

# **Kartlegging av vrak med HUGIN HUS i dumpefelt for kjemisk ammunisjon i Skagerrak**

Petter Lågstad

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

30. desember 2009

FFI-rapport 2009/02294

343902

P: ISBN 978-82-464-1686-1

E: ISBN 978-82-464-1687-8

## **Emneord**

AUV

Vrak

Kjemiske våpen

HUGIN HUS

Kartlegging

## **Godkjent av**

Torgeir Svolsbru

Prosjektleder

Nils Størkersen

Forskningssjef

Jan Erik Torp

Avdelingssjef

## Sammendrag

I løpet av et kort kombinert opplærings- og kartleggingstokt i juni 2009 lokaliserte FFI, ved hjelp av den autonome undervannsfarkosten (AUV) HUGIN HUS, tjue vrak innenfor et begrenset område i og i nærområdet for dumpfeltet for kjemisk ammunisjon i Skagerrak. Området som ble kartlagt denne gangen representerer under 1/3 av det totale arealet som er definert som dumpfelt. Tidligere kartleggingstokt gjennomført i området hadde funnet ti vrak. Det betyr at et stort antall vrak i dumpfeltet mangler stedfesting, dvs. er ikke posisjonsbestemt med sikker nøyaktighet. Med dette toktet har FFI vist at kvaliteten på kartleggingen med AUV er slik at man med svært stor sikkerhet kan si om og hvor det befinner seg vrak i området.

Det skulle ikke gjennomføres positiv identifikasjon av de vrak som ble funnet, ei heller gjøres vurderinger av hvilken skipslast disse vrakene hadde ført. Det var også utenfor målsetningen å foreta vurderinger om vrakenes eller lastens tilstand eller om hvorvidt disse vrakene kunne medføre noen miljørisiko.

Det er også funnet vrak i nærheten utenfor det definerte dumpfeltet. Det kan ikke utelukkes at dette også er vrak som stammer fra dumpingene i 1945. Det kan bety at definisjonen av koordinatene for dumpfeltet bør justeres.

## English summary

During a short combined training and mapping mission in June 2009 the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) found, using its autonomous underwater vehicle (AUV) HUGIN HUS, twenty wrecks inside a limited area in, and nearby a dumping area in the Skagerrak. The mapped area represents less than a third of the declared dumping area. Previous missions in this area have only located some of these wrecks. During this mission the FFI has shown that by using an AUV it is possible to determine the presence and position of wrecks in the area with great accuracy.

It was not the purpose of the mission to identify the wrecks, nor to assess the wrecks' cargo, the condition of the wrecks or any possible environmental risk.

Some wrecks were found outside the defined dumping area. Some of these may well also come from the ships scuttled in 1945. The size and position of the area may therefore have to be reevaluated.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrunn	7
1.2	HUGIN HUS	7
1.3	Vrakleting i Skagerrak, juni 2009	9
<b>2</b>	<b>Toktgjennomføring</b>	<b>10</b>
2.1	Planlegging	10
2.2	Gjennomføring	10
2.3	Resultat av opplæring av nye operatører	12
<b>3</b>	<b>Resultater av vrakleting</b>	<b>13</b>
3.1	Utfordringer	14
3.2	Vrakgods	15
3.3	Resultatoppsummering	16
<b>4</b>	<b>Oppsummering og videre anbefalinger</b>	<b>16</b>
	<b>Referanser</b>	<b>18</b>
	<b>Appendix A Detaljgjennomgang av vrak</b>	<b>19</b>
A.1	Sonarbilder og detaljer fra de enkelte vrakene	19
A.2	Oversiktstabell	30



# 1 Innledning

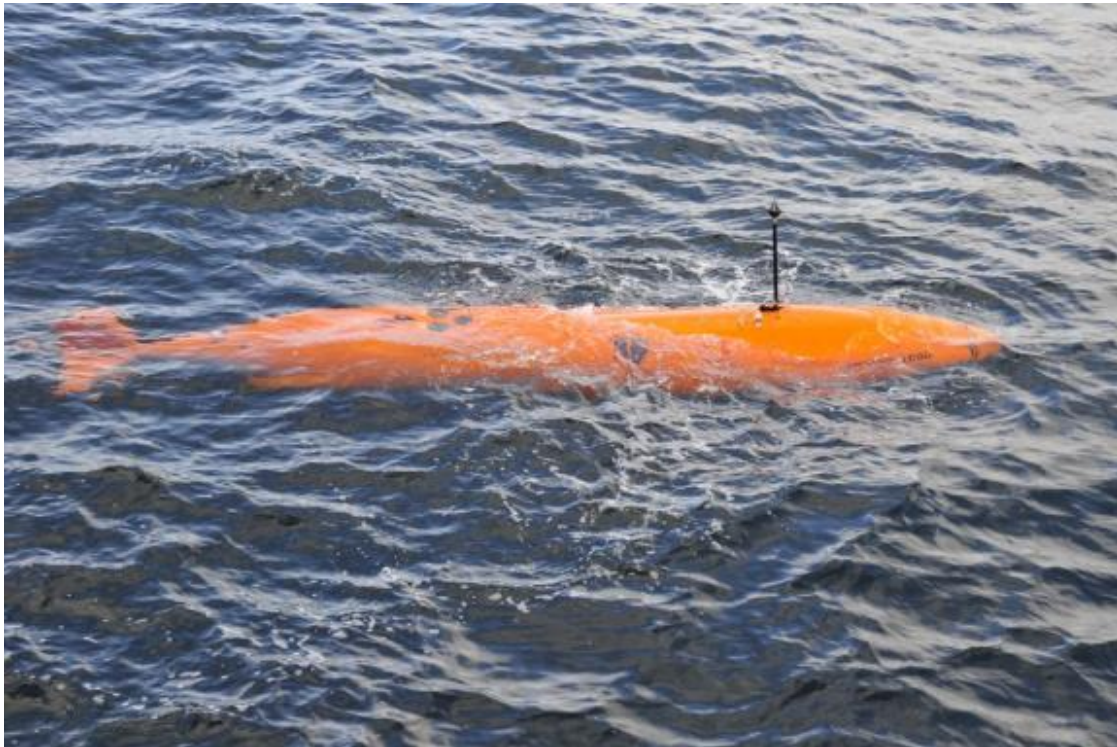
## 1.1 Bakgrunn

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) begynte allerede i 1991 å arbeide med autonome undervannsfarkoster (AUV). Den første AUVen som da ble laget (AUV demo), gjennomførte en demonstrasjonskjøring i 1993 over en strekning på 100nmi i Skagerrak. Senere startet FFI et samarbeid med daværende Simrad (nå Kongsberg Maritime – KM) og Statoil om utvikling av AUVer for sjøbunnskartlegging i oljeindustrien, noe som i 1995-1998 bl.a. resulterte i utviklingen av de første prototypene av HUGIN-systemet. Samarbeidet med KM har senere blitt videreført fram til i dag og har etter hvert medført en betydelig kommersiell virksomhet, spesielt innenfor kartleggingssektoren hvor HUGIN teknologien nå er markedsledende. Den kommersielle delen av HUGIN-aktivitetene styres helt og holdent av KM. Parallelt med utviklingen av AUVer til sivile formål har FFI samarbeidet med Sjøforsvaret om å utvikle konsepter og systemer for anvendelser av denne teknologien innenfor militær sektor, noe som bl.a. har resultert i at Sjøforsvaret har anskaffet to operative HUGIN farkoster. Disse blir primært benyttet fra Sjøforsvarets mineryddere.

Som et ledd i ønsket om å styrke aktiviteten i Nordområdene fikk FFI i 2007 en bevilgning fra Forsvardepartementet for å anskaffe en egen HUGIN-farkost til sivil og militær forskning. Farkosten skulle primært anvendes fra FFIs forskningsfartøy H.U. Sverdrup II. For å sikre finansieringen inngikk FFI i en dialog med Havforskningsinstituttet (HI) som resulterte i at HI delfinansierte anskaffelsen mot medbestemmelse og anvendelse i HIs egne forskningsprosjekter. KM sa seg også villig til å delfinansiere leveransen ved å gi rabatter mot bruk av farkosten i forbindelse med demonstrasjoner og videreutvikling av HUGIN-teknologien mot havforskningssektoren. Dette resulterte i at FFI i april 2008 kunne overta den første vitenskapelige HUGIN farkosten, HUGIN HUS.

## 1.2 HUGIN HUS

HUGIN HUS er en AUV i det som KM kaller ”HUGIN 1000 klassen”. Den kan gå ned til en maksimal dybde på 3000m og er designet mest mulig modulært, slik at farkostens sensorkonfigurasjon relativt enkelt kan endres og derved kan gjennomføre et bredt spektrum av forsknings- og kartleggingsmessige oppgaver. HUGIN HUS kan også forlenges ved å sette inn dedikerte sensormoduler.



