

# **FFI RAPPORT**

## **KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I FREGATTEN KNM STAVANGER - Miljøgifter i maling**

JOHNSEN Arnt

**FFI/RAPPORT-2001/04758**



FFIBM/813/138.2

Godkjent  
Kjeller 23 oktober 2001

Bjørn Arne Johnsen  
Forskningsjef

**KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I  
FREGATTEN KNM STAVANGER - Miljøgifter i  
maling**

JOHNSEN Arnt

FFI/RAPPORT-2001/04758

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge



P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2001/04758	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 24
1a) PROJECT REFERENCE FFIBM/813/138.2	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I FREGATTEN KNM STAVANGER - Miljøgifter i maling  ASSESSMENT OF TOXIC CHEMICALS IN THE FRIGATE KNM STAVANGER - Toxic chemicals in paint		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) JOHNSEN Arnt		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>Marine paint</u>	a) <u>Skipsmaling</u>	
b) <u>Toxic chemicals</u>	b) <u>Miljøgifter</u>	
c) <u>Vessel</u>	c) <u>Fartøy</u>	
d) <u>Dispose of</u>	d) <u>Avhending</u>	
e) _____	e) _____	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT FFI has in cooperation with SFK selected the frigate KNM Stavanger for assessment of products and materials for content of toxic chemicals, which will be of concern at disposal. This report presents results after assessment of toxic chemicals in paint.  High levels of antimony, lead, chromium and zinc were found in paint from the interior of the vessel, which indicate containment of old types of paints. There were also found small amounts of PCBs in this paint. Paint from the exterior of the vessel contained low concentrations of heavy metals and no PCBs were detected, except in paint from the deck of the vessel were small amounts of PCB and some zinc were found. These data indicate that the exterior of the vessel only contains new types of paints. The antifouling on the vessel contain very high levels of cobber and probably remnants of tributyltin.  The total amount of heavy metals and PCB in the paint is calculated. The amount of lead can be compared with the amount released each year from a Norwegian smelting plant and the amount of PCB is much lower than the amount in one small capacitor. Independent of how the vessel will be disposed of, it is not likely that the amount of toxic chemicals in paint will represent a problem for the environment.		
9) DATE 23 October 2001	AUTHORIZED BY This page only Bjørn Arne Johnsen	POSITION Director of Research

ISBN-82-464-0558-6

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



**INNHOOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	MILJØGIFTER I SKIPSMALING	7
3	MALINGSPRODUKTER BENYTTET I SJØFORSVARET	8
4	PRØVETAKING AV MALING PÅ KNM STAVANGER	9
5	ANALYSER AV MILJØGIFTER	9
6	RESULTATER	10
6.1	Måling av tungmetaller	10
6.2	Måling av PCB	13
6.3	Påvisning av PAH	14
7	BEREGNING AV MENGDE MILJØGIFTER PÅ KNM STAVANGER	15
8	KONKLUSJON	16
<b>APPENDIKS</b>		
A	ANALYSERAPPORTER	17
	Litteratur	23
	Fordelingsliste	24





## **KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I FREGATTEN KNM STAVANGER - Miljøgifter i maling**

### **1 INNLEDNING**

Forsvaret er inne i en fase der det i løpet av de neste 10 årene vil anskaffes en rekke nye fartøyer. Det vil derfor være behov for å avhende en rekke fartøyer i denne tidsperioden. Da fartøyene som skal avhendes er bygd for mange år tilbake, er det ikke usannsynlig at det foreligger produkter og materialer i disse fartøyene som kan inneholde en rekke miljøgifter. Undersøkelser som er gjort har vist at det er meget høye konsentrasjoner av en rekke miljøgifter i sedimentene utenfor norske skipsverft (1). Det er derfor trolig at det finnes en rekke miljøgifter i produkter og materialer på fartøyer som i første rekke under vedlikehold er blitt tilført det marine miljø. Kilden til noen av disse miljøgiftene kan være skipsmaling. En kan derfor ikke i utgangspunktet utelukke at skipsmaling kan forårsake forurensninger av det marine miljø både ved avhending og under vedlikehold av fartøyer.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har derfor i samarbeid med Sjøforsvarets forsyningskommando (SFK) valgt ut fregatten KNM Stavanger for å undersøke om noen produkter eller materialer inneholder mengder av miljøgifter som kan være av betydning ved avhending og vedlikehold. Denne rapporten presenterer de resultater som har fremkommet etter undersøkelser av miljøgifter i maling på fartøyet. Miljøgifter i andre produkter og materialer vil bli belyst i en senere rapport.

### **2 MILJØGIFTER I SKIPSMALING**

Skipsmaling har vært benyttet i lang tid for å beskytte fartøyer mot både biologisk og kjemisk nedbrytning. For å gi malingen egenskaper mot korrosjon, begroing samt nedbrytning i tillegg til å gi malingen mekanisk styrke og fleksibilitet er malingen tilsatt en rekke forbindelser. En rekke av de forbindelsene som har vært benyttet og som fortsatt benyttes i dag er giftige for både mennesker og andre organismer.

Bunnstoffer er en av de malingstyper som inneholder store mengder med miljøgifter nettopp for å hindre at organismer fester seg til skutebunnen. I denne type maling har det i stor grad opp i gjennom tidene vært benyttet store mengder kobber. Etter hvert overtok bunnstoffer der i hovedsak tributyltinn (TBT) var tilsatt. Etter hvert innså en at TBT var svært miljøskadelig for det marine miljø og det ble satt inn restriksjoner i bruken av dette på slutten av 80-tallet, noe som førte til at kobberholdige bunnstoffer i stor grad overtok igjen. I tidligere tider ble det benyttet både arsen, kvikksølv og plantevernmidlet DDT som begroingshindrende midler (2).

