

Godkjent
Kjeller 7 november 1989



F Fonnum
Avdelingssjef

TØRNES John Aa, BLANCH Jan H,
WEDERVANG Tor I, ANDERSEN Arne G,
OPSTAD Aase M

UNDERSØKELSE AV SKIPSVRAK
INNEHOLDENDE KJEMISK AMMUNISJON
SENKET I NORSKE FARVANN ETTER ANNEN
VERDENSKRIG

FFI/RAPPORT-89/6007

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


NORWEGIAN DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT (NDRE)
FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT (FFI)

UNCLASSIFIED

POST OFFICE BOX 25
N-2007 KJELLER, NORWAY

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
(when data entered)

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-89/6007 1a) JOB REFERENCE FFITOX/564	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 24		
4) TITLE UNDERSØKELSE AV SKIPSVRAK INNEHOLDENDE KJEMISK AMMUNISJON SENKET I NORSKE FARVANN ETTER ANNEN VERDENSKRIG (INVESTIGATION OF SHIP WRECKS CONTAINING CHEMICAL AMMUNITION SUNK IN NORWEGIAN WATERS AFTER WORLD WAR II)				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) TØRNES John Aa, BLANCH Jan H, WEDERVANG Tor I, ANDERSEN Arne G, OPSTAD Aase M				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS <table border="0"> <tr> <td data-bbox="225 965 826 1308"> IN ENGLISH: a) <u>Chemical warfare</u> b) <u>Ship wrecks</u> c) <u>Skagerrak</u> d) <u>Investigation</u> e) _____ </td> <td data-bbox="826 965 1493 1308"> IN NORWEGIAN: a) <u>Kjemisk krigføring</u> b) <u>Skipsvrak</u> c) <u>Skagerrak</u> d) <u>Undersøkelse</u> e) _____ </td> </tr> </table>			IN ENGLISH: a) <u>Chemical warfare</u> b) <u>Ship wrecks</u> c) <u>Skagerrak</u> d) <u>Investigation</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Kjemisk krigføring</u> b) <u>Skipsvrak</u> c) <u>Skagerrak</u> d) <u>Undersøkelse</u> e) _____
IN ENGLISH: a) <u>Chemical warfare</u> b) <u>Ship wrecks</u> c) <u>Skagerrak</u> d) <u>Investigation</u> e) _____	IN NORWEGIAN: a) <u>Kjemisk krigføring</u> b) <u>Skipsvrak</u> c) <u>Skagerrak</u> d) <u>Undersøkelse</u> e) _____			
THESAURUS REFERENCE: --				
8) ABSTRACT (continue on reverse side if necessary) <p>The Norwegian Defence Research Establishment have investigated five ship wrecks possibly loaded with chemical warfare agents sunk in Skagerrak south of Arendal after world war II. These wrecks were chosen out of 15 found by sidescan sonar in an area where dumping of such ships were allowed after the war. One of the examined wrecks were broken into several pieces, but the others were intact. Near two of the wrecks several 200-250 kg bombs were observed. Most of them were intact, but some were corroded and the filling seemed to have leaked out.</p>				
9) DATE 7 Nov 89	AUTHORIZED BY <small>This page only</small> 	POSITION Head of Division		

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
(when data entered)

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1 INNLEDNING	4
2 GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN	5
2.1 Vrakdeteksjon og posisjonering med sidescan sonar	5
2.2 Undersøkelse av fem vrak vha fjernstyrt undervannsfartøy	6
3 OBSERVASJONER	7
4 KJEMISK ANALYSE	10
4.1 Analysemetoder	10
4.1.1 Feltanalyser	10
4.1.2 Laboratorieanalyser	11
4.2 Resultater	12
5 DISKUSJON OG KONKLUSJONER	13
6 LITTERATUR	17

VEDLEGG

1 Utstyrslister	
-----------------	--

UNDERSØKELSE AV SKIPSVRAK INNEHOLDENDE KJEMISK
AMMUNISJON SENKET I NORSKE FARVANN ETTER ANNEN
VERDENSKRIG

SUMMARY

The Norwegian Defence Research Establishment have investigated five ship wrecks possibly loaded with chemical warfare agents sunk in Skagerrak south of Arendal after world war II. These wrecks were chosen out of 15 found by sidescan sonar in an area where dumping of such ships were allowed after the war. One of the examined wrecks were broken into several pieces, but the others were intact. Near two of the wrecks several 200-250 kg bombs were observed. Most of them were intact, but some were corroded and the filling seemed to have leaked out.

Water samples were collected near the wrecks and analyzed with respect to the chemical warfare agents tabun and mustard gas, and in addition with respect to thiodiglycol (TDG), which is a decomposition product from mustard gas. With the detection limits $2 \mu\text{g}/\text{l}$ for tabun, $200 \text{ ng}/\text{l}$ for mustard gas and $10 \mu\text{g}/\text{l}$ for TDG, no traces of these agents were found in the samples.

The ships were sunk in the deepest part of Skagerrak with depths varying from 600 to 700 m. Mustard gas is only slightly soluble in water and heavier than water and would, if leaking out, be retained at the sea bed for several years. The small part solved in water is unstable and decompose rapidly to non poisonous compounds. Similar considerations are valid for tabun. The pollution effect on the environment would therefore be very small unless all of the chemical agents is leaking out at once.

