

RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

**Anne Helene S. Tandberg og Øyvind Fridtjov Tvedten**

**Miljøundersøkelse ved kloakk- og  
sigevannsutslipp i Veavågen, Karmøy  
kommune**

Rapport RF – 2003/066

Prosjektnummer: 7151646  
Prosjektets tittel: Resipientundersøkelse i sjøen utenfor  
Borgaredalen fyllplass  
Kvalitetssikrer: Asbjørn Bergheim  
Oppdragsgiver: Karmøy kommune, Teknisk etat  
ISBN: 82-490-0238-5

## **Forord**

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Karmøy kommune, teknisk etat. Rapporten skal blant annet brukes til å vurdere miljøkonsekvensene av sigevannsutslipp fra Borgaredalen avfallsplass, samt i planleggingen av nytt utløp for kommunalt avløpsvann i det samme området. Elin Olsgård har vært kontaktperson hos Karmøy kommune i forbindelse med oppdraget. Vi takker for godt samarbeid.

Feltarbeid ble utført av Øyvind F. Tvedten og Hege M. Svalheim fra RF. M/S Risøygutt ble innleid til prøveinnsamlingen. Kaptein E. Bakkevik takkes for hjelpen under feltarbeidet.

Anne Helene S. Tandberg og Øyvind F. Tvedten har skrevet rapporten og bearbeidet analyseresultatene.

Asbjørn Bergheim har vært kvalitetssikrer.

Vi takker også RF-Miljølab, Miljø-kjemi, og NIVA for analyser.

Stavanger, 17. mars 2003

Øyvind F. Tvedten, prosjektleder

## Innhold

1	INNLEDNING.....	1
2	MATERIALE OG METODER .....	1
2.1	Områdebeskrivelse .....	1
2.2	Innsamlingsprogram og metoder .....	2
2.2.1	Bakgrunn og valg av prøveparametre og stasjoner .....	2
2.2.2	Sjøvannsprøver .....	4
2.2.3	Bunnprøver .....	4
2.3	Analyser.....	6
2.3.1	Vann .....	6
2.3.1.1	Oksygen .....	6
2.3.2	Sediment.....	6
2.3.2.1	Totalt organisk karbon og nitrogen.....	6
2.3.2.2	Partikkelstørrelse og organisk innhold (glødetap) .....	6
2.3.2.3	Organiske miljøgifter .....	6
2.3.2.4	Metaller .....	7
2.3.2.5	Bunnfauna .....	7
2.4	SFTs klassifiseringssystem av miljøkvalitet.....	10
3	RESULTATER OG DISKUSJON .....	12
3.1	Hydrografi og vannkjemi.....	12
3.2	Bunnprøver .....	13
3.2.1	Kornstørrelse, organisk innhold, metaller og miljøgifter .....	13
3.2.2	Bunndyr .....	16
4	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON .....	19
5	REFERANSER .....	20
6	VEDLEGGSOVERSIKT.....	22

# 1 Innledning

Dette prosjektet omhandler en resipientundersøkelse av ytre deler av Veavågen, vestre Karmøy. Undersøkelsen er igangsatt for å vurdere eventuelle effekter av sigevannsutslipp fra Borgaredalen avfallsplass, samt å gi en miljøstatus av området, blant annet i forbindelse med kloakkomlegging.

Borgaredalen fyllplass har utslipp av sigevann til sjø. Fyllplassen ble opprettet i 1987 og mottar sortert avfall fra 36 000 innbyggere. I utslippstillatelsen fra Fylkesmannen er det satt fram krav om at resipientforholdene skal undersøkes. Utslippsledningen fra fyllplassen munner ut på 30 m dyp ved Jo-Jomfruene langt ute i Veavågen. Se Figur 1 for kart over Veavågen.

Dagens hovedutslipp for kloakk munner ut utenfor moloen i Veavågen. I henhold til hovedplanen for avløp skal all kloakk (ca 5300 pe dvs. 7900 personer) i dette området føres i ett utslipp innen 2004. Utslippspunktet er markert på kartet på Figur 2.

Programmet for undersøkelsen ble utarbeidet av RF. Undersøkelsen omfatter målinger av hydrografi (siktedyp, temperatur og saltholdighet) og oksygeninnhold i vannsøyle og bunnvann. I tillegg er det tatt bunnprøver for måling av miljøgifter, organisk innhold og bunndyr. Resultatene vurderes opp mot SFT veileder 97:03 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (Molvær m.fl. 1997).

Etter det vi kjenner til er det ikke gjort lignende resipientundersøkelser ved dette utslippet tidligere. Det er imidlertid gjort flere miljøundersøkelser lenger inne i Veavågen og blant annet målt metallinnhold i kamskjell (Klyve m.fl. 1999, Klyve og Bøe 2000, Monsen 2000).