Figur 1.1 HUGIN HUS i overflaten etter endt oppdrag.

Pr. desember 2009 har følgende nyttelastsensorer blitt integrert på HUGIN HUS:

- EM2000 multistråle ekkolodd
- EdgeTech 2200 Full Spectrum Chirp SSS/SBP for AUV
  - Sidesøkende sonar, 120 & 410 kHz
  - Bunnpenetrerende sonar (sub bottom profiler), DW-216, 2 – 16 kHz
- FSI Micro CTD 2
- Optisk kamera
- Laserbasert partikkelteller (LOPC), benyttes til planktontelling
- Hydrokarbonsniffer (kommer i løpet av vinteren 2010)

I tillegg er det integrert en lang rekke navigasjons- og kommunikasjonsinstrumenter, noe som muliggjør så vel overvåkede som rent autonome operasjoner. Operasjonelle parametre er:

- Maksimal operasjonstid: > 25 timer (avhengig av hastighet og nyttelast)
- Rekkevidde: > 100 nmi (avhengig av hastighet og nyttelast)
- Max dybde: 3000 m
- Nominell hastighet: 3.9 kn
- Hastighetsspenn: 1 – 5.8 kn
- Ladetid: 5 timer
- Trygg gjennomføring av sjøsetting og berging opp til SS 5 / 6 (avhengig av moderfartøy)
- Navigasjonsfeil: ned til 0,01 % av distansen
- Lengde: 5.3 m (standard versjon) – maks 6 m forlenget
- Tørrvekt ca 910 kg (standard versjon)
- Max diameter: 75 cm



HUGIN HUS opereres fra en spesialbygd konteiner som kan plasseres på akterdekket på en lang rekke fartøyer, noe som gir stor fleksibilitet med tanke på moderfartøy.



*Figur 1.2 HUGIN HUS tas opp på akterdekket av FFI's forskningsfartøy HU Sverdrup II etter endt operasjon i Vestfjorden, mai 2008*

### **1.3 Vrakleting i Skagerrak, juni 2009**

Som en avslutning av en rekke test- og demonstrasjonsskjøringer i Oslofjorden i juni 2009 hadde FFI planlagt et opplæringstokt for nye HUGIN operatører. For å gi operatørene realistiske scenarioer å øve på, samt å sikre en best mulig nasjonal resursutnyttelse, så FFI etter samarbeidspartnere for dette opplæringstoktet. Siden FFI allerede hadde erfaringer fra dumpefeltet i Skagerrak (Tørnes, 2002) og faktisk hadde gjennomført et kort testdykk med HUGIN i område året før, ble dette ansett som et godt øvingsområde. FFI tok derfor kontakt med Kystverket, som har ansvaret for å monitorere miljørisikoen fra vrak som befinner seg i norske farvann, med et tilbud om et samarbeid. Tilbakemeldingene fra Kystverket var positive, og det ble raskt enighet om å gjennomføre opplæringstoktet tilnærmet som et vanlig oppdrag, men hvor man aksepterte noe lavere effektivitet enn normalt. Dette gjenspeiler seg i kostnadsfordelingen mellom Kystverket og FFI.

Etter andre verdenskrig ble en rekke skip (man antar opp til 34) fylt med kjemiske stridsmidler og deretter senket i den norske delen av Skagerrak. Lignende dumping ble også gjennomført i dansk og svensk farvann (Fonnum, 1997). Siden området i norsk farvann er vesentlig dypere (500 –

700m) enn for eksempel i Østersjøen, har risikoen vært ansett for vesentlig lavere i det norske dumpfeltet. Tidligere tokt gjennomført av FFI har vist tilstedeværelse av kjemiske våpen og restprodukter i sedimenter nær opptil vrakene (Tørnes, 2002). Under årets tokt så man også tydelig at flere av skipene hadde brukket opp i forbindelse med senkingen og at noe av ammunisjonslasten hadde blitt spredd utover havbunnen.

Kystverket ønsket med dette toktet å evaluere bruken av AUV til kartlegging av vrak i dumpfelt. Dybden i området gjør at kartlegging fra overflatefartøy ikke med sikkerhet kan oppdage vrak på bunnen. Som del av evalueringsprosessen kartla FFI havbunnen vha et moderne multistråle ekkolodd, EM710, montert på FFIs forskningsfartøy HU Sverdrup II. Dette viste at et signifikant antall vrak ikke kunne oppdages fra overflaten, noe som tydeliggjør behovet for å kunne plassere sensorene nærmere havbunnen. Den tradisjonelle fremgangsmåten har vært å benytte fjernstyrte (kabelstyrte) undervannsfarkoster (ROV), slik som for eksempel FFI og Sjøforsvaret med KNM Tyr utrustet med ROV gjorde i 2002. Fordelen med å benytte AUV i stedet for ROV er at med en kabeluavhengig farkost kan kartleggingshastigheten økes betydelig. Tidligere undersøkelser har for eksempel vist en 4-dobling av kartlegningseffektiviteten i forhold til bruk av ROV. Dette avhenger sterkt av operasjonsdypet. (Vestgård, Klepaker, & Størkersen, Feb. 2003) Bakgrunnen for toktet er også presentert i (Hansen, Hagen, Lågstad, & Tørnes, 2009)

## 2 Toktgjennomføring

### 2.1 Planlegging

Det var i forkant av toktet satt opp tre prioriterte oppgaver:

- 1) Opplæring av nye operatører
- 2) Kartelegning av vrak innen det erklærte dumpfeltet
- 3) Lokalisere eventuelle vrak utenfor det erklærte dumpfeltet for å se om feltet bør utvides

Dokumentasjonen etter dumpingene i 1945 er mangelfull, og man har sett at det kan være stor usikkerhet knyttet til de angitte posisjonene. Fra tidligere tokt har man funnet at den faktiske dumpingene fant sted et godt stykke utenfor det opprinnelig angitte området. Formålet med kartleggingen var derfor systematisk å avsøke et størst mulig område for å detektere og nøyaktig stedfeste vrak i området. Vrakene ble dokumentert med blant annet sidesøkende sonar. Operasjonen skulle ikke gjennomføre positiv identifikasjon av de vrak som ble funnet, ei heller gjøre vurderinger av hvilken skipslast disse vrakene hadde ført. Det var også utenfor målsetningen til operasjonen å foreta vurderinger av vrakenes eller lastens tilstand eller om vrakene kunne medføre noen miljørisiko.

### 2.2 Gjennomføring

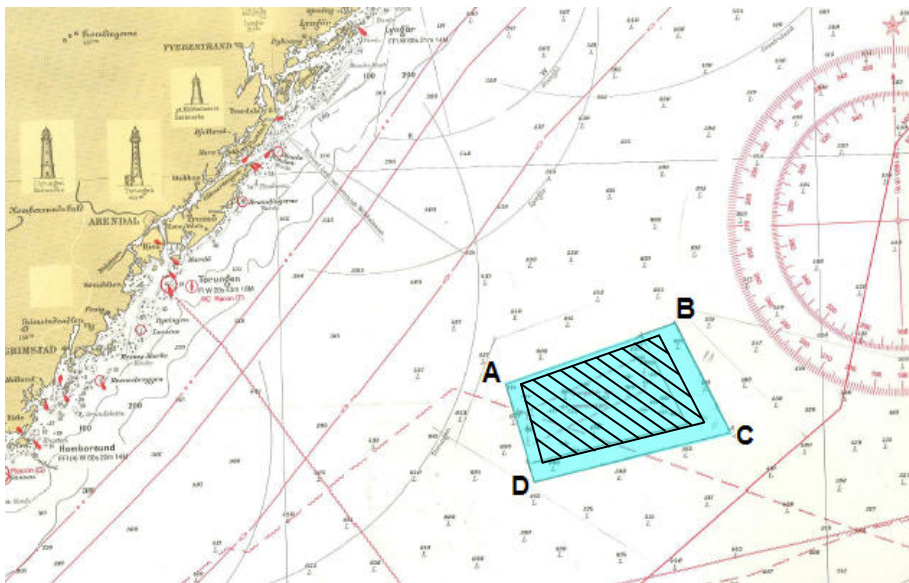
Toktet startet fredag 19. juni 2009 da HU Sverdrup II la ut fra Horten med kurs for Skagerrak etter å ha tatt ombord to representanter fra Kystverket (Silje Berger og Carl Magne Hansen).

Fra et kort testdykk gjennomført i området året før visste vi at kartgrunnlaget i området var mangelfullt. Under et tidligere HUGIN-tokt i området dokumenterte vi dybdefeil på opp til 100m i forhold til eksisterende kartgrunnlag. Som en del av toktet hadde vi derfor lagt opp til å kartlegge operasjonsområdet med H.U. Sverdrup II sitt EM710 multistråle ekkolodd. Dette skulle i hovedsak gjennomføres i tiden mens batteriene til HUGIN HUS ble ladet, men initielt måtte vi kartlegge havbunnen hvor første operasjon skulle gjennomføres.

