

Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2014



Strandsnegl
(*Littorina littorea*)



Nettsnegl
(*Nassarius reticulatus*)



Kongsnegl
(*Buccinum undatum*)

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

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

Tittel Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2014	Løpenr. (for bestilling) 6719-2014	Dato 3.10.2014
	Prosjektnr. Undernr. O-14067	Sider 24
Forfatter(e) Lise Tveiten og Tone Kroglund	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) AS Nymo	Oppdragsreferanse
-----------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Sedimentene i Vikkilen ved Grimstad er sterkt forurenset av tributyltinn (TBT) fra verftsvirksomheten til AS Nymo. TBT er meget giftig og forårsaker kjønnsforstyrrelse i marine snegler. Forstyrrelsen kalles imposex hos nettsnegl og kongsnegl og intersex hos strandsnegl. Siden 2005 er kjønnsforstyrrelse hos fire sneglearter blitt undersøkt i Vikkilen. Resultatene fram til 2014 viser entydig forbedring av kjønnsstilstanden hos strandsnegl og nettsnegl. Det er fortsatt økende grad av kjønnsforstyrrelse i marine snegler langs en gradient fra ytre skjærgårdsområde og innover i Vikkilen.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tributyltinn 2. Imposex 3. Intersex 4. Snegl 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tributyltin 2. Imposex 3. Intersex 4. Marine snails
---	--

Lise Tveiten
Lise Tveiten
Prosjektleder

Morten Schaanning
Morten Schaanning
Forskningsleder

**Undersøkelser av imposex og intersex i marine
snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2014**

Forord

Foreliggende undersøkelse er gjennomført av NIVA på oppdrag fra AS Nymo. Undersøkelsen er en oppfølging av tidligere undersøkelser for å følge utviklingen av kjønnsforstyrrelser (intersex hos strandsnegl og imposex hos nettsnegl og kongsnegl) i Vikkilen. Det foreligger tilsvarende undersøkelser fra 2005, 2008, 2011 til 2014.

Innsamling av marine snegler for analyse av TBT og kjønnsforstyrrelser (imposex og intersex) er gjort av Lise Tveiten. Hun har også forfattet denne delen av rapporten sammen med Tone Kroglund.

Alle de kjemiske analysene av TBT-innhold i snegler og sedimenter er utført av Eurofins.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Per Ståle Windegaard. NIVAs prosjektleder er Lise Tveiten.

Grimstad, 3.10.2014

Lise Tveiten

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Formål	8
1.3 Tidligere undersøkelser	8
1.4 Metodikk	9
1.4.1 Innsamling og håndtering av prøver	9
1.4.2 Analyse og klassifisering av imposex/intersex-stadier	10
1.4.3 Kvalitetskontroll	12
1.5 Resultater og vurderinger	13
2. Samlet vurdering	18
3. Referanser	19
4. Vedlegg	21

Sammendrag

Tributyltinn (TBT) har vært brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-tallet og ble faset ut rundt 2008. TBT er meget giftig for en rekke arter, brytes svært langsomt ned og er fortsatt et alvorlig miljøproblem. På grunn av skadevirkningen ble det i 1990 innført TBT-forbud for båter mindre enn 25 m. Fra 2003 ble det også forbudt for båter større enn 25 m og fra 2008 ble tilstedeværelse av slike bunnstoffer som ytterlag på skip forbudt.

TBT har klare hormonhermende effekter på enkelte arter av snegl. Det er utviklet internasjonale metoder for tilstandsklassifisering av disse effektene og de kalles imposex og intersex. Strandsnegl (*Littorina littorea*) utvikler intersex mens nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), kongsnegl (*Buccinum undatum*) og purpursnegl (*Nucella lapillus*) utvikler imposex.

I Vikkilen ved Grimstad har det vært drevet skipsbygging siden 1750-årene og i lang tid var dette landets viktigste skipsbyggingsområde. AS Nymo ble etablert i 1946 og fikk flytende dokk i 1963 hvor sandblåsing og påføring av bunnstoff ble en viktig aktivitet. På grunn av TBT-holdig skipsmaling, ble aktiviteten en kilde til TBT-forurensning i Vikkilen. Dokkaktiviteten ble avsluttet i 2013.

Sedimentene i Vikkilen er forurenset med høye TBT-konsentrasjoner. Tilstand og utvikling er fulgt opp gjennom mange undersøkelser. I 2005 ble det påvist at bunnsedimentene i hele Vikkilen var meget sterkt forurenset av TBT og strandsnegl hadde tydelige kjønnsforstyrrelser (intersex). Siden 2005 er det blitt samlet inn strandsnegl, nettsnegl, kongsnegl og purpursnegl fra stasjoner i Vikkilen og fjordområdet utenfor.

De foreliggende resultatene fra Vikkilen viser en forbedring i grad av kjønnsforstyrrelser hos både strandsnegl og nettsnegl fra målingene startet i 2005. Det er en økende grad av kjønnsforstyrrelse innover i kilen og høyest nærmest AS Nymo.

I 2005 var 99 % av **strandsneglene** utenfor AS Nymo sterile. De siste undersøkelser i 2014 viser at strandsneglene fra alle stasjonene nå er friske, unntatt stasjonen nærmest AS Nymo hvor det ennå er tegn til kjønnsforstyrrelser hos strandsnegl (tilstandsklasse II). I 2005 -2010 hadde sneglene fra AS Nymo høy grad av imposex (tilstandsklasse V) og var sterile, så det har vært en betydelig forbedring ved denne stasjonen.

Nettsnegl viser også en positiv, men svakere, utvikling over tid og er fortsatt sterkt påvirket. Nettsnegl er mer følsom for TBT og graden av kjønnsforstyrrelse er i tilstandsklasse IV (*dårlig*) ved de tre innerste stasjonene og tilstandsklasse III (*moderat*) ved Skjeviga. På Håøya (6 km fra Nymo) var graden av kjønnsforstyrrelse endret fra tilstandsklasse III (*moderat*) til tilstandsklasse II (*god*). Alle stasjonene viste en forbedring i kjønnsforstyrrelsen fra tidligere år. Konsentrasjonen av TBT i vev var på samme nivå som i strandsnegl, men de biologiske effektene av TBT var mye større.

En undersøkelse av **kongsnegl** ble igangsatt på to stasjoner i Vikkilen i 2013 for å inkludere en art som lever på sediment og hardbunn på noe dypere vann. Denne arten viste også klare kjønnsforstyrrelser på samme nivå som nettsnegl, med dårligst tilstand innerst i fjorden og bedring utover i fjorden. Snegl fra Nymo og Hasseldalen hadde imposexstadier i tilstandsklasse IV (*dårlig*) i 2014.

Samlet viser resultatene at strandsnegl, som for det meste lever på fjellbunn, har raskere restituerende av kjønnsforstyrrelsen enn nettsnegl og kongsnegl, som lever i og på sedimentet. Undersøkelsene av de tre snegleartene bør følges videre i et overvåkingsprogram for å undersøke hvor mye lengre tid nettsnegl og kongsnegl trenger på å bli friskmeldt i forhold til strandsnegl, og for å følge utviklingen av kjønnsforstyrrelsen etter gjennomføring av planlagte tiltak på sedimentene i indre Vikkilen.

Summary

Title: Investigations of imposex and intersex in marine snails in Vikkilen in Grimstad in the period 2005–2014.

Year: 2014.

Authors: Lise Tveiten and Tone Kroglund.

Source: Norwegian Institute for Water Research (NIVA), ISBN No.: 978-82-577-6454-8.

Tributyltin (TBT) has been used as an active agent in antifouling paint on ships since the 1960s. Due to its high toxicity, new application on ship hulls was prohibited in 2003 and after 2008 no vessels are allowed to have TBT in their antifouling coating.

TBT has been shown to interfere with biological processes in a range of species. Most notably it causes disruption of the sexual development in marine snails. Internationally agreed classification of these effects has to some extent been implemented, termed intersex in the common periwinkle (*Littorina littorea*) and imposex in the mud snail (*Nassarius reticulatus*), common whelk (*Buccinum undatum*) and dogwhelk (*Nucella lapillus*).

