



sht

Statens  
Havarikommisjon  
for Transport

Avgitt november 2010

# RAPPORT

Sjø 2010/11



RAPPORT OM UNDERSØKELSE AV SJØULYKKE  
STAR ISMENE - LANT5, NANTONG KINA  
16. DESEMBER 2008



This report is also available in English

*Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre sjøsikkerheten. Formålet med en sikkerhetsundersøkelse er å klarlegge hendelsesforløp og årsaksfaktorer, utrede forhold av betydning for å forebygge sjøulykker og bedre sjøsikkerheten, og offentliggjøre en rapport med eventuelle sikkerhetstilrådinger. Kommisjonen skal ikke vurdere sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sjøsikkerhetsarbeid bør unngås.*

Foto av vestlandsferje: Bente Amandussen

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

MELDING OM ULYKKEN .....	3
SAMMENDRAG.....	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER .....	6
1.1 Detaljer om fartøyet og ulykken .....	6
1.2 Hendelsesforløp .....	7
1.3 Skadeomfang.....	11
1.4 Fysiologiske effekter av redusert oksygenivå i atmosfæren .....	12
1.5 Rederi og flåte.....	12
1.6 Skipet .....	12
1.7 Langskips gangpassasjer .....	13
1.8 Arrangement for ventilasjon og tørking av lasterommene .....	14
1.9 Arrangement for manuell peiling av tanker .....	16
1.10 Rederiets sikkerhetsstyringssystem .....	17
1.11 Besetningen.....	20
1.12 Lastens fysiske og kjemiske egenskaper, klassifisering og avskipers ansvar.....	20
1.13 Tidligere ulykker og hendelser .....	22
1.14 Dagens regelverk .....	22
1.15 Myndighetenes og classeselskapets godkjenning og tilsyn .....	26
2. ANALYSE.....	27
2.1 Innledning .....	27
2.2 Atmosfæren i nedgangen der ulykken skjedde .....	27
2.3 Informasjon fra avskiper om kobberkonsentratets fysiske egenskaper .....	28
2.4 Designløsningen i forhold til tilkomst til og opphold i gangpassasjene og rommene mellom lukene som også fungerer som ventilasjonskanaler.....	28
2.5 Besetningens mangel på bevissthet om farene ved entring av gangpassasjene og rommene mellom lastelukene samt rederiets sikkerhetsstyringssystem .....	31
2.6 Regelverk relatert til bygging av skip .....	34
2.7 Myndighetstilsyn og classeselskapets besiktigelser .....	34
2.8 Gjennomførte tiltak.....	36
3. KONKLUSJON .....	36
3.1 Atmosfæren i nedgangen der ulykken skjedde .....	36
3.2 Informasjonen fra avskiper om farer ved transport av lasten .....	36
3.3 Designløsningen i forhold til tilkomst til rommene mellom lukene via lasterommene.....	36
3.4 Designløsningen med bruk av oppholdsrom som ventilasjonskanaler og forståelsen av begrepet lukket rom .....	37
3.5 Krav til risikoanalyse i designfasen .....	37
3.6 Myndighetsrevisjoner av sikkerhetsstyringssystemet.....	38
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER .....	38
VEDLEGG.....	40

## MELDING OM ULYKKEN

Ulykken om bord i Star Ismene skjedde 16. desember 2008 klokken 1330<sup>1</sup>, mens skipet lå til ankers i Nantong, "Inner Anchorage" (Yellow River), Kina. Under arbeid med peiling av tanker mistet to besetningsmedlemmer bevisstheten. Begge ble brakt til sykehus. Skipet varslet Sjøfartsdirektoratet om hendelsen 18. desember. Sjøfartsdirektoratet viderevarslet Statens havarikommisjon for transport (SHT) med e-post samme dag.

SHT tok kontakt med rederiet 19. desember 2008 for å innhente ytterligere informasjon. SHT tok samtidig kontakt med Norsk senter for maritim medisin (NCMM) for å få en medisinsk vurdering av ulykkens alvorlighetsgrad i forhold til begrepet "fare for betydelig personskade". På bakgrunn av tilbakemeldingen fra NCMM orienterte SHT rederiet 20. desember 2008 og Sjøfartsdirektoratet 22. desember 2008 om at SHT ville iverksette undersøkelse i henhold til bestemmelsene i kapittel 18 i lov 24. juni 1994 om sjøfarten (sjøloven).

Etter lossing i Nantong seilte Star Ismene til Incheon, Korea, for å laste. To havariinspektører fra SHT reiste til Incheon og gikk om bord 28. desember 2008 og gikk i land dagen etter. Inspektørene gjennomførte tekniske undersøkelser og samtaler med involvert personell.



Figur 1: Ulykken skjedde mens Star Ismene lå til ankers i Nantong.

<sup>1</sup> Alle klokkeslett i denne rapporten refererer til lokal tid, dvs. UTC + 6 timer.

## SAMMENDRAG

Star Ismene lå i Nantong for lossing av kobberkonsentrat. Før losseoperasjonen kunne igangsettes gikk to lastinspektører om bord i skipet 16. desember 2009 for å bestemme lastmengden. Den ene lastinspektøren gikk sammen med overstyrmannen for avlesing av fotmerker og den andre gikk sammen med dekkreparatøren og en skipsagent for å peile bunkers- og ballasttankene.

Peilerørene er plassert i lukkede rom mellom karmene på de store lastelukene, og adkomsten til disse rommene går fra gangpassasjen på styrbord side, via et repos i nedgangen til lasterommet og derfra opp i rommet mellom lastelukene. For å komme til peilerørene mellom lasterom nr. 6 og 7 åpnet dekkreparatøren nedgangsluken til lasterom nr. 7, som var lastet med kobberkonsentrat, og gikk ned sammen med skipsagenten. Nede på reposit mistet dekkreparatøren bevisstheten. Agenten kom seg imidlertid ut igjen og løp for å varsle om det som hadde hendt. Før det ble organisert en redningsoperasjon var andrestyrmann og litt senere også vakthavende dekksmann, nede i rommet for å hjelpe dekkreparatøren. Andrestyrmann kom seg opp igjen, men vakthavende dekksmann mistet bevisstheten og falt over dekkreparatøren. Etter ulykken ble det foretatt målinger som viste at oksygeninnholdet i rommet hvor ulykken skjedde var 5,9 %.

De to besetningsmedlemmene som ble liggende bevisstløse i rommet ble etter en kort tid reddet ut og brakt til sykehus for behandling. Det er antatt at det tok ca. 10 minutter fra dekkreparatøren gikk ned i nedgangen til lasterommet før begge personene var brakt opp igjen. Dekksmannen som hadde oppholdt seg i lasterommet kortest tid ble utskrevet og kom tilbake i arbeid dagen etter hendelsen. Dekkreparatøren fikk et lengre sykehusopphold, men ble frisk og erklært 100 % arbeidsfør den 31. januar 2009.

I tråd med mandatet har SHT gjennom en sikkerhetsundersøkelse søkt å klarlegge hendelsesforløpet og avdekke bakenforliggende forhold som førte til ulykken med tanke på å gi eventuelle sikkerhetstilrådninger som kan hindre tilsvarende ulykker i fremtiden.

Havarikommisjonen har med dette fokus avdekket sikkerhetsproblemer knyttet til kombinasjonen av at adkomsten til peilerørene gikk via nedgangene til lasterommene samtidig med at besetningen ikke oppfattet at lasten hadde kjemiske egenskaper som førte til oksygenmangel i lasterommet. Det forelå ikke tydelig advarsel fra avskiper om dette.

Star Ismene er, i likhet med andre av rederiets skip, designet med et anlegg for ventilasjon og tørking av lasterommene, der gangpassasjer og andre rom som benyttes av besetningen også benyttes som luftkanaler for lasterommene. Besetningen utfører regelmessig peilinger og andre nødvendige oppgaver i disse rommene både i forbindelse med normal drift og ved eventuelle nødssituasjoner. Det spesielle designet har medført en kompleksitet der det er meget vanskelig å vurdere hvilke rom som til enhver tid skal betraktes som lukket rom. Dette har ført til redusert sikkerhet for mannskapet. Etter havarikommisjonens syn ville det ha vært hensiktsmessig om disse farene for personskade hadde vært avdekket allerede i designfasen.

De operasjonelle utfordringene dette designet medførte var ikke tilfredsstillende håndtert gjennom rederiets sikkerhetsstyringssystem. Dette har etter havarikommisjonens syn bidratt til at skipets besetning har etablert en praksis som er blitt ansett som forsvarlig, men uten at de har hatt en klar forståelse for hvilke deler av skipet som til enhver tid var å betrakte som lukket rom.

Problemstillingen knyttet til at rederiets og skipets sikkerhetsstyringssystem ikke var tilstrekkelig skipsspesifikt ble ikke fanget opp gjennom tilsynsmyndighetens revisjoner av systemet.

Havarikommisjonen fremmer i denne rapporten 4 sikkerhetstilrådninger. Disse adresseres til rederiet i forhold til å vurdere endringer i skipets design og i forhold til å etablere operasjonelle prosedyrer for blant annet drift av ventilasjonsanlegget og entring av lukkede rom, til myndighetene, representert ved Sjøfartsdirektoratet, i forhold til å vurdere innføring av krav om risikoanalyser knyttet til mannskapets sikkerhet allerede i designfasen, og til Det Norske Veritas i forhold til å identifisere og iverksette tiltak i forbindelse med myndighetsrevisjoner som bedre ivaretar målsettingen om at sikkerhetsstyringssystemene skal være spesifikt tilpasset rederiene og skipene.

