26	3	4	0	Low	High	Low	Very low
LITLI	2	0	0	2	1,33333	High	High	Moderate	Moderate
MYTED	4	2	2	2	2	Intermediate	High	Low	Moderate
PALPA	19	10	30	7	3,33333	High	High	Moderate	Moderate
CANPA	4	1	0	0	3,66667	Intermediate	High	Low	High
CHOCR	6	4	2	0	4	Low	Very high	Low	Moderate
NUCLA	6	2	2	2	4	Intermediate	High	Low	High
METSP	8	4	1	6	4,33333	Low	Moderate	Not sensitive	Low
COROF	44	40	55	22	5	Low	Very high	Very low	Moderate
LAMHY	65	76	48	30	13,66667	Low	Immediate	Not sensitive	Moderate
ASTRU	24	14	0	0	19,33333	High	High	Moderate	High
URTFE	28	6	3	2	24,33333	Low	Very high	Very low	Moderate

Tabell 4b - metaller

Species	HEL	ISL	D25	D27	HEL - average	Intolerance	Recoverability	Sensitivity	Confidence
SACLA	0	0	30	42	-24	Intermediate	High	Low	High
SACPO	0	0	13	27	-13,3333	Intermediate	High	Low	Very low
ALAES	5	14	17	16	-10,6667	Intermediate	High	Low	Moderate
ELEPI	38	47	40	54	-9	Low	Immediate	Not sensitive	Low
ECHES	2	20	2	5	-7	High	High	Moderate	Very low
LAMDI	0	3	4	4	-3,66667	Intermediate	High	Low	Moderate
DELSA	38	38	44	42	10	Low	Very high	Very low	Low
BALBO	11	9	3	28	-2,33333	Low	High	Low	Moderate
HALSI	0	0	4	2	-2	Low	Very high	Very low	Moderate
LAOLO	0	0	4	0	-1,33333	Intermediate	Very high	Low	Very low
PATVU	2	1	2	3	0	Intermediate	High	Low	Moderate
LITLI	2	0	0	2	1,33333	Intermediate	High	Low	High
MYTED	4	2	2	2	2	Intermediate	High	Low	Low
PALPA	19	10	30	7	3,33333	Intermediate	High	Low	Low
CANPA	4	1	0	0	3,66667	Low	High	Low	High
NUCLA	6	2	2	2	4	Low	Very high	Very low	Moderate
LAMHY	65	76	48	30	13,66667	Intermediate	Immediate	Not sensitive	Moderate
ASTRU	24	14	0	0	19,33333	Intermediate	High	Low	High

Tabell 4c – syntetiske stoffer

Species	HEL	ISL	D25	D27	HEL - average	Intolerance	Recoverability	Sensitivity	Confidence
SACLA	0	0	30	42	-24	Low	High	Low	Low
SACPO	0	0	13	27	-13,3333	Intermediate	High	Low	Very low
ALAES	5	14	17	16	-10,6667	Intermediate	High	Low	Moderate
ELEPI	38	47	40	54	-9	Intermediate	Very high	Low	Low
ECHES	2	20	2	5	-7	High	High	Moderate	Moderate
LAMDI	0	3	4	4	-3,66667	Intermediate	High	Low	Moderate
DELSA	38	38	44	42	-3,33333	High	High	Moderate	High
ALCDI	14	0	34	16	-2,66667	Intermediate	High	Low	Moderate
HALSI	0	0	4	2	-2	Intermediate	High	Low	Very low
LAOLO	0	0	4	0	-1,33333	Intermediate	Very high	Low	Very low
PATEZ/PÅ	2	1	2	3	0	High	High	Moderate	High
LITLI	2	0	0	2	1,33333	Low	Very high	Very low	Moderate
MYTED	4	2	2	2	2	Intermediate	High	Low	Moderate
PALPA	19	10	30	7	3,33333	High	High	Moderate	Moderate
CANPA	4	1	0	0	3,66667	High	High	Moderate	High
CHOCR	6	4	2	0	4	High	High	Moderate	Low
NUCLA	6	2	2	2	4	High	Low	High	High
LAMHY	65	76	48	30	13,66667	Low	Immediate	Not sensitive	Moderate
ASTRU	24	14	0	0	19,33333	Intermediate	High	Low	Low

3.3 Opptak av miljøgifter i organismer

3.3.1 Villskjell

Lite prøvemateriale tillot bare gjennomføring av kjemiske analyser av tungmetaller og TBT. Analyse av tungmetaller ble gjort på alle prøvene, mens analyse av tinnorganiske forbindelser bare kunne gjennomføres på prøvene fra de to referansestasjonene.

Vevs nivå av tungmetaller i villskjell fra nærområdet til Server (Server midtre+ytre, tabell 5) var enten lavere enn (for Pb og Hg), eller likt med (for øvrige elementer) det som ble funnet på de to referansestasjonene D27 og Islendingane. Konsentrasjonene av bly, kvikksølv og nikkel lå klart under øvre grense for bakgrunnsnivå i norske kystfarvann. Denne grensen ble noe overskredet for kadmium, kobber og sink i blåskjell fra referansestasjon Islendingane, men ikke i skjell fra nærområdet eller fra referansestasjon D27. Det var derfor ikke noe tegn til påvirkning fra en eventuell metallutlekking fra Server.

Vevs nivå av tinnorganiske forbindelser kunne bare analyseres i prøvene fra de to referansestasjonene (Tabell 6). Innholdet av TBT var lavt på begge stasjonene og langt under øvre grense for bakgrunnsnivå i norske kystfarvann.

Tabell 5. Konsentrasjonen (mg/kg tørrvekt) av metaller i stedege blåskjell, Pb=bly, Cd=kadmium, Cu=kobber, Hg=kvikksølv, Ni= nikkel, Zn=sink. Øvre grense for Klasse I (Ubetydelig –Lite forurenset) for metaller i blåskjell ifølge Miljødirektoratets veileder TA-1467/1997 (Molvær et al. 1997).

Stasjon	Pb mg/kg tv	Cd mg/kg tv	Cu mg/kg tv	Hg mg/kg tv	Ni mg/kg tv	Zn mg/kg tv
Server midtre+ytre	1,1	1,8	10,5	0,09	2,55	250
D27, prøve 1	2,0	1,9	13,5	0,17	2,05	220
D27, prøve 2	1,7	1,1	4,4	0,19	1,70	125
D27, prøve 3	2,0	1,3	5,5	0,20	2,15	170
<i>D27 gjennomsnitt</i>	<i>1,9</i>	<i>1,4</i>	<i>7,8</i>	<i>0,18</i>	<i>1,97</i>	<i>172</i>
Islendingane, pr.1	2,9	6,0	17,5	0,22	4,55	600
Islendingane, pr. 2	1,5	2,9	19,5	0,16	2,50	310
Islendingane, pr. 3	2,1	2,2	12,0	0,17	3,30	405
<i>Islendingane gj.snitt</i>	<i>2,2</i>	<i>3,7</i>	<i>16,3</i>	<i>0,18</i>	<i>3,45</i>	<i>438</i>
Øvre grense Klasse I	3	2	10	0,2	5	200

Tabell 6. Konsentrasjonen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) av tributyltinn (TBT) og nedbrytningsproduktene DBT og MBT i stedeagne blåskjell fra to referansestasjoner på Fedje. Øvre grense for Klasse I (Ubetydelig –Lite forurenset) for TBT i blåskjell ifølge Miljødirektoratets veileder TA-14 67/1997 (Molvær et al. 1997).

Stasjon	Monobutyltinn (MBT) $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv	Dibutyltinn (DBT) $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv	Tributyltinn (TBT) $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv
Server midtre+ytre	ND	ND	ND
D27-1	<0,3 *	<0,3	4,5
D27-2	<0,3	<0,3	4,0
D27-3	<0,3	5,0	8,0
<i>D27 gjennomsnitt</i>	-	-	5,5
Islendingane-1	<0,3	<0,3	5,5
Islendingane -2	<0,3	<0,3	5,0
Islendingane -3	<0,3	<0,3	7,5
Islendingane <i>gj.snitt</i>	-	-	6,0
Øvre grense klasse I	-	-	100

* under LOD på 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt

3.3.2 Transplanterte skjell

Resultatene fra analyse av de transplanterte skjellene er summert i tabellene 7, 8 og 9 og i vedlegg D. Resultatene viser meget lave konsentrasjoner i alle prøver, lavere enn i prøvene av stedeagne blåskjell (tabell 5) og med ett unntak (kobber på nederste nivå på Rigg 3) betydelig lavere enn det som er øvre grense for naturlig bakgrunn i diffust belastede områder (øvre grense for Klasse I). Om noen av de analyserte stoffene fortsatt skulle lekke ut fra vrakdelene eller fra sedimentet rundt vraket viser resultatene at utlekkingen ikke har vært stor nok til å forurense skjellene ut over det som er typisk i ubetydelig eller lite forurensete områder langs norskekysten.

Innholdet av bromerte flammehemmere var stort sett under deteksjonsgrensen for alle stoffene. Summen av de få forbindelsene som kunne kvantifiseres (PBDE-47, -49, -99 og -100) (Tabell 9) var imidlertid høyere enn ny norsk kvalitetsstandard for biologisk materiale (QS er 0,0085 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt, basert på human helse, Miljødirektoratet Rapport M-241/2014). Dette gjaldt både ved starten av forsøket og etterpå.