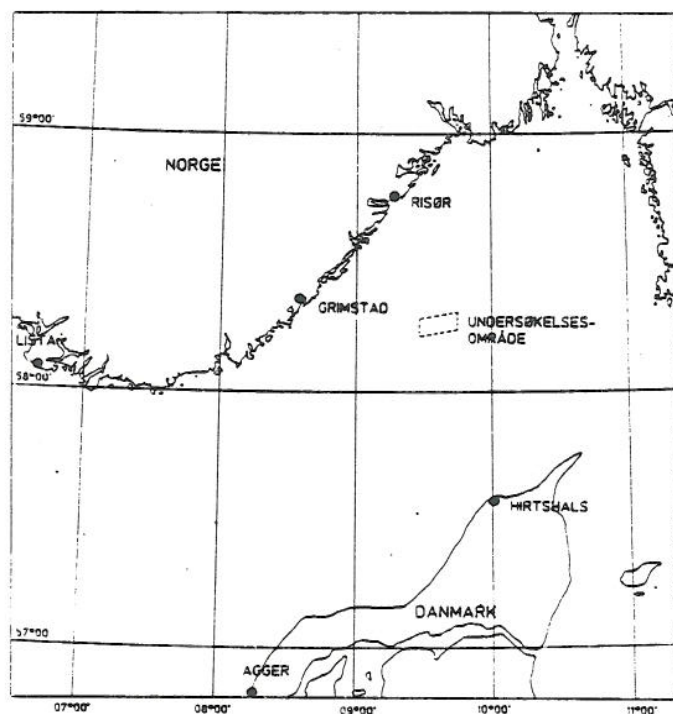
(INVESTIGATION OF SHIP WRECKS CONTAINING
CHEMICAL AMMUNITION SUNK IN NORWEGIAN
WATERS AFTER WORLD WAR II)

1 INNLEDNING

Etter 2.verdenskrig ble en rekke skip lastet med kjemisk ammunisjon senket i Skagerrak, Nordsjøen og Atlanterhavet. Det er sparsomme opplysninger om hvor mye som er dumpet, men rapporter tyder på at opptil 38 skip med mer enn 150 000 tonn kjemisk ammunisjon kan være senket i disse områdene. Mesteparten av denne ammunisjonen inneholdt sennepsgass, men også noe nervegass (tabun) og arsen-forbindelser (lewisitt o.l) kan ha blitt dumpet.

Siden Norskerenna er 600 - 700 meter dyp utenfor Arendal, ble det gitt tillatelse fra norske myndigheter til at kjemisk ammunisjon kunne dumpes i et område på 14 x 4 km 25 nautiske mil sør for Arendal (fig 1). Et skip (Leipzig) ble også senket sørøst for Lista, muligens med kjemisk ammunisjon ombord. Tilstanden til de senkede skipene har vært ukjent, og det har i lang tid i massemediene vært uttrykt frykt for at noe av de kjemiske stridsmidlene etter alle disse årene på havets bunn skulle lekke ut. I Østersjøen har dumpet stridsgass i lang tid skapt problemer ved at danske fiskere har fått sennepsgass i trålen og blitt skadet når denne har kommet opp på dekk. Forsvarets Forskningsinstitutt ble i 1989 anmodet av Forsvarsdepartementet om å foreta en undersøkelse for å finne ut om den kjemiske ammunisjonen dumpet i Skagerrak representerte noen fare. Fartøy fra firmaet A/S Geokonsult ble kontrahert og undersøkelsen ble foretatt i to trinn:

1. Vraketeksjon og posisjonering med sidescan sonar
2. Undersøkelse av fem vrak vha fjernstyrt undervannsfartøy



Figur 1 Skipene ble senket ca 50 km utenfor Grimstad

2 GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN

2.1 Vrakdeteksjon og posisjonering med sidescan sonar

Et område på 8 x 16 km sør for Arendal ble undersøkt med sidescan sonar for å lokalisere de senkete skipene. Dette området er noe større enn det aktuelle dumpingsområdet, siden det ble antatt at navigasjonen ikke var så nøyaktig den gang skipene ble senket. Det ble brukt en sonar av typen EG&G modell 990 som ble tauet med 3-4 knops fart ca 50 m over bunnen. Bunnen ble observert 500 m på hver side av skipet i hver søkelinje og det ble søkt i 10 linjer med linjeavstand 800 m. Det ble derfor en del overlapping av området dekket av søkene, slik at de fleste vrakene ble observert i to av søkene. Dette gav en sikrere posisjonering av vrakene. En trisponder navigasjonskjede ble etablert i området og brukt sammen med DECCA. Dette skulle gi en posisjoneringsnøyaktighet på bedre enn ± 10 m av overflatefartøyet og $\pm 10-20$ m for sonaren og dermed også for vrakene. Det viste seg imidlertid at avstanden til stasjonene i land var i lengste laget slik at

posisjoneringen i enkelte perioder ble mindre nøyaktig. Vrakene som ble funnet i disse periodene ble undersøkt på nytt, slik at alle posisjonene skulle være innenfor toleransegrensen. Etter at hele området var undersøkt, ble det tatt 10 vannprøver med Nansen-henter. Disse prøvene ble tatt spredt ut over søkeområdet, og i nærheten av de observerte vrakene.

2.2 Undersøkelse av fem vrak vha fjernstyrt undervannsfartøy

Fem av de mulige vrakene som ble funnet med sidescan sonar ble valgt ut for nærmere inspeksjon ved hjelp av et fjernstyrt undervannsfartøy (ROV) av typen Superscorpio.

Valg av vrak ble foretatt ut fra følgende kriterier:

- Vrak som var i flere deler var mest interessante fordi vi der muligens kunne finne noe av lasten.
- De største vrakene var mer interessante enn de små fordi de senkede skipene overveiende var store (større enn 2000 brt.).
- Vrakene måtte ha gitt et tydelig ekko på sidescan sonaren slik at sannsynligheten for å finne et vrak med ROV var rimelig stor.