# 1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

## 1.1 Detaljer om fartøyet og ulykken

### *Fartøysdetaljer*

Skipets navn	:	Star Ismene
Kjenningsignal	:	LANT5
IMO nummer	:	9182966
Eier / reder	:	Grieg International II AS, Postboks 513 Skøyen, 0214 Oslo
ISM – ansvarlig	:	Grieg Shipping Group AS, Org. Nr. 932350467, Postboks 781 Sentrum, 5807 Bergen
Skipstype	:	”Open hatch” bulkskip
Byggeår / - sted	:	2000 / Tamano, Japan
Flaggstat / register	:	Norge / NIS
Klasseselskap	:	DNV
Periodisk myndighets- kontroll, inkl. ISM	:	DNV
Hjemsted	:	Bergen
Skrogmateriale	:	Stål
Lengde over alt	:	198,00 meter
Bredde	:	31,00 meter
Bruttotonnasje	:	32 628
Maskinkraft	:	10 525 KW / 14 300 BHK



Figur 2: Star Ismene. Foto: Knut Helge Schistad shipspotting.



Figur 3: Illustrasjon av Star Ismene, sett i profil. Kilde: Grieg Star Shipping AS.

### Detaljer om ulykken

Tid og dato	:	1330, lokal tid, 16. desember 2008
Sted for ulykken	:	Nantong Inner Anchorage (Yellow River), Kina
Personer om bord	:	21 besetningsmedlemmer og 2 andre <sup>2</sup>
Personskader/omkomne	:	2 besetningsmedlemmer skadet
Skade på skipet	:	Ingen

## 1.2 Hendelsesforløp

Star Ismene lastet trelastprodukter og kobberkonsentrat i forskjellige havner i området rundt Vancouver, Canada. I tillegg til trelast var skipet lastet med totalt 23641 tonn kobberkonsentrat i bulk. Av den totale kobberlasten var 12538 tonn fordelt på lasterom nr. 3 og 7. Denne skulle losses i Nantong. Resterende 11103 tonn som var fordelt på lasterom nr. 2 og 8 skulle losses i Qingdao. Kobberkonsentratet i lasterom nr. 3 og 7 var tatt om bord 7. til 9. november, mens lasterom nr. 2 og 8 ble lastet 19. til 21. november. I forbindelse med lastingen av kobberkonsentratet mottok besetningen sikkerhetsdatablad (MSDS) for lasten og gikk gjennom dette for å vurdere hvilke farer lasten kunne medføre.

Under lastning av cellulose i Squamish, Canada, 17. november 2008 opplevde de lokale sjauerene en spesiell lukt fra kobberkonsentratlasten i lasterom nr. 3 og 7. Dette medførte at de ikke ville arbeide med sikring av celluloselasten nede i tilstøtende lasterom. Med bakgrunn i dette besluttet overstyrmannen, som var om bord på dette tidspunktet, at rommene med kobberkonsentrat skulle avstenges. Lasterom nr. 3 og 7 ble stengt og sikret med elektrostrips og merket ”**DANGER OXYGEN DEPLETION NO ENTRY**” (se figur 5). Tilsvarende stengning og sikring ble senere foretatt etter lastning av kobberkonsentrat i lasterom nr. 2 og 8. Sikrings- og merkingsarbeidet ble utført av dekskspesialisten, som på ulykkestidspunktet var den som først gikk ned på repositet i nedgangen til lasterom nr. 7 og mistet bevisstheten.

Den 21. november 2008 seilte Star Ismene fra Vancouver over Stillehavet for lossing i Korea og Kina.

Etter å ha losset trelastprodukter i Busan og Inchon ankom Star Ismene Qingdao Berth 13. desember klokken 1612 lokal tid. Nødvendig innklarering, avlesing av fotmerker og peiling av bunkers- og ballasttanker ble gjennomført før lossing av kobberkonsentrat ble igangsatt fra lasterom nr. 2 og 8 klokken 1850. Lossingen ble avsluttet klokken 1815 neste dag. Ny avlesing av fotmerker og peiling av tanker ble gjennomført og skipet gikk fra kai klokken 2124 og seilte for Nantong.

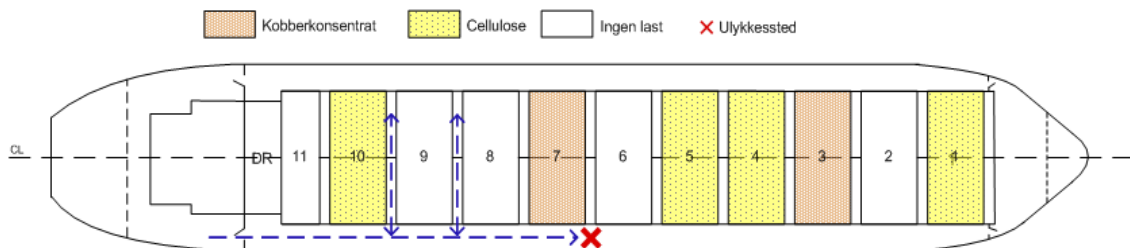
<sup>2</sup> To lastinspektører.



Etter et kort opphold ved Shanghai "Outer anchorage" om kvelden 15. desember ankom Star Ismene Nantong "Inner anchorage" klokken 1006 16. desember. Planen var å ligge til ankers og losse kobberkonsentratet fra lasterom nr. 3 og 7 over i lektere. Lokale myndigheter og agenter ankom klokken 1040 og nødvendig innklarering ble gjennomført.

Klokken 1300 ankom to lastinspektører, som representerte mottaker av lasten, for å bestemme lastmengden før losseoperasjonen kunne igangsettes. Dette gjøres ved å beregne skipets deplasement (totalvekt med last, bunkers, ballastvann mm.) basert på avlesing av fotmerker, og deretter trekke fra skipets lettvekt, samt vekt av bunkers, ballastvann mm. Vekt av bunkers og ballast bestemmes ved å peile de aktuelle tankene. Lastinspektørene ble fordelt på to lag. Den ene lastinspektøren gikk sammen med overstyrmannen for avlesing av fotmerker og den andre sammen med dekkreparatøren for å peile bunkers- og ballasttankene. Sammen med laget som besto av dekkreparatøren og en av lastinspektørene deltok også en agent fra Sinotrans Jiangsu Nantong Branch. Sistnevntes oppgave var å bistå lastinspektøren med blant annet kommunikasjon opp mot skipets besetning.

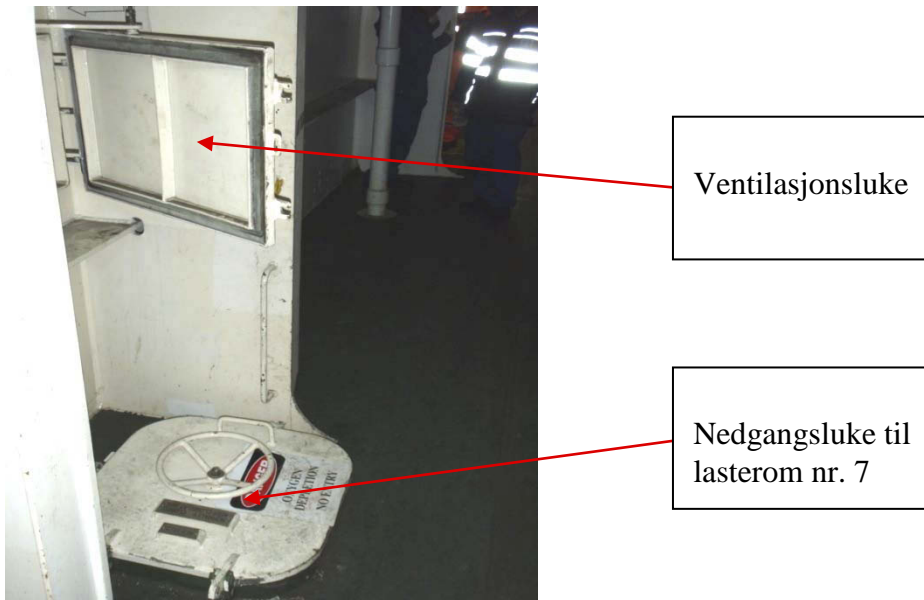
Litt etter klokken 1300 startet arbeidet med å peile ballasttankene. Dekkreparatøren og den kinesiske lastinspektøren startet å peile nr. 6 ballasttanker med inngang fra styrbord passasje under dekk, mellom lasterom nr. 9 og 10, for deretter å peile nr. 5 tankene, mellom lasterom nr. 9 og 8. Lasterommene nr. 2, 6, 8 og 9 var tidligere utlosset og luftet. Se figur 4. Agenten deltok også i dette arbeidet.



Figur 4: Snitt sett ovenfra av dekket med gangpassasjene. Skissen viser fordeling av last på ulykkestidspunktet. Rute for peiling av bunntanker på ulykkesdagen er merket i blått. Lasterom nr. 3 og 7 hadde vært avstengt i 29 dager.

