

RAPPORT LNR 4404-2001

**O**vervåking

NOAH-Langøya 2000 -  
Strandsoneregistreringer  
samt miljøgifter i  
blåskjell

**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

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

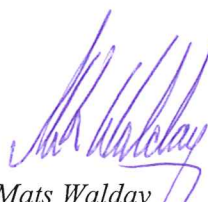
Tittel Overvåking NOAH-Langøya 2000 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 4404-2001	Dato 2001-07-03
	Prosjektnr. Undernr. O 96231	Sider Pris 44
Forfatter(e) Walday, Mats Kroglund, Tone	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NOAH AS.	Oppdragsreferanse K 99 030
------------------------------	-------------------------------

**Sammendrag**

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya i Oslofjorden har siden undersøkelsene startet i 1994 stort sett indikert en god miljøtilstand i området. Undersøkelsene er et ledd i overvåkingen av den marine resipienten utenfor NOAHs anlegg for uorganisk spesialavfall på Langøya. Tilstanden i 2000 kan for det meste klassifiseres som "ubetydelig – lite forurenset". I 2000 ble det registrert overkonsentrasjoner for arsen, vanadium, bly, krom og kobber, med høyest nivåer hos de tre førstnevnte som også har hatt en negativ utvikling i de siste år, mens kobberkonsentrasjonene har sunket noe. Det antas at driften på Langøya bidrar til de overkonsentrasjoner av miljøgifter som er funnet, men det har ikke vært mulig å detektere noen klare sammenheng med NOAH-Langøyas utslipp. Forekomstene av alger og dyr ble undersøkt på tre strandsonestasjoner. Organismesamfunnene var normale i forhold til de naturgitte forutsetninger på de tre stasjonene.

Fire norske emneord 1. Langøya 2. Marin 3. Overvåking 4. Miljøgifter	Fire engelske emneord 1. Langøya island 2. Marine 3. Monitoring 4. Micropollutants
--	--

  
Mats Walday  
Prosjektleder

  
Kari Nygaard  
Forskningsleder

ISBN 82-577-4046-2

FOR  
Jens Skei  
Forskningssjef



O-96231

**Overvåking NOAH-Langøya 2000**

Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell

## Forord

Undersøkelsene, som er et ledd i overvåkingen av resipienten utenfor NOAH AS anlegg for uorganisk avfall på Langøya, er utført av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) på oppdrag for NOAH AS. Kontaktperson på NOAH har vært Trygve Sverreson.

Blåskjellinnsamling og strandsoneregistreringer er gjennomført av Tone Kroglund og Mats Walday 12. oktober 2000.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Bente Lauritzen.

Opparbeiding av blåskjell er utført av Åse Bakketun og Lise Tveiten.

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

Rapporten er forfattet av Tone Kroglund og Mats Walday, som også har vært prosjektleder.

Oslo, 3. juli 2001

*Mats Walday*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og Metoder</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>11</b>
3.1 Metaller i blåskjell	11
3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner	12
3.3 Strandsoneregistreringer	22
3.4 Vurdering av prøvetakingsstrategi	26
<b>4. Referanser</b>	<b>27</b>
<b>Vedlegg A. Kjemiske analyser</b>	<b>28</b>
<b>Vedlegg B. Metallnivåer 2000</b>	<b>35</b>
<b>Vedlegg C. Metallnivåer 1994 – 2000</b>	<b>41</b>

---

## Sammendrag

I år 2000 undersøkte NIVA, på oppdrag av NOAH AS, metallinnholdet i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra syv stasjoner i området rundt Langøya. Fra kontrollstasjonen ble det også analysert organiske miljøgifter samt organotinn. 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 spesialavfall på Langøya. NIVA utførte i 1994 en orienterende undersøkelse i området (Walday & Helland 1994) og siden 1996 er det utført årlige undersøkelser (Walday 1997, 1998, 1999; Walday *et al.* 2000). I den foreliggende rapport er resultatene fra 2000-års undersøkelsene presentert og sammenlignet med de tidligere undersøkelser.

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya har siden undersøkelsene startet stort sett indikert en god miljøtilstand i området. I år 2000 ble det registrert overkonsentrasjoner for 5 av de 11 metaller som ble analysert. Tilstanden kan imidlertid for det meste klassifiseres som "ubetydelig – lite forurenset" som tilsvarende klasse I i SFTs klassifiseringssystem (Molvær *et al.* 1997). De høyeste verdiene ble funnet for arsen, vanadium og bly. Forekomsten av bly, vanadium, arsen, kobber og kadmium i blåskjell har økt signifikant siden 1996, mens nikkel, sink, kobolt og krom er på samme nivå som i 1996. Nivåene av vanadium og kadmium har også økt i blåskjell fra referansestasjonen på Mølen i samme periode.

Siden NOAHs anlegg har utslipp av metallholdig avløpsvann til fjorden antas det at driften på Langøya bidrar til de overkonsentrasjoner av miljøgifter som er funnet i blåskjell, men det har ikke vært mulig å finne noen klare sammenhenger mellom konsentrasjoner og avstand fra NOAH-Langøyas utslipp. Resultater fra den nye stasjonen ved Mulodden sør for Holmestrand og fra referansestasjonen på Mølen gir indikasjoner på at det finnes flere kilder til de påviste metaller enn NOAH-Langøya. Beregninger av utslippsvannets spredning i resipienten (Magnusson *et al.* 1997) har gitt bedre forutsetninger for å vurdere resultatene i forhold til NOAHs utslipp av prosessvann.

Sammenhengen mellom de målte nivåer av metaller i blåskjell og NOAHs målinger av metaller direkte i prosessvannet er uklar i det metaller som ikke er blitt funnet i prosessvannet er registrert med tildels høye nivåer i blåskjell.

Det er fra og med 1999 utført kvantitative undersøkelser (ruteundersøkelser) på faste flater i strandsonen. Artsmangfoldet er størst på kontrollstasjonen. Forekomsten av alger og dyr viste imidlertid ingen unormale trekk på de tre strandsonestasjonene i 2000. De forskjeller som ble registrert mellom stasjonene kan til en stor grad forklares utfra forskjeller i naturlige forhold som ferskvannspåvirkning og eksponering.

## Summary

Littoral communities and concentrations of metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) were investigated by NIVA in 2000 as part of the monitoring programme for the marine recipient outside NOAH's 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). Results from the investigations are compared in this report.

Levels of metals observed in blue mussels has generally indicated healthy environmental conditions in the area. In 1994 elevated concentrations of lead and arsenate was found, while the 1996 investigations only revealed elevated concentrations of chromium on the three stations closest to the outlet. Concentrations were on the whole lower in 1996 than in 1994, significant lower ( $p < 0,05$ ) for cadmium and mercury. In 1997 concentrations of arsenate, cadmium, mercury and vanadium were significant higher than in 1996. 1998 indicated a small improvement, except for moderately elevated concentrations of lead on one station, and copper on five stations. In 1999, elevated concentrations were found for 9 of the 10 metals analysed. Most of the stations were, however, "moderately polluted", class II according to the Norwegian environmental classification system (Molvær *et al.* 1997). Chrome was the metal with the most elevated concentrations in blue mussels from the area, but increasing levels of lead, mercury and cadmium gave rise to concern.

In 2000, elevated levels were found for 5 out of 11 metals investigated. Most stations were, however only "slightly polluted" (class I, cf. Molvær *et al.* 1997). Arsenate, vanadium and lead showed overconcentrations on more stations than the other metals. It has not been possible to detect any clear relation between distance from outlet and levels of metals in blue mussels.

The results from the reference-station Mølen and investigations of a new station on the mainland (station 7, Figur 1) gave results indicating that there are metal-sources in the area other than from NOAH-Langøya

The investigation of the littoral communities from 3 stations on Langøya showed no signs of negative influence from NOAHs activities on Langøya.

Title: Monitoring NOAH-Langøya 2000. Littoral communities and micropollutants in mussels

Year: 2001

Author: Walday, Mats & Kroglund, Tone

Source: Norwegian Institute for Water Research, report No 4404-2001. ISBN 82-577-4046-2

# 1. Innledning

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 Breiangen som er et åpent område av ytre Oslofjord.

Kalkgrunnen på Langøya er bygget opp av fossiler som ble avsatt for rundt 400 millioner år siden. I mer enn 90 år har det vært drevet kalksteinbrudd på øya, men i dag brukes de to gamle bruddene stort sett til avfallshåndtering. Anlegget tar imot de fleste typer uorganisk-, og siden 1998, noen typer organisk avfall. Håndteringen er konsesjonsbetinget. De ulike avfallstypene deponeres i nordbruddet og behandles for å gi nøytrale og kjemisk stabile sluttprodukter. I denne sammenheng felles det ut metaller. Fordi bruddet ligger til kote -50 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 anselige mengder regnvann og sigevann fra omgivelsene. Overskuddsvannet (prosessvannet) fra NOAHs avfallsdeponi slippes, fra og med år 2000, ut ca 100m lenger sør enn tidligere. Utslippspunktet er nå ca. 100m fra land ved kaianlegget, og på et dyp av 14 m. Lasting / lossing av avfall foregår like ved utslippsområdet. Prosesssvannets pH måles kontinuerlig og det tas hver måned ukesprøver for analyse av bl.a. metallinnhold og organiske miljøgifter. Det slippes normalt ut 80-130 m<sup>3</sup> prosessvann / time. Det er blitt utført beregninger av strømforholdene i området (Magnusson *et al.* 1997) og disse ligger 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 vanlig 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 tilførslene 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. Det ble ikke gjort sedimentundersøkelser i 2000, men dette vil bli inkludert i programmet for inneværende år 2001.

Ved de tidligere undersøkelser fra området i perioden 1994 til 1999, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter har for det meste vært lavt og tilstanden kan generelt betegnes som god (Walday & Helland 1994; Walday 1997, 1998, 1999, Walday *et al.* 2000). Det er også stor sannsynlighet for at andre kilder enn NOAH-Langøya kan bidra til de forhøyede nivåer som er funnet i sediment og blåskjell.

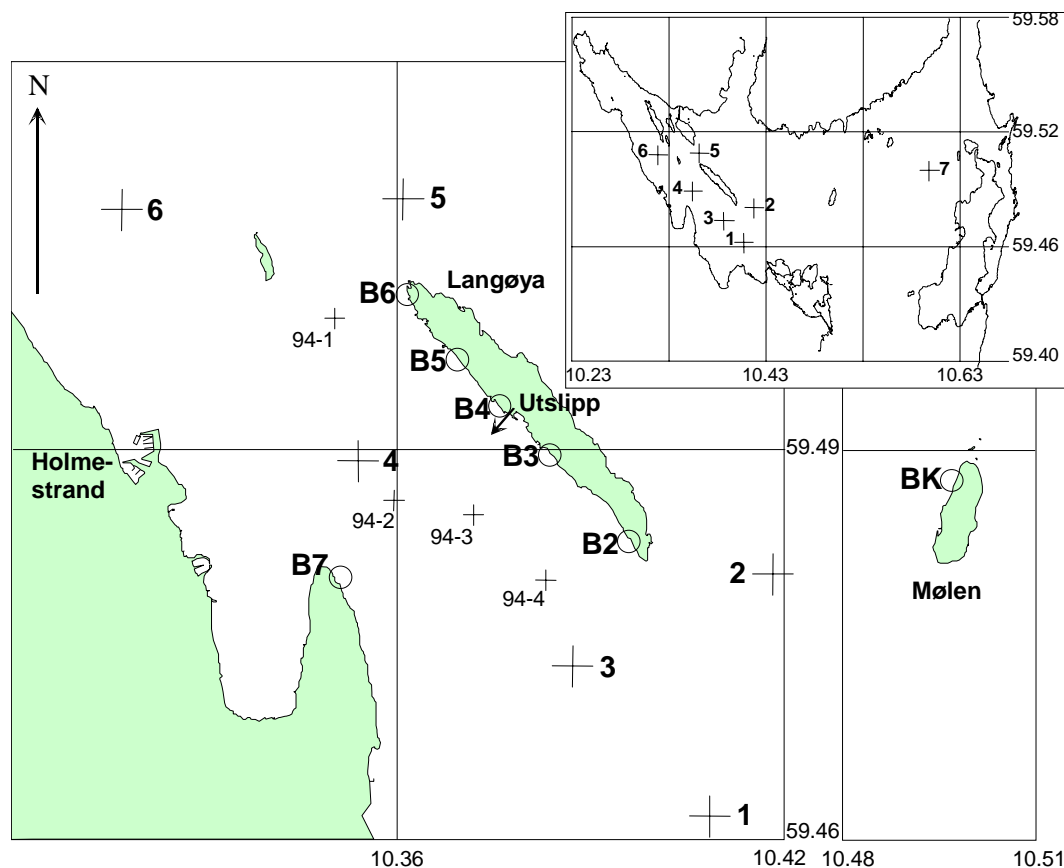
Grunnet konsesjonsutvidelse mht. type avfallskategorier som kan tas imot på NOAH-Langøya er det siden 1998, i tillegg til metaller, analysert organiske miljøgifter i blåskjell på en nyetablert stasjon ved utslippspunktet og på kontrollstasjonen.

