

RAPPORT LNR 3825-98

Overvåking
NOAH-Langøya

Strandsoneregistreringer samt
metaller 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 1
4890 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 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

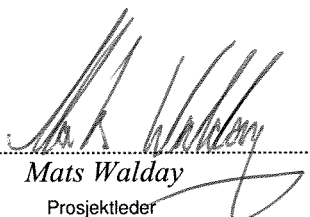
Tittel Overvåking NOAH-Langøya 1997 Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 3825-98	Dato 1998.02.26
	Prosjektnr. Undernr. O-96231	Sider Pris 22
Forfatter(e) Walday, Mats	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk avfallshandtering AS (NOAH)	Oppdragsreferanse Kontrakt K96 013
-------------------------------------------------------	---------------------------------------

Sammendrag

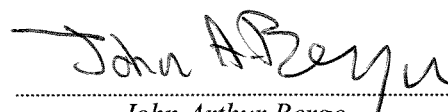
Analysen av metallinnhold i blåskjell fra Langøya har generelt indikert en god miljøtilstand i området. I 1997 ble det imidlertid funnet signifikant høyere verdier av arsen, kadmium, kvikksølv og vanadium enn i 1996. Dette medførte at flere av stasjonene ble klassifisert som moderat forurenset mht. vanadium og arsen. Det var fortsatt overkonsentrasjoner av krom i 1997, men tildels på andre stasjoner enn i 1996. Det har ikke vært mulig å detektere noen klare konsentrasjons-gradienter med økende avstand fra NOAH-Langøyas utslipp, men beregninger av utslippsvannets spredning i resipienten har gitt en bedre forståelse av resultatene. Forekomstene av alger og dyr var normale på de fire strandsonestasjonene. De forskjeller som ble registrert mellom stasjonene kan delvis forklares ut fra naturlige forhold som eksponering og substrat.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Langøya 2. Marin 3. Overvåking 4. Metaller 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Langøya island 2. Marine 3. Monitoring 4. Metals
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Mats Walday
Prosjektleder

ISBN 82-577-3403-9



John Arthur Berge
Forskningsjef (fungerende)

O-96231

Overvåking NOAH-Langøya

Strandsoneregistreringer samt metaller i blåskjell

Forord

Undersøkelsene, som er et ledd i overvåkingen av resipienten utenfor Norsk avfallshandtering A/S (NOAH) anlegg for uorganisk avfall på Langøya, er gjort av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) på oppdrag for NOAH-Langøya. Kontaktpersoner på NOAH ha vært Trygve Sverreson og Jakob Lindstrøm.

Blåskjellinnsamling og strandsoneregistreringer er utført av Frithjof Moy og Mats Walday.

Metallanalysene er utført på NIVAs laboratorium under ledelse av Arne Godal.

Opparbeiding av blåskjell er utført av Tone Jøran Oredalen og Wenche Knudsen.

Resultatene fra referansestasjonen på Mølen er delvis basert på data fra "Joint Assessment and Monitoring Programme" (JAMP; se Green 1997)

Rapporten er forfattet av Mats Walday som også er prosjektleder.

Oslo, 26/2 1998

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
3. Resultater	10
3.1 Metaller i blåskjell	10
3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner	11
3.3 Sammenligning mellom 1994, 1996 og 1997	12
3.4 Strandsoneregistreringer	14
4. Konklusjon	16
5. Referanser	17

Sammendrag

I 1997 undersøkte NIVA, på oppdrag av Norsk avfallshandtering A/S (NOAH), metallinnholdet i blåskjell fra syv stasjoner i området rundt Langøya. Det ble også foretatt registreringer av alger og dyr på fire 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 i 1996 en utvidet undersøkelse (Walday 1997). Resultatene fra de tre undersøkelsene er sammenlignet i den foreliggende rapport.

Analyser av metallinnhold i blåskjell fra Langøya indikerer generelt en god miljøtilstand i området. I 1994 ble det registrert overkonsentrasjoner av bly og arsen, mens det i 1996 kun ble registrert overkonsentrasjoner av krom på de tre stasjonene nærmest utslippet. Konsentrasjonene var generelt lavere i 1996 enn i 1994, signifikant lavere ($p < 0,05$) for metallene kadmium og kvikksølv. I 1997 ble det imidlertid funnet signifikant høyere verdier av arsen, kadmium, kvikksølv og vanadium enn i 1996. Dette medførte at flere av stasjonene nå ble klassifisert som moderat forurenset (se Molvær *et al.* 1997) mht. vanadium og arsen. Det var fortsatt overkonsentrasjoner av krom i 1997, men tildels på andre stasjoner enn i 1996. Det har ikke vært mulig å detektere noen klare konsentrasjons-gradienter med økende avstand fra NOAH-Langøyas utslipp, men beregninger av utslippsvannets spredning i resipienten (Magnusson *et al.* 1997) har gitt en bedre forståelse av resultatene.

Forekomstene av alger og dyr var normale på de fire strandsonestasjonene. De forskjeller som ble registrert mellom stasjonene var ikke påfallende og kan delvis forklares utfra naturlige forhold som eksponering og substrat. I 1997 ble det registrert omtrent det samme antall og kategorier av taxa på stasjonene som i 1996, unntaket på stasjon 2. Økningen i antall taxa på denne stasjonen er imidlertid et resultat av en utvidelse av prøvetakingsområdet.

Summary

Littoral communities and concentrations of metals in blue mussels (*Mytilus edulis*) were investigated by NIVA in 1997 as part of the monitoring programme for the marine recipient outside NOAHs 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 a more comprehensive monitoring was done in 1996 (Walday 1997). Results from the three investigations are compared in this report.

Levels of metals observed in blue mussels generally indicated healthy environmental conditions in the area. In 1994 elevated concentrations of Pb and As was found, while the 1996 investigations only revealed elevated concentrations of 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 Cd and Hg. In 1997 concentrations of As, Cd, Hg and V were significant higher than in 1996. It has not been possible to detect any clear relation between distance from outlet and levels of metals in blue mussels.

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

Title: Monitoring NOAH-Langøya -littoral communities and metals in mussels (*Mytilus edulis*)

Year: 1998

Author: Walday, Mats

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3403-9

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 idag brukes de to gamle bruddene stort sett til avfallshåndtering. Anlegget tar imot de fleste typer uorganisk avfall og håndteringen er konsesjonsbettinget. 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 fra NOAHs avfallsdeponi slippes ut på 15 m dyp på vestsiden av øya, og lasting / lossing av avfall foregår like sør for utslippsområdet. Utslippsvannets pH måles kontinuerlig og det tas hver måned ukesprøver for analyse av bl.a. metallinnhold (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn, Hg, Mg, Sr). Det er gitt tillatelse til utslipp av 100 m³ prosessvann / time. Det er blitt utført beregninger av strømforholdene i området (Magnusson *et al.* 1997).

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 unnsnippe eller flytte til andre områder og at de på den måten reflekterer den lokale belastningen integrert over tid.

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 tilførselene til resipienten samt avsetnings-forholdene. 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 1997, men dette vil bli inkludert i programmet for år 2001.