Selv om miljøgiftnivåene lå godt innenfor det som er normalt for ikke-forurensete norske kystområder ble det påvist enkelte systematiske forskjeller med avstand fra vraket. De tre parallellprøvene fra Rigg 1 nærmest vraket hadde høyere innhold av TBT enn noen av de andre prøvene, mens prøvene fra Rigg 2 og 3 ikke viste innbyrdes forskjell (Tabell 8). Skjell fra Rigg 2 og 3 hadde omtrent samme TBT-nivå som stedeagne skjell fra referanselokalitetene. Mønsteret kan tyde på en svak eksponering til TBT i vannmassene like ved vraket, men likevel på langt nær nok til å heve nivået over naturlig bakgrunn. Nivåene av sink og bromerte flammehemmere (Tabell 9) viste samme tendens, men mye svakere. Riggene sto imidlertid på litt forskjellig dyp. Naturlige miljøfaktorer som har sammenheng med dyp (for eksempel partikkelmengde og strømforhold) kan derfor være medvirkende forklaring på de observerte forskjellene. Området er imidlertid svært strøm- og bølgepåvirket, og det er derfor sannsynlig at vannmassene blandes så godt vertikalt at blåskjell på alle dyp har blitt eksponert for omtrent de samme naturlige miljøforholdene.

For TBT og sumPAH₁₆ var nivået i skjellene høyere før utsetting på rigger enn da de ble tatt inn etter 6 uker i sjøen. SumPCB₇ viste litt samme tendens. Dette kan bety at blåskjellene allerede hadde vært utsatt for en svak eksponering til disse stoffene der hvor de ble samlet i Hindenesfjorden, og at de faktisk har

gått seg rene på riggene ved Hellesøy. Dette indikerer også at lengre eksponering enn 6 uker på rigg ikke ville føre til høyere vevsnivå av TBT eller PAH.

Tabell 7. Konsentrasjonen av metaller (mg/kg tørrvekt) i transplanterte blåskjell, Cd=kadmium, Cu=kobber, Pb=bly, Hg=kvikksølv, Ni= nikkel, V=Vanadium, Zn=sink. Øvre grense for Klasse I (Ubetydelig –Lite forurenset) for metaller i blåskjell ifølge Miljødirektoratets veileder TA-1467/1997 (Molvær et al. 1997).

Prøvenavn	Cd mg/kg tv	Cu mg/kg tv	Pb mg/kg tv	Hg mg/kg tv	Ni mg/k g tv	V mg/kg tv	Zn mg/kg tv
Rigg 1 øvre	0,55	4,8	0,65	0,090	0,55	<0,2 *	85
Rigg 1 midtre	0,50	7,0	0,60	0,085	0,70	<0,2 *	80
Rigg 1 nedre	0,50	5,5	0,55	0,085	0,70	<0,2 *	85
Gjennomsnitt	0,52	5,8	0,60	0,087	0,65	-	83
Rigg 2 øvre	0,46	5,5	0,46	0,080	0,47	<0,2 *	55
Rigg 2 midtre	0,60	5,0	0,65	0,100	0,50	<0,2 *	75
Rigg 2 nedre	0,45	7,0	0,47	0,065	0,80	<0,2 *	90
Gjennomsnitt	0,50	5,8	0,53	0,082	0,59	-	73
Rigg 3 øvre	0,48	8,0	0,50	0,060	0,60	<0,2 *	75
Rigg 3 midtre	0,43	7,0	0,48	0,065	0,50	<0,2 *	70
Rigg 3 nedre	0,39	18,5	0,45	0,070	0,55	<0,2 *	70
Gjennomsnitt	0,43	11,2	0,48	0,065	0,55	-	72
Kontroll 1	0,42	5,5	0,50	0,080	0,35	<0,2 *	70
Kontroll 2	0,50	7,5	0,60	0,085	0,65	<0,2 *	75
Kontroll 3	0,48	6,5	0,60	0,085	0,43	<0,2 *	100
Gjennomsnitt	0,47	6,5	0,57	0,083	0,48	-	82
Øvre grense klasse I	2	10	3	0,2	5	-	200

* Nivået var under deteksjonsgrensen

Tabell 8. Konsentrasjonen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) av tributyltinn (TBT) og nedbrytningsproduktene DBT og MBT i transplanterte blåskjell. Øvre grense for Klasse I (Ubetydelig –Lite forurenset) for TBT i blåskjell ifølge Miljødirektoratets veileder TA-1467/1997 (Molvær et al. 1997).

Prøvenavn	Monobutyltinn (MBT) $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv	Dibutyltinn (DBT) $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv	Tributyltinn (TBT) $\mu\text{g}/\text{kg}$ tv
Rigg 1 øvre	<0,3	17,5	14,5
Rigg 1 midtre	<0,3	4,0	16,5
Rigg 1 nedre	<0,3	7,5	18,5
Gjennomsnitt	-	9,7	16,5
Rigg 2 øvre	<0,3	0,5	5,5
Rigg 2 midtre	<0,3	0,7	7,0
Rigg 2 nedre	<0,3	<0,3	7,0
Gjennomsnitt	-	-	6,5
Rigg 3 øvre	<0,3	<0,3	4,5
Rigg 3 midtre	<0,3	<0,3	6,5
Rigg 3 nedre	<0,3	0,5	7,0
Gjennomsnitt	-	-	6,0
Kontroll 1	<0,3	1,1	24,0
Kontroll 2	<0,3	0,9	18,0
Kontroll 3	<0,3	1,0	21,5
Gjennomsnitt	-	1,0	21,2
Øvre grense klasse I	Ikke definert	Ikke definert	100

Tabell 9. Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren, sum PAH₁₆ og sum PCB₇ i transplanterte blåskjell. Øvre grense for Klasse I (Ubetydelig –Lite forurenset) for stoffene i blåskjell ifølge Miljødirektoratets veileder TA-1467/1997 (Molvær et al. 1997). I 2001 ble øvre grense for klasse I for Sum PCB 7 justert ned fra 4 til 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv ((Knutzen & Green 2001)).

Prøvenavn	Benzo(a)pyrene $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv	Sum PAH 16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv	Sum PCB 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv	Sum BDE $\mu\text{g}/\text{kg}$ vv
Rigg 1 øvre	<0,5	0,67	0,35	-
Rigg 1 midtre	<0,5	0,85	0,47	0,091
Rigg 1 nedre	<0,5	0,57	0,37	0,056
Gjennomsnitt		0,68	0,40	0,074
Rigg 2 øvre	<0,5	1,5	0,47	0,066
Rigg 2 midtre	<0,5	0,71	0,48	0,066
Rigg 2 nedre	<0,5	Ikke påvist	0,26	-
Gjennomsnitt		1,1	0,40	0,066
Rigg 3 øvre	<0,5	0,51	0,45	0,054
Rigg 3 midtre	<0,5	1,3	0,45	0,058
Rigg 3 nedre	<0,5	0,54	0,45	0,053
Gjennomsnitt		0,78	0,45	0,055
Kontroll 1	<0,5	2,3	0,58	0,066
Kontroll 2	<0,5	1,6	0,64	0,076
Kontroll 3	<0,5	4,5	0,56	-
Gjennomsnitt		2,8	0,59	0,071
Øvre grense klasse I	1	50	3 (4)	-

3.4 Effekter av TBT på snegl

Det ble ikke påvist kjønnsforstyrrelse (intersex) i noen av prøvene av strandsnegl (tabell 10A). Den gjennomsnittlige ISI-verdien var følgelig 0 på begge lokalitetene. Det ble heller ikke funnet kjønnsforstyrrelse (imposex) hos noen av individene av purpurnegl fra stasjonene D27, Server ytre og Islendingane (tabell 10B). Server ytre er den stasjonen som ligger nærmest vraket (Figur 1). På stasjon Server indre lenger nord viste 2 av 31 hunner stadium 1 (god tilstand, men begynnende utvikling av sædlæder), mens resten var i Stadium 0. VDSI-verdi for denne stasjonen var derfor 0,06 som fortsatt reflekterer meget god tilstand. Figur 14 viser utviklingen i imposex hos purpurnegl på 9 lokaliteter langs Norskekysten fra 1991 til 2014, sammenholdt med klassifiseringssystemet for skade. Etter at bruk av TBT ikke lenger ble tillatt, har VDSI-verdiene sunket dramatisk. I åpne kystområder var VDSI-verdien i 2014 lavere enn 0,5, og på flere av lokalitetene var tilstanden klassifisert som god. Purpurnegl fra området rundt Server har også denne klassifiseringen. Dette viser at purpurnegl fra området ved vraket ikke har høyere grad av imposex enn det som er typisk for kystområdene i Norge.

Vevsnivået av TBT var lavt i alle de undersøkte prøvene (Tabell 10). Strandsnegl viste lavest nivå, og i praksis likt på stasjonen nærmest Server og referansestasjonen D27 (henholdsvis 3,5 og 3,0 µg/kg tørrvekt). TBT-innholdet i purpurnegl var 3-4 ganger høyere enn i strandsnegl. Forskjellen har sannsynligvis med næringsopptak å gjøre. Fortibuoni et al. (2013) fant i et marint næringsnett i Adriaterhavet en biomagnifiseringsfaktor¹ for TBT på 2,45 for muskelvev og 3,98 for lever (gjennomsnitt 3,22). Forholdet mellom TBT-nivået i purpurnegl (rovdyr) og strandsnegl (beiter) ved Server er 3,19, dvs innenfor det samme intervallet. Albueskjell har samme type næringsopptak som strandsnegl, og analyse av albueskjell fra stasjon Server ytre, gjort av Norconsult (2014), viste et liknende TBT-nivå som i strandsnegl: 1,9 mg/kg tørrvekt.