Andre tungmetaller i skipsmaling har vært og benyttes delvis i dag som pigmenter,

flammehemmende middel, fyllstoffer eller for å hindre korrosjon (2). De viktigste av disse tungmetallene er bly, krom, sink, barium og antimon. Bly, krom og sink har i hovedsak vært tilsatt som korrosjonshindrende pigment, mens barium er tilsatt i første rekke som fyllstoff men også som pigment. Antimon ble benyttet i maling som flammehemmende middel og som pigment.

Fram til begynnelsen av 90-tallet ble klorkautsjuk (klorert rågummi) benyttet som bindemiddel i skipsmaling. For å bedre egenskapene til klorkautsjuk baserte malinger, ble polyklorete bifenyler (PCB) tilsatt som mykgjørere. PCB gav også utmerket beskyttelse mot fuktighet, kjemikalier, korrosjon og brann. Vanligvis inneholdt klorkautsjuk omkring 10 % PCB, mens den ferdige malingen inneholdt omkring 2 % PCB. I 1973 innførte OECD restriksjoner i bruken av PCB (3) og PCB ble faset ut fra malingen og erstattet med klorerte parafiner. Bruken av PCB holdig maling i Norge er vist i Tabell 2.1 (4). Av et forbruk på om lag 44 tonn PCB i skipsmaling brukt i Norge antas det at om lag 7 tonn fortsatt finnes på fartøyer (5).

<i>År</i>	<i>Tonn</i>
< 1969	35 - 40
1969	10
1970	12
1971	11
1972	2 - 3
1973	0

*Tabell 2.1 Forbruket av PCB holdig maling i Norge*

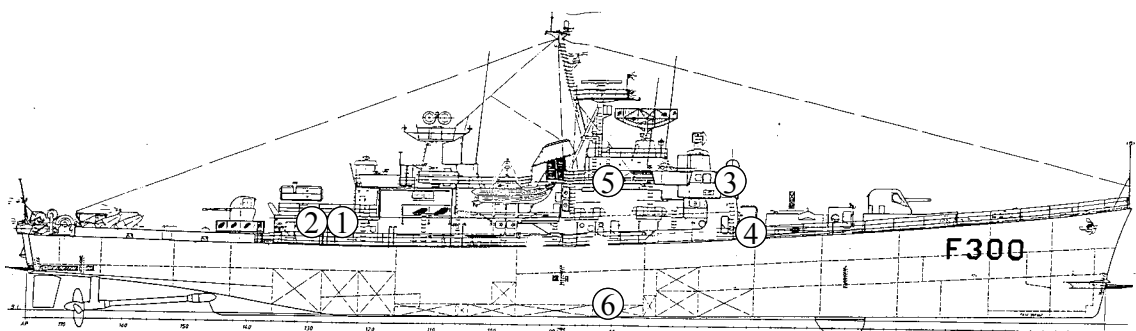
### **3 MALINGSPRODUKTER BENYTTET I SJØFORSVARET**

Etter omkring midten av 80-tallet har Sjøforsvaret i hovedsak benyttet malingsprodukter fra Jotun. Før denne tid er det noe usikkert hvem som har vært hovedleverandør av skipsmaling, men det er ikke usannsynlig at enten Monopol Maling- og lakkindusti A/S eller International Farvefabrikk A/S har vært leverandør til Sjøforsvaret. I henhold til SFK finnes det ikke noen oversikt over alle de malingsproduktene som har vært benyttet i Sjøforsvaret eller på KNM Stavanger spesielt. Både tekniske produktetablad og HMS datablad for de malingsproduktene som Sjøforsvaret har benyttet de siste årene er gjennomgått uten å finne at noen miljøgifter er spesifisert i disse bortsett fra i bunnstoffer. Om det finnes innhold av giftige forbindelser i disse malingsproduktene må konsentrasjonen være så lav at forbindelsene ikke er merkepliktig. Det vil si at konsentrasjonen er lavere enn 0,1 % for stoffer som er klassifisert som miljøskadelige med symbol N eller lavere enn 1 % for stoffer som er klassifisert som miljøskadelige uten symbol N.

#### 4 PRØVETAKING AV MALING PÅ KNM STAVANGER

Fartøyet ble bygget på midten av 60-tallet ved Marines Hovedverft i Horten og på den tiden var det fortsatt tillatt å tilsette en rekke miljøgifter i maling. I henhold til SFK har fartøyet vært sandblåst flere ganger utvendig, slik at det her vil være forholdsvis ny maling. Innvendig har dette derimot ikke vært foretatt, slik at det her finnes maling fra fartøyet var nytt. Det er derfor størst sannsynlighet for at det kan finnes malingsprodukter med innhold av miljøgifter av betydning innvendig. I henhold til SFK er det stor sannsynlighet for at det er benyttet samme type maling overalt innvendig, på samme måte som det er benyttet samme type maling utvendig. Etter som det ikke er kjent hvilke malingstyper som har vært benyttet på KNM Stavanger siden båten var ny, var det nødvendig å ta en del prøver av malingen for å identifisere mulige miljøgifter i malingen.

Det ble tatt seks prøver på forskjellige steder på fartøyet, og i Figur 4.1 er lokaliseringen av prøvepunktene vist. Det ble tatt prøve fra utvendig overbygg ①, innvendig overbygg ②, innvendig styrhus ③, fordekk ④, aluminiumsdør utvendig ⑤ og skutebunn i maskinrom ⑥.



Figur 4.1 Lokalisering av steder der det ble tatt malingsprøve på KNM Stavanger

Malingsprøvene ble tatt ved å meisle ut en tilstrekkelig mengde fra den malte flaten så langt som mulig helt inn til stålet. Det ble benyttet et elektronisk måleinstrument til å måle tykkelsen på malingsfilmen. Etter som SFK ikke hadde informasjon om størrelsene på det malte arealet innvendig i fartøyet og utvendig på overbygget, ble det gjort estimater over dette ved å foreta målinger.