*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.*



## 2. Materiale og Metoder

Innsamling av blåskjell (*Mytilus edulis*) og strandsoneregistreringer ble gjennomført 12. oktober 2000 i området vest for Langøya, og på Mølen (kontrollstasjon BK). Stasjon B5 ble samlet inn 23. november. Under feltarbeidet var det pent vær. Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 1).



**Figur 1.** Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 – 7, for st. 7 se oversiktskartet). Det ble ikke samlet inn sedimentprøver i 2000. BK er kontrollstasjonen på Mølen. B7 er ny 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 1). Stasjon B7 er ny og erstatter B1 på sørøstsiden av Langøya. Hensikten med å opprette B7 er å få en klarlegging av bakgrunnsnivået av metaller i området ved å etablere en blåskjellstasjon uten direkte kontakt med Langøya. På hver stasjon ble det innsamlet 3 parallelle prøver à 20 skjell av 4-5 cm lengde (på B5 kun en parallell). Blåskjell fra kontrollstasjonen blir samlet inn under et annet program (JAMP, cf. Green 2001). På laboratoriet ble skallengden målt og samlet vekt av bløtdeler for hver stasjon veid, før muslingene ble

homogenisert og sendt til analyse av metallinnhold. Alle analyser, unntatt organotinn, er utført etter NIVAs akkrediterte metoder. Nærmere informasjon om NIVAs analyser er gitt i Vedlegg A.

**Tabell 1.** Stasjoner for innsamling av blåskjell og gjennomføring strandsoneregistreringer. Posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS. BK er kontrollstasjonen på Mølen (se også Figur 1). B7 erstatter fra år 2000 stasjon B1 og er plassert like ved fyrlykten på Mulodden.

Stasjon	lengdegrad	breddegrad	blåskjell	strandsonereg.
BK	Ø 10° 29.56'	N 59° 28.75'	+	+
B1	Ø 10° 24.01'	N 59° 28.98'	utgår	-
B2	Ø 10° 23.84'	N 59° 28.95'	+	+
B3	Ø 10° 22.95'	N 59° 29.51'	+	-
B4	mangler	mangler	+	-
B5	Ø 10° 22.12'	N 59° 29.85'	+	-
B6	Ø 10° 21.74'	N 59° 30.18'	+	+
B7	mangler	mangler	+	-

## 2.2 Blåskjellrigg

Den gamle blåskjellriggen forsvant uke 27 i år 2000. Det er nå etablert en ny rigg ved det nye utslippspunktet. Omtrent 220 blåskjell i størrelse 3-5 cm ble i oktober 2000 transplantert fra kontrollstasjonen på Mølen til den nye riggen ved Langøya. Muslingene ble plassert i kurver slik at predasjon unngås og slik at muslingene skal komme i kontakt med prosessvannet når det er utslipp fra bedriften. Riggene blir jevnlig renses av personell fra NOAH-Langøya. Siden den gamle riggen forsvant i juli år 2000, er det ikke resultater fra riggen i denne rapport.

## 2.3 Strandsoneregistrering

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført i rammer på 3 av blåskjellstasjonene (se Figur 1). Rammene har en størrelse på 150 x 60 cm og er inndelt i 90 ruter på 10 x 10 cm. Metoden innebærer en frekvensregistrering av alger og dyr i 30 på forhånd tilfeldig valgte ruter, hvilket gir et godt grunnlag for senere statistisk behandling. Rammene ble plassert på faste, markerte flater på fjellet slik at nøyaktig det samme området ble undersøkt begge årene.

## 2.4 Databearbeiding

Det er utført variansanalyser for å undersøke om det var noen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. metallnivåer i blåskjellene. Data fra ruteregistreringene har gjennomgått similaritetsanalyser (cluster og MDS) i programpakken PRIMER v5 (Clarke & Gorley 2001).

De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon, i hovedsak etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær *et al.* 1997) (Tabell 2). For kobolt er "antatt høyt bakgrunnsnivå" (Klasse I) vist. For vanadium og kobolt se Knutzen & Skei (1990) samt Konieczny & Brevik (1997). 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.

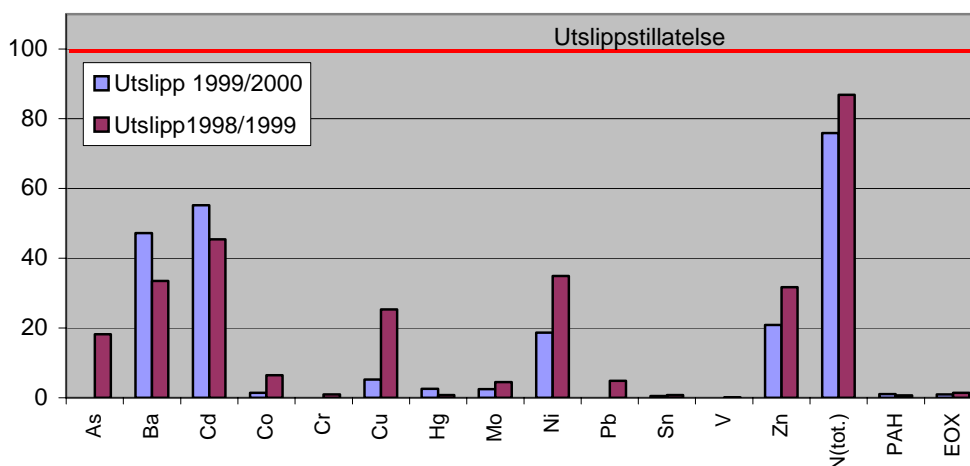
**Tabell 2.** SFTs klassifikasjon av tilstand ut fra målinger i blåskjell, etter Molvær *et al.* (1997). Kobolt og vanadium etter Knutzen & Skei (1990) og Konieczny & Brevik (1997). Kl. V (meget sterkt forurenset) er ikke vist.

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
Kopper <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

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

### 3. Resultater

I perioden oktober 1999 til og med september 2000 ble det sluppet ut 327 784 m<sup>3</sup> prosessvann fra NOAHs anlegg. De største utslippene var i perioden mai til juli (ca. 42% av totalvolum). Innholdet av metaller og andre miljøgifter i utslippsvannet analyseres løpende av NOAH, og nivåene for hele perioden tilfredsstilte konsesjonskravet fra SFT (Figur 2). Utslippene av barium (Ba), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) har i konsentrasjon økt noe sammenlignet med den forrige periode (1998-99), mens det bare er kvikksølv som har økt i absolutt mengde (kg/år).



**Figur 2.** Utslipp i % av utslippstillatelse fra NOAH-Langøya i perioden oktober til september for 1998/1999 og 1999/2000. Basert på konsentrasjon av metaller i utslippsvannet i gjennomsnitt over året. 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). Figur fra NOAH-Langøya.

#### 3.1 Metaller i blåskjell

*På de fleste stasjoner, og for de fleste metaller, kan tilstanden betegnes som "ubetydelig-lite forurenset" (cf. Tabell 2). I forhold til nivåene på kontrollstasjonen var imidlertid nivåer av metaller generelt forhøyet ved Langøya. Det antas at driften på Langøya bidrar til disse overkonsentrasjoner. Det var særlig bly, vanadium og arsen som utmerket seg.*

Blåskjellene på stasjon B3 var "markert forurenset" av bly. Vanadium var forhøyet overalt, inkludert den nye stasjon B7 og på kontrollstasjonen BK. Arsen var forhøyet på samtlige stasjoner unntatt Mølen. Vurdert i forhold til kvalitetskriteriene, så lå de mest påvirkede lokalitetene rundt utslippsområdet (st. B3, B4 og B5). Metallnivåer i blåskjell høsten 2000 er vist i Tabell 3. Statistikk over resultatene fra de kjemiske analysene i 2000 er vist i Vedlegg B. Tilstand og utvikling over tid for et utvalg av metallene er vist i Vedlegg C.

**Tabell 3.** Innhold av metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), arsen (As), sink (Zn), kobolt (Co), vanadium (V), kopper (Cu), krom (Cr), barium (Ba) og nikkel (Ni) i mg/kg tørrvekt, samt %-tørrestoff (TS), i blåskjell utenfor Langøya høsten 2000. Nivåene er gjennomsnitt av tre paralleller (unntatt stasjon 5 som kun er én parallell). BK er blåskjell kontroll fra Mølen. Verdier med gul bakgrunn indikerer klasse II "moderat forurenset", mens grønn bakgrunn indikerer klasse III "markert forurenset" (Tabell 2).

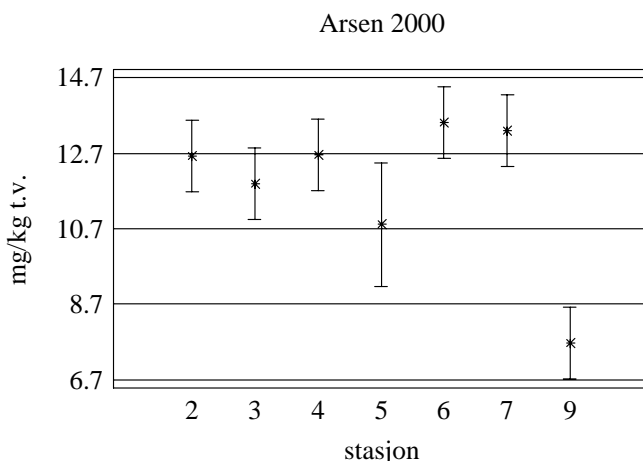
Stasjon:	2	3	4	5	6	7	BK
Hg	0.12	0.06	0.08	0.06	0.10	0.05	0.03
Cd	1.31	1.96	1.58	1.01	1.23	1.23	1.33
Pb	1.93	15.66	7.68	2.50	1.90	1.21	0.53
As	12.62	11.90	12.67	10.81	13.51	13.31	7.66
Zn	83.65	76.63	103.76	101.35	104.44	100.78	68.04
Co	0.44	0.39	0.47	0.51	0.57	0.60	0.39
V	3.53	5.71	4.27	3.18	3.00	7.66	2.33
Cu	7.93	7.50	9.02	10.81	8.04	7.86	5.42
Cr	0.10	0.89	3.44	6.76	1.72	2.02	0.05
Ba	3.86	4.89	4.60	3.11	3.81	6.85	0.85
Ni	1.06	1.30	2.48	4.53	1.90	1.81	0.85
% TS	15.6	20.4	17.4	14.8	14.1	16.5	23.5

### 3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner

I det følgende er det gitt kommentarer og vist figurer til de metaller hvor signifikante konsentrasjonsforskjeller mellom stasjoner ble registrert i 2000. Dette ble gjort for å undersøke hvorvidt det var konsentrasjonsgradienter i materialet som kunne knyttes til Langøyas utslipp av prosessvann. Det er også gjort en vurdering av samtlige metaller utvikling over tid for stasjonene B2 - B6. En forenklet illustrasjon av dette er vist i Figur 14 - Figur 16. Mer detaljerte figurer er gitt i Vedlegg C.

#### Arsen

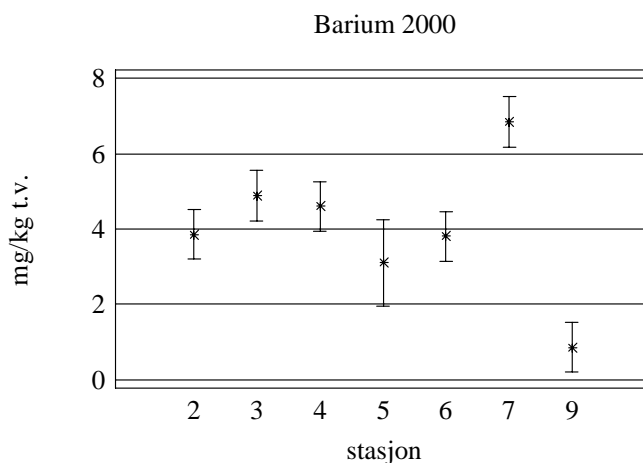
Nivåene av arsen var noe forhøyet ("moderat forurenset") på samtlige stasjoner, bortsett fra BK som hadde signifikant lavere verdier (Figur 3). Dette til tross for at det ikke ble registrert arsen i avløpsvannet fra Langøya i år 2000 (NOAHs målinger). Høye utslipp av arsen i 1999 kan være årsak, men dette burde da ha avspeilet seg i fjorårets analyser av blåskjell. Noe det ikke gjorde. Disse forhold, samt de høye verdiene på Mulodden (st. B7) sannsynliggjør andre arsenkilder enn Langøya. Arsen viser ingen entydig utvikling over tid, men nivåene har økt siden 1998 (Figur 14).