## 2 Materiale og metoder

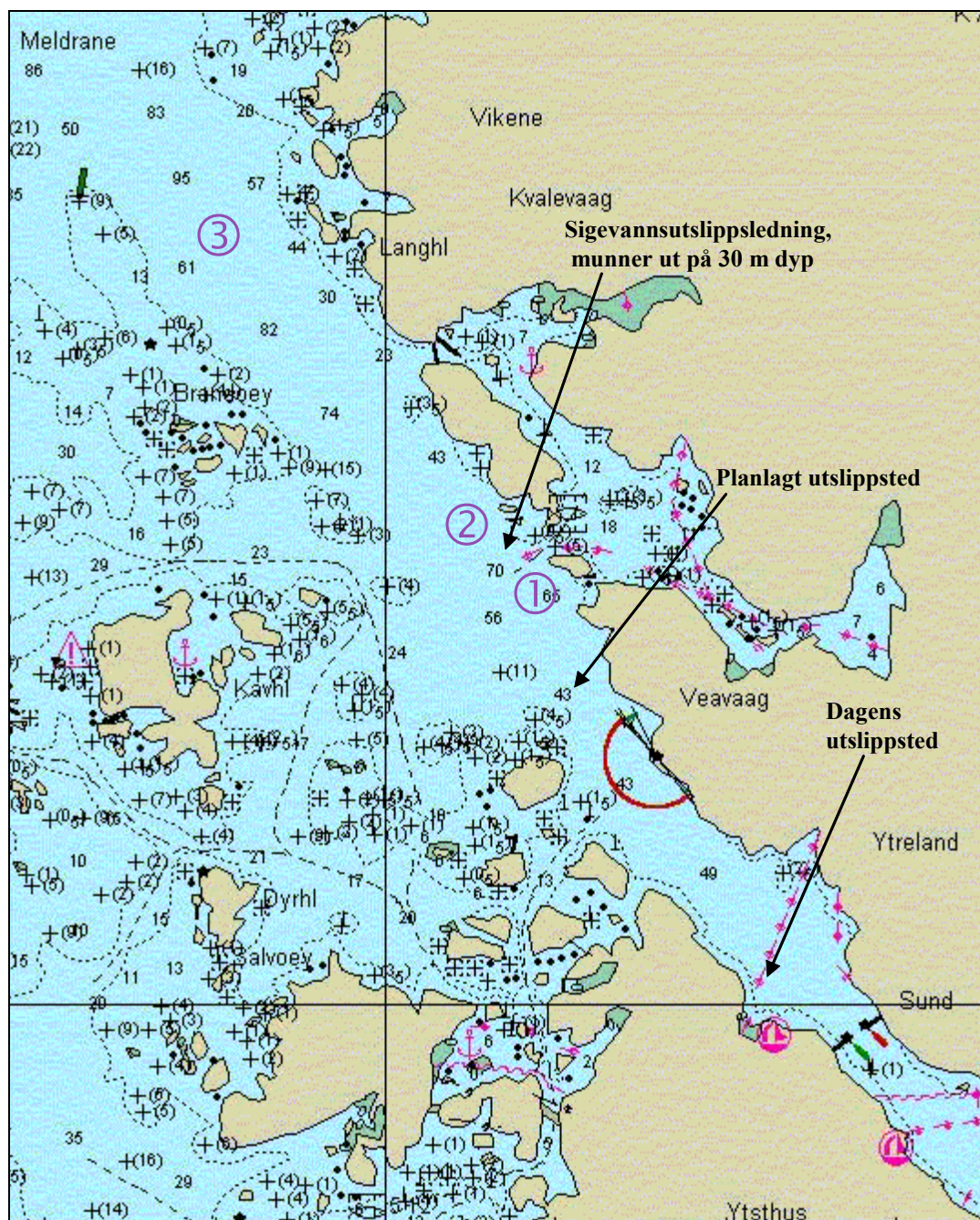
### 2.1 Områdebeskrivelse

Veavågen ligger på Karmøys vestsida, er ca 5 km lang og har åpen forbindelse (uten grunne terskler) ut mot havet i nord-vestlig retning. Vanddyppet er over 100 m ytterst og avtar til 50-60 like innenfor Jo-Jomfruene. Lenger inne er Veavågen smalere og vanlig maksimaldyp er 20-25 m og det er en terskel ved moloen. Andre mulige forurensningskilder i fjorden er litt skipsindustri og øvrige avrenninger fra land.

Denne resipientundersøkelsen fokuserer på forholdene i sjøbunnen like ved utslippet for sigevann fra avfallsplassen og utover i Veavågen, og skal avklare om sigevannet påvirker sjøbunnen lokalt og om det eventuelt kan spores lenger ute i vågen. Erfaringsmessig viser det seg at forurensende komponenter i sigevann i stor grad er knyttet (eller blir det i sjøvann) til partikler og synker til bunns like ved utslippet. Strøm og hydrografiske forhold avgjør i hvor stor grad partiklene spres. I følge sjøkart er det



i fjorder og kystfarvann” (Molvær *m.fl.* 1997) og de norske standardene NS 9420, NS 9422, NS 9423 vært med på avgjøre innholdet i undersøkelsen.



Figur 2: Plassering av stasjoner ①, ②, ③ i Veavågen, samt utslippsted for sigevann fra avfallsplass og (nåværende og planlagte) utslipp av kloakk.

Analyse av bløtbunnsamfunn er vanlig i marine miljøundersøkelser og kan gi mye informasjon om miljøforholdene og oksygeninnhold i bunnvannet. Faunaen i fjordbunnen er i hovedsak lite mobil og kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for. Faunatilstanden representerer ikke bare et øyeblikksbilde, men også hvordan miljøforholdene har vært i tiden (måneders og år) før prøvene ble tatt. Det finnes mye kunnskap om dyrene sin utbredelse og respons på forurensning samt lavt oksygeninnhold.

I 1995 ble RF sertifisert etter kvalitetsstandarden ISO-9001 (NS-EN ISO 9001:2000). RF-Miljølab er akkreditert etter NS-EN 17025 (NS-EN ISO/IEC 17025:2000) for en rekke analysemetoder av vann, slam og sedimenter. Høsten 1999 ble metodene for innsamling av bløtbunnsprøver og bestemmelse av bløtbunnsfauna akkreditert (basert på NS 9420, 9422, 9423).

### **2.2.2 Sjøvannsprøver**

På alle tre stasjonene ble det tatt prøver til oksygenanalyser av bunnvann og gjort hydrografiske målinger (temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold) med en sonde. Temperatur og saltholdighet er støtteparametre som også kan være nyttige ved tolkning av de andre resultatene fra undersøkelsen, mens oksygeninnhold er en av parametrene SFT legger til grunn for tilstandsklassene. Temperatur, saltholdighet og oksygen ble målt med en YSI 6820 sonde, som etter fabrikantens spesifikasjoner har følgende nøyaktighet: temperatur  $\pm 0,15$  °C, saltholdighet  $\pm 0,1$  (eller 1%), oksygeninnhold  $\pm 0,2$  mg/l (for prøver 0-20 mg/l) og vanddyb 0,12 cm (for dyp 0-61m). Sensorene for måling av saltholdighet og oksygen ble kalibrert før prøveinnsamlingen. Sonden hang i kabel og ble brukt fra overflaten og ned til ca 60 m eller bunn. Data ble lagret (minst) for hver 5. meter. Prøvene av bunnvannet ble samlet med en Niskin vannhenter, tappet direkte på glassflasker og tilsatt kjemikalier. Oksygeninnholdet i bunnvann måles med winkler, siden den metoden er mer nøyaktig og pålitelig (og akkreditert) enn målinger ved hjelp av sonder. Prøveflaskene til næringssalter og oksygen ble satt i kjølebagg og satt i kjølerom ved ankomst RF-Miljølab inntil videre analyse eller behandling. Siktedypet ble målt med en Secchi skive (25 cm). Secchi skiven ble senket ned i vannsøylen til den var ute av syne, og deretter trukket opp igjen. Snittverdien av dypet hvor skiven forsvant og kom til syne igjen ble notert som siktedypet.

### **2.2.3 Bunnprøver**

Det ble tatt bunnprøver på alle stasjonene. Prøvene ble tatt med grabb fra båt og analysert med hensyn på bunndyr og miljøgifter.

Prøvene ble tatt med en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb, fire replikate prøver fra hver stasjon (dette er i henhold til norsk standard) til bunndyrsanalyser. Det ble i tillegg tatt tre sedimentprøver fra hver stasjon til miljøgiftanalyser (metaller: As, Ag, Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg og organiske miljøgifter: PAH og PCB). PAH: polysykliske aromatiske hydrokarboner, PCB: polyklorerte bifenyler. Fra hver stasjon ble det også tatt prøver for analyser av kornstørrelse (blant annet % < 63 µm) og organisk materiale og nitrogen (som glødetap, TOC og TN) fra de øverste 1-2 cm. Dette er vanlige støtteparametre som brukes til tolkning av miljøgift- og bunndyrsresultater.

Prøvene ble beskrevet visuelt og eventuell uvanlig lukt ble registrert. Det ble ført en feltjournal med opplysninger om prøvene, værforhold mm. Prøvene til anorganiske miljøgifter ble pakket i aluminiumsfolie, mens metallprøver ble pakket i plast. Begge typer prøver ble oppbevart i kjølebagg inntil opparbeidelse eller nedfrysing på laboratoriet.

Hver bunnprøve er beskrevet med hensyn på:

- Hvorvidt sedimentet i prøven var uforstyrret.
- Farge på sedimentet.
- Lukt av sedimentet.
- Tilstedeværelse av spesielle dyr.
- Sedimenttykkelse i grabben – hvor dypt grabben har gravet.

Bunnfaunaprøvene ble silt gjennom to siler med 5 mm og 1 mm runde hull. Prøvene er kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Materiale som ble igjen på siktene ble konserveret i formalinløsning, merket og emballert. Dyrene ble senere plukket ut av prøvene under lupe, sortert i ulike dyregrupper og deretter og artsbestemt.

Beskrivelse av sedimentet og generelle opplysninger fra stasjonene er gitt i Tabell 1.

Innsamlingen ble gjort 13. desember 2001 fra M/S Risøygutt.

