

RAPPORT LNR 4575-2002

Overvåking NOAH- Langøya 2001

Strandsoneregistreringer samt
miljøgifter i blåskjell og
sedimenter

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-niva

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

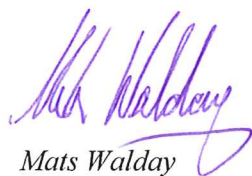
Tittel Overvåking NOAH-Langøya 2001 Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell og sedimenter	Løpenr. (for bestilling) 4575-2002	Dato 2002-09-27
	Prosjektnr. Undernr. 21303	Sider Pris 47
Forfatter(e) Walday, Mats Helland, Aud Kroglund, Tone	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NOAH AS.	Oppdragsreferanse i 2002 LA-0126
------------------------------	-------------------------------------

Sammendrag

Analyser av miljøgifter i blåskjell og sedimenter fra området utenfor 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 mottaksanlegg for avfall på Langøya. Tilstanden i 2001 kan for det meste klassifiseres som ubetydelig – lite forurenset i hht. SFTs klassifiseringssystem. Det ble registrert overkonsentrasjoner for arsen og vanadium i blåskjell på samtlige stasjoner, inkludert kontrollstasjonen. Overkonsentrasjoner av bly og kadmium i blåskjell ble registrert utenfor Langøya. Kvikksølv, bly, sink og nikkel viste overkonsentrasjoner i sedimentene, tilstanden kan klassifiseres som moderat forurenset. TBT og PAH viste overkonsentrasjoner ved Langøya og på kontrollstasjonen. Driften på Langøya bidrar sannsynligvis til de overkonsentrasjoner av miljøgifter som er funnet, men for de fleste miljøgifter har det ikke vært mulig å detektere noen klar sammenheng med NOAH-Langøyas utslipp. Dette er som ventet i et område med flere og diffuse kilder til 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


Jens Skei
Forskningssjef

O-21303

Overvåking NOAH-Langøya 2001

Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell og
sedimenter

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 2001. Sedimenter ble samlet inn av Aud Helland og Tom Tellefsen 30. oktober (kontrollstasjonen 6. desember). Forskningsfartøyet Trygve Braarud ble benyttet til sedimentprøvetakingen.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Bente Lauritzen. Lill-Ann Kronvall var ansvarlig for analyse av de organiske miljøgiftene. Non-orto-PCB og dioxiner ble analysert av NILU.

Opparbeiding av blåskjell er utført av Wenche Knudsen, Åse Bakketun og Merete Schøyen. Kornfordeling ble analysert av Gro Prestbakmo

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

Oslo, 27. september 2002

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Tilførsler til resipienten fra NOAH AS	9
2. Metoder	10
2.1 Blåskjellpopulasjoner	10
2.2 Blåskjellrigg	11
2.3 Sedimentundersøkelse	11
2.4 Strandsoneregistrering	12
2.5 Databearbeiding	12
3. Resultater	14
3.1 Forurensningstilstand i 2001	14
3.1.1 Sammenligning med andre undersøkelser fra området	16
3.1.2 Gradienter og utvikling i blåskjell	16
3.1.3 Gradienter i sedimenter	27
3.2 Strandsoneregistreringer	30
4. Referanser	32
Vedlegg A. Statistikk for innhold av metaller i blåskjell i 2001	33
Vedlegg B. Metallnivåer 1994 – 2001	39
Vedlegg C. Metaller i sediment 2001	43

Sammendrag

I oktober i år 2001 undersøkte NIVA, på oppdrag av NOAH AS, metallinnholdet i blåskjell (*Mytilus edulis*) og sedimenter i området rundt Langøya og ved kontrollstasjonen på Mølen. Fra kontrollstasjonen og en stasjon utenfor Langøya ble det også analysert organiske miljøgifter samt tinnorganiske forbindelser (TBT). 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, Walday & Kroglund 2001). I den foreliggende rapport er resultatene fra 2001 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; tilstanden kan for det meste klassifiseres som ubetydelig – lite forurenset, tilsvarende klasse I i SFTs klassifiseringssystem.

I perioden oktober 2000 til og med september 2001 ble det sluppet ut mer enn dobbelt så mye vann fra NOAHs anlegg som i årene før. Innholdet av metaller og andre miljøgifter i utslippsvannet tilfredsstilte konsesjonskravet gjennom hele perioden.

I 2001 ble det registrert overkonsentrasjoner for arsen og vanadium i blåskjell på samtlige stasjoner, inkludert kontrollstasjonen. Overkonsentrasjoner av bly og kadmium i blåskjell på henholdsvis tre og én av stasjonene utenfor Langøya kan sannsynligvis knyttes til NOAHs virksomhet. Bly har siden 1998 forekommet med overkonsentrasjoner i blåskjell utenfor Langøya. Kvikksølv, bly, sink og nikkel viste overkonsentrasjoner i sedimentene, og tilstanden kan klassifiseres som moderat forurenset. TBT og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) viste overkonsentrasjoner i sediment og i blåskjell ved Langøya og på kontrollstasjonen. TBT-forurensning har i forbindelse med en annen undersøkelse også vært registrert i sedimenter og blåskjell nærmere Holmestrand (Næs *et al.* in press). Skipstrafikk og forurensede sedimenter i småbåthavner antas å være de viktigste kilder til TBT-forekomstene.

Forekomsten av vanadium, arsen, og bly i blåskjell har økt siden 1996, mens nikkel, sink, kobolt og krom er på omtrent samme nivå som i 1996. Nivåene av vanadium og kadmium har også økt i blåskjell fra kontrollstasjonen på Mølen i samme periode. I sedimentene ble det i 1996 spesielt rettet oppmerksomhet mot overkonsentrasjonene av kvikksølv og bly. Undersøkelsene i 2001 viser at nivåene av disse metallene ikke har endret seg nevneverdig siden den gang.

Siden NOAHs anlegg har utslipp av metallholdig avløpsvann til fjorden, antar vi 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 stasjonen ved Mulodden sør for Holmestrand og fra kontrollstasjonen på Mølen, samt andre undersøkelser som er gjort i området, viser at det finnes flere forurensningskilder enn NOAH-Langøya, og at forurensningsbildet er komplisert, særlig med hensyn til kildeidentifisering.

Sammenhengen mellom målinger av arsen, bly og krom i blåskjell og NOAHs målinger av disse direkte i avløpsvannet er uklar for 2001 siden metallene ikke er blitt påvist i avløpsvannet, men er registrert med tildels høye nivåer i blåskjell. For krom kan dette skyldes kontaminering i forbindelse med homogeniseringen av muslingene før de kjemiske analysene.

Nylig publiserte resultater fra undersøkelser i og i nærheten av havneområder viste at torsk utenfor Holmestrand var markert forurenset av PCB, og moderat forurenset av kvikksølv (Næs *et al.* in press).

Blåskjell var moderat forurenset av PAH. Sedimentene var markert forurenset av TBT, men lite til moderat forurenset av PAH, PCB og metaller. NOAHs bidrag til denne forurensning er liten.

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 2001. Forskjeller som ble registrert mellom stasjonene kan til en stor grad forklares utfra forskjeller i naturlige forhold som ferskvannspåvirkning og bølgeeksponering. Stasjonene på Langøya gir også inntrykk av å ha vært utsatt for isskuring.

Summary

Littoral communities and concentrations of metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) and sediments were investigated by NIVA in 2001 as part of a 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; Walday & Kroglund 2001). Results from the investigations are compared in this report.

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

In 1994 elevated concentrations of lead, Pb and arsenic, As was found, while the 1996 investigations only revealed elevated concentrations of chromium, Cr 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, Cd and mercury, Hg. In 1997 concentrations of As, Cd, Hg and vanadium, V, were significant higher than in 1996. The results from 1998 indicated a small improvement, except for moderately elevated concentrations of Pb on one station, and copper, Cu on five stations. In 1999, elevated concentrations were found for 9 of the 10 metals analysed. Most of the stations were, however, moderately polluted (Molvær *et al.* 1997). Increasing levels of Pb, Hg and Cd gave rise to concern. In 2000, elevated levels were found for 5 out of 11 metals investigated. Most stations were, however only slightly polluted (Molvær *et al.* 1997). As, V and Pb showed overconcentrations on more stations than the other metals.

In 2001, elevated concentration of As and V were found in mussels from all stations. Pollution from Pb and Cd on some of the stations is probably related to the activities on Langøya, but it has not been possible to detect any clear relation between distance from outlet and levels of metals in blue mussels. Sediments were moderately polluted from Hg, Pb, Zn and Ni.

Mussels and sediments were polluted from TBT and PAH. This was also observed from the reference stations and in another investigation closer to Holmestrand (Næs *et al.* in press). Ships-traffic and contaminated sediments in boat harbours are probably the most important sources.

Levels of V, As and Pb in mussels from Langøya has increased since 1996, but V also increased on the reference station. In 1996, elevated levels of Hg and Pb in sediments outside Langøya were reported, and levels have not changed much since that time.

A few samples have contained exceptionally high levels of chromium and nickel. This is probably due to contamination from these metals in the laboratory during the process of homogenisation of the mussels.

The investigation of the littoral communities from 3 stations on Langøya has not shown any signs of negative influence from NOAHs activities on Langøya.

Title: Monitoring NOAH-Langøya 2001. Littoral communities and micropollutants in mussels and sediments

Year: 2002

Author: Walday, Mats; Helland, Aud; Kroglund, Tone

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4233-3

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 Breiangeren, 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 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 avfall og, siden 1998, 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 sammenheng felles det ut metaller. Fordi bruddet 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 sivevann fra omgivelsene. Overskuddsvannet fra NOAHs avfallsdeponi renses og slippes ut på 14 m dyp ca. 100m fra land utenfor kaianlegget. Lasting / 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 m³ 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 unnsnippe 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 i 2001 gjort undersøkelser av sedimenter fra de samme stasjoner som ble undersøkt i 1996.

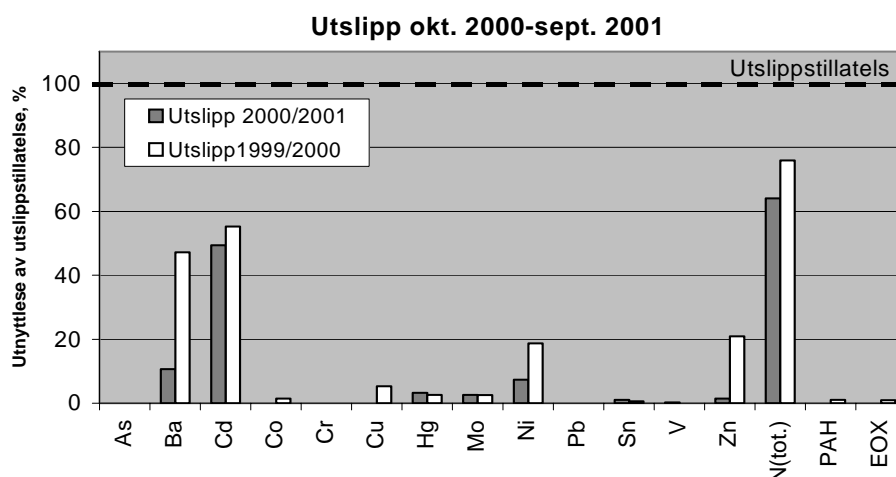
Ved de tidligere undersøkelser fra området i perioden 1994 til 2000, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter har imidlertid for det meste vært lavt, og tilstanden kan generelt betegnes som god (Walday & Helland 1994; Walday 1997, 1998, 1999, Walday *et al.* 2000, Walday & Kroglund 2001). Det er stor sannsynlighet for at andre kilder enn NOAH-Langøya bidrar til de forhøyede nivåer som er funnet i sediment og blåskjell.

Det er 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.

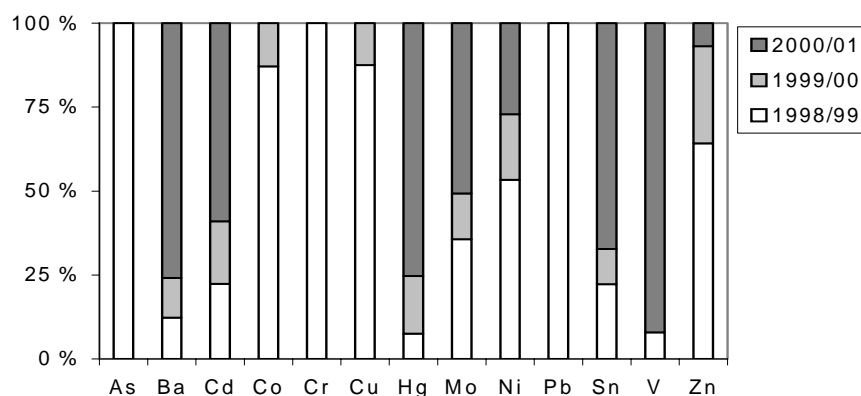
1.1 Tilførsler til resipienten fra NOAH AS

I perioden oktober 2000 til og med september 2001 ble det sluppet ut 795 046 m³ vann fra NOAHs anlegg til fjorden utenfor, mer enn dobbelt så mye som i perioden oktober 1999 - september 2000. Innholdet av metaller og andre miljøgifter i utslippsvannet analyseres løpende av akkreditert laboratorium og nivåene for hele perioden tilfredsstilte konsesjonskravet fra SFT (Figur 1).



Figur 1. Utslipp i % av utslippstillatelse fra NOAH-Langøya i perioden oktober til september for 1999/2000 og 2000/2001. Basert på konsesjonsbestemt konsentrasjon (mg/L) i utslippsvannet; arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (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.

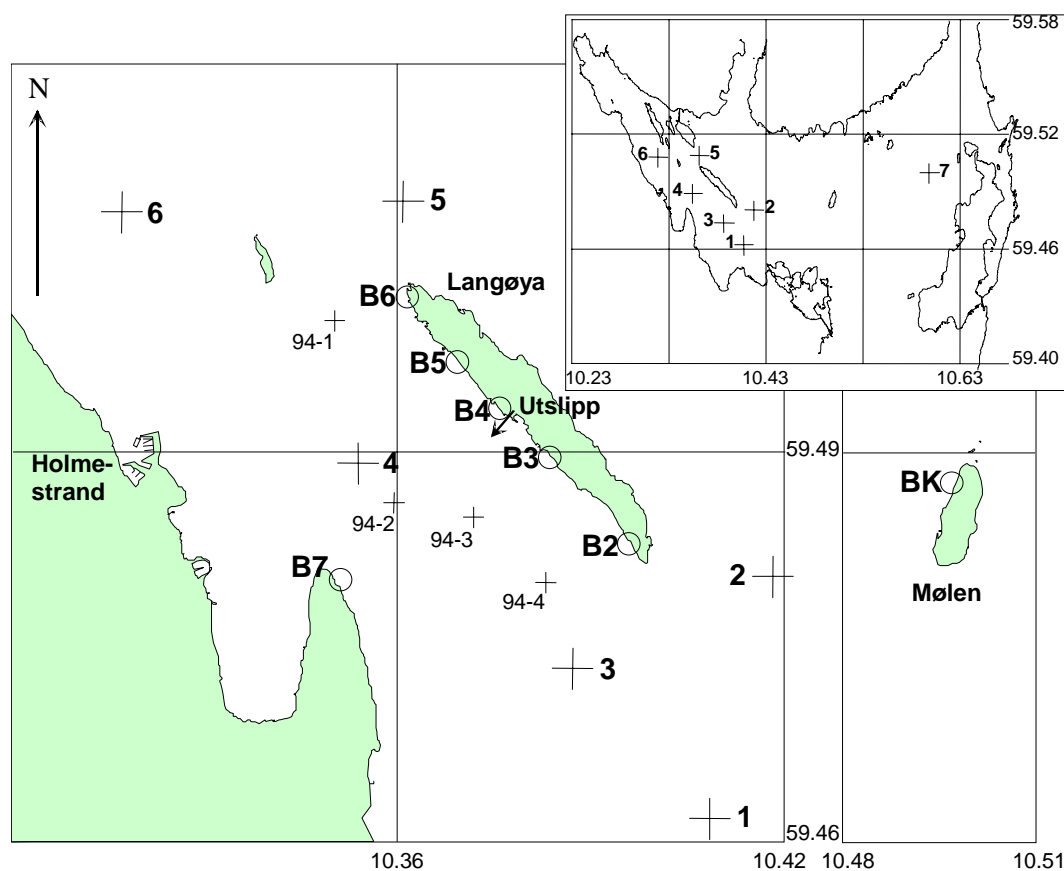
Det ble ikke funnet (detektert) arsen, bly, kobolt, krom og kobber i utslippsvannet i 2000/2001. Det har vært en nedgang i utslippsmengder av kobolt, kobber og sink siden 1999/2000, mens det har vært en økning for barium, kvikksølv, kadmium, molybden, nikkel, tinn og vanadium (Figur 2).



