



RAPPORT LNR 4846-2004

## **O**vervåking NOAH Langøya 2003

Strandsoneregistreringer samt  
miljøgifter i blåskjell og  
sedimenter.

<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 Internet: <a href="http://www.niva.no">www.niva.no</a>	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 3 4879 Grimstad Telefon (47) 37 29 50 55 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Sandvikaveien 41 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Nordnesboder 5 5005 Bergen Telefon (47) 55 30 22 50 Telefax (47) 55 30 22 51	<b>Akvaplan-niva</b> 9296 Tromsø Telefon (47) 77 75 03 00 Telefax (47) 77 75 03 01
---	---	--	---	---

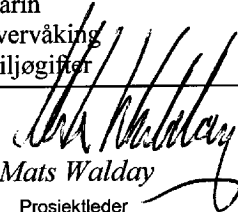
Tittel Overvåking NOAH Langøya 2003. Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell og sedimenter	Løpenr. (for bestilling) 4846-2004	Dato 2004.06.01
	Prosjektnr. Undernr. 24101	Sider Pris 38
Forfatter(e) Walday, Mats Green, Norman Norderhaug, Kjell Magnus	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NOAH Langøya AS	Oppdragsreferanse IO-nr. I,04-0089
-------------------------------------	---------------------------------------

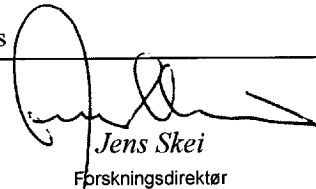
**Sammendrag**

Analyser av miljøgifter i blåskjell og sedimenter fra området utenfor NOAHs behandlingsanlegg for farlig avfall på Langøya i Oslofjorden har siden overvåkingen startet i 1994 stort sett indikert en god miljøtilstand i området. Tilstanden i blåskjell i 2003 kan for det meste klassifiseres som ubetydelig til moderat forurenset. Arsen og vanadium viste overkonsentrasjoner, dvs. over antatt høyt bakgrunnsnivå, i hele undersøkelsesområdet, med høyest verdier på de to stasjonene lengst unna Langøya (B7 og BK). Overkonsentrasjoner av bly og krom var begrenset til Langøya-stasjonene. Kadmium ble kun registrert med overkonsentrasjoner ved bulk-kaia. Det var lave nivåer av organiske miljøgifter på stasjon B3 og BK (Mølen), men TBT var forhøyet på begge stasjonene (hvh. klasse III og klasse II). De nye prøvetakingene utenfor bulk-kaia bekreftet at en har et problem med kontaminering av bly og kadmium utenfor kaia. Problemet er imidlertid begrenset til et mindre område. Siden 1996 har det vært en signifikant oppadgående trend i konsentrasjonen av arsen, kadmium og bly i blåskjell på stasjon B3 utenfor kaia. Nikkel viste derimot nedadgående trend på B3. Forøvrig var det ingen trender i resultatene. De endringer hos strandoneorganismer som er observert i forhold til tidligere år indikerer ingen redusert kvalitet hos de biologiske samfunnene på Langøya.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Langøya</li> <li>Marin</li> <li>Overvåking</li> <li>Miljøgifter</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Langøya island</li> <li>Marine</li> <li>Monitoring</li> <li>Micropollutants</li> </ol>
--	--

  
Mats Walday  
Prosjektleder

  
Kari Nygaard  
Forskningsleder

  
Jens Skei  
Forskningsdirektør

prosjekt 24101

**Overvåking NOAH Langøya 2003**

Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell og  
sedimenter

## Forord

Undersøkelsene i den foreliggende rapport er utført av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) på oppdrag for NOAH Langøya AS. De inngår i overvåkingen av resipienten utenfor NOAH Langøya AS anlegg for farlig avfall på Langøya.

Kontaktperson hos NOAH har vært Trygve Sverreson.

Blåskjellinnsamling ble gjennomført av personell ved NOAH Langøya i juli og november 2003.

Supplerende blåskjellinnsamling og strandsoneregistreringer ble utført av Kjell Magnus Norderhaug og Mats Walday (NIVA) i oktober 2003.

Opparbeiding av blåskjell er utført på NIVA av Åse Bakketun og Merete Schøyen.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Bente Lauritzen. Lill-Ann Kronvall var ansvarlig for analyse av de organiske miljøgiftene. TBT er analysert på Galab, mens dioxiner og nonortho-PCB er analysert på NILU.

Trendanalysene er utført av Norman Green, NIVA.

Resultatene fra kontrollstasjonen på Mølen er delvis basert på data fra "Joint Assessment and Monitoring Programme" (JAMP, se f.eks. Green et al. 2001).

Oslo, 1. juni 2004

*Mats Walday*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
1.1 Tilførsler til resipienten fra NOAH AS	9
<b>2. Metodikk</b>	<b>10</b>
2.1 Blåskjellpopulasjoner	10
2.2 Sedimentprøver	11
2.3 Strandsoneregistrering	11
2.4 Databearbeiding	11
<b>3. Resultater</b>	<b>13</b>
3.1 Metaller i blåskjell	13
3.2 Organiske miljøgifter i blåskjell	15
3.3 Gradienter og utvikling i blåskjell	15
3.4 Supplerende undersøkelser utenfor bulk-kai (stasjon B3)	22
3.5 Trendanalyse av metaller i blåskjell	23
3.6 Strandsoneregistreringer	28
<b>4. Referanser</b>	<b>31</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>33</b>
<b>Vedlegg B.</b>	<b>34</b>
<b>Vedlegg C.</b>	<b>37</b>

---

## Sammendrag

NOAH Langøya AS har et anlegg for behandling av farlig avfall på Langøya i Oslofjorden. I oktober 2003 undersøkte NIVA, på oppdrag av NOAH AS, metallinnholdet i blåskjell (*Mytilus edulis*) i området rundt Langøya og ved kontrollstasjonen på Mølen. Fra kontrollstasjonen og fra stasjon B3 på Langøya ble det også analysert organiske miljøgifter, inkludert tinnorganiske forbindelser (TBT). Det ble også analysert bunnsedimenter fra 2 områder på vestsiden av Langøya. Det ble videre foretatt registreringer av alger og dyr på tre strandsonestasjoner. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for farlig avfall på Langøya. NIVA utførte i 1994 en orienterende undersøkelse i området og siden 1996 er det utført årlige undersøkelser (se referanselisten for en oversikt over tidligere rapporter (Walday et al.)). I den foreliggende rapporten er resultatene fra 2003 presentert og sammenlignet med de tidligere undersøkelsene.

Samtlige blåskjellprøver hadde overkonsentrasjoner av arsen og vanadium, med høyest verdier på de to stasjonene lengst unna Langøya (B7 og BK). Overkonsentrasjoner av bly og krom var begrenset til Langøya-stasjonene, mens kadmium kun ble registrert med overkonsentrasjoner på en av Langøya-stasjonene. Bly har siden 1998 forekommet med overkonsentrasjoner i blåskjell utenfor Langøya. De fleste metaller viste laveste verdier på enten kontrollstasjonen på Mølen eller på Mulodden. Mølen var imidlertid markert forurenset av arsen og vanadium, og disse to stoffene viste overkonsentrasjoner på alle stasjoner. Dette kan ikke direkte knyttes til Langøyas virksomhet. Med overkonsentrasjoner menes konsentrasjoner større enn 'antatt høyt bakgrunnsnivå', dvs. øvre grense for det som er vanlig å finne langt unna punktkilder.

Forrige års undersøkelser viste relativt høye verdier for barium. Verdiene er nå vesentlig redusert på alle stasjoner.

Det var lave nivåer av organiske miljøgifter på stasjon B3 og BK, men TBT var forhøyet på begge stasjonene (hhv. klasse III og klasse II). TBT-forurensning har i forbindelse med en annen undersøkelse også vært registrert i sedimenter og blåskjell nærmere Holmestrand (Næs et al. 2002). Skipstrafikk og forurensete sedimenter i småbåthavner antas å være de viktigste kilder til TBT-forekomstene.

De endringer som er observert hos strandsoneorganismer, i forhold til tidligere år, indikerer ingen redusert biologisk kvalitet hos samfunnene på Langøya.

Siden NOAHs anlegg har utslipp av metallholdig avløpsvann til fjorden, kan man på generelt grunnlag anta at driften på Langøya bidrar til de overkonsentrasjoner av noen av de miljøgifter som er funnet i blåskjell. Det er imidlertid spill ved lossing av forurenset materiale ved bulk-kaia som sannsynligvis har gitt de største overkonsentrasjonene i muslinger og sedimenter. Resultater fra stasjonen ved Mulodden sør for Holmestrand og fra kontrollstasjonen på Mølen, samt andre undersøkelser som er gjort i området, viser som ventet at det finnes flere forureningskilder for Langøyaområdet enn NOAH-Langøya og at forureningsbildet er komplisert, særlig med hensyn til kildeidentifisering.

Helt siden undersøkelsene av metaller i blåskjell startet har resultatene stort sett indikert en god miljøtilstand i området. Den kan for det meste klassifiseres som ubetydelig forurenset, tilsvarende Klasse I i SFTs klassifiseringssystem. Overkonsentrasjoner av noen metaller har indikert at en har lokale kontamineringsproblemer ved lossingen av forurenset bulkmasse på Langøya - siden 1996 har det vært en signifikant oppadgående trend i konsentrasjonen av arsen, kadmium og bly i blåskjell på stasjon B3 utenfor kaia.

I perioden oktober 2002 til og med september 2003 ble det sluppet ut 633 527 m<sup>3</sup> vann fra NOAHs anlegg. Innholdet av metaller og andre miljøgifter i utslippsvannet tilfredstilte konsesjonskravet gjennom hele perioden.

## Summary

Littoral communities and concentrations of metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) were investigated by NIVA in 2003 as part of a monitoring programme for the marine recipient outside NOAH Langøya AS, receiving station for industrial waste on the island of Langøya in the Oslofjord. A brief inspection of the area was carried out by NIVA in 1994 (Walday & Helland 1994), and more comprehensive monitoring has been done yearly since 1996 (Walday 1997, 1998, 1999; Walday et al. 2000; Walday & Kroglund 2001, Walday et al. 2002). Results from the investigations are compared in this report.

In 2003, mussels were moderately to markedly polluted from As, V and Pb, this also includes the reference-station at Mølen. At some of the Langøya-stations, mussels were moderately polluted from Cr and Cd. There were still elevated concentrations of Pb and Cd in mussels and sediments outside station B3 in 2003. There was shown to be a significant trend of increasing levels of Cd, Pb and As in mussels at this station. The problem is now proven to be of local character, and related to the unloading of industrial waste.

Mussels were only slightly polluted from organic micro-pollutants. Levels of TBT were, however, elevated at both investigated stations (B3 and the reference BK). This is probably related to ships traffic and to polluted sediments in yacht harbours.

The investigation of the littoral communities from 2 stations on Langøya and the reference-station on Mølen has not shown any signs of negative influence from NOAHs activities on Langøya.

Levels of metals observed in blue mussels has generally indicated healthy environmental conditions in the recipient throughout the monitoring period. There are several other sources to pollution in the area than NOAH-Langøya. This complicates the assessment of NOAHs contribution.

Title: Monitoring NOAH Langøya 2003. Littoral communities and micropollutants in mussels and sediments

Year:2003

Author: Walday, Mats; Green, Norman; Norderhaug, Kjell Magnus.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4369-0



# 1. Innledning

Målsetningen med undersøkelsene er å overvåke resipienten for å undersøke om NOAH Langøyas utslipp og aktiviteter har påvirket eller påvirker livet i sjøen rundt Langøya.

Langøya ligger i Holmestrandsfjorden, som er en åpen fjord uten terskler. Mot nordvest går den over i Sandebukta og mot sørøst går den over i Breiungen, som er et åpent område av ytre Oslofjord. Grunnen på Langøya er bygget opp av 400 millioner år gamle kalkavsetninger med rester av fossiler. I mer enn 100 år har det vært drevet kalksteinbrudd på øya, men i dag brukes det ene av de to gamle bruddene til avfallsdisponering. Anlegget tar imot de fleste typer uorganisk farlig avfall, siden 1998 også forurensede masser med lave konsentrasjoner av organiske- og uorganiske miljøgifter. Håndteringen er konsesjonsbetinget. De ulike avfallstypene gjennomgår en forbehandling for stabilisering før sluttdisponering i deponi. I denne prosessen felles det ut metaller. Fordi deponiet ligger under havnivå er lekkasje fra bruddet ut til fjorden ikke mulig. Erfaringsmessig har det vist seg at anlegget heller ikke har lekkasjer fra fjorden utenfor, men de store bruddflatene tar imot store mengder regnvann og sigevann fra omgivelsene.

Overskuddsvannet fra NOAHs avfallsdeponi renses og slippes ut på 14 m dyp ca. 80 m fra land utenfor det nordre kaianlegget. Lasting og lossing av avfall foregår like ved utslippsområdet. Utslippsvannets pH og turbiditet måles kontinuerlig og det tas døgnprøver hver uke for analyse av bl.a. metallinnhold og organiske miljøgifter. Det slippes normalt ut 80-130 m<sup>3</sup> vann / time. Det er blitt utført beregninger av utslippsforholdene i området (Magnusson et al. 1997) og disse legges til grunn ved vurderingen av mulige kilder til forhøyede nivåer av metaller i resipienten.

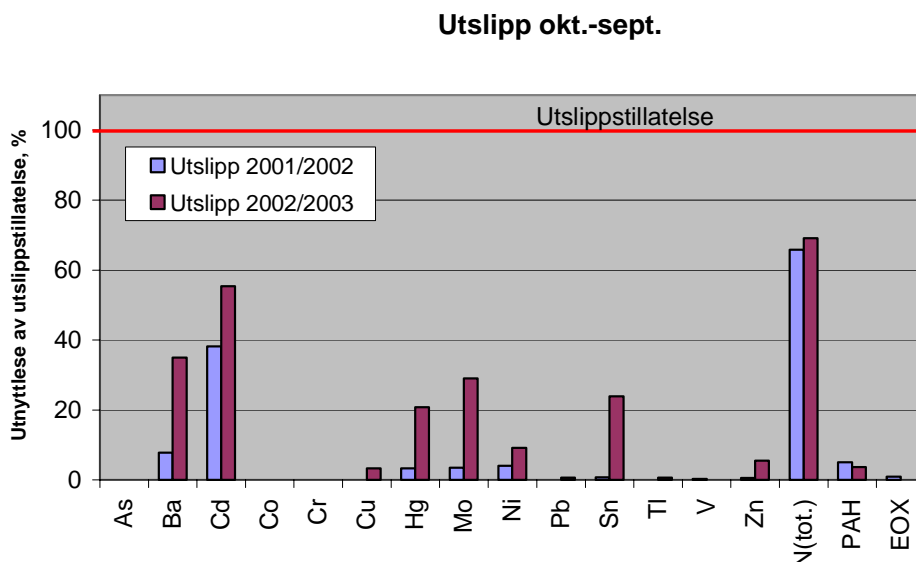
Hardbunnsorganismer som eksempelvis blåskjell, tar opp miljøgifter fra vannet og oppkonsentrerer disse i varierende grad. Blåskjell er ofte benyttet som indikatorart i miljøgiftovervåking av marine sjøområder, både nasjonalt og internasjonalt. Fordelen med å undersøke fastsittende eller lite mobile organismer, er at de ikke kan unnslippe eller flytte til andre områder og at de på den måten reflekterer den lokale belastningen integrert over tid. En må imidlertid, ved vurdering av resultatene, ta hensyn til sesongmessige endringer i blåskjellenes biologisk aktivitet, f.eks. gyting, som kan påvirke innholdet av miljøgifter i dyret. På den samme måte reflekterer også sedimentenes innhold av miljøgifter tilførselen av disse over tid. Tidsperspektivet er imidlertid lenger sammenlignet med blåskjell. Innholdet av miljøgifter i sedimentene er avhengig av tilførselen til resipienten samt avsetningsforholdene. For at miljøgiftene skal lagres i sedimentene er det en forutsetning at området har sedimentasjonsbunn. I motsatt fall vil miljøgiftene transporteres ut av området. Et område som har grove sedimenter indikerer erosjonsbunn, dvs. at innholdet av finpartikulært materiale som kan adsorbere metaller er lavt.