**Tabell 1:** Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på de tre stasjonene i Veavågen desember 2001. Det blåste svak bris og var sol og kaldt ved innsamlingen. Posisjonene er notert fra båtens GPS og dypene fra båtens ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. Det ble tatt prøver til kjemiske analyser av de tre første grabbprøvene på hver stasjon og bunndyrprøver i fra alle. I forhold til prosjektforslaget (F60076) er stasjonsbenevnelsene endret, samt litt stasjonsplassering grunnet vanskelige bunnforhold.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (prøvevolum i liter)	Kommentarer	Prøve
Vea 1	71	59°18,678' N 05°12,610' Ø	1. hugg, 5	Sand og skjellsand med mudder. Mye stein. En del børstemark, litt tarerester. Hugg 1 litt jernskrap i prøven. Bunnen skrår ned mot Vea 2. Smal og dyp renne langs ved land. Stasjon nærmere nytt kloakk utslipp, ikke mulig. 5 bomskudd totalt.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 01429, 1-3 Bunnfauna prøve Id-nr 01428, 1-4
			2. hugg, 6		
			3. hugg, 4		
			4. hugg, 8		
			5. hugg, 2		
			6. hugg, 6		
			7. hugg, 5		
Vea 2	75	59°18,820' N 05°12,300' Ø	1. hugg, 4	Grålig skjellsand med sand og stein. Litt børstemark. Hugg 1 svart flekk i PAH-prøven. 3 bomskudd totalt.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 01429, 4-6 Bunnfauna prøve Id-nr 01428, 5-8
			2. hugg, 4		
			3. hugg, 3		
			4. hugg, 4		
			5. hugg, 3		
			6. hugg, 3		
			7. hugg, 6		
Vea 3	88	59°19,346' N 05°11,576' Ø	1. hugg, 6	Grålig-grønn sand og skjellsand. En del <i>Owenia</i> . Hugg 2 mye tarerester. H <sub>2</sub> S-lukt. Hugg 5 noe tarestilker og hapter i prøven. 2 bomskudd totalt.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 01429, 7-9 Bunnfauna prøve Id-nr 01428, 9-12
			2. hugg, 9		
			3. hugg, 2		
			4. hugg, 6		
			5. hugg, 5		
			6. hugg, 9		
			7. hugg, 2		



## **2.3 Analyser**

### **2.3.1 Vann**

#### **2.3.1.1 Oksygen**

Analysene ble foretatt ved RF-Miljølab (akkreditert). Oksygeninnholdet ble analysert med Winkler titrering (NS-ISO 5813 1/93).

### **2.3.2 Sediment**

#### **2.3.2.1 Totalt organisk karbon og nitrogen**

Sedimentet ble ubehandlet frosset og sendt videre fra RF-Miljølab til analyse ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) sitt laboratorium i Oslo. Analysene ble gjort ved forbrenning ved 1800 °C etter at karbonater var fjernet ved hjelp av saltsyre. NIVA metode G6 (akkreditert), HCN analysator.

#### **2.3.2.2 Partikkelstørrelse og organisk innhold (glødetap)**

Analysene av kornstørrelse i sedimentet ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode (ikke akkreditert) basert på Buchanan (1984). Sedimentet ble tørket over natten ved 105 °C. 20-30 g prøve ble veid inn til analyse. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våt-sikting (0,063 mm). Den grove fraksjonen (> 63 µm = 0,063 mm) ble analysert ved tørrsikting etter at prøven var tørket over natten ved 105 °C. Det tørre sedimentet ble overført til en sikt-serie med følgende åpninger; 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, og 0,063 mm og kjørt i ristemaskin i 15 minutter. Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 gram. Andel partikler (vekten) som var mindre enn 0,063 mm ble bestemt ved å trekke summen av vekten til de andre partikkelstørrelsene (> 0,063 mm) fra utgangsvekten til prøven.

Mengden organisk materiale i sedimentet ble analysert som glødetap (vektreduksjon), etter gløding ved 550 °C i minimum 2 timer (NS 4764). På forhånd ble prøven tørket ved 105 °C og det ble innveid ca 5 gr.

#### **2.3.2.3 Organiske miljøgifter**

Sedimentprøvene ble undersøkt for organiske miljøgifter ved Miljøkjemi i Oslo, ved hjelp av Miljøkjemi-metoder MK-4031, MK-2004 (akkreditert). Prøve 01429-1 er ikke omfattet av akkrediteringen da en ekte dobbeltbestemmelse gav avvikende resultater. Materialet ble vurdert som homogent og Miljøkjemi mente derfor at det virket som om PAH ikke er jevnt fordelt i denne prøven, og den må derfor regnes som en stikkprøve som ikke er omfattet av akkrediteringen. I våre analyser har vi derfor kun brukt de to andre prøvene som ble tatt på denne lokaliteten, og som det fremgår av Vedlegg 5 er begge disse omfattet av akkrediteringen.

#### 2.3.2.4 **Metaller**

Prøvene til metallanalyse ble oppsluttet i henhold til Norsk Standard 4770. Sedimentprøvene ble tørket ved 50 °C til konstant vekt. Prøvene ble deretter knust og homogenisert i en agarmorter.

Metallene ble ekstrahert ved at 0,5 gram av fraksjonen ble tilsatt 5 ml 7 M salpetersyre. Prøvene ble deretter overført til en autoklav med konstant temperatur på 120 °C i 30 minutter. Etter avkjøling ble prøvene fortynnet med destillert vann tilsatt internstandard til 25 ml.

Sedimentet ble analysert for følgende metaller som står på SFTs klassifiseringsliste: arsen (As), krom (Cr), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), kadmium (Cd), bly (Pb), sølv (Ag) og kvikksølv (Hg). Metallene ble, med unntak av kvikksølv, analysert i en ICP-MS med indium som intern standard. For kvikksølv ble det benyttet kalddampatomabsorpsjon (CV-AAS) med et automatisk injeksjonssystem (FIMS) fra Perkin-Elmer. Analysen ble utført av RF – Miljølab.

Kvalitetssikringen omfattet alle faser av analysen inkludert oppslutning av referansemateriale, oppslutning av blanker og oppslutning av replikater. Som referansemateriale ble det valgt MESS. Resultatene fra referansematerialet gav resultater som er normale i henhold til Norsk Standard.

#### 2.3.2.5 **Bunnfauna**

Analysene ble gjort ved RF. Antallet av arter og individer er primære resultater i bunnfaunaundersøkelser. Ettersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver bunndyrart representere en variabel) til enklere tall eller figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt (Gray *m. fl.* 1988) og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemark (*Oligochaetae*) og slimormer (*Nemertea*), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmakk samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Krepssdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analyser.

### ***Mål på diversitet***

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966), samt diversitetskurver (Hurlbert 1971).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor  $p_i = n_i / N$ ,  $s$  = totalt antall arter,  $n_i$  = antall individer av  $i$ 'te art og  $N$  = totalt antall individer.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær *m.fl.* 1997).

Jevnhet ( $J$ ) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at  $H' = \log_2 S = H_{max}$ . Forholdet mellom observert ( $H'$ ) og maksimal diversitet ( $H_{max}$ ), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[ 1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

hvor  $E(S_n)$  = forventet antall arter i en delprøve av  $n$  tilfeldig valgte individer,  $N$  = totalt antall individer i prøven,  $S$  = totalt antall arter i prøven, og  $N_i$  = antall individer av art  $i$ .