The shipyard AS Nymo in Vikkilen bay at Grimstad has been in operation since 1946, with sand blasting and recoating of hulls as important activities. Until the legislative ban on TBT this shipyard was the primary source of the extremely high levels of TBT in the sediments in Vikkilen. The sand blasting and recoating activities were terminated in 2013.

Sediment contamination in Vikkilen has been monitored for many years, and in 2005 intersex/imposex studies were included. The 2005-survey showed that the periwinkle suffered from severe imposex disturbance. Mud snails, dogwhelks and common whelk have later been included in the studies. The study area covers a gradient of stations from outside Vikkilen to the innermost part close to the shipyard.

The results show a gradual improvement of sexual disruption in periwinkles and mud snails from 2005 to 2014. However, there is still a strong increasing gradient in disruption for these species from the outermost station (6 km south of Vikkilen) to the station next to the shipyard.

In 2005, 99 % of the periwinkles outside the shipyard were sterile. In 2014, the periwinkles at all stations were healthy except the station close to the shipyard. The mud snail also showed an improvement over time although it was far less pronounced than in periwinkles. The common whelk was included in 2013 to reflect conditions in slightly deeper water than the mud snails represent. The common whelk had about the same frequency of sexual disruption as mud snails.

In summary, the periwinkle living mostly on hard substrate, demonstrated a more rapid recovery than the sediment dwelling mud snails. Further monitoring is recommended in order to determine recovery from sexual disruption in sediment dwelling snails, and to assess potential positive effects of planned sediment remediation in Vikkilen.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Tributyltinn (TBT) har vært brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-tallet og er blant de giftigste stoffer som er introdusert til det marine miljø. TBT er meget giftig for en rekke arter og miljøgiften er også observert i marine pattedyr (Berge mfl. 2004). Eksempelvis får østers «immunrespons» med skallfortykning, andre muslinger får redusert vekst (Alzieu 1991), mens krepsdyr kan få endret adferd (Fent 1996). Kjønnsforstyrrelser som følge av påvirkning av TBT er påvist hos mer enn to hundre arter av snegl (Tittley-O'Neal mfl. 2011).

TBT gir klare hormonhermende effekter hos enkelte arter av snegl og det er utviklet internasjonale metoder for tilstandsklassifisering av disse effektene (OSPAR 2008, 2009). De biologiske effektene kalles imposex og intersex. Strandsnegl (*Littorina littorea*) utvikler intersex mens nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), kongsnegl (*Buccinum undatum*) og purpursnegl (*Nucella lapillus*) utvikler imposex imposex (se Faktaboks om de undersøkte artene). Begge effektene arter seg som endringer i kjønnskarakterene eller påvirkning av vev som har betydning for reproduksjonen og i de mest fremskredne stadier medfører endringene sterilitet.

TBT brytes svært langsomt ned i naturen (Berge mfl. 2006) og er fortsatt et alvorlig miljøproblem. Siden 1990 har det i Norge vært forbudt å bruke TBT-holdig bunnstoff på båter mindre enn 25 m. Fra 2003 ble det også forbudt for båter større enn 25 m og fra 2008 ble tilstedeværelse av slike bunnstoffer som ytterlag på skip forbudt. Forbudet har hatt en positiv virkning og viser en nedgang i tilfeller av imposex hos purpursnegl langs hele norskekysten (Green mfl. 2012).

I Vikkilen ved Grimstad har det vært drevet skipsbygging siden 1750-årene og området var landets viktigste skipsbyggingsområde i lang tid. AS Nymo ble etablert i 1946 og fikk anlagt en flytedokk i 1963 hvor sandblåsing og påføring av bunnstoff ble en viktig aktivitet. På grunn av TBT-holdig skipsmaling ble AS Nymo en kilde til TBT-forurensning i Vikkilen. Denne aktiviteten er nå avsluttet.

En omfattende kartlegging av forurensningstilstanden i sedimentene i Vikkilen i 2004/2005 (Næs mfl. 2005) og 2008 (Bakke mfl. 2008) viste at hele Vikkilen var meget sterkt forurenset av TBT og det ble samtidig gjort intersex-bestemmelser av strandsnegl som viste klare hormonforstyrrelser. Risikovurderinger av bunnsedimentene er utført i 2008, 2011 og 2012 (Bakke mfl. 2008 og 2012, Bakke og Næs 2012) og det er utarbeidet en tiltaksplan for området (Bakke og Næs 2014).

Det er også gjort undersøkelser på naturtyper og innhold av miljøgifter i gruntvannsområdene i 2014, dette blir rapportert i en separat rapport (Kroglund mfl. 2014).

Snegleartene som er benyttet i undersøkelsen

Nettsnegl

Nettsneglen (*Nassarius reticulatus*) lever delvis nede i sedimentet og eksponeres direkte for TBT i sediment og porevann. Det er vist at nettsnegl er langt mer følsom for TBT enn for eksempel strandsnegl (OSPAR 2009).

Tidligere undersøkelser fra NIVA (Berge mfl. 2006) har vist at hunner av nettsnegl som oppholdt seg på TBT-forurenset sediment utviklet hannlig kjønnskarakter (imposex) i løpet av en periode på 4 uker på grunn av den hormonforstyrrelsen som TBT gir.

Strandsnegl

Strandsnegl (*Littorina littorea*) er den vanligste marine sneglearten vi har, og den tåler høyere TBT-påvirkning enn de fleste andre snegl. Strandsnegl finnes i hele Vikkilen og det er påvist høyere intersex-stadium enn noe annet sted NIVA har undersøkt (stadiet 4, hunnsnegl med penis). Nest høyest stadiumer påvist fra en småbåthavn i indre Oslofjord i 1999 der det ble påvist snegl med intersex-stadier opp til 2,6 (Berge mfl. 1999).

Purpursnegl

Purpursnegl (*Nucella lapillus*) lever på svaberg i strandsonen i mer bølgeeksponerte områder og finnes derfor av naturlige grunner ikke inne i Vikkilen. Purpursnegl tilhører en gruppe snegler (neogastropoder) som er spesielt ømfintlig for tinnorganiske forbindelser. Purpursnegl har inngått i overvåking langs norskekysten siden 1991 (Green mfl. 2012).

Kongsnegl

Kongsnegl (*Buccinum undatum*) lever som nettsnegl, på og i sedimentet, men på dypere vann. Kongsnegl er rovdyr og åtseleter. Kongsnegl har inngått i overvåking av snegl i Vikkilen i 2003 og 2013.

De undersøkte sneglene har forskjellig følsomhet overfor TBT. Purpursneglen er meget følsom og utvikler imposex ved konsentrasjoner ned til 1 ng/l (nanogram – en milliard-del gram) (Gibbs mfl. 1987). Nettsnegl og kongsnegl tåler litt mer enn purpursnegl (2-3 ng/l) (Laughlin og Linden 1987) mens strandsnegl er mye mer tolerant (10 ng/l) (Bauer mfl. 1997).

1.2 Formål

Formålet med undersøkelsen har vært å gi en oversikt over

- grad av kjønnsforstyrrelser som TBT forårsaker hos ulike snegl i Vikkilen
- utviklingen over tid

Undersøkelsen i 2014 er en oppfølging av tidligere undersøkelser i 2005-2013 og omfatter analyser av miljøgifter og kjønnsforstyrrelser hos strandsnegl (*Littorina littorea*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*) fra stasjoner med ulik avstand til AS Nymo og den tidligere tørrdokka.

1.3 Tidligere undersøkelser

Tidligere undersøkelser fra NIVA (Berge mfl. 2006) har vist at hunner av nettsnegl som oppholdt seg på TBT-forurenset sediment utviklet hannlig kjønnskarakter (imposex) i løpet av en periode på 4 uker på grunn av den hormonforstyrrelsen som TBT gir. Nettsneglen lever delvis nede i sedimentet og eksponeres direkte for TBT i sediment og porevann. Det er vist at nettsnegl er langt mer følsom for TBT enn strandsnegl (OSPAR 2009).

