

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

Øyvind F Tvedten

Analyse av miljøgifter i sediment i Galeivågen

Rapport RF – 2004/055

Prosjektnummer: 7156007-16
Kvalitetssikrer: Asbjørn Bergheim
Prosjektets tittel: Analyse av miljøgifter ved utbygging innerst i Galeivågen
Oppdragsgiver(e): Kruse Smith AS
ISBN: 82-490-0304-7
Antall sider: 9 + vedlegg
Gradering: Åpen (Konfidensiell frem til: 01.06.2004)

Forord

Oppdraget er utført på oppdrag fra Kruse Smith AS, Arvid Karlsen, i forbindelse med prosjektering av nybygg i innerst i Galeivågen (Galeisundet, mellom Buøy og Hundvåg). Det skal foretas noe utfylling i sjø og etableres ny kaifront i forbindelse med nybygget. På forespørsel fra Kruse Smith (16.02.04) laget RF et forslag til prøveprogram (7158007/oeft datert 20.02.04). Det kan senere bli aktuelt å også ta prøver av løsmasser på land.

Sedimentprøver er tatt fra 2 steder i utbyggingsområdet og ett sted utenfor. Bunnprøvene er analysert for organiske komponenter og metall.

Prøveinnsamling er gjennomført av Stig Westerlund og Øyvind Tvedten fra RF. Analysene er utført av M-lab (glødetap og kornstørrelse) og Eurofins (metaller, PAH, TBT, PCB, TOC). Asbjørn Bergheim har kvalitetssikret rapporten.

Stavanger, 29.03.04

Øyvind F. Tvedten, prosjektleder

Innhold

Innledning.....	1
Materiale og metoder.....	1
Områdebeskrivelse og prøveinnsamling	1
Analyse av TOC	2
Analyse av metaller.....	3
Analyse av kornfordeling og glødetap	3
Analyse av PAH, PCB og TBT	3
SFTs veiledning for miljøkvalitet	4
Resultat og diskusjon.....	6
Oppsummering og konklusjon.....	8
Referanser.....	9
VEDLEGGSOVERSIKT	9
FORKLARING TIL NOEN ORD OG UTTRYKK.....	10

Innledning

Det er planlagt å gjøre noe grunnarbeider i forbindelse med fundamentering av nybygg i Galeivågen, samt å etablere ny kaifront utenfor bygget. Trolig vil det bli valgt å fylle ut med ny masse i sjøen og la byggets sokkel stå på pæler gjennom løsmassene og ned i fjell. Arbeidet vil berøre løsmasser på land og i sjøen og kan føre til noe oppvirvling av sediment. Det kan medføre at eventuell forurensning i sedimentene på sjøbunnen virvles opp i vannfasen og spres i miljøet. Resultatene fra undersøkelsen kan brukes til å dokumentere miljøgiftsinnholdet i sjøbunnen slik at skadepotensialet og eventuelle tiltak for å redusere skadeomfanget kan vurderes. Undersøkelsen er også gjennomført etter pålegg fra myndighetene. RF har laget forslag til prøveplan og analyseparametre, foretatt innsamling og fått utført analyser på basis av SFT veileder (Systad m.fl. 2004), kjennskap til området og tidligere erfaring.

Materiale og metoder

Områdebeskrivelse og prøveinnsamling

Galeivågen ligger mellom Hundvåg og Buøy, nord-øst for Stavanger. Tidligere gikk Galeivågen over i Galeisundet mellom de to øyene, men dette området ble fylt igjen og består dermed av fyllmasser. Galeivågen er forholdsvis grunn (<10m) og har noen små verksteder for båter. Norsk Metallretur ligger ytterst i munningen. Det er mange småbåthavner i vågen. Tidligere undersøkelser har vist at sjøbunnen (prøvested midt i vågen) er meget sterkt forurenset av miljøgifter og det er gitt ut kostholdsråd for sjømat fra området (Bokn m.fl. 1996, Moen 2001 og Gjerstad m.fl. 2001). Forurensingen strekker seg også ut av vågen, rundt Norsk Metallretur. Vannkvaliteten skiller seg ikke vesentlig fra nærliggende områder, men det er generelt litt høyere næringssaltinnhold i vågen enn utenfor (Tvedten 2003a). Likevel er SFT miljøtilstand i vannet stort sett *god - meget god*. I 1995 ble bakterieinnholdet undersøkt og badevannskvaliteten var på grensen mellom *egnet* og *mindre egnet* (Bokn m.fl. 1996). Det er ikke gjort nok målinger til å kunne si noe sikkert om oksygeninnholdet i bunnvannet.