Vrakene som ble valgt ut for ROV undersøkelse var nr. 5, 6, 11, 13 og 14 (se tabell 1). Posisjonen til overflate-fartøyet ble bestemt ved hjelp av Trisponder og Hyperfix navigasjonssystemer og vrakene ble lokalisert ved hjelp av sonar på undervannsfartøyet. Det ble brukt to timer til inspeksjon og videofotografering av hvert vrak dersom ikke siktforholdene gjorde at inspeksjonen måtte avsluttes tidligere. Det ble også tatt to vannprøver ved hvert vrak ved hjelp av Nansen-hentere festet på miniubåten. Prøvene ble tatt der man anså at det var størst sjanse for å finne forurensning, som f.eks. ved observerte bomber og over lasterom. En bit av rekka på et av de senkete skipene ble tatt opp for inspeksjon med hensyn på korrosjon.

Etter hvert søk ble miniubåten heist på dekk. Den ble da umiddelbart spylt med vann og deretter undersøkt med en kjemisk detektor (CAM) for å være sikker på at den ikke var forurenset med sennepsgass.

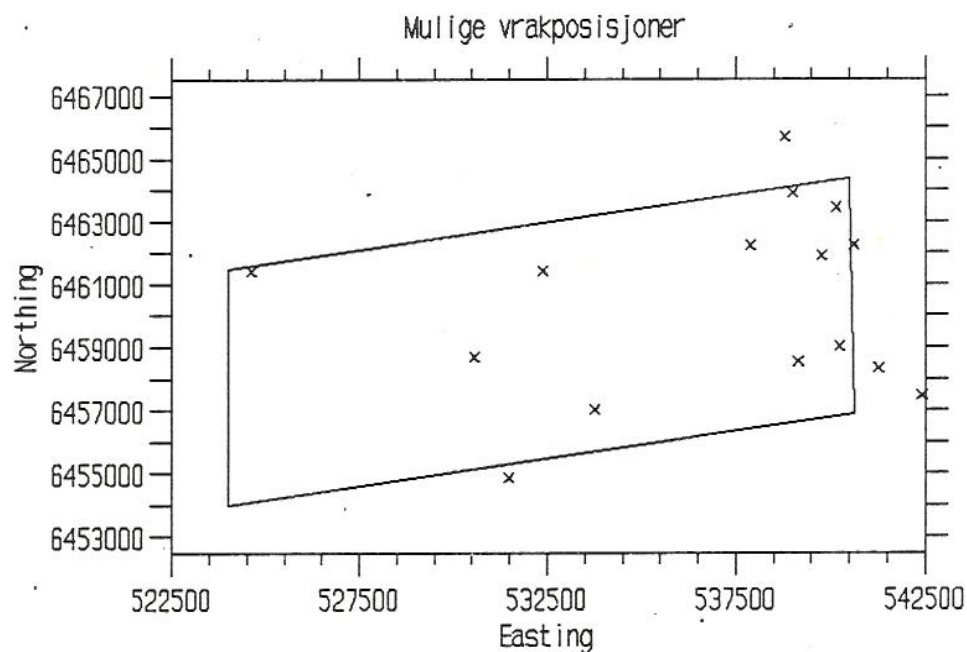
3 OBSERVASJONER

Det ble lokalisert 15 sannsynlige vrak ved hjelp av sidescan sonar. Posisjonen for disse vrakene er gitt i tabell 1, og vist i figur 2 der også søkeområdet er tegnet inn.

Vrak Nr.	UTM sone 32		Geografisk		Merknader
	N	E	Lat	Lon	
1	6 454 855	531 481	58°13'56.5''	9°32'09.7''	ca 100 m langt, Duborg?
2	6 457 016	533 767	58°15'05.8''	9°34'31.0''	> 70 m, Patagonia?
3	6 457 465	542 405	58°15'20.9''	9°43'21.1''	80-100 m
4	6 458 316	541 262	58°15'45.5''	9°42'11.5''	
5	6 458 543	539 147	58°15'53.6''	9°40'01.9''	110 m
6	6 459 015	540 229	58°16'08.5''	9°41'08.6''	2 deler, hoveddel 80-100 m lang
7	6 458 695	530 562	58°16'00.9''	9°31'15.2''	70-80 m, Taurus?
8	6 461 904	539 768	58°17'42.0''	9°40'42.0''	ca 100 m
9	6 462 242	540 611	58°17'52.7''	9°41'34.0''	ca 100 m
10	6 462 219	537 875	58°17'52.8''	9°38'46.0''	70 m
11	6 461 428	532 386	58°17'28.8''	9°33'08.5''	130 m
12	6 461 416	524 620	58°17'30.2''	9°25'11.7''	
13	6 463 906	539 002	58°18'47.0''	9°39'56.2''	120 m
14	6 463 437	540 138	58°18'31.5''	9°41'05.7''	100 m
15	6 465 694	538 780	58°19'44.9''	9°39'43.6''	

Tabell 1 Posisjoner for sannsynlige vrak funnet med sidescan sonar.

Skipsnavnene angitt i merknadene i denne tabellen er skip som man vet er senket i nærheten av vedkommende posisjon. Vrak nr. 3, 4, 5 og 6 ligger på 550-650 m dyp i skråningen opp fra den dypeste gropen, mens resten ligger på 650-700 m dyp.



Figur 2 Posisjonene i UTM sone 32 koordinater for mulige vrak funnet med sidescan sonar.

Posisjonene til vannprøvene tatt med Nansen-henter i løpet av det første toktet er gitt i tabell 2.