1.4 Metodikk

1.4.1 Innsamling og håndtering av prøver

Det ble innsamlet strandsnegl (*Littorina littorea*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*) (**Figur 1** og **Figur 2**) for analyse av TBT-innhold og stadium av kjønnsforstyrrelser. Tidligere er også purpurnegl (*Nucella lapillus*) benyttet til undersøkelsen, men den ble ikke samlet inn i 2014.

Sneglene ble samlet fra til sammen 6 stasjoner med ulik avstand til AS Nymo og den tidligere tørrdokka. Stasjonsplasseringen er den samme som i 2005-2013 og er vist i **Figur 3**. Den nærmeste stasjonen ligger rett utenfor AS Nymo mens stasjon 1 (Håøya) ligger lengst borte med ca. 6 km til AS Nymo.

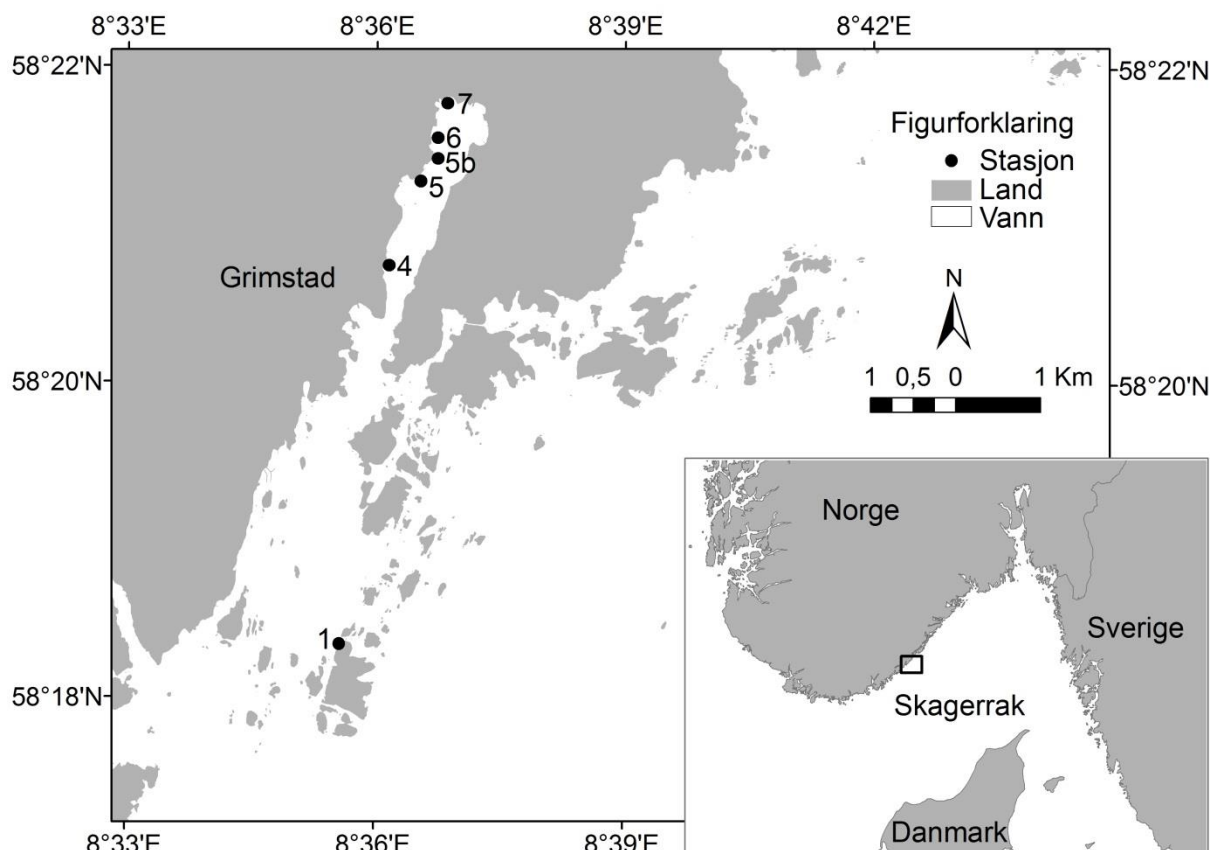
Det ble samlet inn 50 individer fra hver stasjon av strandsnegl og nettsnegl. Av kongsnegl ble det kun funnet 21 snegl på st. 6 og 11 stk på stasjon 4. Sneglene ble oppbevart levende i kjøleskap ved + 4 °C inntil analyser av imposex og intersex, som ble utført på laboratoriet under lupe så raskt som mulig etter innsamling. Før analysene bedøves strandsnegl, nettsnegl og kongsnegl med en 7% MgCl₂-oppløsning for maksimal avslapning av muskler (OSPAR 2008).



Figur 1. Fra venstre: Strandsnegl (*Littorina littorea*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), purpurnegl (*Nucella lapillus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*). Foto: NIVA.



Figur 2. Øverst: Innsamling av nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) på grunt vann. Nederst: Innsamling av kongsnegl (*Buccinum undatum*) ved bruk av felle med fiskeåte. Foto: NIVA.



Figur 3. Stasjonsoversikt for snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2014.

1.4.2 Analyse og klassifisering av imposex/intersex-stadier

Innhold av TBT i vev fra snegl er klassifisert etter SFT-veileder TA-1467/1997 (**Vedleggstabell A**).

Innsamling, opparbeiding og analyser av de ulike stadier følger internasjonale standarder (OSPAR 2008, 2009). Metodikken for strandsnegl, nettsnegl og purpurnegl er tidligere beskrevet i Tveiten mfl. (2012).