Da et av hovedmomentene med toktet var opplæring av nye operatører, ble gjennomføringen noe annerledes enn ved standard kartleggingsoperasjoner. Vanligvis opererer vi med 3 eller 4 operatører (avhengig av toktets kompleksitet) som fordeles i et skiftopplegg som sikrer trygg sjøsetting og berging samtidig med at det alltid er en på vakt under operasjonene. Under dette toktet ble operatørene delt opp i to grupper som hver fikk ansvaret for en komplett operasjon (planlegging, sjøsetting, overvåking, berging og nedlasting/etterprosessering). Dette skulle så gjennomføres i løpet av gruppens 12 timers skift. Dette gav oss da to operasjoner daglig i stedet for en og langt kortere tokt enn det som er vanlig, men samtidig mye nyttig operasjonserfaring. En konsekvens av dette var også en noe lavere total kartleggingseffektivitet, noe som var avklart med Kystverket på forhånd.

Kystverket hadde på forhånd definert et område de ønsket å kartlegge. Dette omfattet det erklærte dumpfeltet samt et smalt område 1nm sørover og 2 nm østover for dumpfeltet og er vist i Figur 2.1. Når kartleggingen startet ble vi enige om å redusere den østre utvidelsen til 1nm for å sikre god dekning også inne i dumpfeltet. Dette området var langt større enn hva HUGIN HUS kunne klare å dekke i løpet av de dagene man hadde til rådighet. Det ble ansett som viktigere å dekke et størst mulig område fremfor å få best mulig kvalitet på sonarbildene av vrakene.

Kartleggingsmønsteret ble derfor valgt slik at man maksimaliserte dekningen på bekostning av kvalitet. Vrakene vi lette etter, var av en slik størrelse at de ville bli oppdaget også med lang sensorrekkevidde, men oppløsningen ville bli noe lavere enn det man kunne ønske for klassifiseringsformål. Vrak som lå i ytterkant av dekningsområdet, valgte vi å ikke reinvestigere. Vi anså at dette var noe vi mer effektivt kunne gjøre ved et eventuelt senere tokt, når oversikten over vrakene blir mer komplett.



Figur 2.1 Området Kystverket ønsket å kartlegge (skravert område er dagens dumpfelt)

Etter noen dagers operasjoner var rundt 25 % av leteområdet målt opp med multistråle ekkolodd (EM710) fra H.U. Sverdrup II og kartlagt av HUGIN HUS. Total 17 vrak var lokalisert. Kystverket ønsket deretter å gjennomføre en utvidet kartlegning med multistråle ekkolodd i området i sydøst, ned mot dansk sektor, for å se om vi kunne finne indikasjoner på vrak i der. Kartgrunnlaget samlet inn vha EM710 er vist i Figur 3.1. Dette ville dekke innseilingsruten konvoiene med skipene som skulle dumpes hadde fulgt inn mot dumpfeltet. Vi ønsket å finne ut om noen av skipene ble senket før de nådde det som nå er erklært som dumpfelt. På bakgrunn av disse dataene skulle vi beslutte hvor neste HUGIN HUS operasjon skulle gjennomføres. Erfaringen fra den foregående kartlegningen var at vi med EM710 kartlegning fikk vrakindikasjon ved rundt 75 % av vrakene (i tillegg til en del falske indikasjoner). Forholdene i sydøst var stort sett sammenlignbare med de som var i selve leteområdet. Kartlegningen i sydøst resulterte overraskende nok i kun fem, relativt usikre vrakindikasjoner rett øst for undersøkelsesområdet. HUGIN HUS ble sendt ned over tre av indikasjonene som lå på noe som lignet en forlengelse av en rekke med vrak inne i dumpfeltet. Området er markert som "B" i Figur 3.1. Den ene indikasjonen viste seg å være et mindre vrak. De andre var kun strukturer på havbunnen. Med utgangspunkt i dette resultatet besluttet vi å prioritere videre arbeid i det opprinnelige området. Før den siste operasjonen ble vi enige om å utvide leteområdet til også å inkludere et område rett nord for det allerede kartlagte området, markert som "C", for på denne måten å se om det fantes vrak i den retningen. Vi fant to.

### 2.3 Resultat av opplæring av nye operatører

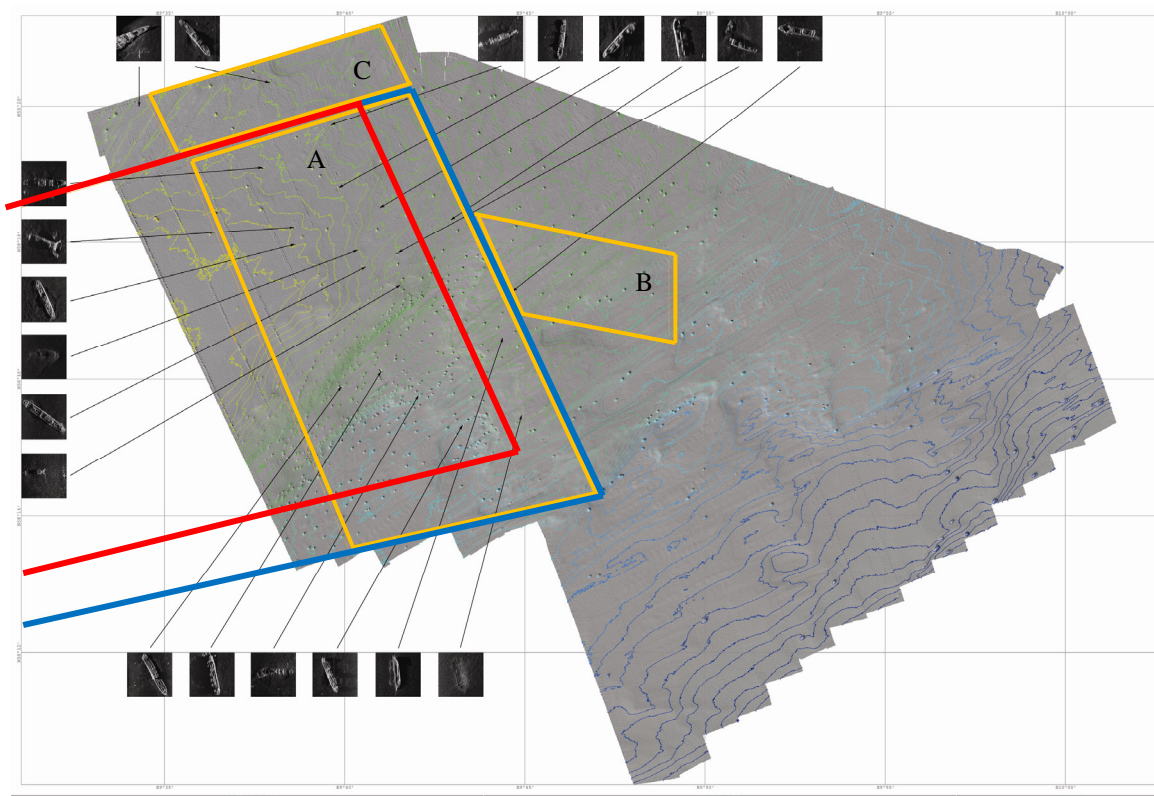
Fra FFI sin side var et viktig moment med toktet å lære opp nye operatører til HUGIN HUS. I forkant av toktet hadde alle operatørene gjennomført et teorikurs, samt praktisk gjennomgang av de forskjellige prosedyrene. De aller fleste hadde også tidligere vært med på korte operasjoner med HUGIN HUS. Målsetningen var å gi operatørene den nødvendige operative erfaringen til å kunne gjennomføre fremtidige tokt på en trygg og effektiv måte.

De seks operatørene ble delt opp i to grupper. Hver gruppe var på vakt i et 12-timers skift og fikk ansvaret for en komplett HUGIN operasjon (planlegging, klargjøring, gjennomføring og avslutning). Vi alternerte på hvem i gruppen som hadde gjennomføringsansvar. Denne oppdelingen i 12-timers blokker medførte langt kortere operasjoner enn vanlig, men gav samtidig mer erfaring til operatørene på de mer kompliserte og kritiske områdene.

Opplæringen ble gjennomført etter planen, og selv om mer erfaring er nødvendig før operatørene er utlærte, har de kommet på et tilstrekkelig høyt nivå til at de kan være med på fremtidige tokt som fullt ut operative HUGIN-operatører.

### 3 Resultater av vrakleting

HUGIN HUS lokaliserte til sammen tjue vrak i de områdene som ble kartlagt<sup>1</sup>. En oversikt er vist i Figur 3.1. Sytten av vrakene ligger innefor leteområdet vist i Figur 2.1. Av disse ligger fjorten også innenfor det erklærte dumpfeltet. De tre siste vrakene ble funnet rett utenfor leteområdet. De enkelte vrakene er gjennomgått i vedlegg A. Av de tjue vrakposisjonene er ti i nærheten av tidligere kjente vrak. Avstanden er mindre enn noen hundre meter.



