

NIVA



RAPPORT LNR 4628-2003

Overvåking av det marine miljø utenfor gassterminalen på Kårstø

Effekter av organotinn (TBT) på purpursnegl (*Nucella lapillus*) i 2002



Gassterminal på Kårstø



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Overvåking av det marine miljø utenfor gassterminalen på Kårstø. Effekter av organotin (TBT) på purpursnegl (<i>Nucella lapillus</i>) i 2002.	Løpenr. (for bestilling)		Dato	
	4628-2003		2003-01-20	
	Prosjektnr.	Udernr.	Sider	Pris
	21341	1	24	
Forfatter(e) Walday, Mats Tveiten, Lise	Fagområde		Distribusjon	
	Miljøgifter marint			
	Geografisk område		Trykket	
	Rogaland		NIVA	

Oppdragsgiver(e) Statoil ASA, v. Odd Inge Sandvik	Oppdragsreferanse bestilling 4500424160
--	--

Sammendrag <p>Det ble i juli 2002 samlet inn purpursnegl fra tre lokaliteter utenfor gassterminalen på Kårstø for undersøkelse av biologiske skader (imposex) fra tri-butyl-tinn (TBT). TBT er en begroingshindrende tinnorganisk forbindelse som tilsettes bunnmalning, og er tillatt brukt på fartøy over 25m lengde. Det ble i 1997 gjennomført en tilsvarende undersøkelse utenfor Kårstø som viste at området den gang var belastet av TBT og at dette hadde ført til skader hos purpursnegl. De tre lokalitetene var også i 2002 påvirket av TBT; noe mer i nærsonen til terminalen enn i fjernsonen. Sædlederindeksen, VDSI, var omtrent lik resultatene fra 1997, mens penisindeksen, RPSI, var forverret.</p> <p>Den foreliggende undersøkelse har vist tydelige effekter fra TBT på snegl, men ingen eller liten forverring siden 1997. Lave TBT-konsentrasjoner i sneglene (rundt 15 µg Sn/kg tørrvekt) kan imidlertid tyde på TBT-eksponeringen er blitt lavere sammenlignet med 1997. Påvirkningen har sannsynligvis sammenheng med skipstrafikken til Kårstø.</p>
--

Fire norske emneord 1. Gassterminal 2. Overvåking 3. TBT 4. Imposex	Fire engelske emneord 1. Gas-terminal 2. Monitoring 3. TBT 4. Imposex
---	---

Mats Walday
Prosjektleder

Kari Nygaard
Forskningsleder
ISBN 82-577-4290-2

Jens Skei
Forskningsdirektør

Overvåking av det marine miljø utenfor gassterminalen
på Kårstø

**Effekter av organotinn (TBT) på purpursnegl
(*Nucella lapillus*) i 2002**

Forord

På oppdrag fra Statoil ASA, ved Odd Inge Sandvik, ble det gjennomført undersøkelser av effekter fra organotinn (TBT) på purpurnegl (*Nucella lapillus*) i området rundt Statoils gassterminal ved Kårstø i perioden 2.- 5. juli 2002. Undersøkelsene er en del av et større overvåkingsprogram av resipienten utenfor gassterminalen.

Feltarbeidet ble utført av Mats Walday, Frithjof Moy og Lise Tveiten, alle NIVA. Lise Tveiten gjorde imposexanalysene, mens Siv Hege Wang (NIVA) har vært ansvarlig for de kjemiske analysene. Mats Walday og Lise Tveiten har forfattet rapporten.

Oslo, 5. desember 2002

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Definisjoner	7
2. Innledning	8
3. Materiale og metoder	9
3.1 Imposexanalyser	10
3.2 Kjemiske analyser	10
4. Resultater	11
4.1 Konsentrasjoner av TBT i purpursnegl	12
4.2 Imposex	12
4.3 Sammenligning med undersøkelsene i 1997	14
4.4 Sammenfattende diskusjon	16
5. Litteratur	17
Vedlegg A.	19
Vedlegg B.	22
Vedlegg C.	23

Sammendrag

Det er foretatt undersøkelser av innhold- og biologiske effekter av tinnorganiske forbindelser i purpursnegl utenfor gassterminalen på Kårstø, sør for Haugesund. Dette for å sammenligne med resultater fra 1997 og for å belyse eventuelle sammenhenger med skipstrafikken i området.

Tinnorganiske forbindelser har vist seg å være svært giftige overfor en rekke marine organismer. Purpursnegl påvirkes allerede ved så små konsentrasjoner som 1 ng/l, dvs. i en fortykning på 1 del til 1000 milliarder. Skader fra TBT (tri-butyl-tinn) kan sees ved at hunnene utvikler karaktertrekk som normalt kun ses hos hanner (dvs. utvikling av penis og sædleder). Fenomenet kalles "imposex", og skyldes at TBT fører til en opphopning av hannlige kjønnshormoner i organismen, noe som kan gjøre hunnene sterile. Graden av imposex måles vha. en sædlederindeks (VDSI) og en penisindeks (RPSI).

Tilsammen 150 snegler ble samlet inn fra tre lokaliteter og undersøkt for imposex. Hunnsneglene ble også analysert for nivåer av TBT og TFT (tri-fenyl-tinn) samt deres nedbrytningsprodukter DBT (di-butyl-tinn), MBT (mono-butyl-tinn), DFT (di-fenyl-tinn) og MFT (mono-fenyl-tinn).

Det ble påvist imposex hos purpursnegl på alle tre lokaliteter; noe mer i terminalens nærsone enn i fjernsonen. VDSI ('sædlederindeksen'; Vas Deferens Sequence Index) lå mellom 4,03 og 4,10. RPSI ('penisindeksen'; Relative Penis Size Index) lå mellom 17,5 og 29,5. VDSI var omtrent lik med 1997-resultatene, mens RPSI var blitt høyere.

TBT-konsentrasjonen i sneglene lå rundt 15 µg Sn/kg på tørrvektsbasis, med liten forskjell mellom stasjonene. Dette er ca. 1/3 av det som ble målt på samme stasjoner i 1997, og betydelig lavere enn det som tidligere har blitt registrert fra tilsvarende områder langs kysten av Norge (Walday *et al.* 1997). Det er kun målt lavere TBT-nivåer i purpursnegl fra referansestasjoner i Finnmark.

Den foreliggende undersøkelse har vist tydelige effekter fra TBT på purpursnegl, og sammenlignet med undersøkelsene i 1997 har det vært en forverring i RPSI, men ingen forverring i VDSI. Påvirkningen har sannsynligvis sammenheng med skipstrafikken til Kårstø, slik som også tidligere undersøkelser har vist fra områder med skipstrafikk.

Nivåene av TBT i sneglene har gått ned siden 1997 og dette kan være et tegn på at TBT-eksponeringen i sjøen har blitt mindre i senere tid.

Summary

Effects of TBT (tri-butyl-tinn), known as "imposex" (induction of male sex characteristics in females), have been found in about one hundred species of gastropods worldwide. Imposex occurs because exposure to TBT results in the accumulation of a male hormone (testosterone) in gastropods, and may lead to female sterilisation and death. In animals particularly sensitive to TBT signs of effects may be observed at water concentrations down to 1 ng TBT/l. Many countries have therefore introduced restrictions on the use of TBT. In Norway, its use on boats less than 25 m in length has been prohibited since 1989. Earlier investigations from Norwegian coastal waters revealed contamination from TBT in sediments and mussels (*Mytilus edulis*), with examples of very high levels in some of the harbour localities. Imposex in dogwhelks (*Nucella lapillus*) was widespread and absent only at some remote locations in northern Norway.

Imposex and concentrations of TBT was examined in dogwhelks outside Statoil's gas-terminal at Kårstø, western Norway, in 2002. Concentrations of TBT were analysed in females by use of gas-chromatography employing an atomic emission detector (GC-AED). The degree of imposex was classified by the Relative Penis Size Index (RPSI) and the Vas Deferens Sequence Index (VDSI). Results were compared to investigations made at the same locations in 1997, as well as other localities in Norwegian waters. Imposex and levels of TBT were discussed in relation to the traffic of larger craft in the area.

In all, 150 snails were sampled from three locations; two close to the harbour area, and one more distant. The concentrations of TBT in the dogwhelks ranged from 13.8 to 15.9 ng Sn/g d.w., and imposex occurred at all three localities: VDSI (Vas Deferens Sequence Index) was between 4.03 og 4.10, while RPSI (Relative Penis Size Index) varied between 17.5 and 29.5.

VDSI was equal to the 1997-results, but RPSI had increased. At all sites, a small proportion of the female population was sterile (VDSI>4).

TBT-levels in 2002 were ca. 1/3 of what was measured at the same locations in 1997, and significantly lower than found at other comparable areas along the Norwegian coast (Walday *et al.* 1997). Lower levels have only been found at reference sites in northern Norway.