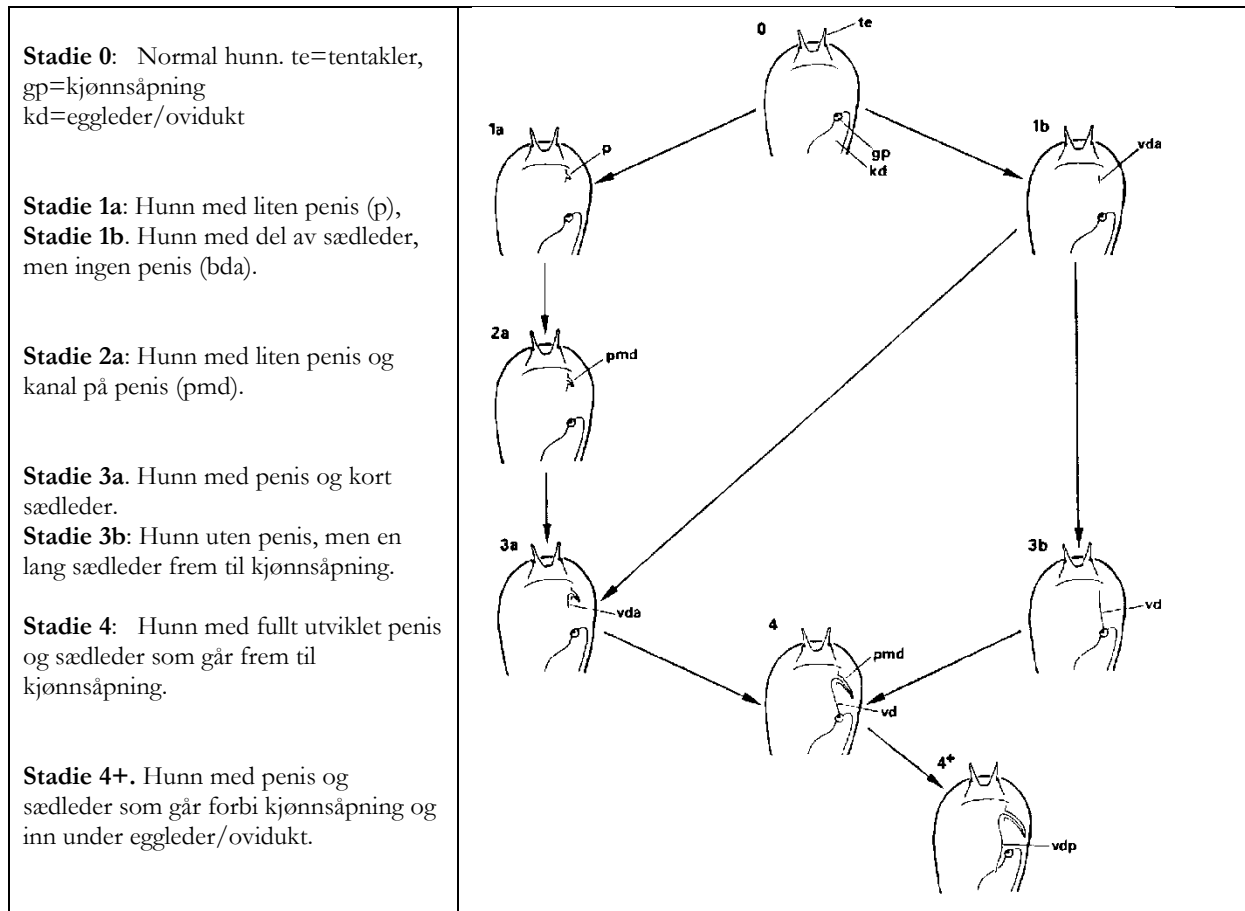
Kongsnegl

Kongsnegl er særkjønnet og det er forskjell på hanner og hunner. Ved påvirkning av TBT utvikler hunnene imposex, dvs. de utvikler sædleder og penis i tillegg til normale hunnlige kjønnskarakterer. Graden av imposex kan bestemmes på samme måte som for nettsnegl (**Figur 4**) (OSPAR 2008).









Graden av imposex bestemmes ut fra en sædlederutvikling (Vas Deferens Sequence Index – VDSI=VDS/antall hunner). Det er 5 imposex-stadier for kongsnegl (Vas Deferens Stage/SequenceVDS) hvorav stadie 0 er friske individer og stadie 4 er dårligste tilstand (**Figur 4**). Metoden er beskrevet i OSPAR 2008.

I tillegg er imposex-klassifisering «VDSI» brukt i vår undersøkelse i 2013 og 2014. Undersøkelsen i 2003 inkluderte en penis klassifiseringsindeks (PCI) (Mensink mfl. 1997) som først og fremst beskriver hvor velutviklet pseudopenis er (**Figur 5** og **Figur 6**).

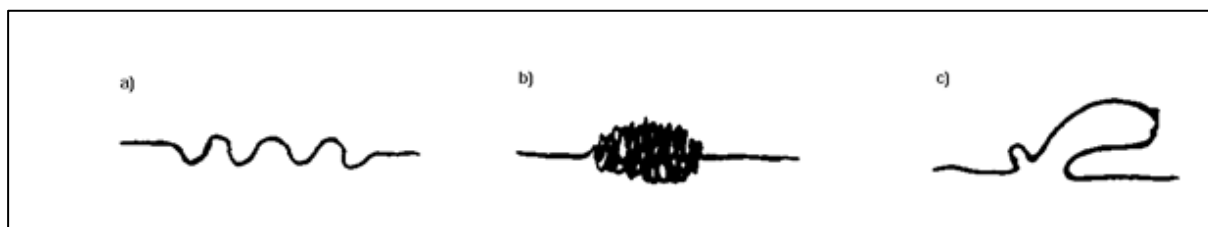
Det er også andre synlige endringer av de reproduktive organer som følge av imposex, som f.eks en ”dobbel penis”, en spalting av pseudopenis (Fioroni mfl. 1991) (**Figur 6**).



Figur 4. Imposex klassifisering for nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) og kongsnegl (*Buccinum undatum*) (OSPAR 2008).

	Imposexstadie	Sett ovenfra	Sett fra siden
	Imposex stage	seen from above	seen from the side
Stadie 0 = frisk og normal hunn	0		
		No development of penis. Smooth epithelium at the site, where males have their penis.	
Stadie 1. Liten utvekst indikerer utvikling av penis	1		
		Small knob at penis site indicating the development of a penis.	
Stadie 2: Liten penis, men uten riktig form.	2		
		Small structure penis, which can wobble and be lifted up from the epithelium of the foot.	
Stadie 3: Ser ut som en normal penis.	3		
		Penis is bent and with a shape which tends to look like a normal male penis.	

Figur 5. Imposex klassifisering for kongsnegl og penis klassifiseringsindeks (PCI) (OSPAR 2008).



Figur 6. a) Imposex endringer av sædleder hvor den har fått en mindre buktning og b) tydelig krøll slik at den minner om hannens seminale vesikel, c) dobbelt penis (Strand 2004).

1.4.3 Kvalitetskontroll

NIVA har deltatt i alle internasjonale interkalibreringsøvelser arrangert av Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe (QUASIMEME) som er relevant for analyser av imposex og intersex. Forrige ringtest for intersex hos strandsnegl foregikk i 2008 og for imposex hos purpurnegl i 2012.

NIVA har i tillegg deltatt på workshop i Aberdeen for å lære om metoden imposex på kongsnegl og strandsnegl, intersex på strandsnegl, og gjennomført internt kurs for opparbeidelse av kongsnegl med bl.a. snegl fra Vikkilen.

1.5 Resultater og vurderinger

Strandsnegl

Strandsneglundersøkelsene i Vikkilen fra 2005 til 2014 viser en positiv utvikling i intersex-tilstand (reduisert ISI-indeks, **Tabell 1**, **Figur 7** og **Figur 8**). **Tabell 1** presenterer ISI-indeksen hos strandsnegl fra innerst i Vikkilen og ut til Håøya. Resultatene viser en nedadgående trend i indeksverdi over tid på alle stasjonene. ISI er et gjennomsnitt av intersex-stadiene (for nærmere metodeforklaring, se Tveiten mfl. 2012). Stadie 0 består av friske snegl og i stadier over 2 blir dyrene sterile og med tydelig synlige skader.

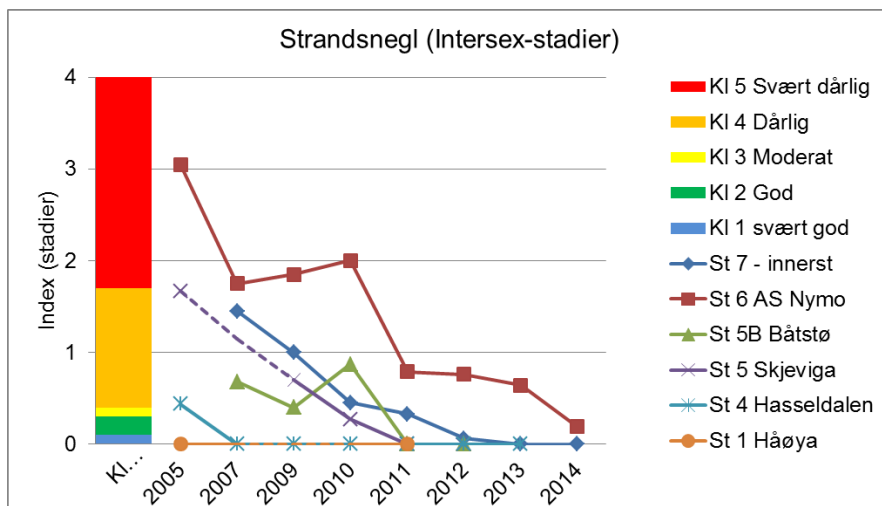
På stasjon 6 (AS Nymo) i 2005 ble det funnet hunnsnegl med penis med ISI-indeks på 3,05 (tilstandsklasse V – *svært dårlig*). Enkelte strandsnegl var i stadie 4, noe man kun finner ved meget høye TBT-konsentrasjoner. Etter 2005 har intersexverdiene hatt en positiv utvikling på alle stasjonene (**Figur 7**). På stasjon 4 ved Hasseldalen har tilstanden vært god (tilstandsklasse I) siden 2007 og ved stasjon 7 innerst i Vikkilen har den vært god siden 2013 (**Tabell 1** og **Figur 7**). Det betyr at det ikke lenger er tegn til kjønnsforstyrrelser i strandsnegl ved disse stasjonene. Også ved stasjon 6 AS Nymo har indeksverdien blitt betydelig redusert og er nå på 0,19 som tilsvarer tilstandsklasse II -*god*.