Via de løpende utslippsmålingene er det klart at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Det observerte metallinnholdet i blåskjell og sedimenter har imidlertid for det meste vært lavt, og tilstanden kan generelt betegnes som god (Walday & Helland 1994; Walday 1997, 1998, 1999, Walday et al. 2000, Walday & Kroglund 2001, Walday et al. 2002, Walday et al. 2003). Det er stor sannsynlighet for at andre kilder enn NOAH-Langøya bidrar til de forhøyede nivåer som er funnet i sediment og blåskjell.

Bly og kadmium er påvist med forhøyede nivåer utenfor kaianlegget på Langøya siden 1998 (stasjon B3), og det er sannsynlig at NOAH Langøya AS er hovedkilde til denne forurensning. For å få mer kunnskap om dette problem, og eventuelt årsaken til det, ble det i 2003 prøvetatt en ny stasjon, B3b, som ligger i noe lenger avstand fra kaia enn det B3 gjør. Det ble også gjennomført en ekstra innsamling sommerstid fra både B3 og B3b. I tillegg ble bunnsedimentene prøvetatt i en gradient fra kaia og et stykke utover. Som referanse ble en gradient også prøvetatt utenfor stasjon B2.

## 1.1 Tilførsler til resipienten fra NOAH AS

I perioden oktober 2002 til og med september 2003 ble det sluppet ut 633 527 m<sup>3</sup> vann fra NOAHs anlegg til fjorden utenfor. Det er 26 617 m<sup>3</sup> mer enn i perioden oktober 2001 - september 2002. Registrerte utslippsmengder og konsentrasjoner i utløpsvannet var for samtlige stoffer innenfor konsesjonsgrensene (Figur 1). Utslippsmengder pr. måned for de metaller som er analysert i blåskjell er vist i Tabell 1.



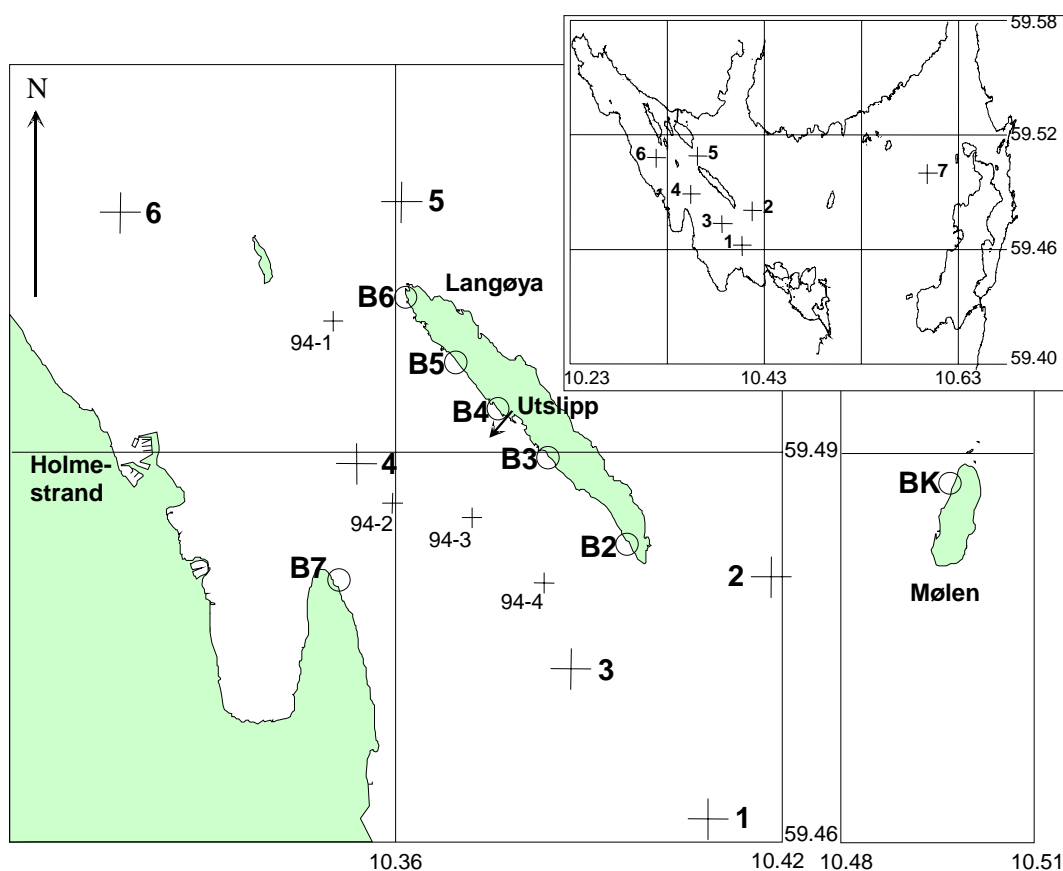
**Figur 1.** Utslipp fra NOAH-Langøya i perioden oktober til september for 2000/2001 og 2002/2003. Utslipp av den enkelte komponent er oppgitt som % utnyttelse av konsesjonsbestemte maksimalutslipp og er beregnet på bakgrunn av analyserte mengder i utslippsvannet; arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kopper (Cu), kvikksølv (Hg), molybden (Mo), nikkel (Ni), bly (Pb), tinn (Sn), vanadium (V), sink (Zn), total-nitrogen (N(tot)), tjærestoffer (PAH) og summen av ekstraherbare klorerte organiske forbindelser (EOX). Etter figur fra NOAH Langøya, basert på kravene i ny utslippstillatelse av 4. juni 2003.

**Tabell 1.** Utslipp av metaller i gram/måned fra NOAH Langøya AS til sjø for perioden okt. 2002 til sept. 2003. Tallene er oppgitt av bedriften, u.d. betyr konsentrasjon under deteksjonsgrensen. Merk at deteksjonsgrensen (QL) er oppgitt i mg/l.

Metall	QL mg/l	2002					2003						
		Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
As	0,0011	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Ba	0,006	30195,7	10691,4	8950,4	20973,3	19323,0	15130,6	9433,2	27227,2	32622,5	49931,5	40212,1	41219,3
Cd	0,002	826,3	339,1	291,9	109,6	14,0	22,8	160,2	596,2	954,8	308,3	181,9	843,0
Co	0,02	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Cr	0,02	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Cu	0,003	u.d.	u.d.	488,8	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Hg	0,0001	8,1	7,6	11,8	14,2	18,0	11,2	4,7	6,6	3,4	2,9	1,7	7,7
Ni	0,009	u.d.	345,3	733,1	802,6	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	492,5
Pb	0,04	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	132,7	u.d.
V	0,004	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.
Zn	0,02	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	u.d.	33,8	u.d.	u.d.	48,2	3950,7

## 2. Metodikk

Innsamling av blåskjell (*Mytilus edulis*), strandsoneregistreringer og sedimentprøvetaking ble gjennomført 30. oktober 2003 i området vest for Langøya og på Mølen (kontrollstasjon BK). Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 2). På stasjon B3 og den nyetablerte B3b ble det samlet inn ved to anledninger; den 17. juli og 10. november. Stasjon B3b er ikke vist på kartet, men den ligger like sør for B3. Det ble også samlet inn sedimentprøver utenfor stasjon B2 og B3 den 30. oktober. Bakgrunnen for de supplerende undersøkelser er gitt i innledningskapittelet.



**Figur 2.** Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 – 7, for st. 7 se oversiktskartet). BK er kontrollstasjonen på Mølen. Stasjon B7 ble etablert i 2000. Strandsoneregistreringer ble utført på stasjon BK, B2 og B6. De dype sedimentstasjonene som ble undersøkt i 1994 er merket 94-1, 94-2 osv.

### 2.1 Blåskjellpopulasjoner

Blåskjell ble samlet inn fra stasjon BK samt B2 - B7 (Figur 2, Tabell 2). På hver stasjon ble det innsamlet 3 parallelle prøver à 20 skjell av 4-5 cm lengde. Fra stasjon B3b ble det samlet inn 2 parallelle. Blåskjell fra kontrollstasjonen blir samlet inn samtidig men under et annet program (JAMP, cf. Green et al. 2001). På laboratoriet ble skallengden målt og samlet vekt av bløtdeler for

hver stasjon veid, før muslingene ble homogenisert og sendt til analyse for innhold av miljøgifter. Alle analyser, unntatt organotinn, nonortho-PCB og dioxiner er utført etter akkrediterte metoder på NIVAs laboratorium. Organotinn er analysert av Galab, dioxiner og nonortho-PCB er analysert av NILU.

**Tabell 2.** Stasjoner for innsamling av blåskjell og gjennomføring strandsoneregistreringer. Posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS, unntatt B4 og B7 som er fra kart. BK er kontrollstasjonen på Mølen (se også Figur 2). B7 ble etablert år 2000 og er plassert like ved fyrlykten på Mulodden.

Stasjon	Navn	lengdegrad	breddegrad	blåskjell	strandsonereg.
BK	Mølen, ref.	Ø 10° 29.56'	N 59° 28.75'	+	+
B2	Langøya	Ø 10° 23.84'	N 59° 28.95'	+	+
B3	Langøya	Ø 10° 22.95'	N 59° 29.51'	+	-
B3b	Langøya	Ø 10° 23.03'	N 59° 29.42'	+	-
B4	Langøya	Ø 10° 22.7'	N 59° 29.6'	+	-
B5	Langøya	Ø 10° 22.12'	N 59° 29.85'	+	-
B6	Langøya	Ø 10° 21.74'	N 59° 30.18'	+	+
B7	Mulodden	Ø 10° 21.0'	N 59° 28.9'	+	-

## 2.2 Sedimentprøver

I 2003 ble det tatt 3 prøver av bunnsedimentene utenfor stasjon B2 og B3 i en gradient fra respektive stasjon og et stykke utover (cf. **Tabell 6**). Prøvetakingen ble gjort med en liten grabb som ble operert fra NIVAs lettboat. Det ble gjort kjemiske analyser av overflatesedimentene (0-1cm). Formålet med å ta disse prøvene er å få mer kunnskap om et kontamineringsproblem som overvåkingen har avdekket ved stasjon B3. Stasjon B2 ble samtidig prøvetatt som referanse.

## 2.3 Strandsoneregistrering

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført på 3 av blåskjellstasjonene (se Figur 2 og Tabell 2). Registreringen foregår ved hjelp av snorkling. Tilstedeværende arter av fastsittende alger og dyr registreres og mengdene anslås etter en semikvantitativ skala:

- 1 enkelt funn
- 2 spredte funn
- 3 vanlig forekommende
- 4 dominerende forekomst

Ved denne type registrering vil vesentlige forandringer i strandsamfunnene kunne detekteres.

## 2.4 Databearbeiding

Nivåene av de analyserte miljøgifter fra 2003 blir sammenlignet mellom stasjoner og med resultatene fra tidligere år. Resultatene er også klassifisert etter konsentrasjon, i hovedsak etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997) (Tabell 3). For kobolt er "antatt høyt bakgrunnsnivå" (Klasse I) vist, mens det for barium ikke har vært mulig å fastsette bakgrunnsnivåer for blåskjell. Overskridelser av Klasse I nivå (overkonsentrasjoner) antyder påvirkning fra en eller flere punktkilder. Verdier i Klasse I utelukker imidlertid ikke belastning fra små utslipp med lokale innflytelsesområder.

**Tabell 3.** SFTs klassifikasjon av tilstand ut fra målinger i blåskjell, etter Molvær et al. (1997). Klassifikasjon av kobolt og vanadium etter Knutzen & Skei (1990) og Konieczny & Brevik (1997). Kl. V (meget sterkt forurenset) er ikke vist.

Stoff		Kl. I Ubetydelig-lite forurenset	Kl. II Moderat forurenset	Kl. III Markert forurenset	Kl. IV Sterkt forurenset
Kvikksølv	mg/kg t.v.	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4
Kadmium	"	<2	2-5	5-20	20-40
Bly	"	<3	3-15	15-40	40-100
Arsen	"	<10	10-30	30-100	100-200
Sink <sup>1</sup>	"	<200	200-400	400-1000	1000-2500
Krom	"	<3	3-10	10-30	30-60
Kobolt	"	<3	ikke klassifisert	ikke klassifisert	ikke klassifisert
Vanadium	"	<2	2-10	10-30	>30
Nikkel	"	<5	5-20	20-50	50-100
Kobber <sup>1</sup>	"	<10	10-30	30-100	100-200
TBT	"	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-5
Dioxin	ng/kg v.v.	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-3
Sum-PCB <sub>7</sub>	µg/kg v.v.	<4	4-15	15-40	40-100
Sum-PAH	"	<50	50-200	200-2000	2000-5000
BaP	"	<1	1-3	3-10	10-30

### Trendanalyse av metaller i blåskjell

En enkel 2-parameters linjær modell har blitt utviklet for å vurdere tidstrender basert på median konsentrasjon av miljøgifter i blåskjell (ASMO 1994). Metoden for beregning av glattet middelverdi er beskrevet i MON (1998) og av Nicholson et al. (1997). Glattemetoden er basert på løpende 7-års intervall og er en ikke-parametrisk kurve tilpasset medianer av log-verdier. For tidsserier mindre enn 7 år er ingen glattmetode benyttet. For at en statistisk test for en glattet kurve skal være gyldig må miljøgift-konsentrasjonene ha tilnærmet lik varians og residualene for den tilpassede modellen bør være lognormalfordelt (cf. Nicholson et al. 1998). Utsagnskraft (eller power) av tidstrendanalysene er uttrykt som det antallet år som er nødvendig for å dokumentere en 10% endring pr. år med 90% sannsynlighet. Jo færre år som er nødvendig for dette, jo lettere er det å oppdage en tidstrend. Utsagnskraft er basert på prosent relativt standardavvik, som beregnes etter en robust metode beskrevet i ASMO (1994) og Nicholson et al. (1998).

### Multivariate analyser av strandsoneregistreringene

Data fra strandsoneregistreringene har gjennomgått likhetssanalyser (cluster) i programpakken PRIMER v5 (Clarke & Gorley 2001). Analysene bidrar til å avdekke likheter/ulikheter i artssammensetning mellom prøver.