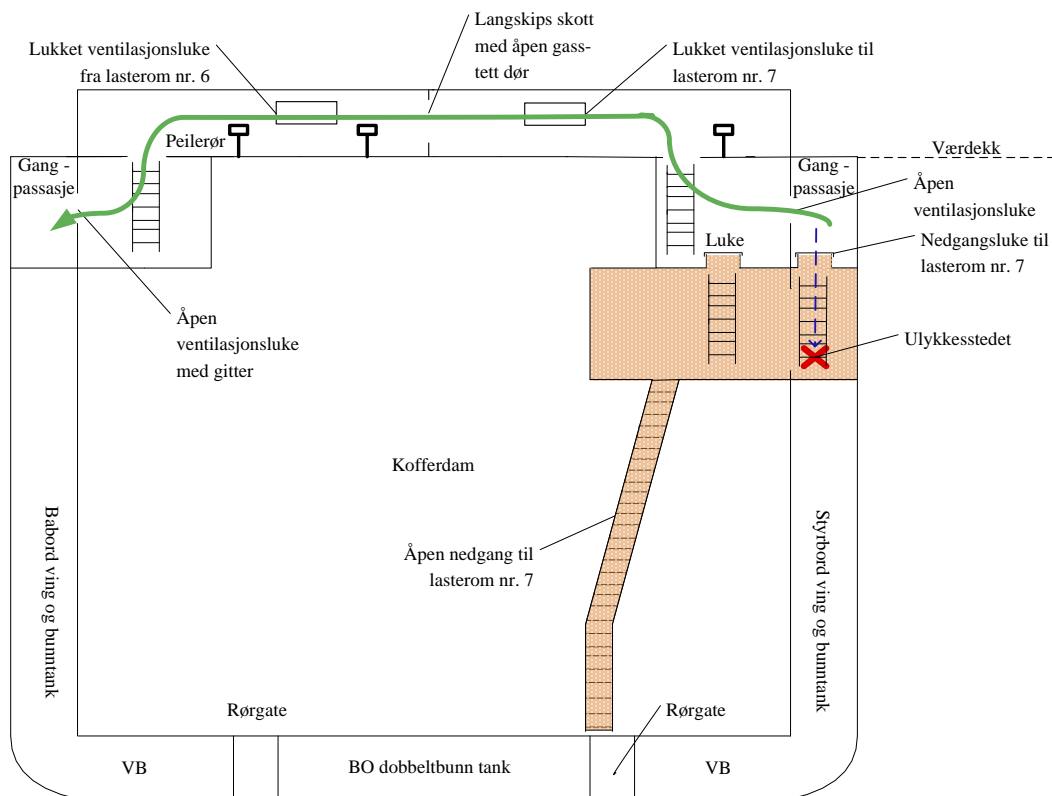
Da dekkreparatøren og skipsagenten<sup>3</sup> ankom området mellom lasterom nr. 6 og 7, var nedgangsluken stengt, forseglet med elektrostrips og merket "DANGER OXYGEN DEPLETION NO ENTRY", se figur 5.

<sup>3</sup> Lastinspektøren var ved dette tidspunktet gått til ballastkontrollrommet for å starte kalkuleringen av ballastmengden.



Figur 5: Nedgangsluke til lasterom 7 og ventilasjonsluke mellom rom 6 og 7.

Ofte blir ventilasjonsåpningen benyttet som adkomst for peiling av tankene, men på grunn av at deksksreparatøren var plaget av smerter i ryggen og bena ville han klatre ned gjennom mannluken og ned på repositet i nedgangen til lasterom nr. 7, i den hensikt å klatre opp igjen i rommet mellom lukene til lasterom nr. 6 og 7 hvor peilerørene befant seg (figur 6). Ventilasjonsåpningen har mindre lysåpning enn mannluken.



Figur 6: Skisse av tverrskipet mellom lasteluke nr. 6 og 7. Skissen viser åpning/lukking av ventilasjonsluker, dører og nedgangsluker slik det er antatt at situasjonen var ved ulykkestidspunktet. Området skravert med brun farge illustrerer at det er samme atmosfære i området hvor ulykken skjedde som det er i lasterom nr. 7. Lasterom nr. 7 er avstengt fra andre rom.

Dekksreparatøren kalte opp overstyrmannen på VHF-sambandet. På grunn av vanskelige sambandsforhold hørte ikke overstyrmannen hva dekkreparatøren spurte om, men oppfattet at det hadde noe med stropper å gjøre. Parallelt med peileoperasjonen arbeidet en annen del av besetningen med å samle inn stropper som tidligere var benyttet i forbindelse med lossing av et annet lasterom. Overstyrmannen antok at forespørselen hadde sammenheng med dette arbeidet og ga beskjed om at dekkreparatøren ikke skulle involvere seg i arbeid med stropper, men fortsette med peilingene.

Dekksreparatøren åpnet mannluken over nedgangen til lasterommet og gikk ned lederen, etterfulgt av den kinesiske agenten. Agenten merket at noe var galt med luften og holdt pusten, men fulgte allikevel med dekkreparatøren ned på reposit. Etter en kort stund merket også dekkreparatøren at noe var galt og bega seg opp mot mannluken. Agenten fulgte etter. Dekkreparatøren mistet bevisstheten rett før han var ute av rommet og falt ned på reposit 3 meter under mannluken. Agenten kom seg ut og gikk akterover til gangveisvakten og varslet ham om det som hadde hendt. Med bakgrunn i dette varslet gangveisvakten overstyrmannen om at dekkreparatøren hadde behov for hjelp. Både overstyrmannen, og andre som overhørte sambandet, oppfattet det som om dekkreparatøren hadde behov for noe rutinemessig assistanse og ikke at det var noe kritisk.

Overstyrmannen ga beskjed over sambandet at vakthavende dekksmann skulle assistere dekkreparatøren. Vakthavende dekksmann som befant seg på broa, bega seg mot styrbord passasje for å assistere dekkreparatøren. Båsen som befant seg under poopen overhørte også sambandet, og bega seg mot styrbord passasje for å assistere dekkreparatøren. Skipets andrestyrmann som befant seg på dekkskontoret sammen med overstyrmannen, bega seg også mot styrbord passasje for eventuelt å assistere dekkreparatøren.

Da båsen passerte nedgangsluka til lasterom nr. 7 observerte han at dekkreparatøren lå bevisstløs nede på reposit. Like etter dette ankom agenten og skipets andrestyrmann. Sistnevnte gikk rett ned for å sjekke tilstanden til dekkreparatøren, men fikk problemer med å holde seg på bena og forsto raskt at det var noe galt der nede. Han ble svimmel, men klarte å komme seg opp og gikk akterover for å hente hjelp. Underveis akterover i gangpassasjen møtte han vakthavende dekksmann på vei fremover. Han mente å informere vakthavende dekksmann om at noe var galt, men trodde han ikke fikk frem budskapet fordi han var svimmel og uvel.

Vakthavende dekksmann ankom ulykkesstedet og fikk beskjed av båsen om å gå ned og feste en stropp til dekkreparatøren. Båsen hadde akkurat sett andrestyrmannen gå ned og komme opp igjen og hadde derfor ikke mistanke om at det kunne være forbundet med fare å gå ned. Vakthavende dekksmann gikk ned for å undersøke dekkreparatøren og feste en løftestropp. Han følte at noe var galt og prøvde å klatre opp igjen, men besvimte, falt og ble liggende halvveis oppå dekkreparatøren (se illustrasjonsfoto, figur 7). Båsen innså nå faren ved å gå ned i nedgangen til lasterommet og varslet situasjonen over VHF-sambandet.



Figur 7: Bildet fra gangpassasjen på styrbord sidegangvei, sett gjennom nedgangsluken til lasterommet og ned på reposit. Rekonstruksjon av hvordan vakthavende dekksmann ble funnet liggende bevisstløs delvis oppå den bevisstløse dekkreparatøren.

Overstyrmannen, som hadde overhørt båsens melding på sambandet om en kritisk situasjon, ankom ulykkesstedet med et røykdykkerapparat sammen med tredjestyrmann junior. Overstyrmannen iførte seg røykdykkerapparatet og entret rommet, men han klarte ikke å få de to bevisstløse opp. Litt etter returnerte andrestyrmannen med røykdykkerapparat nummer to, iførte seg dette og klatret ned på reposit. På dette tidspunktet var mer personell ankommet og assisterte båsen med å hale de to tilskadekomne opp av rommet og legge dem på dekket i gangpassasjen. Først ble vakthavende dekksmann tatt opp og deretter dekkreparatøren. Begge pustet selv da de kom opp og fikk oksygen fra transportable beholdere. De ble brakt akterover mot landgangen og sykelugaren hvor videre oksygenbehandling ble gitt. Deretter ble de brakt ned i lekteren som lå fortøyd langs siden og brakt i land til hospital i Nantong mens de hele tiden fikk oksygenbehandling.

Basert på rekonstruksjon av hendelsesforløpet antar havarikommisjonen at det tok ca. 10 minutter fra dekkreparatøren, som førstemann, gikk ned i nedgangen til lasterommet til begge personene var brakt opp igjen.

Nedgangsluken til lasterom nr. 7 ble stengt like etter at de to skadede personene var brakt opp i gangpassasjen. Nedgangsluken og lasteluken til lasterom nr. 7 forble stengt utover dagen. Ca. en time etter ulykken målte skipets mannskap atmosfæren på reposit i nedgangen til lasterom nr. 7 der ulykken skjedde, med en multigassmåler. Måleren ga ingen utslag på hydrogensulfid ( $H_2S$ ), hydrokarboner (HC) eller karbonmonoksid (CO). Måleren viste imidlertid at oksygeninnholdet bare var 5,9 %.