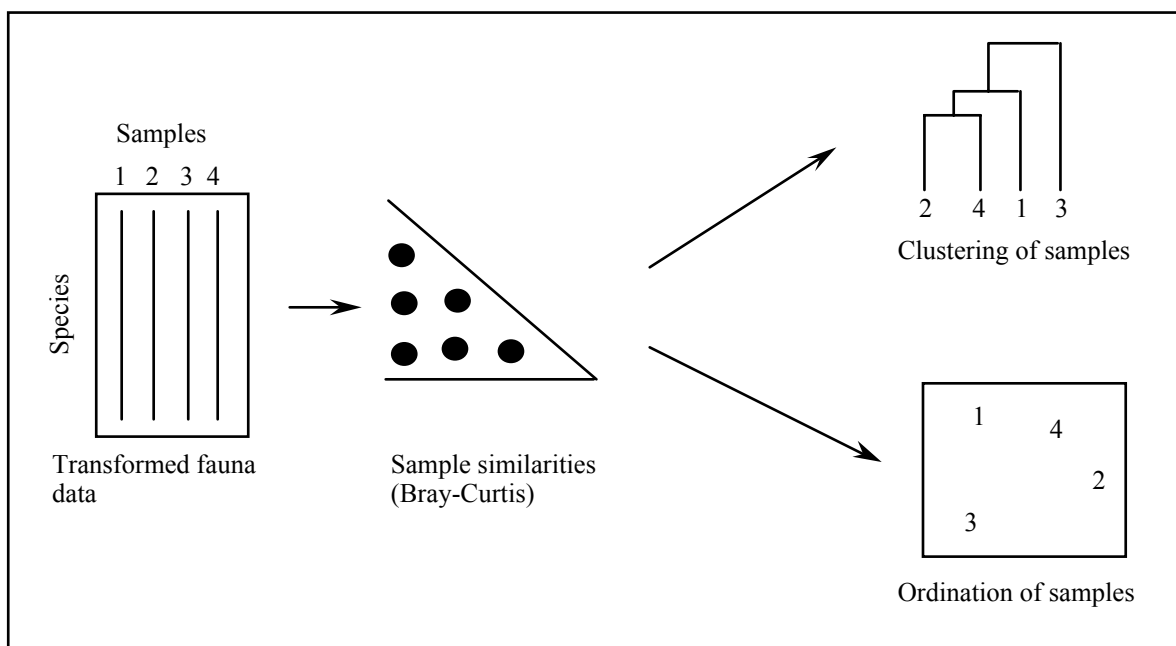
Det regnes ut forventet antall arter ved 100 individer ( $ES_{n=100}$ ), verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT.

### **Multivariate metoder**

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene fra de ulike innsamlingsstidspunkt. Rådata blir transformert før

analysen, slik at dyr med få individer får større betydning enn de ellers ville ha hatt. Dette er vanlig å gjøre på denne type rådata.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER 5.2.9 (Clarke & Gorley 2001). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957). Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra klusteranalysen, eller som to dimensjonale plott fra MDS analysen. Se figuren nedenfor for skjematisk fremstilling av metodene.



Figur 3: Skjematisk fremstilling av de ulike trinn i klassifisering og MDS analyse. Modifisert etter (Field *m. fl.* 1982).

I dendrogrammet er *grenene* som ligger nærmest hverandre de som ligner mest på hverandre. Forgreningspunktene forteller også kvantitativt hvor stor likheten mellom ulike prøver er.

MDS konstruerer et "kart" over prøvene, hvor dess mer like to prøver er med hensyn på forekomst av arter, dess nærmere vil de være til hverandre på "kartet" (Gray *m. fl.* 1988). MDS analysen forsøker å opprettholde den innbyrdes rekkefølgen av likheter fra dataanalysen, og frem til presentasjonen av resultatene i et to-dimensjonalt plot – med andre ord; prøve 1 er likere prøve 2, enn prøve 3 er til prøve 4, skal fremkomme i plottet som, prøve 1 er nærmere prøve 2 enn prøve 3 er til prøve 4 (Clarke & Warwick 1994).

*Stress*-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale plottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress* -faktoren.

$Stress < 0.05$  – gir en meget god gjengiving

$Stress < 0.10$  – gir en god gjengiving

*Stress* < 0.20 – krever varsom tolkning

*Stress* > 0.20 – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0.35-0.40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

I denne rapporten er analysene gjort med standard oppsett i programmet PRIMER. Det vil si kvadratrot transformerte data og "group average linking". Det ble også gjort analyse på fjerderot transformerte rådata, og MDS plottet viste omtrent det samme bilde.

## 2.4 SFTs klassifiseringssystem av miljøkvalitet

SFT har gitt ut en veiledning som kan brukes til å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær *m. fl.* 1997). I veiledningen finnes en del bakgrunnsinformasjon og kommentarer til tabellene med måltall (grenseverdier) for ulike klasser av miljøkvalitet i vann, sedimenter og biologisk materiale. Det kreves en del bakgrunnskunnskap om miljøparametrene og det må ofte brukes skjønn for å kunne bestemme rett tilstandsklasse og å tolke resultatene. Nedenfor har vi tatt med tre tabeller i fra veiledningen som omtaler miljøparametre som er aktuelle for denne undersøkelsen. Virkninger av organiske stoffer karakteriseres blant annet ved hjelp av oksygen i dypvann.

SFTs klassifisering av miljøgifter i sedimenter har nokså finkornete sedimenter som utgangspunkt, og sedimentet i Veavågen var grovkornet. Det er vanlig at grovkornete sediment inneholder mindre miljøgifter enn finkornete.

**Tabell 2:** Oksygen i dypvannet for vann med saltholdighet over 20 (se Molvær *m. fl.* 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
Dypvann	Oksygen (ml/l)*	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen (mg/l)*	>6,4	6,4-5	5-3,6	3,6-2,1	<2,1
	Oksygenmetning (%)**	>65	65-50	50-35	35-20	<20

\* Omregningsfaktoren mellom mg O<sub>2</sub>/l og ml O<sub>2</sub>/l er 1,42.

\*\* Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6° C.

**Tabell 3:** Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna (se Molvær *m. fl.* 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (mg/g)	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Artsmangfold for bløtbunnsfauna	Hurlberts indeks (ES <sub>n=100</sub> )	>26	26-18	18-11	11-6	<6
	Shannon-Wiener indeks (H)	>4	4-3	3-2	2-1	<1

**Tabell 4:** Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og klororganiske forbindelser i sedimenter (se Molvær *m. fl.* 1997)..

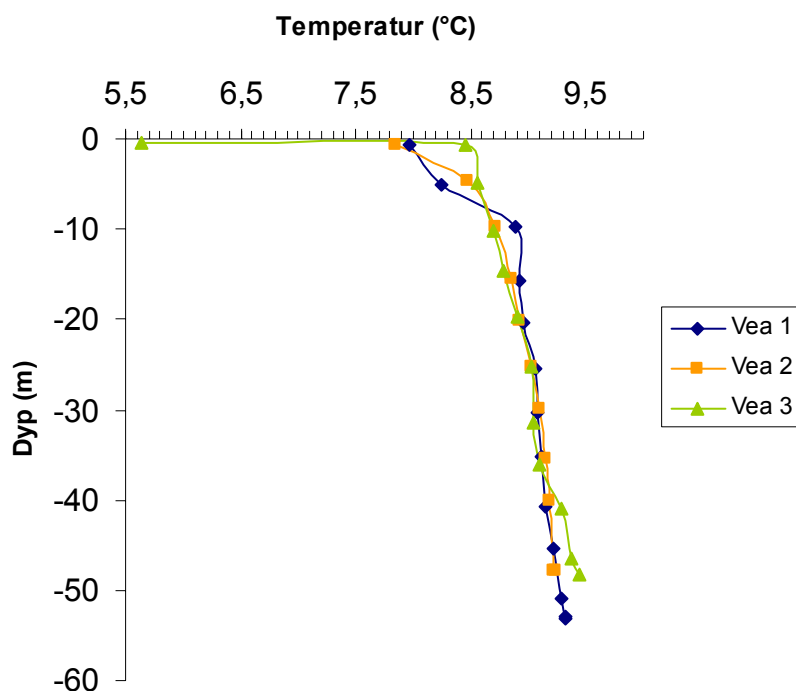
Parametre		Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
<b>Metaller m.m. i sedimenter</b> (tørrvekt)	Arsen (mg As/kg)	<20	20-80	80-400	400-1000	>1000
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30-120	120-600	600-1500	>1500
	Fluorid (mg F/kg)	<800	800-3000	3000-8000	8000-20000	>20000
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25-1	1-5	5-10	>10
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-150	150-700	700-1500	>1500
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70-300	300-1500	1500-5000	>5000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15-0,6	0,6-3	3-5	>5
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-130	130-600	600-1500	>1500
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000
	Sølv (mg Ag/kg)	<0,3	0,3-1,3	1,3-5	5-10	>10
TBT <sup>1)</sup> (µg/kg)	<1	1-5	5-20	20-100	>100	
<b>Organiske miljøgifter i sedimenter</b> (tørrvekt)	Σ PAH <sup>2)</sup> (µg/kg)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
	B(a)P <sup>3)</sup> (µg/kg)	<10	10-50	50-200	200-500	>500
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50
	Σ PCB <sub>7</sub> <sup>5)</sup> (µg/kg)	<5	5-25	25-100	100-300	>300
	EPOCl <sup>6)</sup> (µg/kg)	<100	100-500	500-2000	2000-15000	>15000
	TE <sub>PCDD</sub> <sup>7)</sup> (ng/kg)	<0,01	0,01-0,03	0,03-0,10	0,10-0,5	>0,5
	Σ DDT <sup>8)</sup> (µg/kg)	<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50