The present investigation showed clear effects from TBT on dogwhelks, with an deterioration in RPSI, compared to 1997. There is probably a relationship between the observed results and the harbour-activities at the gas-terminal. This is a well known phenomena from other harbour areas.

Levels of TBT in snails from Kårstø have decreased since 1997 and this might indicate that exposure from TBT on marine organisms is lower than it was in 1997.

Title: Effects from TBT on dogwhelks (*Nucella lapillus*) outside the gas-terminal at Kårstø, western Norway.

Year: 2003

Author: Mats Walday & Lise Tveiten

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4290-2

1. Definisjoner

Halveringstid	Tiden det tar å bryte ned halve mengden av et stoff.
Imposex	Skader på kjønnsorganer hos enkelte sneglearter i form av utvikling av penis og sædleder hos hunnene.
JAMP	'Joint Action Monitoring Program'.
Nucella lapillus	Det latinske navn for purpursnegl.
RPSI	'Relative Penis Size Index'. Sammenlikner gjennomsnittlig størrelse på penis hos hunnene med tilsvarende hos hanner, og er et mål for graden av imposex.
Sn	Vitenskapelig forkortelse for metallet tinn.
Standardfeil	Gir uttrykk for talls (her resultater) spredning rundt sin gjennomsnittsverdi.
TBT	Tri-butyl-tinn; meget giftig tinnorganisk forbindelse som inngår som antibegroings-komponent i bunnstoff tillatt brukt på båter over 25m lengde.
Tørrvekt	Vekt etter at væske er fjernet (dampet vekk).
VDSI	'Vas Deferens Sequence Index'. Er basert på at den unormale utviklingen av en sædleder hos hunner av purpursnegl (imposex) kan inndeles i syv stadier (VDS), der stadie 0 angir en normal upåvirket hunn.

2. Innledning

Sommeren 2002 gjennomførte NIVA undersøkelser av formeringsforstyrrelser hos purpursnegl (*Nucella lapillus*) som sannsynlig effekt av diffus tilførsel av tinnorganiske forbindelser fra skipstrafikken til Kårstø-terminalen. Det er 1200 - 1400 skipsbevegelser pr. år til Kårstø (pers. medd. Terje Kleppe, Statoil).

TBT er en begroingshindrende tinnorganisk forbindelse som tilsettes bunnmaling, og er tillatt brukt på fartøy over 25m lengde. Stoffet har vist seg å være svært giftig overfor en rekke marine organismer. Purpursnegl påvirkes allerede ved så små konsentrasjoner som 1 ng/l, dvs. i en fortykning på 1 del til 1000 milliarder.

Purpursneglen er et viktig rovdyr på grunne hardbunnsområder. Dens viktigste byttedyr er rur og små blåskjell og den er igjen et byttedyr for strandkrabber og tjeld. Purpursnegl tilhører en gruppe snegler (neogastropoder) som er spesielt ømfintlig for tinnorganiske forbindelser. Vi kan se påvirkning fra TBT ved at hunnene utvikler karaktertrekk som normalt kun ses hos hanner (dvs. utvikling av penis og sædleder). Fenomenet kalles "imposex", og skyldes at TBT fører til en opphopning av hannlige kjønnshormoner i organismen, noe som kan gjøre hunnene sterile. Fenomenet ble først beskrevet av Blaber (1970) fra kysten utenfor Plymouth i England. Bettin *et al.* (1996) har i sine forsøk vist at TBT hemmer det cytokrom P-450 avhengige aromatase-systemet som katalyserer nedbrytningen av hannlige kjønnshormoner (androgener) til østrogener. Denne forskyvning i androgen - østrogen balansen antas å indusere utviklingen av imposex hos hunnsneglene.

Purpursnegl legger egg i fjæra og eggene utvikles direkte (uten noe pelagisk spredningsstadiet), og populasjonene har ofte en høyt utviklet lokal genetisk tilpasning. Disse forhold gjør at populasjonene er ekstra sårbare for en reduksjon av reproduksjonsevnen.

Det er tidligere blitt gjennomført en sonderende undersøkelse på 41 lokaliteter langs hele Norskekysten og da ble imposex påvist i samtlige populasjoner, unntatt på fire referanselokaliteter i Finnmark (Waldy *et al.* 1997).

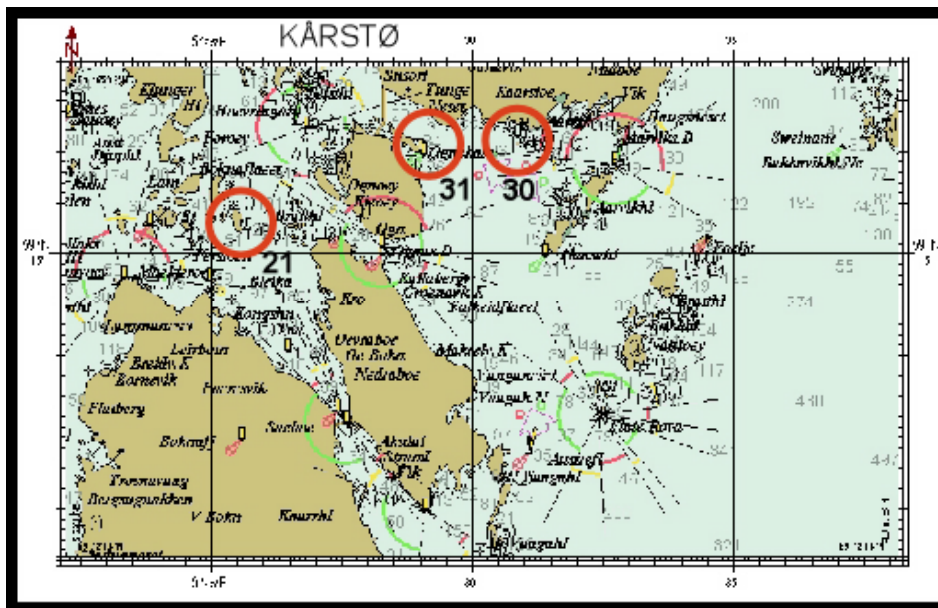
Det ble i 1997 gjennomført en tilsvarende undersøkelse utenfor Kårstø, da på noen flere stasjoner. Analyser av tinnorganiske forbindelser i purpursnegl viste at området den gang var belastet av TBT og at dette hadde ført til skader hos purpursnegl. Stasjonene nærmest Kårstø-terminalen var mest påvirket. Skadeomfanget var lik det som er blitt registrert fra tilsvarende områder ellers i Norge.

Formålet med denne undersøkelsen har vært å undersøke om det fortsatt er skader på populasjoner av purpursnegl i området rundt Kårstø-terminalen i 2002, om det har vært noen endring i skadeomfanget og hvorvidt eventuelle skader kan knyttes til den aktivitet som foregår rundt terminalen. NIVA utfører også kvalitative og kvantitative undersøkelser av biologiske samfunn i fjæra på lokaliteter utenfor Kårstø. Disse undersøkelsene vil bli rapportert i 2003 og kan da bl.a. gi svar på hvorvidt imposex har hatt konsekvenser for purpursneglen på samfunnsnivå.

En oversikt over tidligere NIVA-rapporter fra overvåkingen av Kårstøområdet er gitt i Vedlegg C.

3. Materiale og metoder

Det ble samlet inn purpursnegl (*Nucella lapillus*) fra tre lokaliteter utenfor Kårstø-terminalen i perioden 2.- 5. juli 2002 (Figur 1). Innsamlingen ble gjort parallelt med annet feltarbeid. To lokaliteter, st. 30 og 31, ligger nær kaianlegget, mens stasjon 21 er plassert lenger unna skipsled og kaianlegg. Det var få snegl på stasjon 30 og vi brukte lang tid for å finne nok individer til analysene. Sneglene ble først bedøvet, skallengden ble så målt før skallet ble knust og sneglene ble undersøkt for skader fra organotinn, s.k. imposex. Det ble også gjort kjemiske analyser på hunnsneglenes innhold av organotinn (TBT, DBT, MBT, TFT, DFT og MFT) på NIVAs laboratorium i Oslo.



Figur 1. Lokaliteter for innsamling av purpursnegl i juli 2002.