	Posisjon UTM sone 32		Prøvedybde m	Vanndybde m	Ved vrak nr.
	N	E			
1	6 461 000	537 600	100	700	Blindprøve
2	6 462 000	538 400	700	715	10
3	6 464 039	538 876	655	670	13
4	6 463 460	539 987	646	670	14
5	6 461 395	540 602	577	620	*)
6	6 459 119	540 080	560	610	6
7	6 458 612	539 027	584	605	5
8	6 456 880	533 650	690	715	2
9	6 457 080	533 650	680	710	2
10	6 458 594	530 107	680	700	7
10B	6 458 594	530 107	170	700	Blindprøve
11	6 458 700	530 707	685	710	7
12	6 460 990	532 510	690	>700	11

Tabell 2. Posisjoner for vannprøver tatt med Nansen-henter på 1. tokt

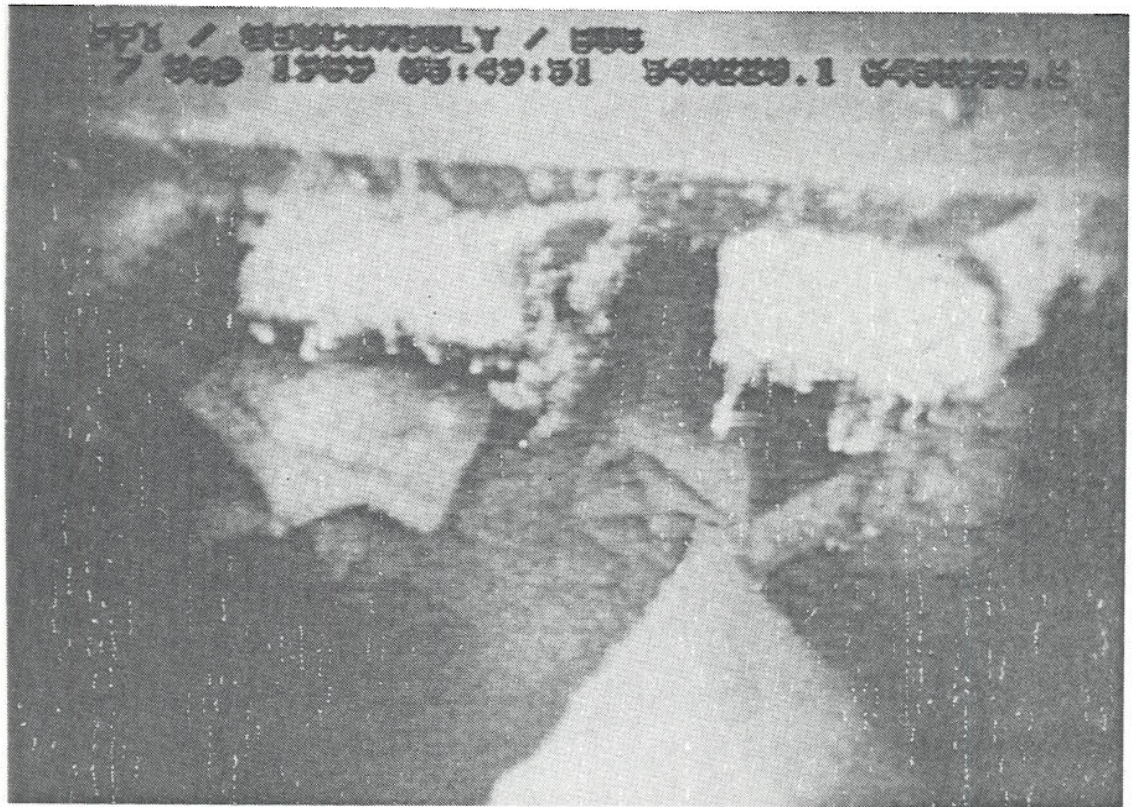
*) Denne prøven ble tatt ved noe som så ut til å være et vrak, men som ved senere tolkning av ekkogrammene ikke viste seg å være tilfelle.

Prøvene ble analysert ved hjelp av gasskromatografi-massespektrometri (GC-MS) med hensyn på tabun og sennepsgass samt thiodiglycol (TDG) som er det produktet som dannes i størst konsentrasjon ved nedbrytning av sennepsgass i vann (se kapittel 4).

De viktigste observasjonene som ble gjort ved de undersøkte vrakene er gitt under.

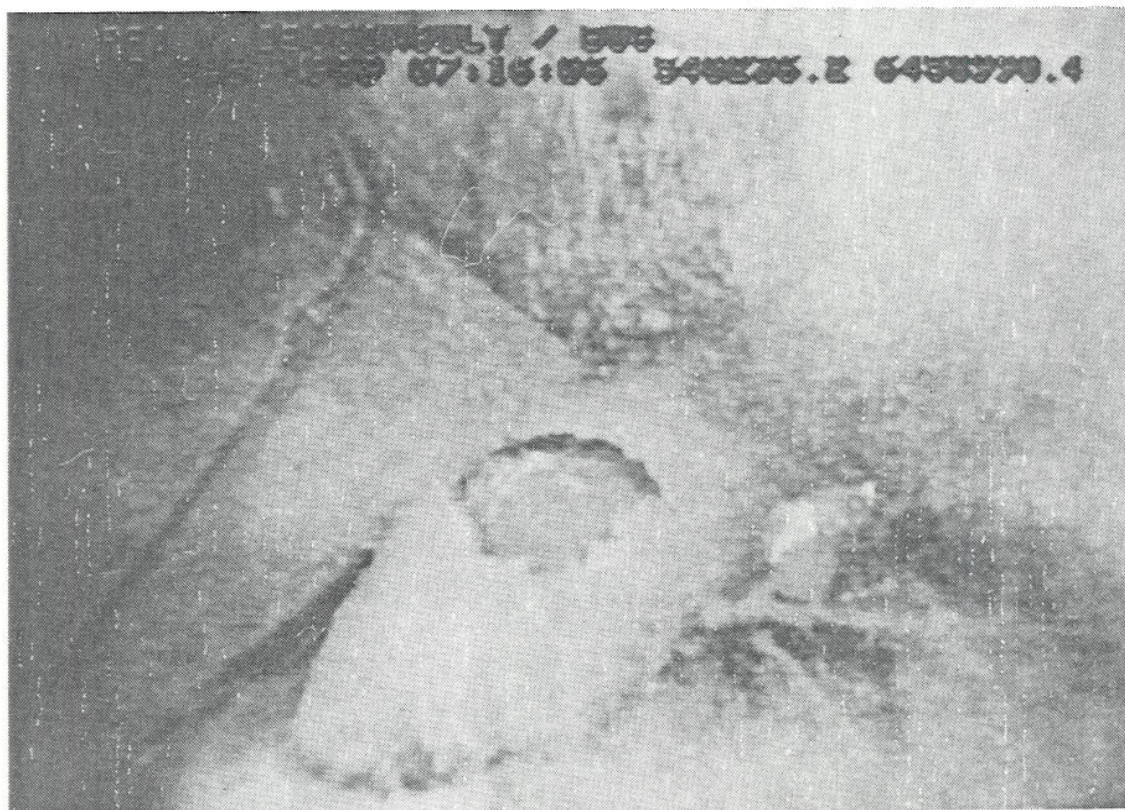
Vrak nr. 6.