Konsentrasjonen av TBT i strandsnegl er analysert i perioden 2005-2014 (**Figur 8**). De to siste årene er stasjonene st. 4, 6 og 7 analysert. Etter et svært høyt nivå i 2010 har nå TBT-nivået i strandsnegl gått betydelig ned. Konsentrasjonen er < 100 µg/kg ved st. 4 Hasseldalen og st. 7 innerst i Vikkilen, mens st. 6 AS Nymo hadde ca. 200 µg/kg. Analyseresultatene av TBT-konsentrasjoner i snegl i 2014 er vist i **Vedleggstabell A**. Det er ikke utviklet egne klassegrenser for TBT i snegl, men dersom man benytter klassegrensene for blåskjell (**Vedleggstabell B**) tilsvarer dette Klasse I for stasjon 4 og 7, og klasse II for stasjonene ved AS Nymo.

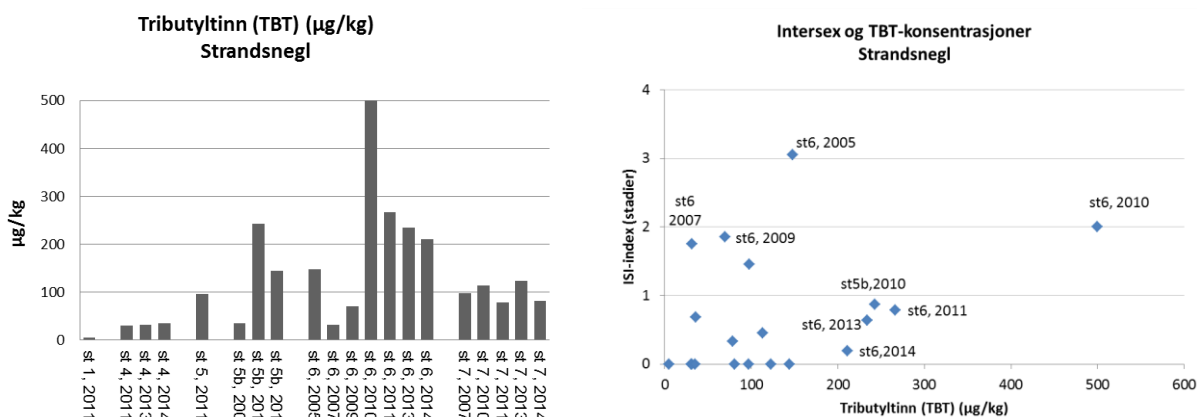
Strandsnegl tåler høyere TBT-påvirkning enn de fleste andre snegl før de utvikler intersex.

Tabell 1. Intersex-stadier hos strandsnegl (*Littorina littorea*) i perioden 2005-2014 vist som gjennomsnittlig ISI-indeks. Tilstandsklasser er gitt iht. Strand mfl. (2006) og OSPAR (2009), se **Vedleggstabell C og D**. Rød=svært dårlig, oransje=dårlig og grønn=god. Blå farge viser friske snegl.

	2005	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014
St 7 - innerst		1,45	1	0,45	0,33	0,06	0	0
St 6 AS Nymo	3,05	1,75	1,85	2	0,79	0,76	0,64	0,19
St 5B Båtstø		0,68	0,4	0,87	0	0		
St 5 Skjeviga	1,67			0,27	0	0		
St 4 Hasseldalen	0,44	0		0	0	0	0	0
St 1 Håøya	0				0			



Figur 7. Intersex-stadier hos strandsnegl (*Littorina littorea*) i perioden 2005-2014.



Figur 8. TBT-innhold i strandsnegl (*Littorina littorea*) i perioden 2005-2014(venstre) og TBT-innhold plottet mot ISI-indeks (høyre).

Nettsnegl

NIVA startet i 2007 med å undersøke imposex hos nettsnegl på stasjonene 4, 5b, 6 og 7. På st. 4 ble det i 2007 kun funnet 4 snegl, hvorav to hunner i stadium 4. Som vist i **Tabell 2** og **Figur 9** har det vært høy grad av imposex og liten forskjell mellom disse stasjonene i hele perioden fra 2007 til 2013 med unntak av st. 4 som har vist en gradvis bedring. De øvrige stasjonene har vist liten endring i imposex over tid, men likevel med en svak bedring etter 2009. Fra 2010 ble nettsnegl også innsamlet fra st. 1 og 5 lenger ute i Vikkilen. På disse stasjonene er det tydelig en nedadgående trend i kjønnsforstyrrelse fra 2010.

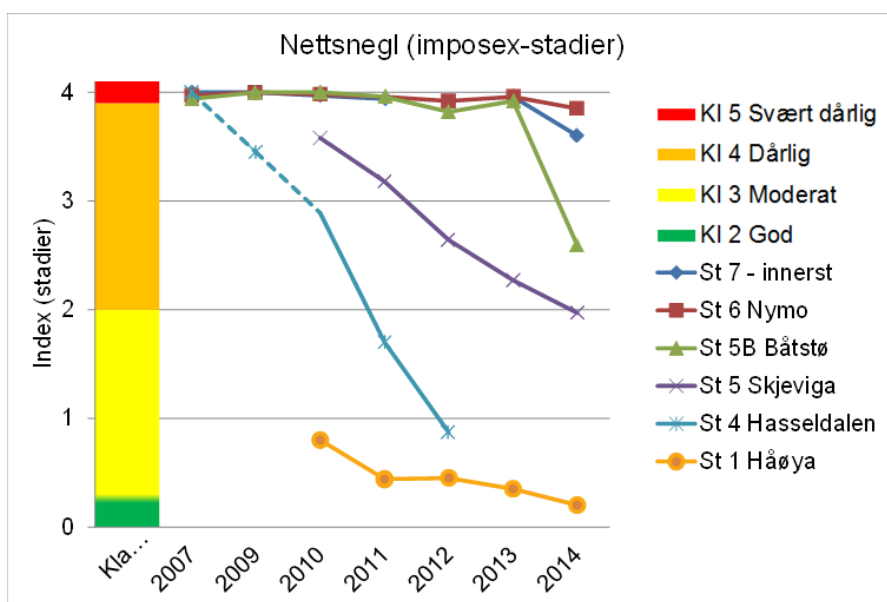
Konsentrasjonen av TBT i sneglene har variert noe usystematisk fra år til år og uten noen nedadgående trend (**Figur 10**). Figuren indikerer at kjønnsforstyrrelsen begynner ved et vevsinnhold av TBT på ca. 10 µg/kg og at VDSI-indeksen når høyeste verdi før nivået er 100 µg TBT/kg. Denne følsomheten samsvarer med det som er funnet for purpurnegler i CEMP-programmet (Green mfl. 2012). Målinger i nettsnegl fra alle stasjoner viser en klar reduksjon i kjønnsforstyrrelse og på st. 5 Skjevika er tilstandsklassen nå moderat og på st. 1 Håøya er tilstanden i 2014 god. (**Figur 9**).

Det er også interessant at TBT-nivåene i nettsnegl (**Figur 10**) stort sett er på samme nivå som strandsnegl (**Figur 8**) fra samme stasjoner, til tross for at nettsneglen lever i tett kontakt med sedimentet. Forskjellen kan skyldes ulik biologi. Kanskje får strandsnegl i seg TBT-holdige partikler når den beiter på stein og fast bunn, mens nettsnegl unngår dette ved å være rovdyr og åtseleter.