**Figur 3.** Arsen (As) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Barium

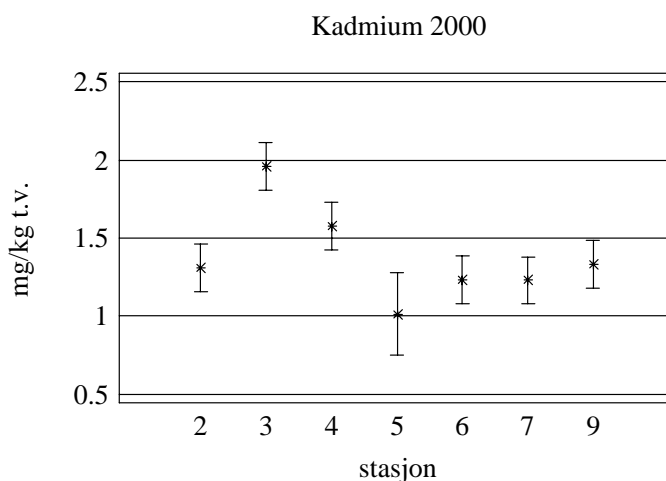
Nivåene var signifikant høyere enn på kontrollstasjonen (Figur 4). Imidlertid hadde stasjon B7 på Mulodden de klart høyeste nivåer. Det er sluppet ut 52,9 kg barium fra Langøya i perioden oktober 1999 til september 2000 og det er mulig de forhøyede verdier rundt Langøya skyldes dette. Utvikling over tid kjennes ikke siden det er første gang dette metallet analyseres. Barium inngår ikke i klassifiseringssystemet for miljøkvalitet og anses ikke som noe stort problem i marine miljøer.



**Figur 4.** Barium (Ba) i blåskjell fra Langøya i 1999 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Kadmium

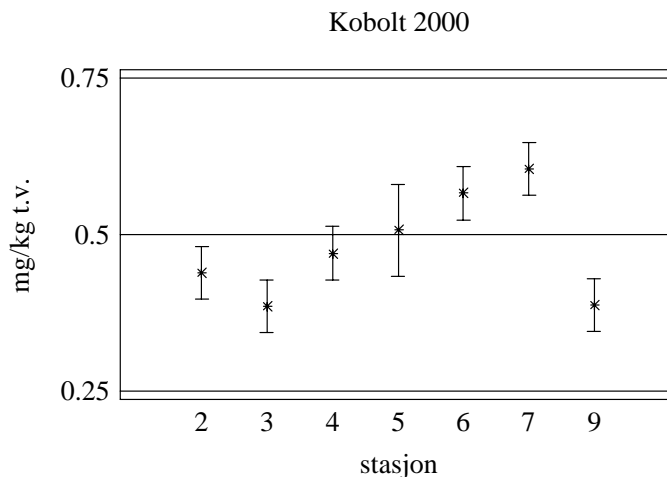
Alle stasjoner "ubetydelig - lite forurenset", men, som i 1999, ble de høyeste verdiene målt på stasjon B3 og B4 (Figur 5). Disse 2 stasjonene ligger nærmest utslippet fra Langøya og resultatene antyder derfor dette som en kilde. Generelt har nivåene av kadmium i blåskjell utenfor Langøya gått ned siden i fjor (Figur 14), mens utslippene via NOAHs prosessvann økt noe (Figur 2).



**Figur 5.** Kadmium (Cd) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Kobolt

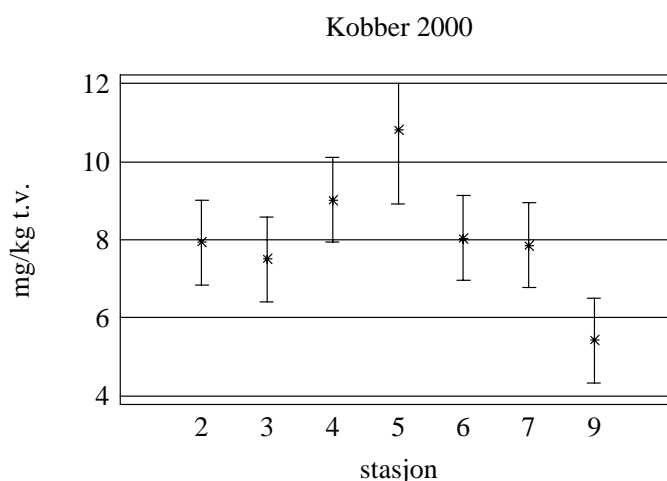
Tilstanden med hensyn til kobolt kan i 2000 betegnes som "ubetydelig - lite forurenset". Høyeste verdier ble funnet nord for utslippet (st. B5 og B6) samt på Mulodden (st. B7). Nivåene på stasjonene rundt Langøya var generelt lavere enn de var i 1999 (Figur 14).



**Figur 6.** Kobolt (Co) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Kopper

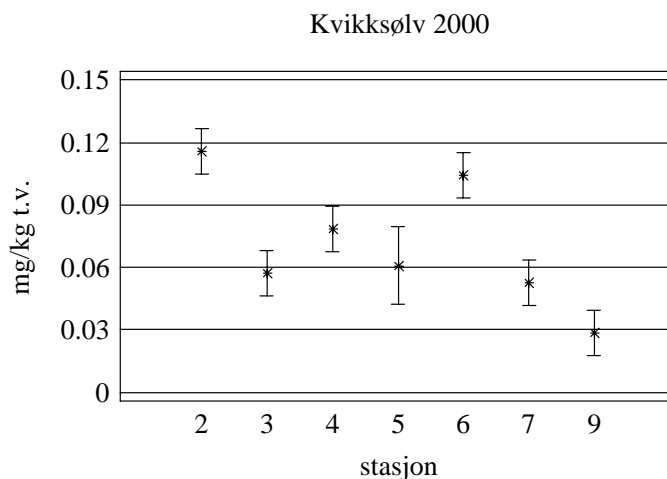
Kontrollstasjonen BK var signifikant lavere enn de øvrige stasjoner. Høyest verdier ble funnet rett nord for utslippet med stasjon B5 som "moderat forurenset" (Figur 7). Også i 1999 var området nord for utslippet mest påvirket av kobber. Generelt har det vært en liten ikke-signifikant nedgang i kobbernivåer i blåskjell rundt Langøya siden 1999 (Figur 14). Blåskjell har en evne til å regulere opptak av kopper, og særlig ved moderate konsentrasjoner. Det er derfor usikkert i hvilken grad nivåene av kopper i blåskjellene avspeiler nivåene i miljøet rundt Langøya.



**Figur 7.** Kopper (Cu) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell

### Kvikksølv

Tilstanden med hensyn til kvikksølv var "ubetydelig - lite forurenset". Høyeste verdier ble funnet på de samme stasjoner som i 1999 (B2, B4 og B6) (Figur 8). Generelt har nivåene av kvikksølv i blåskjell utenfor Langøya sunket sammenlignet med de to foregående år (Figur 15). Utslippene via NOAHs prosesssvann var noe høyere enn i foregående periode (1998/99) (Figur 2).

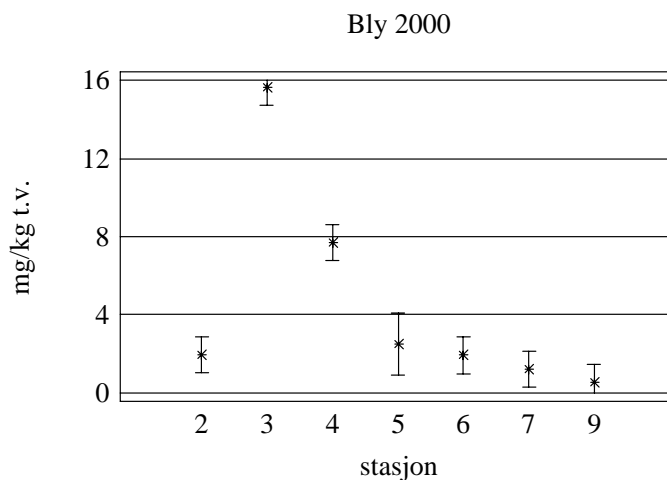


**Figur 8.** Kvikksølv (Hg) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Bly

Blynivåene var i 2000, i likhet med 1999 høyest i blåskjell fra stasjon B3 og B4 (Figur 9). Stasjonene ligger hhv. noen hundre meter sør og nord for utslippet. Tilstanden kan klassifiseres som "moderat forurenset" på stasjon B4, men "markert forurenset" på stasjon 3. Tidligere år har blynivåene på disse stasjonene vært lavere. Resultatene tyder på en økende tilførsel av bly til miljøet i området rundt utslippet (se Figur 15). Tilsvarende økning er ikke registrert på referansestasjonen. De høye verdiene på stasjon B3 og B4 antyder at virksamheten på Langøya er årsaken til de økte verdier. Det har imidlertid ikke vært registrert bly i utslippene fra NOAH-Langøya i perioden oktober 1999 til september 2000 (Figur 2), og dette kan bety at det finnes andre lokale blykilder enn NOAHs prosesssvann. Utviklingen videre bør følges nøye.

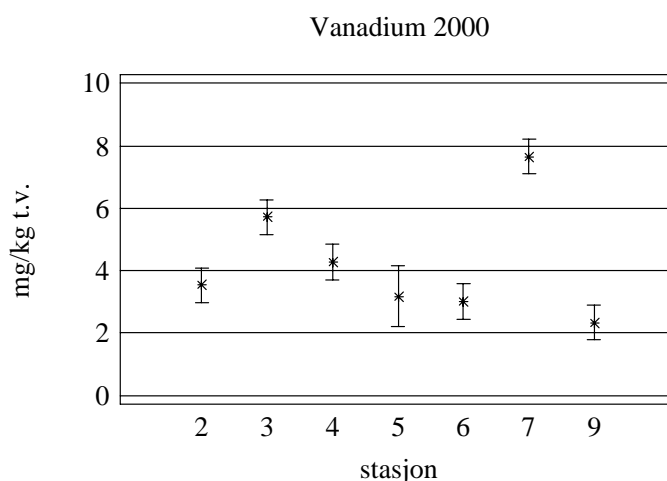




**Figur 9.** Bly (Pb) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Vanadium

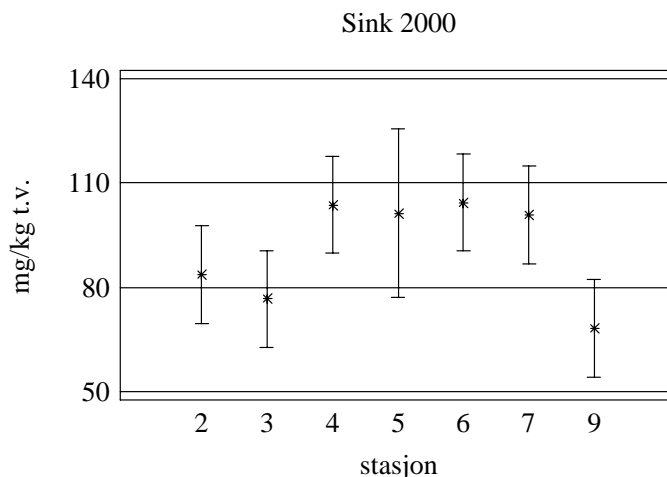
På samtlige stasjoner var vanadium-verdiene i blåskjell forhøyet i 2000 (Figur 10) og tilstanden kan klassifiseres som "moderat forurenset". Stasjon B2, B3, B4 og B7 hadde signifikant høyere verdier enn kontrollstasjonen, med de klart høyeste verdier på stasjon B7 på Mulodden. Vanadiumutslippene fra Langøya var små i 1999; ca. 1/10 av det som ble målt i 1998, og det ble ikke registrert vanadium i prosessvannet fra Langøya i 2000 (t.o.m. september, NOAHs målinger). Dette kan tyde på at NOAH-Langøya ikke er kilde til de registrerte vanadiumnivåene i blåskjell. Nivåene i blåskjell rundt Langøya har økt signifikant siden 1998 (Figur 15).