#### 5 ANALYSER AV MILJØGIFTER

Det ble valgt å gjøre målinger av tungmetaller og PCB i tillegg til at det ble utført en kvalitativ undersøkelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Det ble benyttet et røntgenfluorescensinstrument (XRF) for identifisering av mulige tungmetaller i malingen og for å se om det var mulig å bestemme konsentrasjonen av tungmetaller i malingen ved en direkte måling på utsiden av den malte flaten. Instrumentet som FFI benytter er en NITON XL-722S fra Niton Corporation, USA. Instrumentet kan påvise en rekke forskjellige tungmetaller, der alle de åtte prioriterte tungmetallene blant annet inngår. For å se hvor godt instrumentet fungerte for bestemmelse av tungmetaller i maling, ble

malingsprøven knust til pulver og målt i instrumentet. En delprøve ble også oppløst i syre og analysert med ICP-AES av Forsvarets laboratorietjeneste (FOLAT). I Tabell 5.1 er utveid mengde av de ulike malingsprøvene vist samt volumet av oppløst prøve.

	<i>Mengde prøve, Volum,</i>	
	<i>g</i>	<i>ml</i>
Overbygg utvendig	0,5896	100
Overbygg innvendig	0,6300	100
Styrhus innvendig	0,5348	100
Fordekk	0,6397	100
Maskingrom	0,7453	100
Overbygg Al -dør	0,4763	100

Tabell 5.1 Utveid mengde og volum av syreoppløst malingsprøve

Analyser av PCB i malingsprøvene ble foretatt ved FFI. En del av malingsprøvene ble ekstrahert med heptan i mikrobølgeovn. Heptanekstraktet ble så oppkonsentrert før det ble renset på en silikakolonne og renset med konsentrert svovelsyre. Heptanekstraktet ble analysert på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen ble gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det ble foretatt måling av de syv PCB kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

Det ble foretatt en kvalitativ måling for å få indikasjoner på om det kunne være innhold av PAH i malingsprøvene. Dette ble gjort ved å måle fluorescensen til samme ekstrakt som ble benyttet til analyser av PCB. Eksitasjonen ble foretatt ved 254 nm, mens emisjonen ble skannet fra 350 nm til 450 nm. Som kontroll ble det benyttet en standardløsning med PAH.

## 6 RESULTATER

### 6.1 Måling av tungmetaller

I Tabell 6.1 er det vist hvilke konsentrasjoner av tungmetaller som ble målt ved direkte måling av malingsflak med XRF, måling av pulverisert malingsprøver med XRF og analyse av pulverisert maling med ICP-AES. I appendiks A er analyserapporten fra FOLAT vist.

I malingsprøve tatt fra utvendig overbygg, ble det kun funnet lave mengder av prioriterte tungmetaller, noe som indikerer at det på overbygget ikke er rester av gamle malingstyper. Dette stemmer også med informasjon fra SFK som beskriver at fartøyet har vært sandblåst flere ganger siden det var nytt. I de to prøvene som ble tatt innvendig på veggene, ble det påvist antimon i forholdsvis høye konsentrasjoner. I disse prøvene ble det også funnet en god del bly, krom og sink, noe som viser at malingsfilmen innvendig på fartøyet inneholder gamle malingstyper. I malingen tatt fra dekk utvendig, ble det funnet lave mengder med prioriterte tungmetaller, bortsett fra sink som ble funnet i moderate mengder. Dette indikerer at dekket

utvendig sannsynligvis er sandblåst etter at fartøyet var nytt og at det i dag er påført relativt nye malingstyper her. I malingsprøve tatt fra skroget i maskinrommet ble det funnet en del bly og sink, noe som viser at det også her finnes lag av gammel maling. Bortsett i fra sink ble det funnet lave mengder av prioriterte tungmetaller i malingsprøven tatt fra aluminiumsdøren på overbygget.

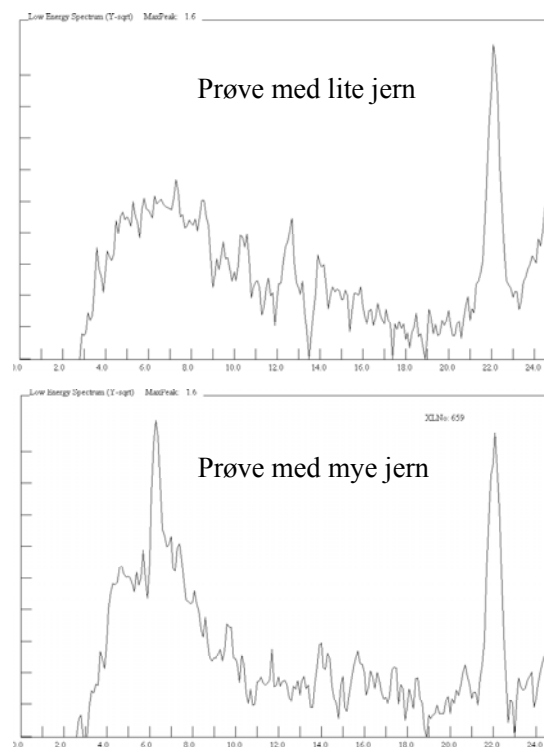
	<i>Arsen</i>	<i>Antimon</i>	<i>Barium</i>	<i>Bly</i>	<i>Kadmium</i>	<i>Kobber</i>	<i>Krom</i>	<i>Kvikksølv</i>	<i>Nikkel</i>	<i>Sink</i>	<i>Tinn</i>
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Overbygg utvendig	< 19	< 73	3700	< 20	75	< 100	830	< 8	470	250	< 200
	< 20	70	9500	< 20	130	< 100	760	< 10	220	200	230
	5	7	10000	20	0,7	32	119	< 0,002	105	161	< 3
Overbygg innvendig	140	26400	1000	1900	490	< 830	6800	< 40	630	99400	< 360
	< 130	42000	70	3000	< 150	< 230	580	< 24	< 170	5300	< 390
	65	6670	49	2700	3,2	56	794	0,097	25	4130	< 3
Styrhus innvendig	250	10700	< 40	3700	< 68	< 120	320	< 28	< 150	510	< 210
	< 110	16000	< 50	2000	< 90	< 180	890	< 20	< 150	3800	< 260
	19	7300	30	2060	1,9	43	1520	0,037	6	3740	< 3
Dekk utvendig	< 28	< 93	16400	140	210	< 165	380	< 10	< 240	3300	< 200
	< 35	< 100	18000	240	260	< 140	1000	< 10	220	2600	470
	5	11	16600	156	0,6	84	188	< 0,002	92	938	< 3
Maskinrom	390	< 75	94	5500	< 68	3700	< 650	< 21	< 450	94566	< 200
	< 200	< 90	1100	7900	< 58	< 530	730	52	800	44000	< 180
	4	11	818	5770	1,3	134	46	0,039	31	22800	< 3
Al-dør utvendig	< 15	< 70	< 42	< 15	< 55	< 140	< 210	< 10	< 120	3400	< 180
	6	4	10	23	0,8	19	57	< 0,002	55	3990	< 3