Ved de tidligere undersøkelser fra området i 1994 og 1996, ble det konkludert at det foregår en tilførsel av metaller fra Langøya til resipienten. Metallinnholdet i blåskjell og sedimenter var imidlertid lavt (Waldy & Helland 1994; Waldy 1997). Det er også stor sansynlighet for at andre kilder enn NOAH-Langøya kan bidra til de forhøyede nivåer som er funnet i sediment og blåskjell.

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

2. Materiale og metoder

Innsamling av blåskjell og strandsoneregistreringer ble gjennomført 21. oktober 1997 i området vest for Langøya, og på Mølen (referansestasjon). Ved utføring av feltarbeidet var det pent vær med en sør-vestlig bris.

Blåskjell ble samlet inn fra de samme 6 stasjoner som i 1994 og 1996, se Figur 1. På hver stasjon ble innsamlet 3 parallelle prøver (à 20 skjell, 4-5 cm lengde). Blåskjell fra referansestasjonen blir samlet inn under et annet program (JAMP, cf. Green 1997). På laboratoriet ble skallengden målt og samlet vekt av bløtdeler for hver stasjon veid, før muslingene ble homogenisert og sendt til analyse. Stasjonsplassering er dokumentert ved fotografering og de fleste posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS (Tabell 1)

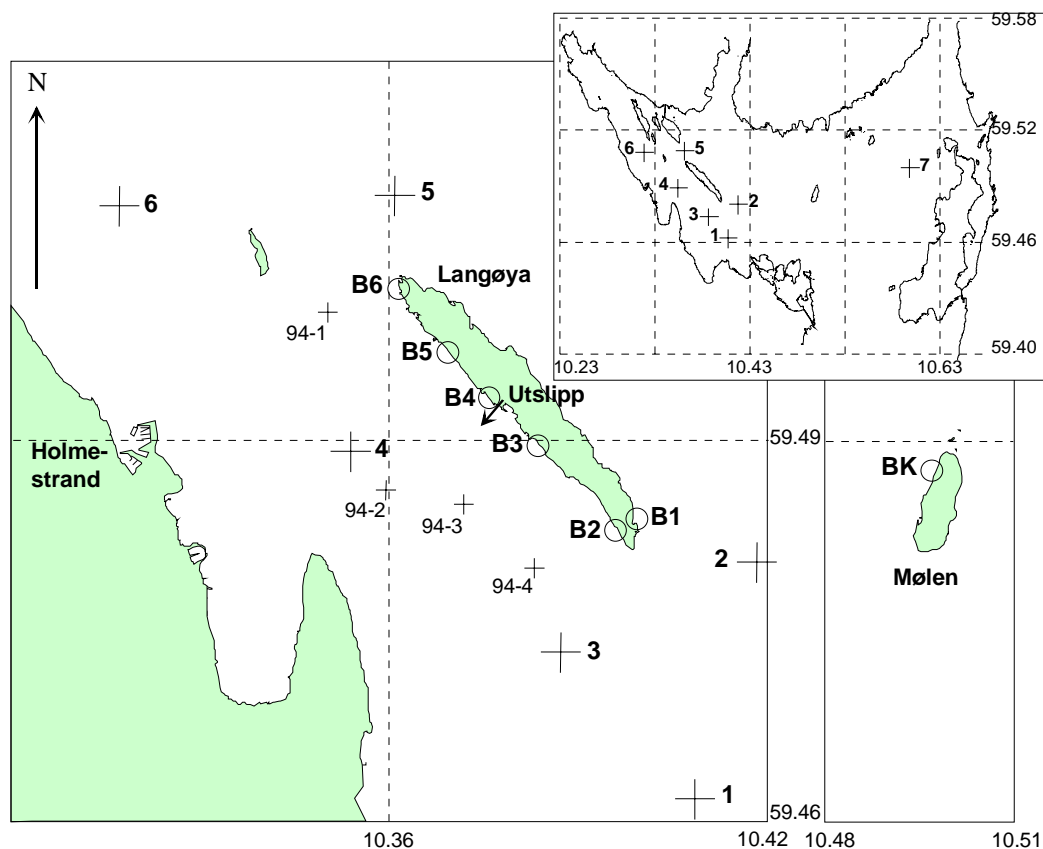
Tabell 1. Longitud og latitud for de 7 stasjoner hvor det ble samlet inn blåskjell og gjennomført strandsoneregistreringer (B2, B3, B6 og BK). Posisjoner er bestemt ved hjelp av GPS. BK er referansestasjonen på Mølen.

Stasjon	Longitud	Latitud
BK	Ø 10° 29.56'	N 59° 28.75'
B1	Ø 10° 24.01'	N 59° 28.98'
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'

Strandsoneregistrering av bunnlevende hardbunnsorganismer ble utført i 0-1m dyp på 4 av blåskjellstasjonene (se Tabell 1). Ved hjelp av snorkling ble alle arter som kunne observeres innenfor en tidsbegrensning på 10 min. notert. Kvantifisering ble gjort subjektivt etter følgende skala: 1 = enkeltfunn, 2 = spredt forekomst, 3 = vanlig forekomst, 4 = dominerende forekomst. Registreringene ble utført av en marin botaniker og en marin zoolog.

Metallene er analysert i henhold til NIVAs akkrediterte metoder, bortsett fra arsen (As) som er analysert etter NIVAs interne metode.

Det er blitt utført variansanalyser for å undersøke om det var noen signifikante forskjeller mellom stasjonene mht. metallnivåer. Statistisk signifikans ble testet på 95%-nivå vha. "Scheffes test" og alle analysene ble utført i programpakken "Statgraphic". De ulike strandsonestasjonene er blitt sammenlignet vha. multivariate analysemetoder i programpakken "Primer", og resultatene er presentert som dendrogrammer (viser graden av likhet/ulikhet mellom stasjonene).



Figur 1. Langøya med plassering av blåskjell- (B) og sedimentstasjoner (1 - 7). Oversiktskartet viser plasseringen av referansestasjonen for sediment (st. 7) i forhold til sedimentstasjonene rundt Langøya. De dype sedimentstasjonene som ble undersøkt i 1994 er merket 94-1, 94-2 osv. BK er referansestasjonen på Mølen. Strandsoneregistreringer ble utført på stasjon BK, B2, B3 og B6. Det ble ikke samlet inn sedimentprøver i 1997.