Dette vraket lå på 585 m dybde og bestod av flere deler. Det er mulig at dette er et av skipene som ble skutt i senk. Det ble observert flere flybomber ved dette vraket, delvis spredt ut over havbunnen og delvis i noe som liknet kasser (figur 3).



Figur 3 Flybomber observert ved vrak nr 6

Ut fra størrelsen (diameter 30-40 cm) ble det antatt at dette var 200-250 kg bomber. De fleste av bombene så intakte ut, men noen var korrodert hull i. Innholdet i de sistnevnte var tilsynelatende lekket ut og blitt borte (figur 4). Vannprøver ble tatt ved de observerte bombene.



Figur 4 Korrodert bombe ved vrak nr 6

Vrak nr. 13.

Dette vraket lå på 677 m dybde og så ut til å være intakt og lite korrodert. Det ble ikke observert noen bomber eller annen form for ammunisjon på eller i nærheten av dette vraket. Et lasterom der lukene var fjernet ble observert, men det var ikke mulig å se ned i rommet. Vannprøver ble tatt ved skipssiden på lesiden av vraket, og over det åpne lasterommet.

Vrak nr. 5.

Dette vraket lå på 594 m dyp og så ut til å være helt. Det ble også her observert åpent lasterom. Nede i dette rommet kunne vi se flybomber av samme størrelse (200-250 kg) som ved vrak nr. 6. En av disse bombene var korrodert hull i. Vannprøver ble her tatt utenfor skips-siden og nede i lasterommet der bombene ble observert. En metallstang fra rekka ble dessuten tatt med opp til overflaten for undersøkelse med hensyn på korrosjon.

Vrak nr.14.

Dette vraket lå på 666 m dyp. Skroget så ut til å være intakt, men overbygg så ut til å være fjernet eller forsvunnet på annen måte. Det var her mulig å lese navnet i baugen, og skipet ble identifisert som Sesostris. I følge tilgjengelige opplysninger, var dette skipet på 2013 brt, hadde en lengde på 111 m og ble senket 17/11 1945 lastet med kjemisk ammunisjon. Et åpent lasterom ble observert, og vannprøver ble tatt i nærheten av dette. På grunn av dårlige siktforhold, ble søket avsluttet etter 1 time ved dette vraket.

Vrak nr. 11.

Dette vraket lå på 702 m dyp ute i den dypeste gropen i dumpeområdet. Vraket så ut til å være intakt, men mye korrodert. Det ble observert et hull i siden av overbygget som kan skyldes korrosjon eller granattreff. En flybombe ble observert på dekket av dette skipet (figur

5). Denne bomben så ut til å være større enn de som var observert tidligere, men det er vanskelig å si noe eksakt om størrelsen. En åpen lasteluke ble observert, men det var ikke mulig å se ned lasterommet. Vannprøver ble tatt på fordekket i nærheten av den observerte bomben, og over det åpne lasterommet.



Figur 5 Flybombe observert på dekket av vrak nr 11

4 KJEMISK ANALYSE

4.1 Analysemetoder

4.1.1 Feltanalyser

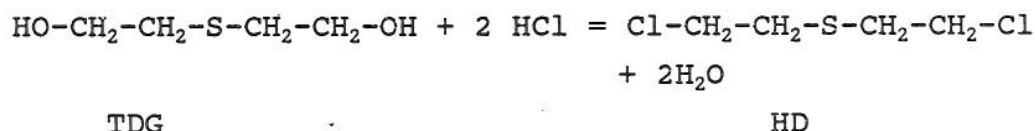
Hver av prøvene som ble tatt opp ved hjelp av Nansen-henter hadde et volum på en liter. En del av hver prøve ble analysert på fartøyet straks prøvene var samlet inn. Disse analysene ble foretatt med forswarets vannanalyse-sett (M272). Dette er analyser som kan utføres raskt og gir en bestemt fargereaksjon dersom det er kjemiske stridsmidler til stede i vannet. Det ble utført en test for sennepsgass og en for nervegasser. Deteksjons-grensene for disse analysene er 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ for nervegass og 5 mg/l for sennepsgass (1).

4.1.2 Laboratorieanalyser

Fra hver prøve ble 250 ml tatt ut og påsatt C_{18} kolonner med 500 mg pakkemateriale ute på feltet straks prøvene var tatt om bord. Kolonnene var på forhånd fuktet med 2,5 ml metanol og 10 ml vann. Prøver med mye suspendert materiale ble filtrert gjennom 20 μm filter (70 μm på 1.tokt) før påsetting C_{18} kolonnene. Overskudd av vann ble fjernet ved gjennomblåsing med luft før kolonnene ble lagret og transportert til laboratoriet nedkjølt ved hjelp av tørris. Kolonnene ble på laboratoriet eluert med 1,5 ml kloroform og prøvene dampet inn til 150 μl ved hjelp av en svak nitrogenstrøm. Analysene ble foretatt ved hjelp av en Packard gasskromatograf (GC) modell 438 koplet til et LKB 2091 massespektrometer (MS). Det ble benyttet selected ion monitoring (SIM) der ionene m/z 109 og 158 ble benyttet for sennepsgass og m/z 133 og 162 for tabun. Det ble benyttet splitt-splittless

injeksjon med en injektortemperatur på 250 °C. Kolonnetemperaturen ble programmert med en startverdi på 60°C (2 min), deretter en stigning på 30°C/min til 150°C som ble holdt i 1 min. Til slutt en stigning på 10°C/min til 170°C. Temperaturen på overgangen mellom GC og MS var 260°C.