**Figur 10.** Vanadium (V) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Sink

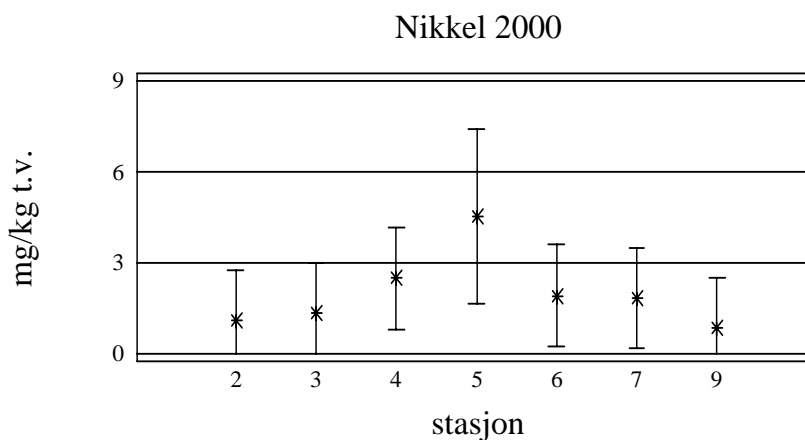
Tilstanden med hensyn til sink var "ubetydelig - lite forurenset" i 2000, og generelt den beste som er registrert siden overvåkingen startet i 1996. Høyest verdier ble registrert i området rundt utslippet og på Mulodden (st. B7, se Figur 11). Det er i perioden oktober 1999 til september 2000 sluppet ut 23,46 kg sink via avløpsvannet fra Langøya, nesten halvparten av mengden som ble sluppet ut den foregående perioden (Figur 2). Blåskjell har evnen til å regulere opptak av sink, og særlig ved moderate konsentrasjoner. Det er derfor usikkert i hvilken grad nivåene av sink i blåskjellene avspeiler nivåene i miljøet. I perioden 1997 til 1999 har det vært en årviss tydelig økning i sinkinnhold i blåskjell rundt Langøya. Denne utvikling er nå brutt og nivåene er nede på 1996-nivå (Figur 16).



**Figur 11.** Sink (Zn) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

### Nikkel

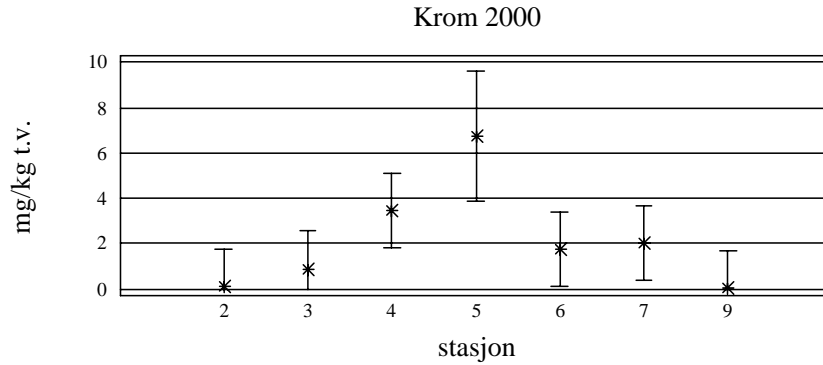
Blåskjellene var "ubetydelig - lite forurenset" av nikkel i 2000 og det var ingen signifikante forskjeller mellom stasjonene (Figur 12). Nivåene var signifikant lavere enn de høye verdier som ble registrert i 1999 (Figur 15). Konsentrasjonene av nikkel i NOAHs prosessvann har også gått ned (Figur 2).



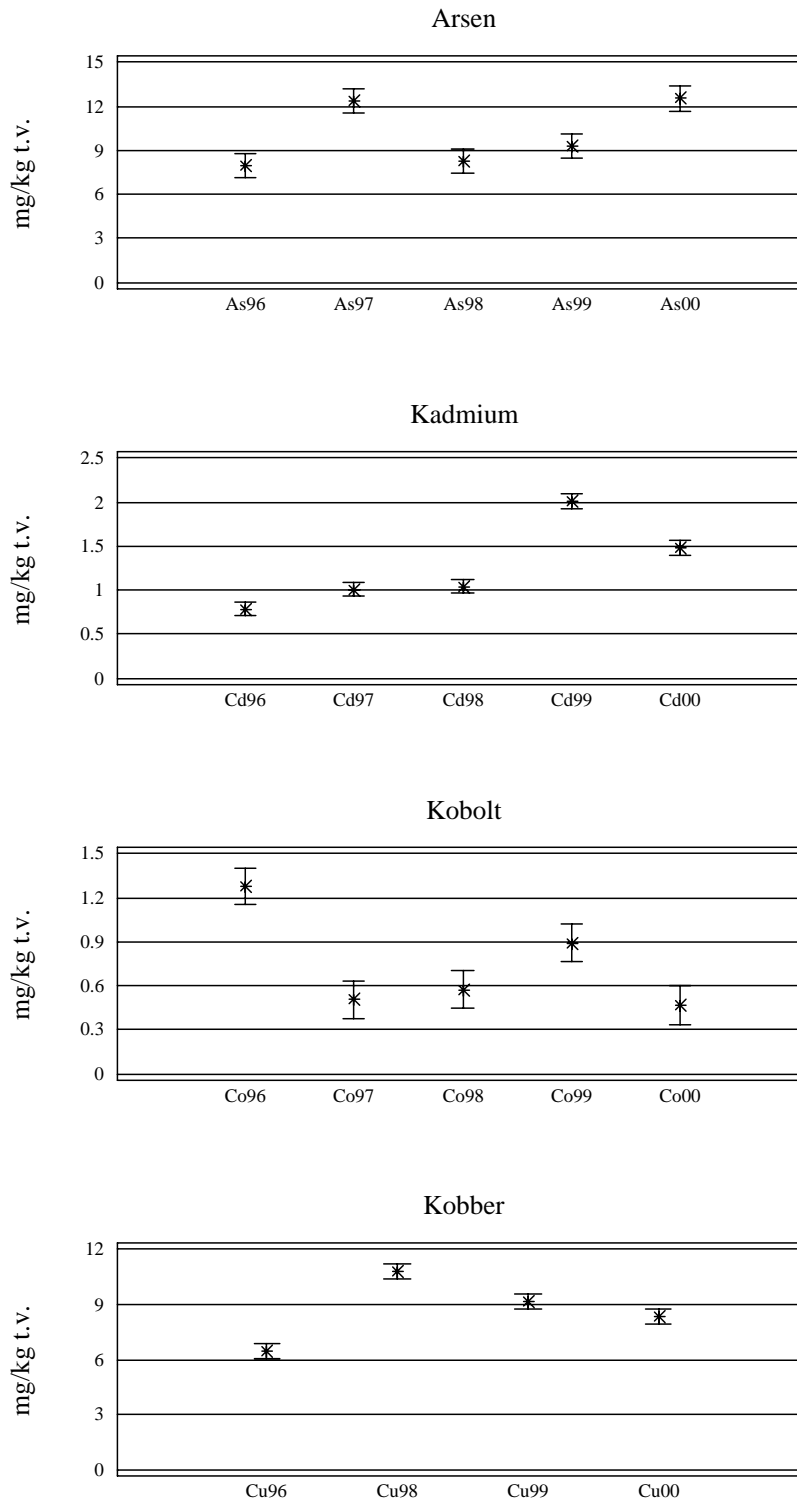
**Figur 12.** Nikkel (Ni) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.

**Krom**

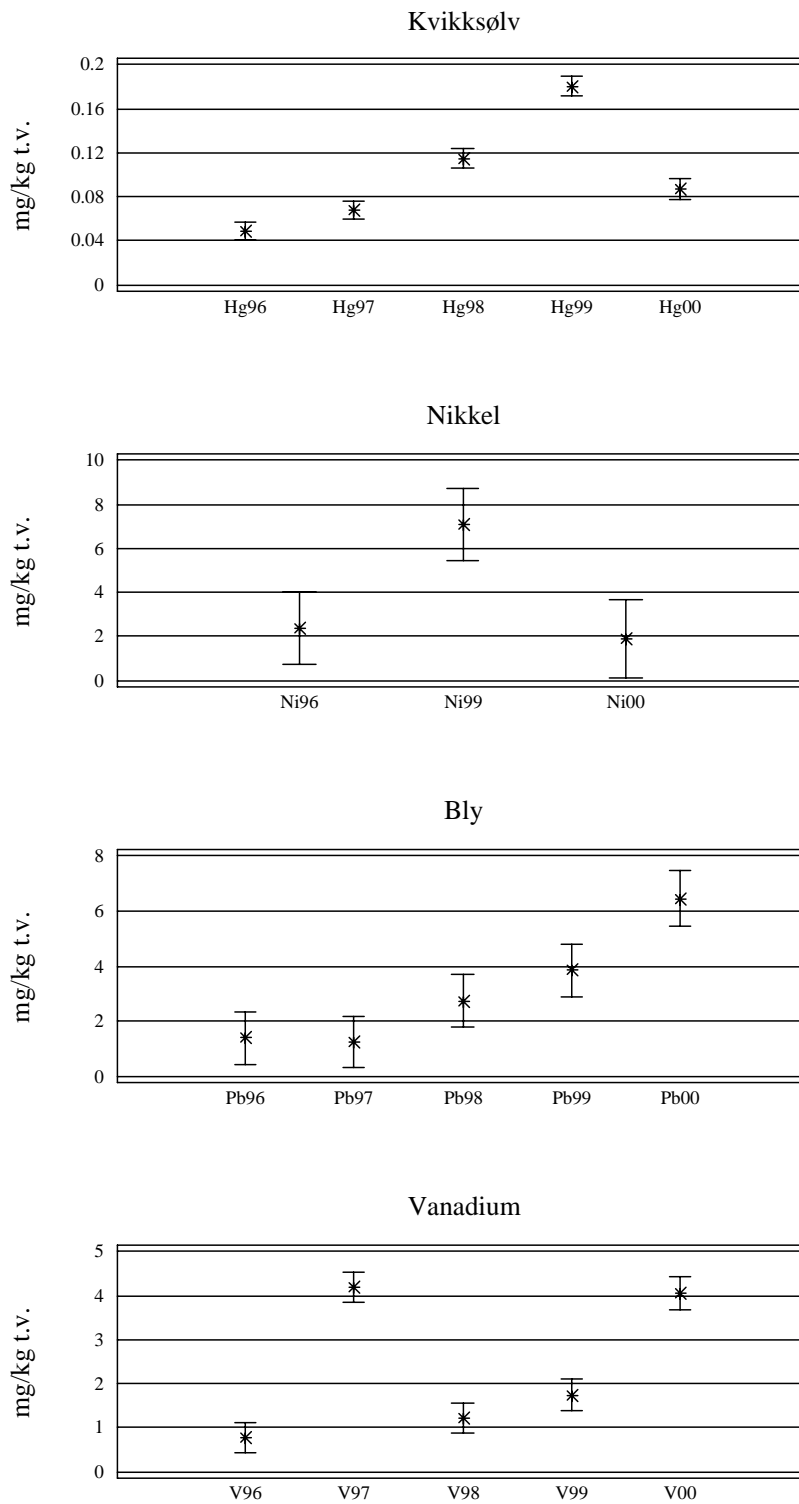
Stasjon B4 og B5, nord for utslippet, var "moderat forurenset" av krom i 2000. Ellers var tilstanden "ubetydelig - lite forurenset", med de klart laveste verdier på referansestasjonen BK (se Tabell 3. Generelt har det vært en signifikant nedgang i krominnhold i blåskjell fra Langøya siden 1999 (Figur 16). Det har ikke vært registrert krom i prosessvannet i perioden oktober 1999 til september 2000 (Figur 2).