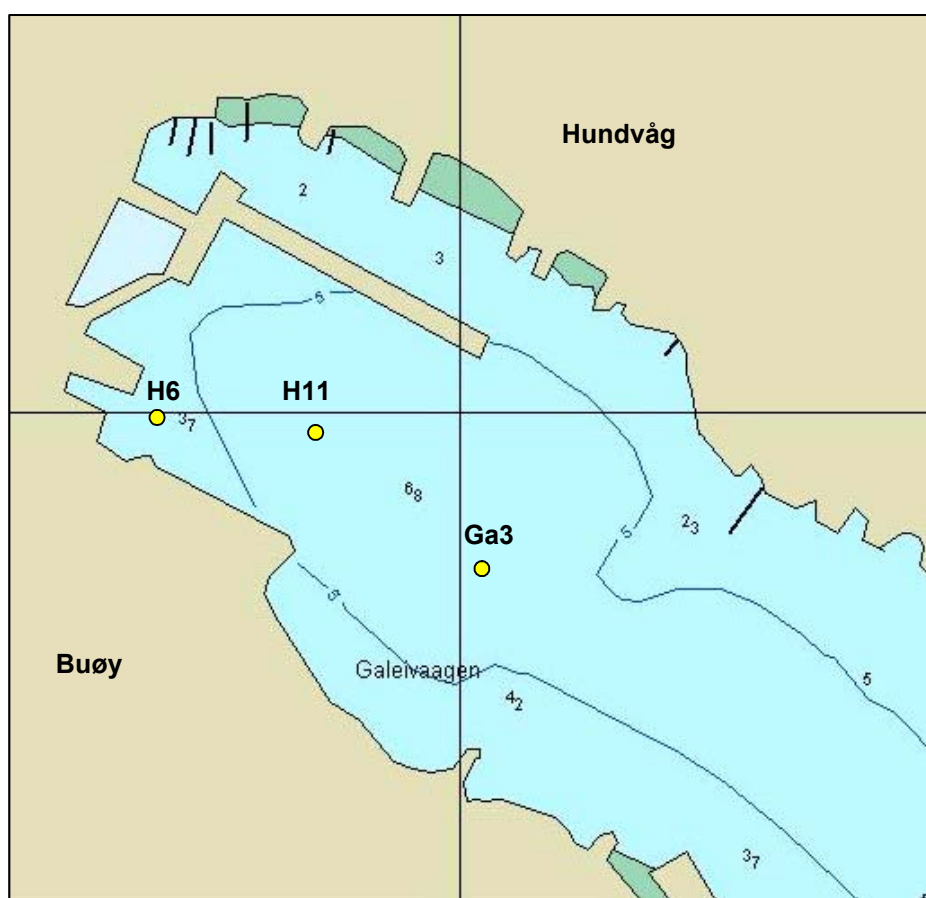
I følge grunnundersøkelsene som er gjort før utbyggingen (Ølnes 2003), er det i sjøområdet variabel sedimenttykkelse (0,1-2,5 m) med naturlige løsmasser ned til ca 1,5 m. Under dette er det faste masser (interglacial, Stavanger-morene).

Noen ord og uttrykk er forklart i vedlegg.

Prøvene ble tatt 29. februar 2004 fra en åpen plastbåt. Det ble tatt prøver fra 2 stasjoner i det planlagte utbyggingsområdet og like utenfor (se kart i Figur 1). Stasjonene H6 og H11 ble forsøkt plassert i tråd med punkter i grunnundersøkelsen. H6 vil ligge i det utfylte området etter utbygging, og H11 like utenfor ny kai. Stasjon Ga3 representerer forholdene lenger ute i vågen og er plassert mer tilsvarende som i tidligere miljøundersøkelser.

Prøvene ble analysert for PAH, PCB, TBT og metallene: arsen, kobber, nikkel, sink, kvikksølv, bly, krom og kadmiem. Metaller, PAH, PCB, TBT og TOC ble analysert av Eurofins i Oslo. Kornfordeling og glødetap ble analysert ved M-lab. Resultatene er sammenlignet med STF's grenseverdier for miljøklassifisering (Molvær m.fl. 1997), se Tabell 1.

På hver stasjon ble det tatt tre sedimentprøver med en 225 cm² van Veen grabb. Prøvene ble tatt fra de øverste 2 cm av sedimentet. Prøvemateriale fra de tre grabb-prøvene tatt fra hver stasjon ble slått sammen og analysert som en samleprøve. Prøvene ble pakket i plastemballasje og aluminiumsfolie (organiske miljøgifter), frosset og holdt nedfrost frem til analyse. Sedimentet ble beskrevet visuelt og eventuell uvanlig lukt, registrert. Det ble ført en feltjournal med opplysninger om prøvene og værforhold mm. Dyp ble målt med ekkolodd og en GPS registrerte posisjonene. En oversikt over innsamlete prøver og analyser er gitt i Tabell 2.



Figur 1. Kart over innsamlingsområdet.

Analyse av TOC

Sedimentet ble ubehandlet oversendt til Eurofins. Analysene ble gjort ved forbrenning i en CHN analysator etter at karbonater var fjernet med saltsyre.

Analyse av metaller

Analysene ble foretatt av Eurofins i henhold til akkrediterte metoder. Eurofins metodereferanse: MK-1061 og MK-1090.

Analytisk Prinsipp: For tungmetaller utføres det en syreoppslutning av prøven iht. DS259 (tilsvarende NS4770). Målingen foregår med en ekstern kalibrering på en Optima 3000-DV ICP-AES spektrofotometer. For kvikksølv oppsluttes våt prøve med salpetersyre i autoklav, hvor kvikksølv frigjøres. Det oppløste metallet reduseres, og de frigjorte kvikksølv dampene bestemmes ved flammeløs AAS (kalddampsteknikk).