Tabell 6.1 Målte konsentrasjoner av tungmetaller i malingsprøver ved bruk av røntgenfluorescensinstrument og ICP-AES. *Blåe tall* viser konsentrasjonen i malingsflak ved bruk av røntgenfluorescensinstrument, *oransje tall* viser konsentrasjonen i pulverisert maling ved bruk av røntgenfluorescensinstrument og *grønne tall* viser konsentrasjonen i pulverisert maling ved bruk av ICP-AES

Ut fra de målinger som er gjort med XRF, viser det seg at målinger direkte på overflaten av malte flater gir indikasjoner på mengden tungmetaller i malingen. For arsen gir XRF målinger av pulverisert maling best overensstemmelse med målinger gjort med ICP-AES. Dette gjelder også for barium, kobber og sink. For antimon og tinn er det en direkte XRF måling av overflaten som gir mest sammenfallende resultater med målinger som er gjort med ICP-AES. Det er ikke noen vesentlig forskjell mellom de ulike målingene gjort på bly. XRF måling av kadmium gir for de fleste prøver en kraftig overestimert konsentrasjonen i forhold til måling med ICP-AES. For krom og nikkel er det litt varierende resultater, og det er ikke en klar trend at XRF måling av pulverisert maling gir bedre overensstemmelse med ICP-AES måling enn direkte XRF måling av malt overflate.

Årsaken til at noen metaller ble til dels kraftig overestimert med XRF kan være at malingen inneholder forbindelser som fører til at røntgenspektret får en del forstyrrelser. Denne

forklaringen er også sannsynlig årsak til at det ble påvist en del metaller (f eks sølv i relativt store mengder) i malingen som med meget stor sannsynlighet ikke kan være tilstede i malingen. Det ser ut til at et høyt innhold av jern i prøvene kan være årsaken til dette fenomenet, ettersom det er tydeligst i prøver med høyt innhold av jern. Emisjonsspekter for en prøve med et høyt og et lavt innhold av jern er ikke veldig forskjellige (Figur 6.1) ved bruk av  $^{241}\text{Am}$  som strålekilde, slik at det kan også være andre forbindelser i prøvene som medvirker til en kraftig overestimering av enkelte tungmetaller.



Figur 6.1 Emisjonsspekter for en prøve med lite jern og en prøve med mye jern ved bruk av  $^{241}\text{Am}$  som strålekilde

Som det fremgår av kapittel 4 er det ikke tatt prøver av bunnstoff fra fartøyet. I 1997 utførte imidlertid FFI en analyse av utvalgte tungmetaller og PCB i to bunnstoff som SFK benyttet. Det ble ikke funnet PCB i bunnstoffene, men det ble funnet høye konsentrasjoner av kobber og tinn. SFK er gått bort fra å benytte bunnstoff som inneholder tinn og beregningene er derfor basert på innhold av tungmetaller i Seavictor 50. Analyserapporten fra FFI er gjengitt i appendiks A, mens Tabell 6.2 viser konsentrasjoner av de målte tungmetallene.

	<i>Bly,</i> mg/kg	<i>Kadmium,</i> mg/kg	<i>Kobber,</i> mg/kg	<i>Tinn,</i> mg/kg
Seamate HB 33	319	13,2	94600	19600
Seavictor 50	414	2,4	200000	< 60
Jotamastic 87	4	< 0,09	5,5	< 60

Tabell 6.2 Målte konsentrasjoner av utvalgte tungmetaller i bunnstoff og primer

## 6.2 Måling av PCB

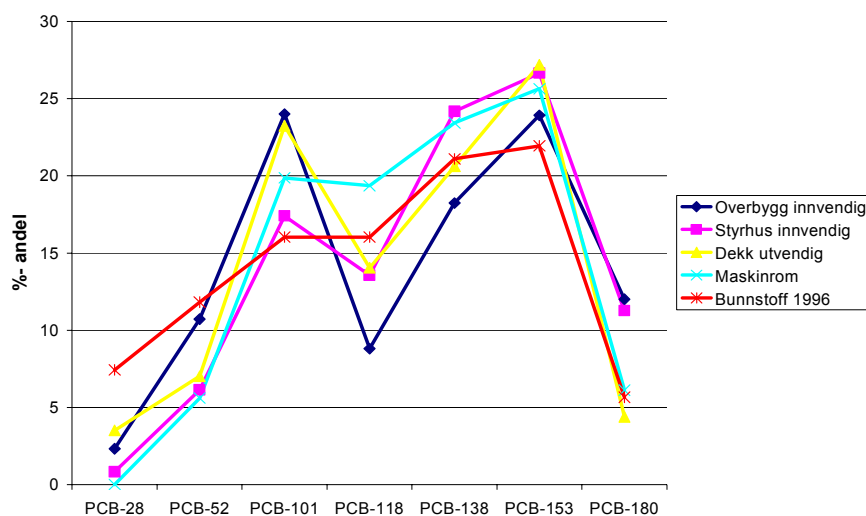
I to malingsprøver ble det ikke påvist PCB. Disse to prøvene er tatt fra områder der det er blitt sandblåst og viser at den malingen som har vært benyttet de siste årene ikke har inneholdt PCB. I alle de andre malingsprøvene ble det funnet mindre mengder PCB, der konsentrasjonen var høyest i malingsprøver tatt innvendig på vegger. Ut fra tykkelsen på malingsfilmen er det sannsynligvis ikke flere enn ti malingslag i malingsfilmen. Om et av disse malingslagene var en tradisjonell PCB holdig maling, skulle konsentrasjonen av PCB i malingsfilmen vært omkring tusen ganger høyere enn det som ble målt. Det er derfor lite sannsynlig at en tradisjonell PCB holdig maling har vært benyttet på fartøyet. Det kan imidlertid være mulig at det har vært benyttet en type maling som kun har inneholdt spormengder av PCB. PCB har vært tilsatt både hydraulikkolje og kondensatorolje og søl av slik olje i maskinrom eller på dekk utvendig kan ikke utelukkes å være årsaken til at det ble funnet PCB i disse malingsprøvene.