Figur 2. Relativ fordeling (%) av utslippsmengder (kg/år) av ulike metaller mellom de tre periodene oktober 1998 til september 1999, oktober 1999 til september 2000 og oktober 2000 til september 2001. Fra NOAHs egne målinger. Merk at utslippet av vann var mye høyere i 2000/01 enn foregående år.

2. Metoder

Innsamling av blåskjell (*Mytilus edulis*) og strandsoneregistreringer ble gjennomført 12. oktober 2001 i området vest for Langøya, og på Mølen (kontrollstasjon BK). Sedimentene fra Langøya ble samlet inn fra "Trygve Braarud" 30 oktober, kontrollstasjonen ble samlet inn 6. desember. Under feltarbeidet var det pent vær. Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 1).



Figur 3. Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 – 7, for st. 7 se oversiktskartet). 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 3, Tabell 1). På hver stasjon ble det innsamlet 3 parallelle prøver à 20 skjell av 4-5 cm lengde. 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 for innhold av miljøgifter. Alle analyser, unntatt organotinn, er utført etter akkrediterte metoder på NIVAs

laboratorium. Dioksiner og PCB-kongenerer med dioksinliknende egenskaper, s.k. plane-PCB, er analysert på NILU.

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 3). 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'	+	+
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

Omtrent 220 blåskjell i størrelse 3-5 cm ble i oktober 2000 transplantert fra kontrollstasjonen på Mølen til blåskjellriggen ved det nye utslippspunktet for avløpsvann fra Langøya (se Figur 3). Muslingene ble plassert i kurver slik at predasjon unngås og slik at muslingene skal komme i kontakt med avløpsvannet når det er utslipp fra bedriften. Rigger blir jevnlig rensert av personell fra NOAH-Langøya. Skjell fra riggen til analyse av metaller og organiske miljøgifter ble samlet inn 7. februar 2002. Årsaken til den sene innsamlingen var vanskeligheter med gjenfinning av riggen.

Resultater fra blåskjellriggen er ikke direkte sammenlignbare med SFTs klassifiseringssystem (se kap. 2.5) og med resultatene fra de øvrige stasjoner siden avløpsvannet alltid vil holde høye nivåer sammenlignet med sjøvannet i resipienten.

2.3 Sedimentundersøkelse

Sedimenter ble samlet inn vha. kjerneprøvetaker. Det ble prøvetatt 3 kjerner fra hver av stasjonene. Informasjon om stasjoner og sedimentenes utseende er gitt i Tabell 2. Prøvene ble snittet i sedimentnivået 0-1 cm med spesialtilpasset utstyr, overført til "pre-cleaned" 250 ml glassbeholdere (glødet ved 550°C) og frosset ned ved -25°C umiddelbart etter uttak. Alle prøver ble i frosset tilstand transportert til NIVA's laboratorium for analyse. Alle analyser ble utført på frysetørket sediment. Andel av silt og leire ble bestemt ved våtsikting gjennom en 63µm sikt. Innholdet av total organisk karbon ble bestemt ved forbrenning i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800°C etter syrebehandling for å fjerne uorganisk karbon. De kjemiske analysene er utført på NIVAs laboratorium i Oslo, unntatt dioksiner og plane-PCB som er analysert på NILU. Analyse av organiske miljøgifter og TBT ble utført på parallellprøve 1 fra stasjon 1, og parallellprøve 1 fra kontrollstasjon 7. Stasjon 1 ble valgt fordi det er dypeste punkt i nærheten av Langøya.

Tabell 2. Stasjons- og sedimentbeskrivelser fra innsamlingen utenfor Langøya og ved Mølen høsten 2001.

Stasjon	Pos. Nord	Pos. Øst	Vanndyp	Beskrivelse
1	59°27.733	10° 24.418	125	Brun oksisk overflate (5mm), (pellets, børstemark) over løs bioturbert (15 cm) grå leire, mørkere nedover i kjernene
2	59° 28.822	10° 25.020	121	Samme som stasjon 1
3	59° 28.410	10° 23.190	95	Samme som stasjon 1, 10 cm synlig bioturbert
4	59° 29.346	10° 21.263	96	Brun til olivengrå overflate, pellets, bioturbert øvre 10-15 cm og helt ned til 30 cm på en av kjernene.
5	59° 30.544	10° 21.658	109	Olivengrøn overflate gradvis over i grå, pellets og synlig bioturbert.
6	59° 30.496	10° 19.100	78	Som stasjon 6, men kraftigere bioturbert.
7	59° 30.000	10° 35.857	130	Øvre 0.5 – 1 cm brun til oliven overflate, over i lysgrå til mørkere grå . Svært bioturbert, mye rør av børstemark, gullmus

2.4 Strandsoneregistrering

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført i rammer på 3 av blåskjellstasjonene (se Figur 3 og Tabell 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. På stasjon B2 ble ikke området gjenfunnet fordi markeringsboltene var forsvunnet, sannsynligvis tatt av isen. For å dokumentere forholdene ble det isteden gjort en semikvantitativ registrering uten ramme.

2.5 Databearbeiding

Det er utført variansanalyser for å undersøke om det var noen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. metallnivåer. Principal komponent analyse er i tillegg utført for å lettere kunne detektere eventuelle trender i datamaterialet. Data fra ruteregistreringene har gjennomgått similaritetsanalyser (cluster og MDS) i programpakken PRIMER v5 (Clarke & Gorley 2001).

De analyserte miljøgifter er blitt 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. 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). 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 ¹	"	<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 ¹	"	<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 ₇	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

Tabell 4. SFTs klassifikasjon av tilstand ut fra målinger i sediment. Kl. V (meget sterkt forurenset) 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.	<0,15	0,15-0,6	0,6-3	3-5
Kadmium	"	<0,25	0,25-1	1-5	5-10
Bly	"	<30	30-120	120-600	600-1500
Arsen	"	<20	20-80	80-400	400-1000
Nikkel	"	<30	30-130	130-600	600-1500
Kobber	"	<35	35-150	150-700	700-1500
Sink	"	<150	150-700	700-3000	3000-10000
Sølv	"	<0,3	0,3-1,3	1,3-5	5-10
Krom	"	<70	70-300	300-1500	1500-5000
Kobolt	"	<35			
Vanadium	"	<150			

¹ Blåskjell har evne til å regulere opptak, særlig ved moderate konsentrasjoner

3. Resultater

3.1 Forurensningstilstand i 2001

Det ble registrert 28 tilfeller hvor blåskjell var moderat forurenset (tilstandsklasse II) av metaller. Resterende 60 tilfeller var ubetydelig-lite forurenset (klasse I) (Tabell 5). Samtlige stasjoner, inkludert kontroll-stasjonen (BK), var moderat forurenset av arsen og vanadium. Nivåene var forhøyet for 6 av de 11 metallene i blåskjell fra riggen (BR) ved utslippet, mens 4 metaller var forhøyet på stasjon B3 og B4 i området rundt NOAHs utslipp. Kromnivået i blåskjell fra kontrollstasjonen (BK) var uvanlig høye, men det var relativt stor forskjell mellom parallellprøvene (se vedlegg A). Nikkel var også høyere på kontrollstasjonen enn på Langøya-stasjonene. Oversikt over rådata og enkel statistikk på denne er gitt vedlegg A.

Ifølge NIVAs laboratorium kan høye verdier av krom og nikkel i blåskjellprøver skyldes kontaminering fra knivene i homogenisatoren. Til homogeniseringen av blåskjellene er det brukt en homogenisator av typen Janke &Kunkel, Ultra-Turrax T 25, som er anbefalt til denne typer prøver. Knivene på homogenisatoren er lagd av rustfritt stål med pakninger av teflon. Rustfritt stål inneholder som kjent noe krom og nikkel. Normalt er det ikke kontamineringsproblemer med denne homogenisatoren, men små partikler fra kniven kan forurense prøven hvis den møter motstand i form av en liten skallrest, perle eller stein i blåskjellene. Det er gjort flere forsøk på å finne fram til en bedre egnet homogenisator, men alle kniver som er i salg inneholder metaller.

Innholdet av organiske miljøgifter i blåskjell var generelt lite forhøyet, men gjennomgående lavere på BK enn på BR, unntatt for TBT som var høyere på kontrollstasjonen (Tabell 6). Med bakgrunn i de jevnlig skipsanløpene til NOAHs anlegg, og at PAH er påvist i utslippsvannet, antar vi at NOAHs virksomhet bidrar til den moderate forurensningen av PAH, PAH-forbindelsen benzo(a)pyren (BaP) og TBT ved BR. De relativt høye TBT-verdiene på kontrollstasjonen har sannsynligvis sammenheng med nærheten til hovedskipsleia.

Sedimentene utenfor Langøya og kontrollstasjonen ved Mølen (stasjon 7) kan klassifiseres som moderat forurenset (klasse II) av metallene Hg, Pb, Zn og Ni. Konsentrasjonene av de øvrige analyserte metallene lå i klasse I, ubetydelig eller lite forurenset (Tabell 7). Figurer som viser gjennomsnitt av de tre parallellene, med 95% Scheffe-intervall, for samtlige stasjoner og metaller er gitt i Vedlegg C.

Sedimentene var moderat forurenset av BaP på stasjon 1 utenfor Langøya og markert forurenset (klasse III) i sedimentene ved Mølen (stasjon 7). På begge stasjoner var sedimentene moderat forurenset av sumPAH (sum av 16 forbindelser). Ingen av stasjonene viste forurensning av PCB7 (sum av syv PCB-kongenerer), nonorto-PCB eller dioksiner. Sedimentene på begge stasjoner var markert forurenset av TBT (Tabell 8). Dette er sannsynligvis et resultat av nærheten til fartøyleia, men driften ved NOAH kan også ha bidratt.

Tabell 5. 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 %-tørrstoff (TS), i blåskjell utenfor Langøya oktober 2001. Nivåene er gjennomsnitt av tre paralleller. BR er blåskjell fra riggen utenfor NOAHs utslipp. BK er blåskjell fra kontrollen på Mølen. Verdier med grønn bakgrunn indikerer moderat forurenset (klasse II) (Tabell 3), øvrige verdier er i klasse I.

Stasjon:	2	3	4	5	6	7	BR	BK
Hg	0.117	0.115	0.124	0.137	0.104	0.054	0.081	0.047
Cd	1.124	2.367	1.782	1.460	1.234	1.371	3.559	1.671
Pb	1.837	13.597	4.102	2.408	1.676	1.131	3.682	0.905
As	11.656	10.953	13.815	12.797	12.700	10.699	13.231	13.081
Zn	101.14	103.13	90.75	106.66	76.68	70.53	99.29	75.06
Co	0.666	0.423	0.725	0.939	0.594	0.462	0.634	0.668
V	5.026	4.327	5.268	4.052	4.630	4.620	2.161	7.182
Cu	8.286	7.199	8.471	8.349	6.548	7.388	15.112	6.276
Cr	7.574	2.859	4.581	4.974	2.984	2.126	5.152	8.909
Ba	5.640	3.451	5.690	3.787	3.687	2.307	2.281	2.385
Ni	3.917	1.809	2.968	2.691	1.831	1.438	4.776	5.256
% TS	13.1	16.8	14.2	12.7	14.8	19.8	14.0	22.6

Tabell 6. Innhold av organiske miljøgifter i blåskjell fra riggen utenfor NOAHs utslipp (BR) og fra kontrollstasjonen på Mølen (BK); PCB7, nonorto-PCB (Sum PCB-TE (toksitetsekvivalenter etter gammel WHO-modell)), benzo-a-pyren (BaP), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH), tributyltinn på ionebasis (TBT), Dioksiner (Sum PCDF – TE (toksitetsekvivalenter etter WHO-modell)). Konsentrasjoner i µg/kg våtvekt, unntatt nonorto-PCB og dioksiner som er oppgitt i ng /kg (tørrvekt). Verdier med grønn bakgrunn indikerer moderat forurenset (klasse II) (Tabell 3), øvrige verdier er i klasse I.

Stasjon	PCB7	Sum PCB-TE*	BaP	Sum PAH	Sum KPAH	TBT	dioksiner
BK Mølen 4-5 cm	1.58	0.14	<0,5	37.40	1.90	429.36	0.07
BR Langøya Rigg	3.17	0.17	1.50	66.00	8.20	245.76	0.16

* inngår ikke i klassifiseringssystemet

Tabell 7. Konsentrasjoner av metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), arsen (As), sink (Zn), kobolt (Co), vanadium (V), kopper (Cu), krom (Cr), nikkel (Ni), sølv (Ag) og litium (Li) i mg/kg tørrvekt samt innhold av total organisk karbon (TOC %) i sedimenter utenfor Langøya høsten 2001 (stasjon 1-6) og en kontrollstasjon ved Mølen (stasjon 7). Konsentrasjonene er gjennomsnitt av tre paralleller. Verdier med grønn bakgrunn indikerer klasse II "moderat forurenset", mens gul bakgrunn indikerer klasse III "markert forurenset" (Tabell 4). Konsentrasjonen av total organisk karbon (mg TOC /g), %-andel finfraksjon i sedimentet (<63µm) og prosent tørrstoff (%TS) er også angitt.