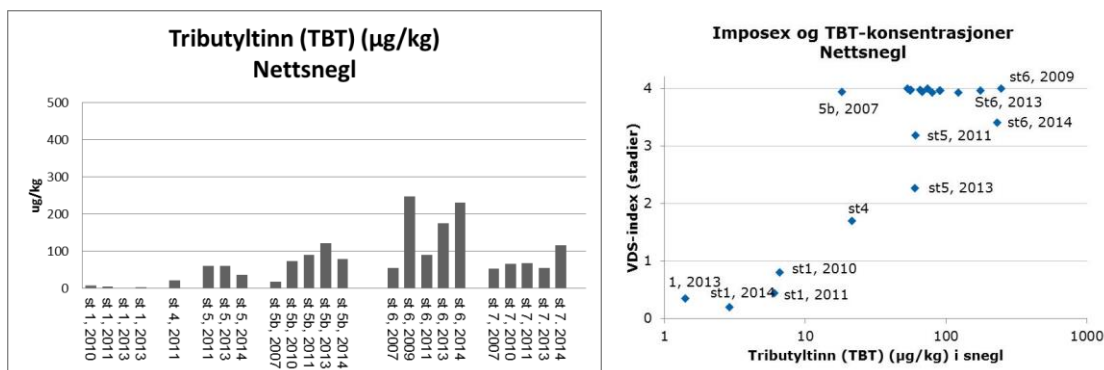
Tabell 2. Imposex-stadier (vist som VDSI) hos nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) 2007-2014. Tilstandsklasser er gitt iht. Strand mfl. (2006) og OSPAR (2009), se **Vedleggstabell C og D**. Rød=svært dårlig, oransje=dårlig, gul=moderat tilstand og grønn=god.

	2007	2009	2010	2011	2012	2013	2014
St 7 - innerst	4	4	3,97	3,94		3,96	3,6
St 6 AS Nymo	3,97	4		3,96	3,92	3,96	3,85
St 5B Båstø	3,94	4	4	3,96	3,82	3,92	2,59
St 5 Skjeviga			3,58	3,18	2,64	2,27	1,97
St 4 Hasseldalen	4*		2,89	1,7	0,87		
St 1 Håøya			0,8	0,44	0,45	0,35	0,2

* Dette tallet er kun basert på to hunner



Figur 9. VDSI-index i nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) 2007-2014. Verdien fra st.4 i 2007 er kun basert på to hunner, og det ble ikke samlet inn snegl igjen før 2010 (indikert med stiplet linje).



Figur 10. TBT-innhold i nettsnegl (*Nassarius reticulatus*) i perioden 2007-2014 og gjennomsnittlig imposex-stadier plottet mot TBT-konsentrasjoner i snegl (grafnen til høyre).

Kongsnegl

Kongsnegl er vanlig i hele Europa og Nord-Amerika. Den lever på litt dypere vann enn nettsnegl og finnes på sedimenter i fjorder og kyststrøk ned til 1200 m dyp. Kongsnegl er rovdyr og åtseleterer som lever på og i noen grad også i sedimentet og er derfor mer utsatt for oppkonsentrering av TBT fra sedimentene enn strandsnegl. Den er som nettsnegl, mer følsom for TBT-påvirkning enn strandsnegl og det er påvist skader ved konsentrasjoner på 2-3 ng/l (OSPAR 2009) (**Figur 11**). Kongsnegl kan gi informasjon om TBT-belastningen på litt dypere vann.



Figur 11. a: Foto av en kongsneglhann med penis. b: Kongsneglhunn med penis VDS-stadie 1 og c. kongsneglhunn i VDS-stadie 3 (Foto: NIVA).

Kongsnegl ble fanget i feller ved to stasjoner: st. 6 AS Nymo og st. 4 Hasseldalen. Fellene ble satt ut på 10-15 m dyp og ca. 50 m ut fra land. På stasjon 4 måtte fellene i 2014 flyttes litt dypere (ca. 10-25 m) for å få tak i nok snegl.

I 2013 og 2014 ble det fanget henholdsvis 11 og 10 snegl på st. 4 og 21 og 39 snegl på st. 6.

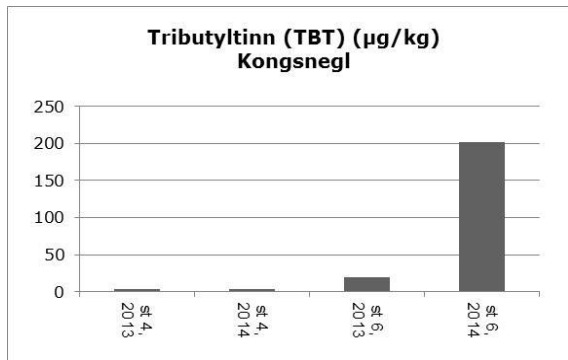


Tabell 3 viser imposexstadiene for kongsnegl i 2013 og 2014. Stasjon 6 var i tilstandsklasse IV (*dårlig*) begge årene. Stasjon 4 var i tilstandsklasse III (*moderat*) i 2013, og i tilstandsklasse IV (*dårlig*) i 2014. Den tilsynelatende forverringen fra 2013 til 2014 kan skyldes at sneglene ble fanget på noe større dyp, men to år er for kort tid til å fastslå en trend.

TBT-konsentrasjonen i kongsnegl på st. 6 (AS Nymo) var 19,9 µg/kg i 2013 og 201 µg/kg i 2014 (**Figur 12**). Grunnen til det økte innholdet er ikke kjent, men store variasjoner fra et år til et annet kan forekomme og kan skyldes at sneglene i 2014 var større og eldre enn i 2013, som kan medvirke til høyere TBT-innhold. Som det fremgår av **Figur 10** og **Figur 12** var TBT-nivået i kongsnegl lavere enn i nettsnegl fra samme stasjon, men begge arter har høyere TBT-nivå i 2014 enn i 2013.

Tabell 3. Imposex-stadier (vist som VDSI) hos kongsnegl (*Buccinum undatum*) i 2013 og 2014. Tilstandsklasser er gitt iht. Strand mfl. (2006) og OSPAR (2009), se **Vedleggstabell C og D**. Orange=dårlig og gul=moderat tilstand.

	Kongsnegl	
	2013	2014
St 6 AS Nymo	3,8	3,4
St 4 Hasseldalen	1,14	2



Figur 12. TBT-innhold i Kongsnegl (*Buccinum undatum*) i 2013 og 2014.

2. Samlet vurdering

- Tributyltinn (TBT) har vært brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-tallet og i Vikkilen ved Grimstad ble AS Nymo en kilde til TBT-forurensning på grunn av den TBT-holdige skipsmalingen. Bruk av TBT-holdig bunnstoff har vært totalforbudt siden 2008 på grunn av de skader som ble funnet på marine organismer, spesielt utvikling av imposex og intersex hos snegl.
- Det har vært en forbedring i grad av kjønnsforstyrrelser hos marine snegl etter 2005, men det er fortsatt en økende grad av kjønnsforstyrrelse innover i kilen og høyest grad av forstyrrelse nærmest stasjon 6 AS Nymo:
 - Det ble funnet store kjønnsforstyrrelser hos strandsnegl i Vikkilen i 2005, men undersøkelsene viser en klart positiv utvikling av tilstanden i perioden 2005-2014. I 2014 var det bare strandsnegl nærmest AS Nymo som hadde intersex-skader. Tilstandsklassen var endret fra klasse V (*svært dårlig*) i 2005 til tilstandsklasse II (*god*) i 2014.
 - Nettsnegl viser også en positiv utvikling. På st. 5 Skjeviga bedret VDSI-verdien seg i 2014 til tilstandsklasse III (*moderat*) og st. 1 Håøya viste tilstandsklasse II (*god*). TBT-innholdet i nettsnegl var jevnt over lavere enn i strandsnegl. Likevel var kjønnsforstyrrelsen hos nettsnegl betydelig høyere. Dette samsvarer med det faktum at strandsnegl er mindre følsom for TBT enn nettsnegl.
 - Kongsnegl viser samme imposexstadier som nettsneglen og er i tilstandsklasse IV (*dårlig*). TBT-innholdet i snegl fra st. 6 hadde økt betydelig i 2014, men det er for kort tidsserie til å fastslå om dette reflekterer en utvikling over tid.
- Det er forventet at kjønnsforstyrrelsen hos nettsnegl vil vare lengre enn hos strandsnegl, fordi nettsneglen lever nede i det TBT-forurensete sedimentet, mens strandsneglen helst lever på hardbunn og er i mindre direkte kontakt med sedimentet. Resultatene bekrefter at dette så langt er tilfelle.
- Undersøkelsene av de tre snegleartene bør følges videre i et overvåkingsprogram for å undersøke hvor mye lengre tid nettsnegl og kongsnegl trenger på å bli friskmeldt i forhold til strandsnegl, og for å følge utviklingen av kjønnsforstyrrelsen etter gjennomføring av planlagte tiltak på sedimentene i indre Vikkilen.