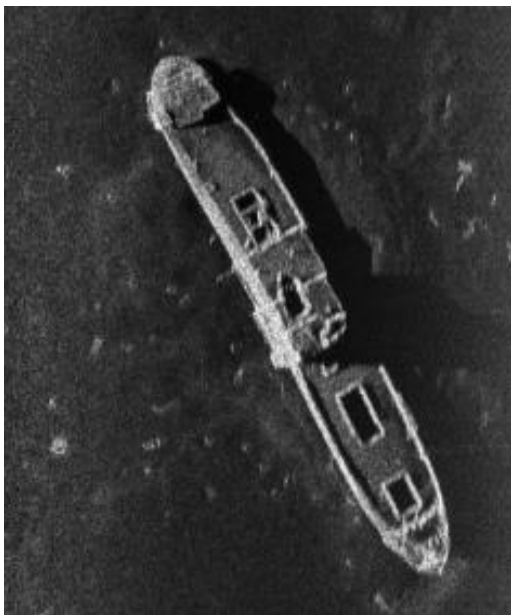
*Figur 3.1 Oversikt over vrakene funnet i og ved dumpfeltet. Batymetridata er fra EM710 kartlegging. Blå streker viser den østlige og sørlige utvidelsen av leteområdet. Rødt viser det erklærte dumpfeltet og oransje viser de tre feltene hvor man gjennomførte HUGIN HUS operasjoner.*

<sup>1</sup> Det ble i tillegg oppdaget to vraklignende strukturer på bunnen. Disse er svært små (< 20 m) og ligger dypt ned i sedimentene. Det ble ikke prioritert å se nærmere på disse.

Av de tjue vrakene som er lokalisert, er to helt åpenbart ikke med blant de som ble dumpet fordi de er for små og har ligget der lengre enn de fleste andre av vrakene. De resterende kan, med varierende grad av sikkerhet, knyttes til dumping.

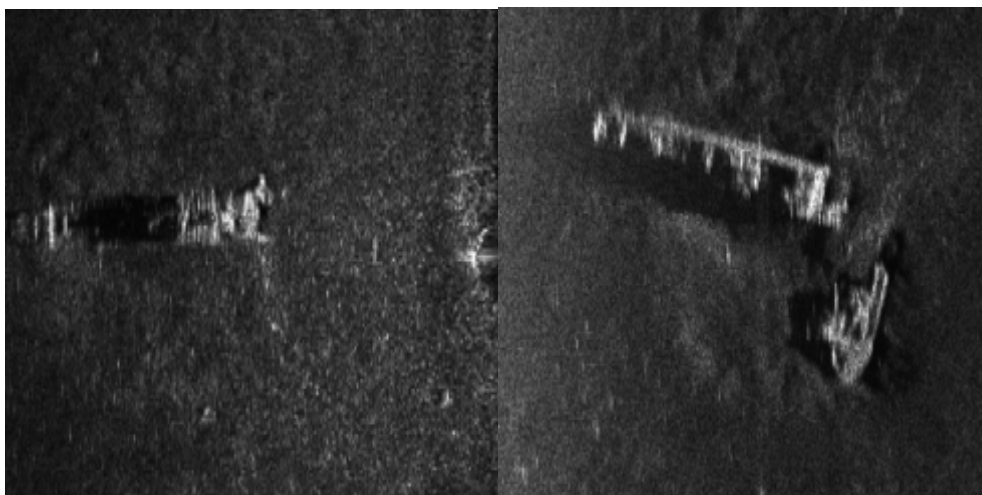
### 3.1 utfordringer

Under operasjonene prioriterte vi som nevnt å maksimalisere områdedekningen. Dette medførte at vrak som ligger helt i ytterkant av dekningsområdet for sonarbildet får dårligere kvalitet enn vrak som avbildes på kortere avstand. Vanligvis ville vi lagt opp til ekstra linjer i søkemønsteret for å få bedre avbildningskvalitet, for eksempel fullstendig dekning med høyfrekvent modus på sidesøkende sonar. Nå vurderte vi det slik at dette med fordel kan gjennomføres senere når mer detaljerte undersøkelser skal gjennomføres. Andre vrak igjen har man fått svært gode avbildninger av, se for eksempel Figur 3.2. Her kan man med letthet se detaljer fra fartøyet som vil kunne hjelpe til med klassifisering, slik som antall, plassering og størrelser på lasteluker, størrelse og plassering på overbygg etc. Dessverre er den tilgjengelige dokumentasjonen om de fleste skipene som ble senket mangelfull.



Figur 3.2 Vrak av lasteskip

Videre hadde syv av de aktuelle vrakene betydelige strukturelle skader, noe som øker usikkerheten i klassifikasjonen betydelig. Se Figur 3.3.

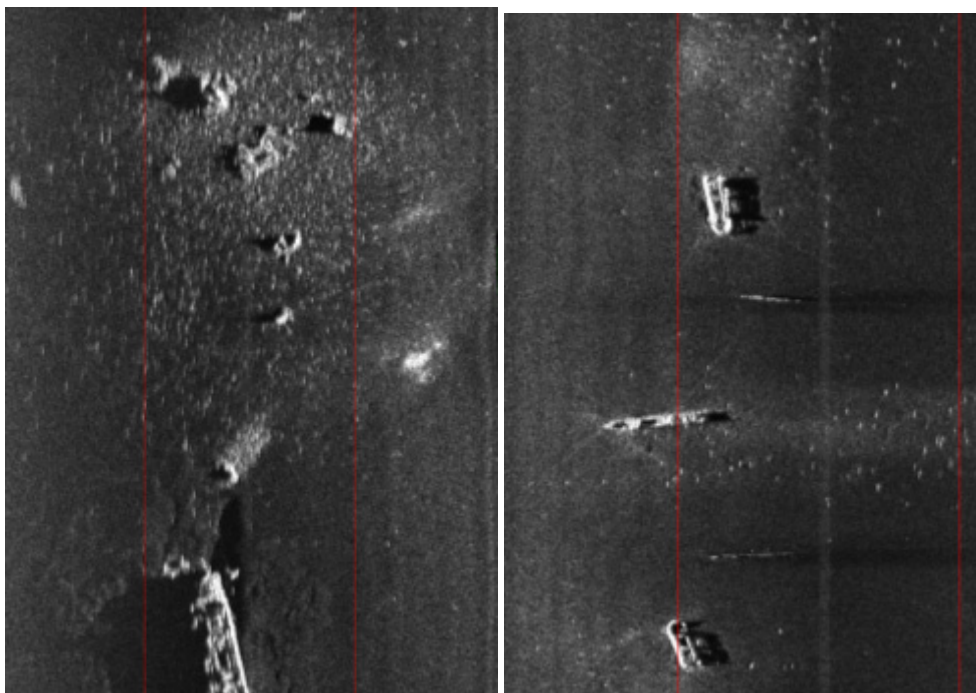


*Figur 3.3 Vrak med forskjellige strukturelle skader som følge av senkingen*

Samtidig er forskjellene mellom mange av skipene svært små, slik at det nærmeste det som regel er mulig å komme er å angi at et gitt vrak kan sies å tilhøre en gruppe av mulige fartøyer. Et mindre poeng ved toktet var da også å komme med nettopp en generell klassifisering av vrakene, der dette var mulig.

### **3.2 Vrakgods**

Samtlige vrak som stammer fra dumpingene har vrakgods i varierende mengde i nærheten. Spesielt ved de vrakene som er brukket opp, kan man se vrakgods på havbunnen flere hundre meter fra selve vraket. Noe stammer sannsynligvis fra dekkslast som falt av idet vraket sank. I et par tilfeller ser man en lang rad med vrakgods lede opp mot vraket. Vrakgods kan også komme fra lasterom som er brukket opp. Det er derfor ikke usannsynlig at mye av vrakgodset er fra lasten. Det var ikke en målsetning ved toktet å avdekke hvorvidt de detekterte vrakene kan ha hatt våpenlast om bord.



*Figur 3.4 Vrakgods spredt utover havbunnen fra to skip som er brukket opp. Noen skip ble også beskutt ved senkingen. Bilde til høyre viser samme vrak fra tre sider.*

### 3.3 Resultatoppsummering

Av de atten aktuelle vrakene er tre i en slik tilstand at klassifisering er svært vanskelig. Betydelige deler av skipene er ødelagt/knust. Fire andre vrak har på forskjellige måter brukket opp og deler av skipene mangler, noe som øker usikkerheten i klassifiseringen. Fire av vrakene ligger nær maksimal rekkevidde på sensoren, noe som betyr redusert oppløsning og igjen økt usikkerhet i klassifiseringen. Som nevnt over, var dette et bevisst valg for å maksimallisere områdedekningen.