TBT-innholdet i purpurnegl fra de to stasjonene nord for vraket var ca. 30 % høyere enn på referansestasjonene. Dette kan indikere en svak tilførsel av TBT til miljøet mellom Hellesøy og Hellesøy. Kilden kan ikke fastslås selv om det er nærliggende å anta at det skyldes TBT fra vraket eller sedimentene omkring. Det bør imidlertid påpekes at forskjeller innenfor så lave konsentrasjoner som her, bør tolkes med forsiktighet siden analyseusikkerheten øker med minkende konsentrasjoner. Alle nivåene som ble påvist er uansett langt under den norske kvalitetsstandard (QS) for TBT i biologisk materiale på 150 µg/kg (Miljødirektoratets veileder M-241/2014), og for eksempel langt under 100 µg/kg tørrvekt, som er øvre grense for bakgrunnsnivå i blåskjell i norsk veileder for klassifisering av miljøgifter (TA-1467/1997). Denne veilederen omfatter ikke klassifisering av strandsnegl eller purpurnegl. Tidligere undersøkelser fra norske kystområder har vist at kjønnsforstyrrelse hos purpurnegl først slår inn ved vevsnivå høyere enn 50-100 µg TBT/kg tørrvekt. Det er derfor heller ingen grunn til å forvente at de nivåene som ble funnet skal føre til kjønnsforstyrrelse i noen av artene.

¹ Faktoren som konsentrasjonen av et stoff øker med når man går ett skritt opp næringskjeden.

Tabell 10. Grad av kjønnsforstyrrelse og vevsinnhold ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tv tørrvekt) av TBT i strandsnegl (A) og purpurnegl (B) fra lokaliteter ved vraket av Server og på nærliggende referansestasjoner. ISI: Intersex Stadium Indeks, VDSI: Vas Deference Sequence Index.

A. Strandsnegl:

Stasjon	Individer samlet	Hunner analysert	ISI indeksverdi	Vevsnivå av TBT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tv)
D27	12	5	0	3,0
Server ytre	50	28	0	3,5
Norsk QS ¹⁾	-	-	-	150

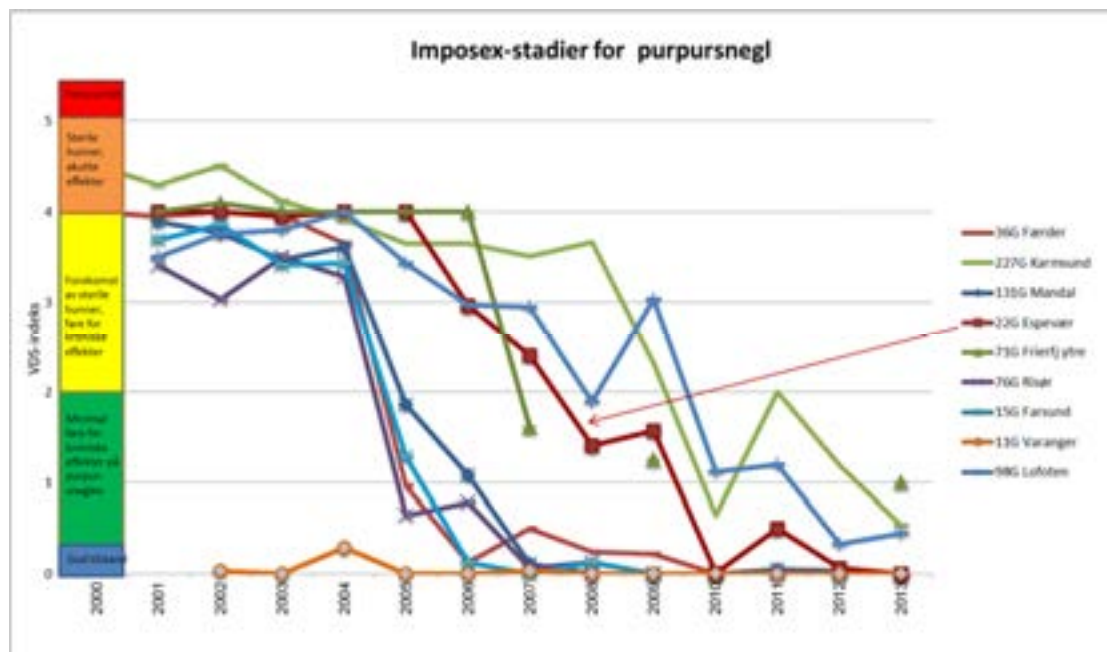
B. Purpurnegl:

Stasjon	Individer samlet	Hunner analysert	VDSI indeksverdi	Vevsnivå av TBT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ tv)
D27	50	31	0	9,0
Server ytre	50	33	0	12,0
Server indre	50	31	0,06 ²⁾	11,5
Islendingane	50	30	0	9,0
Norsk QS ¹⁾	-	-	< 0,3 ³⁾	150

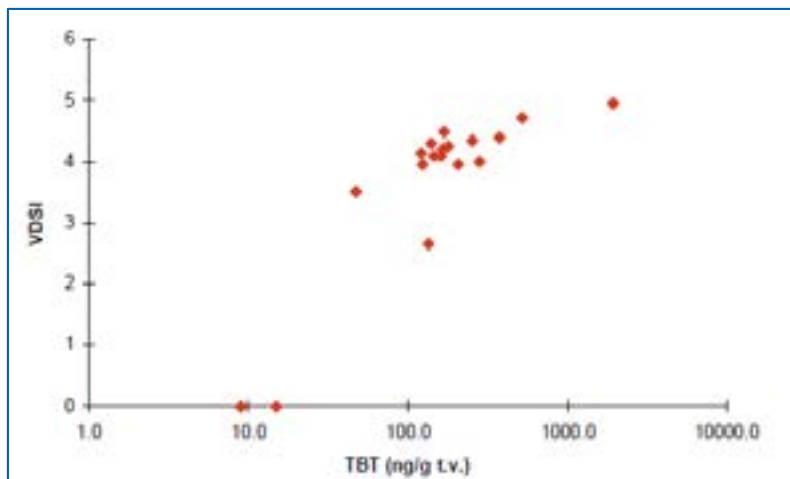
1) norsk kvalitetsstandard (QS) for TBT i biologisk materiale (Miljødirektoratets veileder M-241/2014)

2) To individer i stadium 1, resten i stadium 0

3) OSPAR Category A: High Environmental Quality (OSPAR 2009)



Figur 14. Utvikling av VDS indeksverdi (Vas Deference Sequence Index) for imposex i purpurnegl på 9 lokaliteter langs norskekysten i perioden 1991 – 2013 (Green et al. 2014). Stasjonen mest sammenliknbar med Fedje, Espesvær, er indikert med pil.



Figur 15. VDSI (Vas Deference Sequence Index) i purpursnegl (*Nucella lapillus*) som funksjon av konsentrasjon av TBT i sneglene (log-skala). Konsentrasjoner under deteksjonsgrensen (18 ng/g t.v. = 18 µg/kg t.v.) er inntegnet som halve deteksjonsgrensen (9 ng/g t.v.). Fra Walday et al. 1997.

3.5 TBT i prøver av bunnstoff fra skroget

Analyseresultatene viste at det avskrapede materialet inneholdt 33 g TBT/kg tørrvekt dvs. 3.3 % TBT. Til sammenligning har vi funnet at mengden tinnorganiske forbindelser i bunnstoff normalt ligger i område 10-15 % (<http://corrosion-doctors.org/Seawater/Anti-fouling.htm>). Siden det ikke ble funnet maling på andre deler av skroget enn rundt propellen, er det rimelig å anta at det meste av den TBT som eventuelt har ligget gjemt under TBT-fri maling fra siste påføring allerede er forsvunnet fra de øvrige deler av skroget under vannlinjen.

Den observerte konsentrasjonen er plausibel ut i fra det en kan forvente siden TBT forsvinner ved gradvis utlekking og siden malingsrestene med TBT er blitt "fortynnet" med annet materiale av ulik opprinnelse på skroget (ny maling uten TBT, begroingsorganismer og uorganisk materiale) som var i prøven.

Tidligere analyse av 8 sedimentprøver tatt i området rundt vraket (Norconsult 2014) viste svært varierende TBT-innhold, fra under 1 til 49 000 µg/kg tørrvekt. Det høye innholdet av TBT i den analyserte malingsprøven sannsynliggjør at nivåene i sediment skyldes malingsflak fra skroget. En sedimentprøve behøver bare å inneholde 0,15 % (vekt) malingsflak med den funne konsentrasjonen før TBT-konsentrasjonen kommer opp i det høyeste som ble målt i sedimentene: 49 000 µg/kg.

4. Diskusjon og konklusjoner

Resultatene fra miljøundersøkelsene av MS Server var entydige og hovedkonklusjonen er at vraket ikke har negativ påvirkning på miljøet med hensyn på tre viktige undersøkte indikatorer for den marine miljøkvaliteten: biomangfold på hardbunn (inkludert tareskog), miljøgifter i blåskjell og hormonforstyrrende effekter hos strandsnegl og purpursnegl.