3. Referanser

- Alzieu, C. 1991. Environmental problems caused by TBT in France: assessment, regulations prospects. *Mar. Env. Res.* 32, 7-17.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K., Eek, E. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-rapp TA-2229. 12 s.
- Bakke, T., Håvardstun, J., Næs, K., Schaanning, M., Oug, E., Rygg B. 2008. Miljøtekniske undersøkelser ved AS Nymo as i Vikkilen. Supplerende undersøkelser, risiko og tiltaksvurdering. NIVA-rapport 5669. 80 s.
- Bakke, T., Håvardstun, J., Lillicrap, A., Macken, A., Allan, I., Næs, K. 2012. Revidert risikovurdering og tiltaksplan for sjøsedimentene i Vikkilen, delområde B og C. NIVA- rapport 6272, 32 s.
- Bakke, T., Næs, K. 2012. Risikovurdering og tiltaksplan for sjøsedimentene i Vikkilen. NIVA-rapport 6380-2012. 39 s.
- Bakke, T., Næs, K. 2014. Risikovurdering og revidert tiltaksplan for sjøsedimentene i Vikkilen. NIVA-rapport 6688-2014. 36 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.
- Berge, J.A., Brevik, E., Bjørge, A., Følsvik, N., Gabrielsen, G.W., Wolkers, H. 2004. Organotin in marine mammals and seabirds from Norwegian territory.
- Berge, J.A., Amundsen, C.E., Eggen, T., Hylland, K., Bøe, E. 2006. Naturlig nedbrytning og biotilgjengelighet av tinnorganiske forbindelser i marine sedimenter. NIVA-rapport 4996, SFT rapp. TA-2091/2005, 72 s.
- Berge, J.A., Walday, M., Green, N.W., Brevik, E.M., Følsvik, N., Tveiten, L. 1999. Organotin in the Oslofjord – still an environmental problem? Poster presentert på 2. Nordic marine Sciences Meeting, Hirtshals 2-4 mars 1999.
- Fent, K. 1996. Ecotoxicology of organotin compounds, *Critical Reviews in Toxicology* 26, 1, 1-117.
- Fioroni P., Oehlmann J. and Stroben E. (1991), “The pseudohermaphroditism of prosobranchs; morphological aspects”, *Zoologischer Anzeiger* 226(1), s.1-26.
- 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., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.G., Tveiten, L. 2012. Coordinated environmental monitoring programme (CEMP). Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2011. Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. NIVA-rapport 6432, Klima- og forurensningsdirektoratet, Statlig program for forurensningsovervåking, SPFO rapportnr. 1132/2012, TA nr. 2974/2012, 264 s.
- Kroglund, T., Tveiten, L., Håvardstun J, 2014. Vikkilen 2014. Kartlegging av biotoper og innhold av miljøgifter i sedimenter i sjøområdene grunnere enn 5 meters dyp. NIVA-rapport 6723-2014.
- Laughlin, R.B. og Linden, O. 1987. Tributyltin contemporary environmental issues. *Ambio* 16: 252-6.
- Mensink B. P., van Hattum B., ten Hallers-Tjabbes C. C., Everaarts J. M., Kralt H., Vethaak A. D. and Boon J. P. (1997), “Tributyltin causes imposex in the common whelk, *Buccinum undatum*. Mechanism

- and occurrence ”, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Rapport 6, Den Burg, Texel, the Netherlands.
- Næs, K., Tveiten, L., Håvardstun, J. 2005. Sedimentundersøkelser i Vikkilen knyttet til fylkesvis tiltaksplan. NIVA-rapport 5040. 60 s.
- OSPAR 2008. JAMP Guidelines for Contaminant-Specific Biological Effects. Technical Annex 3: TBT-specific biological effects monitoring) 2008-9. 48 s.
- 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.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT Veiledning 97:03. SFT TA-1467/1997. 36 s.
- Strand, J. 2004. Teknisk anvisning for marin overvågning, eds. Andersen, Markager & Ærtegjerg. 4.6. Biologisk effektmonitorering – imposex og intersex i havsnegle. 20-10-04.
- Strand, J., Larsen, M.M., Næs, K., Cato, I., Dahllöf, I. 2006. Tributyltin (TBT). Forekomst og effekter i Skagerrak. Rapport fra Forum Skagerrak II. Uddevalla, Sweden. 39 s.
- Titley-O’Neal, C.P., Munkittrick, K.R., MacDonald, B.A. 2011. The effects of organotin on female gastropods, Critical review. J. Environ. Monit. 13, 2360-2388.
- Tveiten, L., Schøyen, M., Bakke, T. 2012. Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2012. NIVA-rapport 6447-2012. 30 s.
- Tveiten, L., Bakke, T. 2013. Undersøkelser av imposex og intersex i marine snegler i Vikkilen ved Grimstad i perioden 2005-2013. NIVA-rapport 6608-2013. 26 s.

4. Vedlegg

Vedleggstabell A. TBT-konsentrasjoner målt i ulike sneglsnegl. Analyseresultater fra Eurofins, 20.06.2014.

Rekvisisjonsnr : 2014-01123		Mottatt dato : 20140528		Godkjent av : MAR		Godkjent dato: 20140620					
Prosjektnr : O 14067 03											
Kunde/Stikkord : Vikkilen 2014											
Kontaktp./Saksbeh. : LIS											
Analysevariabel		MBT- B EF	DBT- B EF	TBT- B EF	TPhT- B EF	9DOT- B EF	9MOT- B EF	9TCHT- B EF	9TTBT- B EF		
Enhet ==>		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg		
Metode ==>		SOP- No. 03	SOP- No. 03	SOP- No. 03	SOP- No. 03	SOP- No. 03	SOP- No. 03	SOP- No. 03	SOP- No. 03		
PrNr	Merking	Prøvetype									
1	1 Nassarius	Vevsprøve	15	1.9	2.9	0.6	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3	
2	5 Nassarius	Vevsprøve	14.1	22.5	36.2	1.2	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3	
3	5b Nassarius	Vevsprøve	25.2	52.9	79.8	2.1	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3	
4	6 Nassarius	Vevsprøve	50.4	90.1	230	7.3	<0.4	<0.4	<0.3	0.9	
5	7 Nassarius	Vevsprøve	45.0	116	116	9.2	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3	
6	St4 Kongsnegl	Vevsprøve	32.5	29.1	3.1	16.3	<0.4	<0.4	<0.3	2.3	
7	St6 Kongsnegl	Vevsprøve	206	201	201	9.2	<0.4	<0.4	<0.3	0.9	
8	St4 Littorina	Vevsprøve	11.9	17.0	34.7	0.7	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3	
9	St6 Littorina	Vevsprøve	85.8	118	211	9.2	<0.4	<0.4	<0.3	2.1	
10	ST7 Littorina	Vevsprøve	28.9	41.5	80.7	1.5	<0.4	<0.4	<0.3	<0.3	

Vedleggstabell B. Miljødirektoratets Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann ut fra organismers innhold av miljøgifter (SFT TA-1467/1997). Det foreligger ingen TBT klassifisering på snegl, kun blåskjell.

Tabell 8. Klassifisering av tilstand ut fra organismers innhold av metaller, arsen og fluorid. * ved verdien i kl. I markerer forandring fra tidligere (justeringer i de øvrige klasser ikke avmerket). Ny parameter er merket **.