Stasjon:	1	2	3	4	5	6	7 (Mølen)
Hg	0.20	0.23	0.19	0.20	0.22	0.22	0.19
Cd	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08
Pb	46.0	51.7	49.5	44.8	51.5	53.8	55.3
As	13.9	11.6	14.4	13.5	14.8	14.9	14.7
Zn	153	155	145	132	151	159	161
Co	16.6	16.5	15.8	13.5	15.4	14.3	16.9
V	91.5	94.7	80.2	71.1	83.4	76.5	103.3
Cu	29.5	31.4	27.5	25.7	29.7	29.4	32.4
Cr	43.3	47.2	41.7	37.2	42.6	39.9	50.5
Ni	35.5	37.2	33.8	29.8	34.0	32.3	38.4
Ag	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Li	39.4	40.9	38.7	33.7	38.9	38.1	i.a.
TOC	15.6	16.4	13.5	13.3	15.7	15.1	18.6
%TS	29.6	27.7	36.0	36.3	35.2	36.0	28.9
<63µ	97	98	97	92	96	96	98

Tabell 8. Innhold av organiske miljøgifter i sedimenter utenfor Langøya (stasjon 1) og på en kontrollstasjon, ved Mølen (stasjon 7) høsten 2001. PCB7, nonorto-PCB (Sum PCB-TE (toksisitetsekvivalenter etter gammel WHO-modell)), benzo-a-pyren (BaP), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH), tributyltinn på ionebasis (TBT), Dioksiner (Sum PCDF – TE (toksisitetsekvivalenter etter WHO-modell)). Grønn bakgrunn indikerer klasse II "moderat forurenset", mens gul bakgrunn indikerer klasse III "markert forurenset". Alle konsentrasjoner i µg / kg (t.v.) med unntak av dioksiner og nonorto-PCB hvor konsentrasjonen er i ng /kg (t.v.).

Stasjon.	PCB7	Sum PCB-TE*	BaP	Sum PAH	Sum KPAH*	TBT	Dioksiner
1 Langøya	3.2	0.63	49	951	402	13.2	3.43
7 Mølen	4.89	0.65	128	1818	800	5.6	4.09

*inngår ikke i klassifiseringssystemet

3.2 Sammenligning med andre undersøkelser fra området

Nylig publiserte resultater fra undersøkelser i og rundt havneområder viser at det er høye verdier av miljøgiftene PCB og PAH i ytre Oslofjord. På grunn av det høye innholdet av miljøgifter som er blitt registrert har SNT nå utvidet eksisterende kostholdsråd for indre Oslofjord. Konsum av fiskelever fanget i Oslofjorden innenfor Horten og Jeløya frarådes, og det er målt spesielt høye konsentrasjoner i indre Horten havn (SFTs hjemmeside; www.sft.no).

Torsk utenfor Holmestrand var i 1999/2000 markert forurenset av PCB (Næs *et al.* in press). Kilden til PCB-forurensningen er uklar, men det har tidligere vært antydning diffus PCB-tilførsel fra det lokale nedbørfeltet i Sandebukta (Knutzen & Green 2001). Vi fant lave (klasse I) PCB-nivåer i skjell og sedimenter ved Langøya og kontrollstasjonen på Mølen.

Blåskjell ved Holmestrand var i 1999 markert forurenset av TBT (Næs *et al.* in press). Ved Langøya og Mølen var forurensningsnivået derimot moderat. PAH nivåene i skjell var også noe høyere i Holmestrand enn på Mølen og ved Langøya. Blynivåene i skjell fra Langøya har i de senere år vært stigende i området rundt kaianlegget; i 2001 var nivåene på B3 drøyt tre ganger så høye som Næs *et al.* fant i skjell fra Mulvika sør i Holmestrand.

Sedimentene utenfor Holmestrand var i likhet med blåskjell markert forurenset av TBT (Næs *et al.* in press). Forurensning fra PAH, PCB og metaller var derimot liten til moderat. Sedimentene utenfor Langøya viste et forurensningsbilde som var likt det Næs *et al.* fant ved Holmestrand.

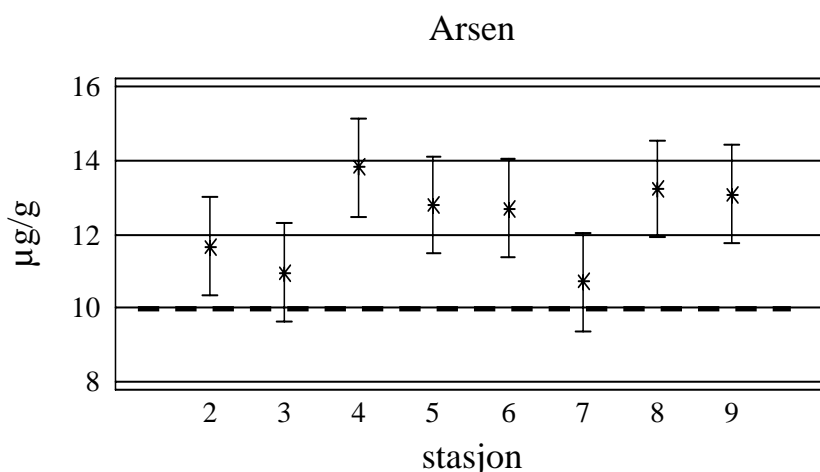
Undersøkelsene viser at det finnes langt flere forurensningskilder enn NOAH-Langøya i det undersøkte området. Forurensningsbildet er imidlertid komplisert, særlig med hensyn til kildeidentifisering. Langøyaområdet ligger i Drammenelvas influensområde, samtidig som nærheten til industrien i Holmestrand, 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.

3.3 Gradienter og utvikling i blåskjell

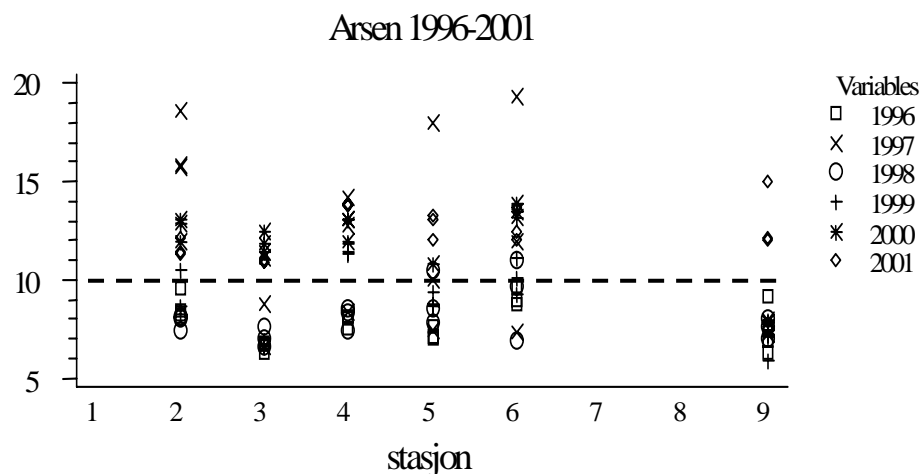
I det følgende er det gitt kommentarer og vist figurer til de metaller hvor signifikante konsentrasjonsforskjeller mellom blåskjellstasjoner ble registrert i 2001. Dette ble gjort for å undersøke hvorvidt det var konsentrasjonsgradienter i materialet som kunne knyttes til Langøyas utslipp av vann. Det er også gjort en vurdering av utvalgte metaller utvikling over tid for stasjonene B2 - B6 og BK (B7 er vist i vedlegg B). I figurene er resultatene fra hver enkelt parallellprøve vist. På hver stasjon tas det normalt tre parallele prøver.

Arsen

Nivåene av arsen var forhøyet på samtlige stasjoner inkludert kontrollstasjonen (Figur 4). Tilstanden kan betegnes som moderat forurenset med hensyn til dette metallet. Nivåene var lavest på Mulodden (B7), men forskjellene mellom stasjonene var små og nivåene på kontrollstasjonen (BK) indikerer at andre kilder enn Langøya sannsynligvis bidrar til de forhøyede nivåene. Det ble ikke detektert arsen i utslippsvannet i NOAHs overvåkingsprogram. Arsen viser ingen entydig utvikling over tid, men nivåene har økt noe siden 1998 (Vedlegg B, Figur 30). Dette samsvarer ikke med utslippsdata fra Langøya hvor det ikke er funnet arsen i avløpsvannet siden september 1998. Høye arsennivåer på kontrollstasjonen (BK) i 2001 tyder også på andre kilder enn Langøya.



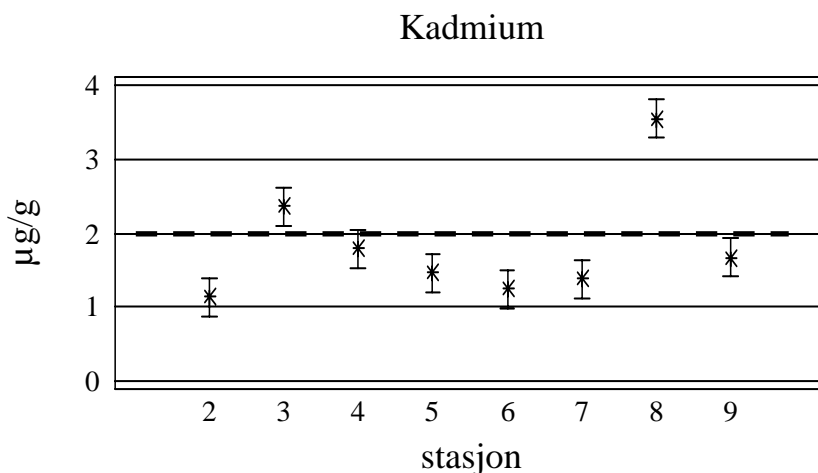
Figur 4. Arsen i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



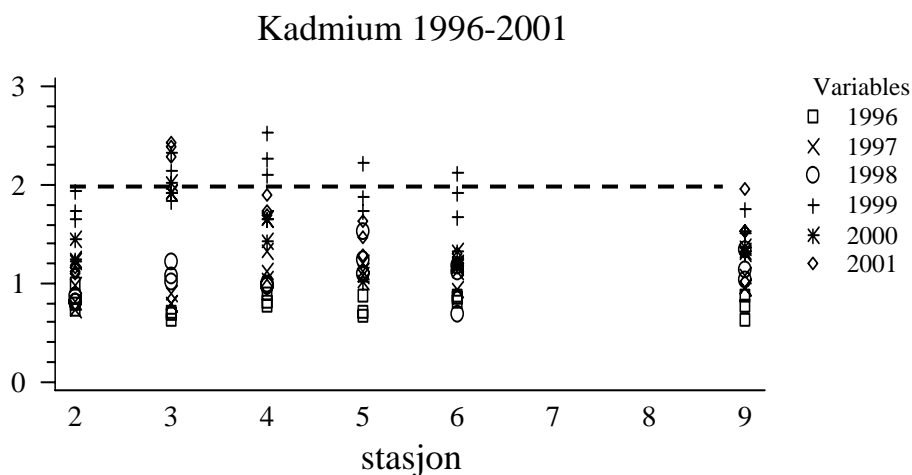
Figur 5. Innhold av arsen i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 på x-aksen). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).

Kadmium

Skjell fra riggen (BR) hadde de klart høyeste verdiene av kadmium. På stasjon B3 var det også forhøyede verdier. Begge stasjonene kan klassifiseres som moderat forurenset av kadmium. Resten av stasjonene var ubetydelig - lite forurenset (Figur 6). Resultatene tyder på at Langøya bidrar til de forhøyede nivåene av kadmium i blåskjell. Utslippene via NOAHs prossessvann har omtrent tredoblet seg siden foregående år (Figur 2), og nivåene av kadmium i blåskjell utenfor Langøya har også gått noe opp siden i fjor. Tilstanden har generelt sett vært god i perioden, men nivåene har økt noe siden 1998. Stasjon B3 ved kai og B4 ved utslippet har i de senere år hatt de høyeste kadmiumverdier i blåskjell (Figur 7).



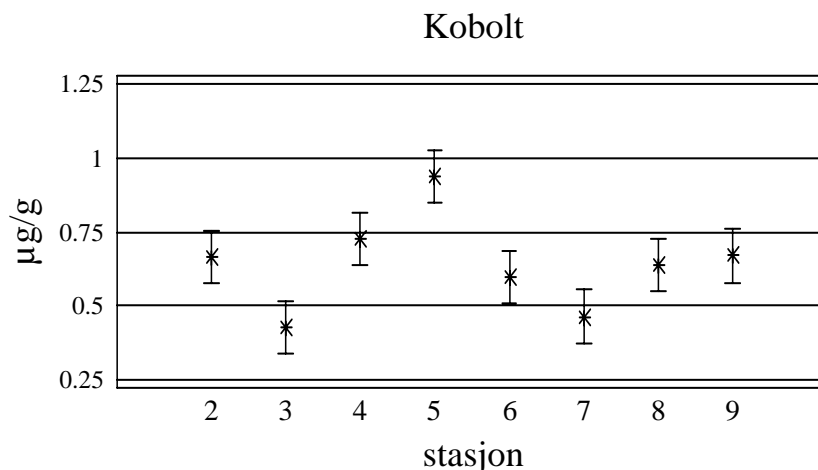
Figur 6. Kadmium i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



Figur 7. Innhold av kadmium i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over prikket linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).

Kobolt

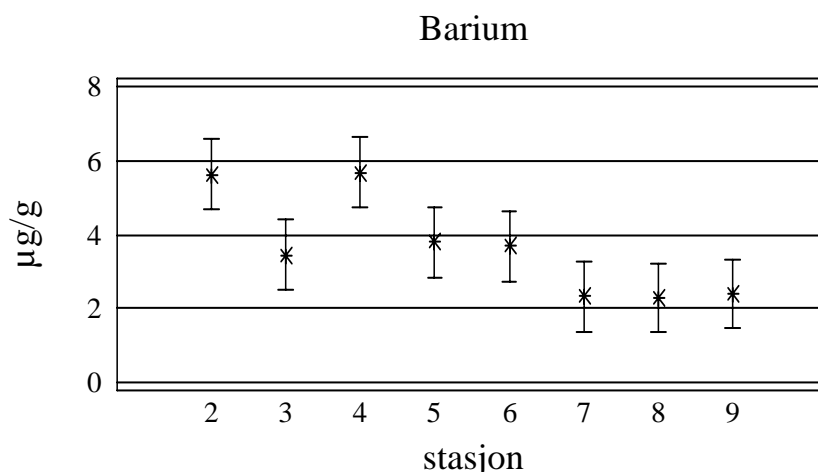
Tilstanden med hensyn til kobolt kan i 2001 betegnes som ubetydelig - lite forurenset. Høyeste verdier ble funnet nord for utslippet, på stasjonene B4 og B5 (Figur 8). Sistnevnte har gjennom undersøkelsesperioden vært den mest påvirkede stasjon med hensyn til kobolt. Årsaken til dette er ikke kjent. Det hadde pr. september 2001 ikke vært registrert kobolt i NOAHs utslippsvann siden desember 1999. Kobolt utgjør pr. i dag ikke noe miljøproblem i resipienten.



Figur 8. Kobolt i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen).

Barium

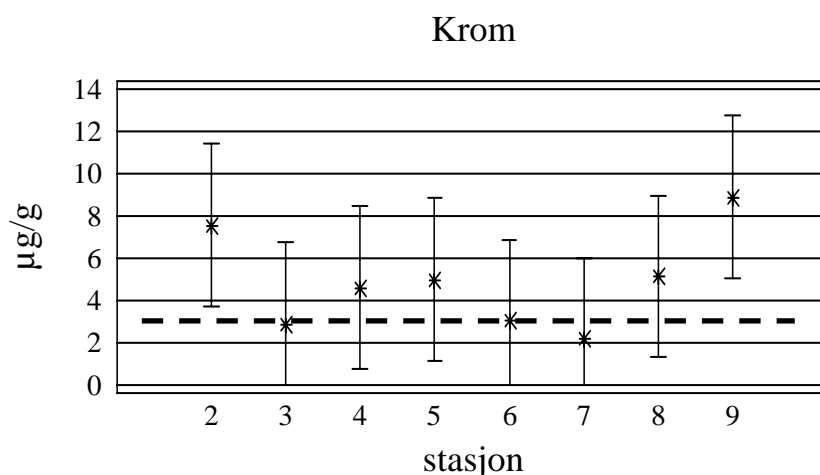
Nivåene på B2 og B4 var signifikant høyere enn på de øvrige stasjoner (Figur 9). Lavest verdier ble funnet på B7 på Mulodden, BR og BK. Det er sluppet ut over 6 ganger mer barium fra Langøya i perioden oktober 2000 - september 2001, enn i tilsvarende periode 1999-2000. Det er ikke mulig å registrere denne økning utfra nivåene i blåskjellene (se Walday & Kroglund 2001). Barium inngår ikke i klassifiseringssystemet for miljøkvalitet og anses ikke som noe problem i marine miljøer.