Biomangfoldet i flora- og faunasamfunnet på fjellbunn/tareskog ved havaristen (Hellesøy) var innenfor intervallet av hva som forventes i undersøkelsesområdet. Antallet arter fastsittende alger og dyr var litt over gjennomsnittet, men innenfor hva som var forventet i forhold til 95% konfidensintervallet for referansestasjonene i samme vanntype, region og år (stasjonene Islendingane, D25 og D27 i 2015). Biomangfoldet (målt som Shannon Wiener indeks, H') var marginalt høyere ved havaristen sammenlignet med gjennomsnittet for referansestasjonene (Islendingane, D25 og D27) men innenfor 95% konfidensintervallet. Samfunnsstrukturen ved havaristen var som forventet sammenlignet med referansestasjonene Islendingane, D25 og D27 i 2015. Hellesøy var lik referansestasjonene i 2015 i samfunnsanalysen (MDS) det vil si innenfor hva som antas å være naturlig variasjon i forhold til variasjonen mellom referansestasjonene. Det var tilgjengelig et omfattende datamateriale fra mange stasjoner og over lang tid for vurdering av samfunnet ved Hellesøy. De identifiserte samfunnsforskjellene mellom samfunnet ved havaristen og referansestasjonene var små og skyldtes så langt vi kan bedømme naturlig variasjon. Det var ikke større forskjell mellom Hellesøy og referansestasjonene enn det var innbyrdes mellom referansestasjonene. Det ble ikke registrert færre arter eller forekomster av arter ved havaristen som er sårbare mot hydrokarboner, metaller eller syntetiske stoffer (inkludert TBT). Det ble heller ikke registrert flere arter ved havaristen som er tolerante for hydrokarboner, metaller eller syntetiske stoffer. Kunnskapsgrunnlaget for konklusjonene om sårbarhet er imidlertid svakt.

MS Server var bevokest av det som så ut som et rikt samfunn av påvekstorganismer og så ut til å tiltrekke seg mye fisk (appendiks 1). Tareskogen på dekket av MS Server var foreløpig ung og ganske glissen (4-6 år) men også taren var begynt å bli begrodd av en rekke påvekstorganismer. Etablering av tareskog på vraket ser dermed ut til å ha startet ca 2009, omtrent to år etter at skipet sank. Tareskogen forventes å bli tettere og få økt biomangfold et par år etter våre undersøkelser. Både på vraket og fjellbunnen på de undersøkte stasjonene dominerte dyr på vertikale flater og overheng, og alger på mindre bratt substrat. I likhet med tilsvarende dyp på de undersøkte stasjonene dominerte tare også på dekket av vraket på 13-15 m dyp. Hardbunnsamfunn er naturlig tydelig sonert vertikalt (Connell 1961). Dette skyldes den vertikale variasjonen i miljøforholdene (f eks lysforhold som minker nedover) og konkurranse med andre arter (om plass og andre begrensede ressurser). Vertikalutbredelsen til tareskogsbeltet gjenspeiler blant annet lysforholdene over tid (Norderhaug et al. 2015) og var relativt lik og ganske dypt på Hellesøy og Islendingane (henholdsvis 20 og 18 meter). At dette beltet var noe grunnere på D27 kan skyldes at denne stasjonen ligger nordvendt og har litt dårligere lysforhold.

Det ble ikke påvist kjønnsforstyrrelse hos strandsnegl på noen av de undersøkte lokalitetene. Det samme gjaldt for purpursnegl på tre av fire stasjoner. På stasjon Server indre hadde 29 individer stadium 0 (uforstyrret) og to individer stadium 1 (svak forstyrrelse). VDSI-verdien var derved 0,06, som fremdeles er i kategori A (god tilstand) i henhold til vurderingskriteriene til OSPAR 2009.

Vevsnivået av miljøgifter i lokale organismer (blåskjell/o-skjell, strandsnegl, purpursnegl) og i blåskjell satt ut på rigger i faste avstander fra vraket, var for alle stoffene lavt og med få unntak innenfor det som betraktes som typisk bakgrunnsnivå i kyst- og fjordområder uten punktkilder. Unntakene ble funnet på referansestasjonen Islendingane (svak overskridelse for Cd, Cu og Zn i blåskjell) og nederst på blåskjellrigger lengst fra vraket (svak overskridelse for Cu). Nivået av bromerte flammehemmere i blåskjell var over norsk kvalitetsstandard for biologisk materiale både før og etter utsetting på rigg, men dette kan vanskelig knyttes til vraket.

Gjenstående TBT i bunnstoff på skroget må fortsatt kunne forventes å lekke langsomt ut. Noe forhøyet TBT-innhold i blåskjell fra riggen ved vraket, og i purpursnegl rundt vraket kan indikere at det er TBT i vannmassene, men det er ikke mulig å sondre mellom utlekking fra skroget og fra sedimentene omkring. Restmengden av TBT på vraket antas uansett å utgjøre en svært liten miljørisiko. Dette understøttes av at området rundt propellen der rester av TBT ble påvist, var tett begrodd med rur som er dokumentert følsom for TBT, at man ikke fant biologiske effekter av TBT i nærområdet i dag (kjønnsforstyrrelse hos snegl), og at TBT-nivåene i lokale snegl og blåskjell på riggene var godt innenfor det som er normalt konsentrasjonsintervall i norske kystområder. Det er heller ingen grunn til å forvente at situasjonen vil forverre seg i fremtiden som en konsekvens av de TBT-restene som fortsatt måtte befinne seg på skroget.

5. Referanser

- Bakke T, Farmen E. 2012. Konsekvensvurdering av miljøgiftutlekking fra vraket av MS "Server" utenfor Fedje, Hordaland. NIVA rapport L.nr. 6385-2012. 37 s.
- Bauer, B., Fioroni, P., Schulte-Oehlmann, U., Oehlmann, J., Kalbfus, W. 1997. The use of *Littorina Littorea* for tributyltin (TBT) effect monitoring – Results from the German TBT survey 1994/1995 and laboratory experiments. *Environmental Pollution*, Vol 96, No 3, pp. 299-309.
- Clarke KR, Warwick RM (2001) Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth
- Connell JH. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology* 42:710-723.
- Direktoratet for naturforvaltning 2007. Kartlegging av marint biologisk mangfold. DN Håndbok 19-2001 Revidert 2007. 51 s
- Fortibuoni, T., Noventa, S., Rampazzo, F., Gion, C., Formalewicz, M., Berto, D., Raicevich, S. 2013. Evidence of butyltin biomagnification along the northern Adriatic food-web (Mediterranean Sea) elucidated by stable isotope ratios. *Environ. Sci. Technol.*, 47, 3370-3377.
- Følsvik, N., Berge, J.A., Brevik, E.M., Walday, M. 1999. Quantification of organotin compounds and determination of Imposex in populations of dog whelk (*Nucella lapillus*) from Norway. *Chemosphere*. 38 (3): 681-691.
- Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe P.L., Burt G.R. 1987. The use of the dog-whelk, *Nucella lapillus*, as an indicator of tributyltin (TBT) contamination. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 67: 507-523.
- Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Allan, I., Hjermann, D., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.G., Tveiten, L., 2014. Contaminant in coastal waters of Norway 2013. Miljøgifter I norske kystområder 2013. NIVA rapport 6728. 172 s.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427–432.
- IMC. 2015. MV Server – Dive and ROV survey, Fedje, Norway. Dive report.
- ISO/FDIS 19493. 2007. Water quality Guidance on marine biological surveys of hard substrate communities. ISO Standard.
- Knutzen, J., Green, N.W., 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). «Bakgrunnsnivåer» av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. [Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP. Background levels of some contaminants in fish and blue mussel based on data from 1990-1998]. Norwegian Pollution Control Authority, Monitoring report no. 820/01 TA no. 1798/2001. NIVA report no. 4339 145 pp. ISBN no. 82-577-3973-1.
- Moy F, Bekkby T, Cochrane S, Rinde E, Voegelé B. 2003. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. FoU-oppdrag tilknyttet EUs rammedirektiv for vann. NIVA rapport 4731. 90 s.

Norconsult. 2014. Miljøundersøkelse MS Server. Rapport til Kystverket. Dokument 5142581-01, Revisjon J01

Norderhaug KM, Christie H, Fosså JH, Fredriksen S. 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. J Mar Biol Ass UK. 85:1279-1286.

Norderhaug KM, Ledang AB, Trannum HC, Bjerkeng B, Aure J, Falkenhaug T, Folkestad A, Johnsen T, Lømsland E, Omli L, Rygg B, Sørensen K. 2011a. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2010. Klif rapport TA-2777. 115 pp.

Norderhaug KM, Naustvoll L, Ledang AB, Bjerkeng B, Gitmark JK. 2011b. Sugar kelp monitoring in the coastal regions of Norway. Report for 2009 and 2010. TA-2776. 80 pp.

Norderhaug KM, Gundersen H, Pedersen A, Moy F, Green N, Walday M, Magnusson J, Gitmark J, Ledang AB, Bjerkeng B, Trannum H. 2015a. Combined effects from climate variation and eutrophication on the diversity in hard bottom communities on the Skagerrak coast 1990-2010. Mar Ecol Prog Ser 530: 29–46.

Norderhaug KM, Naustvoll LJ, Trannum HC, Gitmark JK, Fagerli CW, Kile MR, Tveiten L, Håvardstun J, Vedal J. 2015b. ØKOKYST – delprogram Rogaland. Årsrapport 2014. M-335. 44 pp.

OSPAR 2004. Provisional JAMP Assessment Criteria for TBT - Specific Biological Effects, 2004-15-E.