	<i>PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153, PCB-180, <math>\Sigma</math> PCB<sub>7</sub>,</i>							
	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>	<i>µg/kg</i>
Overbygg utvendig	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Overbygg innvendig	29	134	300	110	228	299	150	1250
Styrhus innvendig	9	67	190	148	264	291	123	1092
Dekk utvendig	8	16	53	32	47	62	10	228
Maskinrom	< 5	33	117	114	138	151	36	589
Al-dør utvendig	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Tabell 6.3 Målte konsentrasjoner av PCB i de ulike malingsprøvene

Alle malingsprøvene viser en tilnærmet lik kongenerfordeling med høyt nivå av PCB-101, PCB-138 og PCB-153. Det kan derfor tyde på at det er den samme PCB kilden i de ulike malingsprøvene. Det er derfor mest sannsynlig at det er blitt påført en type maling som har inneholdt spormengder av PCB. En lignende kongenerfordeling ble funnet i en malingsprøve av avskrapet bunnstoff fra et lite fartøy ved Haakonssvern orlogsstasjon i 1996 (6). En sammenligning av kongenerfordelingen av PCB i malingsprøvene opp mot kongenerfordelinger av PCB i tekniske blandinger (7) viser ingen direkte likhet. I skipsmaling er det mest trolig at Aroclor 1254, Kanechlor KC-500 og Kanechlor KC-600 er benyttet (7). Ut fra kongenerfordelingen i malingsprøvene er det sannsynlig at den inneholder en blanding av flere tekniske PCB-blandinger. Kongenerfordelingen i malingsprøvene er veldig lik det som er

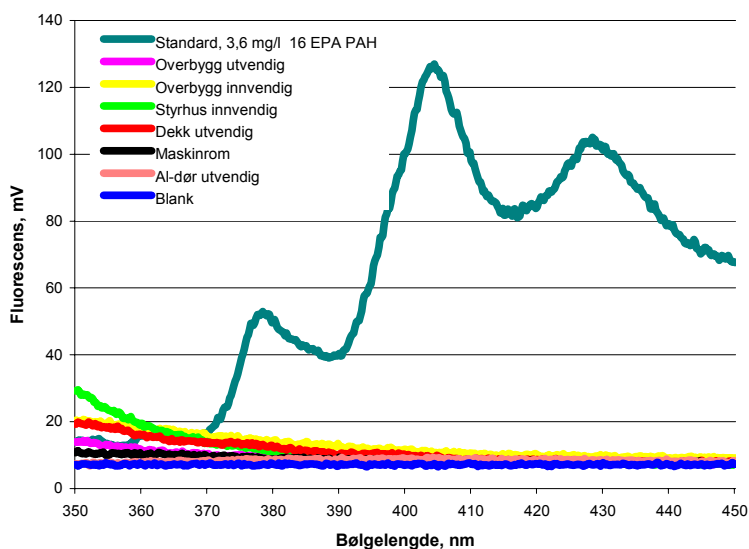
funnet i sedimentene ved Akershuskaien i Oslo (7), mens det i sedimentene ved Haakonsværn orlogsstasjon er en større andel av de lavklorerte kongenerene (8,9) enn det som ble funnet i malingsprøvene.



Figur 6.2 Kongenerfordeling av PCB i malingsprøver

### 6.3 Påvisning av PAH

Resultater fra den kvalitative analysen som ble gjort for å påvise om de ulike malingsprøvene kunne inneholde PAH, viste at ingen av malingsprøvene inneholdt påvisbare mengder av PAH. Resultater for de enkelte målingene er vist i Figur 6.3.



Figur 6.3 Emisjonsspekter for de ulike malingsprøvene, blank og en standard på 3,6 mg/l  $\Sigma$  16 EPA PAH ved en eksitasjon på 254 nm



## 7 BEREGNING AV MENGDE MILJØGIFTER PÅ KNM STAVANGER

For å beregne den totale mengden av de målte miljøgiftene i maling på fartøyet, var det nødvendig å få kjennskap til arealet av de malte flatene. FFI fikk opplysninger fra SFK om arealet av skutesiden og bunnen av fartøyet. SFK hadde imidlertid ikke kjennskap til utvendig areal av overbygget eller innvendig malt areal i fartøyet. FFI foretok derfor egne målinger av disse områdene for å estimere disse arealene. Det var også nødvendig med kjennskap til egenvekten for de ulike malingsprøvene og FFI foretok derfor egne målinger av dette. I tillegg ble tykkelsen av de ulike malingsfilmene målt, bortsett fra skutebunn utvendig som er anslått ut fra spesifikasjoner fra Jotun A/S (10). En oversikt over de ulike arealene på fartøyet, malingstykkelser og egenvekt er vist i Tabell 7.1.