Sensordataene fra de resterende syv vrakene er tilstrekkelige for, med god sikkerhet, å kunne fremskaffe nøkkeldata for en overordnet klassifisering.

## 4 Oppsummering og videre anbefalinger

I løpet av et kort kombinert opplærings- og kartleggingstokt i juni 2009 lokaliserte FFI, ved hjelp av den autonome undervannsfarkosten HUGIN HUS, tjue vrak innenfor et begrenset område i og rett ved dumpfeltet for kjemisk ammunisjon i Skagerrak. Dette området representerer under 1/3 av det totale arealet som er erklært som dumpfelt. Under tidligere kartleggingstokt gjennomført i området, ble det funnet ti vrak, dvs. bare 50 % av de vrakene som faktisk ligger i det området som nå ble kartlagt med AUV. Parallelt med operasjonen med HUGIN HUS ble det kartlagt med siste generasjon multistråle ekkolodd fra overflatfartøy. Selv kartlegging gjennomført med topp moderne utstyr viser at kun rundt 75 % av vrakene ble oppdaget med dette utstyret. Kvaliteten på kartleggingen med HUGIN er slik at vi med stor sikkerhet kan si om og hvor det befinner seg vrak som kan stamme fra dumpingen.



Dette toktet viser at det ennå befinner seg uoppdagede vrak både i og utenfor det erklærte dumpfeltet. Innenfor området som nå ble kartlagt av HUGIN kan antallet vrak med sikkerhet fastslås. Det kan ikke med sikkerhet fastslås hvilke vrak som var en del av dumpeoperasjonen i 1945 og/eller om de inneholder våpenlast og av hvilken type. Noen vrak kan ha ligget der før dumpeoperasjonen og noen kan ha kommet til i ettertid. Resultatene viser også at det finnes vrak utenfor det definerte dumpfeltet. Antall vrak utenfor feltet som stammer fra dumpeoperasjonen, er ukjent.

Sammenlikning av resultatene fra AUV, fra overflatekartlegging med multistråle ekkolodd og tidligere tokt med sidesøkende sonar viser at en ikke tidligere har lokalisert alle aktuelle vrak i dumpfeltet. Det betyr at det kan ligge flere vrak enn tidligere antatt i området og i tilgrensende områder. Det anbefales derfor å gjennomføre flere AUV-operasjoner for å kartlegge området sikkert med hensyn på vraklokasjoner. Som et absolutt minimum bør det gjennomføres en komplett kartlegging av området innenfor det erklærte dumpfeltet. Siden det også ble funnet vrak fra dumping utenfor det erklærte feltet, er det også sterkt å anbefale at det gjennomføres en kartlegging av områdene nær opp til feltet for å skaffe seg et beslutningsgrunnlag for om feltet bør utvides. På den annen side kan en komplett kartlegging også åpne for frigjøring av deler av feltet som eventuelt viser seg ikke å inneholde vrak. For å få en bedre oversikt over situasjonen kan man med fordel fotografere deler av havbunnen i nærheten av vrakene med optisk kamera. Avhengig av størrelsen på området som skal undersøkes vil den anbefalte kartleggingen ta fra tre til fem uker med HUGIN HUS operasjoner fra FFIs forskningsfartøy H.U. Sverdrup II. Ønsket detaljeringsgrad vil også innvirke på tidsbruken.

For å oppnå samme deteksjonssikkerhet med tradisjonelle metoder kunne vi benyttet en kablestyrt undervannsfarkost (ROV), en metode som er vesentlig mindre kosteffektiv (Vestgård, Klepaker, & Størkersen, Feb. 2003). Derimot vil bruk av ROV være svært aktuelt dersom mer detaljerte studier av hvert enkelt vrak skal gjennomføres, for eksempel vrakgods fra lasten eller sedimenter som ligger i nærheten av vraket. Tidligere tokt FFI har gjennomført, har undersøkt noen få eksempler på last som befinner seg utenfor vrakene (Tørnes, 2002).

Slik operasjonene med HUGIN HUS gjennomføres i dag, vil det i deler av tiden være ledig kapasitet på moderfartøyet (pga ladning av batteriene). Dette åpner for muligheten til å ta sedimentprøver fra området rundt vrakene til en svært lav ekstrakostnad. Dermed kan toktet fra 2002 (Tørnes, 2002), hvor slike prøver ble tatt, følges opp. Det kan også være aktuelt å koordinere kartleggingsoperasjonen med mer omfattende undersøkelser av enkeltvrak i området.

Med forskningsfartøyet HU Sverdrup II, den autonome undervannsfarkosten HUGIN HUS samt kompetanse inne kjemiske våpen har FFI i dag alt som trengs for å kunne gjennomføre komplette kartleggingstokt for å lokalisere dumpede vrak i det aktuelle området, samt undersøke og evaluere sedimentprøver rundt vrakene. FFI anser at dette arbeidet faller inn under områder FFI ønsker å jobbe med. Det er derfor stor sannsynlighet for at FFI vil prioritere slike oppdrag og vil finne ledig kapasitet for å kunne gjennomføre slik kartlegging.

## Referanser

Fonnum, F. (1997). Investigation of the ships filled with chemical munitions which were sunk off the Norwegian coast after WW II. *SIPRI Chemical and Biological Warfare Studies: 16.* , ss. 279-290.

Hansen, C. M., Hagen, P. E., Lågstad, P., & Tørnes, J. A. (2009, Fall). Case Study: Skagerrak Wrecks and Measures to Reduce the Environmental Risk. *Marine Technology Society Journal* (4), ss. 100-104.

Tørnes, J. A. (2002). *Investigation and risk assessment of ships loaded with chemical ammunition scuttled in Skagerrak*. Kjeller: FFI/RAPPORT-2002/04951.

Vestgård, K., Klepaker, R. A., & Størkersen, N. (Feb. 2003). 5 Years of HUGIN AUV offshore surveying - what's next? *Proc. Underwater Intervention 2003*. New Orleans, LA, USA.

## Appendix A Detaljgjennomgang av vrak

Her presenteres en oversikt over vrakene som ble funnet i løpet av toktet i og ved dumpefeltet i Skagerrak, juni 2009. Posisjonene er gitt ut i fra senter i vraket. Dybden er den som er målt rett under HUGIN idet vraket ble passert. Pga batymetrien kan faktisk dybde ved vraket være noen meter unna. Det er også tatt opp høykvalitets batymetridata i området, men korrigering av dybden har ikke blitt prioritert. Lengden og bredden er målt ut i fra sonarekko og vil, avhengig av bl.a. avstand fra HUGIN og vrakets tilstand kunne avvike noe fra det opprinnelige fartøyets dimensjoner.

Havbunnen i størstedelen av leteområdet består av sedimentavsetninger, noe som gir gode avtegninger av vrakgods rundt vrakene.

Kvaliteten på sonarbildene er avhengige av avstanden mellom det aktuelle vraket og HUGIN. Der ikke annet er sagt, er sonarbildene tatt med den lavfrekvente sidesøkende sonaren montert på HUGIN.

### A.1 Sonarbilder og detaljer fra de enkelte vrakene

#### Vrak 1

Posisjon: 58° 16.609' N 09° 44.375' E

Dybde: 590 m

Lengde: 50 m

Bredde: 10 m

Kommentarer: Ikke vrakgods i nærheten. Overbygning i ene enden, Ligger delvis på siden.



## Vrak 2

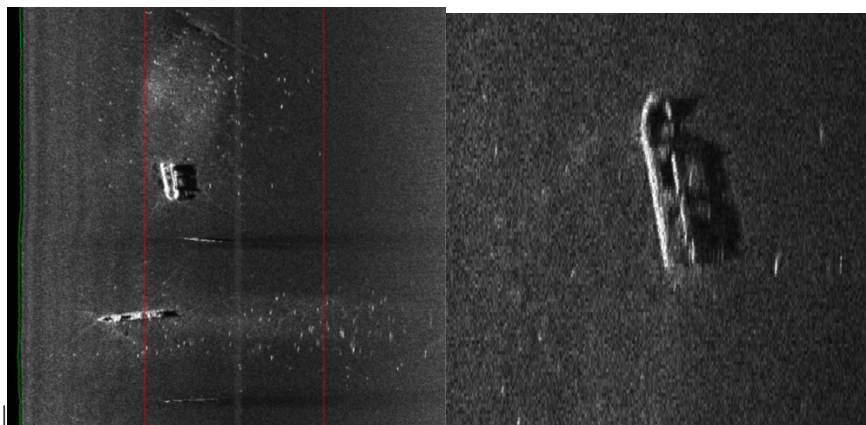
Posisjon: 58° 18.309' N 09° 42.911' E

Dybde: 635 m

Lengde: 38 m

Bredde: 8 m

Kommentarer: Lasteskip. Mye vrakgods, sterke reflektorer indikerer metall. Deler av skipet er knekt av og mangler. Vraket ligger helt i øst av leteområdet, de manglende delene kan befinne seg mot øst.