Usikkerhet: RSD 10% for tungmetaller og RSD 15% for kvikksølv.

Deteksjonsgrenser:

<u>Parameter</u>	<u>Det. grense</u>	<u>Parameter</u>	<u>Det. grense</u>
As	2 mg/kg TS	Ni	1 mg/kg TS
Cd	0,1 mg/kg TS	Pb	3 mg/kg TS
Cu	3 mg/kg TS	Zn	5 mg/kg TS
Cr	1 mg/kg TS	Hg	0,01 mg/kg TS

Analyse av kornfordeling og glødetap

Analysene av kornfordeling 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. Det organiske materialet ble fjernet med hydrogenperoksid. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våtsikting (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 siktserie med følgende åpninger; 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 og 0,063 mm og kjørt i ristemaskin i 15 minutt. Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 g. 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 g.

Analyse av PAH, PCB og TBT

Analysene av PAH og PCB ble foretatt av Eurofins i henhold til akkrediterte metoder (Eurofins metodereferanse: MK-2060).

Analytisk prinsipp: Prøven oppslemmes i natriumpyrofosfat og ekstraheres med diklormetan. Etter inndampning analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med massespektrometrisk detektor GC/MS-SIM. Før GC/MS analyse fjernes den polære fraksjon ved hjelp av søyleopprensning.

Følgende stoffer benyttes som interne standarder:

naphthalen-d ₈	benz(a)pyren-d ₁₂
phenanthren-d ₁₀	dibenz(a,h)anthracen-d ₁₄ *
fluoranthren-d ₁₀	PCB # 77

Usikkerhet: RSD 12% for PAH-forbindelser, RSD 15% for PCB-congenerer.

Deteksjonsgrenser: PAH: 2 µg/kg TS for den enkelte komponent.
PCB: 1 µg/kg TS for den enkelte komponent.

TBT-prøvene ble analysert av en underleverandør til Eurofins: GfA i Tyskland. Prøvene ble homogenisert og tripopyltinklorid ble tilsatt som indre standard. Deretter følger ekstraksjon av prøven ved hjelp av aceton, n-heksan, og derivatisering med natriumtetraetylborat ved pH 4,5, rensing av ekstraktet ved væskechromatografi med Al₂O₃. Analyse av organotin med GC/MS og kvantifisering med tetrapentyltin som indre standard før GC injeksjon.

SFTs veiledning for 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 gjerne brukes skjønn for å kunne bestemme tilstandsklasse og å tolke resultatene. Nedenfor har vi tatt med en tabell i fra veiledningen som omtaler aktuelle miljøparametre i sedimenter. I følge Systad m.fl. 2004, skal resultater oppgitt som Sum PCB₇ ganges med 2 før de sammenlignes med PCB-grenseverdiene for miljøkvalitet.

Tabell 1. Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske 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
Metaller m.m. i sedimenter (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 ¹⁾ (µg/kg)	<1	1-5	5-20	20-100	>100
Organiske miljøgifter i sedimenter (tørrvekt)	ΣPAH ²⁾ (µg/kg)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
	B(a)P ³⁾ (µg/kg)	<10	10-50	50-200	200-500	>500
	HCB ⁴⁾ (µg/kg)	<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50
	ΣPCB ₇ ⁵⁾ (µg/kg)	<5	5-25	25-100	100-300	>300
	EPOCl ⁶⁾ (µg/kg)	<100	100-500	500-2000	2000-15000	>15000
	TE _{ROFD} ⁷⁾ (ng/kg)	<0,01	0,01-0,03	0,03-0,10	0,10-0,5	>0,5
	Σ DDT ⁸⁾ (µg/kg)	<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50
Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (mg/g)	<20	20-27	27-34	34-41	>41

- 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 heksasykliske forbindelser bestemt ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne. Inkluderer de 16 i EPA protokoll 8310 minus naftalen (disyklisk).
- 3) Se under PAH
- 4) HCB: Heksaklorbenzen.
- 5) PCB: Polykloreerte bifenyler. Gruppe forbindelser (ulike kommersielle blandinger). Σ PCB₇ = sum av de 7 enkeltforbindelsene nr 28, 52, 101, 118, 138, 153 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 (se note 2 til tabell).
- 6) EPOCl: Ekstraherbart persistent organisk bundet klor.
- 7) Toksitetsekvivalenter, se note 2 til tabell.
- 8) DDT: Diklordifenyltrikloretan. Σ DDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD.

Resultat og diskusjon

Tabell 2 viser stasjons- og prøveopplysninger fra feltarbeidet. Det var forholdsvis grei bunn å ta prøve av med grabb. På H6 var det en del småstein og noen grabbprøver ble forkastet fordi de inneholdt for lite prøvemateriale, ofte fordi det stod stein i grabbåpningen. Sedimentet var nokså finkornet og det viser at det er svake strømmer over bunnen i området. Finkornet sediment har ofte høyest innhold av forurensning, siden det har større partikkeloverflate som forurensning kan binde seg til, enn i grovkornet sediment. SFTs klassifisering av sediment er basert på at det er finkornet med høy andel silt og leire.