	<i>Areal,</i> m <sup>2</sup>	<i>Malingstykkelse,</i> mm	<i>Egenvekt,</i> kg/m <sup>3</sup>	<i>Mengde maling,</i> kg
Innvendig	3500	0,7	1625	4000
Utvendig	1400	0,7	1400	1400
Dekk utvendig	250	2,6	1400	910
Skutebunn utvendig	1100	0,3	2100	630
Skutebunn innvendig	1100	0,8	1800	750

Tabell 7.1 Oversikt over areal av malte flater, malingstykkelse og egenvekt til malingsfilmen på KNM Stavanger

Ut fra data om innhold av miljøgifter i de ulike malingsprøvene vist i Tabell 6.1, Tabell 6.2, Tabell 6.3 og data oppgitt i Tabell 7.1, er det foretatt beregninger av den totale mengden av miljøgifter i maling på fartøyet. Resultater fra disse beregningene er vist i Tabell 7.2.

Som forventet er det tungmetallene kobber, sink og bly det er registret mest av. Noe overraskende ble det også funnet en del antimon i malingsprøver tatt innvendig i fartøyet, som sannsynligvis er tilsatt malingen for å redusere brennbarheten. Mengdene av kadmium, kvikksølv og nikkel er meget lave og det ble ikke påvist tinn i malingen på fartøyet. Imidlertid kan det fortsatt være rester av tinnholdig bunnstoff på fartøyet, men det antas at dette vil utgjøre relativt beskjedne mengder. Mengden av PCB i malingen på fartøyet er kun 5 gram, noe som er langt lavere enn det som små kondensatorer i for eksempel belyningsarmatur inneholder (11).

<i>Forbindelse</i>	<i>Mengde totalt,</i> <i>(kg)</i>	<i>Forbindelse</i>	<i>Mengde totalt,</i> <i>(kg)</i>
Arsen	0,2	Krom	5
Antimon	26	Kvikksølv	0,0003
Barium	23	Nikkel	0,3
Bly	18	Sink	52
Kadmium	0,014	Tinn	0
Kobber	158	PCB	0,005

Tabell 7.2 Total mengde miljøgifter i maling på KNM Stavanger

## 8 KONKLUSJON

I malingen som var påført innvendig i fartøyet ble det funnet høye konsentrasjoner av både antimon, bly, krom og sink. I tillegg inneholder bunnstoffet høye konsentrasjoner av kobber. Mengden av bly i malingen er for eksempel tilsvarende med det som typisk blir sluppet ut fra et norsk smelteverk i løpet av et år. Om malingen som befinner seg innvendig på fartøyet fjernes fra fartøyet vil denne defineres som spesialavfall grunnet høyt innhold av antimon, bly og krom. Det samme vil sannsynligvis være tilfelle for det påførte bunnstoffet grunnet høyt innhold av kobber. Det er derfor viktig at en ved sandblåsning av denne malingen foretar en oppsamling og deponering av avfallet til godkjent spesialavfallsdeponi. Den maksimale konsentrasjonen av PCB i malingen er rundt 1 mg/kg og dermed langt under det som blir definert som spesialavfall.

Det er i dag ikke tatt stilling til hvordan KNM Stavanger skal avhendes. Det mest sannsynlige er at fartøyet blir opphugget, men det er også ønsket om at fartøyet skal benyttes som målfartøy for uttesting av torpedoer eller missiler. Et tredje alternativ kan være at fartøyet blir et museumsfartøy. Uavhengig av hvordan fartøyet blir avhendet vil de mengdene av miljøgifter som er funnet i malingen sannsynligvis i liten grad representere noe miljøproblem. Ved opphugging er det i liten grad mulig at miljøgifter fra malingen kan komme ut i miljøet. Smelteverk som mottar de malte stålplatene vil ha egne rensesystemer som forhindrer utslipp til miljøet. I forbindelse med opphugging anbefales det at malte materialer innvendig som ikke går til gjenvinning blir deponert som spesialavfall.

Om fartøyet senkes på dypt vann, vil miljøgifter fra malingen diffundere meget langsomt ut i vannmassene. Dette fører til at en med stor sannsynlighet ikke vil kunne måle noen økte verdier av miljøgifter i vannmassene rundt fartøyet som følge av miljøgifter i malingen. Det er derfor liten sannsynlighet for at marine organismer vil kunne påvirkes av de mengder av miljøgifter som finnes i malingen. Om hele mengden av PCB i malingen fordeler seg på overflaten av sedimentene lokalt ved fartøyet, vil omkring 660 m<sup>2</sup> av sedimentene forurennes til et nivå på 100 µg/kg. Det er derfor mulig at en etter lang tid kan påvise en økt konsentrasjon av noen miljøgifter helt lokalt ved fartøyet, men naturlig sedimentasjon vil sannsynligvis føre til at dette ikke forekommer.

## APPENDIKS

## A ANALYSERAPPORTER



**Forsvarets laboratorietjeneste      Teknisk Rapport**

**Analytisk Laboratorium**  
Kjemi og materialteknologi

Oppdragsgiver <b>Forsvarets forskningsinstitutt</b> Avdeling for beskyttelse og materiell Pb. 25, 2027 KJELLER Att: Arnt Johnsen		Oppdragsgivers referanse
Gjenpart		
Tittel <b>Bestemmelse av tungmetaller i syreekstrakter av maling</b>		
Rapportnr A-01-027	Ordrenr 20297	Antall sider/vedlegg 3 inkl. vedlegg
Dato for mottak av oppdrag 30.08.01	Jobbnr A-01-027	Dato for utgivelse 10.09.01
Utført av Tove Kristin D. Torstensen <i>Tove Kristin D. Torstensen</i>		Sjef VLA Senioring T A Gustavsen <i>T A Gustavsen</i>
<b>Sammendrag</b> Forsvarets laboratorietjeneste har på oppdrag fra FFI bestemt konsentrasjonen av As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn og Zn i 6 innleverte prøver. Bestemmelsen av Hg ble utført ved hjelp av kalddamp atomabsorpsjon, bestemmelsen av de øvrige elementene ble gjort ved hjelp av ICP-AES.		