### 1.3 Skadeomfang

Dekksmannen som hadde oppholdt seg på reposit i nedgangen til lasterom nr. 7 kortest tid, ble utskrevet og kom tilbake i arbeid dagen etter hendelsen. Dekkreparatøren fikk et lengre sykehusopphold. Han ble friskmeldt og regnet som 100 % arbeidsfør uten varige men fra 31.januar 2009.

## 1.4 Fysiologiske effekter av redusert oksygenivå i atmosfæren

I en normal atmosfære vil det være ca. 20,9 % oksygen. Generelt vil mangel på oksygen føre til redusert bevissthet, og forstyrrelse av en persons dømmekraft og evne til å utføre oppgaver. Dette skjer innen kort tid og uten at personen registrerer det selv.

Tabell 1 indikerer effekten av redusert oksygenmengde på individet<sup>4</sup>. Verdiene i tabellen er omtrentlige og kan variere fra individ til individ. Å oppholde seg i områder med mindre enn 18 % oksygen utgjør en risiko og med konsentrasjoner under 11 % er det fare for liv.

Tabell 1: Kvelning – effekt av oksygenkonsentrasjon

Volum % konsentrasjon O <sub>2</sub>	Effekt og symptomer
18 - 21	Ingen merkbare symptomer for individet.
11 - 18	Redusert fysisk og mental kapasitet uten at det merkes av individet.
8 - 11	Mulighet for besvimelse innen få minutter uten forvarsel. <b>Mulig død ved konsentrasjon under 11 %.</b>
6 - 8	Besvimer etter kort tid. Hjerte-lunge-redning mulig hvis det iverksettes umiddelbart.
0 - 6	Besvimer nesten umiddelbart. Hjerneskader kan oppstå selv om individet reddes ut.

## 1.5 Rederi og flåte

Star Ismene eies av Grieg International II AS. Grieg International II AS er en del av Grieg Shipping Group med kontorer i Bergen og Oslo, og med avdelingskontorer i USA, Kina og på Filippinene. Selskapet opererer per august 2010 en flåte på 26 "open hatch"<sup>5</sup> bulkskip. Av disse har 14 skip (klasse H, I, J og K) en designløsning der området mellom lukekarmene er kledd inn. Rederiets skip er bygget i perioden fra midten av 80-tallet og frem til 2010. Samtlige av rederiets skip er bemannet med filippinske sjøfolk. Rederiet er sertifisert i henhold til ISM koden og hadde på ulykkestidspunktet gyldig "Document of Compliance" (DOC).

Rederiet har vært imøtekommende og bidratt i tilretteleggingen av havarikommisjonens sikkerhetsundersøkelse etter ulykken om bord.

## 1.6 Skipet

Star Ismene er bygget ved Mitsui Engineering & Shipbuilding, Tamano Works i Japan i 2000 og har en største lengde på 198,00 meter. Skipet har 11 lasterom på totalt 55 285 m<sup>3</sup>, og en dødvekttonnasje<sup>6</sup> på 46 428 tonn. Mellom hvert lasterom er det arrangert kofferdammer med lengde på 1,20 meter. Over kofferdammene, mellom lukekarmene, er det lukkede rom som kan åpnes mot både lasterommene og gangpassasjene. Disse rommene inngår også som en del av skipets mekaniske arrangement for tørking og lufting av lasterommene.

<sup>4</sup> Kilde: University of Oxford <http://www.admin.ox.ac.uk/safety/s403.shtml>. Norsk oversettelse foretatt av SHT.

<sup>5</sup> "Open hatch" bulkskip. Skip med rektangulært lasterom hvor lastelukene er like store som lasterommet.

<sup>6</sup> Uttrykk for skipets lasteevne.

Star Ismene går hovedsakelig med skogbruksprodukter fra Nord–Amerika og Canada til Østen, og med forskjellig stykk gods tilbake. Skipet frakter også diverse laster i bulk.

Alle skipets myndighetssertifikater og classesertifikat var gyldige på ulykkestidspunktet. Blant annet hadde skipet gyldig 'Certificate of compliance for the carriage of dangerous goods' utstedt av classeselskapet DNV. Skipet hadde også gyldig "Statement of Compliance for the carriage of Solid Bulk Cargoes of Group A<sup>7</sup> and B<sup>8</sup>".

## 1.7 Langskips gangpassasjer

Skipet er arrangert med innelukkede gangpassasjer på styrbord og babord side under værdekk. Gangpassasjene strekker seg fra bakken forut til innredningen akter. I for- og akterkant er gangpassasjene er det vanntette dører. Dørene er merket "DANGER CONFINED SPACE, HAZARDOUS ATMOSPHERE", jf. figur 8.



Figur 8: Bilde av døren i akterkant av gangpassasjen på styrbord side.

I dekket innvendig i gangpassasjene er det nedganger med lukedeksler som fører til lasterommene. I tillegg er det åpninger med lukedeksler i skottet for ventilasjon/tørking av lasten. Det fremgår av merking på eller ved lukedekslene hva slags luker de er, dvs. hvor åpningene fører. De er ikke permanent skiltet med advarselsskilt. Midlertidige skilt med teksten "DANGER, OXYGEN DEPLETION, NO ENTRY" påsettes nedgangslukene til lasterommene etter behov.

Havarikommisjonen har fått opplyst at gangpassasjen på styrbord side ofte benyttes av besetningen både når skipet er i sjøen og under landligge.

<sup>7</sup> Last som kan gå over i flytende form når lastens faktiske fuktighet overskrider fuktighetsgrensen for transport.

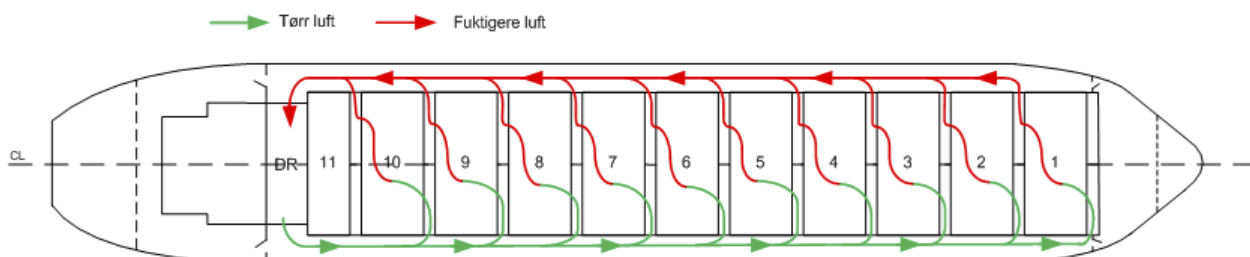
<sup>8</sup> Last som ikke kan gå over i flytende form (gruppe A) og last som ikke er farlig (gruppe B).



Figur 9: Innelukket gangpassasje styrbord side sett aktenfra og forover. Nederst i venstre bildekant vises en nedgangsluke til ett av lasterommene.

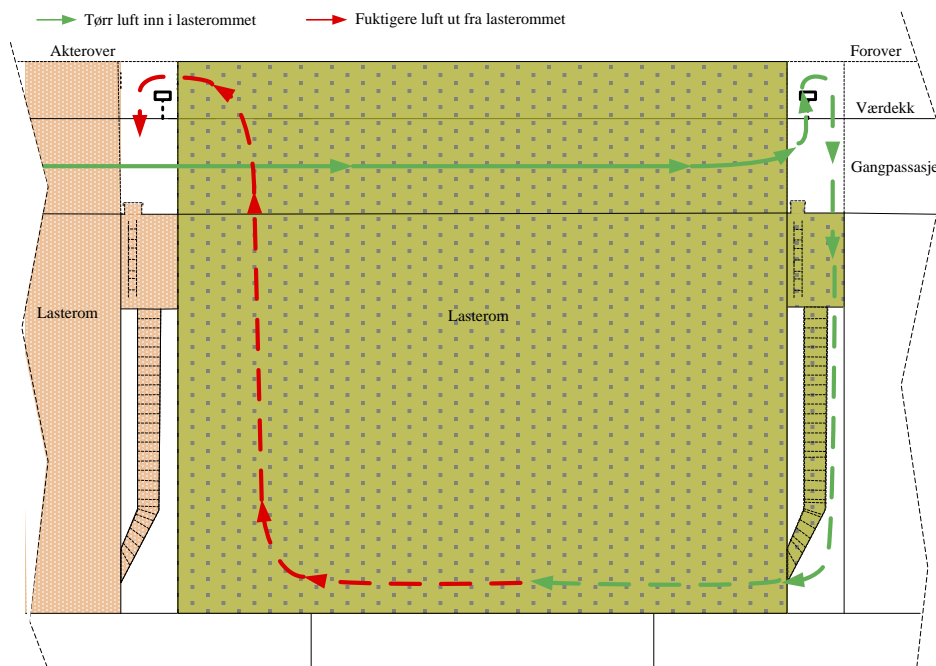
## 1.8 Arrangement for ventilasjon og tørking av lasterommene

Gangpassasjene på begge sider er en del av skipets arrangement for ventilasjon og tørking av lasterommene. I forkant av overbygget er det installert vifter for tørking av lasten. Fra dette dehumidifier – rommet føres tørr luft inn i akterkant av gangpassasjen på styrbord side, se figur 10.