## Vrak 3

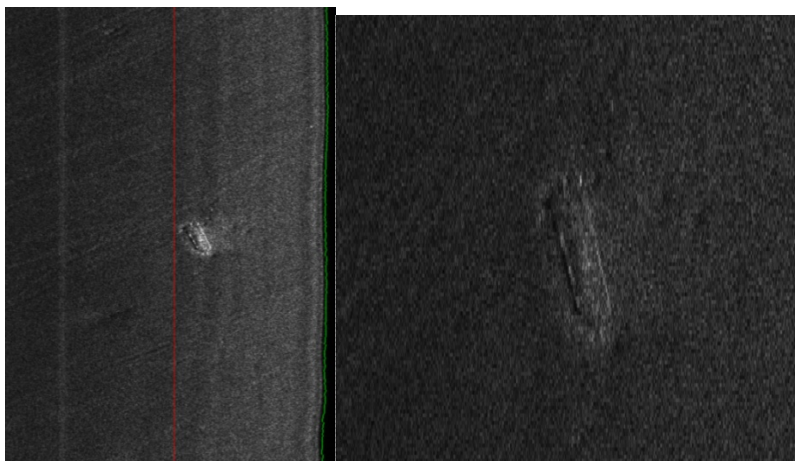
Posisjon: 58° 15.480' N 09° 44.886' E

Dybde: 579 m

Lengde: 28 m

Bredde: 5,5 m

Kommentarer: Ikke noe vrakgods i tilknytning til vraket. Svært nedsunket i havbunnen. Vesentlig eldre enn vrakene fra den aktuelle dumpeoperasjonen.



## Vrak 4

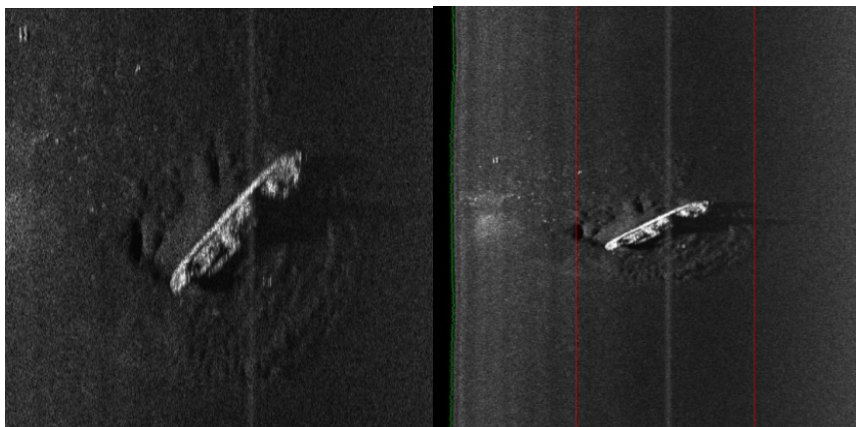
Posisjon: 58° 18.521 N 09° 41.008 E

Dybde: 654 m

Lengde: 86 m

Bredde: 15 m

Kommentarer: Lasteskip med forholdsvis stor overbygning midtskips. En del vrakgods rundt vraket.



## Vrak 5

Posisjon: 58° 17.834' N 09° 41.473' E

Dybde: 650 m

Lengde: > 120 m (knekt i to)

Bredde: 15 m

Høyde: 8 m

Kommentarer: Fronten er knekt av. En god del vrakgods.



## Vrak 6

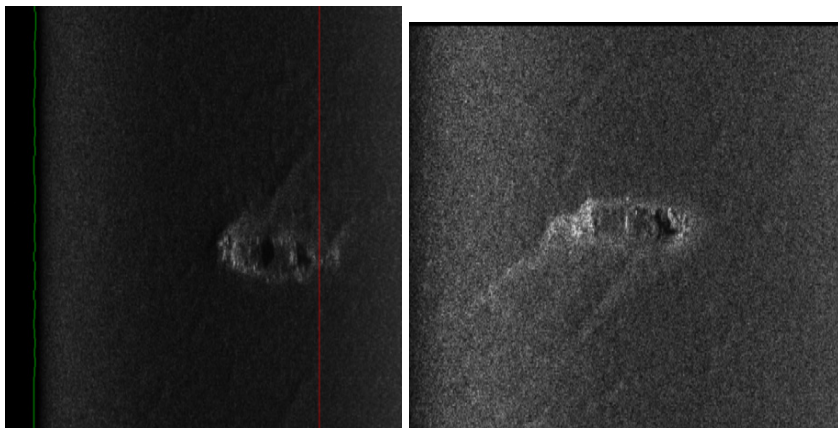
Posisjon: 58° 17.906' N 09° 40.405' E

Dybde: 662 m

Lengde: 30 m

Bredde: 6 m

Kommentarer: Lite vrak som er dypt nedsunken i havbunnen. Ikke fra den aktuelle dumpingen.



## Vrak 7

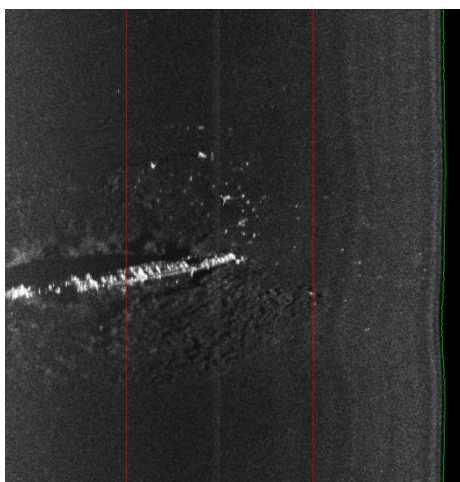
Posisjon: 58° 19.737' N 09° 39.693' E

Dybde: 643 m

Lengde: ca. 135 m

Bredde: 20 m

Kommentarer: En del vrakgods rundt vraket. Deler av vraket er delvis begravd. Ligger mot ytterkanten av dekningsområdet.



## Vrak 8

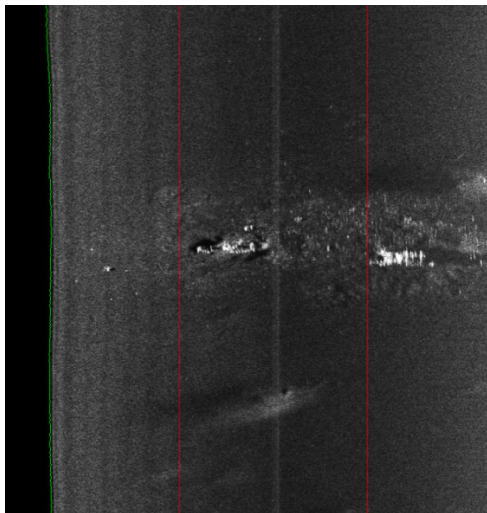
Posisjon: 58° 17.400' N 09° 41.597' E

Dybde: 643 m

Lengde: > 120 m (svært usikkert mål pga vrakets tilstand)

Bredde: 18 m

Kommentarer: Mye vrakgods. Vraket er brukket. Det kan se ut som om deler av vraket er borte. Deler av vraket er delvis begravd.



## Vrak 9

Posisjon: 58° 15.329' N 09° 43.265' E

Dybde: 541 m

Lengde: ca. 90 m

Bredde: 15 m

Kommentarer: Lasteskip med noe vrakgods spredt rundt.



## Vrak 10

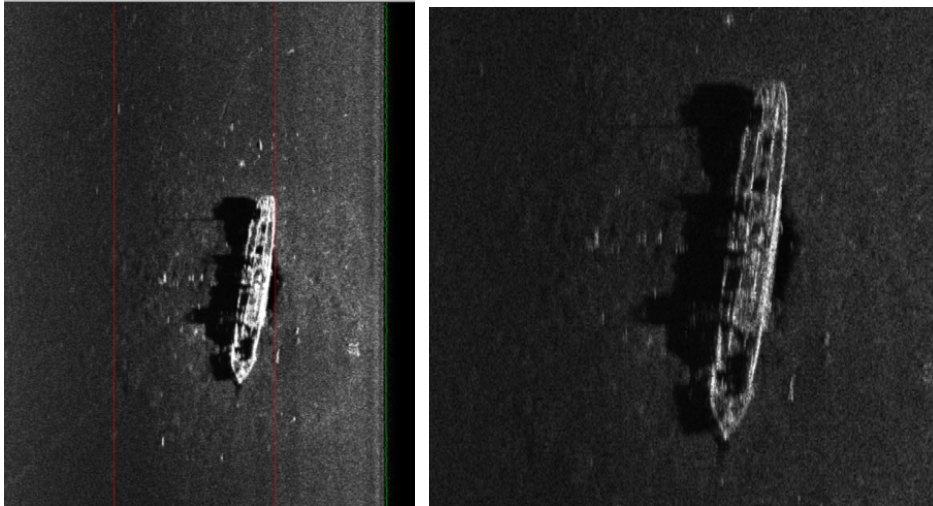
Posisjon: 58° 18.792' N 09° 39.794' E

Dybde: 665 m

Lengde: ca. 130 m

Bredde: 17 m

Kommentarer: Langt, overbygg i midten. To lasteluker akter og en forut.