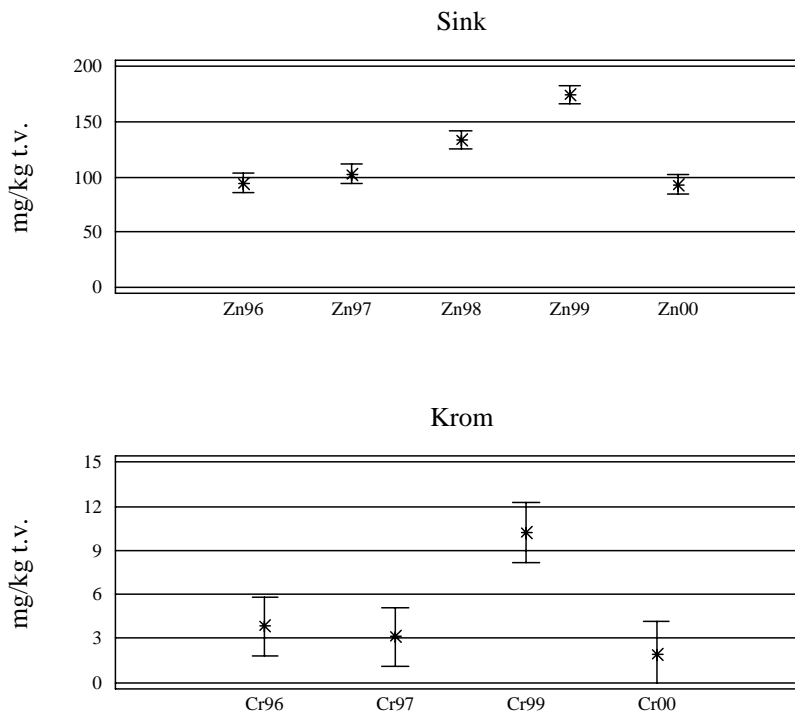
**Figur 13.** Krom (Cr) i blåskjell fra Langøya i 2000 (mg/kg t.v.). Gjennomsnittsverdier med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 9 er lik kontrollstasjonen BK. Stasjon 5 kun én parallell.



**Figur 14.** Gjennomsnittsverdier av arsen, kadmium, kobolt og kobber per år, med Scheffe 95%-intervall, for stasjonene utenfor Langøya (B2-B6) over den tid de har vært undersøkt, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



**Figur 15.** Gjennomsnittsverdier av kvikksølv, nikkel, bly og vanadium per år, med Scheffe 95%-intervall, for stasjonene utenfor Langøya (B2-B6) over den tid de har vært undersøkt, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.



**Figur 16.** Gjennomsnittsverdier av sink og krom per år, med Scheffe 95%-intervall, for stasjonene utenfor Langøya (B2-B6) over den tid de har vært undersøkt, ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

### 3.3 Strandsoneregistreringer

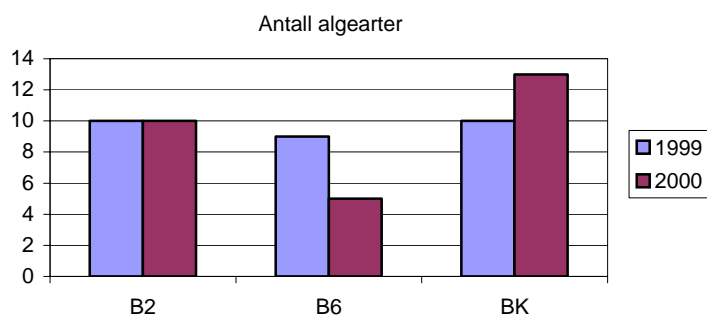
*Forskjellene i forekomst av alger og dyr mellom stasjoner og år antas å være innenfor det en normalt kan forvente i et strandsonerområde. Påvirkning fra Drammenselva samt noe lavere grad av bølgeeksponering er forhold som sannsynligvis bidrar til det lavere biologiske mangfold som er funnet på Langøya-stasjonene, sammenlignet med kontrollen på Mølen.*

1999 var første år med kvantitative ruteundersøkelser av strandsonen på Langøya og kontrollstasjonen på Mølen. Undersøkelsesmetoden omfatter kun et lite areal (0,9 m<sup>2</sup>), og er derfor ikke egnet for en generell beskrivelse av vegetasjonen på stasjonene. Dette er imidlertid gjort i tidligere undersøkelser (Walday 1997, 1998, 1999).

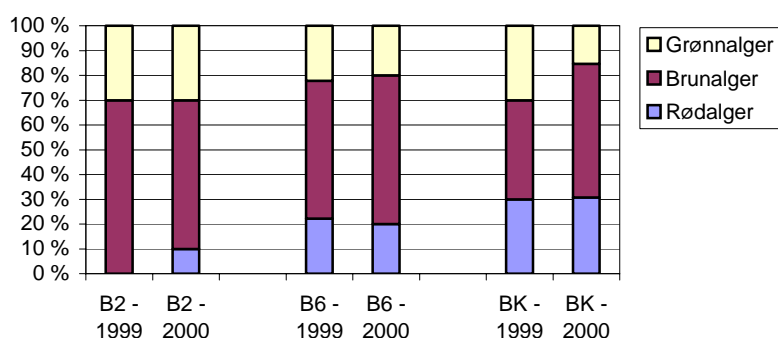
Stasjonene var preget av en relativt fattig algevegetasjon med blæretang som den strukturerende og dominerende arten. De vanligste algene på Langøya var foruten blæretang: unge tangplanter, tanglo, grønn dusk, fjæreblood og grønt belegg (sporer) på stein og fjell. På referansestasjonen Mølen ble det i tillegg registrert sjøris, krusflik og stor grønn dott. Disse artene ble ikke registrert på Langøya (Tabell 4. ). Det ble registrert totalt 15 alger, fordelt på 4 rødalger, 7 brunalger og 4 grønnalger. Artsantallet kan karakteriseres som lavt, med høy andel brunalger og lav andel rødalger. Det ble registrert flest arter på referansestasjonen BK (Mølen) og færrest arter på B6 (Langøya nord) (Figur 1).

Resultatene viser stort sett det samme mønsteret som i 1999. Totalt ble 16 taxa registrert i 1999 og 15 taxa i 2000. Stasjon 2 hadde den laveste andelen rødalger begge årene, mens BK Mølen hadde den høyeste.

Variasjon i frekvensen av enkelte arter bør kommenteres nærmere. For fjæreskorpe og "brunt belegg" på fjell har det vært store forskjeller i registreringene fra 1996 til 2000. I tillegg til naturlige årsvariasjoner kan dette også være et resultat av noe dårlige lysforhold som gjør registrering under tangen vanskelig. Undersøkelsen gjøres sent på året når lysforholdene er generelt dårlige. Det var også stor forskjell i registrering av gjelvtang på stasjon B2 mellom 1999 og 2000. I 1999 ble gjelvtang registrert i de fleste ruter, mens det bare ble gjort registrering i én rute i 2000 (Tabell 4. ). Trolig er mesteparten av registreringene av gjelvtang i 1999 blæretang uten blærer. De to artene kan være vanskelige å skille. Ved å se på alle tangplantene under ett er det, som forventet, liten endring i tangdekket fra 1999 til 2000. Begge årene ble det registrert større hyppighet av tang på Langøya enn på Mølen. På Mølen har det imidlertid vært en økning i tangforekomsten fra 1999 til 2000.



**Figur 17.** Antall algearter registrert på Langøya (B2 og B6) og referansestasjonen Mølen (BK) i 1999 og 2000.



**Figur 18.** Fordeling mellom antall arter av algegruppene grønn-, brun og rødalger i 1999 og 2000.

**Tabell 4.** Oversikt over algearter som ble registrert i ruteundersøkelse i strandsonen i 1999 og 2000. Tallene refererer andel av rutene (i %) hvor arten er registrert (dvs. ikke dekningsgrad, men frekvens).

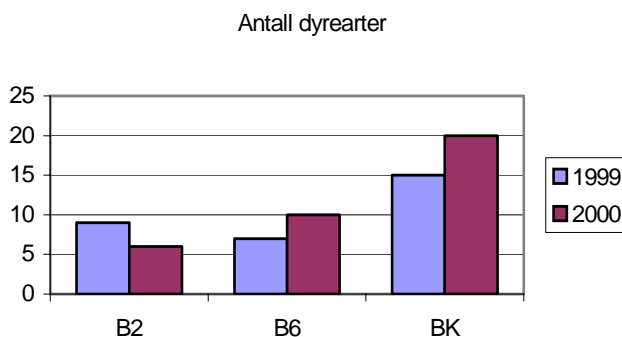
arter	Norske navn	Langøya syd (B2)		Langøya nord (B6)		BK Mølen (ref.)	
		1999 nov.	2000 okt.	1999 okt.	2000 okt.	1999 okt.	2000 okt.
<b>rødalger</b>							
<i>Hildenbrandia rubra</i>	Fjæreblod	0	37	90	90	93	90
<i>Porphyra purpurea</i>	Purpurfjærehinne	0	0	3	0	0	0
<i>Chondrus crispus</i>	Krusflik	0	0	0	0	10	20
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Sjørnis	0	0	0	0	17	33
<i>Ceramium rubrum</i>	Vanlig rekeklo	0	0	0	0	0	3
<b>brunalger</b>							
<i>Fucus vesiculosus</i>	Blæretang	20	60	87	80	40	47
<i>Fucus juvenil</i>	Unge tangplanter	40	43	7	13	3	33
<i>Fucus evanescens</i>	Gjelvang	70	3	0	0	0	3
<i>Fucus serratus</i>	Sagtang	0	10	0	0	0	23
<i>Fucus spiralis</i>	Spiraltang	3	0	0	0	0	0
Sum Fucus		93	97	90	87	43	67
<i>Elachista fucicola</i>	Tanglo	47	50	7	30	7	10
Brunt på fjell	Brunt på fjell	33	20	0	0	0	77
<i>Ectocarpus sp.</i>	Brunslis	0	0	3	0	0	0
<i>Ralfsia sp.</i>	Fjæreskorpe	30	0	87	0	47	23
<b>grønnalger</b>							
<i>Chaetomorpha medit.</i>	Viklesnøre	20 <sup>1)</sup>	0	0	0	0	0
<i>Cladophora sp.</i>	Grønnndusk	0	37	17	0	0	0
Grønt på fjell	Grønt belegg	0	30	33	37	53	43
<i>Enteromorpha sp.</i>	Tarmgrønske	47	7	0	0	60	0
<i>Spongomorpha arcta</i>	Stor grønnndott	0	0	0	0	30	0
<i>Spongomorpha sp.</i>	Grønnndott	0	0	0	0	0	3
cf. <i>Oscillatoria</i>	Fastsittende blågrønnalger	0	0	0	0	23	0

<sup>1)</sup> Registreringen av *Chaetomorpha mediterranea* på stasjon B2 i 1999 kan være en *Cladophora* av samme type som ble registrert ved stasjonen i 2000 og ved stasjon B6 i 1999. Ved disse prøvetakingene ble det notert funn av *Chaetomorpha* i felt, men senere mikroskopering av algen viste at den tilhørte slekten *Cladophora*.

Forekomstene av dyr var større på kontrollstasjonene på Mølen enn på Langøya i begge årene (Figur 19). Tilstedeværelsen av skipsrur og mosdyret *Conopeum seurati* nord på Langøya indikerer mer



ferskvannspåvirkning i overflatelaget der enn på kontrollstasjonen på Mølen (Tabell 5). De store forekomstene av strandsnegl og blåskjell på Langøya begrenser sannsynligvis tilstedeværelsen av andre arter. Kontrollstasjonen skiller seg ut med sine større mengder av rur-arten *Balanus balanoides*.



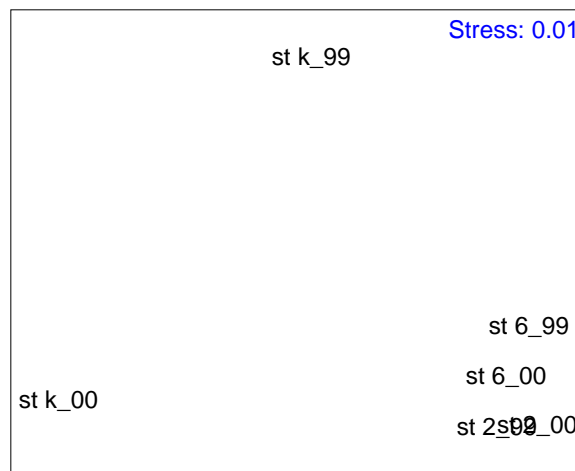
**Figur 19.** Antall dyrearter på Langøya (B2 og B6) og referansestasjonen Mølen (BK) i 1999 og 2000.