Tabell 1. Posisjoner (WGS-84) hvor innsamling av purpursnegl ble foretatt i juli 2002

Lokalitet	Posisjon	
21 Skolbuholmen	59.15.40 N	05.25.64 E
30 Kråka	59.16.10 N	05.30.90 E
31 Ognakalv S.	59.16.09 N	05.29.05 E

3.1 Imposexanalyser

Forekomsten av imposex i en snegle-populasjon ble bestemt ved hjelp av to indekser (Gibbs *et al.* 1987):

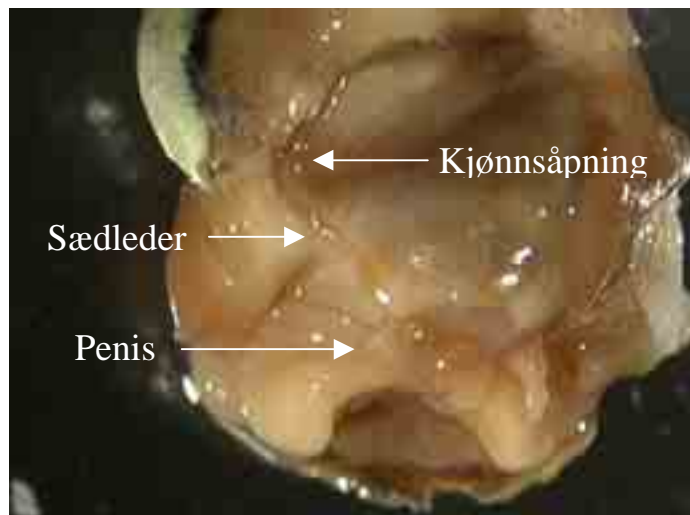
- RPSI (Relative Penis Size Index) beregnes ved at en sammenlikner gjennomsnittlig størrelse på penis hos hunnene med tilsvarende hos hanner. $RPSI > 25$ er tidligere blitt antydning å indikere svekket formeringsevne (Evans *et al.* 1995).

$$RPSI = \frac{(\text{gj.snitt lengde av hunnens penis})^3}{(\text{gj.snitt lengde av hannens penis})^3} \times 100$$

- VDSI (Vas Deferens Sequence Index) er basert på at den unormale utviklingen av en sædleder hos hunnene kan inndeles i syv stadier (VDS), der stadiet 0 angir en normal upåvirket hunn, mens stadiet 6 angir at hele sædlederen er utviklet, hunnens kjønnsåpning blokkert og at aborterte egg kan observeres. Snegl som har nådd stadiet 6 dør ofte av skadene. En populasjon med en gjennomsnittlig VDSI >4 indikerer at deler av bestanden er steril.

$$VDSI = \frac{\Sigma VDS}{\text{antall hunner}}$$

Skallengde, kjønn og penislengde ble registrert på hver snegl. Skallengden gir en indikasjon på sneglenes alder. Ut fra kjønn og penislengde ble det beregnet imposex (RPSI) for hver populasjon. På hunnene ble i tillegg VDS bestemt, og VDSI ble så beregnet for hver populasjon. Se Vedlegg A og Gibbs *et al.* (1987) for en nærmere beskrivelse av metodene.



Venstre: registrering av imposex gjøres vha. stereomikroskop. Ovenfor: hunnensnegle med VDSI=4; sædlederen går hele veien fra kjønnsåpning til penis. Foto: NIVA

3.2 Kjemiske analyser

Konsentrasjonen av ulike tinnorganiske forbindelser ble målt ved gasskromatografi med atomemisjons-detektor (GC-AED). Se Vedlegg C for en detaljert beskrivelse av metodikken.

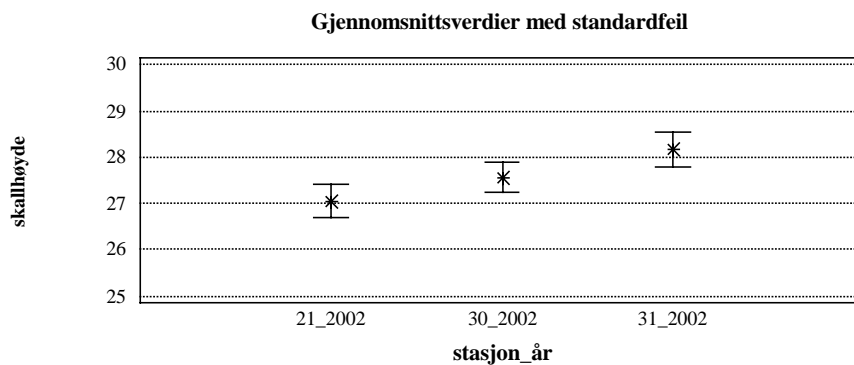
4. Resultater

Tilsammen ble det undersøkt imposex hos 150 purpursnegl fra de tre stasjonene; 80 hunner og 70 hanner. Gjennomsnittlig skallhøyde og penislengde hos de to gruppene er vist i Tabell 2. Skallhøyden var lik hos hunner og hanner, men spredningen rundt gjennomsnittet var noe større hos hannene. De lengste penisene ble funnet hos hannene, men det ble ikke funnet noen hunner uten penis. Det var heller ingen store forskjeller i skallhøyde mellom de tre stasjonene (Figur 2). Dette viser at sneglene sannsynligvis har lik aldersfordeling på de tre stasjonene, og gir et godt utgangspunkt for de videre analysene av imposex.

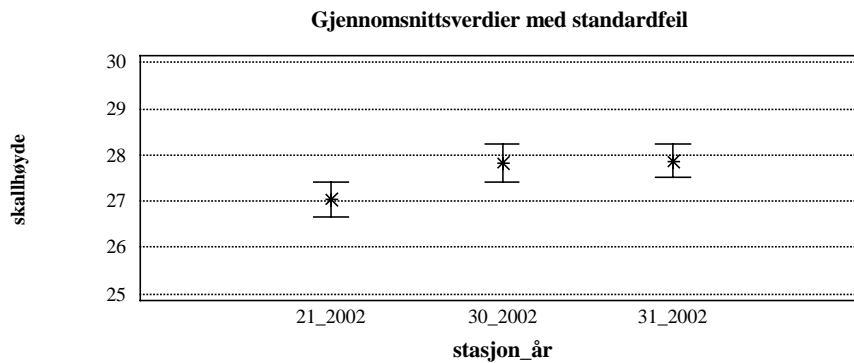
Tabell 2. Gjennomsnittlig skallhøyde og penislengde i mm hos de undersøkte purpursnegl (*Nucella lapillus*) fra Kårstøområdet i 2002.

Parameter	Skallhøyde		Penislengde	
	Hunner	Hanner	Hunner	Hanner
Antall snegl	80	70	80	70
Gjennomsnitt	27.6	27.6	2.4	4.0
Standard avvik	1.98	1.72	0.46	0.63
Minimum	23.3	23.4	0.5	2.5
Maksimum	33.2	31.0	3.8	6.5

A



B



Figur 2. Skallhøyde i mm. hos purpursnegl (*Nucella lapillus*) fra Kårstøområdet i 2002; A = hanner, B = hunner. Gjennomsnittsverdi med standardfeil er vist.

4.1 Konsentrasjoner av TBT i purpursnegl

Konsentrasjonen av TBT i snegleprøvene fra de tre lokalitetene utenfor Kårstø var nokså lik og varierte mellom 13.8 og 15.9 µg Sn/kg tørrvekt med høyest verdi på stasjon 31 (Tabell 3). Innholdet av øvrige tinnorganiske stoffer var under deteksjonsnivå. Dette er relativt lave TBT-nivåer og det er kun snegl fra lokaliteter i Finnmark som tidligere har blitt målt med lavere konsentrasjoner av TBT i Norge.

Tabell 3. Innhold av tørrstoff (TTS) og tinnorganiske stoffer (µg Sn/kg t.v.) i hunner av purpursnegl fra tre lokaliteter i Kårstøområdet.

	TTS %	MBT	DBT	TBT	MpHT	DPhT	TPhT
21 Skolbuholmen	33.9	<1.0	<1.0	15	<1.0	<1.0	<1.0
30 Kråka	33.3	<1.0	<1.0	13.8	<1.0	<1.0	<1.0
31 Ognakalv S.	31.4	<1.0	<1.0	15.9	<1.0	<1.0	<1.0

Walday *et al.* (1997) fant nivåer fra under deteksjonsgrensen og opp til 1096 µg Sn/kg tørrvekt i sine undersøkelser av purpursnegl som var samlet inn i perioden 1993-95 langs norskekysten fra Færder til Vadsø. Medianverdien var 63 µg Sn/kg tørrvekt, dvs. langt høyere enn det som ble funnet i sneglene fra Kårstøområdet i 2002.

I snegler fra Færder fyr ble det i år 2000 målt 39 µg Sn/kg tørrvekt (Green *et al.* 2002). I samme undersøkelse ble det også målt TBT i purpursnegl på lokaliteter rett ved skipsleia i Karmsundet hvor det passerer over 100.000 skip pr. år (pers. medd. Terje Kleppe, Statoil). Disse sneglene hadde mer enn 5 ganger så høye TBT-nivåer som sneglene fra Kårstø-området hvor det er 1200-1400 skipsbevegelser pr. år. I tillegg til antall skipsbevegelser, vil også størrelsen på skipene og oppholdstiden i et område, være bestemmende for mengden av TBT som tilføres området.