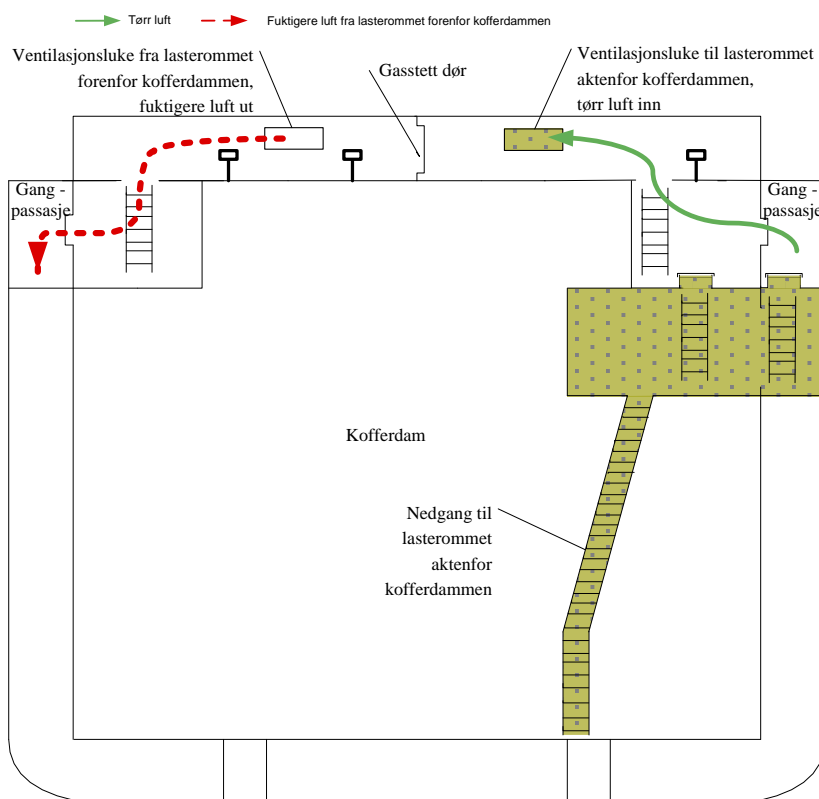


Figur 10: Plantegning som skjematisk viser arrangement for tørking av last. Snitt sett ovenfra av dekket med gangpassasjene. DR: avfuktingsrom/vifterom.

Gjennom ventilasjonsluker i skottet i gangpassasjen presses luften inn i rom innenfor og deretter opp i rom over dekk mellom karmene på de store lastelukene. Derfra presses den tørre luften ned i bunnen i forkant av lasterommet aktenfor. Den fuktige luften presses opp igjen i akterkant av lasterommet, og deretter inn på babord side av rommet mellom lukekarmene. Derfra presses luften ned under dekk igjen, og ut i gangpassasjen på babord side. Figurene 11 og 12 viser forenklet og skjematisk hvordan arrangementet for tørking av lasterommene fungerer.



Figur 11: Profiltegning som skjematisk viser arrangement for tørking av last. Sett fra styrbord side. Tørr luft føres inn i styrbord gangpassasje (grønn, heltrukken linje) og videre inn i rommene mellom lukekarmene.



Figur 12: Tversnitt mellom to lasterom som forenklet og skjematisk viser arrangement for tørking av lasterom. Den tørre luften presses ned fra rommet i forkant av lasterommet. Den fuktige luften presses opp i rommet i akterkant av lasterommet.



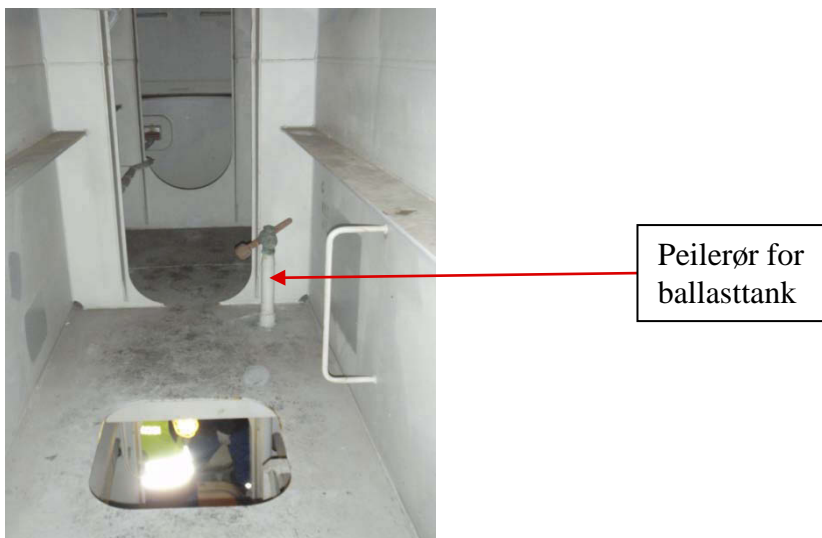
Når skipet går med farlig last som krever at lasterommet forsegles gjøres det ved at nedgangslukene fra gangpassasjen og ventilasjonsluken for inn-luft til lasterommet stenges. I tillegg må ventilasjonsluken for ut-luft i akterkant av lasterommet stenges.

Anlegget ble installert da skipet var nytt. Rederiet har gjennomført risikovurderinger av anlegget med tanke på eventuell skade på lasten, men ikke i forhold til helse, miljø og sikkerhet. Anlegget er godkjent av DNV uten at det er knyttet spesielle betingelser/forutsetninger til driften/operasjonen av anlegget.

Havarikommisjonen har i etterkant av ulykken forsøkt å bringe på det rene om ventilasjons- og tørkeanlegget var i drift forut for, og under, ulykken 16. desember 2008. I følge opplysninger havarikommisjonen har mottatt fra rederiet loggføres ikke opplysninger om dette om bord, til tross for at dette i henhold til prosedyrene i sikkerhetsstyringssystemet skal gjøres. Kommisjonen har imidlertid fått opplyst at dehumidifier – maskineriet sannsynligvis gikk, men at sirkulasjonsviftene sannsynligvis ikke gjorde det.

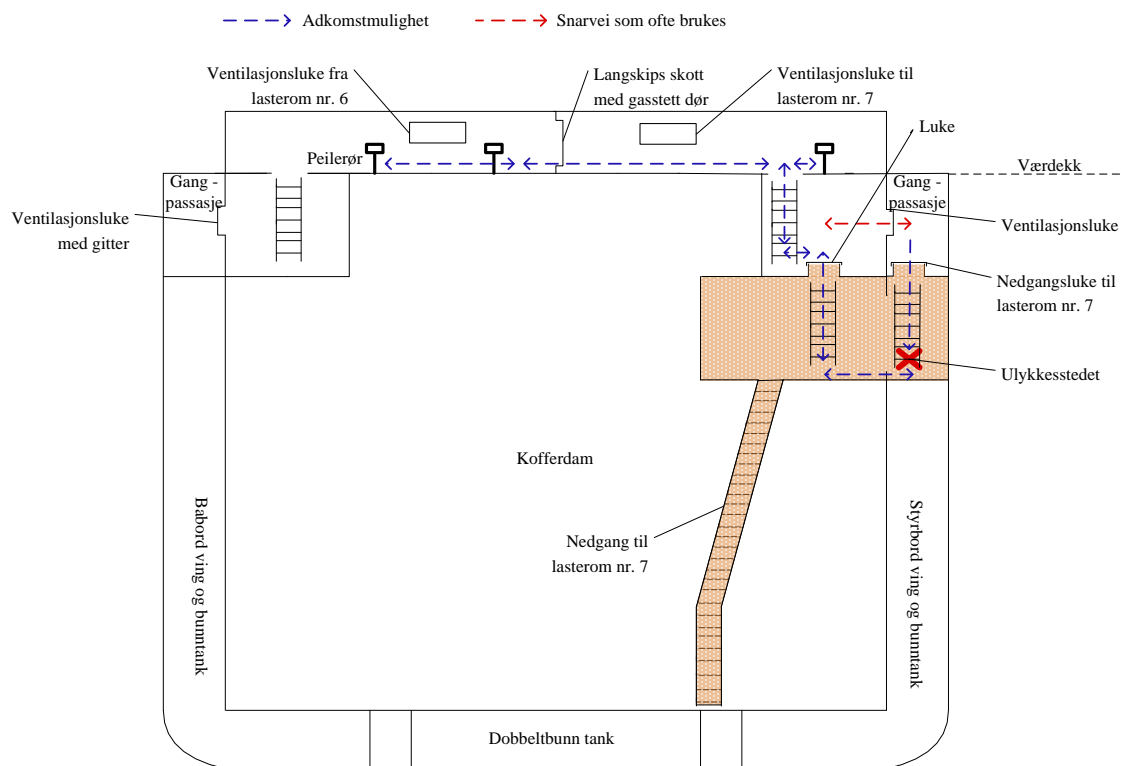
### 1.9 Arrangement for manuell peiling av tanker

I tillegg til skipets automatiske tankpeilingssystem har Star Ismene peilerør for manuell peiling av alle bunntanker. Peilerørene er plassert i rommene mellom karmene på de store lastelukene. Figur 13 viser peilerøret for vannballasttank nummer 4 styrbord.



Figur 13: Rom mellom lukekarmene for lasterom 6 og 7.

Eneste mulige tilkomst til rommene mellom lukene er via gangpassasjen på styrbord side under hoveddekk. Nedgangsluker i dekket (se figur 5) i gangpassasjen fører ned på et repos i nedgangen til lasterommet.