<sup>1</sup> Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner

### 3. Resultater

*Samtlige blåskjellprøver hadde overkonsentrasjoner av arsen og vanadium i 2003. Overkonsentrasjoner av bly og krom var begrenset til Langøya-stasjonene, mens kadmium kun ble registrert med overkonsentrasjoner på en av Langøya-stasjonene. De fleste metaller viste laveste verdier på enten kontrollstasjonen på Mølen eller på Mulodden.*

*Det var lave nivåer av organiske miljøgifter på stasjon B3 og BK, men TBT var forhøyet på begge stasjonene (hhv. klasse III og klasse II).*

*De nye prøvetakingene utenfor bulk-kaia bekreftet at en har et problem med kontaminering av bly og kadmium utenfor kaia ved stasjon B3. Problemet er imidlertid begrenset til et mindre område. Det har vært en signifikant oppadgående trend i konsentrasjonen av kadmium, bly og arsen i blåskjell på stasjon B3 siden 1996.*

*De endringer hos strandsonerorganismer som er observert i forhold til tidligere år indikerer ingen redusert biologisk kvalitet hos samfunnene på Langøya.*

#### 3.1 Metaller i blåskjell

På samtlige stasjoner var det overkonsentrasjoner av arsen og vanadium. Dårligst var tilstanden på B6, B7 og BK hvor det var markert forurenset (klasse III), B6 var også moderat forurenset av krom (klasse II), men forøvrig var tilstanden ubetydelig - lite forurenset (klasse I) (Tabell 4, Figur 2).

Det ble målt forhøyede verdier av fire metaller på stasjon B3 og B4, som ligger hhv. sør og nord for bulkkaia og utløp ved Langøya. B3 var moderat forurenset av bly (én parallell var markert forurenset den 17. juli), arsen, kadmium og vanadium. På stasjon B4 var det moderat forurenset av krom, bly og vanadium, mens skjellene var markert forurenset av arsen.

Høyeste verdier av kobolt ble funnet på B5, slik som det har vært gjort gjennom hele undersøkelsesperioden. Verdiene lå imidlertid innenfor klasse I, ubetydelig – lite forurenset. Det har ikke vært registrert kobolt i NOAHs utslippsvann siden desember 1999 og årsaken til de høyere verdiene på B5 er ikke kjent, men må skyldes en lokal kilde.

Blåskjellene var moderat forurenset av krom på fire av de fem Langøyastasjonene (B2, B4, B5, B6), men ikke på referansestasjonene B7 og BK. Det har ikke vært registrert krom i NOAHs utslippsvann siden oktober 1999.

**Tabell 4.** Tørrstoff (%) og metallinnhold i blåskjell fra 7 stasjoner ved Langøya, Holmestrandsfjorden, og kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 2003. Konsentrasjoner i mg/kg, oppgitt på tørrvektbasis. Barium inngår ikke i SFTs tilstandsklassifisering. Kobolt og vanadium er klassifisert etter Knutzen & Skei (1990) og Konieczny & Brevik (1997).

St.	Dato	%TTS	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn
B2-1	30.okt.	12	26,83	2,58	1,350	0,398	4,083	6,050	0,133	2,025	1,417	5,88	116,67
B2-2	30.okt.	11,8	26,02	3,03	1,356	0,413	3,220	6,407	0,136	1,932	2,119	6,60	136,44
B2-3	30.okt.	11,5	28,96	2,17	1,209	0,416	2,174	6,035	0,130	1,496	1,652	5,80	104,35
B3-1	17.juli	14,6		1,85	2,486						16,438		157,53
B3-2	17.juli	15,3		1,24	2,111						11,242		155,56
B3-1	7.nov.	16,3	29,51	2,58	1,982	0,378	1,350	6,816 <sup>2)</sup>	0,135	0,816	11,227	4,92 <sup>2)</sup>	147,24
B3-2	7.nov.	14,7	26,94	3,76	2,401	0,441	2,925	6,776	0,156	1,524	14,558	4,69	177,55
B3-3	7.nov.	13,8	29,71	3,65	2,254	0,456	2,609	6,855	0,159	1,710	11,884	5,15	155,07
B3b-1	17.juli	16,6		1,95	1,398				0,139		4,337		140,36
B3b-2	17.juli	16,8		1,64	1,339				0,125		4,286		145,83
B3b-1	10.nov.	16,7		2,60	1,078				0,090		3,293		111,38
B3b-2	10.nov.	17,1		1,54	0,994				0,076		3,041		95,91
B4-1	30.okt.	15,3	50,92	3,59	1,065	0,492	3,529	7,255	0,078	2,327	3,856	7,39	109,80
B4-2	30.okt.	16,9	45,74	3,85	0,846	0,440	5,325	6,864	0,077	2,876	3,432	6,33	91,72
B4-3	30.okt.	17	48,35	2,88	0,853	0,428	5,294	6,765	0,076	2,847	3,529	6,29	93,53
B5-1	7.nov.	15,4	25,71	1,87	1,370	0,714	4,351	6,818	0,091	2,506	1,948	3,52	150,00
B5-2	7.nov.	14,2	27,47	2,42	1,866	0,930	3,099	8,099	0,106	1,979	1,972	4,24	126,76
B5-3	7.nov.	13,9	25,468	1,81	1,446	0,734	4,676	6,856	0,101	2,734	1,727	3,45	123,02
B6-1	30.okt.	13,3	51,50	3,50	1,053	0,503	4,060	6,586	0,098	2,135	1,504	10,60	121,81
B6-2	30.okt.	13,7	54,38	3,74	1,029	0,480	3,139	6,292	0,095	1,905	1,752	10,37	132,85
B6-3	30.okt.	13,6	57,35	3,28	1,044	0,518	3,235	8,603	0,096	2,096	1,544	11,18	115,44
B7-1	30.okt.	15	82,00	2,620	0,780	0,381	1,267	6,540	0,053	0,780	2,000	14,93	86,667
B7-2	30.okt.	15,7	68,15	2,446	0,841	0,356	1,210	6,096	0,057	0,815	1,847	13,89	94,904
B7-3	30.okt.	16,8	73,81	2,185	0,798	0,329	1,071	6,429	0,054	0,448 <sup>1)</sup>	1,548	12,62	90,476
BK-1	30.okt.	24,4	69,67	0,652	0,926	0,368	0,7	6,066	0,057	0,824	0,574	11,15	102,869
BK-2	30.okt.	18,3	65,03	0,721	1,180	0,377	0,9	7,377	0,066	0,830	0,656	10,820	119,126
BK-3	30.okt.	19,4	66,50	0,562	1,069	0,401	2,5	8,505	0,057	1,701	0,567	9,845	106,186

<sup>1)</sup> det knytter seg unormalt stor usikkerhet til verdien

<sup>2)</sup> beregnet verdi; snitt av de to andre parallellene

SFTs tilstandsklasser	
Klasse 1	Ubetydelig – lite forurenset
Klasse 2	Moderat forurenset
Klasse 3	Markert forurenset
Klasse 4	Sterkt forurenset
Klasse 5	Meget sterkt forurenset

### 3.2 Organiske miljøgifter i blåskjell

Innholdet av organiske miljøgifter i blåskjell fra B3 og kontrollstasjonen på Mølen (BK) var generelt lavt (Tabell 5). TBT-innholdet var imidlertid forhøyet slik som tidligere, og skjellene kan klassifiseres som markert forurenset (klasse III) på B3 og moderat forurenset (klasse II) på BK, Mølen. Skipstrafikk antas å være hovedårsak til dette.

**Tabell 5.** Organiske miljøgifter i blåskjell fra stasjon B3 ved Langøya i Holmestrandsfjorden og kontrollstasjonen på Mølen (BK) i 2003. Fra venstre: TBT på tinnbasis ( $\mu\text{gSn/kg v.v.}$ ), TBT på molekylbasis ( $\mu\text{g/kg t.v.}$ ), kreftfremkallende PAH ( $\mu\text{g/kg v.v.}$ ), PAH ( $\mu\text{g/kg v.v.}$ ), Benzo-a-pyren ( $\mu\text{g/kg v.v.}$ ), PCB ('seven dutch',  $\mu\text{g/kg v.v.}$ ), dioxin ( $\text{ng/kg v.v.}$ ), sum-PCB ( $\mu\text{g/kg v.v.}$ ) og nonortho-PCB ( $\text{ng/kg v.v.}$ ). Sum-PCB og nonortho-PCB inngår ikke i SFTs tilstandsklassifisering.

Stasjon	TBT tinn	TBT molekyl	Sum KPAH	Sum PAH	BAP	Seven Dutch	TE <sub>PCDF/D</sub>	Sum PCB	nonortho-PCB
B3	37,5	660	9,25	40,9	0,78	2,59 <sup>1)</sup>	0,19	2,77 <sup>1)</sup>	0,11
BK	22,5	280	0,79	33,9	<0,5	1,44	0,10	1,55	0,09

<sup>1)</sup> det knytter seg unormalt stor usikkerhet til verdien

SFTs tilstandsklasser	
Klasse 1	Ubetydelig – lite forurenset
Klasse 2	Moderat forurenset
Klasse 3	Markert forurenset
Klasse 4	Sterkt forurenset
Klasse 5	Meget sterkt forurenset

### 3.3 Gradienter og utvikling i blåskjell

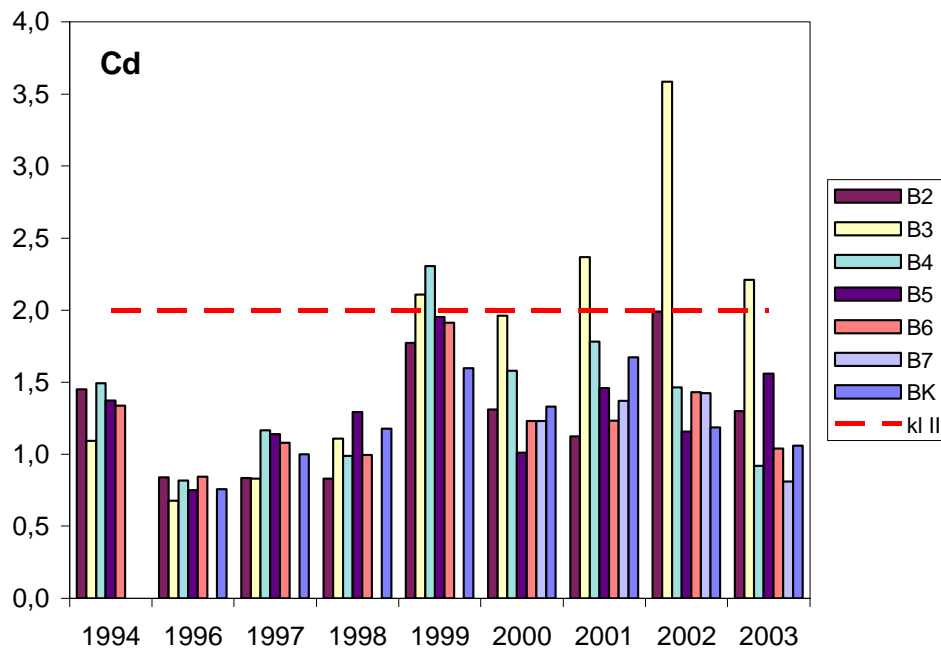
I det følgende er utviklingen til de metaller som forekom i overkonsentrasjoner i blåskjell nærmere kommentert. De øvrige metallene ble registrert med nivåer som tilsvarer ubetydelig - lite forurenset tilstand (Klasse I) og deres utvikling er vist i Vedlegg A.

Undersøkelsene viser at det finnes flere forureningskilder enn NOAH-Langøya i det undersøkte området. Forureningsbildet er imidlertid komplisert, særlig med hensyn til kildeidentifisering. Langøyaområdet ligger i Drammenselvas influensområde, samtidig som nærheten til industrien i Holmestrand, Sandebukta, Tofte, Horten og Moss kan ha en påvirkning på området. Det er også sannsynlig at diffus utlekking av miljøgifter fra forurensete sedimenter, s.k. "gamle synder", belaster området ytterligere.

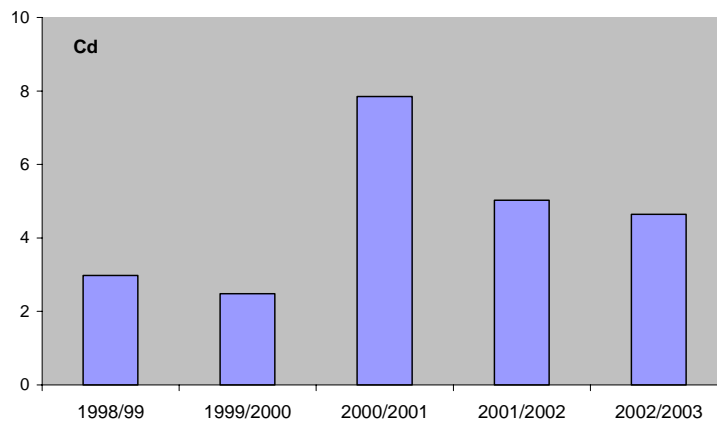
#### Kadmium

På stasjon B3 var det i 2003 forhøyede verdier av kadmium, og stasjonen kan klassifiseres som moderat forurenset (Klasse II, Figur 3). Resten av stasjonene var ubetydelig - lite forurenset (Klasse I). Nivåene på samtlige stasjoner, unntatt B5, var lavere enn i 2002. Utslippene via NOAHs utløpsvann har gått ned siden 2000/2001, men er fortsatt høyere enn de var 1998 - 2000 (Figur 4). Nivåene av kadmium i blåskjell utenfor Langøya er fortsatt noe høyere enn de var før 1999. Resultatene tyder på at Langøya bidrar til de forhøyede nivåene av kadmium i blåskjell. De forhøyede nivåene på stasjon B3 indikerer at det er en lokal kadmiumkilde i nærheten av denne B3. Tilstanden har imidlertid stort sett vært god i hele perioden, og de fleste av stasjonene har hatt konsentrasjoner i nærheten av de som er blitt registrert på kontrollstasjonen på Mølen.





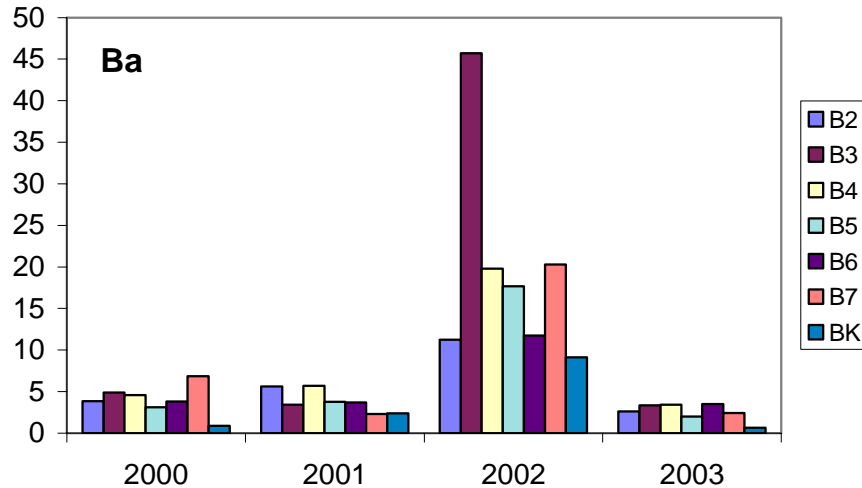
**Figur 3.** Nivåer av kadmium i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. Den stiplede streken markerer skille mellom tilstandsklasse I og II (Molvær et al. 1997).