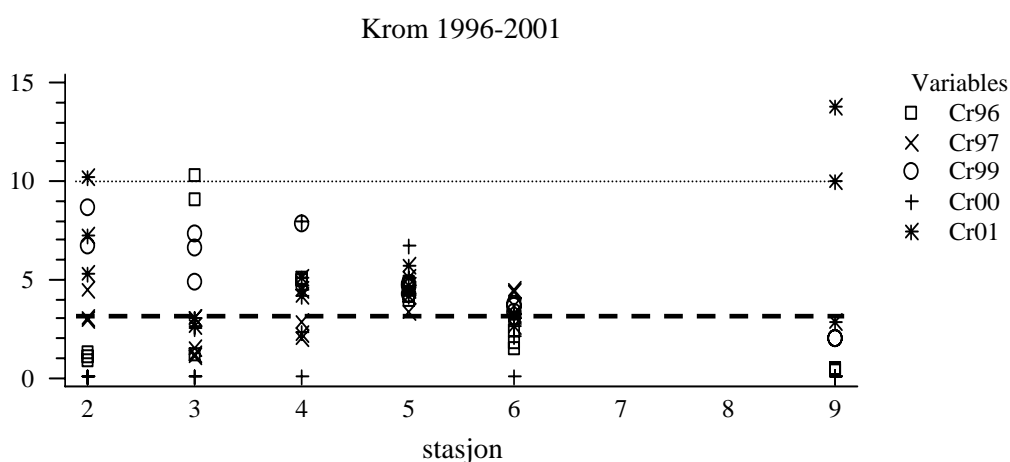
Figur 9. Barium i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen).

Krom

Samtlige stasjoner unntatt B3 og Mulodden (B7) var "moderat forurenset" av krom i 2001 (Figur 10). De høye verdiene på kontrollstasjonen (BK) er oppsiktsvekkende. Generelt har det vært en signifikant nedgang i krominnhold i blåskjell fra Langøya siden 1999. Krominnholdet i blåskjell var noe høyere i 2001 enn i 2000, men ingen stasjoner var markert forurenset slik som i 1999. Det har ikke vært registrert krom i utløpsvannet fra Langøya i perioden oktober 1999 til september 2001 (Figur 2). I likhet med arsen så ble også krom registrert med høye nivåer på kontrollstasjonen (BK), men med større variasjon mellom parallellprøvene. Tidligere år har kontrollstasjonen vært ubetydelig - lite forurenset (klasse I). Resultatene tyder på at de forhøyede verdiene har sin årsak i andre kilder enn avløpsvannet fra Langøya. En kan ikke se bort fra at kontaminering i forbindelse med homogenisering er årsaken til at enkelte paralleller har meget forhøyede konsentrasjoner av krom i 1999 og 2001 (se kap. 3.1).



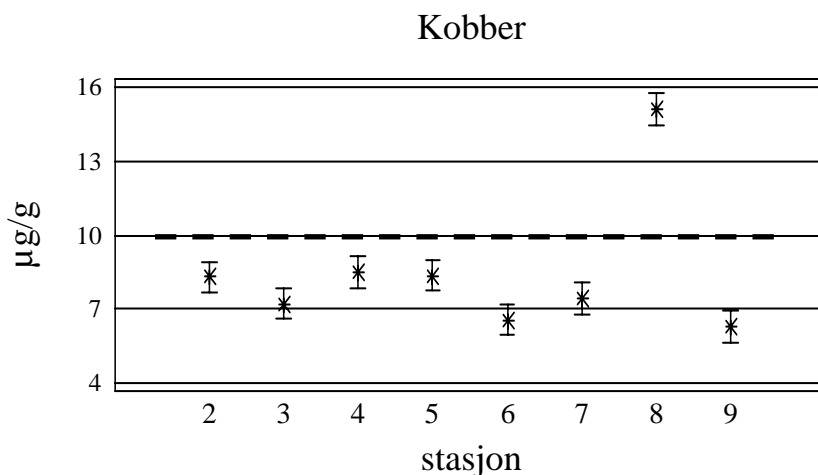
Figur 10. Krom i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplede linje (3µg/g) indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



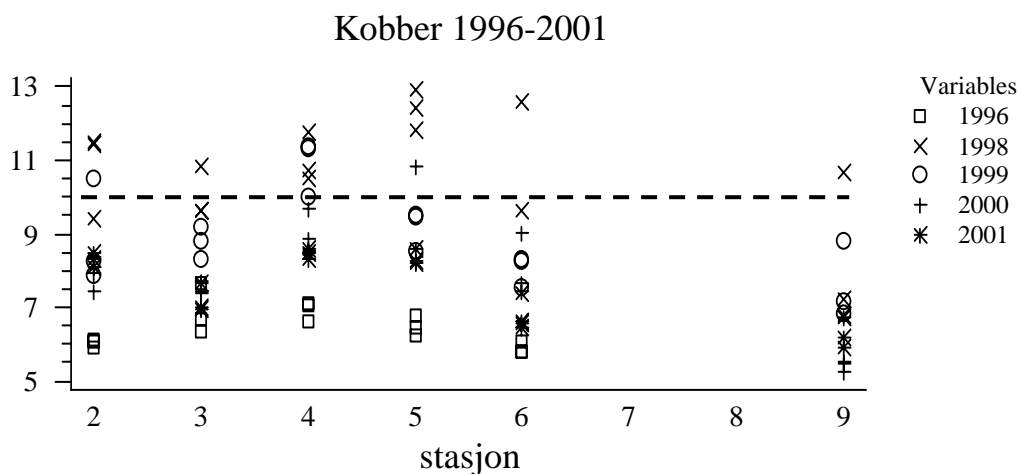
Figur 11. Innhold av krom i blåskjell (µg/g) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplede linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II). Nivåer over prikket linje indikerer markert forurenset tilstand (klasse III). Tre verdier fra 1999 er ikke vist; 36,3 på B2 samt 26,1 og 24,5 på B4.

Kobber

Kontrollstasjonen BK hadde lavere kobbernivåer enn de øvrige stasjoner. Klart høyeste verdier ble funnet i skjell fra blåskjellriggen (BR) ved utslippet og disse kan klassifiseres som moderat forurenset (Figur 12). Øvrige stasjoner var ubetydelig-lite forurenset. Det er ikke registrert kobber i NOAHs utslippsvann i perioden desember 1999 - september 2001. Siden 1998 har nivåene av kobber i blåskjell fra Langøya sunket. Blåskjell har en evne til å regulere opptak av kobber, og særlig ved moderate konsentrasjoner. Det er derfor usikkert i hvilken grad nivåene av kobber i blåskjellene avspeiler nivåene i miljøet rundt Langøya. De lave nivåene i sedimenter (Tabell 7) indikerer imidlertid at kobber ikke er noe stort miljøproblem i resipienten



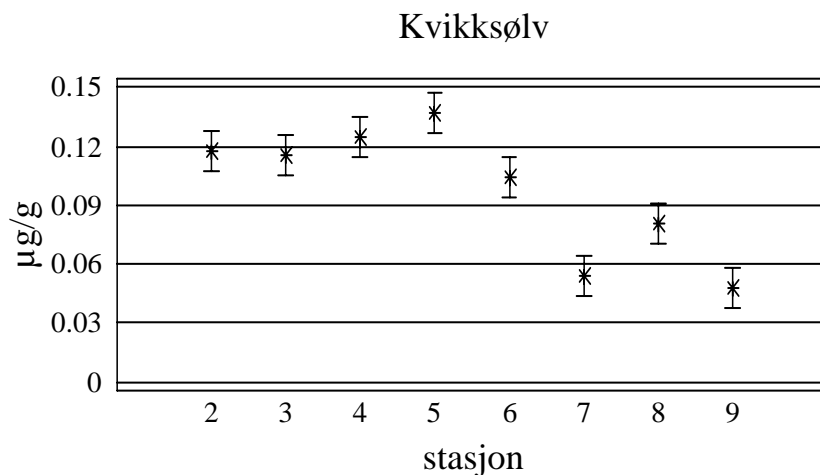
Figur 12. Kobber i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



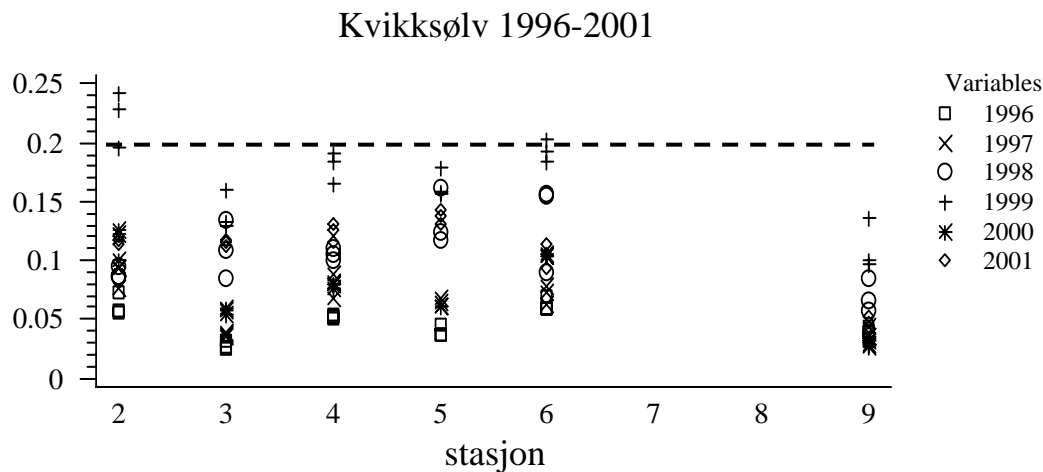
Figur 13. Innhold av kobber i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).

Kvikksølv

Tilstanden med hensyn til kvikksølv var ubetydelig - lite forurenset (klasse I). Høyeste verdier ble funnet på stasjon B5 nord for utslippet og laveste verdier på kontrollstasjonen (Figur 14). Utslippene via NOAHs avløpsvann har økt fra 0,013 kg i 1998/99, 0,029 kg i 1999/00, til 0,129 kg i 2000/01 (Figur 2). Kvikksølvnivåene i blåskjell har imidlertid vært lave gjennom stort sett hele undersøkelsesperioden (Figur 15).



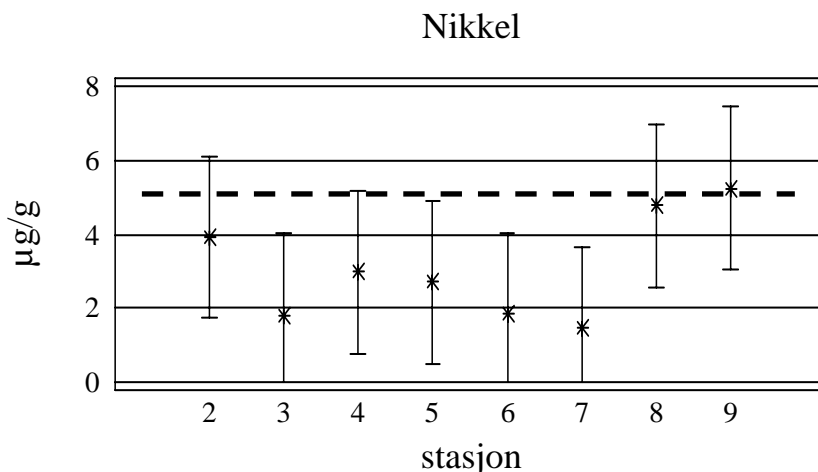
Figur 14. Kvikksølv i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen).



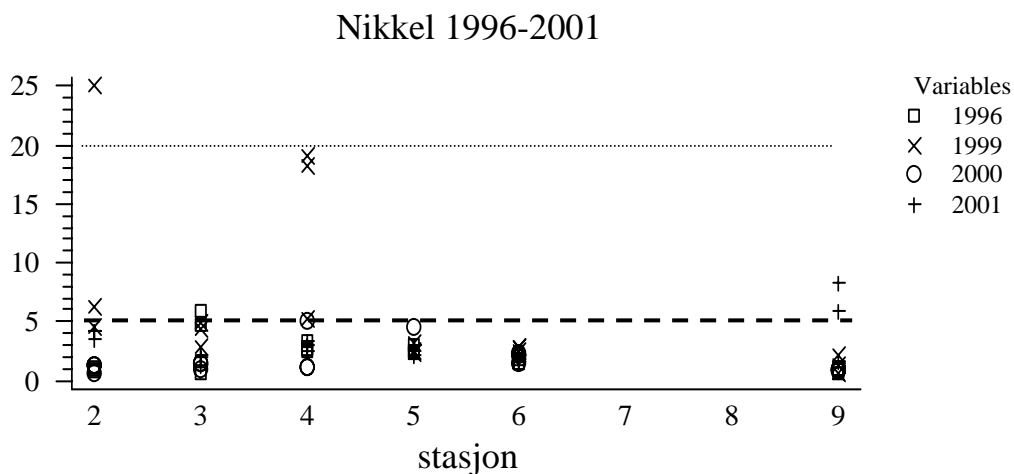
Figur 15. Innhold av kvikksølv i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).

Nikkel

Blåskjellene var ubetydelig - lite forurenset av nikkel utenfor Langøya i 2001 (Figur 16). På kontrollstasjonen (BK) var nivåene noe forhøyet. Total utslippsmengde av nikkel i NOAHs avløpsvann var ca 25% høyere enn i foregående periode (1999/00) (Figur 2). Generelt har nivåene vært lave gjennom undersøkelsesperioden, men enkelte prøver på B2 og B4 hadde i likhet med krom tydelig forhøyede nivåer i 1999 (Figur 17). En kan ikke se bort fra at kontaminering i forbindelse med homogenisering er årsaken til at enkelte paralleller hadde forhøyede konsentrasjoner av nikkel i 1999 og 2001 (se kap. 3.1).