En del av vannprøvene ble fraktet til laboratoriet ubehandlet og deretter analysert med hensyn på nedbrytningsproduktet thiodiglycol (TDG). 300 ml av vannet ble dampet inn til 35 ml ved hjelp av rotavapor og deretter filtrert for å fjerne utfelt salt. Prøvene ble deretter tilsatt 35 ml kons HCl og kokt under reflux i 30 min. TDG som eventuelt fins i prøvene vil da omdannes til sennepsgass etter likningen:

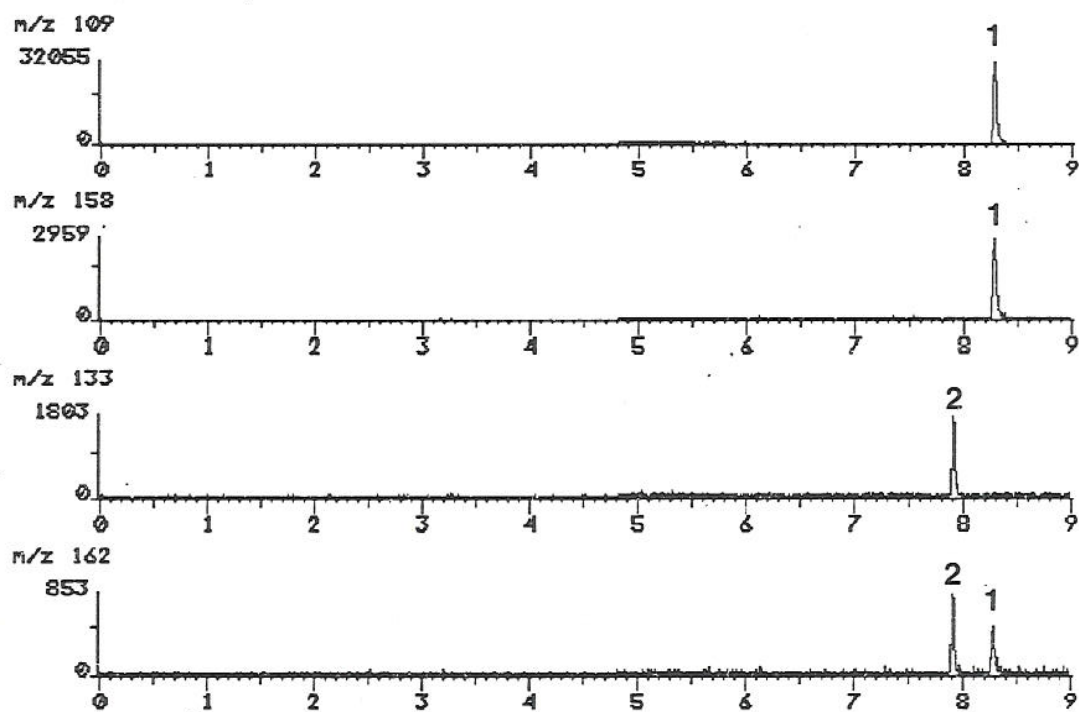


Prøvene ble deretter påsatt C₁₈ kolonner med 200 mg pakkemateriale som på forhånd var fuktet med 1 ml metanol og 4 ml vann og eluert med 600 µl kloroform. Analysene ble utført med GC-MS på samme måte som for sennepsgass.