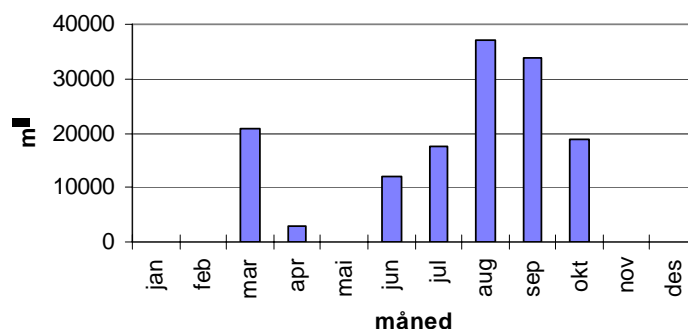
De analyserte miljøgifter blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon, i hovedsak etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Tabell 2). Klasseinndelingen er etter Molvær *et al.* (1997). For kobolt er "antatt høyt bakgrunnsnivå" (Klasse I) vist. For vanadium og kobolt se Knutzen & Skei (1990) samt Konieczny & Brevik (1997). Overskridelser av klasse I nivå tyder på 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 i blåskjell (verdier er i mg/kg, tørrvekt) etter Molvær *et al.* (1997). Kobolt og vanadium etter Knutzen & Skei (1990) og Konieczny & Brevik (1997). Kl. V er ikke vist.

Stoff	Kl. I	Kl. II	Kl. III	Kl. IV
	Ubetydelig-lite forurenset	Moderat forurenset	Markert forurenset	Sterkt forurenset
Kvikksølv	<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	<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

3. Resultater

Til og med oktober var det i 1997 sluppet ut 142.488 m³ prosessvann til fjorden fra anleggene på Langøya (data fra NOAH-Langøya). Dette er omtrent 4 ganger mer enn det som ble sluppet ut i samme periode i 1996. Metallinnholdet i utslippsvannet tilfredstilte de krav som SFT har satt til driften. I august og september ble det imidlertid sluppet ut litt for høye verdier av total-nitrogen, (hhv. 23,7 og 23,0 mg/l) i forhold til SFTs krav om maks. 20 mg/l. Disse overskridelser har ikke hatt noen betydning for de resultater som er presentert i den foreliggende rapport.



Figur 2. Prosessvann (m³) fra utslipp til sjø fra Langøya i 1997. Data fra november og desember var ikke tilgjengelige ved rapportskrivning.

3.1 Metaller i blåskjell

Det var små forskjeller mellom stasjonene mht. skallengde på de analyserte muslingene (vedlegg A). Vekten av bløtdelene var imidlertid signifikant høyere på stasjonene 3, 5 og 6 enn på de øvrige stasjoner.

Det ble ikke funnet spesielt høye nivåer av metaller i blåskjell rundt Langøya i 1997 (Tabell 3). Det var 'moderat forurenset' av vanadium på samtlige stasjoner, av arsen på samtlige unntatt stasjon 3, og av krom på stasjonene 1, 2, 5 og 6. Resultatene fra referansestasjonen på Mølen (BK, 1996-data) bekrefter inntrykket av Langøyaområdet som lite til moderat forurenset av metaller. Generelt var metallnivåene i blåskjell fra Langøya noe høyere i 1997 enn i 1996. Dette kan ha sammenheng med den større mengde prosessvann i 1997. Alle resultater er gitt i vedlegg A.

Tabell 3. Innhold av metallene kadmium (Cd), bly (Pb), vanadium (V), kvikksølv (Hg), arsen (As), kobolt (Co), krom (Cr), og sink (Zn) i mg/kg tørrvekt, samt %-tørrestoff (TS) i blåskjell utenfor Langøya i 1997. Nivåer av metaller. Gjennomsnitt av tre paralleller. Verdier med skravert bakgrunn indikerer "moderat forurenset" (cf. Tabell 2). Referansestasjonen (BK) er 1996-verdier (Green 1997).

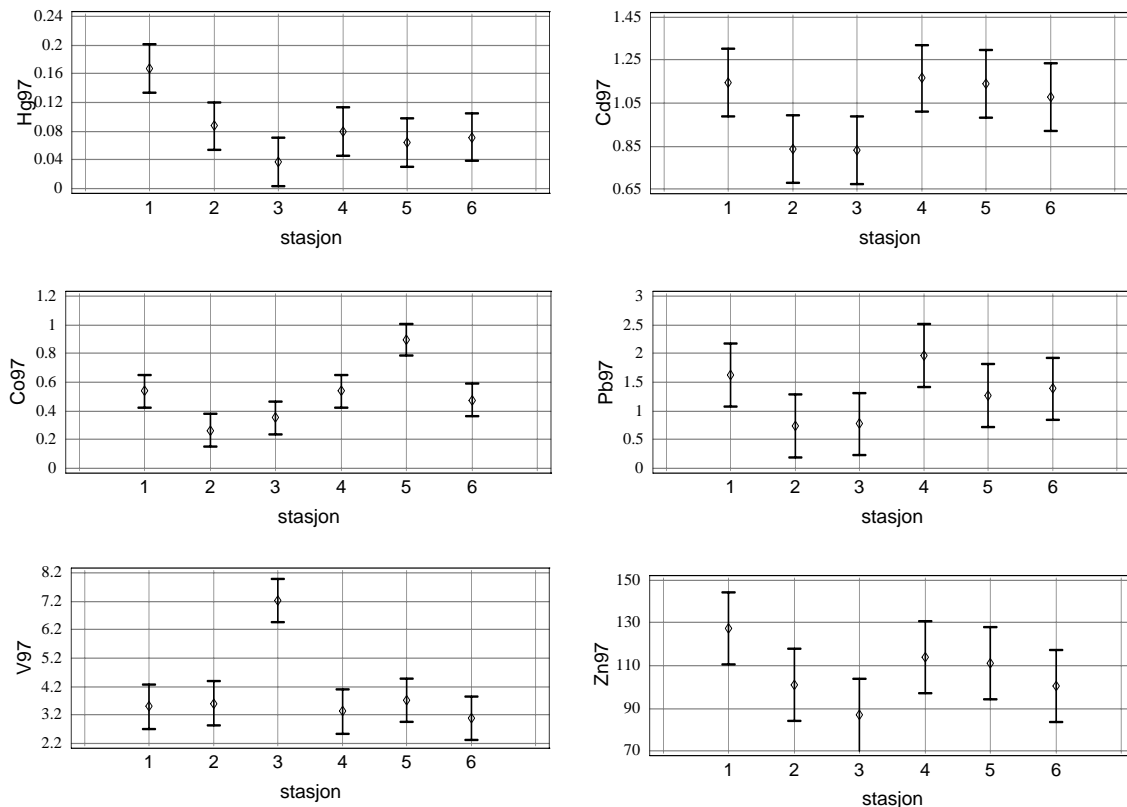
Stasjon:	1	2	3	4	5	6	BK (1996)
Hg	0.17	0.09	0.04	0.08	0.06	0.07	0.04
Cd	1.15	0.84	0.83	1.17	1.14	1.08	0.76
Pb	1.62	0.74	0.78	1.96	1.27	1.39	0.68
As	12.89	16.73	8.80	11.77	11.82	12.84	7.45
Zn	127.47	101.15	86.67	114.02	111.15	100.36	92.66
Cr	4.64	3.47	1.25	2.39	4.16	4.19	0.81
Co	0.54	0.27	0.35	0.54	0.89	0.48	0.45
V	3.50	3.60	7.22	3.32	3.72	3.09	0.80
% TS	12.4	13.8	18.9	13.0	13.4	14.0	

Vanadiumnivåene var i 1997 vesentlig høyere enn de har vært ved de to tidligere undersøkelser, og siden dette var det eneste metall som viste denne utvikling ble det bestemt å re-analysere for vanadium i samtlige prøver. Reanalysen ga samme nivåer som den opprinnelige analysen og det konkluderes derfor med at de rapporterte vanadium-nivåer er de korrekte.