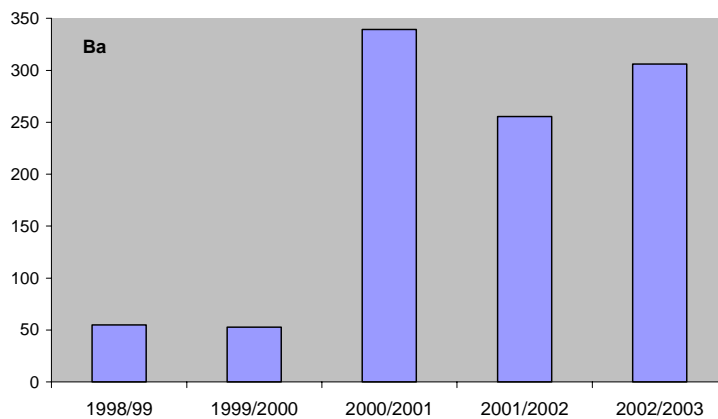
**Figur 4.** Utslipp av kadmium (kg Cd/år (okt.-sept.)) til sjøen fra NOAH AS anlegg på Langøya. Data fra NOAH AS.

### Barium

I 2002 var det høye nivåer av barium i blåskjell. I 2003 var de lavere enn i 2000 og 2001 (Figur 5). Siden 1999/2000 har det vært en økning i utslippene av barium fra Langøya (Figur 6). Det var ikke mulig å registrere denne økningen, utfra nivåene i blåskjell, ved undersøkelsene i oktober 2001 (Walday et al. 2002). I 2002 hadde nivåene på samtlige stasjoner, inklusive kontrollstasjonen, økt kraftig og det ble antatt at dette hadde sin årsak i de økte utslippene fra Langøya (Walday et al. 2003). I 2003 var det igjen, i likhet med 2001, ikke mulig å spore bariumutslippene utfra nivåene i blåskjell. Barium inngår ikke i klassifiseringssystemet for miljøkvalitet og anses heller ikke for å være noe stort problem i marine miljøer. Unntak er områder hvor det drives med oljeboring og hvor barium inngår i boreslammet.



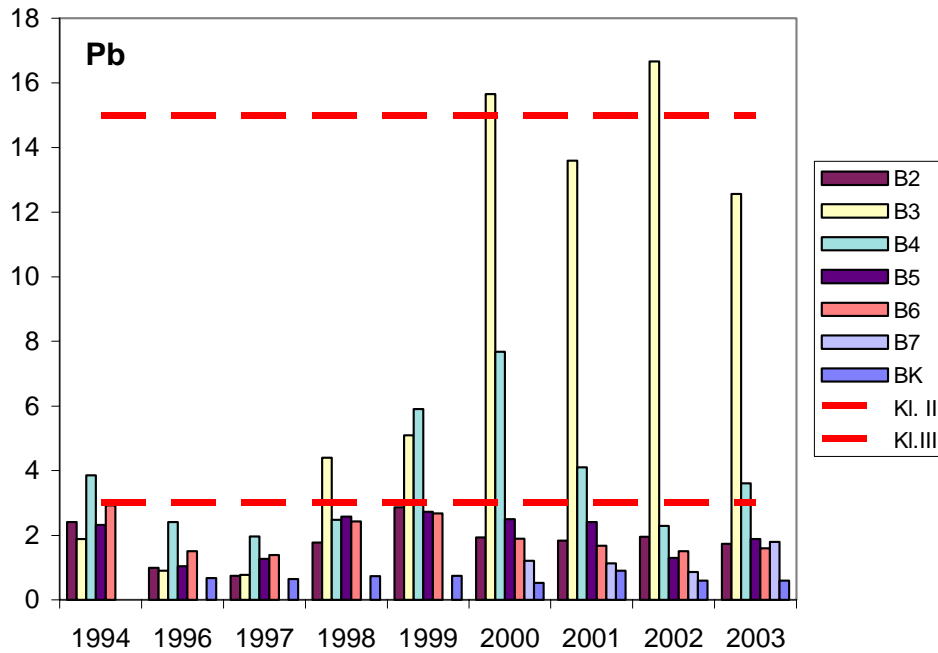
**Figur 5.** Nivåer av barium i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya samt på kontrollstasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektbasis.



**Figur 6.** Utslipp av barium (kg Ba/år (okt.-sept.)) til sjøen fra NOAH AS anlegg på Langøya. Data fra NOAH AS.

## Bly

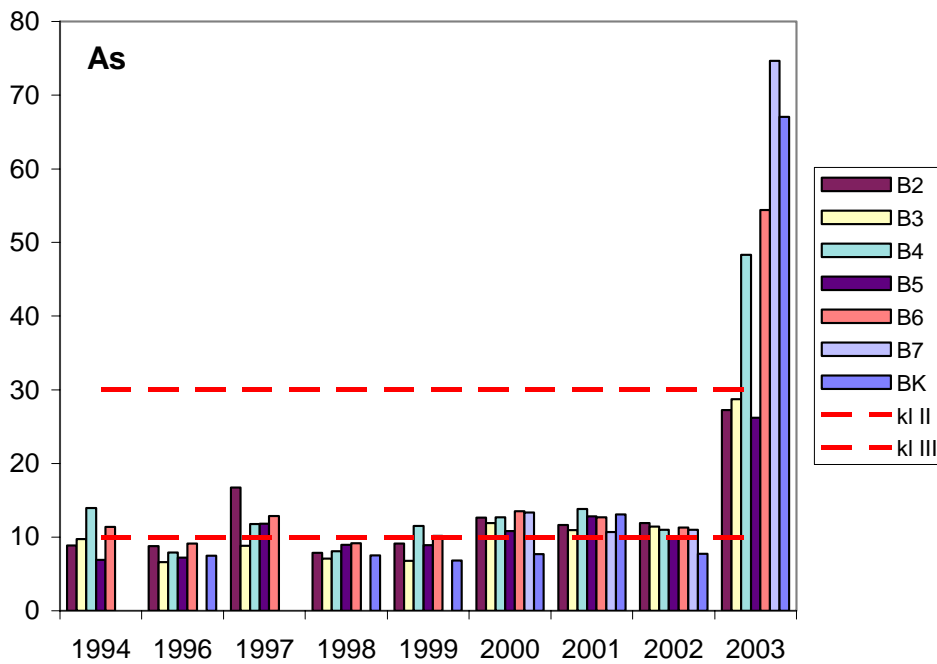
Blynivåene på stasjon B3 var i 2003 omtrent like høye som de tre foregående år (Figur 7). Skjellene kan her klassifiseres som markert forurenset av bly (Klasse III). Dette blir vurdert som et lokalt problem for denne stasjonen siden øvrige stasjoner viser langt lavere verdier. Det er ikke påvist bly i avløpsvannet fra Langøya siden 1999, bortsett fra 132,7 gram i august 2003 (Tabell 1). Spill i forbindelse med lossing av avfall i bulk ved den nærliggende bulk-kaia kan forekomme (Sverreson pers. medd.) og dette er den sannsynlige årsak til de høye verdier av bly som er blitt registrert siden 2000. Forholdene rundt stasjon B3 ble nærmere undersøkt i 2003 og resultatene er presentert i kapittel 3.4. Blynivåene har gjennom hele perioden vært lavest i skjell fra kontrollstasjonen BK.



**Figur 7.** Nivåer av bly i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på kontrollstasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. De stiplede strekene markerer skille mellom hhv. tilstandsklasse I - II, og II - III (Molvær et al. 1997).

### Arsen

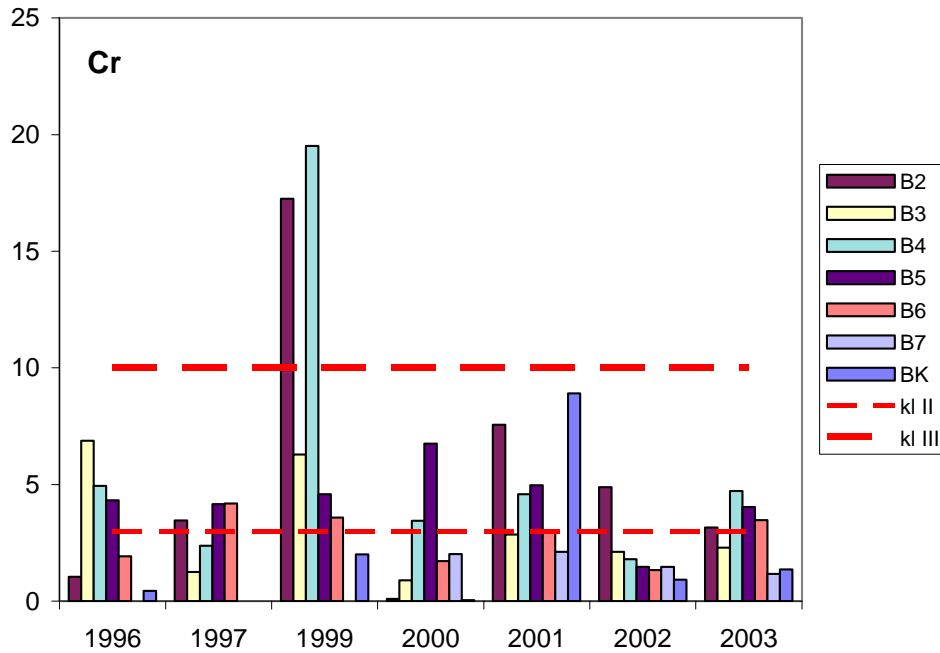
Nivåene av arsen var forhøyet på samtlige stasjoner i 2003 (Figur 8). Tilstanden kan betegnes som moderat- til markert forurenset (klasse II - III). Nivåene var lavest på tre av stasjonene ved Langøya, og høyest på Mulodden (B7) og Mølen (BK). Konsentrasjonen av arsen viser ingen entydig utvikling over tid, men nivåene i 2003 er signifikant høyere enn det som tidligere er blitt målt. Utslippsdata fra Langøya har ikke påvist arsen i avløpsvannet over deteksjonsgrensen på 0.0011 mg/L siden september 1998, og de høye arsennivåene på kontrollstasjonen (BK) og på Mulodden tyder på at andre kilder enn Langøya bidrar med arsen til det marine miljøet. For det meste har imidlertid nivåene på BK vært lavere enn ved Langøya, og Langøya kan anses som en av flere kilder som kilde til forurensningen av arsen på de øvrige stasjoner.



**Figur 8.** Nivåer av arsen i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på kontrollstasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektbasis. De stiplede strekene markerer skille mellom tilstandsklasse I og II, samt II og III (Molvær et al. 1997).

### Krom

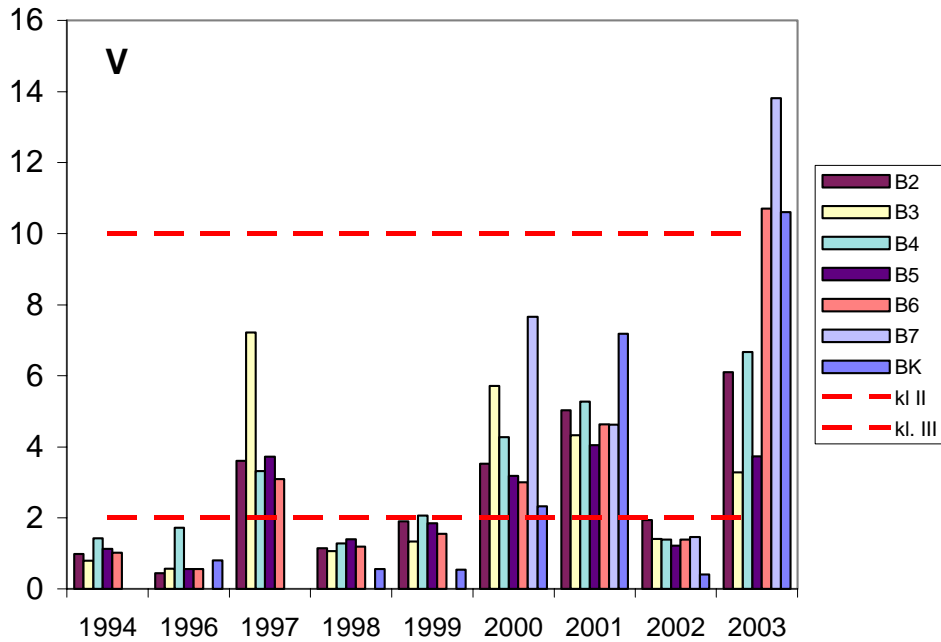
Stasjon B2, B4, B5 og B6 hadde forhøyede nivåer av krom i 2003 (klasse II, Figur 9). De høye verdiene som ble registrert på kontrollstasjonen (BK) i 2001 var oppsiktsvekkende. I 2002 og 2003 var nivåene på BK lavere enn på stasjonene rundt Langøya (B2-B6), slik som de har vært i perioden forøvrig. Generelt har det vært en signifikant nedgang i krominnhold i blåskjell fra Langøya siden 1999, men nivåene var i 2003 høyere på Langøyastasjonene (B3-B6) enn de var i 2002. Ingen stasjoner har de siste fire år vært markert forurenset slik som i 1999. Det har ikke vært registrert krom i avløpsvannet fra Langøya siden oktober 1999 og frem til prøvetaking i 2003. Resultatene antyder imidlertid at Langøya er en kromkilde til blåskjellene som vokser på Langøya.



**Figur 9.** Nivåer av krom i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og på referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. De stiplede strekene markerer skille mellom hhv. tilstandsklasse I - II, og II - III (Molvær et al. 1997).

### Vanadium

På samtlige stasjoner var det overkonsentrasjoner av vanadium i blåskjell i 2003. Tilstanden kan klassifiseres som moderat forurenset (klasse II) for B2-B5, mens den var markert forurenset (klasse III) for B6, B7 og referansestasjonen, BK (Figur 10). De høyeste verdiene ble funnet på Mulodden (B7), og de laveste i skjell fra kaiområdet (B3). Det har vært en negativ utvikling i tilstand mht. vanadium siden starten av undersøkelsene, men det har vært store svingninger i nivåene og ingen trend kan derfor spores. I mars 2001 ble det sluppet ut 1,02 kg vanadium via NOAHs avløpsvann. Forøvrig har utslippene vært svært små siden 1999. Disse forhold kan tyde på at NOAH-Langøya ikke er kilde til de registrerte vanadiumnivåene i blåskjell.



**Figur 10.** Vanadium i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller. De stiplede strekene markerer skille mellom hhv. tilstandsklasse I - II, og II - III (Molvær et al. 1997).

Variasjonene i nivåene av kadmium, kvikksølv (cf. Vedlegg A) og vanadium over tid på Mølen er tildels samsvarende med variasjonene for de samme metaller i skjell fra Langøya. Dette kan skyldes at aktivitetene på Langøya påvirker skjell på Mølen, eller at det er en eller flere andre kilder som er styrende for forurensningsbildet i området.