## Vrak 11

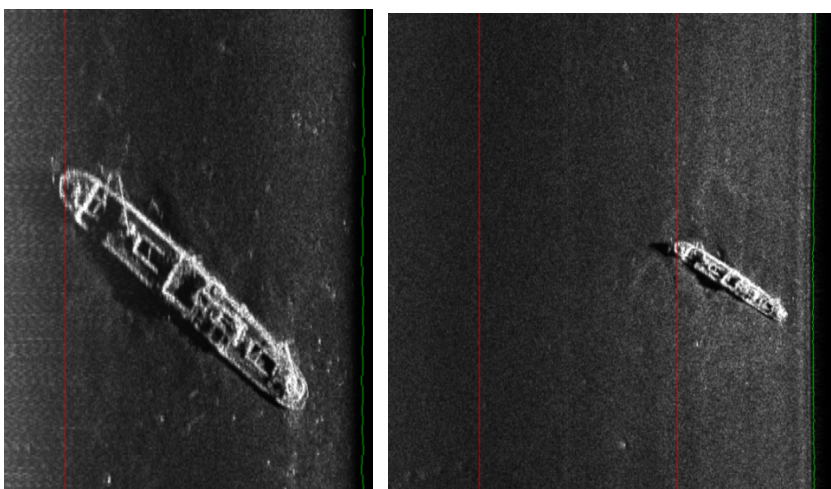
Posisjon: 58° 17.654' N 09° 40.463' E

Dybde: 662 m

Lengde: 79 m

Bredde: 11,5 m

Kommentarer: Lasteskip. Godt synlige lasteluker og mast. Godt definert overbygg. Noe vrakgods. Venstre sonarbilde fra høyfrekvent sidesøkende sonar.





## Vrak 12

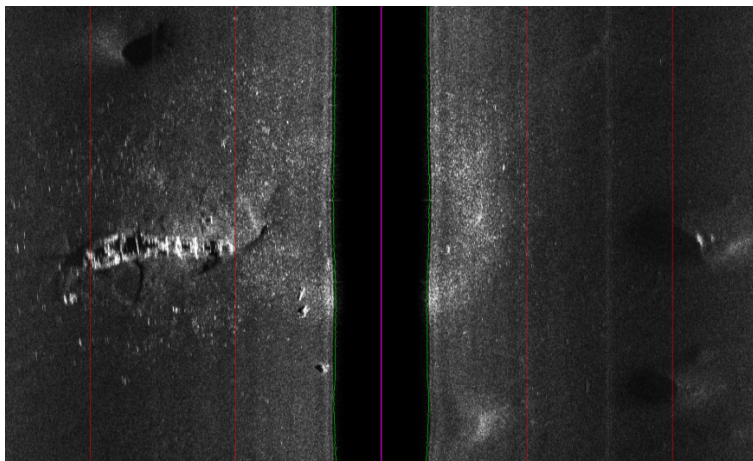
Posisjon: 58° 15.742' N 09° 42.066' E

Dybde: 549 m

Lengde: ca 110 m (usikkert pga vrakets tilstand)

Bredde: 19 m

Kommentarer: Vraket er brukket opp og store deler av det er ødelagt. Deler av vraket er nedsunket. Mye vrakgods.



## Vrak 13

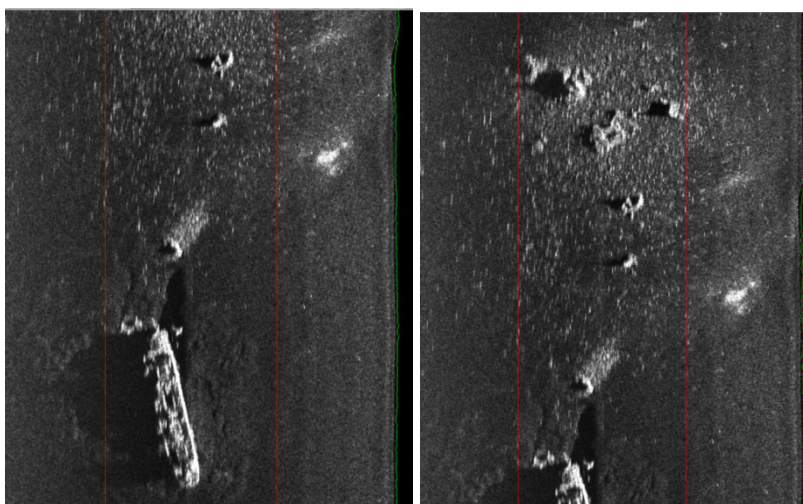
Posisjon: 58° 16.120' N 09° 41.006' E

Dybde: 577 m

Lengde: ca 110 m (sikkert pga vrakets tilstand)

Bredde: 16 m

Kommentarer: Mye av forskipet er borte og deler av det ligger spredt utover havbunnen sammen med diverse vrakgods. Mulig krigsskip.



## Vrak 14

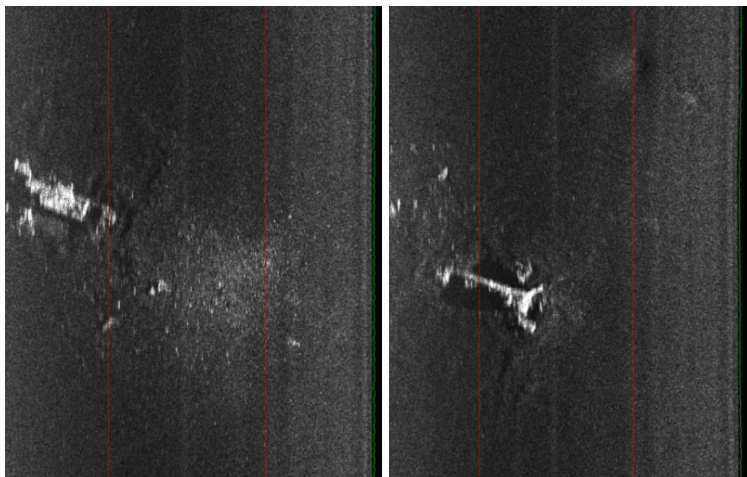
Posisjon: 58° 18.210' N 09° 38.568' E

Dybde: 679 m

Lengde: > 65 m (usikker pga vrakets tilstand)

Bredde: 10 m

Kommentarer: Ødelagt, delvis nedsunken.



## Vrak 15

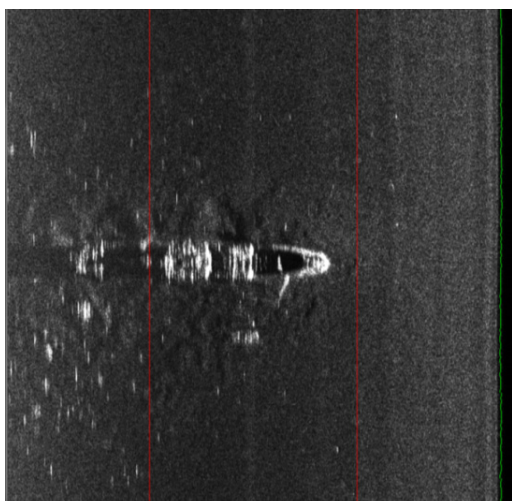
Posisjon: 58° 19.081' N 09° 37.734' E

Dybde: 671 m

Lengde: 125 m

Bredde: 18,5 m

Kommentarer: Noe ødelagt og nedsunken.



## Vrak 16

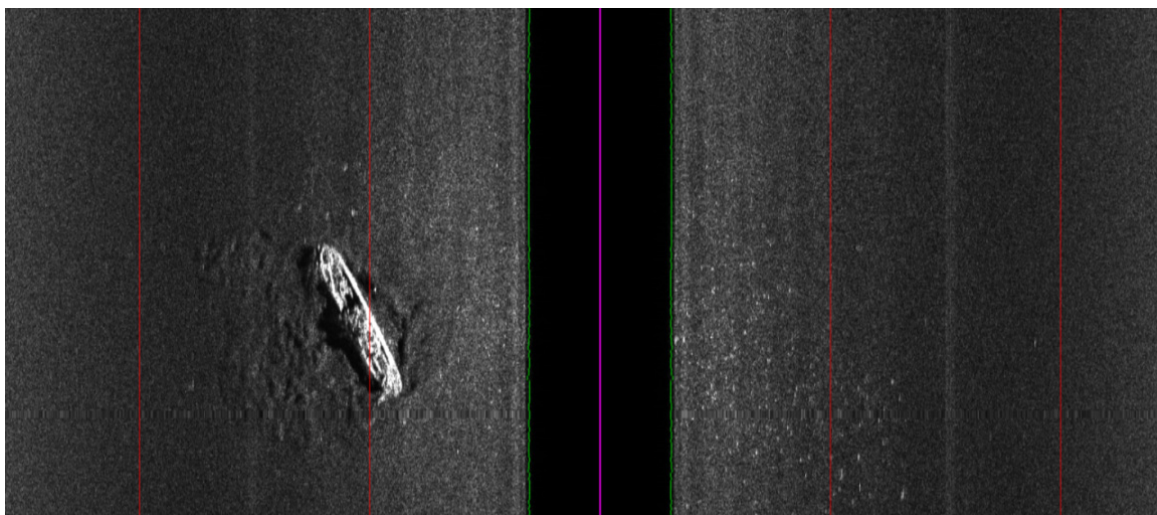
Posisjon: 58° 17.980' N 09° 38.655' E

Dybde: 651 m

Lengde: 82 m

Bredde: 11,5 m

Kommentarer: Lasteskip, delvis nedsunken. Lite overbygg.