- 1) TBT: Tributyltinn (antibegroingsmiddel i skipsmaling)
- 2) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner. Gruppe tjærestoffer der en del forbindelser er potensielt kreftfremkallende (KPAH, deriblant benzo(a)pyren B(a)P). Σ PAH: sum av tri- til haksasykliske forbindelser bestemt ved gasskromatografi med gasskapillarkolonne. Inkluderer de 16 i EPA protokoll 8310 minus naftalen (disyklisk). Omfatter dessuten alle KPAH (gr. 2A og gr. 2B i IARC, 1987)
- 3) Se under PAH.
- 4) HCB: Heksaklorbenzen.
- 5) PCB: Polyklorerte bifenyler. Gruppe forbindelser (ulike kommersielle blandinger). Σ PCB<sub>7</sub>= sum av de 7 enkeltforbindelsene nr. 28, 52, 101, 118, 138 og 180. I den tidligere utgave av veiledningen er PCB angitt som total PCB ut fra likhet med kommersielle blandinger. Enkelte PCB har dioksinlignende egenskaper.
- 6) EPOCL: Ekstraherbart persistent organisk bundet klor.
- 7) Toksisitetsekvivalenter.
- 8) DDT: Diklordifenyltrikloreten. Σ DDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD.

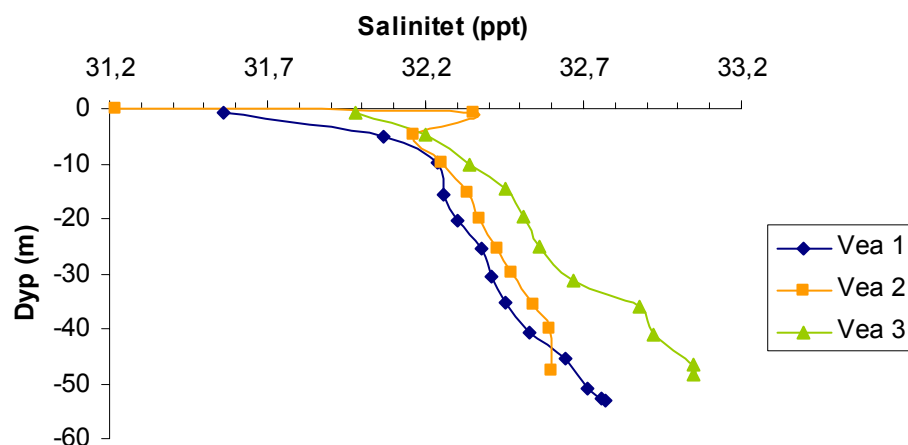
## 3 Resultater og diskusjon

### 3.1 Hydrografi og vannkjemi

Alt feltarbeid ble utført 13.12.2001. Det var svak bris, sol, kaldt og noe dønninger. M/S Risøygutt ble brukt som felt-fartøy. Verdiene for hydrografien er i Vedlegg 1, og for temperatur og salinitet er de representert grafisk i Figur 4 og 5 nedenfor.



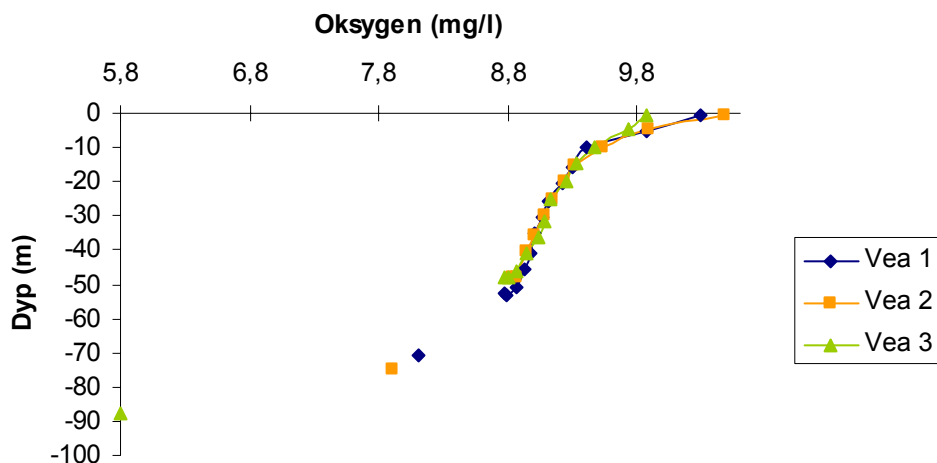
Figur 4: Temperatur (°C) plottet mot dyp



Figur 5: Salinitet (ppt) plottet mot dyp

Vannet er kaldest helt øverst i vannsøylen, og det blir litt varmere nedover. Saliniteten går litt opp med økende dyp. Dette er en helt normal vintersituasjon.

Målingene av oksygen i vannsøylen viser at det er nok oksygen i hele vannsøylen. En fremstilling av disse dataene mot det dypet de er målt på er i Figur 6.



Figur 6: Oksygenmengde (mg/liter) plottet mot ulike dyp, samt i bunnvannet.

Bunnvannsmålingene av oppløst oksygen viser at det på alle stasjonene er nok oksygen til at det kan være et rikt dyreliv på bunnen. Dette ser vi også fra bunndyrsprøvene.

Alle stasjonene får SFT-klassiferingen **meget god - god**, men det understrekes at det må tas prøver ca månedlig i ett år for at en med rimelig sikkerhet skal kunne måle oksygenminimum. Oksygenmetningen i vannsøylen var over 90 %.

Vedlegg 1 har alle analysetall for oppløst oksygen i bunnvann og vannsøylen.

Siktedypet for både stasjon Vea 1 og Vea 2 var 12 m. Det er normalt god sikt for årstiden. Det ble ikke målt siktedyp på stasjon Vea 3. Siktedyp er kun oppgitt i SFT klasser for sommermålinger. Også her skal det tas mange målinger om sommeren for å kunne tildele SFT tilstandsklasse.