OSPAR 2009. CEMP assessment report: 2008/2009. Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. OSPAR publication number 390/2009. Monitoring and Assessment Series. ISBN 978-1-906840-30-3. 80 pp.
http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00390_2009%20%20cemp%20assessment%20report.pdf

Veilederen 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

Walday, M., Berge, J.A., Følsvik, N. 1997. Imposex og nivåer av organotinn hos populasjoner av purpursnegl i Norge. NIVA-rapport 3665. 28 s.

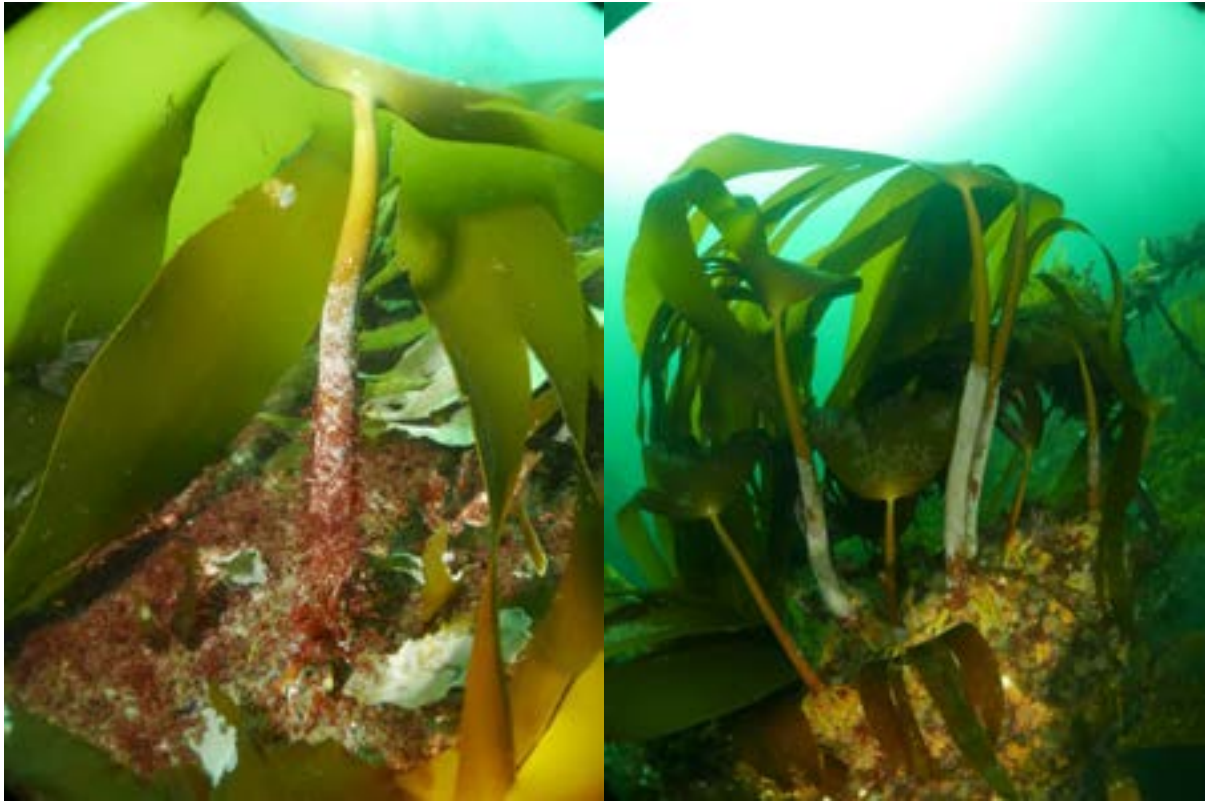
Vedlegg A. Bilder fra vraket av MS Server



Horisontale deler av vraket var dominert av alger. Dekket på 13 til 15 m dyp var dekket av glissen, ung tareskog (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Detaljbilde av rødalge *Delesseria sanguinea* på dekket på ca. 13 m dyp (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Stortare *Laminaria hyperborea* med rødalger og dyr på stilkene (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Voksen stortare *Laminaria hyperborea* og tarerekutter (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Vertikale deler, master og undersiden av overheng på vraket var bevokst med dyr. Her bløtkorallen dødningehånd *Alcyonium digitatum* (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Trapper, rekkverk og master bevokst av sjøanemoner, koralldyr og tare i tillegg til andre alger (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Undersiden av et tak bevokst med sjøanemoner (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Innsiden av en ventil bevokst av rødalger og koralldyr (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Dypere deler av skroget ned mot bunnen på 24 meter. Rød kråkebolle *Echinus esculentus* gjemmer seg under tareblad (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



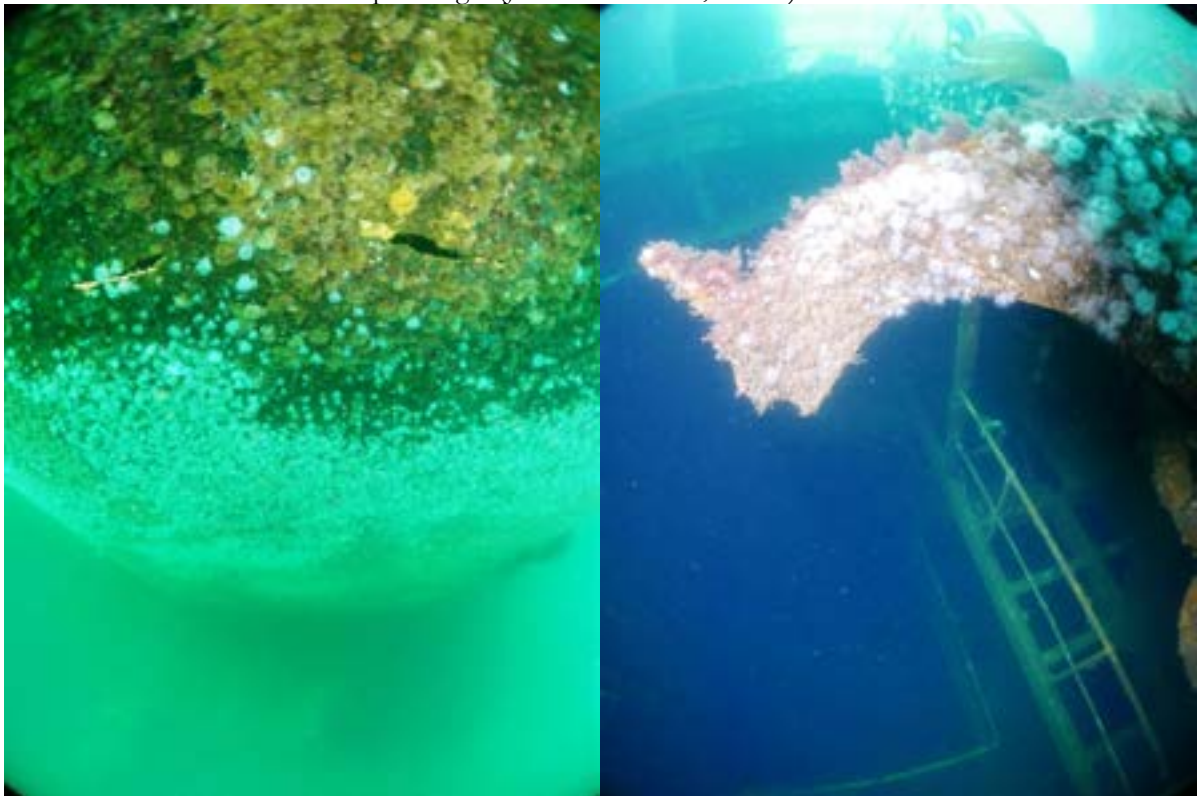
Detaljbilde fra 23 m dyp. Skroget er tett bevoskt av dyr, blant annet svamper, flerbørstemark, sjøanemoner, hydroider og mosdyr (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



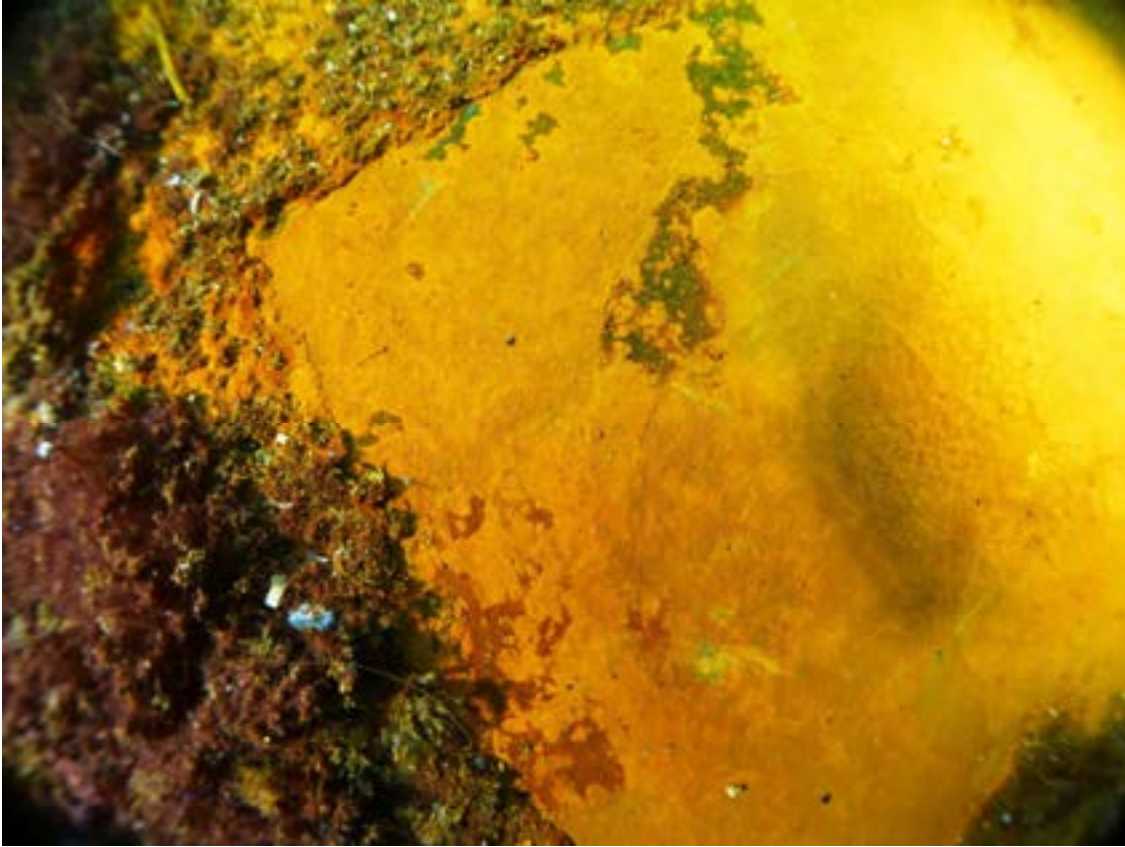
Detaljbilde fra 23 m dyp og under vannlinjen på skroget som er dekket av sekkdyr, flerbørstemark, sjøanemoner og mosdyr (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Rød kråkebolle *Echinus esculentus* på skroget (Janne K Gitmark, NIVA).