## Vrak 17

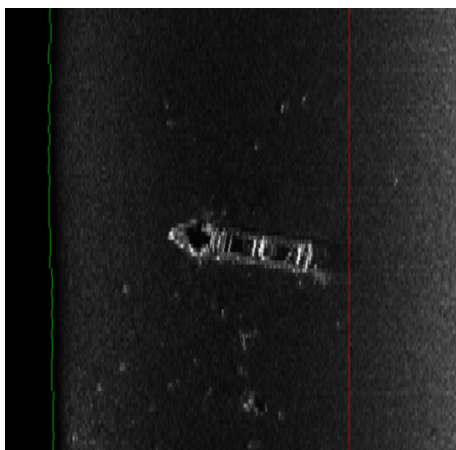
Posisjon: 58° 17.278' N 09° 44.687' E

Dybde: 609 m

Lengde: 43,5 m

Bredde: 7 m

Kommentarer: Lite vrak. Tre separate seksjoner.



## Vrak 18

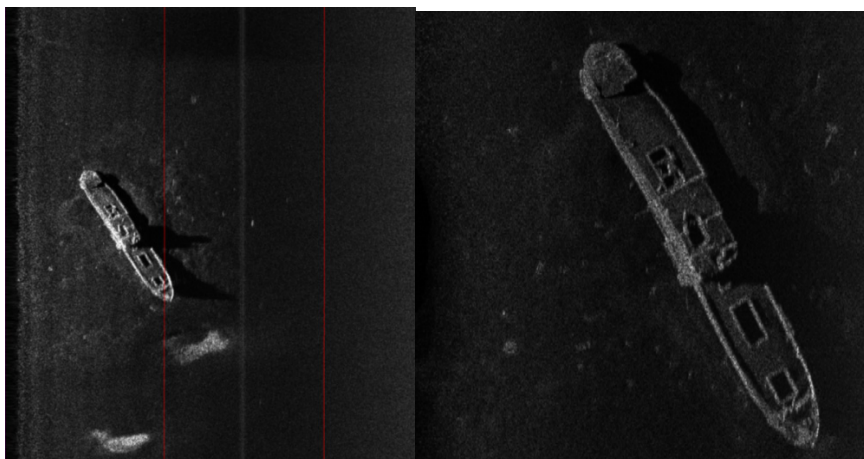
Posisjon: 58° 15.874' N 09° 39.942' E

Dybde: 587 m

Lengde: 115 m

Bredde: 14,7 m

Kommentarer: Lasteskip, godt bevart. Nær optimal passeringsavstand gir svært god avbildning. Tre tydelig avtegnede lasteluker, lite overbygg. Høyre sonarbilde er tatt med høyfrekvent sidesøkende sonar.



## Vrak 19

Posisjon: 58° 20.352' N 09° 37.947' E

Dybde: 659 m

Lengde: 108 m

Bredde: 15 m

Kommentarer: Lasteskip, middels stort overbygg. Mast synlig på akterdekket.



## Vrak 20

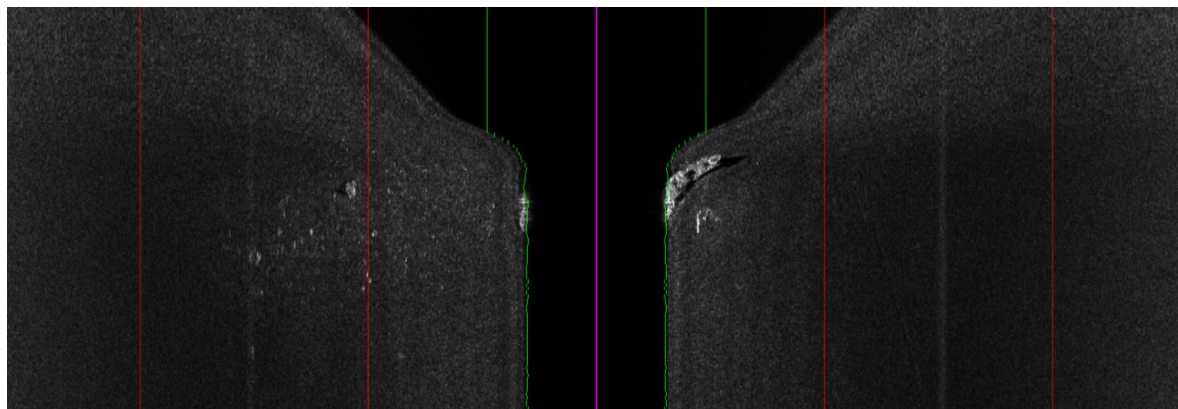
Posisjon: 58° 19.993' N 09° 34.313' E

Dybde: 660 m

Lengde: > 80 m (usikker)

Bredde: 13 m

Kommentarer: Mulig lasteskip (lasteluker synlige). Vraket ble funnet utenfor kartlegningsområdet. HUGIN hadde startet oppstigningen rett før vraket slik at sensordataene blir forvrengt. En del vrakgods i nærheten av vraket.



## A.2 Oversiktstabell

ID	Type vrak	Posisjon N	Posisjon E	Dybde	Lengde	Bredde	Kjent
01	Ligger på siden. Nedsunkenet.	58° 16.609' N	09° 44.375' E	590 m	50 m	10 m	
02	Knekt, mangler fremre del. Lasteskip?	58° 18.309' N	09° 42.911' E	635 m	38 m	8,5 m	
03	Lite vrak, nedsunkenet. Ikke fra dumping.	58° 15.480' N	09° 44.886' E	579,6 m	28 m	5,5 m ?	
04	Lasteskip.	58° 18.521' N	09° 41.008' E	654,2 m	86 m	15 m	X
05	Knekt i to. Mulig krigsskip.	58° 17.834' N	09° 41.473' E	650,3 m	~125 m?	15 m	X
06	Lite vrak. Svært nedsunkenet. Ikke fra dumping.	58° 17.906' N	09° 40.405' E	662 m	30 m	6,5 m	
07	Lasteskip. Delvis begravd.	58° 19.737N	09° 39.693' E	643 m	~ 135 m	20 m	X
08	Vraket svært ødelagt og nedsunkenet.	58° 17.400' N	09° 41.597' E	643 m	120 m??	20 m	
09	Lasteskip	58° 15.329' N	09° 43.265' E	541 m	91 m	17 m	X
10	Langt, overbygg i midten. To lasteluker akter.	58° 18.792' N	09° 39.794' E	665 m	130m	18 m	X
11	Lasteskip, to godt synlige lasteluker.	58° 17.654' N	09° 40.463' E	662 m	79 m	11,5 m	X
12	Brukket opp, ødelagt, nedsunkenet.	58° 15.742' N	09° 42.066' E	549 m	~110+ m?	19 m	X
13	Stor del av forskipet er borte. Mye synlige overbygg.	58° 16.120' N	09° 41.006' E	577 m	110+ m	16 m	X
14	Ødelagt, delvis begravd	58° 18.210' N	09° 38.568' E	679 m	65 m +	10 m	
15	Noe ødelagt, delvis begravd	58° 19.081' N	09° 37.734' E	671 m	125 m	18,5 m	
16	Lasteskip. Delvis nedsunkenet	58° 17.980' N	09° 38.655' E	651 m	82 m	11,5 m	X
17	Lite, tre avdelte deler	58° 17.278' N	09° 44.687' E	609 m	43,5 m	7 m	
18	Godt bevart. Lasteskip. Lite overbygg. To luker foran, en bak.	58° 15.874' N	09° 39.942' E	587 m	115 m	14,7 m	X
19	Lasteskip, to luker akter en forut.	58° 20.352' N	09° 37.947' E	659 m	108 m	15 m	
20	Usikker, tatt utenfor område mens HUGIN pitcher. Synlige lasteluker	58° 19.993' N	09° 34.313' E	660 m	80 m (svært usikkert)	13 m	