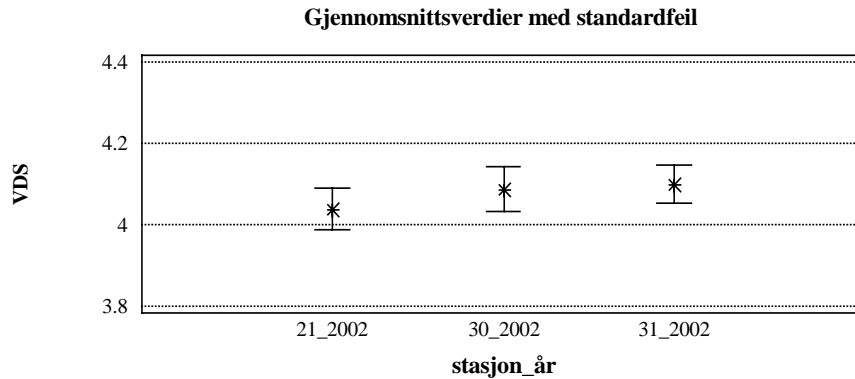
4.2 Imposex

Det ble påvist skader på kjønnsorganene (imposex) hos samtlige purpursnegl på de tre stasjonene (Tabell 4 og Figur 3). Mest sannsynlig årsak til dette er påvirkning fra TBT-holdig bunnstoff. Flest sterile hunner (VDSI>4) ble funnet på stasjon 31 hvor 10% var sterile. Andelen sterile hunner på stasjon 30 var 9%, mens den på stasjon 21 var 3%.

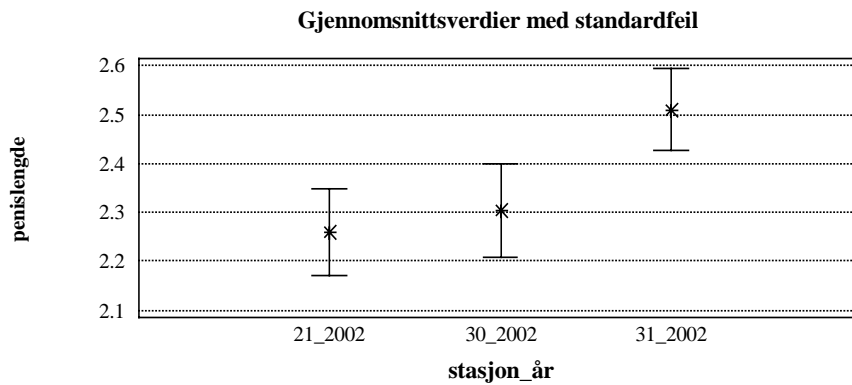
Utfra resultatene kan en ikke indikere én spesiell kilde til påvirkningen, men stasjonene nærmest Kårstøterminalen (st. 30 og 31) hadde noe høyere VDSI og en høyere andel sterile hunner enn stasjon 21. Forskjellen er imidlertid liten og derfor høyst uklar. Forholdet mellom hunnens og hannens penislengde (RPSI) var størst på stasjon 31. Lengden på hunnens penis på de ulike stasjonene er vist i Figur 4. Sneglene på stasjon 31 hadde de klart lengste penisene.

Tabell 4. Imposex (VDSI, RPSI og andel sterile hunner) hos purpursnegl fra tre lokaliteter utenfor Kårstø i 2002.

Lokalitet	VDSI	RPSI	% sterile hunner
21 Skolbuholmen	4,03	19,2	3
30 Kråka	4,09	17,5	9
31 Ognakalv S.	4,10	29,5	10



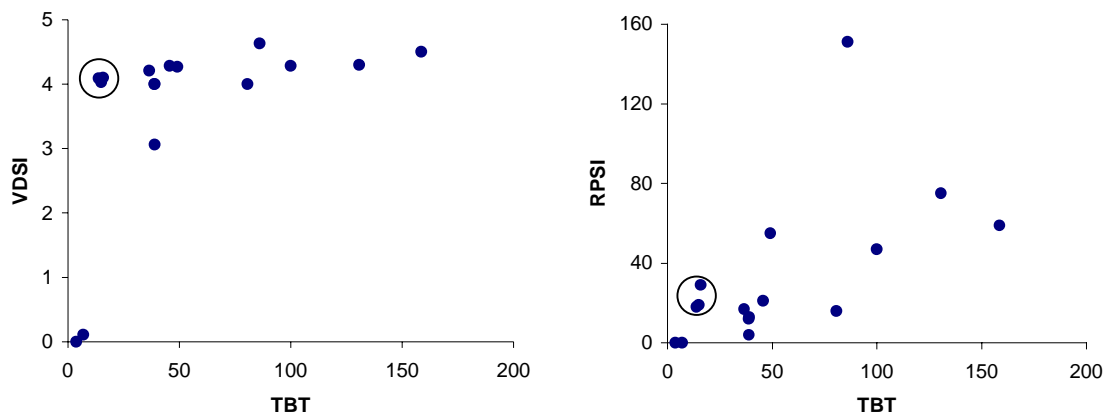
Figur 3. Utvikling av sædleder (VDS) hos hunnsnegl av *Nucella lapillus* i Kårstøområdet i 2002. Gjennomsnittsverdi av VDS med standardfeil er vist.



Figur 4. Utvikling av penis hos hunnsnegl av *Nucella lapillus* i Kårstøområdet i 2002. Gjennomsnittsverdi av lengden med standardfeil er vist.

I Figur 5 er forholdet mellom TBT-konsentrasjoner i purpurnegl og graden av imposex illustrert for norske stasjoner som er undersøkt i senere år. En kan se at nivåer av TBT, og tildels også imposex, hos snegl fra Kårstø i 2002 til sammenligning er lave.

Siden nivåer av TBT vil kunne variere over tid, mens imposex er irreversibel, vil sammenhengen mellom disse to parametre være usikker. Halveringstiden av TBT i sneglevev er rundt 60-80 dager. Det er imidlertid tegn til en sammenheng i figuren, særlig med hensyn til RPSI, men variansen er stor ved høye TBT-verdier.



Figur 5. Forholdet mellom TBT-konsentrasjon ($\mu\text{g Sn/kg}$) og imposex (VDSI og RPSI) i purpursnegl fra Kårstøområdet (2002), Finnmark, Karmsund og Færder (Green *et al.* 2002). Stasjonene fra Kårstø er ringet inn.

4.3 Sammenligning med undersøkelsene i 1997

Begge imposex-indeksene (VDSI og RPSI) var høyere i 2002 enn i 1997, mens nivåene av TBT i sneglene var gått ned (Tabell 5).

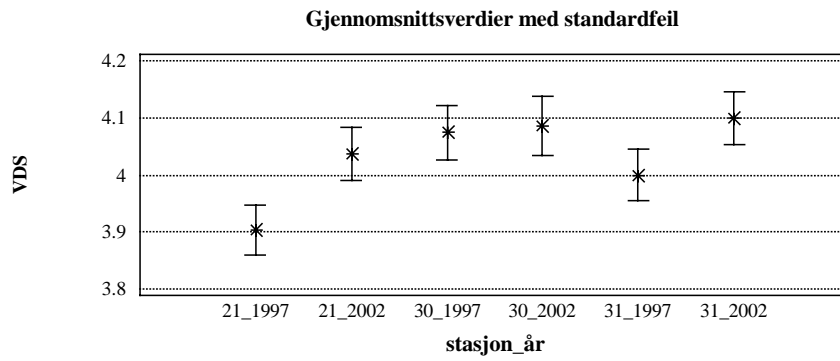
Endringene i VDSI fra 1997 til 2002 er for små til å kunne sies å være en klar forverring (Figur 6). På stasjon 21 har det vært en stor økning av lengden på hunnens penis siden 1997 (Figur 7) og dette har medført at RPSI har blitt mer enn firedoblet siden forrige undersøkelse. Også stasjon 31 har hatt en kraftig økning i RPSI. Denne indeks er påvirket av hvorvidt det er blitt analysert på levende eller frosset materiale. Snegl som har vært frosne får vanligvis en noe høyere RPSI enn de ville fått hvis de hadde blitt analysert levende. Dette fordi nedfrysningen fører til en forstørrelse av penis som relativt sett er størst hos de minste penisene, dvs. hos hunnene (Figur 8). I 1997 ble analysene gjort på snegl som hadde vært frosset ned, og således er det sannsynlig at RPSI fra det året er noe kunstig forhøyet.