Skorsteinen fotografert ovenfra (til venstre). Indre deler av vraket (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Rustflekk uten begroing (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



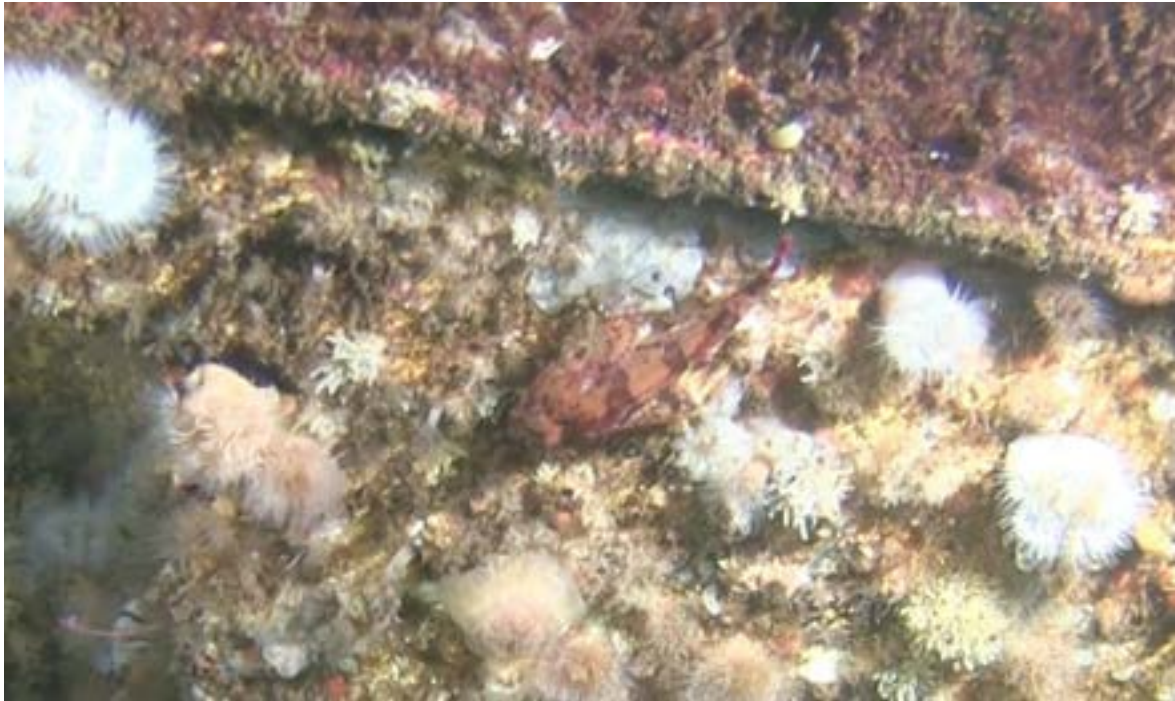
Indre deler av vraket med lite begroing (Foto: Janne K Gitmark, NIVA).



Det ble observert mye fisk på og rundt vraket. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Makrellstim over vraket. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



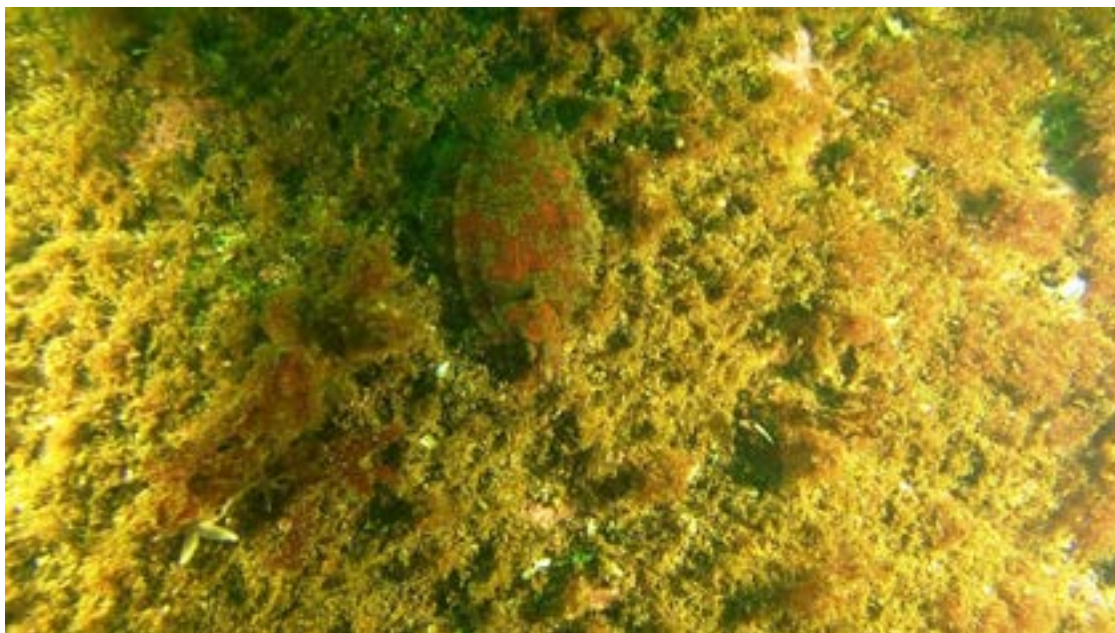
En ulke under et overheng. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Bergnebb *Ctenolabrus rupestris* svømmer inne blant taren på dekk. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Lyr *Pollachius pollachius* ved rekka på dekk. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Flyndre på bunnen ved siden av vraket på 24 m. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Fløyfisk *Callionymus lyra* ved siden av vraket på 24 m dyp. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)

Vedlegg B. Bilder fra transektstasjonene

Hellesøy



Alaria på grunt vann (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Tett tareskog (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Tett bevokst tarestilk er leveområde for et rikt samfunn av dyr (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).

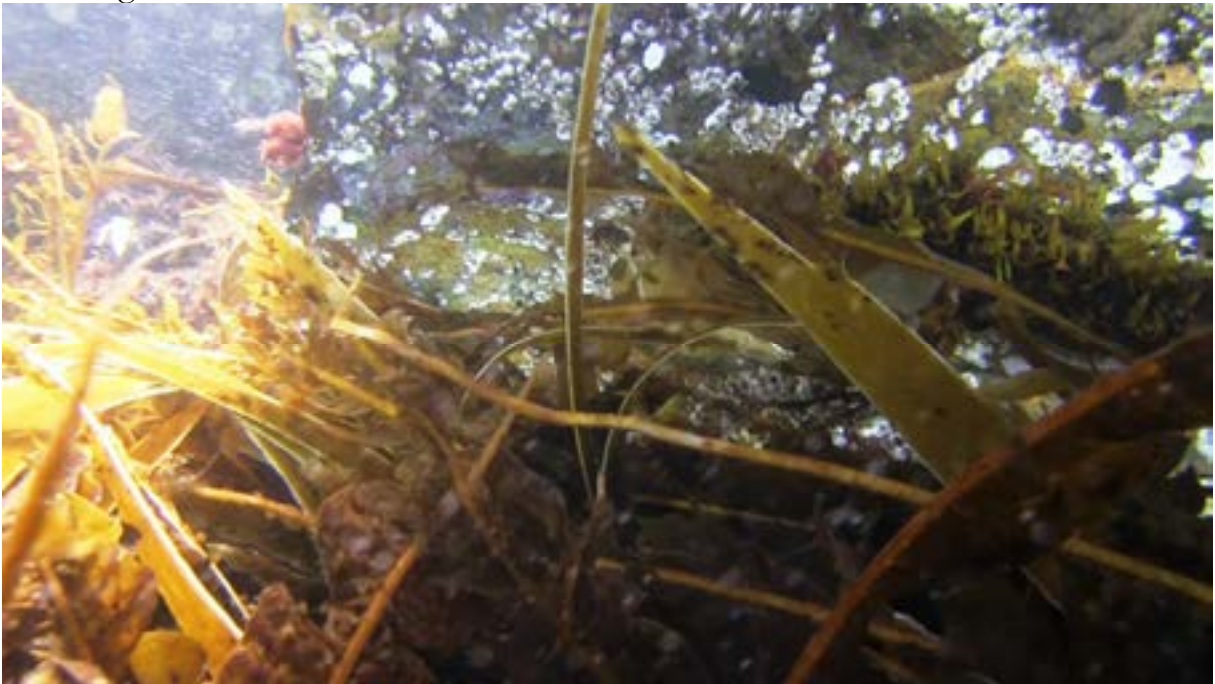


Bergnebb mellom rødalger og tareplanter ned mot 20 m (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Piggsolstjerne *Crossaster papposus* (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).