### 3.4 Supplerende undersøkelser utenfor bulk-kai (stasjon B3)

Analysene av sedimentprøvene fra området utenfor bulk-kaia ved stasjon B3 bekreftet at det er en tilførsel av metaller til dette området. Kadmium og bly, som begge er metaller med alvorlige giftvirkninger, forekom i konsentrasjoner tilsvarende klasse V, meget sterkt forurenset, i området nærmest bulk-kaia (B3-1). Sink forekom i klasse IV, sterkt forurenset, i samme område.

Det er langt høyere nivåer av metallene barium, kadmium, bly og sink utenfor B3 enn det er på referansestasjonen (B2) litt lenger sør (Tabell 6). På stasjon B3 er det også avtagende verdier av kadmium, bly og sink med økt avstand til bulk-kaia (fra B3-1 til B3-3).

Den nye blåskjellstasjonen B3b, som ligger et lite stykke sør for B3, viste klart lavere nivåer av kadmium, bly og til dels kvikksølv, enn det B3 gjorde (Tabell 4). For barium og sink var nivåene også lavere enn på B3, men forskjellene var mindre tydelige.

De ovenfor nevnte resultater viser at den mest sannsynlige kilden til de forhøyede metallnivåene befinner seg ved bulk-kaia. Det anses som mest sannsynlig at det er spill ved lossing av forurenset materiale som er kilden til de høye nivåene. For bariums del er dette ikke like klart.

Det høye nivået av barium i blåskjell på B3 i 2002 (cf. Figur 5) og de forhøyede nivåene i sedimentene (Tabell 6) indikerer imidlertid at det kan forekomme episodiske lokale tilførsler av barium til sjøen, sannsynligvis fra aktiviteter ved bulk-kaia.

**Tabell 6.** Tørrstoffinnhold, andel partikler <63µm samt metallinnhold i sedimenter (0-2cm) fra 2 stasjoner ved Langøya, Holmestrandsfjorden i 2003. Konsentrasjoner i mg/kg, oppgitt på tørrvektsbasis. Barium inngår ikke i SFTs tilstandsklassifisering.

Stasjon	Dato	Dyp	N 59°	Ø 23°	%TTS	<63µm	Ba	Cd	Pb	Zn
B2-1	30. okt.	10	28' 56,7	23' 48,4	58,2	27	42,1	0,24	13	52,0
B2-2	30. okt.	12	28' 56,9	23' 47,4	54,8	38	49,7	0,19	15	54,4
B2-3	30. okt.	15	28' 56,5	23' 46,7	53,5	48	98,9	0,16	20	72,6
B3-1	30. okt.	6	29' 27,0	22' 55,4	43,6	60 <sup>1)</sup>	339	78,5	2410	5920
B3-2	30. okt.	10	29' 27,0	22' 54,8	71,6	51	431	1,7	105	315
B3-3	30. okt.	15	29' 26,6	22' 53,4	66,1	54	1050	0,54	42,8	155

<sup>1)</sup> Prøven hadde en del sammenkloggede klumper av kalk. Resultatet på 60% skal sannsynligvis være høyere.

SFTs tilstandsklasser	
Klasse 1	Ubetydelig – lite forurenset
Klasse 2	Moderat forurenset
Klasse 3	Markert forurenset
Klasse 4	Sterkt forurenset
Klasse 5	Meget sterkt forurenset

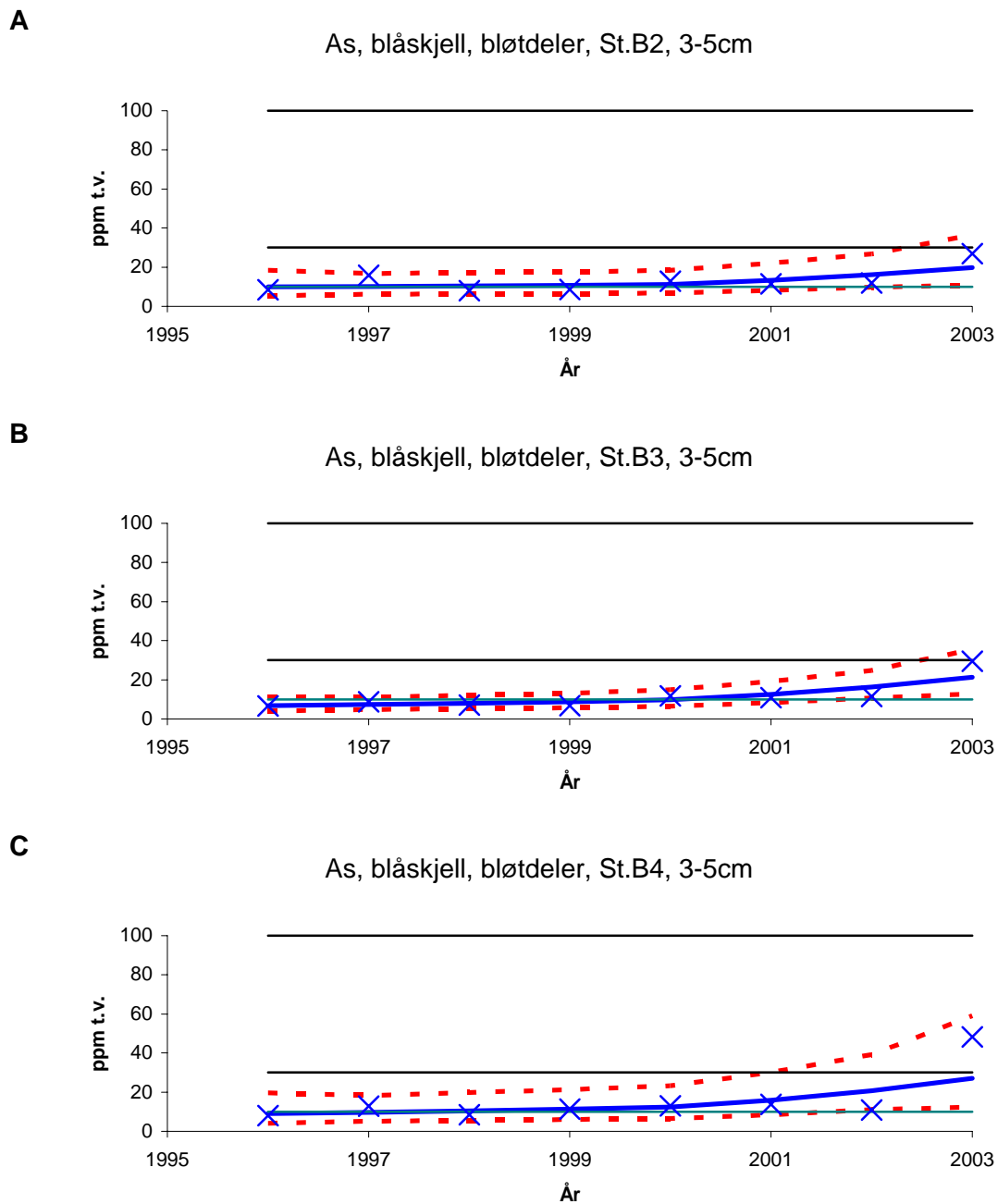
### 3.5 Trendanalyse av metaller i blåskjell

Trendanalysene avdekket 3 signifikante oppadgående trender i konsentrasjonen av metaller i blåskjell siden 1996, samtlige på stasjon B3 ved bulkkai på Langøya.

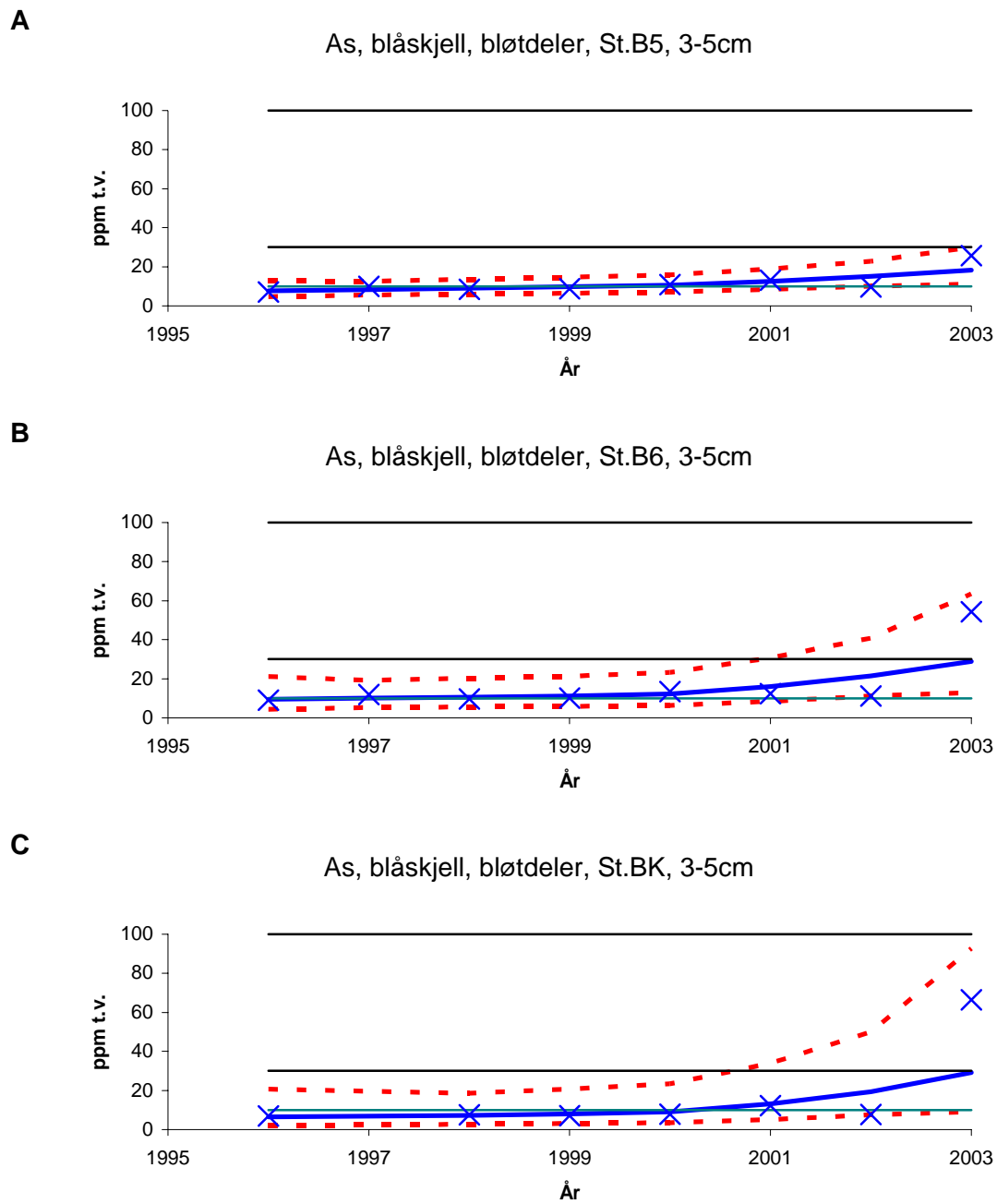
På B3 har metallene arsen (utsagnskraft = 11 år, se Figur 11 og Figur 12) , kadmium (utsagnskraft = 11 år, Figur 13) og bly (utsagnskraft = 15 år, Figur 13) vist økende trend gjennom undersøkelsesperioden. Dette er metaller som forekommer med overkonsentrasjoner i undersøkelsesområdet. For arsens del gjelder det også på referansestasjonen, BK. Nikkel (utsagnskraft = 13 år) hadde derimot en signifikant nedadgående trend på B3 (ikke vist).

Vanadium hadde høye konsentrasjoner i 2003 (Tabell 4), men ingen signifikant tidstrend. Resultatene fra B3, B6 og BK er vist i Figur 14. Til sammenligning er tidsserier fra andre stasjoner også vist i figurene.





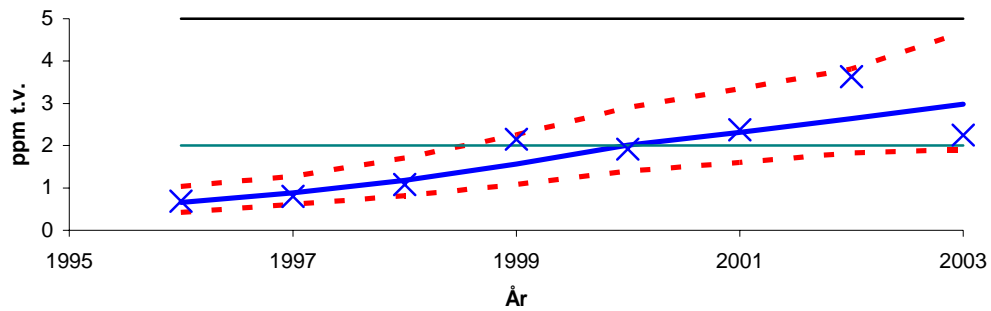
**Figur 11.** Mediankonsentrasjoner av arsen i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra stasjonene B2 (**A**), B3 (**B**) og B4 (**C**). Den blå kurven viser glidende middel og rød stiple linje konfidensintervall (cf. Green et al. 2004). De horisontale strekene viser grenser mellom SFTs tilstandsklasser (hhv. I-II, II-III og III-IV).



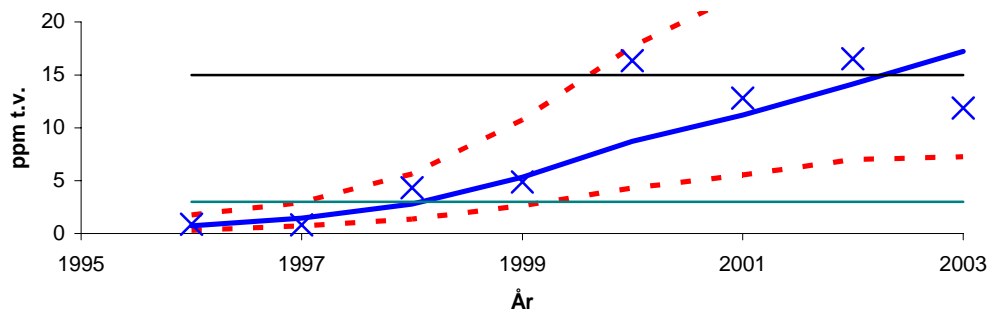
**Figur 12.** Mediankonsentrasjoner av arsen i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra stasjonene B5 (**A**), B6 (**B**) og BK (**C**). Den blå kurven viser glidende middel og rød stiplede linje konfidensintervall (cf. Green et al. 2004). De horisontale strekene viser grenser mellom SFTs tilstandsklasser (hhv. I-II, II-III og III-IV).