Andelen av sterile hunner ($\text{VDSI} > 4$) har økt på samtlige stasjoner, men var i 2002 klart størst på de to stasjonene nærmest terminalen (st. 30 og 31, se Tabell 5). Økningen har vært størst på stasjon 31. I 1997 ble det tilsammen funnet to sterile hunner, begge på stasjon 30. I 2002 ble det funnet seks sterile hunner, tre på stasjon 31, to på stasjon 30 og én på stasjon 21.

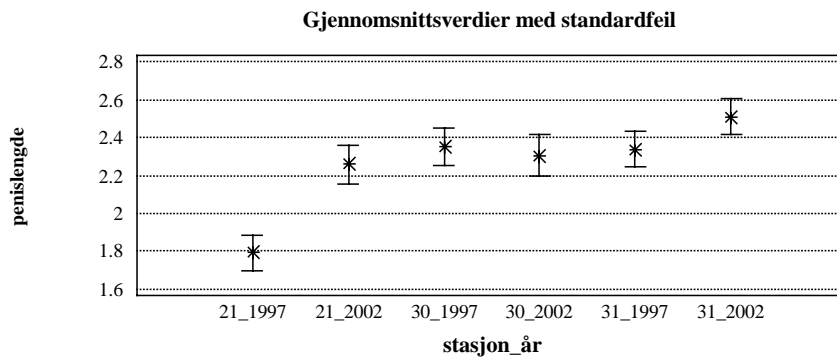
Konsentrasjonene av TBT i purpursnegl var i 2002 ca. 1/3 av det som ble målt i 1997. Forskjellen mellom stasjonene var liten i 1997, og hadde blitt enda mindre i 2002.

Tabell 5. Imposex (VDSI, RPSI, % sterile hunner) og nivåer av TBT ($\mu\text{g Sn/kg}$, t.v.) i purpursnegl fra tre lokaliteter utenfor Kårstø i juli 1997 og 2002.

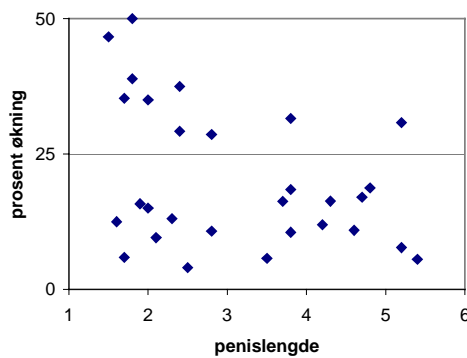
Lokalitet	VDSI		RPSI		% sterile hunner		TBT	
	1997	2002	1997	2002	1997	2002	1997	2002
21 Skolbuholmen	3,90	4,04	4,4	19,2	0	3	49	15
30 Kråka	4,07	4,09	8,7	17,5	7	9	41	14
31 Ognakalv S.	4,00	4,10	8,8	29,5	0	10	54	16



Figur 6. VDS hos hunnsnegl (*Nucella lapillus*) fra tre lokaliteter i Kårstøområdet i 1997 og 2002. Gjennomsnittsverdier med standardfeil er vist.



Figur 7. Penislengde hos hunnsnegl (*Nucella lapillus*) fra tre lokaliteter i Kårstøområdet i 1997 og 2002. Gjennomsnittsverdier med standardfeil er vist.



Figur 8. Penislengde hos purpurnegl (*Nucella lapillus*) etter at de har vært nedfrosset, plottet mot prosent økning i forhold til opprinnelig størrelse, n=29. Fra upubliserte forsøk på NIVA.

4.4 Sammenfattende diskusjon

De tre lokalitetene utenfor Kårstø var påvirket av TBT. Imposex-nivåene var høyest på stasjonen nærmest kaianleggene (st. 31 Ognakalven). Både Ognakalven og Kråka (st. 30) ligger nær kaianleggene, men Ognakalven ansees for mer eksponert av vann fra anlegget siden strømmen i området overveiende går vestover. VDSI lå mellom 4,03 og 4,10, mens RPSI lå mellom 17,5 og 29,5. VDSI var omtrent lik med 1997-resultatene, mens RPSI var blitt høyere. Det synes ut å ha vært en forverring på stasjon 21, både med hensyn til VDSI og RPSI (cf. Figur 7). De observerte skader har sannsynligvis sammenheng med skipstrafikken til Kårstø, slik som også tidligere undersøkelser har vist fra områder med skipstrafikk. Purpursnegl kan leve i over 10 år (Gibbs *et al.* 1987). Snegl som er undersøkt i 2002 kan derfor være klekket tidlig i 90-årene og allerede da fått de skader som nå er registrert. Eldre snegl kan imidlertid ofte identifiseres ved at de har slitte og begrodde skall og de blir da ekskludert fra imposexanalyser.

TBT-konsentrasjonen i sneglene lå rundt 15 µg Sn/kg på tørrvektsbasis, med liten forskjell mellom stasjonene. Dette er ca. 1/3 av det som ble målt på samme stasjoner i 1997, og betydelig lavere enn det som tidligere har blitt registrert fra tilsvarende områder langs kysten av Norge (Walday *et al.* 1997). Det er kun målt lavere TBT-nivåer i purpursnegl fra referansestasjoner i Finnmark. Dette kan være et tegn på at TBT-eksponeringen i sjøen har blitt mindre i senere tid. Innhold av TBT i sneglene vil imidlertid kunne variere over tid siden dyrene har evnen til å skille ut stoffet; halveringstiden for TBT i purpursnegl er rundt 60-80 dager. Undersøkelser fra Island har blant annet vist at TBT-nivåene i purpursnegl er ca. 5 ganger høyere om sommeren enn om vinteren (Skarphédinsdóttir *et al.* 1996). På Kårstø ble undersøkelsene gjort i sommersesongen begge årene.

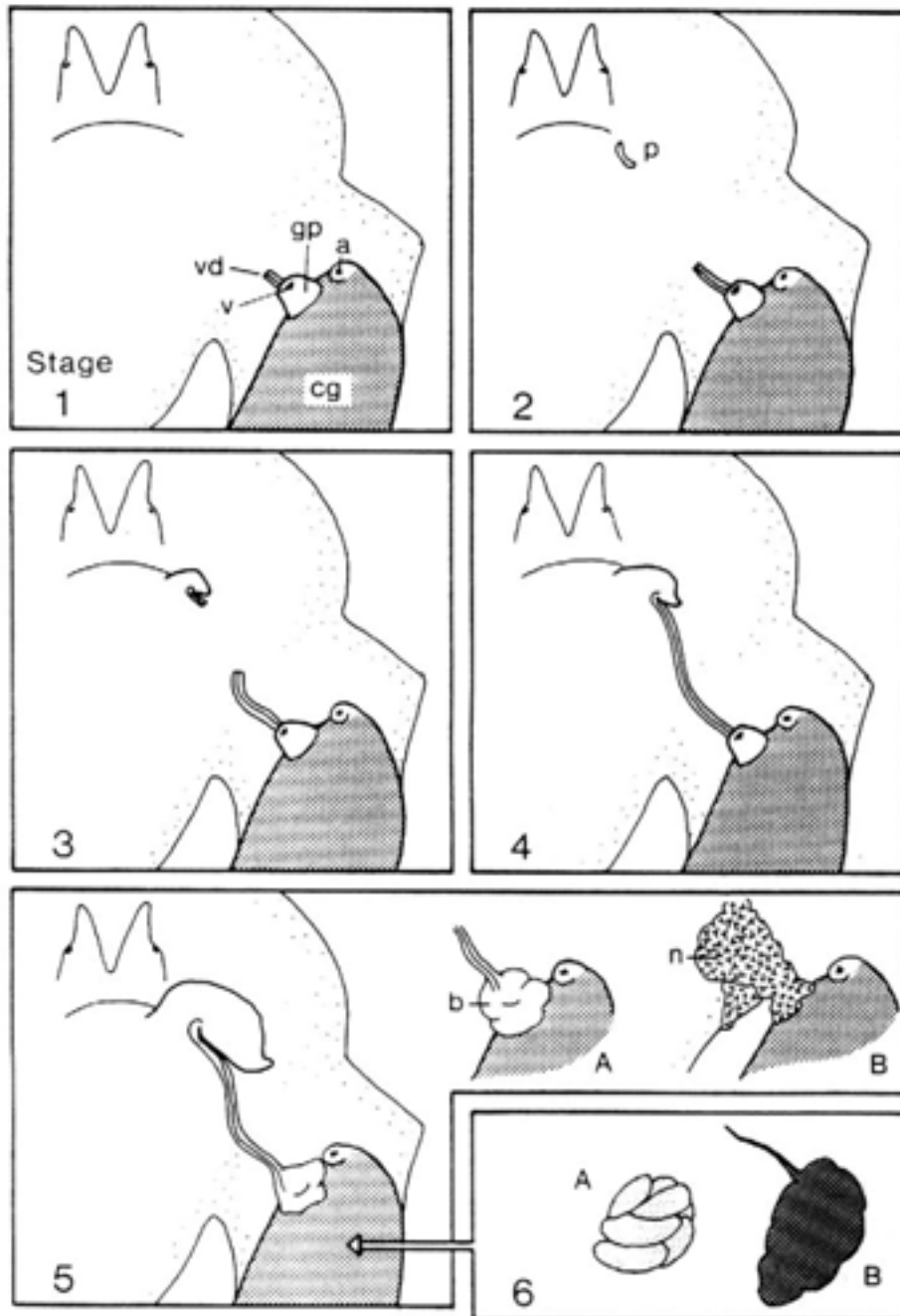
Det er eksperimentelt blitt påvist at størrelsen på hunnens penis øker med TBT-konsentrasjon og eksponeringstid (Davies *et al.* 1997) og dette gir grunnlaget for RPSI-indeksen. RPSI > 25 er tidligere blitt antydning å indikere svekket formeringsevne (Evans *et al.* 1995). Høyest RPSI (29,5) ble funnet på stasjon 31 nærmest kaianlegget, hvor også flest sterile hunner ble funnet. Størrelsen på hannenes penis er imidlertid vist å kunne variere ca. 15% gjennom året, med størst penis under gytesesongen om våren. Det er derfor knyttet noe mere usikkerhet til RPSI enn til VDSI. Kårstø-sneglene er samlet inn i juli, mens de øvrige snegler vist i Figur 5 ble undersøkt om høsten (Green *et al.* 2002). Dette reduserer verdien av å sammenligne de to undersøkelsene med hensyn til RPSI. Det er vanskelig å forklare hvorfor RPSI har økt siden 1997, samtidig som TBT-nivåene har gått klart ned og VDSI er omtrent lik. Ifølge JAMPs veiledning for overvåking av biologiske effekter fra miljøgifter (OSPAR 1997), så skal imidlertid RPSI supplere informasjonen om skadeomfang hos populasjoner med VDSI rundt 4.