Figur 14: Tverrsnitt mellom lasterom som viser tilkomst til peilerør og ventilasjonslukene.

En leder nærmere skipets senterlinje fører opp igjen til rommet innenfor og på samme nivå som gangpassasjen. En ny leder herfra fører opp til rommet mellom lastelukene hvor peilerørene er plassert, se figur 14. De to besetningsmedlemmene som mistet bevisstheten ble funnet på dekket i rommet under gangpassasjen på styrbord side, merket med rødt kryss.

Det er også mulig å komme fra gangpassasjen til rommet innenfor via ventilasjonslukene i skottet i gangpassasjen. Ettersom det ikke er arrangert stigetrinn verken på utsiden eller innsiden, er ventilasjonslukene ikke lett tilgjengelige for gjennomgang. Ventilasjonslukene er også forholdsvis små med en dimensjon på 616 x 418 mm. Dette er mindre enn standard åpning for mannluker. Så langt havarikommisjonen har brakt i erfaring benyttes imidlertid ofte ventilasjonslukene som adkomst til rommene mellom lastelukene.

## 1.10 Rederiets sikkerhetsstyringssystem

Rederiet har etablert et sikkerhetsstyringssystem<sup>9</sup> i tråd med IMO's ISM kode<sup>10</sup> og sikkerhetsstyringsforskriften<sup>11</sup>. Sikkerhetssystemet er generisk og prosedyrene omfatter samtlige av rederiets skip. Systemet er etablert med tre nivåer:

Nivå 1 omfatter de overordnede målene og strategiene, samt beskrivelser av organisasjonen og deres aktiviteter.

Nivå 2 omfatter overordnede prosedyrer for selskapets aktiviteter.

<sup>9</sup> Safety, Security and Quality Management System (SSQM-System).

<sup>10</sup> International Safety Management Code (IMO Res. A 741(18)).

<sup>11</sup> Forskrift 14. mars 2008 nr. 306 om sikkerhetsstyringssystem på norske skip og flyttbare innretninger.

Nivå 3 omfatter blant annet de fartøysspesifikke operasjonsmanualene, instruksjer, inkludert stillingsinstruksjer for mannskapet om bord, HMS dokumentasjon, opplærings- og øvingsmanualer og diverse sjekklistor.

Rederi og kaptein har ansvar for kontinuerlig forbedring av sikkerhetsstyringssystemet ved blant annet å gjennomføre interne sikkerhetsrevisjoner for å verifisere at virksomhet angående sikkerhet og hindring av forurensning er i samsvar med sikkerhetsstyringssystemet. Rapporter (SAFIR)<sup>12</sup> om ulykker, nestenulykker, uoverensstemmelser og farlige situasjoner er viktige elementer i rederiets kontinuerlige forbedring av helse- miljø og sikkerhet. Slike rapporter sendes fra skipene til rederikontoret for videre analyse. Rederiet vurderer behovet for å iverksette tiltak og hvorvidt informasjon om hendelsen skal sendes rederiets øvrige skip.

Rederiet gjennomfører jevnlig revisjoner av sikkerhetsstyringssystemet (ledelsens gjennomgang). Skipets kaptein har ansvaret for å gjennomgå sikkerhetsstyringssystemet om bord, og innrapportere eventuelle mangler til den landbaserte ledelsen (kapteinens gjennomgang). Et av hovedpoengene med denne gjennomgangen er å se at det er samsvar mellom prosedyreverket og faktisk arbeidsgjennomføring om bord.

Helse-, miljø- og sikkerhetsforhold om bord ivaretas også gjennom skipets verneombudsordning. Det gjennomføres månedlig såkalte PEC – møter (Protection and Environment Committee<sup>13</sup>) hvor verneombudene og skipsledelsen møtes. Her blir ulykker og nestenulykker diskutert og fulgt opp, også hendelser som via landorganisasjonen rapporteres fra rederiets øvrige skip. Det gjennomføres månedlige allmøter hvor alle om bord kan ta opp sikkerhetsspørsmål. Skipets offiserer har også ukentlige møter hvor hensikten blant annet er å følge opp helse-, miljø- og sikkerhetsforhold. Skipet sender årlig inn rapport fra arbeidet i verne- og miljøutvalget. Arbeidet og erfaringene fra PEC møtene er også et viktig verktøy for kapteinen i hans gjennomgang av sikkerhetsstyringssystemet.

#### 1.10.1 Prosedyrer for peiling av tanker

I henhold til prosedyren ”Sounding of Tanks, Bilges and Void Spaces/Stripping of Hold Bilges”<sup>14</sup> skal det daglig foretas peiling av tanker, og dataene skal logges i en ”Sounding Book”. Hensikten er å følge med dersom det skulle oppstå endringer f. eks. i forbindelse med lekkasjer. Overstyrmann er ansvarlig for at dette blir gjort. I henhold til arbeidsbeskrivelsene skal dekkreparatøren bistå overstyrmannen i dette arbeidet<sup>15</sup>. Sikkerhetsstyringssystemet inneholder ikke detaljerte prosedyrer for hvordan peiling av tanker skal utføres.

Star Ismene har imidlertid fått installert alarm i lensebrønnene, og i henhold til nevnte prosedyre gjelder da ikke instruksjonen om daglig fysiske peilinger. På skip med alarm skal alarmpanelet, som er lokalisert i ballastkontrollrommet, sjekkes daglig og kontrollen skal innføres i dekkdagboken. Ballasttankene har fjernpeiling som også avleses i ballastkontrollrommet.

<sup>12</sup> Safety Improvement Report.

<sup>13</sup> Verne- og miljøutvalg.

<sup>14</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/10 – Deck Operations.

<sup>15</sup> Level 3: Manuals/03 – Job Description Manual/02 – Vessel Organisation.

### 1.10.2 Prosedyrer for entring av lukkede rom

I prosedyren "Health, Safety and Environmental Precautions"<sup>16</sup> fremgår det at alle lukkede rom som ikke blir regelmessig ventilert, så som lasterom, ballasttanker og kofferdammer, kan inneholde gift eller brennbare gasser eller for lite oksygen til at mennesker kan oppholde seg i disse. Arrangementet for ventilasjon og tørking av lasterommene, herunder gangpassasjene på begge sider, er ikke spesielt nevnt.

Videre fremgår det at det kan oppstå oksygenmangel i rom med last som absorberer eller forbruker oksygen. I den forbindelse er det redegjort for hvilke forholdsregler som må tas. Prosedyren krever blant annet at det skal sørges for god ventilering og måling av oksygeninnholdet før en person kan gå inn i et slikt rom. Det er også utarbeidet egne sjekklister for bruk ved entring av lukkede rom<sup>17</sup>.

### 1.10.3 Prosedyrer for skiping av bulklaster

Generelle instruksjoner for lasting/skiping av bulklaster er inntatt i prosedyren "Instruction when loading Bulk Cargo"<sup>18</sup>. I denne vises det til bestemmelsene i IMO's BC-kode<sup>19</sup>. Prosedyren presiserer blant annet viktigheten av at skipets besetning forsikrer seg om lastens fysiske og kjemiske egenskaper.

Styringssystemet inneholder også en sjekkliste, "Deck Checklist prior to loading Bulk Cargo"<sup>20</sup>, for skiping av bulklaster. I sjekklisten skal det blant annet bekreftes at "Material Safety Data Sheets" (MSDS) er mottatt fra avskiper, og at forholdsreglene som i henhold til MSDS skal tas for den aktuelle bulklasten er forstått og fulgt.

### 1.10.4 Prosedyrer for tørking av lasterommene

Skipets lastbehandlingsmanual<sup>21</sup> gir en generell beskrivelse av behovet for ventilasjon og tørking av last, samt en generell beskrivelse av bruken av ventilasjons- og tørkeanlegget. Blant annet skal anlegget stenges når lastelukene er åpne, og det skal påses at ventilasjonslukene ikke blokkeres av last. For øvrig viser lastbehandlingsmanualen til instruksjoner fra leverandøren av anlegget. Denne gir en teknisk beskrivelse av hvordan anlegget er bygget opp og hvordan det fungerer.

I forhold til dehumidifier-anlegget inneholder verken rederiets sikkerhetsstyringssystem eller brukermanualen fra leverandøren detaljerte instruksjoner f. eks. om når luker og dører skal åpnes og lukkes og konsekvenser for personsikkerhet.

Det fremgår av arbeidsinstruksen<sup>22</sup> at overstyrmann er ansvarlig for ventilasjon og tørking av lasterommene, samt logging i den forbindelse.

---

<sup>16</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/14 – Health – Safety and Environmental Protection.

<sup>17</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/17 – Checklists/Logs/Work Permits/Records.

<sup>18</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/12 – Cargo Operations.

<sup>19</sup> Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes.

<sup>20</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/17 – Checklists/Logs/Work Permits/Records.

<sup>21</sup> Cargo Handling Manual.

<sup>22</sup> Level 3: Manuals/03 – Job Description Manual/02 – Vessel Organisation.

### 1.10.5 Prosedyrer relatert til opplæring og øvelse

I henhold til styringssystemet<sup>23</sup> skal nytt personell gjennom et familiariseringsprogram for å bli kjent med skip og utstyr. I den forbindelse gis alle offiserer en innføring i dehumidifier – anlegget om bord, og alt dekkspersonell gis innføring i arrangementet for peiling av bunntanker. For øvrig foregår opplæringen om bord i hovedsak som praktisk trening i arbeidssituasjonen hvor uerfarne mannskaper lærer av dem med erfaring.

