

1 V05 Mulighetsstudie for heving av last

1.1 Innledning

Subsea7 har på vegne av Kystverket i perioden januar til mai 2026 gjennomført en mulighetsstudie (feasibility study) av ulike metoder for å heve kvikksølvlasten fra vraket av U-864. Formålet har vært å vurdere gjennomførbarhet, risiko, tidsbruk og kostnadsnivå for ulike metoder for fjerning av kvikksølvlasten.

Studien bygger på tidligere konseptarbeid som ble gjennomført i forbindelse med forprosjekt for heving av last (2014), oppdatert kunnskap om vrakets tilstand og havbunnsforhold, samt nyere kartlegging gjennomført i 2025. Vurderingene er gjort med utgangspunkt i marine operasjoner, tilhørende risikoforhold og tilgjengelig teknologi.

Kostnadsestimat fra mulighetsstudien er videreført til alternativanalysen som grunnlag for usikkerhetsanalysen av kostnader for alternativet (alternativ 3 Heving av last).

1.2 Ulike metoder for heving av last som er vurdert

I alt fire alternative metoder for fjerning av kvikksølv er vurdert. Tre av disse bygger på tidligere utviklede konsepter fra forprosjektet, mens en ny metode er utviklet som en del av denne studien. For hver metode er det gjennomført:

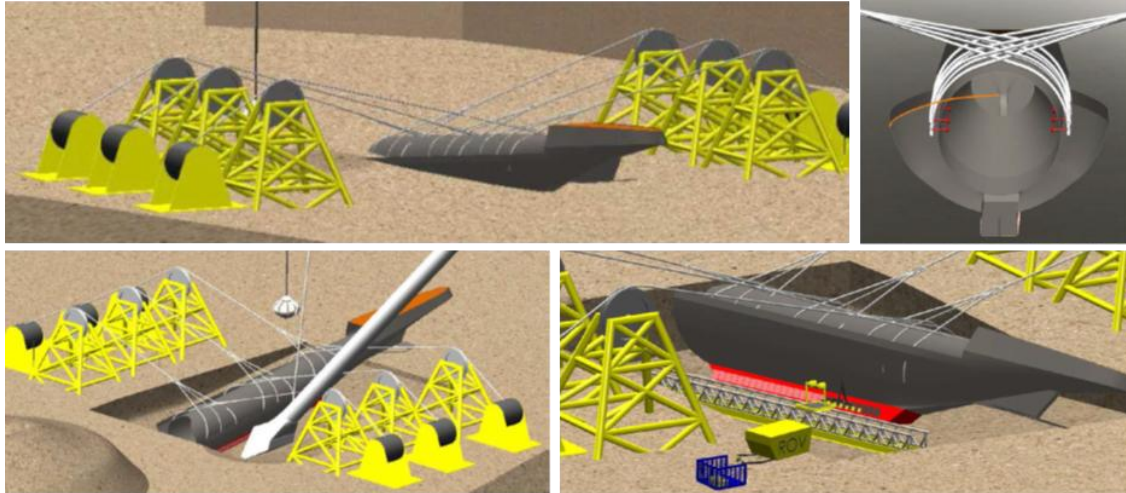
- vurdering av teknisk og operasjonell gjennomførbarhet
- beskrivelse av hovedoperasjoner og fartøybehov
- identifikasjon og kvalitativ vurdering av sentrale risikoer, særlig knyttet til:
 - spredning av forurensede sedimenter
 - ytterligere lekkasje av kvikksølv
 - strukturell stabilitet i vraket
 - håndtering av udetonerte torpedoer
 - sikkerhet for personell
- grove estimater for varighet og kostnadsnivå (klasse 5-estimat¹)

Vurderingene er gjort med utgangspunkt i etablerte prinsipper for marine operasjoner, tilhørende risikoforhold og tilgjengelig teknologi. Det er også valgt å legge inn en forutsetning om bruk av fjernstyrt undervannsutstyr (ROV) fremfor dykkere av hensyn til sikkerheten for involvert personell.