**A**

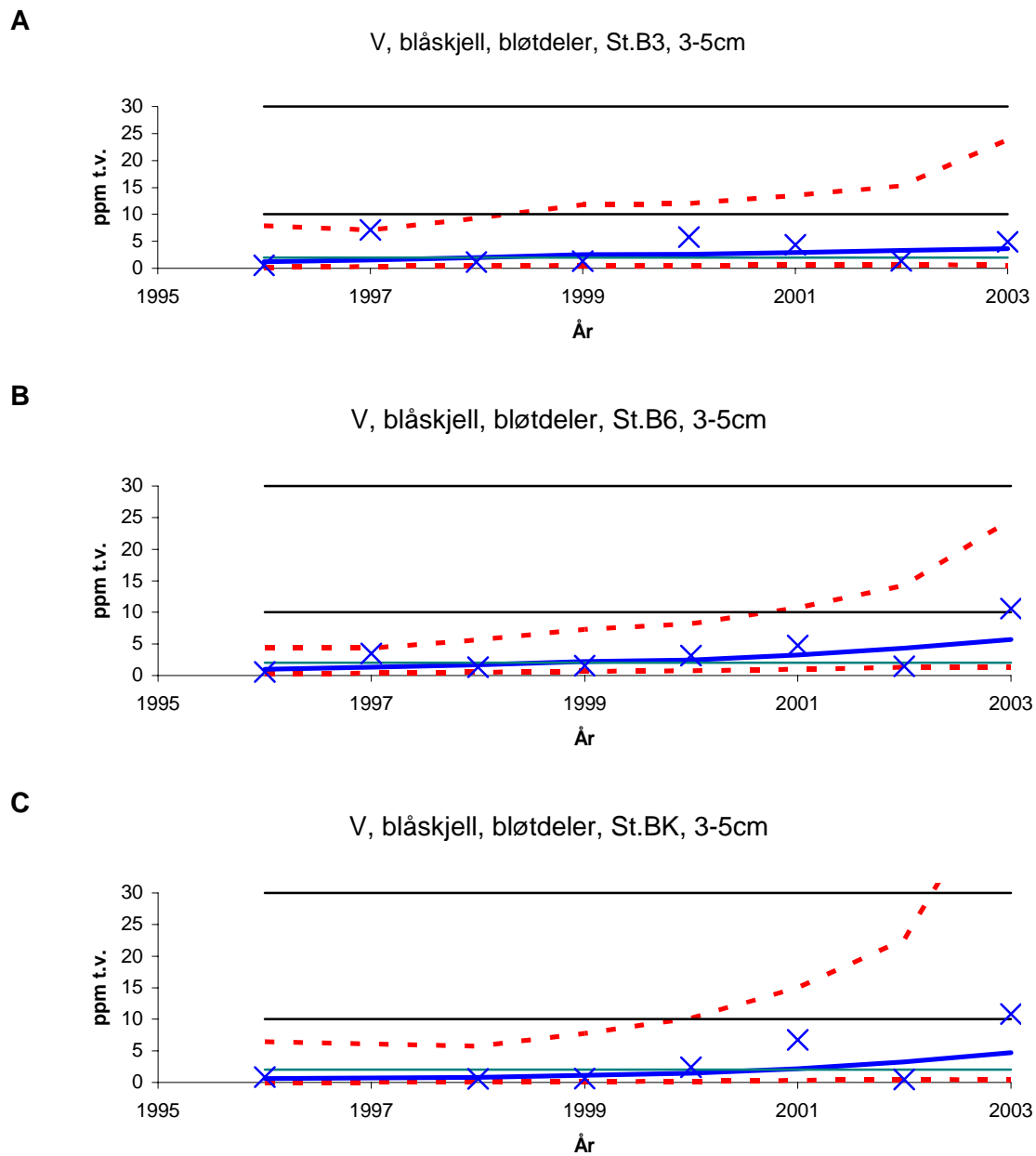
Cd, blåskjell, bløtdeler, St.B3, 3-5cm

**B**

Pb, blåskjell, bløtdeler, St.B3, 3-5cm



**Figur 13.** Mediankonsentrasjoner av kadmium (**A**) og bly (**B**) i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra stasjon B3. Den blå kurven viser glidende middel og rød stiplet linje konfidensintervall (cf. Green et al. 2004). De horisontale strekene viser grenser mellom SFTs tilstandsklasser (hhv. I-II, og II-III).



**Figur 14.** Mediankonsentrasjoner av vanadium i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra stasjonene B3 (**A**), B6 (**B**) og BK (**C**). Den blå kurven viser glidende middel og rød stiptet linje konfidensintervall (cf. Green et al. 2004). De horisontale strekene viser grenser mellom SFTs tilstandsklasser (hhv. I-II, II-III og III-IV).

### 3.6 Strandsoneregistreringer

I fjæra er dyr og alger utsatt for store svingninger i temperatur og saltholdighet samtidig som de tørres ut i lavvannsperioder. Fjell og større stabile stein i fjæresonen har vanligvis et stort utvalg av tang, småvokste alger og fastsittende fjæredyr. Utvalg og mengde av de ulike artene vil variere lokalt, regionalt og sesongmessig. Naturlige faktorer som påvirker artssammensetningen lokalt er bølge/strøm-eksponeringsgrad, ferskvannspåvirkning, substrattypen og himmelretning.

Sammenhengen mellom observerte endringer i samfunnssammensetning og årsaken til disse er ofte uklare. En vet at svake overkonsentrasjoner av næringssalter kan virke gunstig på organismesamfunnet i fjæra ved at artsrikdommen øker (gjødslings-effekt). Ved høyere overkonsentrasjoner av næringssalter vil de negative effektene dominere. Noen få tolerante arter blir begunstiget og øker i mengde på bekostning av artsrikheten. Det er særlig små blad- og trådformete grønnalger og enkelte trådformete brunalger som øker i mengde ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter. En endring av algesammensetningen vil også påvirke den assosierte fauna siden mange av dyreartene i fjæra er avhengige av et godt utviklet tangbelte. En oversikt over registrerte arter på stasjonene i 2003 er gitt i Tabell 7.

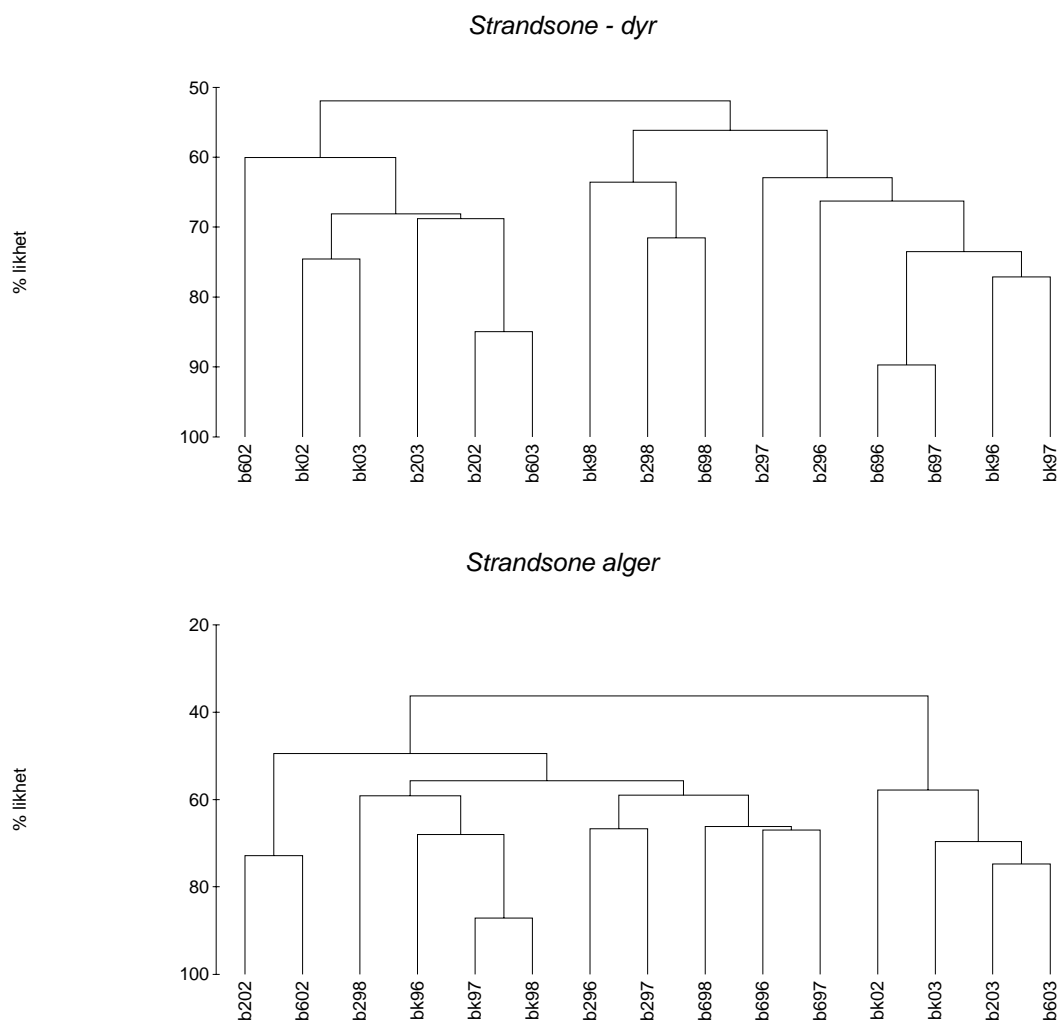
**Tabell 7.** Forekomst av dyr og alger i fjæra på 3 stasjoner: B2 og B6 på Langøya samt BK på Mølen 2003. Basert på semikvantitativ registrering (se metodekapittel). Verdiene er  $\chi^2$  transformert: 1 = enkelt funn, 4 = spredt forekomst, 9 = vanlig forekomst, 16 = dominerende forekomst.

Dyr	BK_03	B6_03	B2_03	Alger	BK_03	B6_03	B2_03
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	4	4	4	<i>Ahnfeltia plicata</i>	1	1	
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	1			<i>Ceramium</i> spp.	1	1	4
<i>Asterias rubens</i>	4	4	1	<i>Chaetomorpha melagonium</i>		4	1
<i>Balanus balanoides</i>	9	4	4	<i>Chondrus crispus</i>	4	4	4
<i>Balanus crenatus</i>	4	9	9	<i>Cladophora rupestris</i>		1	
<i>Campanularia johnstoni</i>	4	4	4	Skorpedannende alger	9	16	9
<i>Carcinus maenas</i>	4	4	4	<i>Dumontia contorta</i>	1		1
<i>Dynamena pumila</i>	4			<i>Enteromorpha</i> sp.	4	1	4
<i>Electra crustulenta</i>		4		<i>Fucus serratus</i>	9	9	16
<i>Electra pilosa</i>	4	4	4	<i>Fucus vesiculosus</i>	9	9	9
<i>Hinia reticulata</i>			1	Grønt på fjell	9	4	4
<i>Laomedea geniculata</i>		2	4	<i>Hildenbrandia rubra</i>	9		
cf. <i>Laomedea flexuosa</i>			9	cf. <i>Polyides rotundus</i>		4	1
<i>Leptasterias mülleri</i>			1	<i>Polysiphonia urceolata</i>		4	4
<i>Littorina littorea</i>	16	9	16				
<i>Littorina obtusata</i>	1						
<i>Littorina saxatilis</i>	4	4					
<i>Membranipora membranacea</i>	4	4					
<i>Mytilus edulis</i>	9	9	9				
strandreker	4	4					
tangkutling	4	4	4				
Antall taxa	16	15	14	Antall taxa	10	12	11

Flest taxa av dyr ble registrert på Mølen (BK), mens flest algetaxa ble registrert på Langøyastasjonene. Det var imidlertid små forskjeller mellom stasjonene. Noen av ulikhetene vil bli kommentert her. Mosdyret *Electra crustulenta* var vanlig på B6 på Langøya, men ikke tilstede på Mølen. Dette er en brakkvannsart og påvirkning fra Drammenselva gir optimalere forhold i overflatevann ved Langøya

enn ved Mølen. Hydroiden *Dynamena pumila* var derimot tilstede på Mølen men fraværende på Langøya. Arten er ofte assosiert til saktang (*Fucus serratus*) og denne var sterkt tilstede på alle tre stasjoner. Den er også tolerant overfor brakkvann. Årsaken til fraværet er ukjent, men arten har heller ikke blitt funnet på Langøya tidligere

En sammenligning med de av tidligere års undersøkelser hvor det også ble brukt semikvantitativ metodikk viser at algeprøvene fra 2003, sammen med BK i 2002, danner en egen tydelig gruppe. B2 og B6 i 2002 er også relativt ulike de øvrige prøvene. For øvrig er algeprøvene ganske godt gruppert etter stasjon. Dyrene er i større grad gruppert etter år; 1998 danner en egen gruppe, 1996 og 1997 er samlet i én gruppe og detsamme er 2002 og 2003.



**Figur 15.** Dendrogram som illustrerer likhet mellom prøver med hensyn til sammensetning av dyr og algesamfunn i fjæra på stasjonene B2, B6 på Langøya samt BK på Mølen for årene 1996, 1997, 1998, 2002 og 2003. Prøver med lik artssammensetning ligger nær hverandre.

De fire mest karakteristiske dyr- og algertypene i 1996-98 og 2002-03 er vist i hhv. Tabell 8 og Tabell 9. Blant dyrene var det fordelingen mellom to arter av mosdyr og to arter av rur som hadde mest betydning for at 2002 og 2003 skilte seg ut fra øvrige år (Tabell 10). Årsaken kan ligge i tidligere

feilbestemmelse av enkelte nær beslektede arter, men vil uansett ikke indikere noen forringelse av den biologiske kvaliteten. Brunalgen fjæreskorpe (*Ralfsia* spp.) har ikke blitt funnet i 2002 og 2003 (Tabell 11). Dette kan skyldes en sammenblanding av de to skorpedannende artene *Ralfsia* spp. og *Cruoria pellita*. De større mengdene av kiselalger (diatomeer) i 2002 og 2003 enn i 1996-98 var, bortsett fra ovenstående den største forskjell 1996-98 og 2002-03.

**Tabell 8.** De 4 mest karakteristiske dyrene ved registreringene i 1996-98 og ved registreringene i 2002-03.

	1990-årene	Sn. forekomst	2002-03	Sn. forekomst
1	<i>Littorina littorea</i>	9,00	<i>Balanus crenatus</i>	13,67
2	<i>Mytilus edulis</i>	8,11	<i>Littorina littorea</i>	11,33
3	<i>Balanus balanoides</i>	6,78	<i>Mytilus edulis</i>	11,33
4	<i>Electra pilosa</i>	6,78	<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	5,67

**Tabell 9.** De 4 mest karakteristiske algene ved registreringene i 1996-98 og ved registreringene i 2002-03.

	1990-årene	Sn. forekomst	2002-03	Sn. forekomst
1	<i>Fucus serratus</i>	16,00	<i>Fucus serratus</i>	12,50
2	<i>Fucus vesiculosus</i>	12,11	<i>Fucus vesiculosus</i>	11,33
3	<i>Ralfsia</i> spp	8,67	<i>Cruoria pellita</i>	7,17
4	<i>Chondrus crispus</i>	7,33	<i>Chondrus crispus</i>	2,67

**Tabell 10.** Viser hvilken arter/taxa av dyr som bidrar til ulikheten mellom registreringene i 1996-98 og 2002-03. Gjennomsnittlig ulikhet mellom periodene = 51,62%.