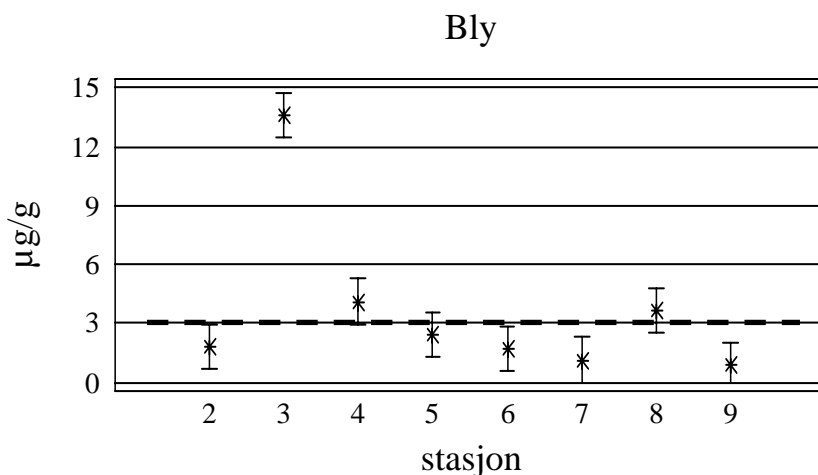
Figur 16. Nikkel i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



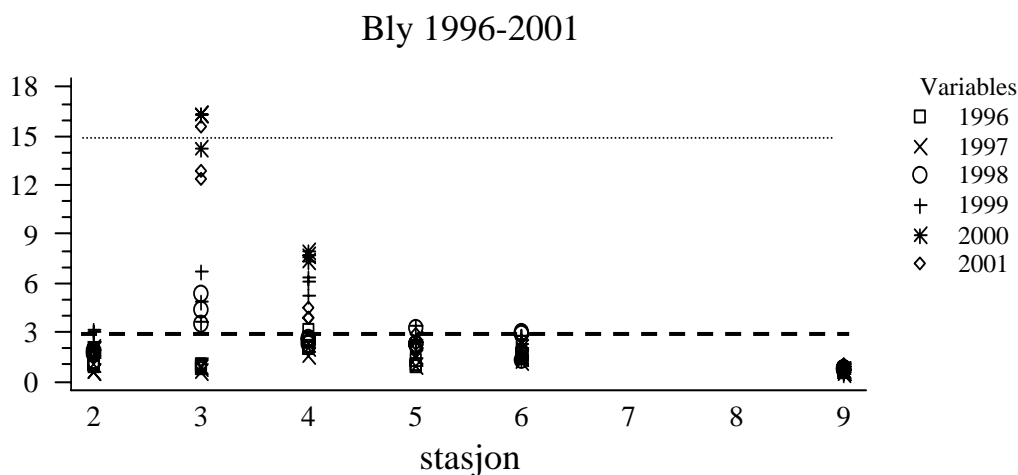
Figur 17. Innhold av nikkel i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II). Nivåer over prikket linje indikerer markert forurenset tilstand (klasse III).

Bly

Blynivåene var i 2001, i likhet med 1999 og 2000, høyest i blåskjell fra stasjon B3 og B4 rundt NOAHs utslipp (Figur 18), men også skjell fra riggen (BR) hadde forhøyede verdier. Tilstanden kan klassifiseres som ”moderat forurenset” på disse tre stasjonene. Laveste verdier ble funnet på kontrollstasjonen. Stasjonen B3 og B4 ligger hhv. noen hundre meter sør og nord for utslippet. Resultatene tyder på en tilførsel av bly til miljøet i området rundt utslippet. Det har imidlertid ikke vært registrert bly i utslippene fra NOAH-Langøya i perioden oktober 1999 til september 2001 (Figur 2), og dette kan bety at det finnes andre lokale blykilder enn NOAHs avløpsvann. Lossing av avfall og spesialavfall foregår i området nord for B3 og det kan tenkes denne aktivitet bidrar til de forhøyede nivåer. Utviklingen videre bør følges nøye.



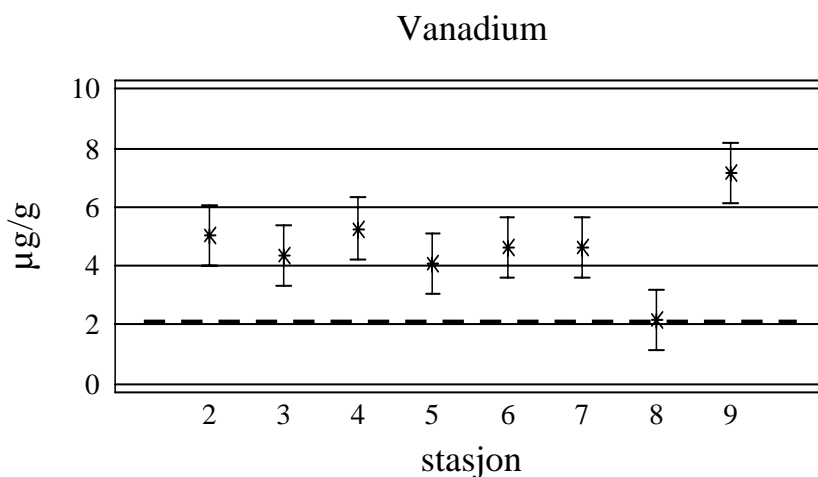
Figur 18. Bly i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



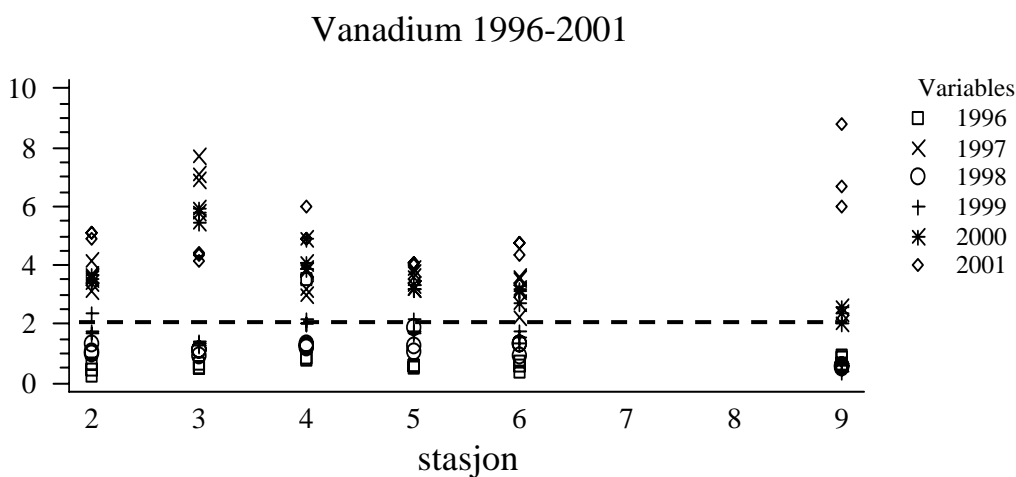
Figur 19. Innhold av bly i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II). Nivåer over prikket linje indikerer markert forurenset tilstand (klasse III).

Vanadium

På samtlige stasjoner var det overkonsentrasjoner av vanadium i blåskjell i 2001, og tilstanden kan klassifiseres som moderat forurenset (Figur 20). De høyeste verdiene ble funnet på kontrollstasjonen (BK) og de laveste i skjell fra riggen (BR). Det har vært en negativ utvikling i tilstand mht. vanadium siden 1998. 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.



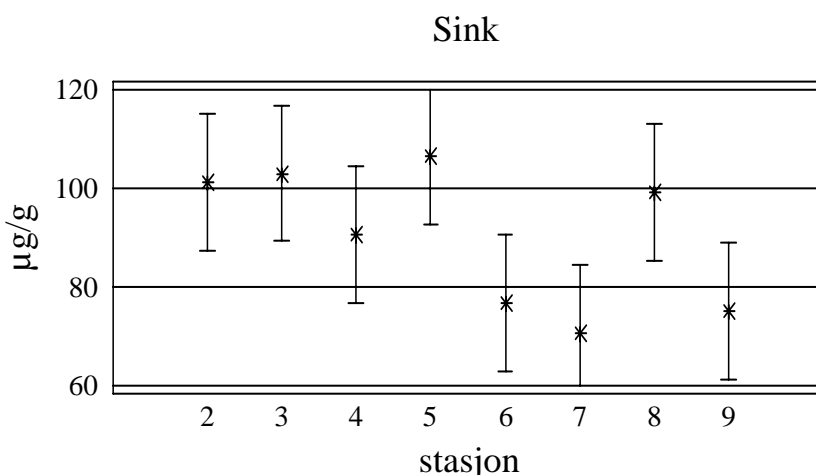
Figur 20. Vanadium i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen). Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).



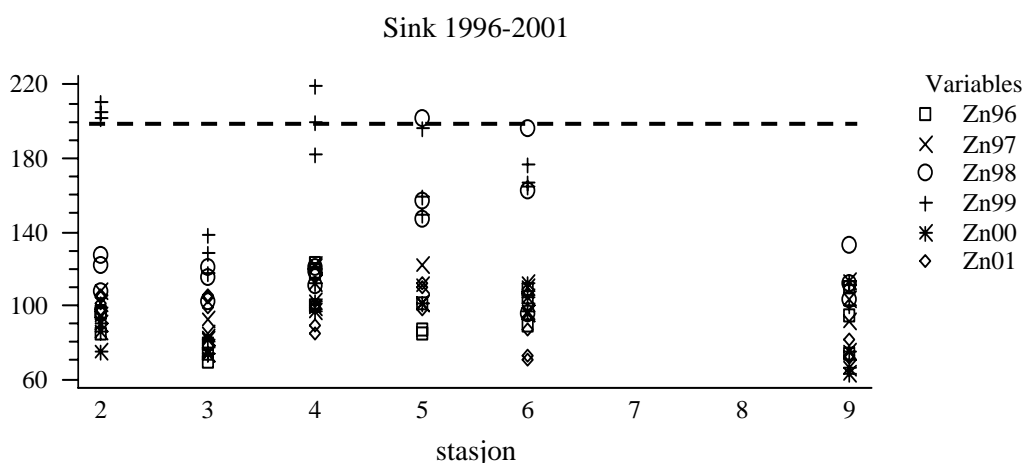
Figur 21. Innhold av vanadium i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).

Sink

Tilstanden med hensyn til sink var ubetydelig - lite forurenset i 2001 (Figur 22). Høyeste verdier ble registrert i området rundt utslippet. Det er i perioden oktober 2000 til september 2001 sluppet ut 5,56 kg sink til resipienten via avløpsvannet fra Langøya, omtrent en firedel av mengden som ble sluppet ut i den foregående perioden (Figur 2). Nivåene har vært lave gjennom hele undersøkelsesperioden (Figur 23). I 1998 og 1999 var det noe forhøyede konsentrasjoner på et par stasjoner. 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 sedimentene var det overkonsentrasjoner (klasse II) av sink på 4 av de seks stasjonene utenfor Langøya, men også på kontrollstasjonen (st. 7, se Tabell 7).



Figur 22. Sink i blåskjell, gjennomsnitt av 3 paralleller med Scheffe 95%-intervall; ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller. Stasjon 8 er BR (blåskjellriggen) og stasjon 9 er BK (kontroll på Mølen).



Figur 23. Innhold av sink i blåskjell ($\mu\text{g/g}$) 1996-2001 på stasjon B2-B6 utenfor Langøya, samt på kontrollstasjonen (BK, merket som 9 i figuren). Alle 3 parallellene er vist. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (klasse II).

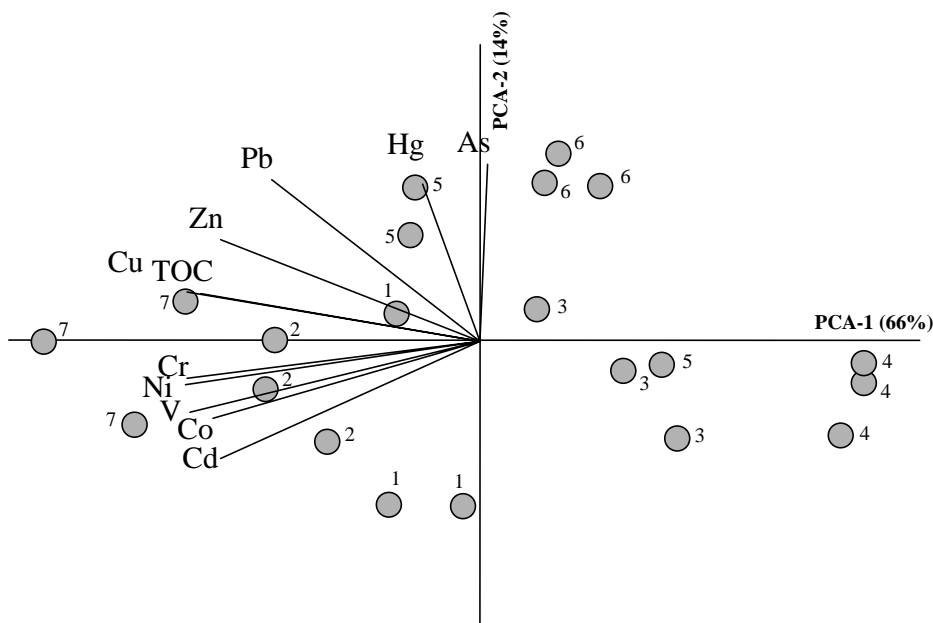
3.4 Gradienter i sedimenter

Bunnsedimenter er bygget opp av uorganiske og organiske partikler og aggregater av disse. Sedimentene utenfor Langøya og ved Mølen hadde små variasjoner i andelen silt/leire (partikler < 63µm); fra 92 til 98%. Konsentrasjonen av total organisk karbon (TOC) varierte fra 13.3 til 18.6 mg/g.

Miljøgifter adsorberes ofte til finpartikulært uorganisk materiale, organiske partikler, eller organiske filmer på uorganiske partikler. Det er derfor ofte en korrelasjon mellom miljøgiftinnhold og finfraksjonen, og mellom miljøgiftinnhold og organisk innhold i sedimentene. Hvordan og hvor god denne korrelasjon er vil være avhengig av de ulike miljøgiftenes kjemiske egenskaper, og derfor variere fra en miljøgift til en annen.

For å avdekke eventuelle trender i det analyserte materialet ble det utført en principal komponent analyse som i dette tilfelle søker å arrangere prøver etter likhet i metallkonsentrasjon og konsentrasjon av TOC.

Analysen viste at stasjon 4 generelt har de laveste konsentrasjonene og stasjon 7 de høyeste konsentrasjonene av metaller og organisk karbon (Figur 24). PC-akse 1 forklarer 66% av variabiliteten i materialet og representerer forskjeller i konsentrasjon. PC-akse 2 forklarer 14 % av variabiliteten i materialet (samlet 80%) og ser ut til å representere geografiske forskjeller, hvor de fleste av kjernene tatt øst og sør av Langøya ligger under akse-1 og stasjonene nord av Langøya (stasjon 5 og 6) ligger over akse-1. Biplottet indikerer også en positiv korrelasjon mellom organisk innhold og de fleste av metallene (indikert ved metall-vektorer som peker i samme retning som TOC).



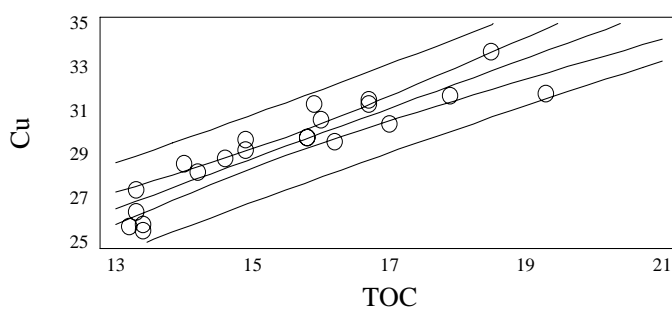
Figur 24. PCA-biplot for sammenligning av metaller i bunnsedimenter utenfor Langøya og Mølen (stasjon 7) 2001 (tre paralleller på hver stasjon). De grå sirkelene indikerer stasjoner.

Korrelasjonsanalyser bekreftet at det var en signifikant positiv sammenheng mellom alle metaller og konsentrasjonene av TOC i sedimentene, med unntak for As og Hg (Tabell 9).