Tabell 2. Stasjonsopplysninger og sedimentbeskrivelse på de tre stasjonene 29. februar 2004. Posisjoner i WGS-84.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon WGS 84	Prøvevolum	Kommentarer	Prøve
H6 I område som vil bli utfyllt	4	58°59,497' N 05°43,898' Ø	2/3 fulle grabber	Brunlig overflate og svart sediment under. Mudder og småstein.	TOC, TBT, PAH og PCB. Metaller, kornfordeling
H11 I ytterkant av ny kai	6,4	58°59,496' N 05°43,958' Ø*	2/3 fulle grabber	Brun-svart overflate. Svart finkornet sediment under. H ₂ S lukt.	- " -
Ga3 Midt i Galeivågen ved Hundvåg Motor og Båtelektriske	7,1	58°59,475' N 05°44,011' Ø	Nesten helt fulle grabber	Brun-svart overflate. Svart finkornet sediment under. H ₂ S lukt.	- " -

* øst-koordinater som ble nedskrevet under feltarbeidet var feil, koordinaten i tabellen er funnet vha. kart.

Analyseresultatene er summert i Tabell 3. Originalresultater er presentert i vedlegg.

Kornfordelingsanalysen viste at det var mest leire og silt (partikler < 0,063 mm) på Ga3 og minst på H6. På H6 var det også en eller flere partikler som var større enn 4 mm i prøven som ble analysert. På H11 og Ga3 var det vektmessig mest av sandpartikler som var mindre enn 0,5 mm. Resultatene passer bra med den visuelle beskrivelsen av sedimentet.

Innholdet av organisk materiale (TOC) var meget høyt på H11 og Ga3. Dette skyldes en kombinasjon av tilførselsmengder, og trolig ikke minst, sen nedbrytning. Det svarte sedimentet luktet svakt H₂S og dette viser det er lite oksygen i bunnen, og det gir lav nedbrytningshastighet. Til beregning av SFT tilstandsklasse brukes TOC₆₃, det vil si TOC innhold som er standardisert i forhold til andel finfraksjon. På H11 og Ga3 var tilstanden *meget dårlig* og på H6 var den *mindre god*.

Tørrstoffinnholdet var rundt 25-30% på H11 og Ga3 og 80% på H6.

Sedimentet var fra *ubetydelig* – *lite forurenset* til *meget sterkt forurenset* av metaller. Dette var avhengig av metall og prøvested. Det var lavest innhold av arsen, nikkel og kram. Det var høyest metallinnhold på Ga3 og lavest på H6. Kvikksølvinnholdet var mest alvorlig ut fra miljøhensyn, og fikk tilstand *meget sterkt forurenset* på H11 og

Ga3, og markert forurenset på H6. For de andre metallene var bunnen markert forurenset.

PAH- og B(a)P-innholdet tilsvarte SFT tilstand markert forurenset til meget sterkt forurenset. Det var betydelig mer av stoffene på H11 og Ga3 enn på H6. Mye av B(a)P i bunnen gjenspeiler dette stoffets lange nedbrytningstid i sjøbunnen.

Sjøbunnen var moderat til sterkt forurenset av PCB og det var omtrent 10 ganger mer PCB på H11 og Ga3 enn på H6.

Tabell 3. Resultater fra sedimentanalyser fra Galeivågen. Analyser på blandprøver av tre grabber på hver stasjon. Totalt organisk karbon (TOC). Prosent innhold av leire og silt (< 0,063 mm). Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand. Merk at det brukes en annen ordbeskrivelse av tilstanden med hensyn til TOC enn for de miljøskadelige stoffene. Det er også tatt med noen resultater fra Moen 2001 og Bokn m.fl. 1996 (prøvested tilsvarende Ga3).

	Bokn m.fl.				
	-96 1995	Moen 2001 2001	2004 H6	2004 H11	2004 Ga3
TOC (mg/g)	-	38,9	15,0	86,0	92,0
% < 0,063 mm	-	14	9,3	25,6	35
TOC ₆₃ mg/g	-	-	31,3	99,4	104
Glødetap (%)	-	-	3,8	10,4	15,5
Tørrstoff %	-	36,8	79	31,9	25,4
Arsen (mg/kg)	-	-	6,8	35	38
Bly (mg/kg)	664	60,4	65	420	470
Kadmium (mg/kg)	1,1	0,611	0,12	1,3	1,5
Kobber (mg/kg)	748	67,3	190	760	890
Krom (mg/kg)	145	12,5	20	54	56
Kvikksølv (mg/kg)	11,5	1,29	0,64	7,6	9,1
Nikkel (mg/kg)	34,8	9,98	11	27	27
Sink (mg/kg)	717	124	210	1400	1100
Sum PAH (µg/kg)	42606	3502	2400	15000	15000
B(a)P (µg/kg)	3352	305	210	1500	1600
Sum PCB ₇ (µg/kg)	-	5,38	11	100	140
Sum PCB (PCB ₇ x2)	-	10,76	22	200	280
TBT (mg/kg)	-	-	1440	6850	8200

- = ikke målt/oppgitt i rapport

i.p. = ikke påvist

Kl. V, Meget sterkt forurenset
Kl. IV, Sterkt forurenset
Kl. III, Markert forurenset
Kl. II, Moderat forurenset
Kl. I, Ubetydelig - lite forurenset

TBT-innholdet tilsvarte SFT tilstand meget sterkt forurenset og var langt over grensen (100 µg/kg) for dårligste tilstand. Konsentrasjonen på H11 og Ga3, er blant de høyeste verdiene vi har funnet i slike undersøkelser.