¹ AACE's klassifiseringssystem (Den internasjonale foreningen for kostnadsestimering, planlegging og kostnadsstyring (AACE International))

1.2.1 Metode 1 – Rulle (rulling av vrakseksjoner og mudring av sedimenter)

Metoden innebærer omfattende mudring og graving rundt vraket, installasjon av vinsjer og støttestrukturer på havbunnen, samt kontrollert sideveis rulling av vrakseksjonene for å etablere tilgang til kjølkassene som er illustrert i figuren under.



Figur 1 Illustrasjon av Metode 1 Rulle

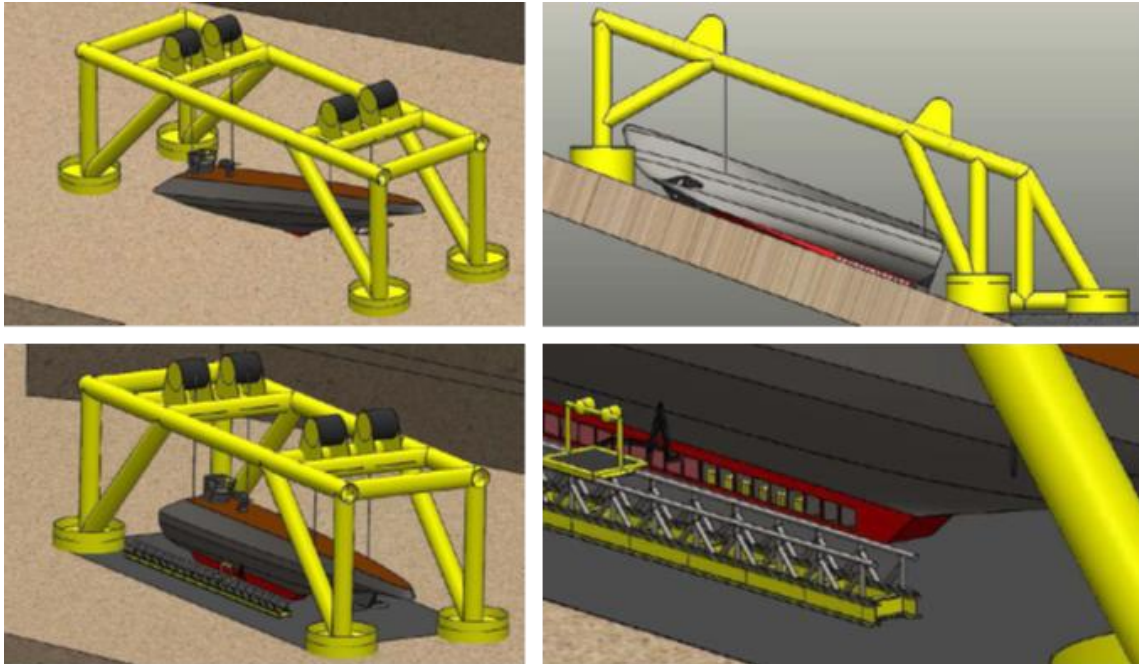
Studien viser at metoden:

- krever fjerning av store volum forurensede sedimenter, med betydelig risiko for spredning
- forutsetter komplekse og relativt umodne subsea-installasjoner
- innebærer høy risiko for strukturelle skader på vraket og ytterligere kvikksølvlekkasje
- har lang forventet gjennomføringstid og svært høyt kostnadsnivå

Metoden vurderes samlet som operasjonelt krevende, forbundet med høy risiko og lite egnet for videre planlegging.

1.2.2 Metode 2 – Rigg (løfting av vrakseksjoner i en rammestruktur)

Metoden baserer seg på installasjon av løfterammer med vinsjer over hver vrakseksjon, som deretter løftes vertikalt for å etablere tilgang til kjølen som illustrert i figuren under.