Taxa	1990s Sn. forekomst	2000s Sn. forekomst	Contrib%
<i>Balanus crenatus</i>	0,00	13,67	20,29
<i>Electra crustulenta</i>	0,00	4,33	7,03
<i>Electra pilosa</i>	6,78	2,67	6,40
<i>Balanus balanoides</i>	6,78	4,33	6,04
<i>Mytilus edulis</i>	8,11	11,33	6,01
<i>Asterias rubens</i> juv.	3,33	0,00	5,06
<i>Dynamena pumila</i>	1,89	3,00	4,86
<i>Littorina saxatilis</i>	2,89	3,00	4,86
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	2,67	5,67	4,51
<i>Laomedea geniculata</i>	4,22	1,67	2,22

**Tabell 11.** Viser hvilken arter/taxa av alger som bidrar til ulikheten mellom registreringene i 1996-98 og 2002-03. Gjennomsnittlig ulikhet mellom periodene = 59,65%.

Taxa	1990s Sn. forekomst	2000s Sn. forekomst	Contrib%
<i>Ralfsia</i> spp.	8,67	0,00	7,65
<i>Cruoria pellita</i>	0,67	7,17	6,27
diatome-kjede på fjell	3,78	5,33	5,54
<i>Fucus</i> cf. <i>evanescens</i>	6,67	1,67	5,31
<i>Ceramium</i> spp.	7,11	1,67	5,10
<i>Hildenbrandia rubra</i>	4,78	4,83	4,69
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	4,89	0,00	4,05
<i>Furcellaria/Polyides</i>	4,89	0,17	3,97
<i>Chondrus crispus</i>	7,33	2,67	3,88
<i>Zostera marina</i>	4,22	0,00	3,72

Det må påpekes at registreringene av algene i 2002 og 2003 ble gjort av en zoolog, mens det tidligere år har vært en botaniker som har gjort registreringene av alger. Dette kan bety at små og sjeldne arter ikke er like godt registrert som tidligere år. Noe av forskjellene i forekomst av alger mellom stasjoner og år kan derfor forklares utfra taxonomisk kompetanse hos observatøren. For øvrig antas endringene å være innenfor det en normalt kan forvente i et strandsoneområde. Påvirkning fra Drammenselva samt lavere grad av bølgeeksponering er forhold som sannsynligvis bidrar til lavere biologiske mangfold på Langøya-stasjonene, sammenlignet med kontrollen på Mølen.

## 4. Referanser

- ASMO, 1994.** Draft assessment of temporal trends monitoring data for 1983-91: Trace metals and organic contaminants in biota. Environmental Assessment and Monitoring Committee (ASMO). Document ASMO(2) 94/6/1.
- Clarke K.R. & R.N. Gorley. 2001.** PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd: Plymouth.
- Green, N.W., Hylland, K., Ruus, A., Walday, M., 2004.** Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National Comments regarding the Norwegian Data for 2002. Norwegian Pollution Control Authority, Monitoring report no. 894/2003 TA no. 2003/2003. Norwegian Institute for Water Research project 80106, report number 4778-2004, 223 pp.. ISBN number 82-577-4454-9. Also as Trends and Effects of Substances in the Marine Environment (SIME) London (Secretariat) 24-26 Febraury 2004. SIME 04/02/info. 4 -E
- Green N.W., Bjerkeng B., Helland A., Hylland K., Knutzen J. & M. Walday. 2001.** Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). Overvåking av miljøgifter i marine sedimenter og organismer 1981-1999. Statens forurensningstilsyn 819/01, TA nr. 1797/2001. NIVA-rapport 4358-2001. 191 s. ISBN 82-577-3995-2.
- Knutzen J., Skei J. 1990.** Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 2540. 139 s.
- Konieczny R.M. & E.M. Brevik, 1997.** Kartlegging av et tønneponi i sjøen utenfor Aspond, Indre Oslofjord 1996. Utbredelse, tilstand og miljøgifter. NIVA-rapport 3586-96. 56s
- Magnusson J., Hackett B. & Ø. Sætra. 1997.** Vurdering av utslippsforholdene ved Langøya, Breiangeren. NIVA-rapport 3657-97, 23s.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & J. Sørensen. 1997.** Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning 97:03. ISBN 82-7655-367-2. 36 s.
- MON, 1998.** Summary record. Ad Hoc Working Group on Monitoring, Copenhagen: 23-27 February 1998. MON 98/6/1-E.
- Nicholson, M., Fryer, R.J., Maxwell, D.M., 1997.** A study of the power of various methods for detecting trends. ICES CM 1997/Env.11.
- Nicholson, M., Fryer, R.J., Larsen, J.R., 1998.** Temporal trend monitoring: A robust method for analysing trend monitoring data, ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, No.20 September 1998.
- Næs K. et al. 2002.** Miljøgiftundersøkelse i havner i Telemark, Vestfold, Akershus og Østfold 1999. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport: 849/02. TA-nummer: 1885/2002.
- Walday M. & A. Helland, 1994.** Orienterende undersøkelse av metallinnhold i sediment og blåskjell utenfor Langøya i Holmestrandsfjorden. NIVA-rapport 3057, 22s.
- Walday M. 1997.** Overvåking NOAH Langøya, -strandsoneregistreringer samt metaller i sediment og blåskjell. NIVA-rapport 3664-97, 26s.



**Walday M. 1998.** Overvåking NOAH-Langøya 1997 Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell NIVA-rapport 3825-98, 22s.

**Walday M. 1999.** Overvåking NOAH-Langøya 1998 Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell NIVA-rapport 4040-99, 33s.

**Walday M., Oug E. & T. Kroglund. 2000.** Overvåking NOAH-Langøya 1999 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell. NIVA-rapport 4238-2000, 34s.

**Walday M. & T. Kroglund. 2001.** Overvåking NOAH-Langøya 2000 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell. NIVA-rapport 4404-2001, 44s.

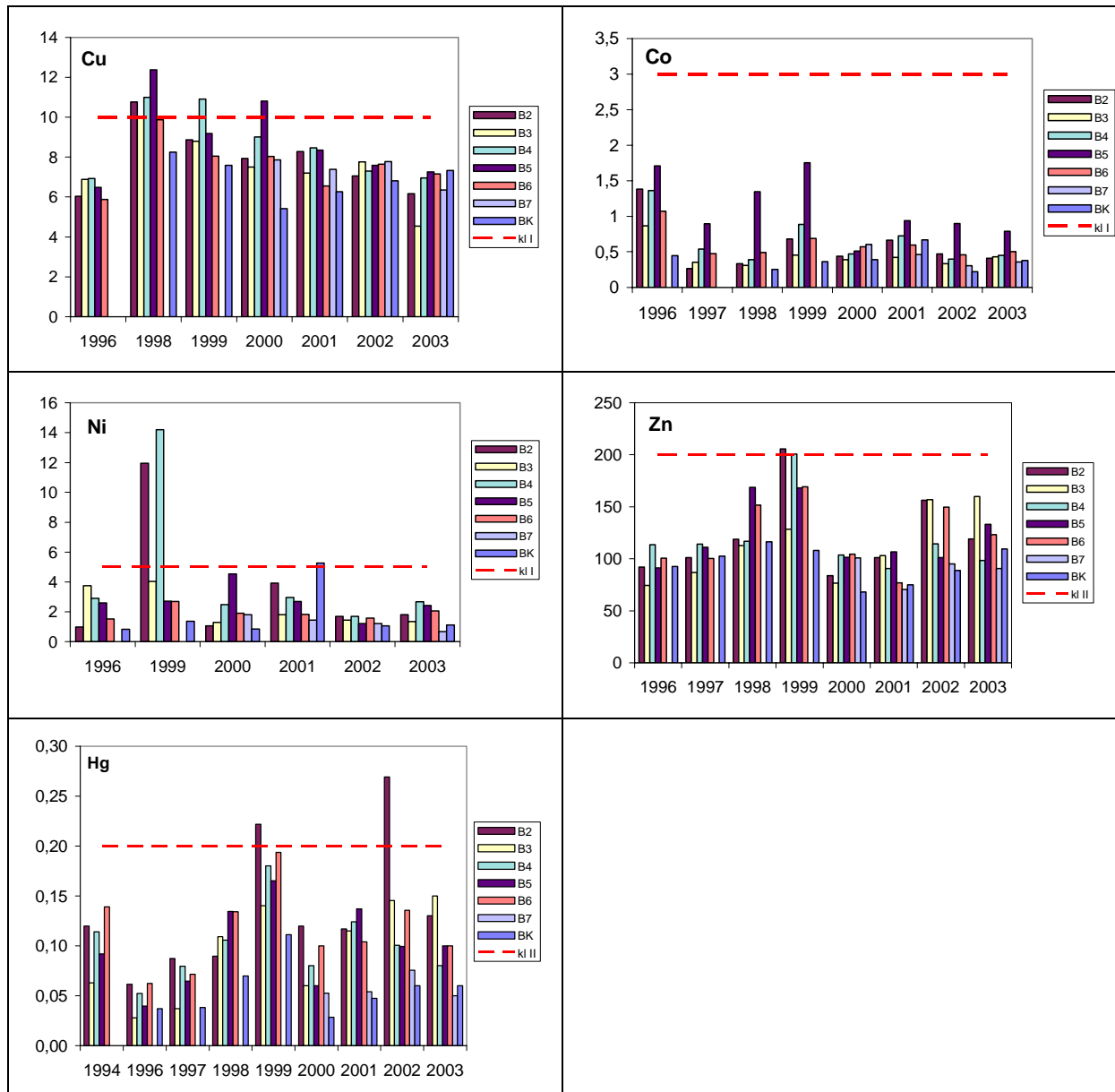
**Walday M., Helland A. & T. Kroglund. 2002.** Overvåking NOAH-Langøya 2001. Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell og sedimenter. NIVA-rapport 4575-2002. 47s.

**Walday M., Kroglund T., Mortensen T. Chr. 2003.** Overvåking NOAH Langøya 2002. Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell. NIVA-rapport 4701-2003. 33s.

Personlige meddelelser

Sverreson T., NOAH AS, Langøya

## Vedlegg A.



**Figur 16.** Konsentrasjoner av kopper (Cu), kobolt (Co), nikkel (Ni), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) i blåskjell fra 6 stasjoner i området rundt Langøya og referansestasjonen BK. Gjennomsnitt av tre parallelle prøver uttrykt i mg/kg på tørrvektsbasis. Den stiplede streken markerer skillet mellom tilstandsklasse I og II (Molvær et al. 1997).

## Vedlegg B.

Konsentrasjoner av metaller (mg/kg) i blåskjell på tørrvektsbasis, n=3.

Metall/ år	B2 Langøya		B3 Langøya		B4 Langøya	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
Ba00	3,8570	0,123987	4,89082	0,430595	4,60037	0,488134
Ba01	5,6399	0,110806	3,45122	0,391577	5,69026	0,67308
Ba02	11,2585	1,33175	45,6926	2,47744	19,7821	0,746546
Ba03	2,59422	0,42586	3,33003	0,649147	3,43891	0,49895
As96	8,7800	0,690724	6,6	0,27074	7,89	0,337787
As97	16,7270	1,62777	8,79548	2,27786	11,7708	3,05576
As98	7,8481	0,404109	7,10703	0,510691	8,0903	0,615176
As99	9,1386	1,18126	6,77019	0,164478	11,5087	0,272584
As00	12,6224	0,611879	11,9029	0,561253	12,6726	0,642017
As01	11,6560	0,420561	10,9527	0,0198801	13,8147	0,096766
As02	11,9121	0,359623	11,4316	0,394329	11,003	0,36027
As03	27,2689	1,51743	28,7194	1,54531	48,3359	2,58774
Cd96	0,8402	0,134851	0,677589	0,0483008	0,816624	0,062800
Cd97	0,8358	0,123838	0,829996	0,0573486	1,16589	0,140181
Cd98	0,8296	0,0372769	1,10828	0,0994063	0,988708	0,015606
Cd99	1,77278	0,145908	2,10743	0,249635	2,30386	0,223223
Cd00	1,30833	0,128972	1,95799	0,0621147	1,575	0,133913
Cd01	1,12431	0,0265967	2,36726	0,0720864	1,78226	0,106634
Cd02	1,99046	0,0791908	3,58536	0,240594	1,46328	0,117535
Cd03	1,30448	0,0833	2,21219	0,2129	0,921485	0,1246
Cu96	6,03762	0,105068	6,88244	0,685068	6,92548	0,292239
Cu98	10,764	1,18533	10,0273	0,693527	10,9975	0,675968
Cu99	8,87619	1,40635	8,78644	0,435746	10,9026	0,783262
Cu00	7,92918	0,467096	7,5024	0,165475	9,01919	0,581604
Cu01	8,2855	0,190385	7,19943	0,388428	8,47092	0,130361
Cu02	7,06503	0,0842933	7,7561	0,185929	7,30289	0,46268
Cu03	6,16385	0,2105	4,54353	3,9350	6,96117	0,2592
Hg96	0,06133	0,0092915	0,0276667	0,00305505	0,0523333	0,0020816
Hg97	0,08724	0,0098604	0,0370619	0,00117716	0,0794238	0,0101745
Hg98	0,08969	0,0042413	0,109078	0,0251485	0,105559	0,0052515
Hg99	0,22192	0,0238802	0,140303	0,0169092	0,180112	0,0133271
Hg00	0,11592	0,0144246	0,0570951	0,00266013	0,0786713	0,0015140
Hg01	0,11738	0,0027575	0,115088	0,0030149	0,124482	0,0079177
Hg02	0,26944	0,0755151	0,145522	0,00945949	0,10048	0,0135093
Hg03	0,13312	0,0026	0,150284	0,0133	0,07728	0,001
Pb96	1,0021	0,117008	0,910238	0,104116	2,4097	0,610343
Pb97	0,74120	0,319416	0,77774	0,230252	1,96142	0,327589
Pb98	1,77097	0,163898	4,40327	0,947377	2,47125	0,171004
Pb99	2,85883	0,387168	5,09535	1,54934	5,90713	0,607672
Pb00	1,92853	0,0619936	15,6562	1,18686	7,67774	0,284371
Pb01	1,83677	0,0041685	13,5973	1,68425	4,10199	0,381265
Pb02	1,95425	0,11377	16,666	1,38481	2,29543	0,272346
Pb03	1,72916	0,3573	12,5563	1,7642	3,6059	0,2222
V96	0,44590	0,208404	0,575981	0,045058	1,72148	1,55387
V97	3,60338	0,519316	7,22481	0,420271	3,32432	0,41559
V98	1,14396	0,182712	1,06799	0,142397	1,27978	0,0842419
V99	1,90838	0,374723	1,33495	0,055991	2,06382	0,0957469
V00	3,53129	0,124008	5,70951	0,266013	4,27448	0,543858
V01	5,02634	0,124169	4,32688	0,139217	5,26776	0,623047
V02	1,93497	0,164612	1,41063	0,021677	1,39353	0,10607
V03	6,095	0,4408	3,282	2,852	6,670	0,620
Zn96	92,0538	6,83649	74,4857	4,95534	113,446	11,6454
Zn97	101,147	6,38827	86,6725	5,08409	114,022	12,8472
Zn98	118,84	10,3513	112,938	9,54297	116,933	5,13248
Zn99	205,621	4,52387	128,457	10,6259	200,636	18,353
Zn00	83,6498	8,17278	76,6266	4,42412	103,763	8,02209
Zn01	101,141	4,28307	103,13	3,25212	90,753	7,25723
Zn02	156,269	19,5143	156,941	19,2862	114,549	2,63565
Zn03	119,15	16,19	159,95	15,7345	98,35	9,96
Co96	1,3818	0,136681	0,865487	0,096997	1,3647	0,278705

Metall/ år	B2 Langøya		B3 Langøya		B4 Langøya	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
Co97	0,26648	0,0819966	0,352983	0,032938	0,537564	0,0198293
Co98	0,33183	0,0034189	0,307602	0,032074	0,388924	0,0085201
Co99	0,67992	0,18117	0,453607	0,053297	0,886092	0,161114
Co00	0,43909	0,0116507	0,385354	0,044522	0,470056	0,0211379
Co01	0,66589	0,0214427	0,422884	0,020137	0,72468	0,0601087
Co02	0,46890	0,0071938	0,335578	0,006783	0,397448	0,0080930
Co03	0,4089	0,009	0,4251	0,415	0,4531	0,034
Cr96	1,05109	0,212811	6,87692	4,96151	4,93946	0,183142
Cr97	3,4696	0,831681	1,25479	0,209639	2,38809	0,436841
Cr99	17,2396	16,5256	6,28024	1,28411	19,509	10,0878
Cr00	0,1	0,0	0,891749	1,37135	3,44242	4,05581
Cr01	7,57438	2,48865	2,85868	0,234291	4,58064	0,47122
Cr02	4,89122	4,53601	2,11945	0,039696	1,7953	0,147952
Cr03	3,1592	0,96	2,2945	0,833	4,716	1,028
Ni96	0,98365	0,114643	3,73974	2,77864	2,89655	0,468537
Ni99	11,9368	11,3483	4,03251	1,11459	14,1918	7,74697
Ni00	1,06494	0,349563	1,30423	0,277095	2,47781	2,28281
Ni01	3,91777	0,4152	1,80942	0,406927	2,96806	0,435637
Ni02	1,69161	0,104302	1,44871	0,011333	1,68668	0,25533
Ni03	1,8176	0,2827	1,35	0,472	2,6832	0,309

Vedlegg B (forts.)