Sannsynligvis skyldes forskjellen i forurensingsnivå på de tre stasjonene, at sedimentet var mer grovkornet på H6 enn på de andre to stedene. Det er ikke eventuelle lokale forurensningskilder som kan forklare forskjellen.

Sammenlignet med tidligere undersøkelser i Galeivågen, var forurensningsnivået til dels mye høyere enn i 2001 (resultatene fra H6 var nokså lik de i 2001) og mer på nivå med det som ble funnet i 1995. PAH innholdet var lavere enn i 1995.

Forurensningstilstanden var tilsvarende eller til dels mye høyere enn det som er funnet i Bangarvåg (Ness m.fl. 2003, Tvedten 2003b). I Bangarvåg kunne det ikke avgjøres hvor langt ned i sedimentet forurensningen var tilstede, men resultatene tydet på at de øverste 20-30 cm var forurenset. Trolig er sedimentet i Galeivågen forurenset like dypt nedover der det er så mye ”nyere” løsmasser på bunnen.

Oppsummering og konklusjon

Sjøbunnen i Galeivågen var til dels sterkt forurenset av miljøgifter og tilsvarende forhold er funnet i tidligere undersøkelser. Årsakene er hovedsakelig utslipp over lang tid fra lokal småindustri (båtverksteder, metallreturanlegg mm.) og tilførsler fra aktiviteten i småbåthavnene.

På de tre undersøkte stasjonene var det minst forurensning i bunnen nærmest utbyggingsområdet. Det skyldes sannsynligvis at det var grovere sediment der i forhold til på de to andre stedene.

Anleggsarbeidet kan forventes å føre til noe oppvirvling av det forurensede sedimentet. Siden tilstanden er minst like dårlig utenfor utbyggingsområdet midt i Galeivågen, vil sedimentspredning trolig ikke føre til forverring av bunntilstanden. Eventuell skadelige effekter kan forekomme i vannmassene, men vannvolumet som påvirkes vil trolig være lite. Det er lite strøm i området.

-Bruk av siltskjørt vil kunne redusere spredning av partikler.

-Tildekking av bunnen med fiberduk og ren masse kan forsegle forurensningen i grunnen.

-Ved eventuell mudring eller fjerning av masser kan det forventes at det må foretas en forsvarlig deponering/behandling av massene.

Referanser

- Bokn, T., T.M. Johnsen, J. Knutzen, E. Lømsland, F. Moy, K. Nygaard & B. Rygg 1996. *Resipientundersøkelser 1995 i sjøområdene rundt Stavangerhalvøya*. NIVA rapport 3493-96. 127 s + 3493A-96 (vedlegg).
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. Side 41-65 i N. A. Holme and A. D. McIntyre (eds) *Methods for the study of marine benthos*. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Gjerstad, K.O., Aas, E. & J. Frydenlund 2001. *Miljøgifter i fisk, skaldyr og sediment I havneområder og fjorder i Rogaland 1999-2000*. NMT rapport nr. 2001/5. SFT rapport nr. 839/01. Rapport RF-2001/294. (Åpen).
- Moen, K. 2001. *Undersøkelse av forurensning av sedimentene i Stavanger interkommunale havn*. Rapport uten oppgitt serie nr eller tilknyttet institusjon. 92 s. + vedlegg.
- 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.
- Ness, L.M., E. Bjørnbom & T. Møskeland 2003. *Kartlegging av miljøgifter i Bangarvågen og Vågen i Stavanger havn*. Det Norske Veritas, rapport nr 2003-0067.
- Systad, I.M., J. Laugesen, T. Møskeland, T. Winther-Larsen, A. Philstrøm & A. K. Arnesen 2004. *Veileder for håndtering av forurensede sedimenter*. Statens Forurensningstilsyn, TA-1979/2004, ISBN82-7655-474-1, Oslo. 58 s.
- Tvedten, Ø.F, 2003a. *Miljøundersøkelse av marine resipienter i Stavanger kommune, 2001-02*. Rogalandsforskning. Rapport RF-2003/080. 31 s. + vedlegg.
- Tvedten, Ø.F, 2003b. *Analyse av miljøgifter i Bangarvåg*. Rogalandsforskning. Rapport RF-2003/154. 6 s. + vedlegg. Konfidensiell.
- Ølnes, A. 2003. *Galeivågen, Hundvåg bydel. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering*. Siv.Ing. Albert Ølnes, rådgivende ingeniør i byggeteknikk og geoteknikk. 30.12.03.

Vedleggsoversikt

Vedlegg 1. Ord og uttrykk

Vedlegg 2. Analyserapporter

Vedlegg 1

Forklaring til noen ord og uttrykk

Aromater – organiske forbindelser hvor karbonatomene er bundet til hverandre i ring(er) og annenhver binding er en dobbeltbinding.

BaP – Benzo (a) pyren, fem ring struktur av PAH.