Figur 2 Illustrasjon av Metode 2 Rigg

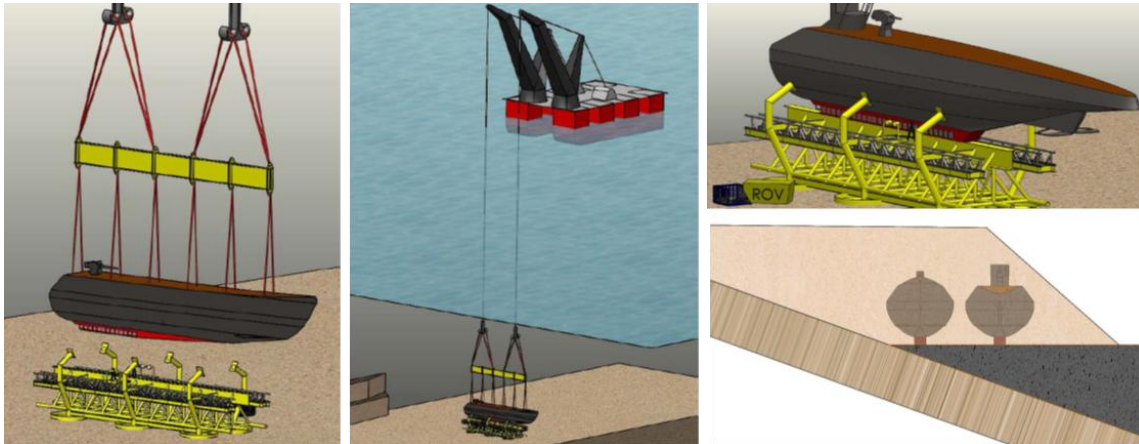
Studien viser at metoden:

- krever svært store og tunge spesialkonstruksjoner som må tilpasses sjøbunn lokalt med ulike fundamenteringsforhold. Løfteriggen må ha større høyde enn tidligere forutsatt, blant annet på grunn av behov for supplerende installasjoner (løfteåk) for å fordele belastning.
- er avhengig av kontinuerlig bruk av tungløfteskip (Heavy Lift Vessel) over lengre perioder
- har høy operasjonell kompleksitet og betydelig kostnadsbelastning
- innebærer vesentlig usikkerhet knyttet til fundamentering og gjennomføring

Metoden anses teknisk gjennomførbar, men lite hensiktsmessig sett i forhold til kostnad, kompleksitet og risiko.

1.2.3 Metode 3 – Krybbe (løft fra overflatefartøy og plassering i krybbe)

Metoden innebærer at hver av de to vrakseksjonene løftes ved hjelp av et overflatefartøy og plasseres i spesialtilpassede krybber på eksisterende støttefylling. Når vrakseksjonene er stabilisert i krybbene, etableres tilgang til kjølkassene for uttak av kvikksølvbeholdere som illustrert i figuren under.



Figur 3 Illustrasjon av Metode 3 Krybbe

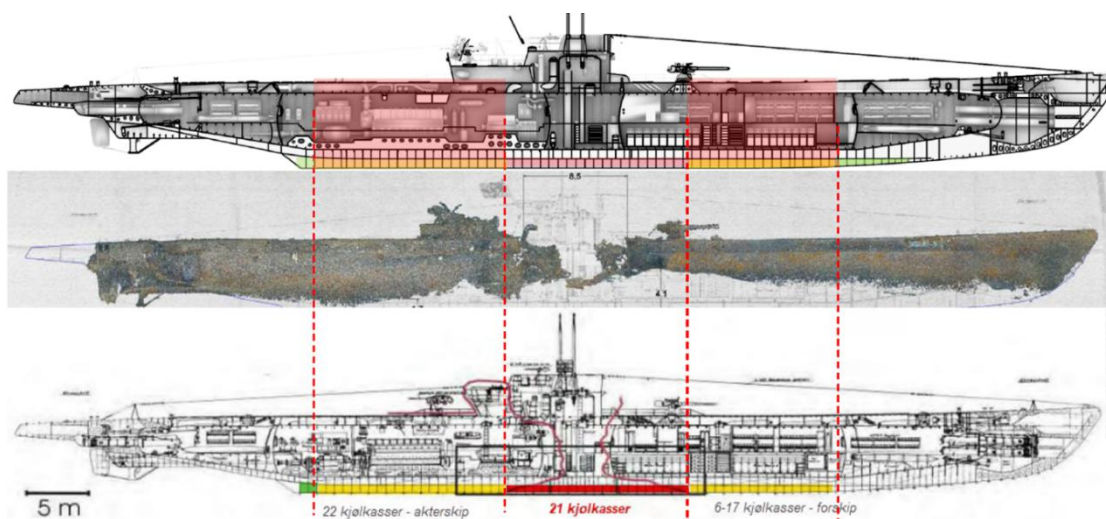
Studien viser at metoden:

- Gir god og kontrollert tilgang til kjølkassene
- reduserer behovet for omfattende inngrep i sedimentene
- begrenser bruken av tungløftefartøy (Heavy Lift Vessel) til kortvarige og avgrensede operasjoner
- har et balansert forhold mellom risiko, kostnad og gjennomføringstid

Av de tre opprinnelig utviklede metodene vurderes metode 3 samlet som den mest robuste og gjennomførbare løsningen.

1.2.4 Metode 4 – Kutting (løfting av vrakdeler fra overflatefartøy til dekk etter kutting)

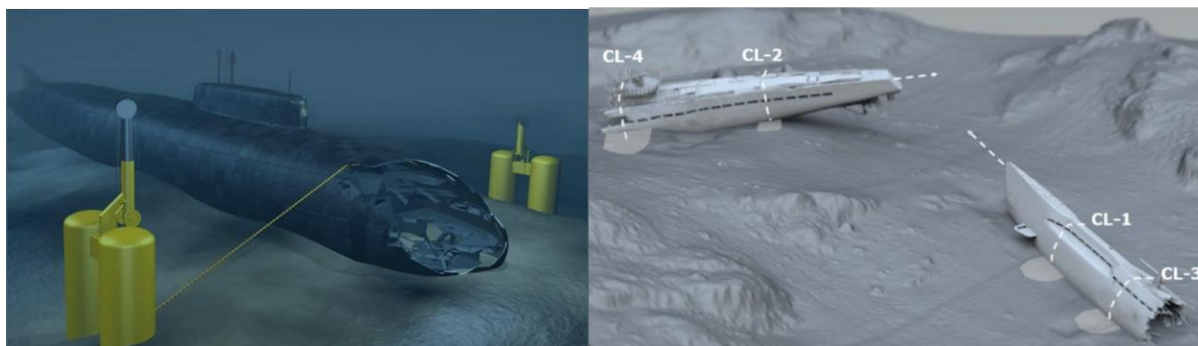
Metoden er utviklet i denne studien og innebærer at deler av vraket som antas å inneholde kvikksølvbeholdere, kuttes fri og løftes fra et overflatefartøy. Øvrige deler av vraket, herunder seksjoner som inneholder torpedoer, fjernes ved seksjonering, primært ved bruk av diamantsagwire montert i en subsea-rigg. Metoden legger opp til selektiv håndtering av vraket og reduserer vekten av vrakdeler som skal løftes opp. Dette bidrar til å redusere operasjonell risiko, herunder risiko knyttet til eksponering for torpedoer og tungløftoperasjoner. Samtidig begrenses løfteoperasjonen til vrakseksjoner som forventes å inneholde kvikksølvbeholdere, og ikke torpedoer.



Figur 4 Illustrasjon av Metode 4 Kutte med foreslått plassering av kutt

Kutting av ubåt-vrak er tidligere gjennomført av den russiske ubåten Kursk (2001) der baugpartiet, som var ødelagt fra eksplosjonen, ble kuttet fra og resterende vrak ble hevet.