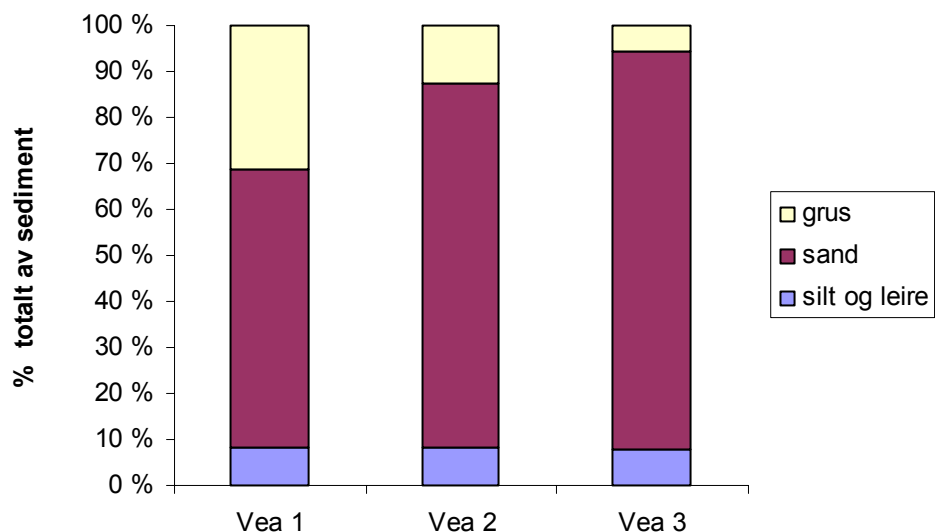
## 3.2 Bunnprøver

### 3.2.1 Kornstørrelse, organisk innhold, metaller og miljøgifter

Som det fremgår av Figur 7 bestod sedimentet hovedsaklig av sand. Dette stemmer med beskrivelsene av prøvene under feltarbeidet. Figuren er basert på gjennomsnittet fra hver stasjon. Mengden leire og silt er tilnærmet lik på alle stasjonene, men det er mest grus og grovest sediment på Vea 1. Innholdet av miljøgifter i et sediment vil ofte være knyttet til hvor finkornet bunns substratet er. Finkornete sediment har større partikkeloverflate, hvor forurensningen kan bindes, enn grovkornete. I tillegg vil et finkornete sediment vise at det normalt er svake strømmer over bunnen, og at området er et sted hvor små partikler synker til bunn og blir liggende. Dette kalles en



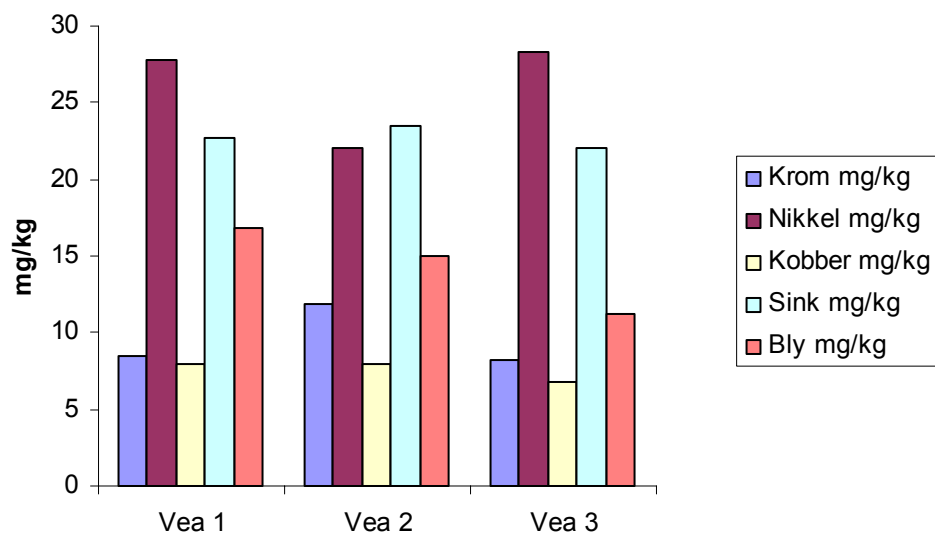
sedimentasjonsbunn i motsetning til en erosjonsbunn. SFTs klassifisering bygger på finkornet sjøbunn med høy andel leire+silt. Vedlegg 2 har alle analysetall for partikkelstørrelsesanalysen.



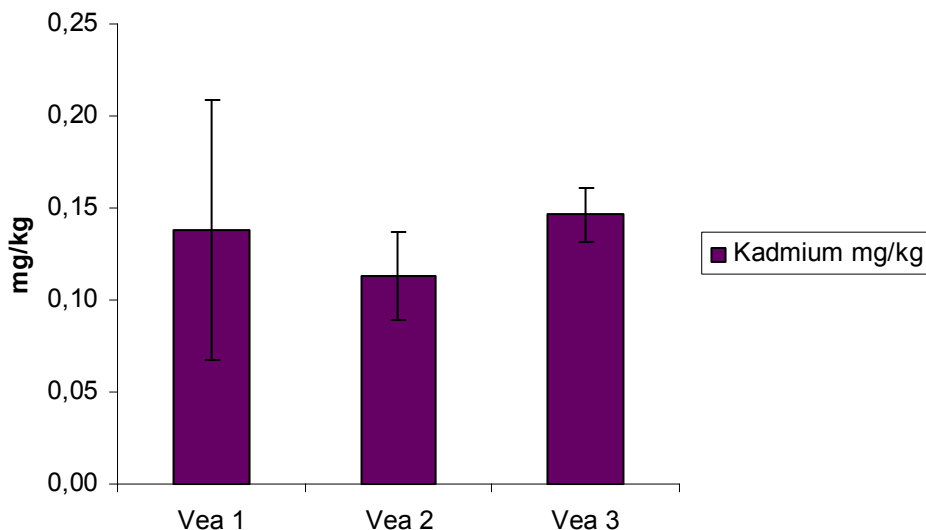
Figur 7: Fordeling av leire/silt, sand og grus i sedimentet.

Det er ingen tegn til organisk belastning, ved at det var mye organisk materiale i sedimentet. Måleverdiene av TOC er alle innenfor SFT's tilstandsklasse **ubetydelig – lite forurenset**. Resultatene fra analysene av totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) er å finne i Vedlegg 3. Analyseresultatene for glødetap er i Vedlegg 2. Alle verdiene er lave (fra 4,1 til 7,4%) og normale for denne typen bunnsediment.

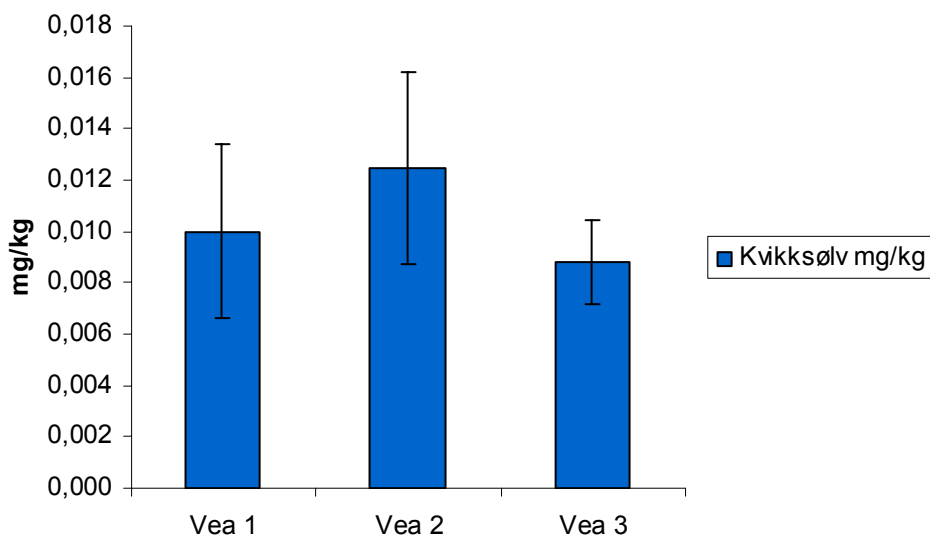
Når det gjelder mengden metaller i sedimentene er resultatene sammenfattet i Figur 8, 9 og 10. Alle tall her er gjennomsnittsverdier for de tre prøvene fra hver stasjon, for måltall se Vedlegg 4.