Tabell 9. Resultater fra korrelasjonsanalyser av metaller mot totalorganisk karbon (TOC) i sedimenter utenfor Langøya og Mølen 2001. r^2 % viser hvor mye av variasjonen i metallkonsentrasjonene som kunne forklares ut i fra variasjoner av organisk innhold i sedimentene.

	As	Hg	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni	V	Co	Cd
p	0.6147	0.2035	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000
Corr.coef.	0.12	0.29	0.68	0.78	0.91	0.87	0.82	0.86	0.68	0.78
r^2 %	1	8	46	60	84	75	68	73	46	60

Det var best sammenheng mellom Cu og TOC, hvor 84% av variasjonen i kobberkonsentrasjonen kunne forklares ut i fra variasjoner av organisk innhold i sedimentene (se også Figur 25).

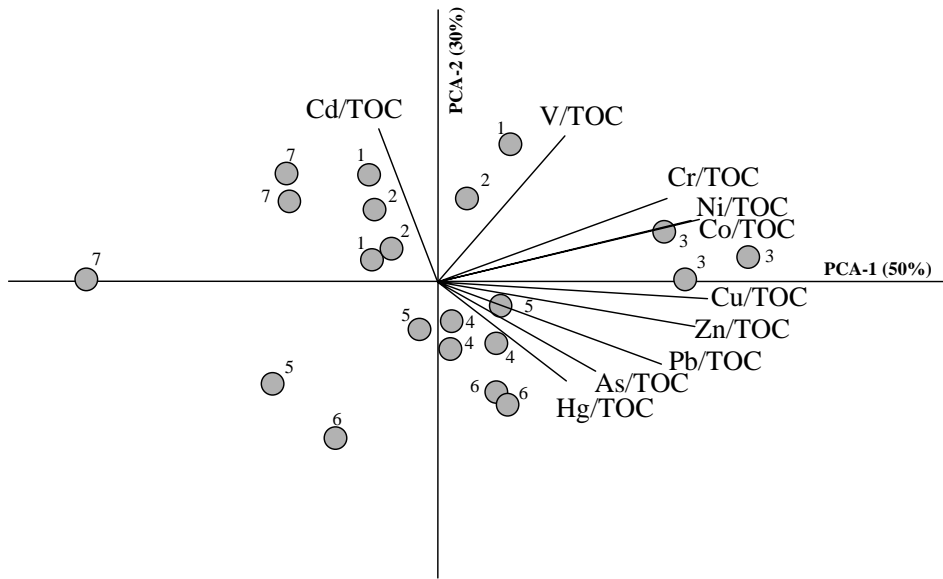


Figur 25. Kobber (Cu mg/kg) som en funksjon av totalorganisk karbon (TOC mg/g) i sedimentene utenfor Langøya og ved Mølen 2001.

Ved å sammenligne forholdstallet mellom metallkonsentrasjon og TOC-konsentrasjon for hver prøve, elimineres forskjeller som skyldes ulikheter i organisk innhold. En prinsippal komponentanalyse av disse forholdstallene (Figur 26) viser at stasjon 3 har den største relative påvirkningen fra de fleste metallene, med unntak av Cd. Påvirkningen er størst fra de metallene med vektorer som ligger nærmest stasjon 3 (Cu, Co, Ni, Cr, Zn). En ser igjen at stasjon 4, 5 og 6, stasjoner som ligger nord for utslippet til Langøya, skiller seg fra stasjon 1, 2 og 3 som ligger sør for utslippet.

Dette indikerer at sedimentene utenfor Langøya påvirkes av metallutslippene fra anlegget. Påvirkningen er imidlertid relativt liten, noe som sees av konsentrasjonene i sedimentene.

Ved forrige sedimentundersøkelse i 1996 ble det rettet spesiell oppmerksomhet mot overkonsentrasjonene av bly og kvikksølv på samtlige av stasjonene. I 2001 er det fortsatt disse to metaller som forurenser resipienten mest. I tillegg er det markert forurenset (kl. III) av TBT og PAH i sedimentene på både kontrollstasjonen (st. 7) og på stasjon 1 ved Langøya. Sedimentene er imidlertid mindre forurenset av TBT og PAH enn f.eks. havnesedimenter fra Horten og Moss (Næs *et al.* in press).



Figur 26. PCA-biplot for sammenligning av metall/TOC-ratio i bunnsedimenter utenfor Langøya og Mølen (stasjon 7) 2001 (tre paralleller på hver stasjon).

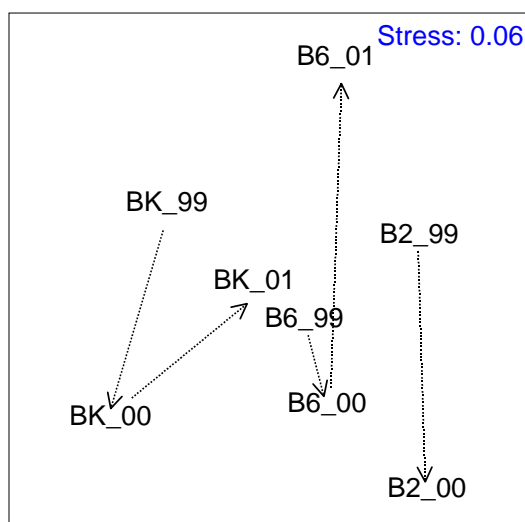
3.5 Strandsoneregistreringer

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, substrattype og himmelretning. I tillegg kommer ikke-naturlige faktorer som ulike påvirkninger (næringssalter, organisk materiale, partikler etc).

Sammenhengen mellom observerte endringer i samfunnsammensetning og årsaken til disse er ofte uklar. En vet imidlertid at svake overkonsentrasjoner av næringssalter kan virke gunstig på organismesamfunnet i fjæra ved at artsrikdommen øker (gjødslingseffekt). Ved høyere overkonsentrasjoner av næringssalter vil de negative effektene dominere. Artsrikheten reduseres mens noen få tolerante arter blir begünstiget og øker i mengde. Av fastsittende makroalger er det særlig små blad- og trådformete grønnalger og enkelte trådformete brunalger som øker i mengde ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter.

Endringer i samfunnsammensetning lar seg illustrere ved multi-dimentional scaling (MDS). Denne metoden sammenligner forekomst og sammensetning av arter fra ulike prøver, og illustrerer ulikheten mellom prøvene ved avstand mellom punkter i et MDS-plott (Figur 27); prøver som ligger nære hverandre har like samfunn. Plottet viser at samfunnsammensetningen på de tre stasjonene har endret seg i perioden, og at 'retningen' på endringene (illustrert ved piler) stort sett har vært sammenfallende for stasjonene. En oversikt over registrerte arter på stasjonene er gitt i Tabell 10.

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 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.



Figur 27. MDS-plott som illustrerer likhet mellom prøver med hensyn til sammensetning av plante og dyresamfunn i fjæra på tre stasjoner: B2 og B6 på Langøya og BK på Mølen. Like prøver ligger nære hverandre.

Forekomsten av alger og dyr på de tre stasjonene gir ikke inntrykk av næringssaltpåvirkning. Det lave antallet arter på B6 kan skyldes isskuring vinteren 2001.

Tabell 10. Forekomst av alger og dyr i fjæra på 3 stasjoner: B2 og B6 på Langøya samt BK på Mølen 1999, 2000 og 2001 (ikke B2 i 2001). Basert på dekningsgrad (frekvensregistrering) i rammer på faste lokaliteter (se metodekapittel).

Taxa	B2_99	B6_99	BK_99	B2_00	B6_00	BK_00	B6_01	BK_01
<i>DYR</i>								
Alcyonidium hirsutum			7			30		
Alcyonidium gelatinosum					10	20		
Alcyonidium sp			7					
Asterias rubens			3			3		
Balanus balanoides	37		63		17	70	7	23
Balanus improvisus	90	100	83	13	97	37	100	77
Balanus sp	3		3	10	3	7		
Balanus juv				17				
Bryozoa encrusting						3		
Campanularia johnstoni						7		
Clava squamata						53		
cf Conopeum seurati		23			27			
Dynamena pumila			10			33		10
Electra pilosa	3	13	23		3	53		3
Eudendrium annulatum					3			
Lacuna vincta						3		
Laomedea geniculata	3	30	40			10		
Littorina littorea	60	83	17	77	87	27	30	30
Littorina obtusata			3			33		7
Littorina saxatilis	7		10					
Littorina sp juvenil	30		3	3	3	17		3
Membranipora membranacea						23		
Metridium senile var. pallida						10		
Mytilus edulis	77	43	3	70	63	10		43
Mytilus edulis juvenil		3	3			7		
<i>ALGER</i>								
Hildenbrandi rubra		90	93	37	90	90	7	90
Porphyra purpurea		3						
Chondrus crispus			10			20		7
Ahnfeltia plicata			17			33		17
Ceramium rubrum						3		
Sum Fucus	93	90	43	97	87	67	93	67
Elachista fucicola	47	7	7	50	30	10		
Brunt på fjell	33			20		77		
Ectocarpus sp.		3						
Ralfsia sp.	30	87	47			23	97	47
Chaetomorpha medit.	20							
Cladophora sp.		17		37			3	13
Grønt på fjell		33	53	30	37	43		47
Enteromorpha sp.	47		60	7				3
Spongomorpha arcta			30					
Spongomorpha sp.						3		
cf. Oscillatoria			23					
Chaetomorpha sp.								10
ANTALL TAXA	15	15	25	13	14	30	7	17

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. og N.W. Green, 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme. ”*Bakgrunnsnivåer*” av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. SFT overvåkningsrapport nr 820/01. NIVA rapport l.nr. 4339, 145 s.
- 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 tønnedeponi 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, Breiangen*. NIVA-rapport 3657-97, 23s.
- Næs K. et al. in press. *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.
- 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.
- Walday M. & T. Kroglund. 2001. *Overvåking NOAH-Langøya 2000 - Strandsoneregistreringer samt miljøgifter i blåskjell*. NIVA-rapport 4404-2001, 44s.

Vedlegg A. Statistikk for innhold av metaller i blåskjell i 2001

Summary Statistics for As

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	11.656	0.176872
3	3	10.9527	0.000395217
4	3	13.8147	0.00936368
5	3	12.7972	0.48418
6	3	12.7	0.70525
7	3	10.6986	0.485385
8	3	13.2307	0.00343837
9	3	13.0811	2.69757
Total	24	12.3664	1.56245

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.420561	11.36	12.1374
3	0.0198801	10.9412	10.9756
4	0.0967661	13.75	13.9259
5	0.69583	12.0	13.2824
6	0.839792	12.0134	13.6364
7	0.696696	10.201	11.4948
8	0.0586377	13.169	13.2857
9	1.64243	12.0779	14.9765
Total	1.24998	10.201	14.9765

Summary Statistics for Ba

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	5.63997	0.012278
3	3	3.45122	0.153332
4	3	5.69026	0.453036
5	3	3.78681	0.00620038
6	3	3.6871	0.168871
7	3	2.30694	0.0956779
8	3	2.28113	0.101501
9	3	2.3854	1.33166
Total	24	3.6536	1.95748

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.110806	5.51471	5.72519
3	0.391577	3.11765	3.88235
4	0.67308	5.03704	6.38158
5	0.0787425	3.69748	3.84615
6	0.410939	3.31126	4.12587
7	0.309318	1.95876	2.55
8	0.318592	2.04225	2.64286
9	1.15397	1.41631	3.66197
Total	1.3991	1.41631	6.38158

Summary Statistics for Cd

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	1.12431	0.000707387
3	3	2.36726	0.00519645
4	3	1.78226	0.0113708
5	3	1.46041	0.0327332
6	3	1.2336	0.00344054
7	3	1.37173	0.00742672
8	3	3.55942	0.0529656
9	3	1.67127	0.0615699
Total	24	1.82128	0.603086

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.0265967	1.104	1.15441
3	0.0720864	2.28824	2.42941
4	0.106634	1.70395	1.9037
5	0.180923	1.27692	1.63866
6	0.0586561	1.19205	1.3007
7	0.0861784	1.28643	1.45876
8	0.230143	3.29496	3.71429
9	0.248133	1.52361	1.95775
Total	0.776586	1.104	3.71429

Summary Statistics for Co

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	0.665897	0.000459791
3	3	0.422884	0.000405504
4	3	0.72468	0.00361306
5	3	0.939345	0.000739957
6	3	0.594079	0.000533371
7	3	0.462344	0.000871601
8	3	0.634305	0.000194196
9	3	0.668239	0.0138423
Total	24	0.638972	0.0251548

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.0214427	0.641221	0.68
3	0.0201371	0.405882	0.445122
4	0.0601087	0.65942	0.777778
5	0.0272021	0.916031	0.969231
6	0.0230948	0.569536	0.615385
7	0.0295229	0.437186	0.494845
8	0.0139354	0.619718	0.647482
9	0.117653	0.553648	0.788732
Total	0.158603	0.405882	0.969231

Summary Statistics for Cr

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	7.57438	6.1934
3	3	2.85868	0.0548925
4	3	4.58064	0.222048
5	3	4.97368	0.620783
6	3	2.9837	0.121946
7	3	2.12628	0.0261814
8	3	5.15216	0.134819
9	3	8.90945	31.0171
Total	24	4.89487	8.41638

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	2.48865	5.29412	10.229
3	0.234291	2.58824	3.0
4	0.47122	4.21053	5.11111
5	0.787898	4.15385	5.72519
6	0.349208	2.58278	3.22148
7	0.161807	1.95	2.26804
8	0.367176	4.85714	5.56338
9	5.5693	2.87554	13.8528
Total	2.9011	1.95	13.8528

Summary Statistics for Cu

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	8.2855	0.0362466
3	3	7.19943	0.150876
4	3	8.47092	0.0169939
5	3	8.34882	0.0372101
6	3	6.54753	0.0100979
7	3	7.38817	0.0474525
8	3	15.1102	0.614391
9	3	6.27561	0.161804
Total	24	8.45328	7.32418

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.190385	8.08	8.45588
3	0.388428	6.95122	7.64706
4	0.130361	8.33333	8.59259
5	0.192899	8.23077	8.57143
6	0.100488	6.44295	6.64336
7	0.217836	7.15	7.57732
8	0.783831	14.3662	15.9286
9	0.402249	5.92275	6.71362
Total	2.70632	5.92275	15.9286

Summary Statistics for Hg

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	0.117384	0.00000760406
3	3	0.115088	0.00000908965
4	3	0.124482	0.0000626913
5	3	0.13701	0.000036646
6	3	0.103901	0.000115003
7	3	0.0539409	0.00000431944
8	3	0.0807719	0.000019019
9	3	0.0473812	0.0000174657
Total	24	0.097495	0.00103111

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.00275755	0.114504	0.12
3	0.0030149	0.111765	0.117647
4	0.00791779	0.115942	0.131579
5	0.00605359	0.130769	0.142857
6	0.0107239	0.0927152	0.114094
7	0.00207833	0.0515464	0.0552764
8	0.00436108	0.0774648	0.0857143
9	0.0041792	0.04329	0.0516432
Total	0.0321108	0.04329	0.142857

Summary Statistics for Ni

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	3.91777	0.172391
3	3	1.80942	0.16559
4	3	2.96806	0.189779
5	3	2.69051	0.285519
6	3	1.83096	0.0246087
7	3	1.43775	0.165309
8	3	4.77557	0.0508622
9	3	5.25607	11.5834
Total	24	3.08576	2.97033