Deteksjonsgrense – den laveste verdien som kan påvises med metoden.

Finfraksjon – brukes her om partikler som er mindre enn 0,063 mm, det vil si leire og silt.

Glødetap – vektreduksjon av en prøve etter forbrenning. Et mål på innhold av organisk materiale.

H₂S – se hydrogensulfid.

Hydrogensulfid – (dihydrogensulfid, H₂S). Farveløs og meget giftig gass. Dannes ved reduksjon av sulfat til sulfid, i fravær eller mangel på oksygen. H₂S tyder på at miljøet er uten oksygen.

Hydrokarboner – organiske stoffer som består utelukkende av karbon- og hydrogenatomer. Det enkleste er metan, CH₄. De viktigste finnes i jordolje.

Leire – uorganiske partikler som er mindre enn 0,002 mm (< 2 µm)

Marin – det som har med havet å gjøre, Latin *mare*, havet.

Organisk – av biologisk opprinnelse, eller biologisk materiale. Inneholder karbon.

Organisk materiale – organisk stoff, av biologisk opprinnelse.

PAH – (Polyaromatiske hydrokarboner), eller tjærestoffer, er en gruppe forbindelser som består av 2 til 6 aromatiske benzen ringer.

Parameter – konstant i en ligning (se koeffisient). Representerer ofte variable som man velger en konstant verdi for som ledd i en forenkling av en matematisk modell. Brukes her også som en betegnelse på en type egenskap som kan observeres, måles eller beregnes, for eksempel næringssalt.

PCB (polyklorerte bifenyler). Dette er forbindelser som har blitt brukt i blant annet transformatorer, kjøle(apparat), maling. På grunn av ekstrem lav nedbrytbarhet og giftighet overfor organismer, er PCB regnet som en av de verste miljøgiftene. De er nå mer eller mindre faset ut av bruk i Norge.

Resipient – vannforekomst som mottar tilførsler av antropogen (menneskeskapt) opprinnelse. Begrepet brukes ofte i forbindelse med forurensninger, f. eks. ved utslipp av kommunalt avløpsvann eller prosessvann fra industri.

Salinitet – saltholdighet.

Sediment – bunnslam, løsmasser som ligger på sjøbunnen

Sedimenter/sedimentasjon – partikler som synker ut fra vannmasse og til bunn

Silt – uorganiske partikler som er større enn 0,002 mm (< 2 µm) og mindre enn 0,063 mm (<63 µm).

TBT – Tributyltinn, antibegroingsmiddel i skipsmaling

THC – (Total Hydrocarbon Content) et mål på det totale innhold av hydrokarboner, uten å skille mellom hvilke komponenter som inngår.

TN – total nitrogen, et mål på mengde nitrogen i en prøve.

TOC – totalt organisk karbon, et mål på innhold av organisk materiale

Toksisk – giftig

Topografi – beskrivelse av terrengets fasing, i havet bunntopografi.

Uorganisk – inneholder ikke karbon (unntak karbonoksider), ”ikke biologisk”.

Resultater fra kornfordelingsanalyser

Stasjon: H6 Galeivågen

Prøveinnsamling:

Ref.nr.: st04-931-1

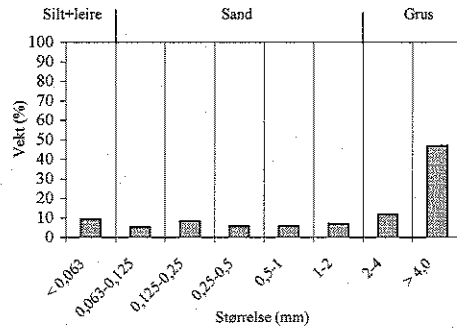
Analyse dato: 22-24.03.04

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi ϕ	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4,0	> +2	35,41	46,8	100,0
2-4	+1 - +2	8,94	11,8	53,2
1-2	0 - +1	5,33	7,1	41,3
0,5-1	1-0	4,42	5,8	34,3
0,25-0,5	2-1	4,32	5,7	28,4
0,125-0,25	3-2	6,25	8,3	22,7
0,063-0,125	4-3	3,91	5,2	14,5
< 0,063	< 4	7,02	9,3	

Innveiet prøve inkl. org. stoff 75,60

Glødetap 3,8 %



Stasjon: H11 Galeivågen

Prøveinnsamling:

Ref.nr.: st04-931-2

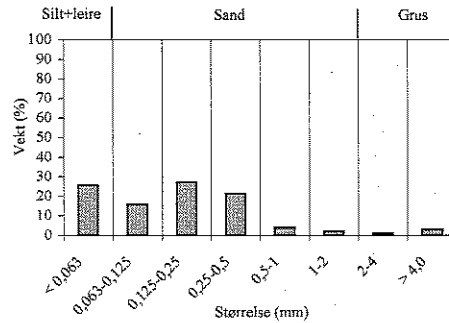
Analyse dato: 22-24.03.04

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi ϕ	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4,0	> +2	0,73	2,9	100,0
2-4	+1 - +2	0,30	1,2	97,1
1-2	0 - +1	0,53	2,1	95,9
0,5-1	1-0	0,96	3,9	93,7
0,25-0,5	2-1	5,32	21,4	89,9
0,125-0,25	3-2	6,76	27,1	68,5
0,063-0,125	4-3	3,92	15,7	41,4
< 0,063	< 4	6,38	25,6	