Figur 8: Metaller i sediment. For kvikksølv og kadmium, se Figur 9 og 10.



Figur 9: Kadmiuminnhold i Veavågen desember 2001. Vertikale streker viser standardavvik.



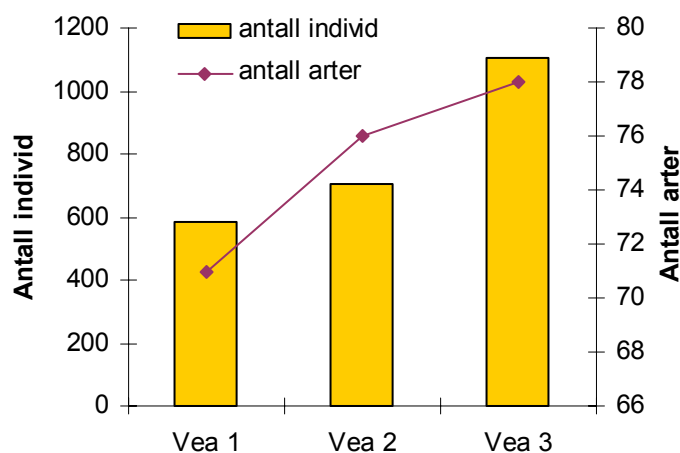
Figur 10: Kvikksølvinnhold Veavågen desember 2001. Vertikale streker viser standardavvik.

Alle verdiene for metaller i sedimentene er godt innenfor SFT's tilstandsklasse I: **ubetydelig - lite forurenset**. Dette gjelder også hvis vi bryter opp resultatene og ser på hver prøve.

Resultatene fra analysene av PAH og PCB i sedimentet er å finne i Vedlegg 5. Det er ikke påvist PCB over deteksjonsnivået i noen av prøvene som ble tatt i Veavågen. Av PAH<sub>16</sub> er alle målingene innenfor SFT's klassifisering **ubetydelig – lite forurenset**, men hvis vi ser kun på benzo(a)pyren ligger nivåene lavt nede i **moderat forurenset**-klassifiseringen. Dette er fremdeles bra, og trekker ikke miljøkvaliteten generelt ned i området. Benzo(a)pyren er en av de tunge (store) PAHene og brytes sent ned i naturen. Dette er trolig årsaken til at den finnes i påviselige mengder i prøvene. Resultatene viser at sjøbunnen generelt sett er ubetydelig forurenset og at sigevann ikke har noen negativ effekt.

### 3.2.2 Bunndyr

Komplette artslister for bunndyrsanalysene er i Vedlegg 6. Som en kan se i Figur 11 og Tabell 5, er ikke de tre stasjonene så forskjellige når det gjelder artsmangfold, men Vea 3 har et mye høyere individtall enn de to andre stasjonene. På de to ytterste stasjonene (Vea 2 og Ve 3) er det flest individer av en rørbyggende mangebørstemark (*polychaeta*); *Anobothrus gracilis*, mens på Ve 1 er det flest *Polycirrus* - også en mangebørstemarkfamilie som bygger rør og er filterspiser. Det er generelt et sunt bunndyrssamfunn vi finner på alle stasjonene, noe som reflekteres i klassifiseringen ifølge SFT's tilstandsklasser hvor de tre stasjonene får beste tilstand (**meget god**). Det er ingen arter som tyder på dårlig miljøtilstand, og individantall og diversitet er også bra.



Figur 11: Antall individ og arter pr stasjon (0,4 m<sup>2</sup>).

Tabell 5: Antall individ (pr hugg, stasjon 0,4 m<sup>2</sup> og pr m<sup>2</sup>), antall arter, Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på "huggnivå" er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver tildeles i noen tilfeller ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

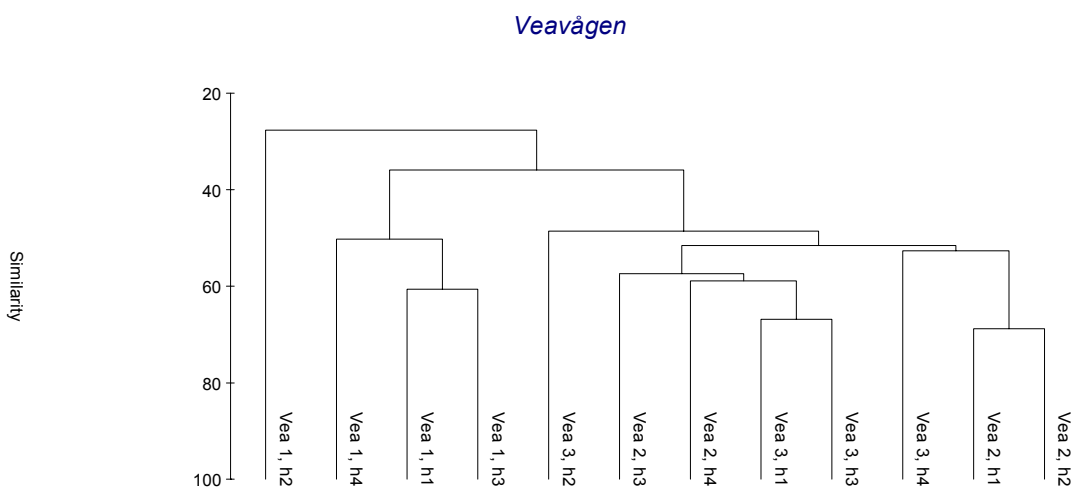
	Antall arter	Antall individ pr. hugg og stasjon	Antall individ pr m <sup>2</sup>	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
Vea 1, 1h	40	181	1810	0,79	29,98	4,19	<i>Meget god</i>
Vea 1, 2h	18	60	600	0,81	18,00	3,38	<i>God</i>
Vea 1, 3h	44	218	2180	0,77	29,56	4,23	<i>Meget god</i>
Vea 1, 4h	26	125	1250	0,79	23,94	3,70	<i>God</i>
<b>Vea 1,sum</b>	<b>71</b>	<b>584</b>	<b>1460</b>	<b>0,74</b>	<b>31,28</b>	<b>4,58</b>	<b><i>Meget god</i></b>
Vea 2, 1h	36	175	1750	0,86	30,42	4,42	<i>Meget god</i>
Vea 2, 2h	45	136	1360	0,83	37,55	4,55	<i>Meget god</i>
Vea 2, 3h	41	208	2080	0,80	29,14	4,29	<i>Meget god</i>
Vea 2, 4h	48	208	2080	0,80	34,61	4,48	<i>Meget god</i>
<b>Vea 2,sum</b>	<b>79</b>	<b>727</b>	<b>1817</b>	<b>0,79</b>	<b>35,89</b>	<b>4,95</b>	<b><i>Meget god</i></b>
Vea 3, 1h	38	237	2370	0,66	26,35	3,45	<i>God</i>
Vea 3, 2h	55	456	4560	0,65	28,67	3,78	<i>God</i>
Vea 3, 3h	46	320	3200	0,71	26,43	3,93	<i>God</i>
Vea 3, 4h	29	99	990	0,77	29,00	3,74	<i>God</i>
<b>Vea 3,sum</b>	<b>81</b>	<b>1112</b>	<b>2780</b>	<b>0,67</b>	<b>30,88</b>	<b>4,25</b>	<b><i>Meget god</i></b>

De to neste figurene (Figur 12 og 13) viser resultatene fra de multivariate analysene. Disse analysene sammenligner hvor lik arts sammensetningen er i ulike prøver. Mange arter felles, gir stor likhet. For å redusere influens av individrike arter, er analysen gjort på kvadratrotn og fjerderot (dobbelkvadratrotn) transformerte individantall. I dette tilfellet ble resultatene omtrent de samme.