I tillegg til familiariseringsprogrammet og den praktiske arbeidstreeningen gjennomføres det jevnlig øvelser om bord. Øvelsene dekker alle nødprosedyrer om bord, herunder brann- og redningsoperasjoner, og det gis opplæring og trening i bruk av utstyret om bord. Redning av personell fra lukkede rom er inkludert i øvelsesprogrammene.

## 1.11 **Besetningen**

Star Ismene har en besetning på 21 filippinske sjøfolk. Dekksbesetningen består av kaptein, fire dekksoffiserer, og syv dekksmanskaper, inkludert en kadett. Maskinbesetningen består av maskinsjef, tre maskinoffiserer, en elektriker, og to maskinmanskaper. I tillegg er det to mann knyttet til forpleining. Arbeidet i dekkdepartementet om bord er tradisjonelt organisert med 3-vakt system i sjøen hvor vaktene går 4 timer på med påfølgende 8 timer fri to ganger i døgnet. Hver av vaktene består av en vakthavende navigatør og en fra dekksmannskapet. Øvrige dekksmanskaper går som dagmenn. Under landligge brytes sjøvaktene og det etableres et system med 6 timers vakter hvor vaktene går 6 timer på og 6 timer av. Hver vakt består av en dekksoffiser og to dekksmanskaper. Øvrige dekksmanskaper går dagmenn og bistår i laste- og losseoperasjoner etter behov. Skipet er klasset for å gå med ubemannet maskinrom (E0), hvilket betyr at maskinbesetningen går som dagmenn og er organisert i E0-vakter når maskinrommet er ubemannet.

Returraten for rederiets mannskaper er høy, og mange av besetningsmedlemmene har seilt lenge i rederiet og har dermed generelt et høyt erfaringsnivå.

Når det gjelder de to tilskadekomne besetningsmedlemmene, dekkreparatøren og vakthavende dekksmann, har begge vært i Grieg Shipping i mange år og kjenner rederiet godt. De har derfor også lang erfaring med skipstypen.

## 1.12 **Lastens fysiske og kjemiske egenskaper, klassifisering og avskippers ansvar**

Lasten var tatt ombord i forskjellige havner i området rundt Vancouver i Canada og bestod av trelastprodukter og kobberkonsentrat. Lasten skulle losses i Kina og Korea.

Kobberkonsentratet i lasterommene nr. 3 og 7 og rommene nr. 2 og 8 var av samme type. Begge ble tatt om bord i Vancouver Washington Berth No. 7, men fra forskjellige avskipere.

### 1.12.1 Kobberkonsentratets fysiske egenskaper

I henhold til IMSBC-koden<sup>24</sup> kan kobberkonsentrat, som inngår i gruppen mineralkonsentrater, gå over i flytende form når fuktighetsinnholdet i konsentratet

<sup>23</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/03 – Personnel.

<sup>24</sup> International Maritime Solid Bulk Cargoes Code.

overstiger en viss grense. Mineralkonsentrater er ikke brennbare eller har lav brannfare. Det fremgår også av koden at mineralkonsentrater kan føre til at filtre over lensebrønner går i oppløsning, og at føring av denne type last over tid kan gi skadelige strukturelle effekter.

### 1.12.2 Kobberkonsentratets kjemiske egenskaper

Det fremkommer ingen opplysninger i IMSBC-koden at kobberkonsentratet har spesielle kjemiske egenskaper. I etterkant av ulykken har imidlertid havarikommisjonen fått gjennomført analyser av det aktuelle kobberkonsentratet ved et uavhengig laboratorium<sup>25</sup>. Rapporten fra laboratoriet, som finnes vedlagt som vedlegg B, konkluderer som følger etter å ha analysert prøven:

*Det er ikke påvist at prøven avgir noen form av svovelbasert gass. Den eneste gasstypen som ble påvist å stamme fra det pulveriserte kobbermalmkonsentratet var CO<sub>2</sub>. Denne gassen blir frigjort fra prøven når den er tørr, når den tilsettes nøytralt vann, eller basisk vann, og spesielt høye gasskonsentrasjoner, f. eks. 10 % CO<sub>2</sub>, ble frigjort når prøven ble tilsatt syre. De kjente forekomstene av karbonatene Calcite og Ankerite er sannsynligvis ikke kilden til det frigjorte CO<sub>2</sub>, spesielt ikke i nøytrale eller basiske tilstander. Følgelig er frigivelsen av CO<sub>2</sub> ved alle målte analysetilstander en indikasjon på tilstedeværelse av et fremmed reaktivt stoff med høyt Ca, Mg, K og Na innhold med liten krystallinitet, ettersom nesten alle XRD toppene kunne tilskrives faser som er kjent å forekomme i konsentratet. Partikler av maling og metallspon som ble funnet i konsentratet er ikke kilden til de frigitte alkalier<sup>26</sup>. Den ubetydelige forandringen i teoretisk kontra målt tetthet peker mot at bare mindre mengder av fremmed materiale kan ha blitt tilsatt på ett eller annet tidspunkt, med mindre tilsetningsstoffet hadde tilsvarende (høye) tetthet som konsentratet, noe som er tvilsomt.*

Karbondioksyd (CO<sub>2</sub>) er en usynlig og luktfri gass. Den er tyngre enn luft og er i seg selv ikke giftig.

### 1.12.3 Klassifisering og avskipers ansvar til å opplyse om farer knyttet til transport av lasten

I henhold til IMSBC-koden skal avskiper, før lasten tas om bord, forsyne skipet med all relevant informasjon om lasten slik at nødvendige forholdsregler kan tas for å gjennomføre sikker transport. I den forbindelse har et lokalt firma<sup>27</sup> på vegne av avskiper utstedt sertifikater som viser tillatt fuktighetsgrense for transport av kobberkonsentratet, samt sertifikat som viser faktisk fuktighet i det aktuelle kobberkonsentratet som skulle tas om bord i Star Ismene. I henhold til disse sertifikatene var tillatt fuktighetsgrense for transport 11.38 %, mens gjennomsnittet av målingene av aktuell fuktighet var 6.48 %.

IMSBC-koden forutsetter videre at eventuell farlig last som skal skipes i bulk skal være klassifisert, og at informasjonen fra avskiper eventuelt skal inneholde UN-nummer i henhold til IMDG-koden<sup>28</sup>.

<sup>25</sup> Institute for Energy Technology, Kjeller.

<sup>26</sup> Alkalier er basiske hydroksider som er løselige i vann og som nøytraliserer syrer ved å danne salter.

<sup>27</sup> Seaport Marine Surveys, INC., Vancouver.

<sup>28</sup> International Maritime Dangerous Goods Code.

Skipet har i dette tilfellet fått overlevert samme "Material Safety Data Sheet" (MSDS) for de to skipningene av kobberkonsentrat. Det fremgår av transportinformasjonen i MSDS at avskiper har klassifisert kobberkonsentratet som "Environmentally Hazardous Substance", UN – nummer 3077, med fareklasse 9. "Environmentally Hazardous Substance" er stoff som kan være skadelig for det marine miljøet og organismene i havet.

Klassebetegnelsen UN3077 er en samleklasse for stoff som ellers ikke kommer inn under definisjonene relatert til de andre klassene. Ettersom denne klassen kan inneholde mange forskjellige stoff definerer IMDG-koden naturlig nok ikke hvilke forholdsregler som må tas ved transport. Koden<sup>29</sup> forutsetter derfor at hvert enkelt stoff som klassifiseres under betegnelsen UN3077 blir undersøkt for blant annet å kartlegge hvilke farer som knyttes til transport av det aktuelle stoffet. Disse undersøkelsene skal gjøres av avskiper eller av rette kompetente myndighet der dette er spesifisert i koden.

Det fremgikk ikke av transportinformasjonen i MSDS som avskiper i dette tilfellet utstedte, at kobberkonsentratet forbruker oksygen og avgir CO<sub>2</sub>. Under kapitlet (kjemisk) stabilitet og reaktivitet er det anført at kobberkonsentratet er ikke-korroderende under normale forhold, men at oksidasjon kan opptre under høye temperaturer eller andre spesielle forhold.

### 1.13 Tidligere ulykker og hendelser

I følge rederiet er det tidligere registrert en alvorlig hendelse relatert til atmosfæren i lasterommene om bord i et annet av deres skip<sup>30</sup>. Hendelsen skjedde 29. mars 2005 og involverte tre besetningsmedlemmer som oppholdt seg i lasterom nr. 6. De fikk plutselig problemer med å puste og måtte evakuere rommet. To av besetningsmedlemmene kom seg etter en halv time. For den tredje var tilstanden mer alvorlig, blant annet steg kroppstemperaturen til 42 grader Celsius, og det tok nesten tre timer før han var restituert.

I henhold til rederiets undersøkelse var hendelsen forårsaket av giftig gass fra lasterom nr. 9. Lasterombelysningen i lasterom nr. 9 hadde ikke blitt slått av og belysningen antente dermed bulklasten som bestod av trepellets. Ulmebrannen som oppstod i lasterom nr. 9 avga giftig gass som spredte seg til andre lasterom.

Rederiets videre undersøkelser avdekket at lasterommene ikke var gasstette på noen av deres skip, og at gass kunne bli transportert fra lasterom til lasterom spesielt når dehumifider – anlegget var i drift. På alle rederiets skip ble det derfor innført faste rutiner for kontroll av luftkvaliteten i lasterommene under hele reisen når denne type last føres.