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.4152	3.44	4.19118
3	0.406927	1.35294	2.13415
4	0.435637	2.53623	3.40741
5	0.534339	2.07692	3.05344
6	0.156871	1.65563	1.95804
7	0.406582	1.2	1.90722
8	0.225526	4.64286	5.03597
9	3.40344	1.58798	8.31169
Total	1.72346	1.2	8.31169

Summary Statistics for Pb

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	1.83677	0.000017377
3	3	13.5973	2.83669
4	3	4.10199	0.145363
5	3	2.40805	0.162624
6	3	1.67559	0.10123
7	3	1.13105	0.0248253
8	3	3.6816	0.0808186
9	3	0.904705	0.0129523
Total	24	3.66713	16.1746

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.00416857	1.83206	1.84
3	1.68425	12.439	15.5294
4	0.381265	3.84058	4.53947
5	0.403266	2.07692	2.85714
6	0.318167	1.4094	2.02797
7	0.15756	0.95	1.23711
8	0.284286	3.45324	4.0
9	0.113808	0.815451	1.03286
Total	4.02177	0.815451	15.5294

Summary Statistics for V

stasjon	Count	Average	Variance
2	3	5.02634	0.015418
3	3	4.32688	0.0193812
4	3	5.26776	0.388187
5	3	4.05211	0.000498804
6	3	4.6304	0.0505455
7	3	4.61983	0.0705108
8	3	2.16123	0.0608477
9	3	7.18161	2.15171
Total	24	4.65827	2.01221

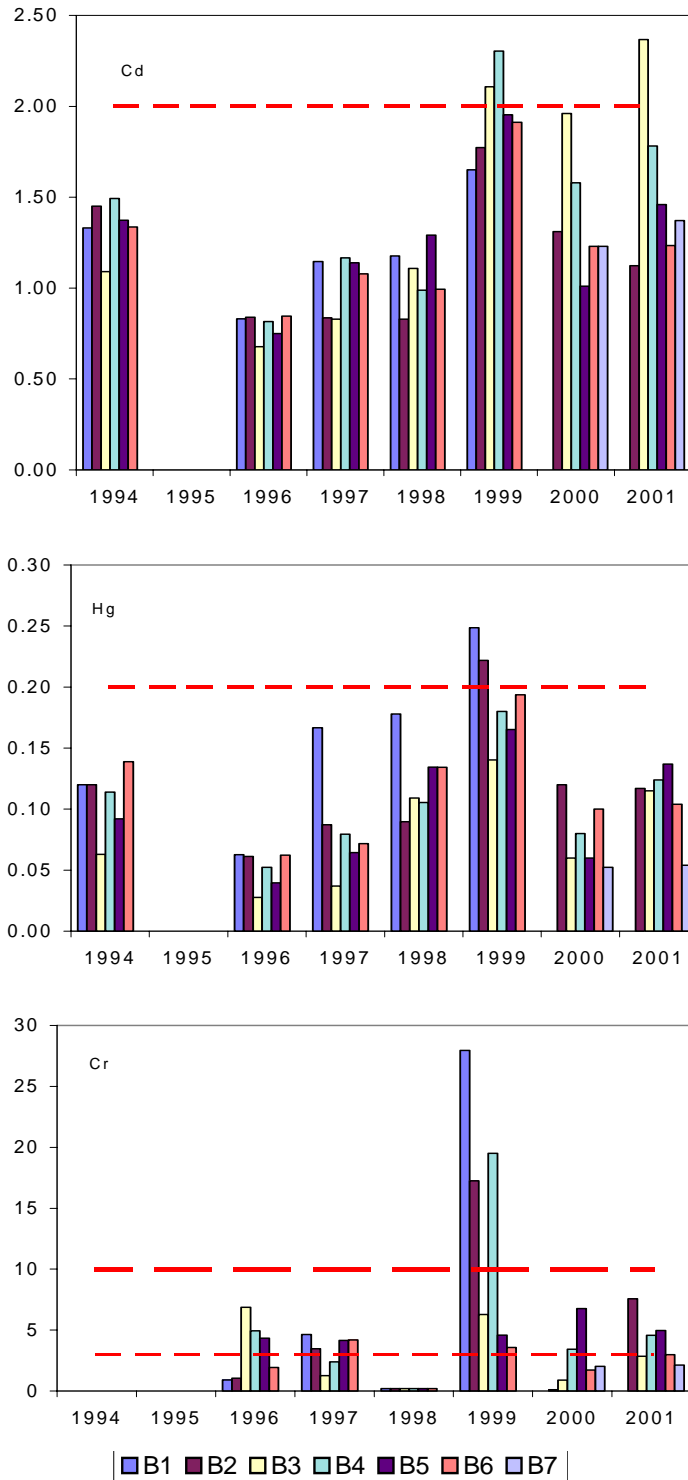
stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	0.124169	4.8855	5.12
3	0.139217	4.17647	4.45122
4	0.623047	4.88889	5.98684
5	0.0223339	4.03361	4.07692
6	0.224823	4.37086	4.7651
7	0.265539	4.37186	4.9
8	0.246673	1.94245	2.42857
9	1.46687	6.00858	8.82629
Total	1.41853	1.94245	8.82629

Summary Statistics for Zn

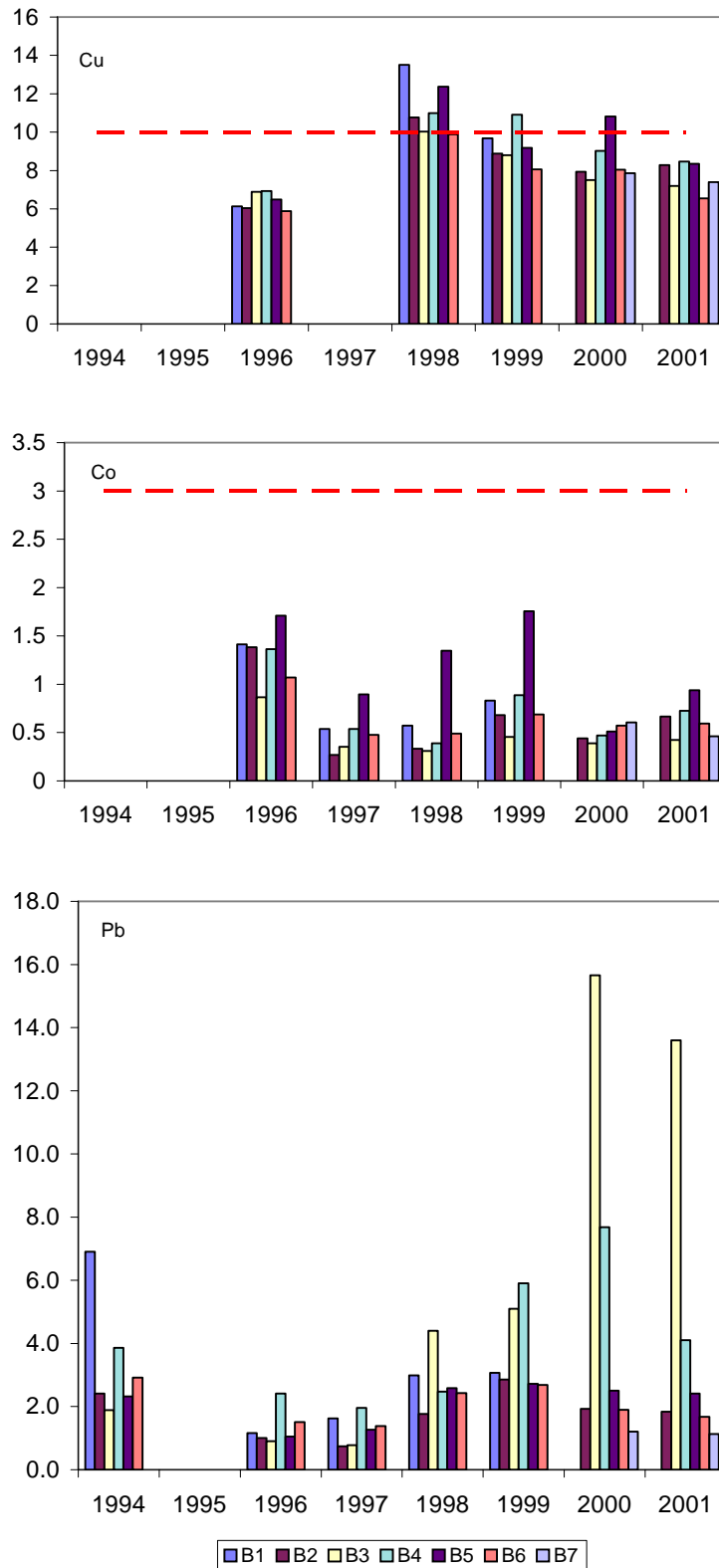
stasjon	Count	Average	Variance
2	3	101.141	18.3447
3	3	103.13	10.5763
4	3	90.753	52.6673
5	3	106.663	61.4938
6	3	76.6754	85.9688
7	3	70.5323	16.8564
8	3	99.2918	225.243
9	3	75.0629	28.5343
Total	24	90.4062	231.201

stasjon	Standard deviation	Minimum	Maximum
2	4.28307	97.0588	105.6
3	3.25212	99.3902	105.294
4	7.25723	84.4444	98.6842
5	7.8418	97.6923	112.214
6	9.27194	69.9301	87.2483
7	4.10565	67.8392	75.2577
8	15.0081	88.4892	116.429
9	5.34175	71.6738	81.2207
Total	15.2053	67.8392	116.429

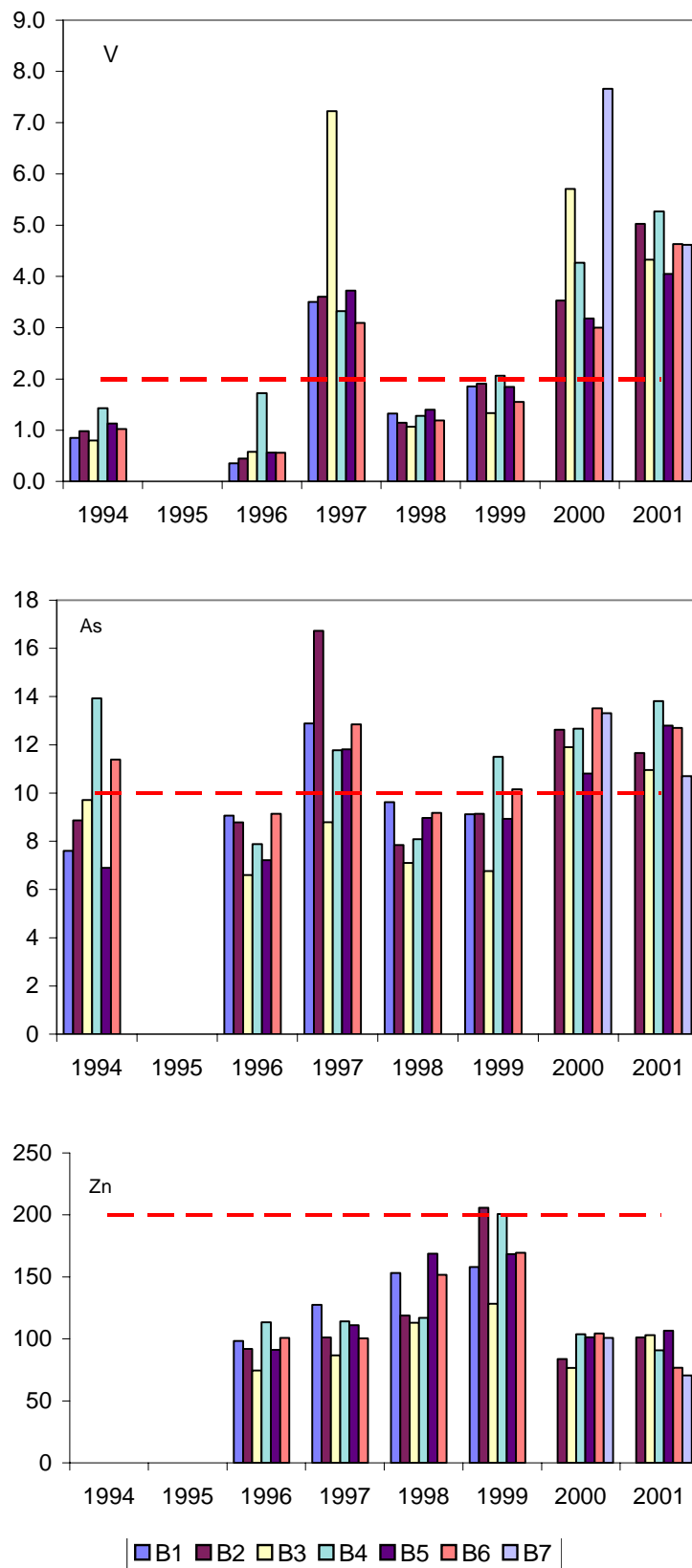
Vedlegg B. Metallnivåer 1994 – 2001



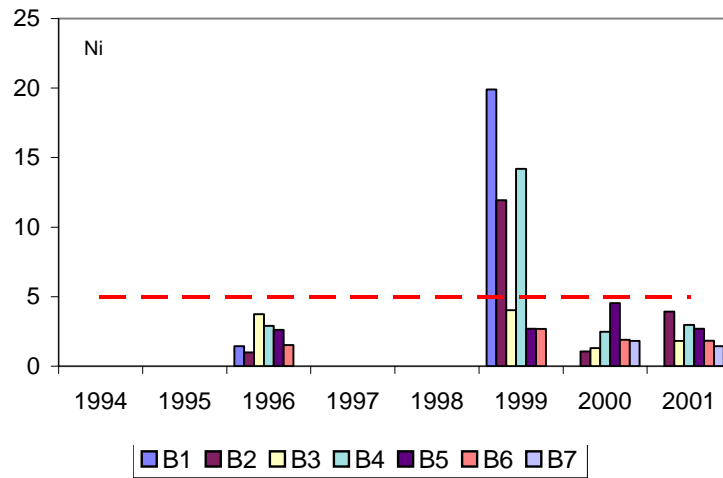
Figur 28. Kadmium, kvikksølv og krom i blåskjell (mg/kg tørrvekt, gjennomsnitt av tre paralleler) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplede linje indikerer moderat forurenset tilstand; for Cr også markert forurenset (Molvær *et al.* 1997). Krom ikke analysert i 1994. Ingen undersøkelser 1995. B7 kun undersøkt 2000 og 2001.



Figur 29. Kobber, kobolt og bly i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplede 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. B7 kun undersøkt 2000 og 2001.



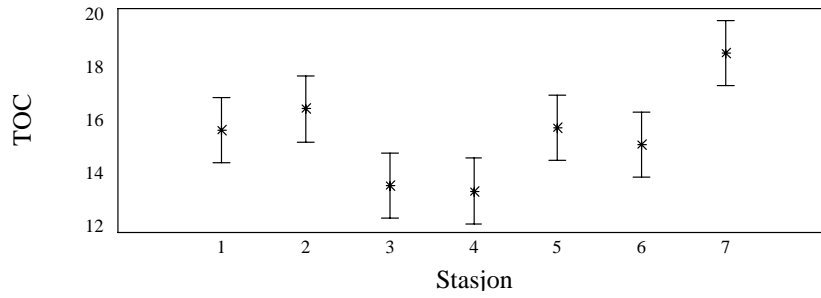
Figur 30. Vanadium, arsen og sink i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (Molvær *et al.* 1997). Sink ikke analysert i 1994. Ingen undersøkelser 1995. B7 kun undersøkt 2000 og 2001.