3.2 Gradienter i metallkonsentrasjoner

I det følgende er det sett nærmere på de metaller hvor det ble funnet signifikante konsentrasjonsforskjeller mellom stasjonene i 1997. Dette ble gjort for å undersøke hvorvidt det var konsentrasjonsgradienter i materialet som kunne knyttes til Langøyas utslipp av prosessvann. Undersøkelsene i 1996 kunne ikke påvise slike konsentrasjonsgradienter (Waldy 1997).

Resultatene fra 1997 indikerer ingen direkte sammenhenger mellom metallkonsentrasjon og økende avstand fra utslippet. Det ble funnet signifikante forskjeller mellom blåskjellstasjoner for seks av metallene (Figur 3). For det meste var imidlertid forskjellen mellom stasjonene små. Blåskjellene på stasjon 4, like nord for utslippet, hadde høyere konsentrasjoner av alle metaller (unntatt vanadium) enn stasjon 3 som ligger noen få hundre meter sør for utslippet. Samtidig så var nivåene på stasjon 1, på sørspissen av Langøya, ofte høyere enn på stasjon 3. Dette gjaldt til en viss grad også for stasjonene nord på øya (st. 5 og 6).



Figur 3. Kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), kobolt (Co), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn) i blåskjell fra Langøya i 1997 (mg/kg tørrvekt). De to øvrige metaller, krom (Cr) og arsen (As), viste ikke signifikante forskjeller mellom stasjonene (se vedlegg A). Gjennomsnittsverdier med Scheffes 95%-intervall er vist. Ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller ($p < 0,05$).

3.3 Sammenligning mellom 1994, 1996 og 1997

Det blir her sett nærmere på resipientens tilstand mht. de metaller som er analysert i blåskjellene ved flere enn én anledning (Figur 4). Blant de analyserte metaller så regnes kadmium, bly og kvikksølv for å utgjøre et betydelig miljøproblem på nasjonal basis (SFT 1993).

Undersøkelsene i 1994 påviste en tilførsel av *arsen*, *vanadium*, *bly* og *kadmium* fra Langøya til resipienten, men metallinnholdet i blåskjell og sediment var generelt lavt og tilstanden varierte mellom ubetydelig/lite til moderat forurenset på de ulike stasjonene (Walday & Helland 1994). Det ble ikke analysert på krom, kobolt og sink i 1994. I 1996 var nivåene i blåskjell blitt enda noe lavere og det var kun *krom* som viste forhøyede nivåer på tre av stasjonene (Walday 1997). For sedimenter var tilstanden som ventet tilnærmet uendret mellom de to undersøkelser.

Det ble funnet forhøyede nivåer av *arsen* i blåskjell på stasjon 6 og fra utslippsområdet (st.4) i 1994. Konsentrasjonene var blitt lavere i 1996 og tilstanden kunne generelt klassifiseres som lite til ubetydelig forurenset. I 1997 var imidlertid samtlige stasjoner, unntatt stasjon 3 like sør for utslippet, moderat forurenset av *arsen*.

Tilstanden mht. *vanadium* var ubetydelig/lite forurenset i 1994 og 1996. Det var stasjon 4 (ved utslippet) som hadde de høyeste konsentrasjonene begge årene. I 1997 var konsentrasjonene av vanadium signifikant høyere enn i 1996, og samtlige stasjoner var nå moderat forurenset. På stasjon 3 sør for utslippet var verdiene vesentlig mye høyere enn på de øvrige stasjonene. Det kan se ut som om en har/ har hatt en tilførsel av vanadium til sjøen som har begrenset seg til området ved stasjon 3, som ligger like ved kaianlegget for lossing av spesialavfall. Vanadium (ferrovanadium) brukes i stålproduksjon og er tilstede i relativt høye konsentrasjoner i fossile brensler. Flyveaske fra oljefyrt kraftverk kan bestå av opptil 70% V_2O_5 . Fra den nederlandske kyst er det registrert økte vanadium-nivåer i sedimenter i forbindelse med dumping av avfall fra titanproduksjon; bl.a. fra Kronos-Titan's fabrikk i Tyskland (Spaans 1987). Forhøyede nivåer i sedimenter og muslinger er også blitt relatert til skipstrafikk (Mackey *et al.* 1996, med referanser). Overvåkingen av prosessvannet fra anlegget på Langøya har vist liten tilførsel av vanadium til resipienten i 1997. En kan derfor anta at andre kilder enn prosessvannet er årsak til de forhøyede verdier som ble registrert i blåskjell, og at tilførselen må skyldes aktiviteter som foregår i nærheten av stasjon 3.

Det ble registrert en signifikant reduksjon i *bly*-innhold i blåskjell på samtlige stasjoner mellom 1994 og 1996 (Walday 1997). Stasjon 1 hadde de høyeste konsentrasjonene i 1994 (moderat forurenset), mens de i 1996 var nede på bakgrunnsnivå. Blåskjellene fra utslippsområdet (st. 4) hadde de høyeste verdiene i 1996, men også her kan tilstanden betegnes som god. Det var ingen tydelige endringer i blynivåer mellom 1996 og 1997.