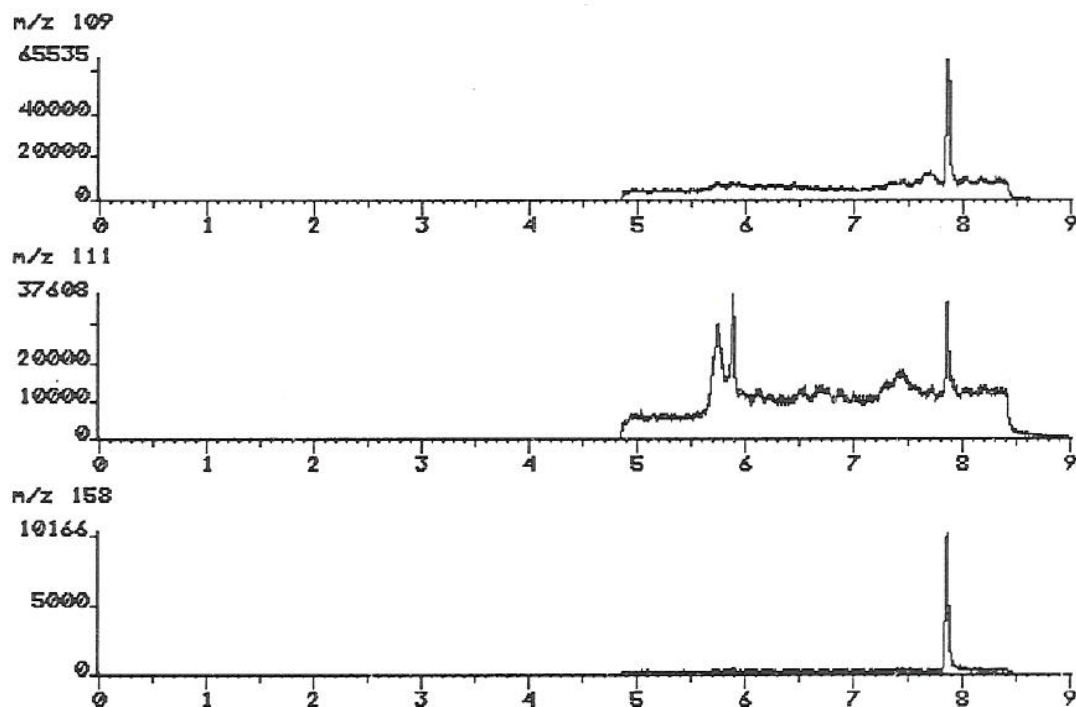
4.2 Resultater

Deteksjonsgrensene for analysene ble bestemt ved å lage blindprøver og standarder med kjente mengder av de kjemiske stridsmidlene i sjøvann og analysere disse på samme måte som de ukjente prøvene. Deteksjonsgrensen ble deretter angitt som den konsentrasjonen som gav et signal-støy forhold på tre. Ved denne metoden ble deteksjonsgrensene bestemt til 200 ng/l (0,2 ppb) for sennepsgass, 10 µg/l (10 ppb) for thiodiglycol og 2 µg/l (2 ppb) for tabun.

Analyse av prøvene ved hjelp av metodene beskrevet ovenfor viste at ingen av dem inneholdt verken tabun, sennepsgass eller nedbrytningsproduktet TDG i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene. Til sammenlikning er konsentrasjonene som er tillatt i drikkevann under krig 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ for tabun og 2 mg/l for sennepsgass. I figur 6 er vist SIM kurver for analyse av en standardblanding av 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ sennepsgass og 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ tabun og i figur 7 SIM kurver fra 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ TDG konvertert til sennepsgass.



Figur 6 SIM kurver av en standard 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ sennepsgass (1) og tabun (2).



Figur 7 Sim kurver av en standard 1 µg/l TDG konvertert til sennepsgass

5 DISKUSJON OG KONKLUSJONER

I området der skipene var senket, var bunnen dekket med et relativt tykt lag av finpartiklede sedimenter. Dette førte til at siktforholdene ved bunnen var dårlige, spesielt ved de skipene som lå dypest. Observasjonene ble derfor avsluttet før det var gått to timer både ved vrak nr. 11 og 14.

Et av vrakene bestod av flere deler og var sannsynligvis skutt i senk (vrak nr. 6).

Alle lasterommene som ble observert var åpne. Dette var antagelig for at skipene skulle synke fortere. Alle de intakte skipene ble imidlertid observert med kjølen ned

slik at innholdet vanskelig kan komme ut.

Det ble ikke observert tønner eller større beholdere som kunne se ut til å inneholde kjemiske stridsmidler.

Det ble observert flere flybomber av størrelse 200-250 kg. Disse lå på havbunnen i nærheten av det ødelagte vraket og i lasterommet på et av de andre skipene. Det ble også observert en bombe som så ut til å være større enn de andre på dekket av vrak nr. 11. Noen av bombene var korrodert hull i og innholdet så ut til å være forsvunnet. Orlogskaptein E Larsen i det danske sjøforsvaret opplyser at de kjemiske 250 kilos bombene funnet utenfor Danskekysten er laget av valset jern ("blech") og at de har bare en yttervegg med tykkelse 2-2,5 mm. Noen tegninger av kjemisk ammunisjon viser to skall, det ytterste på 2,5 mm og det innerste på 4 mm. En slik konstruksjon vil være noe mer motstandsdyktig mot korrosjon enn det som er angitt fra Danmark. Kvaliteten på tyske militære produkter sank imidlertid sterkt i løpet av krigen på grunn av mangel på råstoffer. For eksempel kan dårlig sveising føre til raskere korrosjon.

Tiden det tar før ammunisjonen har korrodert så mye at den går hull på er avhengig av flere faktorer, som for eksempel oksygentilgang, tildekking og mulighet for galvanisk korrosjon. Data for vannprøver analysert ved Statens biologiske stasjon Flødevigen ved Arendal viser at oksygeninnholdet ved 600-650 m dyp i Skagerrak er på 6 ml/l, det vil si relativt normalt for sjøvann (2). Andre undersøkelser foretatt i Skagerrak viser at området tilføres store mengder fast leirslam, ca 0,2-0,4 cm pr år (3). Dette vil spille en viss rolle i tildekking av den kjemiske ammunisjonen. En korrosjon på 0,15 mm/år er forventet på plane utildekkede flater, men raskere korrosjonen kan forekomme dersom det oppstår potensialforskjeller mellom ulike deler av vrakene eller

bombene. Dette kan oppstå dersom metalldelene er delevis tildekket av slam, eller dersom ulike metaller og legeringer er i elektrisk kontakt med hverandre. Metallstangen som ble hentet opp fra vrak nr.5 viser kraftig korrosjon. Stangen, som har en diameter på 1,5-2 cm, er enkelte steder korrodert slik at mindre enn halvparten er igjen. Det er videre mulig at metalldeleer som er helt tildekket av slam vil korrodere saktere på grunn av mangel på oksygen. Det fins imidlertid bakterier som bruker jern som energikilde ved å oksidere det. Det er således vanskelig å angi tiden det tar før det går hull på ammunisjonen. Ut fra observasjonene som er gjort ved vrakene må man anta at før eller senere vil en stor del gjennomhulles av korrosjon. Prosessen er langsom, og utlekking av de kjemiske stridsmidlene vil trolig gå over mange år. Konsekvensene av lekkasjer vil både være avhengig av lekkasjehastighet og av hvilket kjemisk stridsmiddel det dreier seg om.