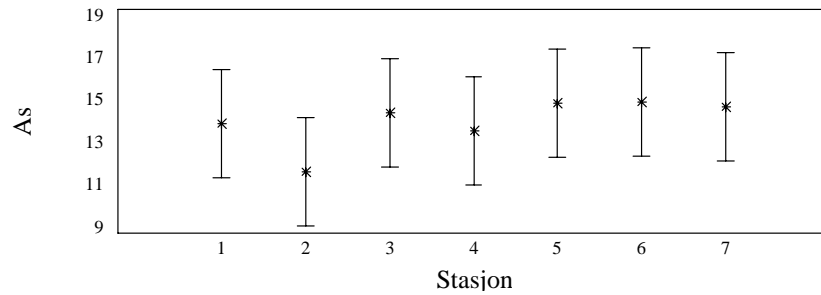
Figur 31. Nikkel i blåskjell (mg/kg, gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplet linje indikerer moderat forurenset tilstand (Molvær *et al.* 1997). Ingen undersøkelser i 1994, 1995 og 1997. B7 kun undersøkt 2000 og 2001.

Vedlegg C. Metaller i sediment 2001

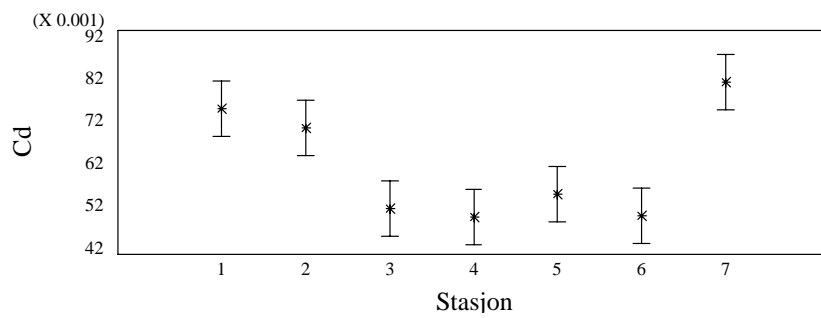
Nedenfor følger en rekke figurer som viser innhold av total organisk karbon (TOC) og metaller i sedimenter utenfor Langøya (stasjon 1-6) og utenfor Mølen (stasjon 7). Metallene normalisert mot innhold av TOC er også vist. TOC (mg/g), metaller (mg/kg tørrvekt).

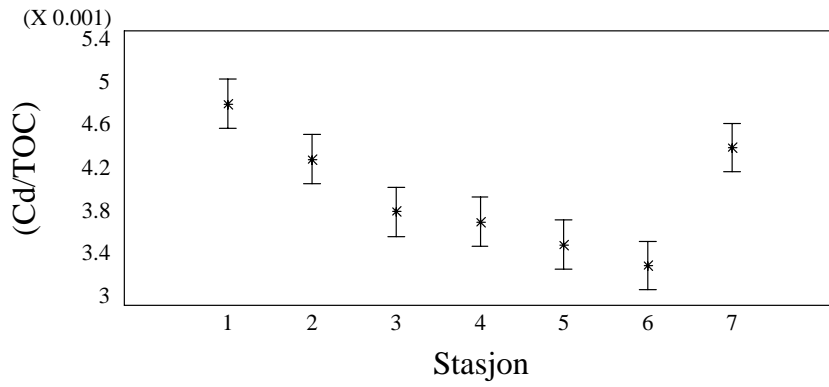


Arsen

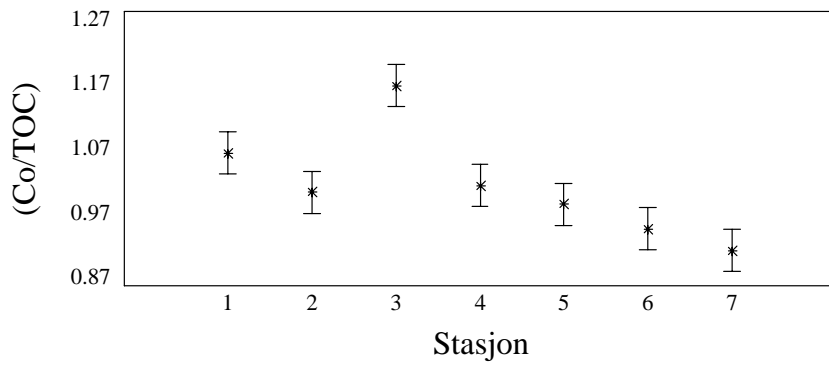
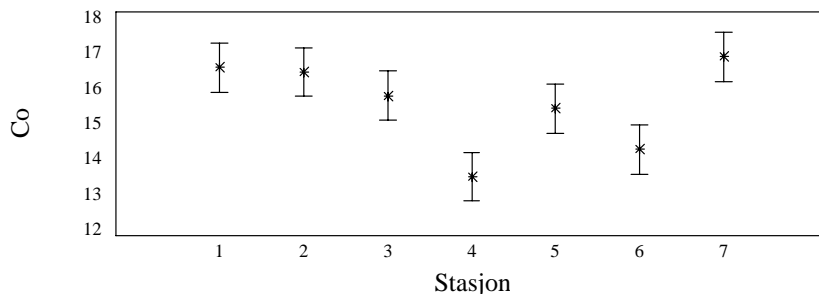


Kadmium

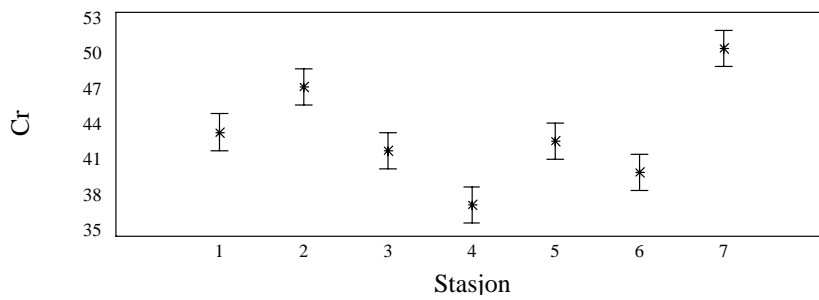


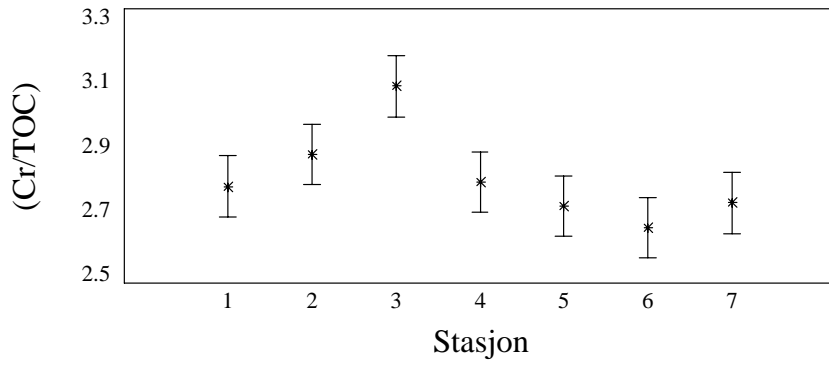


Kobolt

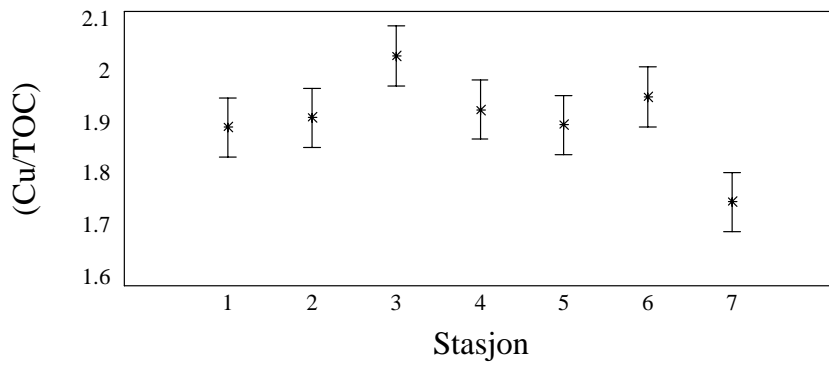
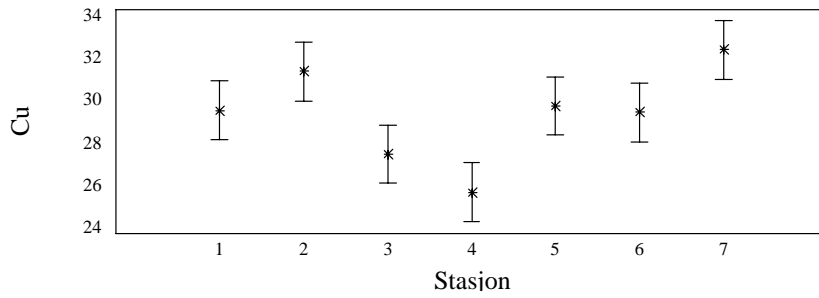


Krom

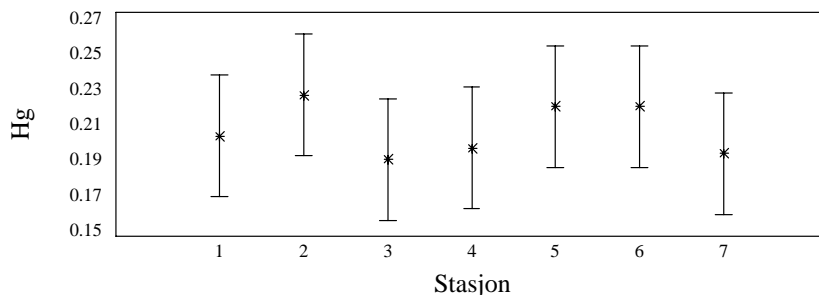




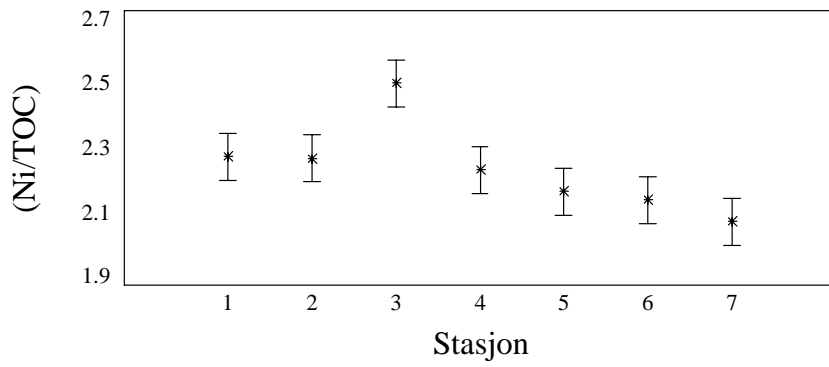
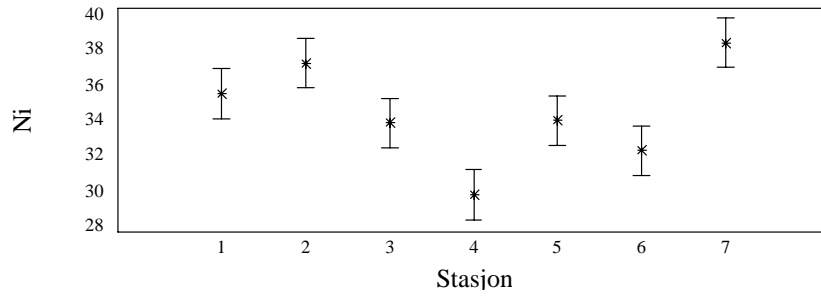
Kobber



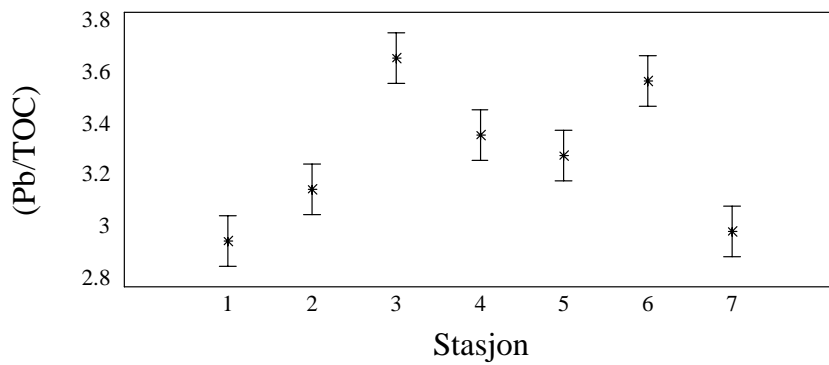
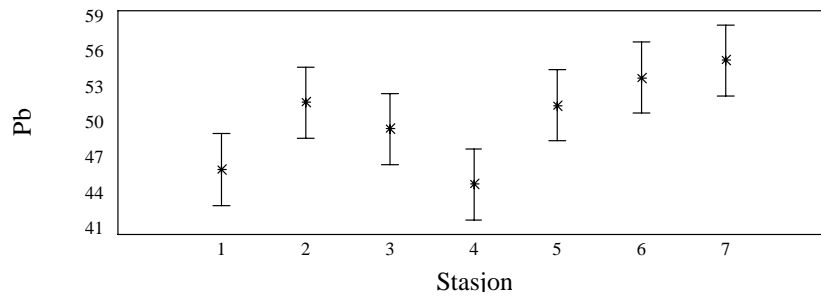
Kvikksølv



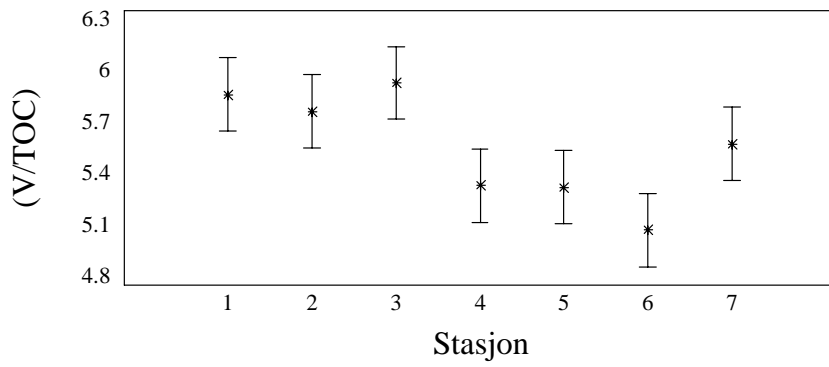
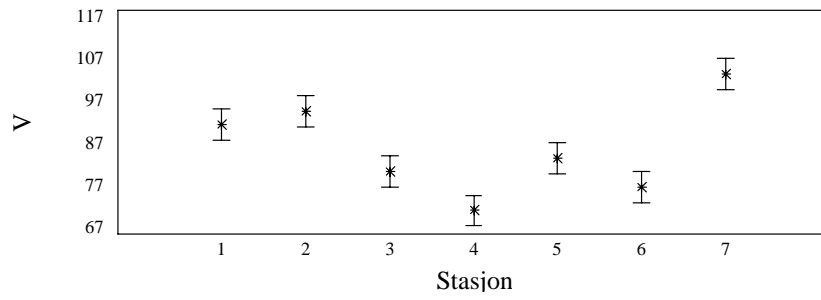
Nikkel



Bly



Vanadium



Sink