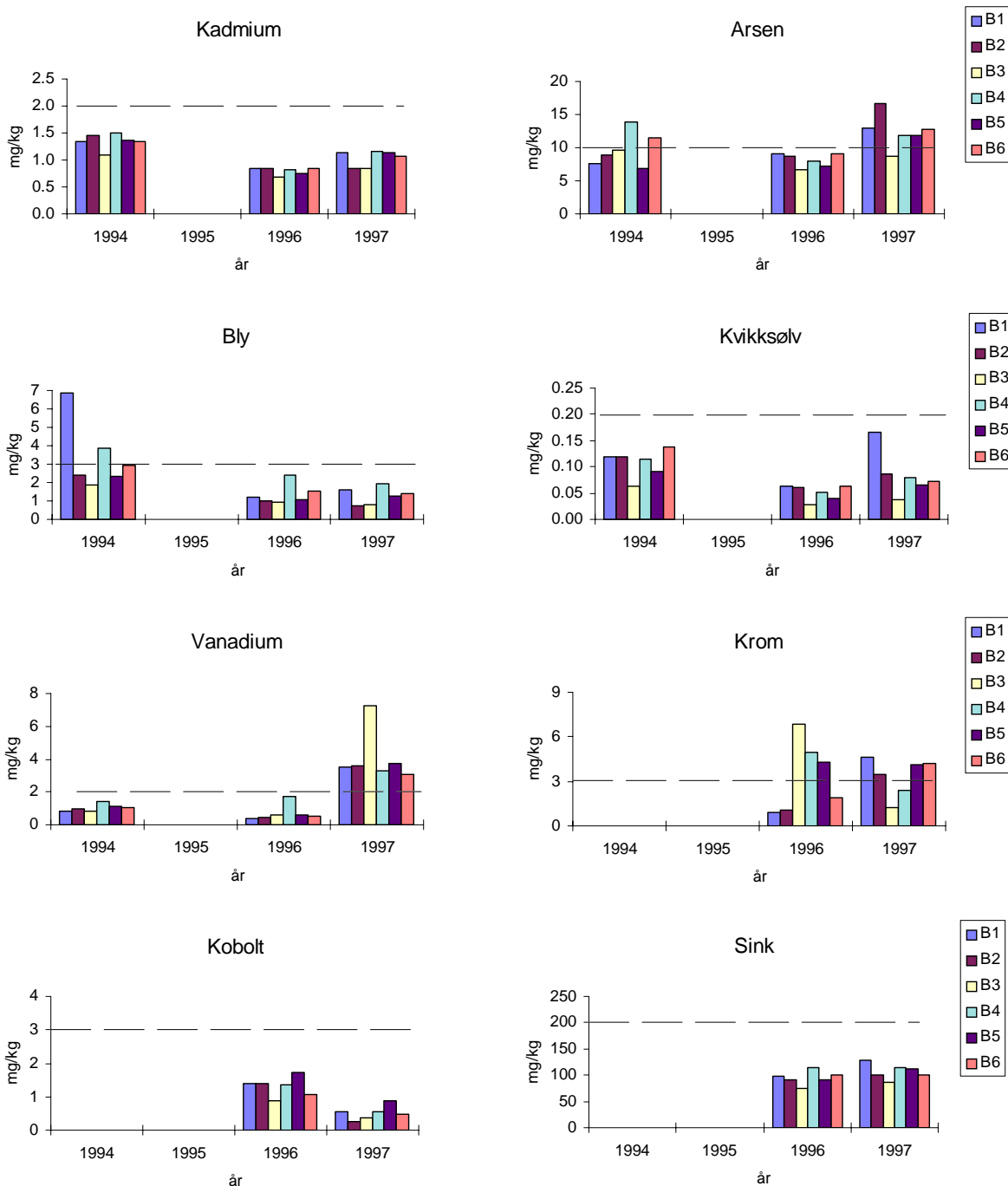
Kadmium-konsentrasjonene har generelt vært lave i blåskjell fra området. Samtlige stasjoner hadde lavere nivåer i 1996 enn i 1994 (Figur 4) og nedgangen var signifikant (Walday 1997). I 1997 hadde det vært en økning kadmiuminnhold sammenlignet med 1996, men tilstanden i resipienten kan fortsatt betegnes som god.

Krom ble ikke undersøkt i 1994, men de påfølgende undersøkelser har vist at blåskjellene på flere av stasjonene er moderat forurenset av dette metall.

Blåskjellene har i hele undersøkelsesperioden vært ubetydelig/lite forurenset av *kvikksølv*. Stasjon 1, sør på Langøya, hadde imidlertid i 1997 de høyeste konsentrasjoner som er registrert i blåskjell fra området.

Kobolt og *sink* er begge metaller som kun er registrert på bakgrunnsnivå i blåskjell fra Langøya.

Metallnivåer i blåskjell gir et forurensningsbilde med et kortere tidsperspektiv enn metallnivåer i sedimenter. I tillegg avspeiler de hovedsakelig forurensningssituasjonen i de øvre vannmasser. Med bakgrunn i disse forhold så indikerer resultatene at metallpåvirkningen (i hvert fall i de øvre vannmasser) har vært større i 1997 enn i 1996. Dette kan ha sammenheng med at det ble sluppet ut ca. fire ganger mer prosessvann i tiden før prøvetakingen i 1997 enn i tilsvarende periode i 1996.



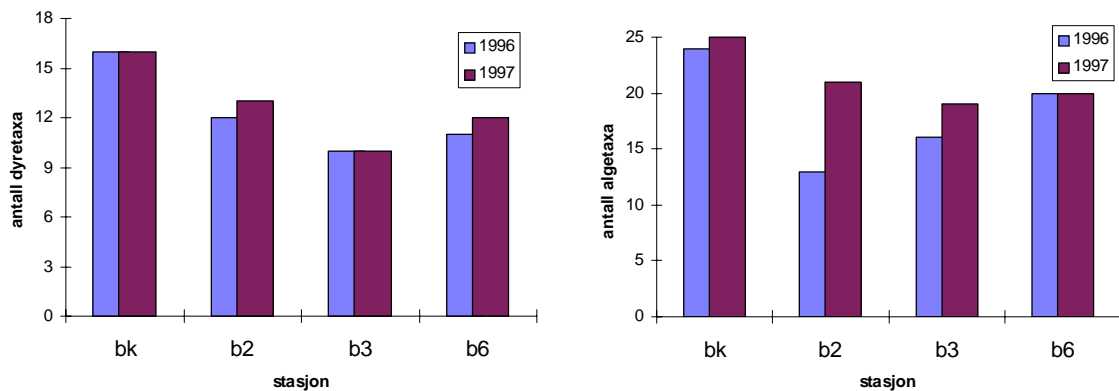
Figur 4. Metaller i blåskjell (gjennomsnitt av tre paralleller) fra samtlige stasjoner på Langøya. Nivåer over stiplet linje indikerer "moderat forurenset" tilstand (Molvær *et al.* 1997). Kobolt, sink og krom ble ikke analysert i 1994.

Det ble for det meste funnet høyere metallinnhold i blåskjell like nord for utslippet (st. 4) enn i skjell like sør for utslippet (st. 3). Lignende forhold ble også registrert i 1994 og 1996. Sprednings- og

innlagersberegninger av utslippsvannet fra NOAH-Langøya har vist at meteorologiske forhold (vindstyrke og -retning samt vannføring i Drammenselva) har en avgjørende påvirkning på influensområdet til utslippsvannet (Magnusson *et al.* 1997). Beregningene indikerer at en spredning nordover, med størst påvirkning av stasjon 4 og 5, vil være relativt vanlig i de perioder av året en normalt har de største utslippene av prosessvann. Stasjon 1, sørøst på øya, er sannsynligvis mer påvirket av vann fra Drammensfjorden enn av NOAH-Langøyas utslippsvann.