Innveiet prøve inkl. org. stoff 24,90

Glødetap 10,4 %



Stasjon: Ga3 Galeivågen

Prøveinnsamling:

Ref.nr.: st04-931-3

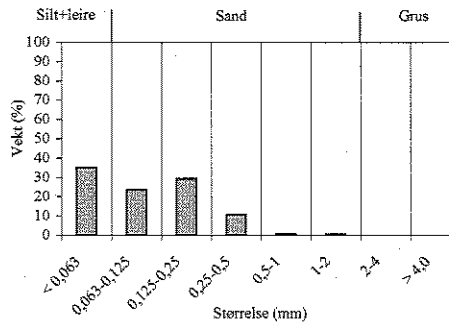
Analyse dato: 22-24.03.04

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi ϕ	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4,0	> +2		0,0	100,0
2-4	+1 - +2		0,0	100,0
1-2	0 - +1	0,12	0,5	100,0
0,5-1	1-0	0,18	0,8	99,5
0,25-0,5	2-1	2,47	10,7	98,7
0,125-0,25	3-2	6,76	29,3	88,0
0,063-0,125	4-3	5,49	23,8	58,7
< 0,063	< 4	8,08	35,0	

Innveiet prøve inkl. org. stoff 23,10

Glødetap 15,5 %



RF-Rogalandforskning
Postboks 8046
N-4068 STAVANGER

Registrernr.: 352604
Kundenr.: 50032
Ordrenr.: 350241

att.: Øyvind Fridtjov Tvedten

Modt. dato.: 2004.03.22
Sidenr.: 1 af 1

FAX-ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: RF-Rogalandforskning
Postboks 8046, N-4068 STAVANGER,
Prøvested.....: **Galeivågen**
Prøvetype.....: Sediment, 3 prøver
Prøveudtagning..:
Prøvetager.....: Ikke oplyst
Kundeoplysninger:
Analyseperiode..: 2004.03.22 -

Prøvemærke:	H6	H11	G& 3 Enheder	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Arsen (As)	6.8	35	38 mg/kg ts.	2.0	MK1061-ICP	15
Bly (Pb)	65	420	470 mg/kg ts.	3.0	MK1061-ICP	15
Kadmium (Cd)	0.12	1.3	1.5 mg/kg ts.	0.10	MK1061-ICP	15
Krom (Cr)	20	54	56 mg/kg ts.	1.0	MK1061-ICP	15
Kobber (Cu)	190	760	890 mg/kg ts.	3.0	MK1061-ICP	15
Kvikksølv (Hg)	0.64	7.6	9.1 mg/kg ts.	0.010	MK1090-Coldvap.	15
Nikkel (Ni)	11	27	27 mg/kg ts.	1.0	MK1061-ICP	15
Sink (Zn)	210	1400	1100 mg/kg ts.	5.0	MK1061-ICP	15

Tegnforklaring:

< : mindre end. i.p. : ikke påvist.
> : større end. i.m. : ikke målelig.
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

den 23. marts 2004

Einar Richter Jordfald



GfA

Date: March 16, 2004

Page 1 of 2

Test report

63724-114 P01 079

Dyvind Fridtjov Tvedten

Client: RF-Rogalandsforskning
Postboks 8046
N-4068 Stavanger
Norway

Order dated: March 08, 2004

Sample:

Client's sample No.	Eurofins sample No.	Sample characterization	Client sample No.
Galeivågen, H6	352466-01	Sediment	4N076901
Galeivågen, H11	352466-02	Sediment	4N076902
Galeivågen, Ga 3	352466-03	Sediment	4N076903

Testing: Analysis for organotin compounds.

Sampling: The samples were sent to GfA by Eurofins, Oslo.

Sample entry: March 09, 2004

Test method: **Sample Preparation:**
Homogenisation of the sample material; addition of tripropyltinchloride as recovery internal standard (RIS); extraction by means of acetone, n-hexane and simultaneous derivatization by means of sodiumtetraethylborate at pH 4.5; clean up of the extract by liquid chromatography using Al₂O₃; analysis of the organotin compounds with GC/MS; quantification with internal standard Tetrapentyltin which is added before GC injection

Results: The results of the analysis of the sample for organotin compounds were shown in Table 01.

02534 807110

GfA Test report No. 63724-114 P01 079

Date: March 16, 2004

Page 2 of 2

Tab. 01: Results of the analysis of three sediment samples for organotin compounds; the results refer to the dry mass (m_D) of the sample material