**Tabell 5.** Dyr fra ruteundersøkelsene på Langøya og referansestasjonen på Mølen (BK) i 1999 og 2000. Forekomst (% av rutene)

Taxa	Gruppe	Langøya syd (B2)		Langøya nord (B6)		BK Mølen (ref.)	
		1999	2000	1999	2000	1999	2000
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	mosdyr	0	0	0	0	7	30
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	mosdyr	0	0	0	10	0	20
<i>Alcyonidium</i> sp.	mosdyr	0	0	0	0	7	0
<i>Asterias rubens</i>	korstroll	0	0	0	0	3	3
<i>Balanus balanoides</i>	rur	37	0	0	17	63	70
<i>Balanus improvisus</i>	skipsrur	90	13	100	97	83	37
<i>Balanus</i> sp.	rur	3	10	0	3	3	7
<i>Balanus</i> juvenil	rur	0	17	0	0	0	0
Bryozoa encrusting	mosdyr	0	0	0	0	0	3
<i>Campanularia johnstoni</i>	hydroide	0	0	0	0	0	7
<i>Clava squamata</i>	hydroide	0	0	0	0	0	53
cf <i>Conopeum seurati</i>	mosdyr	0	0	23	27	0	0
<i>Dynamena pumila</i>	hydroide	0	0	0	0	10	33
<i>Electra pilosa</i>	mosdyr	3	0	13	3	23	53
<i>Eudendrium annulatum</i>	hydroide	0	0	0	3	0	0
<i>Lacuna vincta</i>	snegl	0	0	0	0	0	3
<i>Laomedea geniculata</i>	hydroide	3	0	30	0	40	10
<i>Littorina littorea</i>	vanlig strandsnegl	60	77	83	87	17	27
<i>Littorina obtusata</i>	butt strandsnegl	0	0	0	0	3	33
<i>Littorina saxatilis</i>	liten strandsnegl	7	0	0	0	10	0
<i>Littorina</i> sp juvenil	unge strandsnegl	30	3	0	3	3	17
<i>Membranipora membranacea</i>	mosdyr	0	0	0	0	0	23
<i>Metridium senile</i> var. <i>pallida</i>	sjønellik	0	0	0	0	0	10
<i>Mytilus edulis</i>	blåskjell	77	70	43	63	3	10
<i>Mytilus edulis</i> juvenil	unge blåskjell	0	0	3	0	3	7
<b>Antall taxa:</b>		<b>9</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>

Resultatene fra en likhetsanalyse av data fra ruteregistreringene er vist i Figur 20. Her er alger og dyr behandlet under ett. Avstand mellom prøver avspeiler graden av likhet; like prøver ligger nær hverandre. Figuren viser at stasjonene på Langøya danner en tydelig gruppe som ikke har endret seg meget mellom de to årene. Kontrollstasjonen er klart annerledes og årsaken er primært høyere artsantall samt lavere forekomster av strandsnegl og blåskjell. Endringen i artssammensetning mellom årene er også større på kontrollstasjonen enn på Langøya. Nedgang i mengde skipsrur og grønnalger, økte mengder av mosdyr og flere arter av hydroider fra 1999 til 2000 er hovedårsaker til denne endring over tid på kontrollstasjonen.

Nedgangen i mengden skipsrur (*Balanus improvisus*) på stasjon B2 og BK var de generelt største endringer i dyreforekomstene mellom 1999 og 2000, mens nedgangen i forekomsten av den skorpeformede brunalgen fjæreskorpe (*Ralfsia* sp.) var størst blant algene.



**Figur 20.** MDS-plott (multi dimensional scaling). Ruteundersøkelser på stasjon BK (k), B2 (2) og B6 (6) i 1999 og 2000. Avstand mellom stasjoner/år indikerer graden av likhet hos organismsamfunnen.

### 3.4 Vurdering av prøvetakingsstrategi

Et tilbakevendende spørsmål ved vurdering av resultatene er fjordområdets generelle tilstand med hensyn til de stoffer som måles ved Langøya., for eksempel i området mellom Langøya og Holmestrand. Med bakgrunn i dette ble stasjon B1 flyttet fra Langøya til området ved Mulodden sør for Holmestrand i 2000. Avstanden fra Langøya til Mulodden er ca. 2 km. De første resultater fra denne stasjonen kan tyde på at det er andre metallkilder enn Langøya i området, men det kan ikke utelukkes at spredningsmønsteret hos prosessvannet i perioder innebærer en eksponering av blåskjellene ved Mulodden.

Sink og kopper er to av metallene som analyseres i overvåkingen. Blåskjell har evnen til å regulere opptaket av disse metallene og nivåene i muslingene vil derfor ikke direkte avspeile nivået i det miljø de lever i, særlig ved lave konsentrasjoner i vannet. Det foreslås likevel at analysene beholdes fordi de fortsatt kan avsløre større tilførsler av sink og kopper til miljøet, og fordi de i tillegg representerer en ubetydelig andel av analysekostnadene.

Strandsoneregistreringene er viktige, men lavere prioritert i rapporteringen enn det målingene av miljøgifter i blåskjell og sediment er. Årsaken er at små strukturelle endringer i de biologiske samfunnene ikke er mulige å knytte til de små/moderate overkonsentrasjoner av miljøgifter en for tiden finner rundt Langøya. Endringene kan like gjerne skyldes andre miljøforhold som klima og biologiske interaksjoner. Undersøkelsene vil derimot være viktige som referanse hvis utslippsnivåene i fremtiden økes, eller om det skulle inntreffe et større uhellsutslipp. Da gir resultatene fra de biologiske undersøkelsene muligheter til å gjøre nøyaktige vurderinger av skadeomfanget fra utslippet. Undersøkelsene vil også være egnet til å påvise forhøyede nivåer av næringssalter i vannmassene.

## 4. Referanser

- Clarke K.R. & R.N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd: Plymouth.
- 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, Breianger*. 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.
- 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.

## Vedlegg A. Kjemiske analyser

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>H 14-2 *</b>	<b>Tinnorganiske forbind.</b>	ng/g	<b>SnOrg-B</b>
<b>Tittel:</b>			
Opparbeidelse og analyse av tinnorganiske forbindelser i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b>			
Metoden benyttes til bestemmelse av tinnorganiske forbindelser i biologisk materiale, de forbindelsene som bestemmes rutinemessig er butyl- og fenyl-tinnforbindelser.			
<b>Prinsipp:</b>			
Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjons kromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon, GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden.			
<b>Instrument(er):</b>			
Hewlett Packard 5890 Series II gass kromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 A atomemisjons-detektor.			
<b>Måleusikkerhet:</b>			
Se referanse.			
<b>Referanser:</b>			
N. Følsvik, J.A. Berge, E.M: Brevik and M. Walday: Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks ( <i>Nucella lapillus</i> ) from Norway. Chemosphere 1999, Vol 38 (3), 681-91.			

NIVA-metode nr. <b>H 2-1</b>	Analysevariabel: <b>Polyaromatiske hydrokarboner</b>	Måleenhet: $\mu\text{g/l}$ , $\mu\text{g/kg}$	Labdatakode: <b>PAH</b>
<b>Tittel:</b>  Gasskromatografisk bestemmelse av polyaromatiske hydrokarboner i sedimenter, vann og biologisk materiale, generell del.			
<b>Anvendelsesområde:</b>  Metoden benyttes for bestemmelse av polyaromatiske hydrokarboner i sedimenter og slam, renvann og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø.			
<b>Prinsipp:</b>  Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organisk løsemiddel. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med masseselektiv detektor (GC/MSD). De polyaromatiske hydrokarbonene identifiseres med GC/MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standarder.			
<b>Instrument(er):</b>  Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 $\mu\text{m}$ .			
<b>Måleusikkerhet:</b>  Se NIVA-dokument nr. Y - 3.			
<b>Referanser:</b>  Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			

<b>NIVA-metode nr.</b>	<b>Analysevariabel:</b>	<b>Måleenhet:</b>	<b>Labdatakode:</b>
<b>H 2-4</b>	<b>Polyaromatiske hydrokarboner</b>	$\mu\text{g}/\text{kg}$	<b>PAH-B</b>
<b>Tittel:</b>			
Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b>			
Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i biologisk materiale fra det vandige miljø som fisk, muslinger og krabbe. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden.			
<b>Prinsipp:</b>			
Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenens molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.			
<b>Instrument(er):</b>			
Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 $\mu\text{m}$ .			
<b>Måleusikkerhet:</b>			
Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b>			
Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>H 3-1</b>	<b>Polyklorerte bifenyler</b>	$\mu\text{g/l}$ , $\mu\text{g/kg}$	<b>PCB</b>
<p><b>Tittel:</b></p> <p>Gasskromatografisk bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter, vann og biologisk materiale, generell del.</p>			
<p><b>Anvendelsesområde:</b></p> <p>Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam, renvann (ferskvann og sjøvann) og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).</p>			
<p><b>Prinsipp:</b></p> <p>Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.</p>			
<p><b>Instrument(er):</b></p> <p>Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD).</p>			
<p><b>Målesikkerhet:</b></p> <p>Se NIVA-dokument nr. Y – 3.</p>			
<p><b>Referanser:</b></p> <p>Brilis, G.M. &amp; J.Marsden: Chemosphere <b>21</b>, 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. <b>19</b>, 281 - 286, (1978). Harvey, A &amp; A.Loomis.: J. Gen. Physiol. <b>15</b>, 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem <b>72</b>, 593 - 602, (1989).</p>			



<b>NIVA-metode nr.</b>	<b>Analysevariabel:</b>	<b>Måleenhet:</b>	<b>Labdatakode:</b>
<b>H 3-4</b>	<b>Polyklorerte bifenyler</b>	$\mu\text{g/kg}$	<b>PCB-B</b>
<b>Tittel:</b>			
Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i biologisk materiale.			
<b>Anvendelsesområde:</b>			
Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam, renvann (ferskvann og sjøvann) og avløpsvann samt ulike typer av planter og biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).			
<b>Prinsipp:</b>			
Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.			
<b>Instrument(er):</b>			
Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD).			
<b>Målesikkerhet:</b>			
Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b>			
Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere <b>21</b> , 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. <b>19</b> , 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. <b>15</b> , 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem <b>72</b> , 593 - 602, (1989).			