3.4 Strandsoneregistreringer

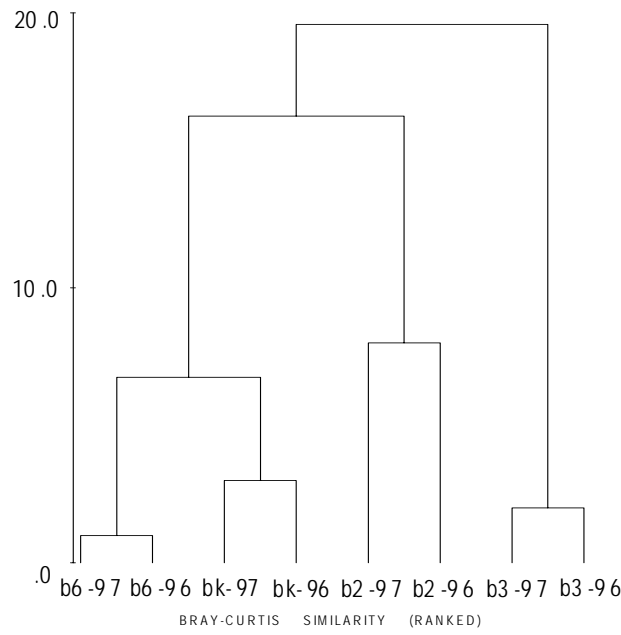
Det ble tilsammen registrert 23 dyre- og 33 algetaxa i strandsonen på de fire stasjonene i 1997. Fordelingen av taxa på dyr og alger er vist i Figur 5. Artslister er gitt i Vedlegg B. Referansestasjonen på Mølen (BK) hadde den største artsrikdommen med hhv. og 16 dyre- og 25 algearter. De tre stasjonene på Langøya var noe fattigere, uten at dette var påfallende. Antall taxa var omtrent de samme som i 1996, bortsett fra på stasjon 2 hvor det har vært en markert økning; særlig blant algene (Figur 5). Denne endring skyldes at det fra og med 1997 også blir utført registreringer på moloen ved stasjonen.



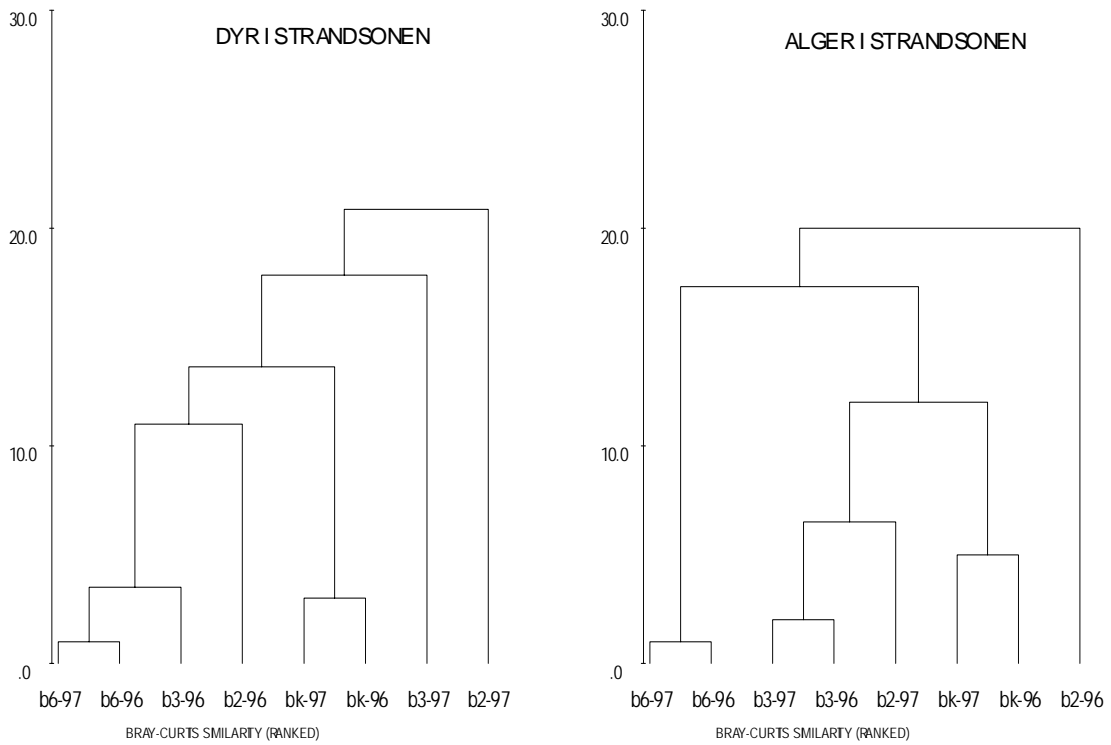
Figur 5. Antall taxa av dyr og alger på de fire strandsonestasjonene i 1996 og 1997. BK er referansestasjonen på Mølen.

Dendrogrammet i Figur 6 viser at forandringen i artssammensetning av alger og dyr mellom 1996 og 1997 har vært størst på stasjon 2. På de øvrige stasjoner var det små endringer mellom årene.

På stasjon 3 har det vært en økning i rur-bestanden fra 'spredt til 'dominerende', samtidig som det har vært en reduksjon i forekomst av blåskjell fra 'dominerende' til 'vanlig' fra 1996 til 1997. Dette er hovedårsaken til ulikheten mellom disse årene på denne stasjon (Figur 7). For algenes del var det små endringer i artssammensetning på stasjon 3, noe som også vises i Figur 6 hvor alger og dyr er slått sammen; dvs. dyr har liten påvirkning i forhold til alger.



Figur 6. Bray-Curtis likhetsanalyse av strandsoneregistreringene (alle organismer) i 1996 og -97.



Figur 7. Bray-Curtis likhetsanalyse av strandsoneregistreringene i 1996 og -97; dyr og alger presentert hver for seg.

4. Konklusjon

- Resipienten kan, i henhold til SFTs klassifiseringssystem (Molvær *et al.* 1997), generelt betegnes som ubetydelig/lite til moderat forurenset av metaller. Nivåene i blåskjell var generelt noe høyere i 1997 enn i 1996, hvilket kan ha sammenheng med et betydelig større utslipp av prosessvann i 1997.
- Blant de undersøkte metaller var det vanadium, arsen og krom som viste konsentrasjoner i blåskjell som kan betegnes som moderat forurenset.
- Det har ikke vært mulig å detektere noen klare forhold mellom metallkonsentrasjoner i blåskjell og avstand fra NOAH-Langøyas utslipp. Det er imidlertid sannsynlig at en del av de konsentrasjonsforskjeller en har registrert mellom stasjoner kan forklares utfra lokale strømforhold, samt spredning av utslippsvannet fra NOAH-Langøya (se Magnusson *et al.* 1997). Det antas at de forhøyede vanadium-verdier på stasjon 3 kan knyttes til aktiviteter i nærområdet til denne stasjon, f.eks lossing/håndtering av avfall.
- Ulikhetene i flora- og faunasammensetning mellom de fire strandsonestasjonene kan til en stor grad forklares utfra naturlige forhold. Endringene fra 1996 til -97 har vært små og indikerer ikke noen unaturlige påvirkningsforhold.