Utvikling av sædleder hos hunnsneglene (VDS) er derimot irreversibelt og reflekterer bedre den TBT-eksponering sneglene har vært utsatt for i sin livstid, enn det bare målinger av TBT-nivåer i sneglene gjør. Nivåene av TBT i snegl gir et "øyeblikksbilde" av forurensningssituasjonen, mens VDSI hos purpursnegl gir et integrert bilde av den TBT-eksponering sneglene har vært utsatt for i sin livstid. Dette er sannsynligvis årsaken til at sammenhengen mellom TBT-nivåer og graden av imposex hos sneglene var svak i 2002, og indikerer derfor at TBT-eksponeringen har vært høyere i tidligere år.

Generelt sett er tilførselen av TBT til det marine miljøet i Norge urovekkende siden skader på miljøet er registrert langs omtrent hele norskekysten (ref. Green *et al.* 2002 og Walday *et al.* 1997). Kårstøområdet er i det henseende representativt for norske havneområder, men situasjonen er ikke mer urovekkende på Kårstø enn i andre områder. Det er registrert en nedgang i konsentrasjonen av TBT i marine organismer fra flere områder enn Kårstø (Green *et al.* 2002). Lavere konsentrasjoner kan tyde på at tilførselen av TBT til norske farvann er blitt mindre i de senere år, men dette kan foreløpig ikke bekreftes i form av redusert imposex.

5. Litteratur

- Bettin, C., Oehlmann, J. & Stroben, E. 1996. TBT-induced imposex in marine neogastropods is mediated by an increasing androgen level. *Helgoländer Meeresunters.*, 50: 299-317.
- Blaber, S.J.M. 1970. The occurrence of a penis-like outgrowth behind the right tentacle in spent females of *Nucella lapillus* (L.). *Proceedings of the Malacological Society of London*, 39: 231-233.
- Davies, IM; Harding, MJC; Bailey, SK; Shanks, AM & R. Laenge. 1997. Sublethal effects of tributyltin oxide on the dogwhelk *Nucella lapillus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 158: 191-204.
- Evans, S.M., Leksono T. & P.D. Mc Kinnel, 1995. Tributyltin pollution: A diminishing problem following legislation limiting the use of TBT-based anti-fouling paints *Mar. Pollut. Bull.* 30: 14-21.
- Gibbs P.E., Bryan G.W., Pascoe P.L. & G.R. Burt. 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., Hylland K., Ruus A. & M. Walday. 2002. Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). National Comments to the Norwegian Data for 2000. Norwegian State Pollution Monitoring Program, Report No. 842/02. TA-no. 1854/2002. 197 pp.
- OSPAR 1997. JAMP guidelines for contaminant-specific biological effects monitoring. Oslo and Paris Commissions, Joint Assessment and Monitoring Program. 2/6/97. 39 pp.
- Skarphédinsdóttir H., Ólafsdóttir K., Svavarsson J. & T. Jóhannesson. 1996. Seasonal fluctuations of Tributyltin (TBT) and Dibutyltin (DBT) in the Dogwhelk, *Nucella lapillus* (L.) and the Blue Mussel, *Mytilus edulis* L., in Icelandic Waters. *Mar. Poll. Bull.* 32: 358-361.
- Walday M., Berge J.A. & N. Følsvik, 1997. Imposex og nivåer av organotinn hos populasjoner av purpursnegl (*Nucella lapillus*) i Norge. NIVA-rapport 3665-97. 28 s.



Figur 9. Figuren illustrerer ulike stadier av imposex (VDSI) hos hunner av purpursnegl (*Nucella lapillus*); i stadie 5 er kjønnsåpningen overvokst og sneglen steril, i stadie 6 er eggkapselen abortert. vd=sædleder, p=penis, cg=eggkjertel, gp= 'genital papillae', v=vulva, a=anus. Fra Gibbs *et al.* 1987.

Vedlegg A.

NUCELLA LAPILLUS (NL117IRL)

St. 21 Skolbuhlm.

sampled: 6 Juli 2002. /analysed: 6 Juli på levende ind. av LIS

Nr.	Code	SH	AH	Te	VS	Pr	Vd	Pe	Gen.		O	Od	Ag	Ig	Cg	oocyl/Imposex		Vag	in	Oc	stagi	type	male	Kommentar
									excr.	excr. paras														
----- hanner -----																								
1	21341 - 3_Nucla	26.7						4	0	0	0												1	
2		28.3						3.5	0	0	0												1	
3		27.4						3.5	0	0	0												1	
4		27.6						4.2	0	0	0												1	
5		23.4						4	0	0	0												1	
6		25.9						3	0	0	0												1	
7		24.2						4	0	0	0												1	
8		27.3						3	0	0	0												1	
9		25.3						4.2	0	0	0												1	
10		25.4						3.4	0	0	0												1	
11		26.5						4	0	0	0												1	
12		30.5						3.5	0	0	0												1	
13		27.6						3	0	0	0												1	
14		28.2						4	0	0	0												1	
15		28.4						4	0	0	0												1	
16		28.3						4.5	0	0	0												1	
17		28.5						4.5	0	0	0												1	
18		28.6						3.5	0	0	0												1	
19		25.6						3.6	0	0	0												1	
20		26.9						4	0	0	0												1	
21		27.1						4.5	0	0	0												1	
22		25.7						5	0	0	0												1	
23		28.8						5.2	0	0	0												1	
----- hanner -----																								
1	21341 - 3_Nucla	26.3						2.2	0	0	0												4	
2		24.3						2.2	0	0	0												4	
3		24.2						2	0	0	0												4	
4		24.3						2	0	0	0												4	
5		26.5						1.8	0	0	0												4	
6		26.4						2	0	0	0												4	
7		29.1						1.5	0	0	0												4	
8		28.9						2.6	0	0	0												4	
9		27.4						2.5	0	0	0												4	
10		27.6						2.4	0	0	0												5	
11		30						2.4	0	0	0												4	
12		26.7						2.2	0	0	0												4	
13		28						2.4	0	0	0												4	
14		28.4						2.8	0	0	0												4	
15		27.4						2	0	0	0												4	
16		25.9						2.2	0	0	0												4	
17		26.4						2	0	0	0												4	
18		25.8						2.2	0	0	0												4	
19		30						3	0	0	0												4	
20		27.8						1.5	0	0	0												4	
21		26.9						3.5	0	0	0												4	
22		28.4						2.2	0	0	0												4	
23		25.1						2	0	0	0												4	
24		28.4						2.4	0	0	0												4	
25		25.8						2	0	0	0												4	
26		27.5						2.4	0	0	0												4	
27		26.9						2.6	0	0	0												4	

min 24.2
 middel 27.05185185
 Max 30
 Stdev 1.594309682
 Antall 27
 var 2.541823362

no. of males:	23	MALE PENIS:	FEMALE PENIS:	IG:	MALES:
no. of females:	27	Mw: 3.917	Mw: 2.25926	Mw: #DIV/0!	sexual mature: #DIV/0!
VDS-index:	4.037037	Std: 0.576	Std: 0.41389	Std: #DIV/0!	obvious vesicula: #DIV/0!
Std. VDS:	0.1888526	Max: 5.2	Max: 3.5	Max: 0	genital excr.: 0
RPS (Gibbs):	0.1918259	Min: 3	Min: 1.5	Min: 0	other excr.: 0
RPL (Münster):	0.5767254				parasited: 0
		PROSTATE:	AG:	CG:	shell height: 27.05217391
SH/AH total:	#DIV/0!	Mw: #####	Mw: #DIV/0!	Mw: #DIV/0!	aperture height: #DIV/0!
SH/AH males:	#DIV/0!	Std: #####	Std: #DIV/0!	Std: #DIV/0!	
SH/AH females:	#DIV/0!	Max: 0	Max: 0	Max: 0	FEMALES:

NUCELLA LAPILLUS (NL117IRL)

St. 30 Kråka (IVH holmen)

sampled: 3 og 4. Juli 2002. /analysed: 4 Juli på levende ind. av LIS

Nr.	Code	SH	AH	Te	VS	Pr	Vd	Pe	Gen. other			O	Od	Ag	Ig	Cg	oocy/Imposex		male	Kommentar
									excr.	excr.	paras.						Vag	in Oc		
-----hanner																				
1	21341 - 3_Nucla	29.7						4	0	0	0								1	
2		28.4						3.8	0	0	0								1	
3		29.1						4.5	0	0	0								1	
4		30.4						3.2	0	0	0								1	
5		27.9						4.8	0	0	0								1	
6		24.4						3.8	0	0	0								1	
7		28.4						4	0	0	0								1	
8		23.8						4	0	0	0								1	
9		27.5						4.6	0	0	0								1	
10		28.2						4.2	0	0	0								1	
11		28.8						4.2	0	0	0								1	
12		29.7						5	0	0	0								1	
13		30						4.6	0	0	0								1	
14		25.5						3.5	0	0	0								1	
15		28.1						6.5	0	0	0								1	
16		27.6						3.5	0	0	0								1	
17		27.5						3.2	0	0	0								1	
18		26.1						4	0	0	0								1	
19		25.1						4.2	0	0	0								1	
20		24.9						3.2	0	0	0								1	
21		30.6						4.5	0	0	0								1	
22		27.1						4	0	0	0								1	
23		26.6						4.2	0	0	0								1	
24		27.5						4	0	0	0								1	
25		28.4						4.2	0	0	0								1	
26		26.9						3.5	0	0	0								1	
27		25.9						4	0	0	0								1	
-----hunner																				
1	21341 - 3_Nucla	27.7						2.4	0	0	0								4	
2		23.8						2.2	0	0	0								4	
3		29.2						2.5	0	0	0								5	
4		28						2.5	0	0	0								4	
5		27.2						2.4	0	0	0								4	
6		28.5						2.6	0	0	0								4	
7		29.5						2.2	0	0	0								4	
8		27.4						2	0	0	0								4	
9		28						2.2	0	0	0								4	
10		27.6						2.2	0	0	0								4	
11		23.3						2	0	0	0								4	
12		29						1.8	0	0	0								4	
13		24.6						2.2	0	0	0								4	
14		25.6						2.5	0	0	0								4	
15		28.9						2.5	0	0	0								4	
16		32.7						3	0	0	0								4	
17		23.3						2.2	0	0	0								4	
18		28.5						2.2	0	0	0								4	
19		25.2						2.5	0	0	0								4	
20		26.7						2	0	0	0								4	
21		31.5						2.2	0	0	0								4	
22		30.4						2.5	0	0	0								4	
23		33.2						2.2	0	0	0								5	

min	23.3
middel	27.8173913
Max	33.2
Stdev	2.71605324
Antall	23

no. of males:	27	MALE PENIS:	FEMALE PENIS:	IG:	MALES:	
no. of females:	23	Mw: 4.119	Mw: 2.30435	Mw: #DIV/0!	sexual mature:	#DIV/0!
VDS-Index:	4.0869565	Std: 0.658	Std: 0.25105	Std: #DIV/0!	obvious vesicula:	#DIV/0!
Std. VDS:	0.2817713	Max: 6.5	Max: 3	Max: 0	genital excr.:	0
RPS (Gibbs):	0.1751544	Min: 3.2	Min: 1.8	Min: 0	other excr.:	0
RPL (Münster):	0.5595089				parasited:	0
		PROSTATE:	AG:	CG:	shell height:	27.55925926
SH/AH total:	#DIV/0!	Mw: #####	Mw: #DIV/0!	Mw: #DIV/0!	aperture height:	#DIV/0!
SH/AH males:	#DIV/0!	Std: #####	Std: #DIV/0!	Std: #DIV/0!		
SH/AH females:	#DIV/0!	Max: 0	Max: 0	Max: 0	FEMALES:	

NUCELLA LAPILLUS (NL117IRL)

St. 31 Ognakalv sør

sampled: 02 Juli 2002. /analysed: 02 Juli på levende ind. av LIS

Nr.	Code	SH	AH	Te	VS	Pr	Vd	Pe	Gen. other			O	Od	Ag	Ig	Cg	oocylImposex		Vag in Oo	stagi	type	male	Kommentar
									excr.	excr.	paras						hanner	hunner					
1	21341 - 3_Nucla	31						4	0	0	0											1	
2		29.4						2.5	0	0	0											1	
3		27.5						3.5	0	0	0											1	
4		28.2						4.5	0	0	0											1	
5		25.8						4	0	0	0											1	
6		29.8						4.2	0	0	0											1	
7		29.4						4	0	0	0											1	
8		29.1						3.5	0	0	0											1	
9		29.7						4.5	0	0	0											1	
10		27.5						3.5	0	0	0											1	
11		26.5						2.5	0	0	0											1	
12		26.9						4	0	0	0											1	
13		26.9						3.5	0	0	0											1	
14		27.7						4.5	0	0	0											1	
15		27						3.5	0	0	0											1	
16		25.5						4	0	0	0											1	
17		30.5						4	0	0	0											1	
18		29						4.2	0	0	0											1	
19		27.2						3	0	0	0											1	
20		28.6						4	0	0	0											1	

1	21341 - 3_Nucla	28						1.8	0	0	0											4	
2		27.4						3	0	0	0											4	
3		28.4						2.8	0	0	0											4	
4		30.4						2.6	0	0	0											5	
5		28.9						2.2	0	0	0											4	
6		30						2.5	0	0	0											5	
7		27.6						2.2	0	0	0											4	
8		29.1						2	0	0	0											4	
9		25.3						0.5	0	0	0											4	
10		28						2.5	0	0	0											4	
11		27.5						2.5	0	0	0											4	
12		26.4						2.5	0	0	0											4	
13		27.2						2.5	0	0	0											4	
14		26						2.5	0	0	0											4	
15		25.8						3.8	0	0	0											5	
16		29.4						2.6	0	0	0											4	
17		24.1						2	0	0	0											4	
18		28.3						2.4	0	0	0											4	
19		28.8						2	0	0	0											4	
20		28.7						2.5	0	0	0											4	
21		29.4						2.5	0	0	0											4	
22		27.3						2.2	0	0	0											4	
23		26.4						3	0	0	0											4	
24		29.9						3	0	0	0											4	
25		29.2						2.2	0	0	0											4	
26		27.1						3	0	0	0											4	
27		26.7						3	0	0	0											4	
28		26.1						2.5	0	0	0											4	
29		28.5						3	0	0	0											4	
30		30						3.5	0	0	0											4	

min 24.1
 middel 27.86333333
 Max 30.4
 Stdev 1.556849899
 Antall 30

no. of males: 20 MALE PENIS: FEMALE PENIS: IG: MALES:
 no. of females: 30 Mw: 3.77 Mw: 2.51 Mw: #DIV/0! sexual mature: #DIV/0!
 VDS-Index: 4.1 Std: 0.571 Std: 0.57466 Std: #DIV/0! obvious vesicula: #DIV/0!
 Std. VDS: 0.3 Max: 4.5 Max: 3.8 Max: 0 genital excr.: 0
 RPS (Gibbs): 0.295119 Min: 2.5 Min: 0.5 Min: 0 other excr.: 0
 RPL (Münster): 0.6657825 parasited: 0
 PROSTATE: AG: CG: shell height: 28.16
 SH/AH total: #DIV/0! Mw: ##### Mw: #DIV/0! Mw: #DIV/0! aperture height: #DIV/0!
 SH/AH males: #DIV/0! Std: ##### Std: #DIV/0! Std: #DIV/0!
 SH/AH females: #DIV/0! Max: 0 Max: 0 Max: 0 FEMALES:

Vedlegg B.