Prøvene fra stasjon Vea 1 skiller seg ut fra fellesgruppen Vea 2 og Vea 3. Det er ikke noen særlig sterke likheter mellom noen av prøvene (se Figur 12 og Figur 13) og dette er ganske vanlig for en lite forurenset sjøbunn som består av litt grov skjellsand. Ofte vil det være mange små samfunn av dyr som fanges opp av kun et hugg, dette reflekteres i artslistene i Vedlegg 6 og i dendrogrammet i Figur 12. Når vi allikevel mener at Vea 1 skiller seg ut fra de to andre, er dette utfra en skjønnsmessig valgt deling ved mindre likhet enn ca 50%. En grunn til at Vea 1 er noe ulik de to andre stasjonene, er at den har mindre antall arter og mindre antall individer, samt at den har en del andre arter enn de to andre stasjonene.

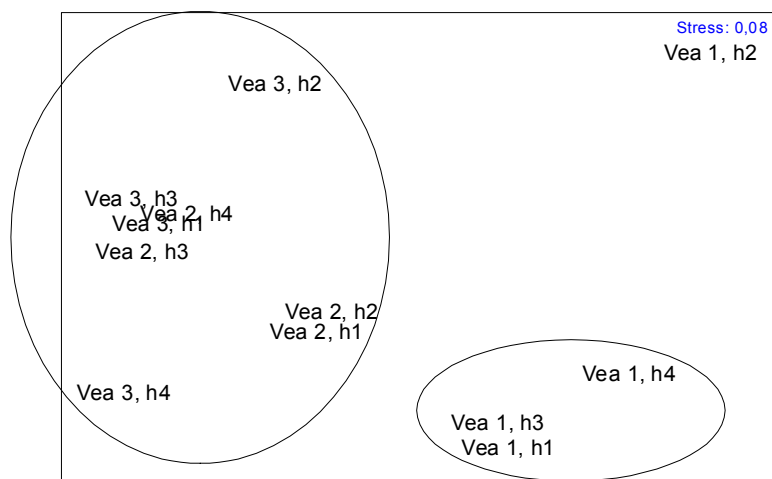
Grunnen til at Vea 1 hugg 2 skiller seg ut fra resten av huggene, er sannsynligvis fordi den har et mye mindre prøvevolum (2 liter). Selv om Vea 3 hugg 4 også har et lite prøvevolum, skiller ikke prøven seg ut på noen særlig måte fra de andre. Grunnen til dette er sannsynligvis at det er så mange flere individer av hver art på hele Vea 3 og at det er større sannsynlighet for at et hugg med lite prøvevolum fremdeles fikk med seg de artene og relative mengdene som fantes av dem der.

Generelt kan en si at forholdene er gode ved alle stasjonene som ble undersøkt.



Figur 12: Dendrogram over bunndyrstasjoner i Veavågen desember 2001. Det er tatt fire grabbprøver fra hvert sted. Høy likhetsprosent (similarity) mellom stasjoner tyder på mange felles arter.

*Veavågen*



Figur 13: MDS plot over bunndyrstasjoner i Veavåg desember 2001. Det er tatt fire grabbprøver fra hvert sted, prøver som har lik fauna er plassert nærmest hverandre.

## 4 Sammendrag og konklusjon

Miljøkvaliteten i ytre del av Veavågen på vestsiden av Karmøy er kartlagt og undersøkt i desember 2001. Undersøkelsen har omfattet prøver av vannkvalitet og bunnforhold på 3 stasjoner plassert i utslippsområdet til sigevannsledningen til Borgaredalen avfallsplass og ved planlagt nytt hovedutslippssted for kloakk.

Undersøkelsen har omfattet:

- Hydrografiske målinger i vannsøyle og oksygen ved bunnen
- Analyse av fysiske og kjemiske parametre i bunnsediment
- Analyse av bunndyrssamfunn

Oppsummering av resultatene:

- Oksygenmålinger i sjøvannet:

Det var tilfredsstillende oksygennivå på alle dyp og i vannsøylen.

- Fysiske og kjemiske parametre for bunnsediment:

Både de fysiske og kjemiske måleparametrene viser at fjorden er sunn og frisk. Sjøbunnen bestod av sand og skjellsand og var nokså grovkornet. Det er et normalt lavt metallinnhold og innhold av organiske miljøgifter, og ikke noe tegn på at sedimentene skulle være påvirket av sigevannsutslipp eller andre forurensningskilder.

- Bunndyrsanalyser

Bunnfaunaen på alle stasjonene var relativt variert og med normale artsantall og individantall. Det er ingen tegn til at faunaen er påvirket av sigevannsutslipp eller andre forurensningskilder.

### Hovedkonklusjon:

**Veavågen har god vannutskiftning og gode miljøforhold. Den undersøkte delen av vågen virker å være upåvirket av sigevann fra avfallsplassen og andre forurensninger. Nytt utslippssted for kommunalt avløpsvann er gunstig plassert.**

## 5 Referanser

- Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. Methods for the study of marine benthos. N. A. Holme and A. D. Mc Intyre. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 41-65.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research ) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. - *Marine Biology* 118:167.
- Field, J. G., Clarke, K. R., & Warwick, R. M. 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. - *Marine Ecology Progress Series*, 8, 37-52.
- Gray, J.S., M. Aschan, M.R. Carr, K.R. Clarke, R.H. Green, T.H. Pearson, R. Rosenberg & R.M. Warwick 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. - *Marine Ecology Progress Series* 46:151-165.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. - *Ecology* 52:577-586.
- Klyve, A. Bøe, G.E. & J. C. Hafstad 1999. *Undersøkelse av miljøforholdene i Vedavågen. Rev. Sept. 1999.* 6 s.
- Klyve, A. & G.E. Bøe 2000. *Innhold av tungmetaller i kamskjell fra Vedavågen.* 3 s.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement.* - (red. - Croom Helm, London. 179.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.* SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- Monsen, K. 2000. *Miljøforurensning i marine områder. Karmøy kommune. Samlerapport av undersøkelser foretatt i Karmøy kommune.* Rapport Karmøy kommune. 29 s + vedlegg.
- NS 4764:1980. *Vannundersøkelse - Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter* Norsk Standard 1980.
- NS 4770:1994. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av metaller ved atomabsorpsjonspektrofotometri i flamme - Generelle prinsipper og retningslinjer.* 2.utg, Norsk Standard 1994.
- NS 9420:1998. *Retningslinjer for feltarbeid i forbindelse med miljøovervåking og -kartlegging.* Norsk Standard 1998. 9 s.
- NS 9422:1998. *Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder.* Norsk Standard 1998. 11 s.
- NS 9423:1998. *Retningslinjer for kvantitative analyser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø.* Norsk Standard 1998. 16 s.

- NS-EN ISO 9001:2000. *Systemer for kvalitetsstyring - Krav (ISO 9001:2000)*. 3. utg. Norsk Standard 2000.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2000. *Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse (ISO/IEC 17025:1999)*. Norsk Standard 2000.
- NS-ISO 5813:1993. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av oppløst oksygen - Iodometrisk metode - (= EN 25813:1992) (ISO 5813:1983)*. Norsk Standard 1993.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. - *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Shannon, C. E. & W. Weaver 1963. *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.



## **6 Vedleggsoversikt**

Vedlegg 1: Oppløst oksygen i bunnvann og oksygen i vannsøyle (sondedata)

Vedlegg 2: Partikkelstørrelser og glødetap i sedimentprøver

Vedlegg 3: Analyser av tørrstoff, total nitrogen og total organisk karbon i sedimentprøver

Vedlegg 4: Metaller i sedimentprøver

Vedlegg 5: Organiske miljøgifter i sedimentprøver

Vedlegg 6: Artslister fra bunndyrsanalyse