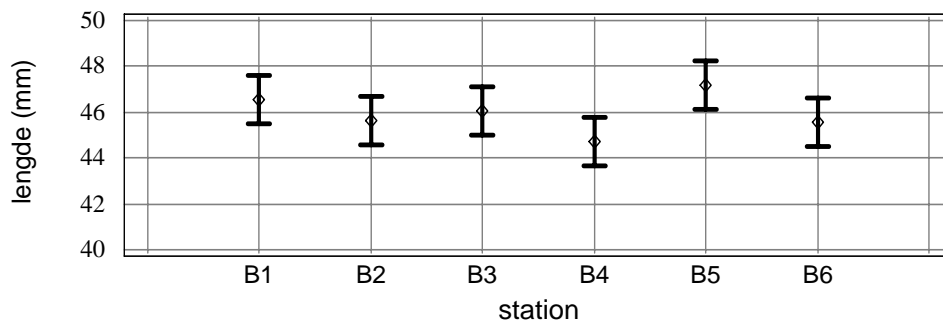
5. Referanser

- Green, N.W., 1997. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP) Comments to the Norwegian Data for 1995. Norwegian State Pollution Control Authority, Monitoring report no. 716/97 TA no. 1489/1997. Norwegian Institute for Water Research project 80106, report number 3730-97, 129 pp.. ISBN number 82-577-3299-0.
- 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.
- Mackey E.A., Becker P.R., Demiralp R., Greenberg R.R., Koster B.J. & S.A. Wise. 1996. Bioaccumulation of Vanadium and Other Trace Metals in Livers of Alaskan Cetaceans and Pinnipeds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 30: 503-512.
- Magnusson J., Hackett B. & Ø. Sætra. 1997. Vurdering av utslippsforholdene ved Langøya, Breiangen. 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.
- SFT, 1993. Miljøgifter i Norge. SFT-rapport nr. 93:22. 115 s.
- Spaans L. 1987. The Dutch Monitoring Programme on TiO₂ Acid Waste Discharges. *Mar. Poll. Bull.* 7: 407-412.
- 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.

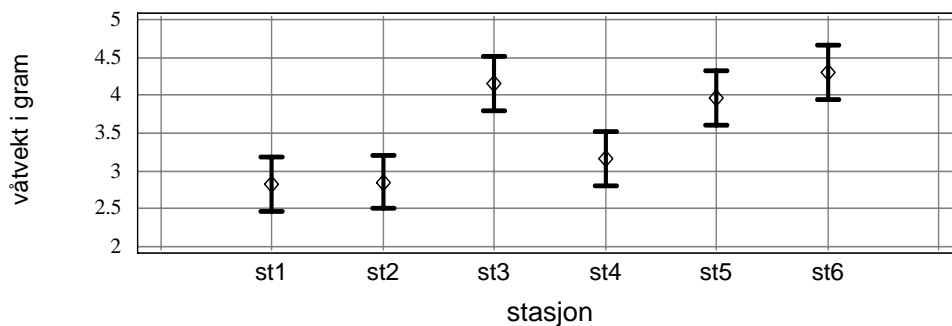
Vedlegg A.

Tabell 4. Gjennomsnittlig lengde (mm) med varians og standardavvik for blåskjell fra de 6 stasjonene utenfor Langøya.

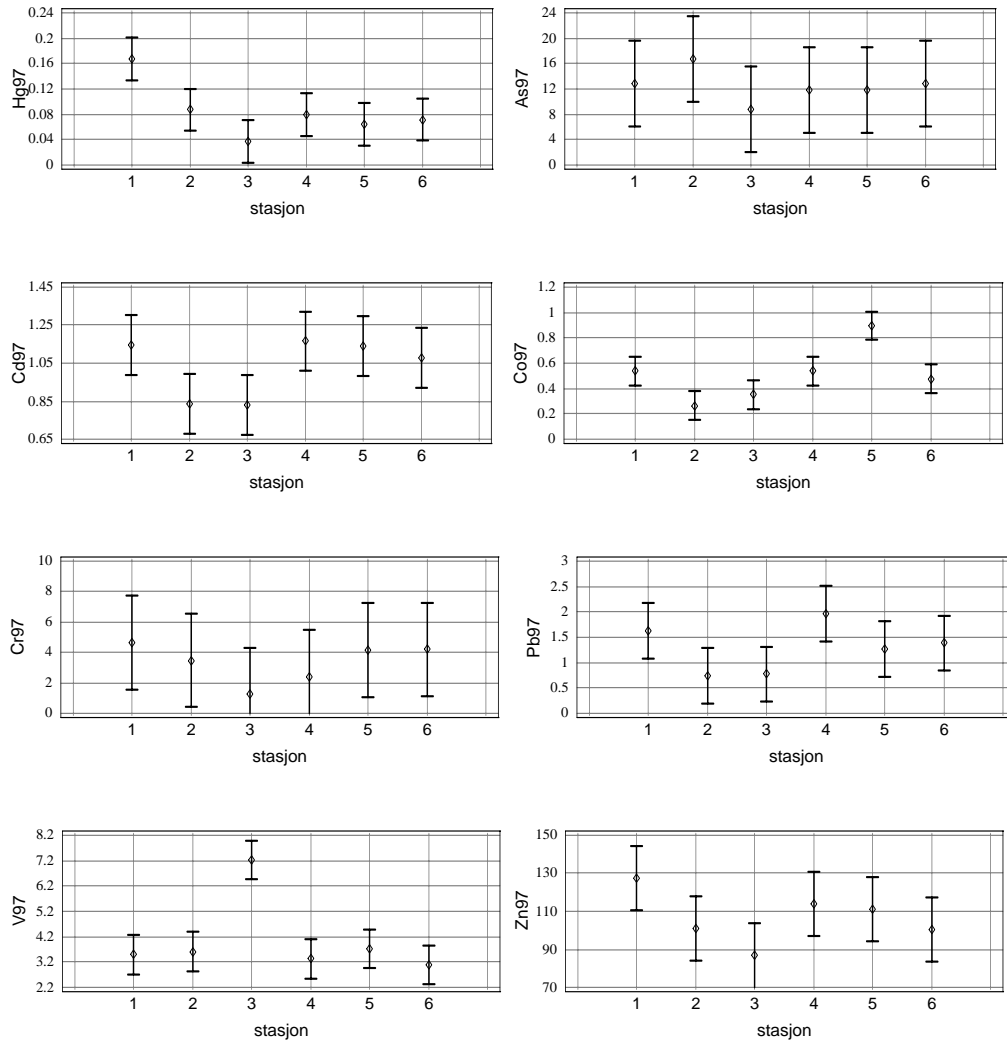
Stasjon	Antall	Gjennomsn.	Varians	Standardavvik	Minimum	Maksimum
B1	60	46.57	17.6734	4.20398	40.0	58.0
B2	60	45.63	8.84633	2.97428	40.0	52.0
B3	60	46.05	15.9805	3.99756	40.0	56.0
B4	60	44.70	6.72203	2.59269	40.0	49.0
B5	60	47.15	15.1466	3.89186	40.0	54.0
B6	60	45.53	6.69379	2.58724	40.0	49.0



Figur 8. Gjennomsnittlig lengde i mm ($n=60$) med Scheffe-intervall for blåskjell fra de 6 stasjonene utenfor Langøya. Ikke-overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller ($p<0,05$).



Figur 9. Gjennomsnittlig våttvekt i gram (gjennomsnitt av de tre paralleller) med Scheffe-intervall for blåskjell (bløtdeler) fra de 6 stasjonene utenfor Langøya. Ikke-overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller ($p<0,05$).