Arter/vev:	Parametre:	Tilstandsklasser:				
		I Ubetydelig- Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Blæretang og grisetang øvre 10 cm (tørrvektsbasis)	Arsen (mg/kg)	< 50	50 - 150	150 - 350	350 - 700	> 700
	Bly (mg/kg)	< 1*	1-3	3-10	10 - 30	> 30
	Fluorid (mg/kg)	< 15	15 - 50	50 - 100	100 - 300	> 300
	Kadmium (mg/kg)	< 1.5	1.5 - 5	5 - 20	20 - 40	> 40
	Kobber (mg/kg)	< 5*	5 - 15	15 - 50	50 - 150	> 150
	Krom (mg/kg)	< 1	1 - 5	5 - 15	15 - 50	> 50
	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.05	0.05 - 0.15	0.15 - 0.5	0.5 - 1	> 1
	Nikkel (mg/kg)	< 5	5 - 25	25 - 50	50 - 100	> 100
	Sink (mg/kg)	< 150 *	150 - 400	400 - 1000	1000 - 2500	> 2500
	Sølv (mg/kg)	< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 5	5 - 10	> 10
Blåskjell bløtdeler minus lukkemuskler (tørrvektsbasis)	Arsen (mg/kg)	< 10	10 - 30	30 - 100	100 - 200	> 200
	Bly (mg/kg)	< 3*	3 - 15	15 - 40	40 - 100	> 100
	Fluorid (mg/kg)	< 15	15 - 50	50 - 150	150 - 300	> 300
	Kadmium (mg/kg)	< 2	2 - 5	5 - 20	20 - 40	> 40
	Kobber ¹⁾ (mg/kg)	< 10	10 - 30	30 - 100	100 - 200	> 200
	Krom (mg/kg)	< 3	3 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 4	> 4
	Nikkel (mg/kg)	< 5	5 - 20	20 - 50	50 - 100	> 100
	Sink ¹⁾ (mg/kg)	< 200	200 - 400	400 - 1000	1000 - 2500	> 2500
	Sølv (mg/kg)	< 0.3	0.3 - 1	1 - 2	2 - 5	> 5
TBT ²⁾ ** (mg/kg)	< 0.1	0.1 - 0.5	0.5 - 2	2 - 5	> 5	
Vanlig strandsnegl bløtdeler (tørrvektsbasis)	Arsen (mg/kg)	< 30	30 - 75	75 - 300	300 - 600	> 600
	Bly (mg/kg)	< 10	10-25	25 - 75	75 - 150	> 150
	Kadmium (mg/kg)	< 2	2 - 8	8 - 25	25 - 50	> 50
	Kobber (mg/kg)	< 150	150 - 300	300 - 750	750 - 1500	> 1500
	Krom (mg/kg)	< 3	3 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.5	0.5 - 2	2 - 5	5 - 10	> 10
	Nikkel (mg/kg)	< 10	10 - 30	30 - 100	100 - 200	> 200
	Sink (mg/kg)	< 100	100 - 300	300 - 1000	1000 - 2000	> 2000
Sølv (mg/kg)	< 3	3 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40	
Torsk filét (friskvektsbasis)	Kvikksølv (mg/kg)	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.5	0.5 - 1	> 1

¹⁾ Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner. Tang er bedre som indikator.

²⁾ Tributyltinn. Grensen for kl. I er beregnet ut fra vannkvalitetskriterium på 1 ng/l (kfr. Zabel et al. 1988, Moore et al. 1992) og et forhold mellom konsentrasjonene i blåskjell (våttvektsbasis) og vann på ca. 10000. Forholdet skjell : vann varierer fra ca. 5000 til over 50000, og øker med avtagende TBT-innhold i vannet (Knutzen et al. 1995 m.ref.). Ved svak belastning (1 ng/l og mindre) kan det derfor antas at bruk av et forholdstall på 10000:1 gir en sikkerhetsmargin (0,1 mg/kg tørrvekt i blåskjell tilsvarer < 1 ng/l i vann).

Vedleggstabell C. OSPARs vurderingskriterier for TBT-spesifikke effekter på snegl fordelt på 6 kvalitetsklasser. (OSPAR 2009). Tabellen viser grad av påvirkning på purpursnegl (*Nucella lapillus*), nettsnegl (*Nassarius reticulatus*), Kongsnegl (*Buccinum undatum*), stor havsnegl (*Neptunea antiqua*) og strandsnegl (*Littorina littorea*). Kategori A = høy kvalitet, B = god kvalitet, C= moderat, D = dårlig, E=svært dårlig og F = ekstrem dårlig.

Assessment class	<i>Nucella</i> VDSI	<i>Nassarius</i> VDSI	<i>Buccinum</i> PCI	<i>Neptunea</i> VDSI	<i>Littorina</i> ISI
A	< 0.3			< 0.3	
B	0.3 - <2.0	< 0.3 ¹	< 0.3 ¹	0.3 - <2.0	< 0.3 ²
C	2.0 - < 4.0	0.3 - <2.0	0.3 - <2.0	2.0 - <4.0 ³	
D	4.0 - 5.0	2.0 - 3.5	2.0 - <4.0		0.3 - < 0.5
E	>5.0 ⁴	> 3.5 ⁴	4.0 ⁴		0.5 - 1.2
F					> 1.2

¹ This species cannot be used to distinguish between class A and class B. The assessment class is therefore by definition B.

² This species cannot be used to distinguish between classes A, B and C. The assessment class is therefore by definition C.

³ This species cannot be used to distinguish between class C and higher classes. If a VDSI of 4.0 is reached, additional observations are required to determine the assessment class e.g. by using another species. If a VDSI of 4.0 is observed, the assessment class is by definition F.

⁴ These species cannot be used to distinguish between classes E and F. Therefore, additional observations are required to determine the assessment class e.g. by using another species. If the VDSI (*Nassarius*) or the PCI (*Buccinum*) is >3.5, the assessment class is therefore by definition F.

Vedleggstabell D. VDSI - Danske vurderingskriterier for TBT-spesifikke effekter på snegl fordelt på 5 kvalitetsklasser. Denne er basert på danske og utenlandske undersøkelser (Strand mfl. 2006). Rødkonk = vanlig havsnegl, Alm. konk = kongsnegl, Dværgkonk = nettsnegl (*Nassarius reticulatus*).

Kvalitetsklasse	I	II	III	IV	V
VDSI i purpursnegl	< 0,3	0,3 - < 2	2 - 4	> 4 - > 5	Forsvundet
ISI i alm. strandsnegl	< 0,3			0,3 - 1,2	> 1,2
VDSI i rødkonk	< 0,3	0,3 - < 2	2 - < 4	4 - 4+	
VDSI i alm. konk	< 0,3		0,3 - < 2	2 - < 4	4 - 4+
VDSI i dværgkonk	< 0,3		0,3 - < 2	2 - < 4	4 - 4+
Approx. TBT konc. (aq) (ng TBT/l)	"tæt på nul" (< 0,01)	0,01 - < 0,1	0,1 - < 1,5	1,5 - 15	> 15

Beskrivelse av de fem klassene for imposex for purpursneglen, som representant for den mest følsomme sneglearten (Strand mfl. 2006).

I	VDSI <0,3	Frekvensen av imposex er mindre end 30% i populationer av purpursnegl, der tilhører de mest følsomme arter av gastropoder. Koncentrasjonen av TBT og deraf følgende effekter vurderes "tæt på nul".
II	VDSI 0,3 - <2	Op til 100% imposex kan forekomme i de mest følsomme gastropod-populationer, men sterile hunner er ikke sannsynlig. Der vurderes at være en minimal risiko for alvorlige kroniske effekter i de mest følsomme arter i økosystemet forårsaget av langtidspåvirkninger, idet konsentrasjonen av TBT vurderes at være lavere end 0,1 ng/l, dvs. < EQS.
III	VDSI 2 - 4	Forekomst av sterile hunner i gastropod-populationer er mindre sannsynlig. Der vurderes at være risiko for alvorlige kroniske effekter i de mest følsomme arter, idet konsentrasjonen av TBT vurderes at være høyere end 0,1 ng/l, dvs. > EQS. Derimod er risikoen minimal for akutte effekter, idet konsentrasjonen av TBT vurderes at være lavere end ~1,5 ng/l, dvs. <MAC-QS.
IV	VDSI >4 - >5	Sterile hunner forekommer i de mere og eventuelt i de mindre følsomme gastropod-populationer. Der vurderes at være risiko for akutte effekter i de mest følsomme arter i økosystemet, idet konsentrasjonen av TBT vurderes (i gjennomsnitt) at være høyere end ~1,5 ng/l, dvs. <MAC-QS.
V	For- svundet	De mest følsomme gastropod-populationer er forsvundet. Sterile hunner kan dominere i de mindre følsomme gastropod-populationer. Der er risiko for både kroniske og akutte effekter i en rekke arter i økosystemet.

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