Kjemiske analyser av tinnorganiske forbindelser i snegl:

Opparbeidelse av biologiske prøver - For å frigjøre de tinnorganiske forbindelsene fra det biologiske vevet (matriks) blir 1-2 g (0,5-5 g) av prøvene oppsluttet med en blanding av metanol og lut over natten. Lutblandingen bryter ned bindingene mellom tinnkomponentene og vevet, og tinnkomponentene løses deretter som "frie" klorider og hydroksider. Den påfølgende derivatiserings-prosessens effektivitet er svært avhengig av surhetsgrad (pH) og det er derfor nødvendig med en justering av pH etter oppslutningen. Derivatiseringen (omdannelsen) utføres deretter direkte i vandig løsning ved å tilsette en gitt mengde av en løsning av natriumtetraethylborat i metanol. Heksan tilsettes (samtidig som natriumtetraethylborat) Prøvene ristes godt og står deretter i 10 minutter slik at omdannelsen er fullstendig . Så settes prøvene på ristebord for å ekstrahere de tetraalkylerte tinnforbindelsene. Omdannelsen og ekstraksjonen gjentas en gang. Ekstraktene renser på gel permeation chromatography (GPC) før ekstraktene oppkonsentreres ved inndamping med nitrogen til et sluttvolum som passer til det forventede nivå.

Analysemetodikk - Identifisering og kvantifisering av de tinnorganiske forbindelser er utført ved hjelp av GC-AED. Det er brukt en Hewlett Packard 5890 gasskromatograf med kapillærkolonne koblet til en HP 5921A atomemisjons-detektor. Injeksjonene er utført med en HP 7673 automatinjektor. Prøvene injiseres på en 30 m HP-5 kolonne som separerer forbindelsene hovedsaklig etter stigende kokepunkt slik at de letteste forbindelsene kommer ut først. I enden av kapillærkolonnen føres analyttene inn i et mikrobølgeindusert heliumplasma. Her atomiseres og eksiteres analyttene og lyset som sendes ut måles med et spektrofotometer.

Kalibreringen gjøres ved at en syvpunkts kalibreringskurve kjøres for hver prøveserie som analyseres. Prøvene tilsettes også en intern standard som brukes i kvantifiseringen for å korrigere for tap under opparbeidelsen. Identifisering er gjort ved å derivatisere de rene standardene og analysere disse hver for seg.

Kvalitetssikring - Det analyseres en injisering av en kjent standard for hver tiende reelle prøve som kjøres på gasskromatografen. I tillegg kontrolleres opparbeidelseprosessen ved hjelp av analyser av et biologisk referansemateriale (NIES no. 11), og renheten ved opparbeidelse av en blindprøve for hver prøveserie.

Vedlegg C.

Det er utarbeidet en serie rapporter og notater innenfor overvåkingen av Kårstøterminalen. Flere institutter har vært involvert: NIVA, NHL, IMB (Institutt for Marinbiologi i Bergen) og SI (Sentralinstitutt for industriell forskning). Listen nedenfor gir en kronologisk oversikt over rapportene:

- Haugen, I.N., Bakke, T., Kirkerud, L., Molvær, J., Rygg, B., 1980. Petrokjemianlegg på Kårstø. Programforslag. NIVA, rapport O-80070, 16 sider pluss vedlegg 8 sider.
- Haugen, I.N., Bakke, T., Molvær, J., 1980. Petrokjemianlegg på Kårstø. Foreløpig vurdering av resipientforholdene. NIVA, rapport O-80070, 17 sider.
- Erga, S.R., Haugen, I., Bakke, T., Heimdal, B., Molvær, J., Sørensen, K., 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Primærproduksjonsprogram. Revidert utgave, 12.2.1981. NIVA, rapport O-80070, 10 sider.
- Haugen, I.N., Bakke, T., Bjerkgeng, B., Dundas, I. (IMB), Erga, S.R., Green, N., Heimdal, B. (IMB), Kirkerud, L., Lichtenthaler, R. (SI), Pedersen, A., Rygg, B., Skei, J., Sukke, T., Sørensen, K., Sørås, P. (NHL), Thendrup, A. (NHL), Tryggestad, A. (NHL), Wassmann, P. (IMB), 1981. Gas Terminal at Kårstø. Marine environmental baseline and monitoring program. Research proposal October 15th, 1981. NIVA, rapport O-80070, NHL, rapport 603053, 48 sider pluss 27 sider vedlegg.
- Erga, S.R., 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Prosjektstatus for primærproduksjonsprogrammet for perioden 1. januar 1981 til 7. mai 1981. NIVA, rapport O-80070, 4 sider pluss 47 sider vedlegg.
- Erga, S.R., 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Prosjektstatus for primærproduksjonsprogrammet for perioden 7. mai 1981 til 10. juli 1981. NIVA, rapport O-80070, 2 sider.
- Erga, S.R., Sørensen, K., 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Rapport fra studiereise til NIOZ-TEXEL i Nederland 24.- 28. august 1981. NIVA, rapport O-80070, 4 sider.
- Erga, S.R., 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Prosjektstatus for primærproduksjonsprogrammet for perioden 7. mai 1981 til 18. september 1981. NIVA, rapport O-80070, 102 sider.
- Haugen, I.N., Pedersen, A., 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Vurdering av inntaks- og utslippsdyp for kjølevann. NIVA, rapport O-80070, 17 sider.
- Haugen, I.N., Bakke, T., Erga, S.R., Green, N., Kvalvågnæs, K., Pedersen, A., Sørensen, K., 1982. Petrokjemianlegg på Kårstø. Foreløpig oppsummering fra fase I (1981). NIVA, rapport O-80070, 12 sider.
- Erga, S.R., Sørensen, K. 1981. Petrokjemianlegg på Kårstø. Primærproduksjon februar - november 1981. Planteplanktonets biomasse og produksjon sett i relasjon til beitepress, hydrografi, lys og næringssalter. NIVA, rapport O-80070, bind 1 og 2.
- Bakke, T., N. W. Green, I. Haugen, K. Kvalvågnæs og A. Pedersen. 1984. Petrokjemianlegg på Kårstø. Fastsittende alger og dyr. Undersøkelser 1981-1983. L-1602. O- 82138. 166s.
- Wikander, P. B. 1988. Biologiske undersøkelser av den marine resipient rundt Kårstø. Bløtbunnsfauna status 1983. NIVA-rapport L-2193. O- 84072. 88s.
- Pedersen, A. 1989. Petrokjemianlegg på Kårstø. Nedbeiting av benthosalger i Førlandsfjorden. NIVA-rapport L-2187. O-87152. 14.s.
- Rygg, B. 1990. Biologiske undersøkelser av den marine resipient ved Kårstø. Bløtbunnsfauna 1983-1989. NIVA -rapport O-88120. 36s.
- Pedersen, A., T. Bakke og N. W. Green. 1990. Biologiske undersøkelser av den marine resipient ved Kårstø. Fastsittende alger og dyr 1983-1989. NIVA - rapport L-2441. O- 88120. 152s.
- Pedersen, A. T. Bakke, B. Rygg og N. W. Green, 1990. Biologiske undersøkelser av den marine resipient ved Kårstø. Sammenfatning. 1981-1989. NIVA -rapport L-2440. O-88120. 41s.
- Walday, M. 1993. Utslipp av monoetylenglykol i samband med ilandføring av Sleipner kondensat til Kårstø - en miljøvurdering. NIVA-notat O-93106.
- Pedersen, A. og N. W. Green, 1996. Sleipnerkondensat på Kårstø. Overvåking av det marine miljø – Hardbunn. NIVA-rapport L 3585. O-95106. 165s.

- Pedersen, A, T. Bakke og M. Walday, 1998. Prosessanlegget på Kårstø. Supplerende undersøkelser av det marine miljø. Årsvariasjon - Hardbunnssamfunn.
- Walday, M. Bakke, T. 1998. Lekkasje av produksjonsvann fra en ballasttank ved Statoils anlegg på Kårstø. Sediment- og vannanalyser samt en biologisk befaring. NIVA-rapport 3902. 36 s.
- Walday, M. Bakke, T. 1999. Lekkasje av produksjonsvann fra ballasttank ved Statoils anlegg på Kårstø. Supplerende sedimentundersøkelser. NIVA-rapport 4001. 26 s.
- Vogelsang, C. 2001. Slamvekst i renseanlegget for oljeholdig vann på Kårstø. NIVA-rapport 4327. 8 s.