Islendingane



Littoralsonen med rur og brunalger (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Hydroiden *Laomedea geniculata* på tareblader på grunt vann (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



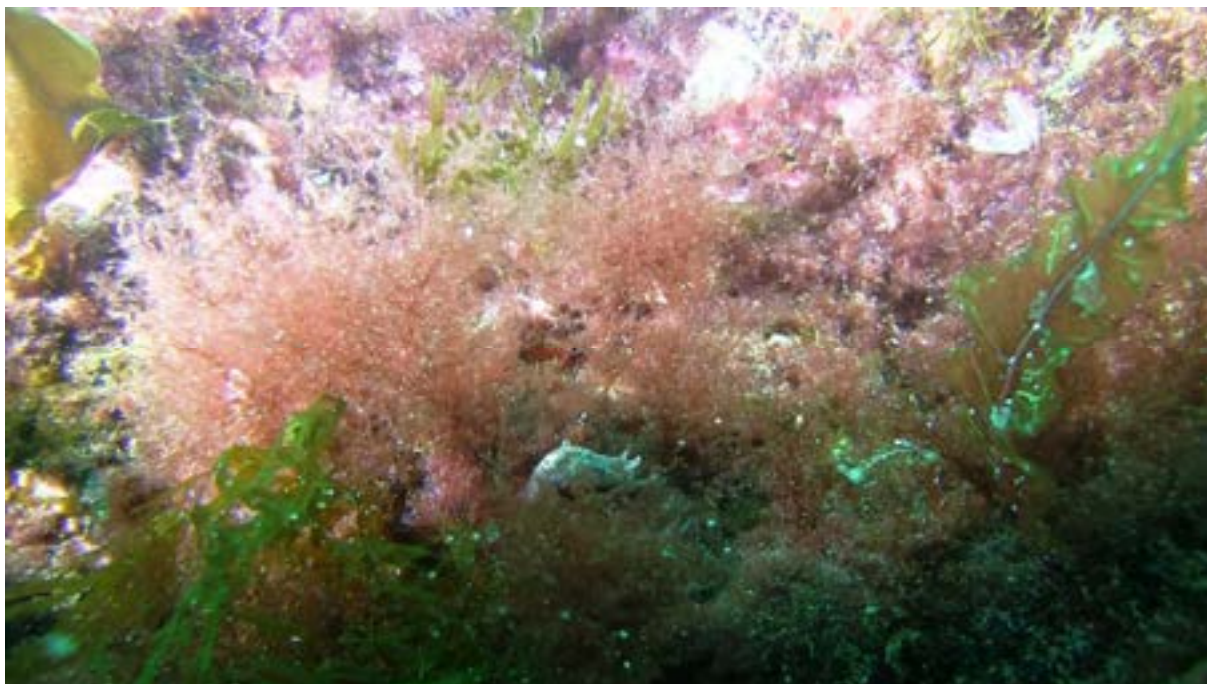
Bergnebb blant tareplanter (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Fasittende dyr dominerer vertikalvegger, tare står tett oppå steinene (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Sypute *Porania pulvillus* på vertikal vegg som ellers er dominert av mange ulike fastsittende dyr (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA).



Gressende sjøhare *Aplysia punctata* blant rødalger (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)

D27 Mågeøy



Littoralsonen på Mågeøy (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Tett tareskog (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Tett tareskog på 8 m dyp (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Hapteren fester taren til bunnen. Den er forgreinet som en rot og fungerer som levested for et rikt samfunn av evertebrater. (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Nedre voksegrense for tareskog var 14 m dyp (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Sjøanemonen *Urticina eques* fra 30 m dyp (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Crossaster papposus (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Flatormen tigerorm *Prostheceraeus vittatus* (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)



Sekkyret *Ascidia mentula* og blant annet mosdyr på 24 m dyp (Foto: Kjell Magnus Norderhaug, NIVA)

Vedlegg C. Stasjonsbeskrivelser

Tabell 1. Oversikt over stasjoner (med stasjonskode fra Kystovervåkningsprogrammet) som ble brukt i samfunnsanalyser, posisjon (N) og øst (E) WGS1984), transektretning, vannforskriftregion og overvåkningsperiode. Årstall for stasjoner som er undersøkt i denne undersøkelsen er uthevet.

Stasjon	N	E	Retning ^o	Vanntype	Region	Periode
A02 Færder	59.0267	10,5268	90	Åpen eksponert kyst	Skagerrak	1990, 94-2010 ¹
A03 Lyngholmen	59.0432	10,2963	160	Åpen eksponert kyst	Skagerrak	1990-2010, 2013-15 ²
A92 Kongsholmen	59.1219	10,4549	80	Beskyttet kyst/fjord	Skagerrak	2002-2010 ¹
A93 Vakerholmen	59.1169	10,3754	100	Moderat eksponert kyst	Skagerrak	2002-2010 ¹
B07 Tromøy N.	58.5132	8,9443	0	Beskyttet kyst/fjord	Skagerrak	1990-2015 ³
B10 Prestholm.	58.2732	8,5372	140	Åpen eksponert kyst	Skagerrak	1990-2015 ³
B11 Humløy	58.2382	8,4289	85	Moderat eksponert kyst	Skagerrak	1990-2010 ¹
B12 Meholmen	58.0961	8,198	10	Åpen eksponert kyst	Skagerrak	1990-91,1995-2010 ¹
C95 Launes	58.0239	7,0406	270	Ferskv. beskyttet fjord	Nordsjøen sør	2002-2010 ¹
C15 Revø	58.0480	6,796	190	Moderat eksponert kyst	Nordsjøen sør	1990-2010 ¹
C17 Stolen	58.2216	6,7147	240	Moderat eksponert kyst	Nordsjøen sør	1990-2010 ¹
C18 Rosø	58.2280	6,5011	170	Åpen eksponert kyst	Nordsjøen sør	1990-2010, 2013-2014 ²
D22 Marholm	59,5805	5,14426	120	Moderat eksponert kyst	Nordsjøen sør	1990-99, 2005-10 ¹
D23 Ylvesoy	59,88	5,0853	340	Åpen eksponert kyst	Nordsjøen sør	1990-99, 2005-10 ¹
D25 Arebrot	60,421	4,90816	25	Åpen eksponert kyst	Nordsjøen nord	1990-99, 2005-10, 2013-15 ²
Hellesøy	60,751	4,706	110	Åpen eksponert kyst	Nordsjøen nord	2015
Islendingane	60,767	4,688	110	Åpen eksponert kyst	Nordsjøen nord	2015
D27 Mågeoy	60,7965	4,68393	30	Åpen eksponert kyst	Nordsjøen nord	1990-99, 2005-10 ¹ , 2015