Utdrag av rapporten må ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra Analytisk Laboratorium.

Adresse :  
LHK/VLA  
Postboks 10  
N-2027 KJELLER

Telefon :  
+47 63 80 80 00  
Mil: 505 8000

Telefax :  
+ 47 63 80 87 58  
Mil: 505 8758

**1. INNLEDNING**

Forsvarets laboratorietjeneste (FOLAT) har på oppdrag fra FFI bestemt konsentrasjonen av As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn og Zn i innleverte prøver. Prøvene er syreekstrakter av maling. Hg ble bestemt ved hjelp av kalddamp atomabsorpsjon, bestemmelsen av de øvrige elementene ble gjort ved hjelp av ICP-AES.

**2. PRØVEMETODER**

Bestemmelsen av tungmetaller ble utført med ICP-AES (induktivt koblet plasma atomemisjonsspektroskopi). Nedenfor er det en oversikt over hvilken bølgelengde som ble benyttet for de ulike grunnstoffene:

Grunnstoff	Valgt bølgelengde (nm)
Arsen (As)	188,98
Barium (Ba)	233,52
Kadmium (Cd)	228,80
Krom (Cr)	267,72
Kobber (Cu)	324,75
Nikkel (Ni)	231,60
Bly (Pb)	220,35
Antimon (Sb)	206,84
Tinn (Sn)	189,93
Sink (Zn)	206,20

Kvikksølv ble bestemt ved hjelp av kalddamp atomabsorpsjon.

Bestemmelsene ble utført med standarder som var 10 % med hensyn på HNO<sub>3</sub>.

**3. RESULTATER**

Resultatene fra ICP-analysen er gitt i tabell 1 i vedlegget. Konsentrasjonen er gitt som mg/L. Resultatene fra Hg-bestemmelsen er gitt i tabell 2 i vedlegget. Konsentrasjonen er gitt som µg/L. Den instrumentelle usikkerheten estimeres til 2-5 %.

Deteksjonsgrense og kvantifiseringsgrense:

Deteksjonsgrensen, ofte forkortet LOD, angir laveste konsentrasjon som lar seg bestemme. Den er blitt bestemt som 3 ganger standardavviket til 10 målinger av destillert vann.

Kvantifiseringsgrensen, ofte forkortet LOQ, angir laveste konsentrasjon som kan bestemmes nøyaktig. Den er blitt bestemt som 3,33 ganger deteksjonsgrensen. Oppgitte verdier som ligger mellom LOD og LOQ er dermed beheftet med større usikkerhet enn verdiene som er høyere enn LOQ.

**4. KONKLUSJON**

As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn og Zn er bestemt i innleverte prøver.

<b>Vedlegg nr. :</b> 1	<b>Ant. sider :</b> 1	<b>Rapport nr. :</b> A-01-027
<b>Oppdragets tittel : Bestemmelse av As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn og Zn</b>		

Tabell 1. Konsentrasjon av As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Sn og Zn i prøvene. Konsentrasjonen er gitt som mg/L prøve. “-” betyr at funnet konsentrasjon ligger lavere enn oppgitt deteksjongrense (LOD), kvantifiseringsgrensen (LOQ) er også oppgitt.

Prøve ID	Konsentrasjon (mg/L)									
	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn
01-392	-	59	-	0,70	0,19	0,62	0,12	0,04	-	0,95
01-393	0,41	0,31	0,02	5,0	0,35	0,16	17	42	-	26
01-394	0,10	0,16	0,01	8,1	0,23	0,03	11	39	-	20
01-395	-	106	-	1,2	0,54	0,59	1,0	0,07	0,02	6,0
01-396	-	6,1	0,01	0,34	1,0	0,23	43	0,08	-	170
01-397	-	0,05	-	0,27	0,09	0,26	0,11	0,02	-	19
LOD	0,01	0,005	0,001	0,005	0,002	0,005	0,003	0,005	0,005	0,001
LOQ	0,03	0,017	0,004	0,017	0,007	0,017	0,010	0,017	0,017	0,004

19

Tabell 2. Konsentrasjon av Hg i prøvene. Konsentrasjonen er gitt som µg/L prøve. “-” betyr at funnet konsentrasjon ligger lavere enn oppgitt deteksjongrense (LOD), kvantifiseringsgrensen (LOQ) er også oppgitt.

Prøve ID	Konsentrasjon (µg/L)
	Hg
01-392	-
01-393	0,61
01-394	0,20
01-395	0,006
01-396	0,29
01-397	-
LOD	0,003
LOQ	0,010

**Adresse :**  
LHK/VLA  
Postboks 10  
N-2027 KJELLER

**Telefon :**  
+47 63 80 80 00  
Mil: 505 8000

**Telefax :**  
+ 47 63 80 87 58  
Mil: 505 8758

# **ANALYSERAPPORT**

**FRA  
MILJØLABORATORIET  
VED FFITOX**

**ANALYSE AV SKIPSMALING FRA  
HAAKONSVERN**

**FFITOX/ANALYSERAPPORT-97/001**

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT  
Norwegian Defence Research Establishment  
Postboks 25, 2007 Kjeller, Norge**

## ANALYSE AV SKIPSMALINGSPRØVER

Oppdragsgiver: Miljøoffiser R Hennø  
 Adresse: VSD, Postboks 1, 5078 Haakonsværn  
 Prøvetype: Skipsmaling  
 Antall prøver: 3  
 Mottatt dato: 20 november og 4 desember 1996  
 Anmerkninger: Ingen

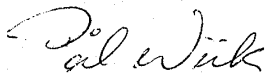
Analysereporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metodeidentitet	Akkreditert	Måleområde, mg/kg TS	Usikkerhet, %	Analysedato
PCB	E1	Nei	0,004 - 0,011	15	10 des 1996
Pb	A1	Nei	3 - 9	30	12 des 1996
Pb	A1	Nei	9 - 60	10	12 des 1996
Cu	A1	Nei	1,5 - 4,5	30	18 jan 1997
Cu	A1	Nei	4,5 - 60	10	18 jan 1997
Cd	A1	Nei	0,09 - 0,3	30	18 jan 1997
Cd	A1	Nei	0,3 - 3,0	10	18 jan 1997
Sn	A1	Nei	Ikke bestemt	Ikke bestemt	19 jan 1997


Analysereporten består av totalt 3 sider.