<b>NIVA-metode nr.</b>	<b>Analysevariabel:</b>	<b>Måleenhet:</b>	<b>Labdatakode:</b>
<b>E 8-2</b>	<b>Metaller, ICP-MS</b>	$\mu\text{g/l}$	<b>Me/MS</b>
<b>Tittel:</b>			
Elementbestemming i biologisk materiale med ICP-MS.			
<b>Anvendelsesområde:</b>			
Metoden angir bestemmelse av en rekke elementer i ulike typer biologisk materiale: Li, Be, B, Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, W, Tl, Pb, Th, og U. Tabell 1 viser konsentrasjonsområdet metoden kan måle de ulike elementene innenfor uten fortykning av prøven.			
<b>Prinsipp:</b>			
Salpetersyreoppløst prøver overføres til en aerosol i forstøveren. Denne blir ført til argonplasmaet som atomiserer og ioniserer prøven. Etter plasmaet passerer prøven to ulike konar i område med redusert trykk. Her separeres ioner fra partiklar. Ionene blir så fokuserte i retning mot kvadrupolen av ei sylindrerformet linse med varierende elektrisk potensiale. Ioner med et visst masse/ladingsforhold er stabile og kan passere gjennom kvadrupolen uhindret, avhengig av den elektriske spenninga denne blir tilført. Spenningsnivået i kvadrupolen kan endres i løpet av mikrosekunder for å optimalisere transporten av de ulike ionene på ulike tidspunkt. Hele området fra 2 til 270 masseenheter kan scannes i løpet av millisekund. Etter kvadrupolen treffer ionene detektoren der et elektronisk signal blir sendt til datamaskinen. Detektoren har i teorien et dynamisk område på 8 størrelsesordener.			
<b>Instrument(er):</b>			
Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000 ICP-MS, utstyrt med P-E autosampler AS-90, AS-90b prøvebrett og P-E Rinsing Port Kit.			
<b>Måleusikkerhet:</b>			
Se NIVA-dokument Y-3.			
<b>Referanser:</b>			
Perkin-Elmer: ELAN 6000 Hardware Guide, Part No. 0993-8969, og ELAN 6000 Software Guide, Part No. 0993-8968.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>E 4-2</b>	<b>Kvikksølv</b>	ng/l, µg/g	<b>Hg/H, Hg-Sm, Hg-B</b>
<p><b>Tittel:</b></p> <p>Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam, sedimenter og biologisk materiale ved gullfelle-teknikk.</p>			
<p><b>Anvendelsesområde:</b></p> <p>Denne metoden skal anvendes til avløpsvann, slam, sedimenter og biologisk materiale. Kvikksølv analyseres i våt prøve så raskt som mulig etter prøvetaking eller i homogenisert, frysetørret prøve. Tørking i varmeskap bør unngås p.g.a. tap av flyktige organiske kvikksølv-forbindelser og fordamping av metallisk kvikksølv. Dersom man allikevel velger denne metoden, må temperaturen ikke overstige 80 °C. Deteksjonsgrensen for avløpsvann er 0.1 µg/l, og for faste prøver ved innveing av 1 g tørket materiale 0.01 µg/g.</p>			
<p><b>Prinsipp:</b></p> <p>En nøyaktig innveid mengde prøve oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre. Organisk bundet kvikksølv oksideres til toverdige kvikksølv i ioneform (Hg<sup>++</sup>). Deretter reduseres kvikksølvet til elementær tilstand med tinnklorid, og drives ut som damp ved hjelp av helium som bæregass. Kvikksølvet amalgamerer på gullfellen, og blir senere frigjort ved elektrotermisk oppvarming av denne. Bæregassen fører kvikksølvdampen gjennom kvarts-kyvetten hvor absorbanse måles ved 253.7 nm ved kalddamp atomabsorpsjon.</p>			
<p><b>Instrument(er):</b></p> <p>Perkin-Elmer atomabsorpsjonsspektrometer modell 1100 B ombygget til måling med kalddamp-teknikk. Gullfellen lages på laboratoriet av oppklippet gulltråd i kvartsull.</p>			
<p><b>Målesikkerhet:</b></p> <p>19 målinger av referansematerialer ga følgende resultater: PACS-1 (sediment) 4.57 ± 0.16 µg/g, ga middelværdi 4.58 µg/g og standardavvik 0.14 µg/g, BEST-1 (sediment) 0.092 ± 0.009 µg/g, ga 0.089 og 0.004 µg/g, BCR 144 (slam) 1.49 ± 0.22 µg/g, ga 1.44 og 0.12 µg/g, DORM-1 (fiskemuskel) 0.798 ± 0.074 µg/g ga 0.81 og 0.06 µg/g.</p> <p><b>Referanser:</b></p> <p>B. Welz, M. Melcher, H.W. Sinemus, D. Maier: Pico-trace determination of mercury using the amalgamation technique. Norsk Standard, NS 4768. Vannundersøkelse. Bestemmelse av kvikksølv ved kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri Oksidasjon med salpetersyre. 1. Utg. 1989.</p>			

## Vedlegg B. Metallnivåer 2000

**Tabell 6.** Innhold av metaller i mg/kg på tørrvektsbasis fra blåskjell (*Mytilus edulis*) i området utenfor Langøya i 2000. Stasjon 9 = BK, kontrollstasjonen på Mølen; 2 = B2; 3 = B3; 4 = B4 osv.

### Arsen:

Summary Statistics for As00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	12.6224	0.374396
3	3	11.9029	0.315005
4	3	12.6726	0.412186
5	1	10.8108	0.0
6	3	13.5054	0.124511
7	3	13.3078	0.415736
9	3	7.66356	0.165965
Total	19	11.886	4.20412

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.611879	11.9205	13.0435
3	0.561253	11.3861	12.5
4	0.642017	11.9318	13.0682
5	0.0	10.8108	10.8108
6	0.352862	13.1944	13.8889
7	0.644776	12.6506	13.9394
9	0.407387	7.2	7.9646
Total	2.05039	7.2	13.9394

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-1.15275		37.8672
3	0.445791		35.7088
4	-1.21625		38.0178
5			10.8108
6	0.626604		40.5162
7	-0.125925		39.9233
9	-1.06739		22.9907
Total	-2.5565	0.905858	225.835

**Barium:**

Summary Statistics for Ba00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	3.85706	0.0153728
3	3	4.89082	0.185412
4	3	4.60037	0.238275
5	1	3.10811	0.0
6	3	3.80735	0.336936
7	3	6.85408	0.105375
9	3	0.851507	0.00204894
Total	19	4.08904	3.34571

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.123987	3.72671	3.97351
3	0.430595	4.4335	5.28846
4	0.488134	4.14201	5.11364
5	0.0	3.10811	3.10811
6	0.580462	3.47222	4.47761
7	0.324615	6.66667	7.22892
9	0.0452653	0.8	0.884956
Total	1.82913	0.8	7.22892

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-0.352387		11.5712
3	-0.432527		14.6725
4	0.353429		13.8011
5			3.10811
6	1.22474		11.4221
7	1.22474		20.5622
9	-1.06739		2.55452
Total	-0.622409	0.0307932	77.6917

**Kadmium:**

Summary Statistics for Cd00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	1.30833	0.0166338
3	3	1.95799	0.00385824
4	3	1.575	0.0179328
5	1	1.01351	0.0
6	3	1.23134	0.00586675
7	3	1.22977	0.00093418
9	3	1.33158	0.00073073
Total	19	1.41661	0.0818604

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.128972	1.22581	1.45695
3	0.0621147	1.92118	2.0297
4	0.133913	1.42045	1.6568
5	0.0	1.01351	1.01351
6	0.0765947	1.18056	1.31944
7	0.0305644	1.21212	1.26506
9	0.027032	1.30435	1.35841
Total	0.286113	1.01351	2.0297

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	1.20242		3.925
3	1.22346		5.87396
4	-1.21842		4.72499
5			1.01351
6	1.18224		3.69403
7	1.22474		3.6893
9	-0.0488425		3.99475
Total	1.83732	0.0835028	26.9155

**Kobolt:**

Summary Statistics for Co00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	0.43909	0.00013574
3	3	0.385354	0.00198228
4	3	0.470056	0.000446809
5	1	0.506757	0.0
6	3	0.56637	0.000591234
7	3	0.604844	0.00000444319
9	3	0.387461	0.000475041
Total	19	0.477173	0.00749184

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.0116507	0.428571	0.451613
3	0.0445228	0.350962	0.435644
4	0.0211379	0.455621	0.494318
5	0.0	0.506757	0.506757
6	0.0243153	0.541667	0.590278
7	0.00210789	0.60241	0.606061
9	0.0217954	0.364	0.40708
Total	0.0865554	0.350962	0.606061

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	0.53114		1.31727
3	0.991262		1.15606
4	1.15965		1.41017
5			0.506757
6	-0.103878		1.69911
7	-1.22474		1.81453
9	-0.543611		1.16238
Total	0.468874	-1.1026	9.06628

**Krom:**

Summary Statistics for Cr00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	0.1	0.0
3	3	0.891749	1.8806
4	3	3.44242	16.4496
5	1	6.75676	0.0
6	3	1.7228	2.1784
7	3	2.01655	0.124689
9	3	0.05	0.0
Total	19	1.65407	5.22305

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.0	0.1	0.1
3	1.37135	0.1	2.47525
4	4.05581	0.1	7.95455
5	0.0	6.75676	6.75676
6	1.47594	0.1	2.98507
7	0.353114	1.80723	2.42424
9	0.0	0.05	0.05
Total	2.2854	0.05	7.95455

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-1.73205		0.3
3	1.22474		2.67525
4	0.841356		10.3273
5			6.75676
6	-0.73089		5.16841
7	1.22342		6.04965
9	-1.73205		0.15
Total	3.22128	2.68963	31.4273

**Kobber:**

Summary Statistics for Cu00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	7.92918	0.218179
3	3	7.5024	0.027382
4	3	9.01919	0.338263
5	1	10.8108	0.0
6	3	8.04312	0.734928
7	3	7.86053	1.03655
9	3	5.41615	0.0235794
Total	19	7.79592	1.99077
stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.467096	7.45342	8.3871
3	0.165475	7.38916	7.69231
4	0.581604	8.52273	9.65909
5	0.0	10.8108	10.8108
6	0.85728	7.46269	9.02778
7	1.01811	7.27273	9.03614
9	0.153556	5.24	5.52174
Total	1.41095	5.24	10.8108
stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-0.121369		23.7875
3	1.15776		22.5072
4	0.737061		27.0576
5			10.8108
6	1.16679		24.1294
7	1.22474		23.5816
9	-1.1535		16.2485
Total	-0.0691327	0.291176	148.123

**Kvikksøl:**

Summary Statistics for Hg00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	0.115929	0.000208069
3	3	0.0570951	0.00000707628
4	3	0.0786713	0.00000229229
5	1	0.0608108	0.0
6	3	0.10427	3.2229E-8
7	3	0.0524279	0.0000134522
9	3	0.0283535	0.00000606316
Total	19	0.0721607	0.000954241
stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.0144246	0.0993789	0.125828
3	0.00266013	0.0541872	0.0594059
4	0.00151403	0.0769231	0.0795455
5	0.0	0.0608108	0.0608108
6	0.000179524	0.104167	0.104478
7	0.00366772	0.0481928	0.0545455
9	0.00246235	0.026087	0.0309735
Total	0.0308908	0.026087	0.125828
stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-1.15529		0.347787
3	-0.678312		0.171285
4	-1.22474		0.236014
5			0.0608108
6	1.22474		0.312811
7	-1.22474		0.157284
9	0.44736		0.0850604
Total	0.420875	-0.873765	1.37105

**Nikkel:**

Summary Statistics for Ni00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	1.06494	0.122195
3	3	1.30423	0.0767816
4	3	2.47781	5.21124
5	1	4.52703	0.0
6	3	1.90368	0.204797
7	3	1.81453	0.0000399887
9	3	0.851507	0.00204894
Total	19	1.72511	1.39071

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.349563	0.662252	1.29032
3	0.277095	0.985222	1.48515
4	2.28281	1.13636	5.11364
5	0.0	4.52703	4.52703
6	0.452545	1.38889	2.23881
7	0.00632366	1.80723	1.81818
9	0.0452653	0.8	0.884956
Total	1.17928	0.662252	5.11364

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-1.19872		3.19481
3	-1.19189		3.91268
4	1.22416		7.43343
5			4.52703
6	-1.06414		5.71103
7	-1.22474		5.44359
9	-1.06739		2.55452
Total	3.82938	3.8624	32.7771

**Bly:**

Summary Statistics for Pb00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	1.92853	0.0038432
3	3	15.6562	1.40863
4	3	7.67774	0.0808668
5	1	2.5	0.0
6	3	1.90368	0.204797
7	3	1.20969	0.0000177728
9	3	0.525653	0.00227826
Total	19	4.69497	29.4599

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.0619936	1.86335	1.98675
3	1.18686	14.2857	16.3462
4	0.284371	7.38636	7.95455
5	0.0	2.5	2.5
6	0.452545	1.38889	2.23881
7	0.00421577	1.20482	1.21212
9	0.0477311	0.48	0.575221
Total	5.4277	0.48	16.3462

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-0.352387		5.78559
3	-1.22466		46.9685
4	-0.16259		23.0332
5			2.5
6	-1.06414		5.71103
7	-1.22474		3.62906
9	0.259192		1.57696
Total	2.51201	0.580467	89.2044



Vanadium:

Summary Statistics for V00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	3.53129	0.0153781
3	3	5.70951	0.0707628
4	3	4.27448	0.295782
5	1	3.17568	0.0
6	3	3.002	0.0758309
7	3	7.66095	0.113599
9	3	2.33256	0.0718551
Total	19	4.35306	3.37704

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.124008	3.41935	3.6646
3	0.266013	5.41872	5.94059
4	0.543858	3.84615	4.88636
5	0.0	3.17568	3.17568
6	0.275374	2.68657	3.19444
7	0.337044	7.27273	7.87879
9	0.268058	2.04	2.56637
Total	1.83767	2.04	7.87879

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	0.531852		10.5939
3	-0.678312		17.1285
4	0.951648		12.8234
5			3.17568
6	-1.1377		9.00601
7	-1.19748		22.9828
9	-0.663848		6.99768
Total	1.4567	-0.429192	82.7081

Sink:

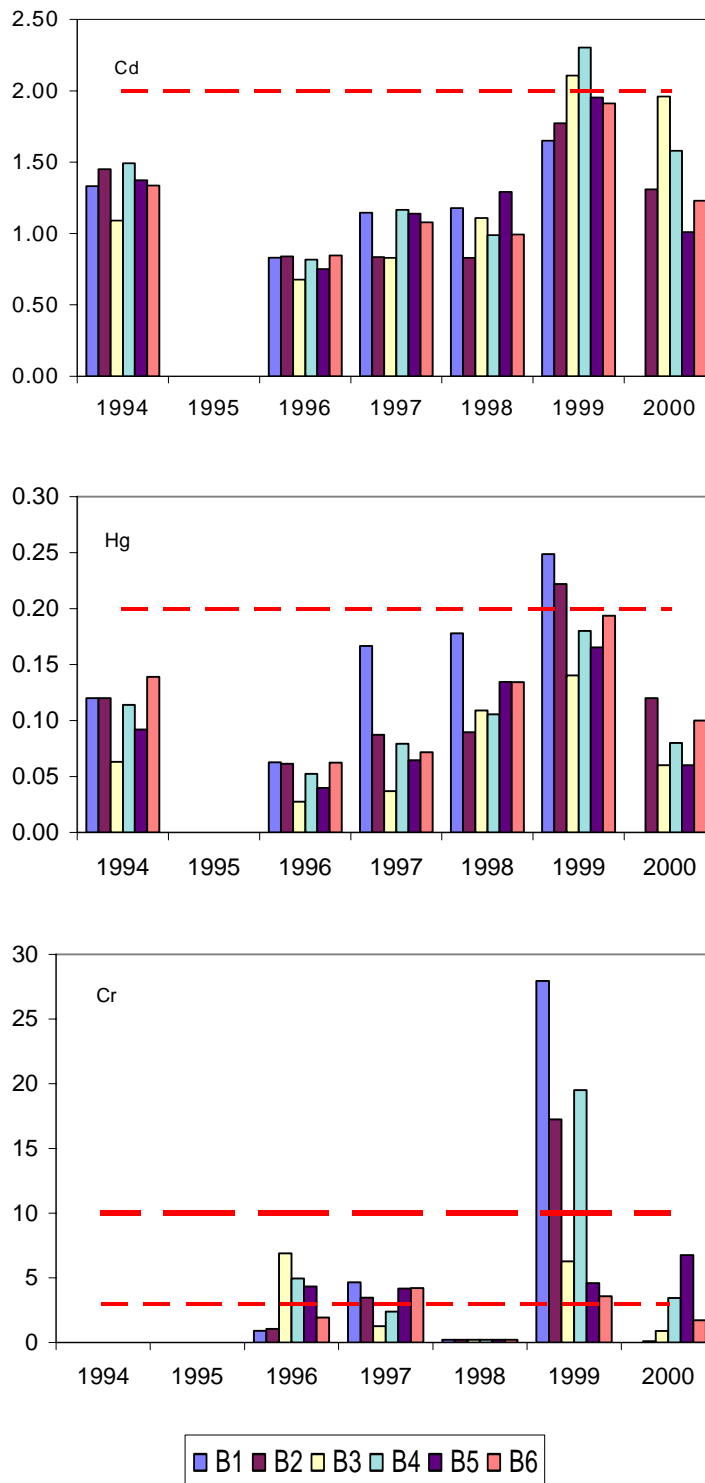
Summary Statistics for Zn00

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	83.6498	66.7944
3	3	76.6266	19.5728
4	3	103.763	64.354
5	1	101.351	0.0
6	3	104.443	54.2127
7	3	100.779	149.518
9	3	68.0361	41.4211
Total	19	90.1707	253.746

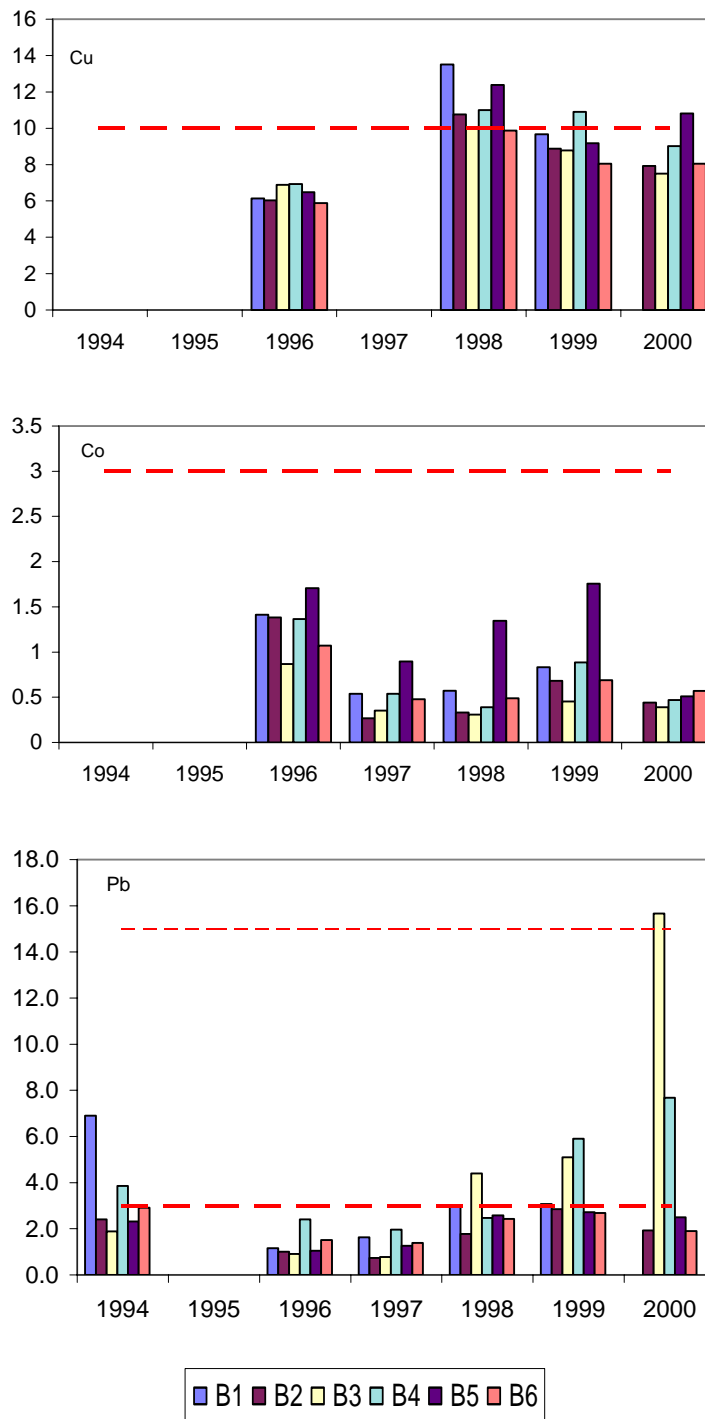
stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	8.17278	74.5342	90.3226
3	4.42412	73.8916	81.7308
4	8.02209	96.5909	112.426
5	0.0	101.351	101.351
6	7.36293	97.2222	111.94
7	12.2278	90.9091	114.458
9	6.43592	62.8	75.2212
Total	15.9294	62.8	114.458

stasjon	Std. skewness	Std. kurtosis	Sum
2	-0.866137		250.949
3	1.21533		229.88
4	0.570799		311.29
5			101.351
6	0.11928		313.329
7	0.895052		302.337
9	0.875274		204.108
Total	-0.222621	-0.98439	1713.24

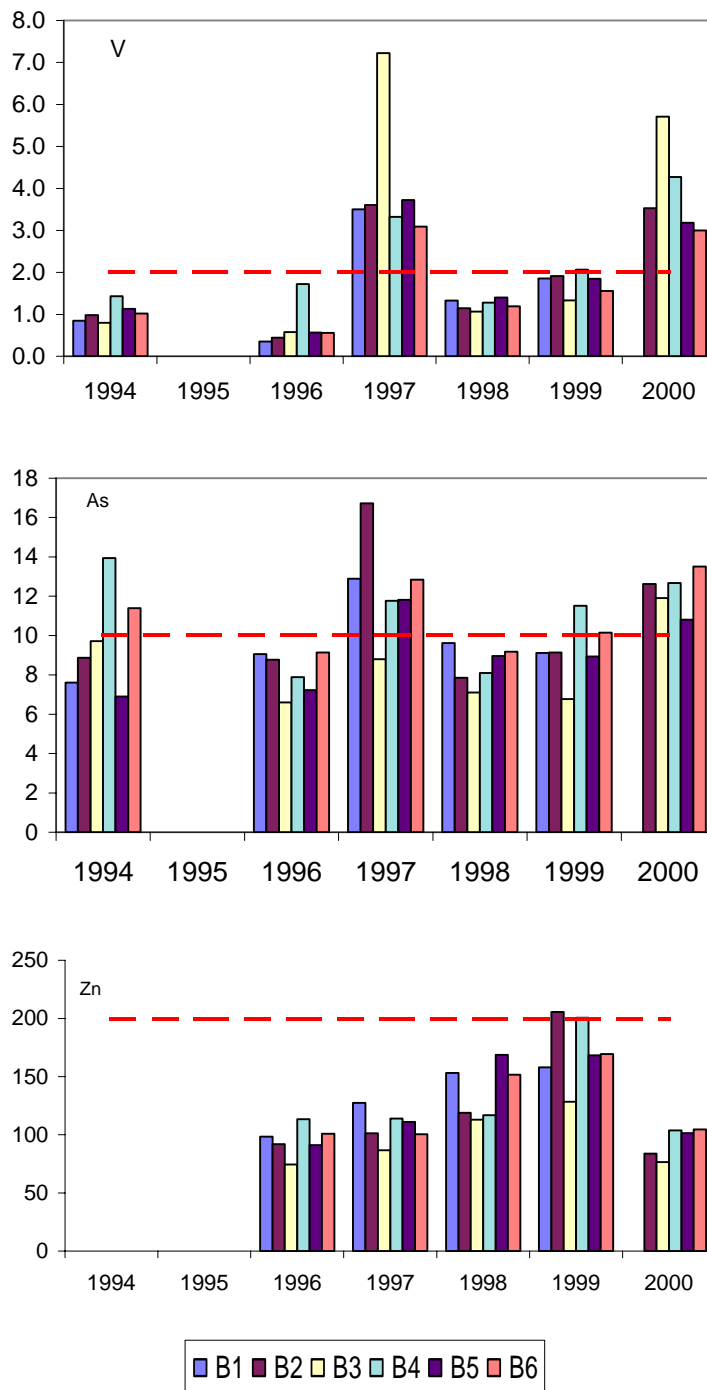
## Vedlegg C. Metallnivåer 1994 – 2000



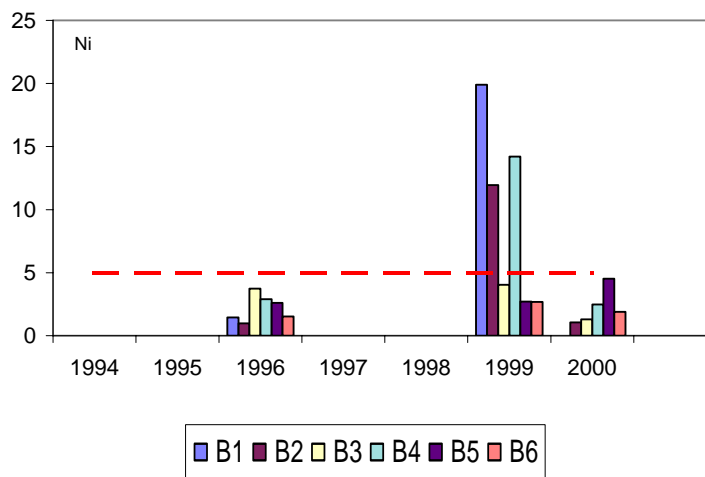
**Figur 21.** Kadmium, kvikksølv og krom i blåskjell (mg/kg tørrvekt, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplede linje indikerer "moderat forurenset" tilstand; for Cr også "markert forurenset" (Molvær *et al.* 1997). Krom ikke analysert i 1994. Ingen undersøkelser 1995.



**Figur 22.** Kobber, kobolt og bly i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplet linje indikerer "moderat forurenset" tilstand; for Pb også "markert forurenset" (Molvær *et al.* 1997). Kobolt ikke analysert i 1994, og kobber ikke analysert i 1994 og 1997. Ingen undersøkelser 1995.



**Figur 23.** Vanadium, arsen og sink i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplet linje indikerer "moderat forurenset" tilstand (Molvær *et al.* 1997). Sink ikke analysert i 1994. Ingen undersøkelser 1995.



**Figur 24.** Nikkel i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplet linje indikerer "moderat forurenset" tilstand (Molvær *et al.* 1997). Ingen undersøkelser i 1994, 1995 og 1997.