1: Kystovervåkningsprogrammet

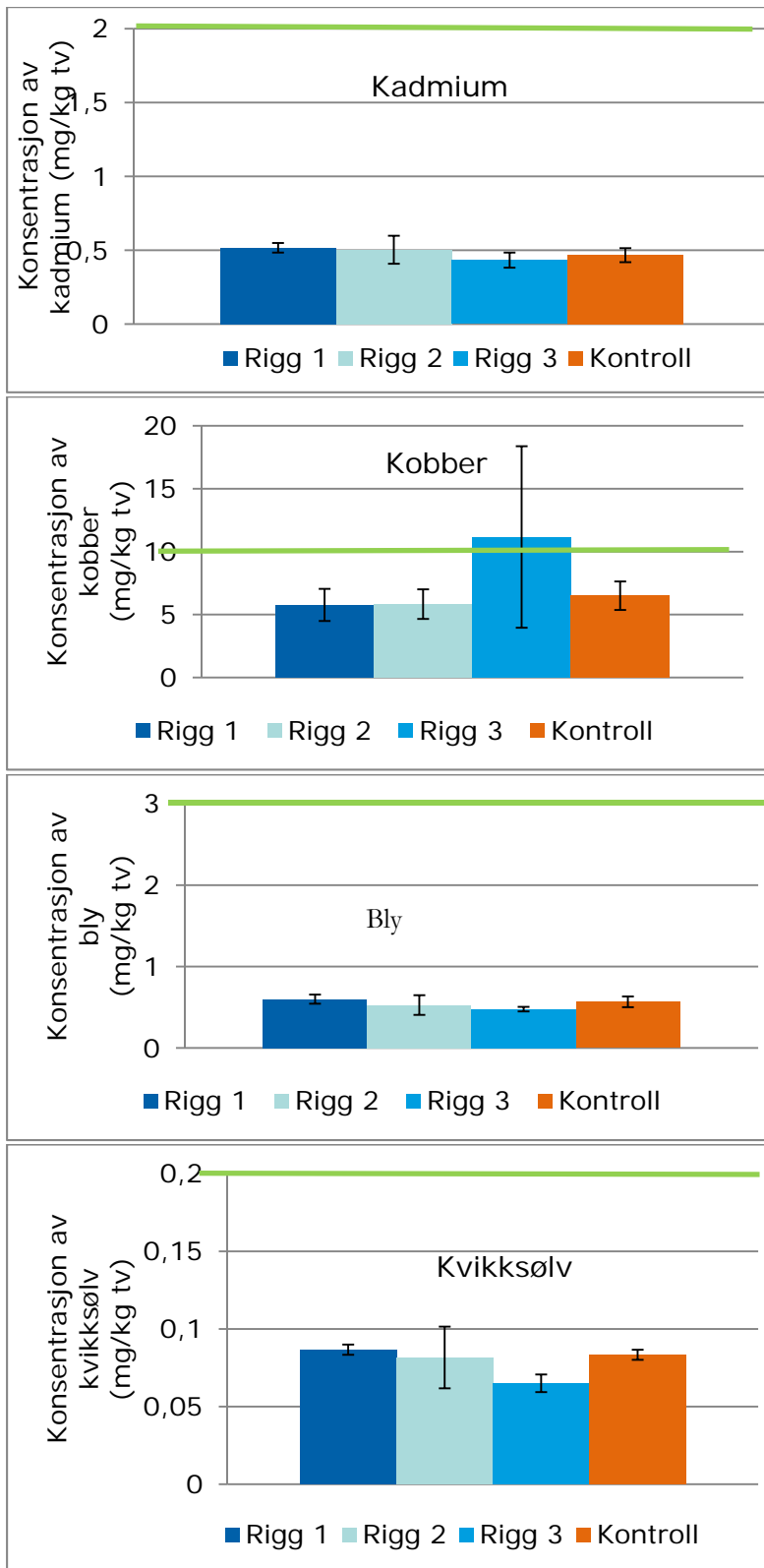
2: Kystovervåkningsprogrammet 1990-2012, Lange tidsserier 2013-2015

3: Kystovervåkningsprogrammet 1990-2011, 2012-2015 ØKOKYST Skagerrak

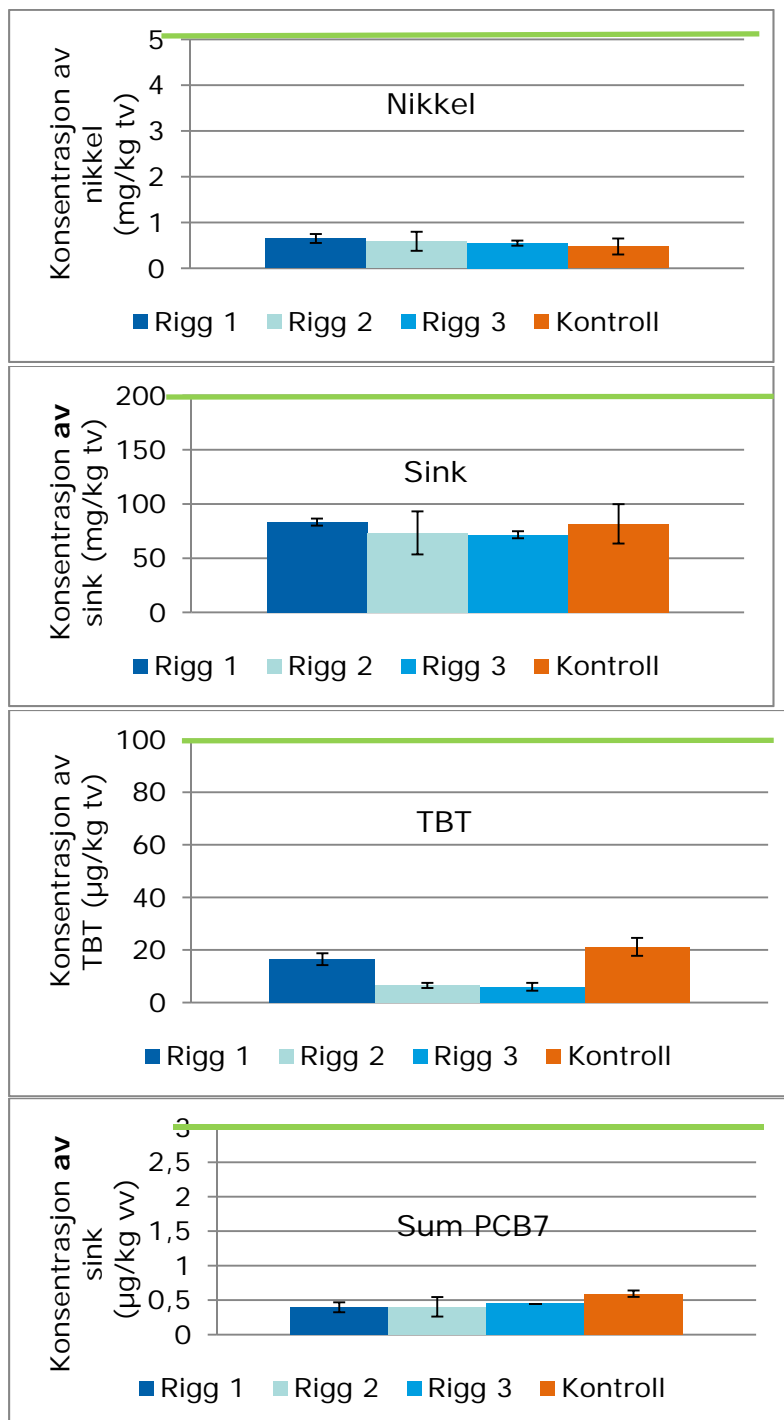
Tabell 2. Posisjoner for utsetting av blåskjellrigger og lokalitet der skjellene ble hentet

Navn på stasjon	Posisjon	Korteste avstand fra vrakdelene
Lokalitet for innsamling av skjell til rigger	N60 38.181 E5 27.312	-
B-Rigg 1	N60 45.050 E4 42.450	ca. 10 m
B-Rigg 2	N60 45.090 E4 42.430	ca. 50 m
B-Rigg 3	N60 45.130 E4 42.500	ca. 150 m

Vedlegg D. Miljøgifter i riggskjell

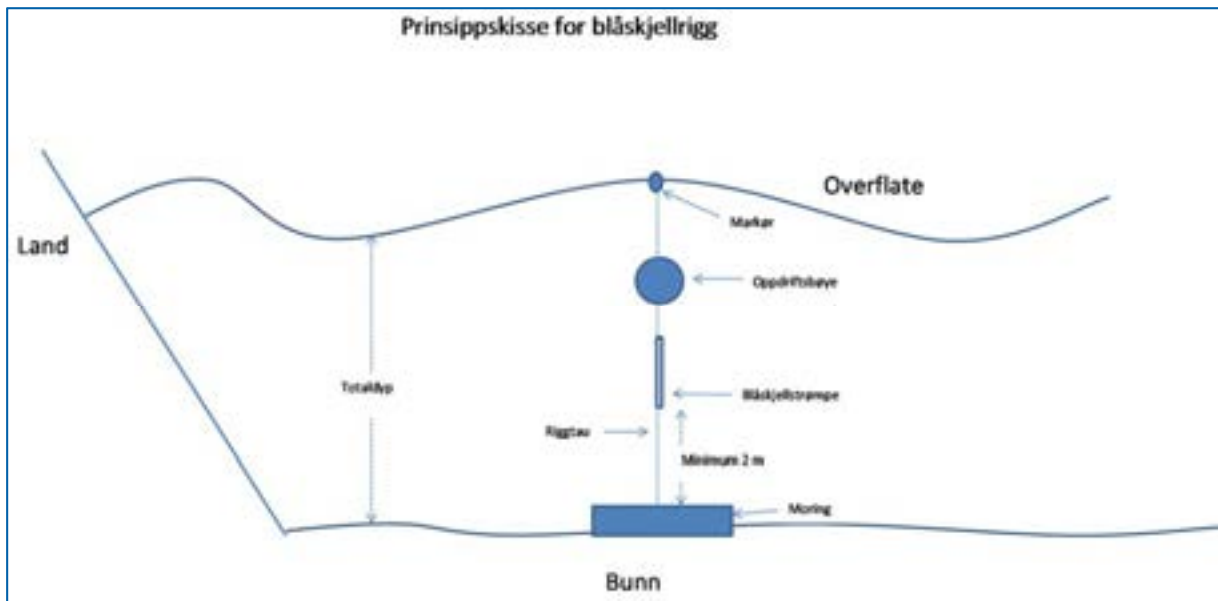


Figurtekst står på neste side.



Figur 1. Midlere konsentrasjon av kadmium, kobber, bly og kvikksølv, nikkel, TBT og PCB i blåskjell utplassert i 3 rigger i ulik avstand fra vraket av Server vises. I figurene representerer «Kontroll» utgangskonsentrasjonen i skjellene som ble satt ut. For hver middelkonsentrasjon er +/- en standard feil ($P=0.05$) angitt som vertikal sort strek. Vertikale streker som overlapper betyr at tilhørende middel verdier ikke er signifikant forskjellig. Mangel på overlapp betyr at det er signifikant forskjell på middelverdiene. Grønn linje markerer Øvre grense for Klasse I (Ubetydelig-Lite forurenset).

Vedlegg E. Prinsippskisse for blåskjellrigger



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 samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

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