Nervegassen tabun er en væske med kokepunkt på ca 250°C. Tettheten ved 20°C er 1,077 g/cm³ og er således nær vannets. Løseligheten i vann er stor (12 % ved 20°C), og løst i sjøvann er tabun meget ustabil og vil brytes ned i løpet av få timer. Nedbrytningsproduktene er lite giftige, slik at stridsgass-ammunisjon som inneholder tabun neppe vil gi noen alvorlige forurensningsproblemer, særlig tatt i betraktning de store dyp skipene er senket på i disse farvannene.

Ren sennepsgass er en væske med kokepunkt 217°C og et smeltepunkt på 14,4°C. Teknisk framstilt sennepsgass er noe uren og har vanligvis smeltepunkt mellom 5°C og 10°C. Tettheten ved 20°C er 1,27 g/cm³ og er således betydelig tyngre enn vann. Løseligheten i vann er meget liten, fra 0,3 til 0,8 g/l ved temperaturer mellom 0 og 20°C. Disse egenskapene har stor betydning for vurdering av forurensningen ved en utlekking. Ved utlekking på større dyp

der det er liten bevegelse i vannet, vil sennepsgassen bli liggende i ro på bunnen enten som væske, eller ved lavere temperatur som fast stoff. Strømningshastigheten nær bunnen av dumpeområdet er anslått til omkring 10 cm/s (3). Som nevnt er sennepsgass lite løslig i sjøvann, men det som først har løst seg er meget ustabil og vil bli fullstendig nedbrutt i løpet av 1-2 dager (halveringstiden er ca 3 timer ved 0°C). Nedbrytningsproduktene er ikke giftige. Temperaturen på de havdyp dette gjelder er lav (5,6°C), og en stor del av sennepsgassen kan derfor foreligge i fast form. Dette øker sannsynligheten for at den holder seg på plass og i mindre grad lekker ut. Man kjenner til at en del av sennepsgassen var tilsatt fortykningsmidler noe som ytterligere vil øke stabiliteten. Dersom ammunisjonen ruster i stykker, vil derfor sennepsgassen bli liggende igjen på bunnen som væske eller større og mindre klumper i meget lang tid. Forurensningseffekten vil derfor være svært lokal og avgrenset til områdene på havbunnen der ammunisjonen ligger. Den totale forurensningseffekten på plante og dyrelivet antas å bli liten. Noen fare for oppkonsentrering i næringskjeder som man kjenner til for eksempel fra DDT anses som uaktuell.

En operasjon for å heve eller flytte ammunisjonen anses å være forbundet med større fare enn å la den bli liggende. Dette fordi mye av ammunisjonen da vil kunne gå hull på samtidig. Forurensningen vil da kunne bli betydelig større enn ved den lille lekkasjen som vil finne sted dersom bombene går hull på over et lengre tidsrom. Kostnadene ved en slik operasjon vil dessuten være meget høye.

Vannprøvene som ble tatt ved vrakene er analysert ved hjelp av Gasskromatografi-Massespektrometri. Denne teknikken er den mest følsomme som er tilgjengelig for analyse av denne typen prøver. Det ble ikke funnet verken

tabun eller sennepsgass i noen av prøvene. Deteksjons-
grensene er de samme som beskrevet tidligere og er langt
under det som er tillatt i drikkevann under krig. Det
ble heller ikke funnet tegn til nedbrytningsproduktet
thiodiglycol.

LITTERATUR

- 1) Karlsen P J, Johnsen B A; Testing av vannanalysesett - giftstoffer i vann - M272; FFI/NOTAT-86/6004
- 2) Dahl E, Danielssen D S, Hognestad P T; Flødevigen meldinger nr 5 - 1987; Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Statens biologiske stasjon Flødevigen.
- 3) Van Weering T C E, Berger G W, Kalf J; Netherlands Journal of Sea Research 21 (1987) 177-189

Vedlegg 1

NØDVENDIG UTSTYR OG KJEMIKALIER.Tøkt 1

1 liter metanol
tørrisboks

C-18 kolonner (500 mg)	50 stk.
sprøyter til C-18 kolonner	5 stk.
reservoar	20 stk.
overganger til reservoar + blindplugg	10 stk.
frit filter 70 μ m	20 stk.
vac-elut	
sugeflaske m/propper	
vakuumpumpe	
skjøteledning	
vannstrålepumper	
div slanger	
flasker til transport av vannprøver	24 stk.
100 ml målesylinder	2 stk.
mikropipette	
spisser (5 ml) til mikropipette	
glasstrakter	2 stk.
stor plasttrakt	1 stk.
begerglass	3 stk.
termometer	1 stk.
pH meter	
buffer	
deteksjonspapir	
vannanalysesett	

merkelapper
skrivesaker/notisbok
fotoutstyr
tusj til merking
tape enkelt og dobbeltsidig
kleenex
kniv
engangshansker
gummihansker
vernedrakter
destruksjonsmiddel (klorkalk)
sprayutstyr

Tokt 2

1 liter metanol
tørrisboks
termos

C-18 kolonner (500 mg)	50 stk.
sprøyter til C-18 kolonner	5 stk.
reservoar	20 stk.
overganger til reservoar + blindplugg	10 stk.
frit filter 20 µm	20 stk.
vac-elut	
sugeflaske m/propper	
foldefilter	
nutch	2 stk.
vakuumpumpe	
skjøteledning	
vannstrålepumper	2 stk.
div slanger	
Flasker til transport av vannprøver	24 stk.
100 ml målesylinder	2 stk.
mikropipette	
spisser (5 ml) til mikropipette	
plasttrakter	2 stk.
begerglass	3 stk.
termometer	1 stk.
pH meter	
buffere	
deteksjonspapir	
vannanalysesett	

merkelapper
skrivesaker/notisbok
fotoutstyr
tusj til merking
tape enkelt og dobbeltsidig
kleenex
slipfett
kniv
engangshansker
gummihansker
vernedrakter
destruksjonsmiddel (klorkalk)
sprayutstyr
CAM