Metall/år	B5 Langøya		B6 Langøya		B7 Mulodden		BK Mølen	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
Ba00	3,10937	0,100006	3,80735	0,580462	6,85408	0,32461	0,85150	0,04526
Ba01	3,78681	0,078742	3,6871	0,410939	2,30694	0,30931	2,3854	1,15397
Ba02	17,6764	2,34064	11,7384	1,06081	20,2625	1,23905	9,14037	2,55894
Ba03	2,033	0,339	3,507	0,229	2,418	0,219	0,645	0,0797
As96	7,22333	0,32746	9,14333	0,461988			7,4521	1,49902
As97	11,8161	5,49151	12,8423	6,02333				
As98	8,96167	1,35811	9,17719	2,10937			7,53165	0,50299
As99	8,9311	0,40901	10,1489	0,935016			6,78985	0,82772
As00	10,8103	0,10000	13,5054	0,352862	13,3078	0,64477	7,66356	0,40738
As01	12,7972	0,69583	12,7	0,839792	10,6986	0,69669	13,0811	1,64243
As02	9,77318	0,20385	11,3007	0,342686	10,9943	0,26873	7,70594	0,56549
As03	26,216	1,089	54,412	2,925	74,654	6,962	67,065	2,374
Cd96	0,75045	0,10954	0,84572	0,024263			0,75678	0,12502
Cd97	1,13945	0,062931	1,07813	0,117292			0,99964	0,06403
Cd98	1,29164	0,219497	0,99335	0,26689			1,17727	0,15500
Cd99	1,95267	0,244249	1,9123	0,22482			1,59775	0,13353
Cd00	1,01117	0,010203	1,23134	0,076594	1,22977	0,03056	1,33158	0,02703
Cd01	1,46041	0,180923	1,2336	0,058656	1,37173	0,08617	1,67127	0,24813
Cd02	1,15579	0,076614	1,43014	0,086232	1,42319	0,06765	1,18497	0,09087
Cd03	1,561	0,267	1,042	0,012	0,806	0,0312	1,058	0,127
Cu96	6,48015	0,2809	5,88159	0,144578				
Cu98	12,3725	0,546746	9,87849	2,60444			8,24342	2,13523
Cu99	9,17321	0,543603	8,05108	0,424393			7,5914	1,04493
Cu00	10,8103	0,100001	8,04312	0,85728	7,86053	1,01811	5,41615	0,15355
Cu01	8,34882	0,192899	6,54753	0,100488	7,38817	0,21783	6,27561	0,40224
Cu02	7,58828	0,191077	7,64913	0,967411	7,78183	0,27894	6,82181	0,97805
Cu03	7,258	0,723	7,160	1,258	6,355	0,231	7,316	1,221
Hg96	0,03966	0,004619	0,06233	0,005774			0,03707	0,00317
Hg97	0,06448	0,002822	0,07168	0,00798			0,0381	0,00522
Hg98	0,13447	0,023409	0,13433	0,038447			0,06957	0,01429
Hg99	0,16523	0,012361	0,19375	0,009462			0,11126	0,02124
Hg00	0,06027	0,010011	0,10427	0,00018	0,05243	0,00367	0,02835	0,00246
Hg01	0,13701	0,006054	0,10390	0,010724	0,05394	0,00208	0,04738	0,00418
Hg02	0,09934	0,000658	0,13562	0,010478	0,07545	0,00280	0,06003	0,00472
Hg03	0,0991	0,0075	0,0961	0,0015	0,0547	0,0022	0,06	0,0052
Pb96	1,04927	0,191863	1,5123	0,211884			0,67969	0,09511
Pb97	1,2708	0,295562	1,38697	0,23758			0,65474	0,08539
Pb98	2,58578	0,554564	2,4275	0,961059			0,73543	0,06044
Pb99	2,72065	0,604688	2,68369	0,141464			0,74537	0,11476
Pb00	2,5	0,05	1,90368	0,452545	1,20969	0,00422	0,52565	0,04773
Pb01	2,40805	0,403266	1,67559	0,318167	1,13105	0,15756	0,90470	0,11381
Pb02	1,30633	0,034083	1,5068	0,302464	0,86677	0,07144	0,59180	0,05003
Pb03	1,882	0,135	1,600	0,133	1,7983	0,230	0,599	0,049
V96	0,56449	0,026841	0,5572	0,157436			0,80330	0,15506
V97	3,72487	0,124642	3,09127	0,767684				
V98	1,39998	0,40347	1,19046	0,25202			0,55654	0,05127
V99	1,84523	0,254585	1,55448	0,207409			0,54549	0,13639
V00	3,22523	0,065889	3,002	0,275374	7,66095	0,33704	2,33256	0,26806
V01	4,05211	0,022334	4,6304	0,224823	4,61983	0,26554	7,18161	1,46687

Metall/år	B5 Langøya		B6 Langøya		B7 Mulodden		BK Mølen	
	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik	Gj.snitt	St.avvik
V02	1,21926	0,098093	1,3896	0,151695	1,46217	0,01295	0,40689	0,10396
V03	3,735	0,438	10,714	0,417	13,813	1,159	10,604	0,678
Zn96	91,1485	8,97225	100,749	10,3218			92,6554	17,8493
Zn97	111,151	10,4096	100,359	7,96732			102,605	10,6031
Zn98	168,793	28,8759	151,684	51,7366			116,231	15,4358
Zn99	168,306	24,9085	169,425	6,14941			108,046	7,09817
Zn00	101,35	1,0	104,443	7,36293	100,779	12,2278	68,0361	6,43592
Zn01	106,663	7,8418	76,6754	9,27194	70,5323	4,10565	75,0629	5,34175
Zn02	101,16	2,77614	149,802	19,107	95,1636	7,21295	88,7542	12,0907
Zn03	133,26	14,62	123,36	8,807	90,68	4,12	109,39	8,590
Co96	1,70754	0,16188	1,07004	0,123595			0,44583	0,06002
Co97	0,89486	0,09267	0,47690	0,031375				
Co98	1,34663	0,342969	0,48798	0,140686			0,25105	0,05003
Co99	1,75569	0,061439	0,68792	0,128787			0,36293	0,0571
Co00	0,50891	0,010174	0,56637	0,024315	0,60484	0,00211	0,38746	0,02179
Co01	0,93934	0,027202	0,59408	0,023095	0,46234	0,02952	0,66823	0,11765
Co02	0,89652	0,098468	0,4569	0,074688	0,30570	0,01569	0,21894	0,02806
Co03	0,793	0,119	0,500	0,019	0,355	0,026	0,382	0,017
Cr96	4,32707	0,497862	1,93309	0,452558			0,44583	0,06002
Cr97	4,15657	0,676474	4,19402	0,450691				
Cr99	4,58661	0,271802	3,57826	0,188619			2,01114	0,00198
Cr00	6,75892	0,100018	1,7228	1,47594	2,01655	0,35311	0,05	0
Cr01	4,97368	0,787898	2,9837	0,349208	2,12628	0,16181	8,90945	5,5693
Cr02	1,47714	0,109561	1,33339	1,03504	1,47077	0,44315	0,92873	0,02065
Cr03	4,0418	0,833	3,478	0,506	1,183	0,100	1,367	0,987
Ni96	2,60434	0,318795	1,52779	0,184254			0,82058	0,17181
Ni99	2,69822	0,401495	2,68369	0,141464			1,3709	0,73851
Ni00	4,52901	0,020074	1,90368	0,452545	1,81453	0,00632	0,85151	0,04527
Ni01	2,69051	0,534339	1,83096	0,156871	1,43775	0,40658	5,25607	3,40344
Ni02	1,21267	0,09814	1,5831	0,390945	1,2133	0,12701	1,06672	0,22615
Ni03	2,406	0,387	2,045	0,1231	0,6812	0,2025	1,1183	0,5046

## Vedlegg C.

Taxa av dyr og alger registrert ved strandsonundersøkelsene på referansestasjonen (BK) på Mølen og stasjon B2 og B6 på Langøya i 1996, 1997, 1998, 2002 og 2003. Mengde er registrert som 1= enkelt funn, 4= spredte funn, 9= vanlig forekommende og 16=dominerende forekomst.

Taxa dyr	bk96	b296	b696	bk97	b297	b697	bk98	b298	b698	bk02	b202	b602	bk03	b203	b603
Acmaea sp.	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Actinaria indet.	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcyonidium hirsutum	1	0	0	0	0	0	9	4	4	0	0	0	1	0	0
Alcyonidium gelatinosum	4	4	4	4	4	4	0	0	0	4	4	9	4	4	4
Asterias rubens	4	1	4	4	4	4	0	1	1	1	0	0	4	1	4
Asterias rubens juv.	4	4	4	4	1	4	4	1	4	0	0	0	0	0	0
Asteroidea indet. juv.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balanus balanoides	4	4	4	4	9	9	9	9	9	9	4	0	9	4	4
Balanus crenatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	9	16	4	9	9
Campanularia integra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campanularia johnstoni	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4
Carcinus maenas	1	1	4	4	4	4	0	4	4	4	4	1	4	4	4
Ciona intestinalis	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. Halichondria panicea	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dynamena pumila	4	0	0	4	0	0	9	0	0	9	0	0	4	0	0
Electra pilosa	9	4	9	9	4	9	9	4	4	4	0	4	4	4	4
Electra crustulenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	0	0	4
Hydroida indet.	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hinia reticulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Invertebrate egg mass: band	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laomedea geniculata	4	4	4	4	1	4	4	9	4	4	1	0	0	4	2
cf Laomedea flexuosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
Leptasterias mülleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Littorina littorea	9	9	9	9	9	9	9	9	9	16	9	9	16	16	9
Littorina obtusata	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Littorina saxatilis	4	0	0	4	0	0	9	0	9	4	4	1	4	0	4
Membranipora membranacea	9	0	1	4	0	1	1	0	0	0	0	0	4	0	4
Metridium senile pallidus	9	0	1	4	0	1	9	4	0	0	0	0	0	0	0
Mytilus edulis	4	16	4	9	9	9	4	9	9	16	9	9	9	9	9
Nereis sp.	1	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0
Porania pulvillus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psammechinus miliaris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spirorbis borealis	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mytilus edulis juv.	0	0	0	0	0	0	9	9	4	0	0	0	0	0	0
Laomedea sp.	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
Eggmasse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0

TAXA alger	bk96	b296	b696	bk97	b297	b697	b298	b698	bk98	bk02	b202	b602	bk03	b203	b603
Ahnfeltia plicata	9	1	4	9	4	4	0	9	9	4	0	4	1	0	1
Audouiniella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryopsis plumosa	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Callithamnion sp.	0	0	0	9	1	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
Ceramium spp.	9	0	1	16	4	0	9	9	16	0	0	4	1	4	1
Phyllophora spp.	0	0	0	4	0	0	0	0	9	0	0	4	0	0	0
Chaetomorpha mediteranea	0	0	0	0	0	0	9	9	4	0	4	0	0	0	0
Chaetomorpha melagonium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Chondrus crispus	9	4	9	9	4	9	4	9	9	4	0	0	4	4	4
Chorda filum	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chordaria flagelliformis	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladophora rupestris	4	0	4	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	1
Cladophora sp.	1	4	4	1	9	0	4	0	0	0	1	4	0	0	0
CORAX (algeskorper)	9	16	4	9	4	9	9	9	9	9	0	0	9	9	16
Cyanophyceae indet, på tang	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
diatome-kjede på fjell	4	0	4	0	9	4	9	0	4	0	16	16	0	0	0
Dumontia contorta	1	0	1	4	1	4	4	9	9	0	0	0	1	1	0
Ectocarpus sp.	4	1	4	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Elachista fucicola	4	1	0	4	0	0	9	4	4	4	4	4	0	0	0
Enteromorpha sp.	4	0	1	9	4	1	4	4	9	0	9	1	4	4	1
Fucus cf. evanescens	4	9	0	9	16	4	9	0	9	0	9	1	0	0	0
Fucus juv.	9	4	4	4	4	4	9	4	4	4	4	4	0	0	0
Fucus serratus	16	16	16	16	16	16	16	16	16	9	16	16	9	16	9
Fucus spiralis	0	0	0	0	9	16	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Fucus vesiculosus	9	16	16	9	16	9	9	16	9	9	16	16	9	9	9
Furcellaria/Polyides	4	4	1	4	4	9	0	9	9	0	0	1	0	0	0
Grønt på fjell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	4	4
Hildenbrandia rubra	0	4	4	9	4	9	0	4	9	16	4	0	9	0	0
Laminaria saccharina juv.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petalonia fascia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cf. Polyides rotundus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Pilayella littoralis	0	0	0	4	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0
Polysiphonia nigrescens	9	4	0	9	4	4	1	4	9	0	0	0	0	0	0
Polysiphonia urceolata	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	4
Polysiphonia violacea	4	0	4	1	0	9	9	4	4	0	0	0	0	0	0
Porphyra sp.	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizoclonium implexum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhodomela confervoides	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Spirulina subsalsa	0	0	0	0	4	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0
Spongomorpha aerugi/pallida	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulothrix/Urospora	0	0	0	4	4	4	0	0	9	0	0	0	0	0	0
Ulva lactuca	0	0	0	4	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0
Zostera marina	0	0	9	0	4	9	0	16	0	0	0	0	0	0	0