Figur 10. Kvikksølv (Hg), arsen (As), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn) i blåskjell fra Langøya i oktober 1997 (mg/kg tørrvekt). Gjennomsnittsverdier med Scheffes 95%-intervall er vist. Ikke overlappende intervall indikerer signifikante forskjeller.

Tabell 5. Blåskjell fra Langøya, oktober 1997. Konsentrasjoner av metaller ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt) fra samtlige prøver.

	B1	B1	B1	B2	B2	B2	B3	B3	B3	B4	B4	B4	B5	B5	B5	B6	B6	B6
As	18.25	10.32	10.08	15.86	15.71	18.60	11.11	6.56	8.72	8.33	12.80	14.18	17.99	7.46	10.00	7.35	11.89	19.29
Cd	1.14	1.13	1.17	0.72	0.81	0.97	0.80	0.90	0.79	1.13	1.05	1.32	1.09	1.21	1.12	1.16	0.94	1.13
Co	0.56	0.63	0.42	0.21	0.36	0.23	0.32	0.38	0.36	0.53	0.56	0.52	0.79	0.97	0.92	0.44	0.49	0.50
Cr	9.84	2.06	2.02	3.03	4.43	2.95	1.06	1.48	1.23	2.05	2.88	2.24	3.38	4.63	4.46	3.68	4.41	4.50
Hg	0.22	0.13	0.14	0.08	0.09	0.09	0.04	0.04	0.04	0.07	0.09	0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.08
Pb	1.03	1.83	2.02	1.10	0.50	0.62	0.53	0.98	0.82	2.05	1.60	2.24	0.94	1.49	1.38	1.47	1.12	1.57
V	3.97	3.17	3.36	4.14	3.57	3.10	6.88	7.10	7.69	3.79	3.20	2.99	3.60	3.73	3.85	2.21	3.50	3.57
Zn	109.52	132.54	140.34	100.69	95.00	107.75	82.54	92.35	85.13	121.97	99.20	120.90	100.72	111.19	121.54	109.56	95.80	95.71

Vedlegg B.

Tabell 6. Dyretaxa og deres forekomst (1=enkeltpfunn, 2=spredt, 3=vanlig, 4=dominerende) ned til ca. 1m dyp på de fire strandsonestasjonene i oktober 1997. BK er kontrollstasjonen på Mølen.

TAXA	NORSKT NAVN	KATEGORI	BK	B2	B3	B6
<i>Mytilus edulis</i>	Blåskjell	Musling	3	3	3	3
<i>Littorina littorea</i>	Strandsnegl	Snegl	3	3	2	3
<i>Actiniaria</i> indet.	Sjørose	Nesledyr	3			
<i>Asterias rubens</i>	Korstroll	Pigghud	2	2	2	2
<i>Electra pilosa</i>		Mosdyr	3	2	3	3
<i>Dynamena pumila</i>		Nesledyr	2			
<i>Balanus balanoides</i>	Rur	Krepsdyr	2	3	4	3
<i>Asterias rubens</i> juvenil	Korstroll	Pigghud	2	1	2	2
<i>Metridium senile</i> , var. <i>pallidum</i>	Sjønellik	Nesledyr	2			1
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabbe	Krepsdyr	2	2		2
<i>Littorina obtusata</i>	Butt strandsnegl	Snegl	1			
<i>Laomedea geniculata</i>		Nesledyr	2	1	3	2
<i>Littorina saxatilis</i>		Snegl	2			
<i>Membranipora membranacea</i>		Mosdyr	2		1	1
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>		Mosdyr	2	2		2
<i>Spirorbis borealis</i>	Posthornmark	Mangebørstemark		2		
<i>Ciona intestinalis</i>		Sekkedyr		2		
cf. <i>Halichondria panicea</i>	Brødsvamp	Svamp		1		
<i>Hydroida</i> indet.		Nesledyr		2		
<i>Psammechinus miliaris</i>		Pigghud			1	
Evertebrat eggmasse (båndf.)		Snegl				1
<i>Campanularia johnstoni</i>		Nesledyr	1			
<i>Campanularia integra</i>		Nesledyr			2	

Tabell 7. Algetaxa og deres forekomst (1=enkeltpunn, 2=spredt, 3=vanlig, 4=dominerende) ned til ca. 1m dyp på de fire strandsonestasjonene i oktober 1997. BK er kontrollstasjonen på Mølen.

TAXA	NORSKT NAVN	KLASSE	BK	B2	B3	B6
Cyanophyceae. indet		bløgrønnalge	2	2	3	1
<i>Spirulina subsalsa</i>		bløgrønnalge		2	3	
diatome-kjede på fjell		kiselalge		3	2	2
Brunt på fjell - mørkt		brunalge	2	3		
<i>Ectocarpus</i> sp.		brunalge	2		3	
<i>Elachista fucicola</i>	tanglo	brunalge	2		2	
<i>Fucus evanescens</i>	gjelvtang	brunalge	3	4	3	2
<i>Fucus</i> juv.	juvenil tang	brunalge	2	2	2	2
<i>Fucus serratus</i>	sagtang	brunalge	4	4	4	4
<i>Fucus spiralis</i>	spiraltang	brunalge		3		4
<i>Fucus vesiculosus</i>	blæretang	brunalge	3	4	2	3
<i>Pilayella littoralis</i>	perlesli	brunalge	2			
<i>Ralfsia</i> sp.	fjæreskorpe	brunalge	3	2	3	3
<i>Cladophora</i> sp.	grønndusk	grønnalge	1	3	2	
<i>Cladophora rupestris</i>	vanl. grønndusk	grønnalge				2
<i>Enteromorpha</i> sp.	tarmgrønnske	grønnalge	3	2	3	1
Grønt på fjell		grønnalge	4	2	2	
<i>Rhizoclonium implexum</i>	krypstråd	grønnalge	1			
<i>Ulothrix/Urospora</i>	grønnhår/grønnsli	grønnalge	2	2	2	2
<i>Ulva lactuca</i>	havsalat	grønnalge	2			
<i>Ahnfeltia plicata</i>	sjøris	rødalge	3	2		2
<i>Callithamnion corymbosum</i>	gaffelgr. havpyrd	rødalge	3	1	2	
<i>Ceramium rubrum</i>	vanl. rekeklo	rødalge	1			
<i>Ceramium strictum</i>	tynn rekeklo	rødalge	4	2	3	
<i>Chondrus crispus</i>	krusflik	rødalge	3	2	2	3
<i>Dumontia contorta</i>	bendelsleipe	rødalge	2	1		2
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	svartkluft	rødalge	2	2		3
<i>Hildenbrandia rubra</i>	fjæreblood	rødalge	3	2	2	3
<i>Cruoria pellita</i>	sleipfleck	rødalge				2
cf. <i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	krusblekke	rødalge	2			
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	svartdokke	rødalge	3	2	2	2
<i>Polysiphonia violacea</i>	tangdokke	rødalge	1		2	3
<i>Rhodomela confervoides</i>				1		
<i>Polyides rotundus</i>	rødkluft	rødalge	1			1
<i>Porphyra</i> sp.					2	
<i>Zostera marina</i>		frøplante		2		3