Analysereporten gjelder analyse av prøvene slik de er mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetodene kan rekvireres fra FFI. Prøven oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 20 januar 1996



Pål Wiik  
 Forskningsjef



Arnt Johnsen  
 Forsker

## VEDLEGG

### A ANALYSE AV PCB OG METALLER I SKIPSMALING

Instrument: Gasskromatograf, Autosystem fra Perkin Elmer til analyse av PCB.

Operatør: Marita Ljønes

Instrument: Atomabsorpsjonsspektrofotometer med grafittovn, Thermo Jarrell Ash, Smith Hieftje 8000 til analyse av metaller.

Operatør: Arnt Johnsen

Intern nr	Ekstern nr	PCB-28, µg/kg	PCB-52, µg/kg	PCB-101, µg/kg	PCB-118, µg/kg	PCB-138, µg/kg	PCB-153, µg/kg	PCB-180, µg/kg	ΣPCB-7, µg/kg
96-375	Seamate HB 33	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
96-376	Seavictor 50	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
96-400	Jotamastic 87 Komponent A og B	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4

Intern nr	Ekstern nr	Pb, mg/kg	Cu, mg/kg	Cd, mg/kg	Sn, mg/kg
96-375	Seamate HB 33	319	94600	13,2	19600
96-376	Seavictor 50	414	200000	2,4	< 60
96-400	Jotamastic 87 Komponent A og B	4	5,5	< 0,09	< 60



## Litteratur

- (1) Fagerhaug A (1997): Kartlegging av miljøgifter i marine sediment i Møre og Romsdal.
- (2) Hilde E (1973): Den norske maling- og lakkindustriens avfallsproblemer.
- (3) OECD Environment Directorate (1973): Polyklorerte Biphenyls. Their use and control. OECD Environmental Directorate, Paris, France.
- (4) Liseth P (1973): Polyklorerte bifenyler (PCB). Utredningsoppdrag for Miljøverndepartementet. I/S Miljøplan, Høvik.
- (5) Sverud T, Estensen A S G (1997): PCB i bygningsmaterialer. Fugemasse, betongtilsats, gulvbelegg og maling/skipsmaling. SFT rapport 98:09.
- (6) Johnsen A (1996): Analyse av PCB og metaller i skipsmalingsprøve. FFITOX/Analyserapport -96/020, FFI referansenummer 95/02756-25/FFITOX/AJo/138.22.
- (7) Konieczny R M, Mouland L (1997): Tolkning av PCB-profiler og beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter.
- (8) Johnsen A, Olsen J S, Rosslund H, Ljønes M, Hartvig S K (1998): Akkumulering av miljøgifter i blåskjell og semipermeable membraner under mudring i delområde 1; Haakonssvern, FFI/RAPPORT-98/05088.
- (9) Jensen T, Jødestøl K, Nesse S (1995): Sediment- og marinbiologisk tiltaksundersøkelse - Haakonssvern orlogsstasjon, Bergen kommune 1995. Det Norske Veritas Industry AS rapport nr 95-3578.
- (10) Jotun A/S (1997): Coating and inspection manual. Jotun - more than paint. Jotun paints, Sandefjord, Norge.
- (11) Bjørnstad S L (1996): PCB i Norge - Forekomst og forslag til tiltak. SFT rapport 96:08.

## FORDELINGSLISTE

**FFIBM**
**Dato: 23 oktober 2001**

RAPPORTTYPE (KRYSS AV) <input checked="" type="checkbox"/> RAPP <input type="checkbox"/> NOTAT <input type="checkbox"/> RR	RAPPORT NR. 2001/04758	REFERANSE FFIBM/813/138.2	RAPPORTENS DATO 23 oktober 2001
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD  UGRADERT		ANTALL EKS UTSTEDT  48	ANTALL SIDER  24
RAPPORTENS TITTEL KARTLEGGING AV MILJØGIFTER I FREGATTEN KNM STAVANGER - Miljøgifter i maling		FORFATTER(E) JOHNSEN Arnt	
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF:		FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF:	

### EKSTERN FORDELING

### INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		FO	14		FFI-Bibl
1		v/ Kom kapt Jon Ole Siggerud	1		Adm direktør/stabssjef
1		v/Orl kapt Per Næss	1		FFIE
1		SFK	1		FFISYS
1		v/Avd ing Harald Juvik	1		FFIBM
1		HFK	5		FFIBM
1		v/Lt Sigrid Finsrud	1		Jan Ivar Botnan, FFIBM
1		FBT/H	1		Bjørn Arne Johnsen, FFIBM
1		v/Oing Torgeir Mørch	1		Arnt Johnsen, FFIBM
1		LFK	1		Kjetil Sager Longva, FFIBM
1		v/Maj Walther Blix	1		Arnlot Strømseng, FFIBM
1		FBTSV	1		Øyvind Albert Voie, FFIBM
1		v/Oing Egil Danielsen	1		Helle Kristin Rosland, FFIBM
1		SDV	1		Marita Ljønes, FFIBM
1		v/Orl kapt Svein Syversen			
1		Marineinspektoret			
1		Sanitetsinspektøren for Sjøforsvaret			

FFI-K1

Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.