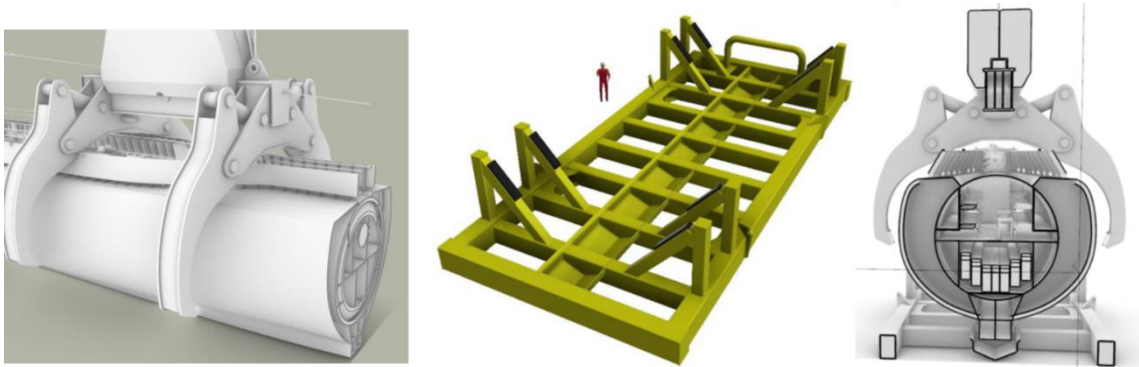
Det skal etableres fundamentering for en rigg for en diamantsagwire i en dybde som sikrer et kutt ned til en dybde til under kjølen som vist i figuren under. De seksjoner av vrakdelen som omfatter torpedorom i baug og akter og del som er nærmest bruddåpningen vil forbli på sjøbunnen, og skal sikres mot brå bevegelser under kutteoperasjonen og frem til vrakdeler er sikret mot bevegelser under tildekkingen.



Figur 5 Illustrasjon av rigg for kutting med diamantsagwire (DSW) som ble benyttet ifbm kutteoperasjoner på vraket ubåten Kursk t.v. og en illustrasjon av plassering av mulige kutt på de to vrakseksjonene etter U-864 t.h.

De deler av vraket som forventes å ikke inneholde en intakte kjølkasser (nærmest bruddåpningen) kuttes også av og forblir på sjøbunnen. Det vil være mulig å lage horisontale kutt slik at den nedre del av skroget og kjølkassen til de seksjoner av vraket som kuttes fra nærmest bruddåpningen også kan heves.

Vrakdelene med kvikksølvbeholdere som skal heves løftes over i en ramme der vrakdelen sikres mot bevegelser.



Figur 6 Forslag til løfte-klo og løfteramme som vrakseksjon plasseres over i for senere løfting opp til overflatefartøy. Det er ikke vist konstruksjoner som oppsamling av evt. flytende kvikksølv ved løfting opp fra sedimenter til løfteramme eller ved løft videre fra sjøbunn til fartøy.

Det må også sikres at eventuell fritt flytende kvikksølv fra mulige ødelagte beholdere samles opp både under flytting over i rammestrukturen, men også ved løft av rammen fra sjøbunn og om bord på løftefartøyet. Strukturer og installasjoner for oppsamling av kvikksølv underveis er ikke detaljert i denne mulighetsstudien.

Studien viser at metoden, sammenlignet med de øvrige tre metodene:

- kan redusere subsea-arbeidet betydelig
- har potensial for kortere gjennomføringstid og lavere kostnadsnivå
- flytter en større del av kompleksiteten til forberedende kuttoperasjoner

Samtidig identifiserer studien flere gjenværende usikkerheter knyttet til:

- praktisk gjennomføring av sikre kutt i et degradert vrak
- dybde til fjell for fundamentering av rigg
- håndtering av kvikksølv som allerede kan ha lekket ut i kjølen og omkringliggende sedimenter
- stabilitet og restrisiko knyttet til torpedoseksjoner

1.2.5 Samlet vurdering og konklusjon

Kystverkets har valgt å følge anbefalingene fra mulighetsstudien og legger til grunn at det av de i alt fire metoder som er vurdert, vil benytte metode 4 Kutting som en aktuell metode for alternativ 3 Heving av last i Alternativanalysen.

Metoden vurderes samlet å kunne gi et lavere kostnadsnivå og en mer robust gjennomføring enn de øvrige tre metodene, ved at den er mindre sårbar for kostnadsøkning som følge av komplekse subsea operasjoner med lang varighet. Samtidig vurderes metoden som mindre moden sammenlignet med de øvrige tre metodene, særlig når det gjelder løfting av seksjonerte vrakdelar opp til fartøyet og videre håndtering på land.