Client's sample No.	Galeivågen, H6	Galeivågen, H11	Galeivågen, Ga 3
Eurofins sample No.	352466-01	352466-02	352466-03
GfA sample No.	4N076901	4N076902	4N076903
Unit	$\mu\text{g}/\text{kg } m_D$	$\mu\text{g}/\text{kg } m_D$	$\mu\text{g}/\text{kg } m_D$
Organotin cation			
Monobutyltin (MBT)	245	320	361
Dibutyltin (DBT)	1060	3080	3790
Tributyltin (TBT)	1440	6850	8200
Tetrabutyltin (TTBT)	17,0	70,1	96,0
Monooctyltin (MOT)	1,1	2,2	2,1
Diocetyl tin (DOT)	2,9	4,7	6,0
Tricyclohexyltin (TCyT)	< 1,8	< 13,1 ^a	< 23,2 ^a
Triphenyltin (TPhT)	173	882	461
Unit	$\mu\text{g Sn} / \text{kg } m_D$	$\mu\text{g Sn} / \text{kg } m_D$	$\mu\text{g Sn} / \text{kg } m_D$
Organotin cation			
Monobutyltin (MBT)	165	216	244
Dibutyltin (DBT)	538	1570	1930
Tributyltin (TBT)	591	2800	3350
Tetrabutyltin (TTBT)	5,8	24,0	32,8
Monooctyltin (MOT)	0,6	1,1	1,1
Diocetyl tin (DOT)	1	1,6	2,1
Tricyclohexyltin (TCyT)	< 0,6	< 4,2 ^a	< 7,5 ^a
Triphenyltin (TPhT)	58,5	299	156
Dry mass [%]	77,2	30,7	24,5

The values are rounded to max. three significant digits.

< : not detected at the indicated limit of quantification (LOQ)

(a) : Higher detection limit due to interfering compounds

March 16, 2004



Dr. D. Stegemann

Remark: The test results relate only to the items tested. Extracts of the report shall not be reproduced without written approval of the GfA mbH.

RF-Rogalandforskning
Postboks 8046
N-4068 STAVANGER

Registrernr.: 352466
Kundenr.: 50032
Ordrenr.: 350241

att.: Øyvind Fridtjov Tvedten

Modt. dato.: 2004.03.05
Sidenr.: 1 af 2

FAX-ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: RF-Rogalandforskning
Postboks 8046, N-4068 STAVANGER,
Prøvested.....: **Galeivågen**
Prøvetype.....: Sediment, 3 prøver
Prøveudtagning...:
Prøvetager.....: Ikke oplyst
Kundeoplysninger:
Analyseperiode...: 2004.03.05 -

Prøveforberedelse:

Prøvemærke:	H6	H11	Ga 3 Enheder	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Tørrstoff	79.0	31.9	25.4 %	0.0020	MK2060	5
TOC, totalt organisk karbon	14700	86200	91800 mg/kg ts.	2.0	ISO 10694	10
PAH- forbindelser						
Naftalen	0.024	0.083	0.14 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Acenaftylen	0.020	0.15	0.12 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Acenaften	0.024	0.091	0.12 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Fluoren	0.032	0.16	0.14 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Fenantren	0.25	1.3	1.1 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Antracen	0.074	0.50	0.37 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Fluoranten	0.33	2.0	1.9 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Pyren	0.28	1.9	1.8 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Benzo(a)antracen	0.19	1.3	1.2 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Krysen/Trifenylene	0.20	1.2	1.2 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Benzo(b+j+k)fluoranten	0.38	2.6	2.8 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Benzo(a)pyren	0.21	1.5	1.6 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0.13	0.85	0.90 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Dibenzo(a,h)antracen	0.046	0.33	0.35 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Benzo(g,h,i)perylene	0.15	0.93	0.91 mg/kg ts.	0.002	MK2060-GC/MS	12
Sum 16 PAH (16 EPA)	2.4	15	15 mg/kg ts.			
Polyklorerede bifenyler (PCB)						
PCB nr. 28	<0.001	<0.001	<0.001 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15
PCB nr. 52	0.001	0.020	0.014 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15
PCB nr. 101	0.002	0.024	0.021 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15
PCB nr. 118	0.003	0.029	0.038 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15
PCB nr. 138	0.003	0.023	0.032 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15
PCB nr. 153	0.002	0.019	0.020 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15
PCB nr. 180	0.001	0.010	0.011 mg/kg ts.	0.001	MK2060-GC/MS	15

Tegnforklaring:

< : mindre end. i.p. : ikke påvist.
> : større end. i.m. : ikke målelig.
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

RF-Rogalandforskning
Postboks 8046
N-4068 STAVANGER

Registrernr.: 352466
Kundenr.: 50032
Ordrenr.: 350241

att.: Øyvind Fridtjov Tvedten

Modt. dato.: 2004.03.05
Sidenr.: 2 af 2

FAX-ANALYSERAPPORT

Rekvirent..... RF-Rogalandforskning
Postboks 8046, N-4068 STAVANGER,
Prøvested..... **Galeivågen**
Prøvetype..... Sediment, 3 prøver
Prøveudtegning...
Prøvetager..... Ikke oplyst
Kundeoplysninger:
Analyseperiode... 2004.03.05 -

Prøvenummer:	H6	H11	Ga 3	Enheder	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Sum 7 PCB	0.011	0.10	0.14	mg/kg ts.		MK2060-GC/MS	15

Analysekommentarer:

Sum PAH minus naftalen i prøvene er som følger:

H6	2,4	mg/kg ts.
H11	15	mg/kg ts.
Ga 3	15	mg/kg ts.

Tegnforklaring:

< : mindre end. i.p. : ikke påvist.
> : større end. i.m. : ikke målelig.
RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

den 17. marts 2004

Einar Richter Jordfald