### 1.14 Dagens regelverk

#### 1.14.1 Overordnet krav til prosjektering, bygging og utrustning av skip

I henhold til § 9 i skipssikkerhetsloven<sup>31</sup> skal skip prosjekteres, bygges og utrustes på en slik måte at det ut fra skipets formål og fartsområde gir betryggende sikkerhet for liv og helse, miljø og materielle verdier. Departementet gir forskrifter om hvordan skip skal prosjekteres, bygges og utrustes for å tilfredsstillere nevnte krav.

<sup>29</sup> IMDG-koden, kapittel 3.1, punkt 3.1.1.2.

<sup>30</sup> Star Herdla – LAVD4.

<sup>31</sup> Lov 16. februar 2007 nr. 09 om skipssikkerhet.

Lovens § 6 fastslår at rederiet har en overordnet plikt til å påse at byggingen og driften av skipet skjer i samsvar med reglene gitt i eller i medhold av loven, herunder at skipsføreren og andre som har sitt arbeid om bord, etterlever regelverket.

#### 1.14.2 Krav til peilerør

I henhold til § 10 i byggeforskriften<sup>32</sup> skal klassifiserte skip med hensyn til dimensjonering og konstruksjon av skrog, vannrette skott med lukningsmidler for åpninger i skott, overbygninger, dekkshus, ror, fortøyningsutstyr mv., tilfredsstillende klasseinstitusjonens regler i relasjon til byggemateriale, størrelse, type og anvendelse.

I henhold til Det Norske Veritas' regler for klassifikasjon av stålskip, Part 4, Chapter 1, Section 4, K500, skal alle tanker, kofferdammer og rørtunneler utstyres med peilerør eller andre godkjente midler for å kontrollere væsknivået. Rom som ikke alltid er tilgjengelig skal utstyres med peilerør. Peilerørene skal være lett tilgjengelig til enhver tid og skal være merket. Peilerørene skal normalt føres opp til skottdekket. Peilerør for brennoljetanker, smørøljetanker og andre tanker som inneholder brennbare væsker, og som kan bli utsatt for trykkøkninger, skal i utgangspunktet føres til fri atmosfære. Det er likevel unntak fra denne regelen.

Arrangement for fjernpeiling kan erstatte manuelle peilerør forutsatt at systemet er av godkjent type. For tanker som ikke er tilgjengelig til enhver tid skal det etableres to individuelle signallinjer. Begge linjer skal enkelt kunne tilkobles fjernpeilingspanelet. For tanker som er utrustet med alternativ mulighet for peiling (nødpeiling av tanker) kan en signallinje aksepteres. Når den alternative muligheten for peiling er peilerør stiller Det Norske Veritas ikke krav til lett tilgjengelighet. Det vil si at det aksepteres at tilgang til slike peilerør kan være ved at for eksempel mannlokk må åpnes.

#### 1.14.3 Krav til ventilasjon av lasterom

Både byggeforskriften og sikkerhetsforskriften<sup>33</sup> inneholder bestemmelser om ventilering av lasterom. Bestemmelsene i sikkerhetsforskriften er imidlertid begrenset til å omfatte ventilering av lasterom hvor det anvendes maskineri drevet med forbrenningsmotor (kjøretøy eller lignende). Byggeforskriften er mer generell med en henvisning til ILO-konvensjon nr. 152<sup>34</sup>, men bestemmelsene i ILO-konvensjonen er begrenset på samme måte som i sikkerhetsforskriften.

Også forskrift om frakt av farlig last inneholder bestemmelser om ventilering av lasterom. I henhold til § 6 skal skip bygget etter 1. juli 2002 følge bestemmelsene i regel II-2/19 i SOLAS 2004. Skip bygget etter 1. september 1984, men før 1. juli 2002, skal tilsvarende følge bestemmelsene i regel II-2/54 i SOLAS 2001. Etersom Star Ismene er bygget i 2000 og godkjent for transport av farlig last kommer sistnevnte bestemmelser til anvendelse. I forhold til krav til ventilasjon er imidlertid bestemmelsene identiske i disse to SOLAS-utgavene:

- Det skal være arrangert adekvat mekanisk ventilasjon i lukkede rom. Arrangementet skal være slik at det sørger for minst 6 luftutskiftninger pr.

<sup>32</sup> Forskrift 15. september 1992 nr. 695 om bygging av passasjer-, lasteskip og lektere.

<sup>33</sup> Forskrift 15. juni 1987 nr. 507 om sikkerhetstiltak m.m. på passasjer-, lasteskip og lektere.

<sup>34</sup> C 152 Occupational Safety and Health (Dock Work) Convention, 1979.



time i lasterommet, basert på tomt rom, og slik at det fjerner damp fra øvre og nedre deler av lasterommet.

- Viftene skal være slik at muligheten for antenning av brennbare gass-/luftblandinger forhindres. Passende metallnettsikringer skal være arrangert over inntaket og utløpet av ventilasjonsåpningene.
- Dersom det ikke er arrangert adekvat mekanisk ventilasjon skal det være arrangert naturlig ventilasjon i lukkede rom bestemt for føring av farlige faste stoffer i bulk.

Ovennevnte krav til mekanisk ventilasjon kommer til anvendelse avhengig av hvilken type last som føres. Kravet kommer ikke til anvendelse for farlig last med klasse 9.

#### 1.14.4 Krav relatert til kontroll av gassfare m.m.

Krav om kontroll av gassfare m.m. fremgår av sikkerhetsforskriften. Før noen uten godkjent åndedrettsbeskyttelse går inn i tanker, trange, innesluttete rom, tunneler eller lignende der det er mulighet for at det kan være gass eller for lite oksygen, skal man i henhold til disse bestemmelsene ha forvisset seg om at luften der inne er ufarlig ved at det foretas nødvendig kontroll. Målinger skal foretas i forskjellig høydenivå og om nødvendig gjentatte ganger.

Forskriften stiller også krav om at det skal finnes minst ett måleinstrument om bord for måling av hydrokarboner og minst ett instrument for måling av oksygeninnholdet i luften eller om luften i rommet inneholder giftige eller helsefarlige gasser. Om det føres last som krever at det anvendes spesielt utstyr for måling av giftige, helsefarlige eller eksplosjonsfarlige gasskonsentrasjoner, skal det være slikt utstyr om bord. Forskriften krever også at de som skal utføre målingene er gitt nødvendig opplæring i å anvende utstyret. Videre krever forskriften at alle dører, luker, mannløkk m.m. til gassfarlige rom eller rom hvor det kan være oksygenmangel, skal være tydelig merket med skilt eller klebeplater som angir den fare for forgiftning og/eller oksygenmangel som en kan utsettes for i det enkelte rom.

Etter mange ulykker i forbindelse med entring av lukkede rom fastsatte IMO 27. november 1997 resolusjonen IMO ResA.864(20) Recommendations for entring enclosed spaces aboard ships. I henhold til resolusjonen, som er vedlagt som vedlegg 3, kan skipning av forskjellige typer bulklaster føre til oksygenmangel i lasterom. Kobberkonsentrat er imidlertid ikke nevnt blant eksemplene på slike laster.

Havarikommisjonen er kjent med at det er internasjonale initiativ i regi av både MAIIF og IMO for å redusere antall ulykker i forbindelse med entring av lukkede rom.

#### 1.14.5 Krav til sikkerhetsstyring

Krav til system for sikkerhetsstyring reguleres gjennom ISM forskriften<sup>35</sup>. Forskriften kommer blant annet til anvendelse på norske lasteskip med bruttotonnasje på 500 eller mer. I henhold til § 2 i forskriften skal ethvert rederi ha et sikkerhetsstyringssystem som dekker både landorganisasjonen og det enkelte skip i samsvar med ISM koden.

---

<sup>35</sup> Forskrift 14. mars 2008 nr. 306 om sikkerhetsstyringssystem på norske skip og flyttbare innretninger.

#### 1.14.6 Krav til risikoanalyser

Forhold knyttet til personsikkerhet reguleres gjennom ASH forskriften<sup>36</sup>. For skip som skal ha sikkerhetsstyringssystem skal rederiet sikre at de krav som følger av nevnte ASH forskrift ivaretas gjennom sikkerhetsstyringssystemet. I forskriften stilles blant annet krav til at farer om bord skal avdekkes. Når faren er avdekket, skal det foretas en vurdering av den risiko faren utgjør. Slik risikovurdering skal foretas regelmessig. Resultatene av risikovurderingen skal dokumenteres skriftlig. Dersom det avdekkes risiko for arbeidstakernes sikkerhet og helse, skal det iverksettes nødvendige tiltak for å fjerne eller redusere farene. ASH-forskriften kommer til anvendelse for den som har sitt arbeid på norsk skip, med mindre vedkommende bare arbeider om bord mens skipet ligger i havn eller bare foretar inspeksjoner om bord. Forskriftens formål er å sikre at arbeid og fritid om bord tilrettelegges og organiseres slik at arbeidstakernes sikkerhet og fysiske og psykiske helse ivaretas.

#### 1.14.7 Krav relatert til transport av last i bulk

Norske bestemmelser om transport av last var på ulykkestidspunktet regulert i henholdsvis forskrift om frakt av last<sup>37</sup> og forskrift om frakt av farlig last<sup>38</sup>, sistnevnte senere erstattet av forskrift om transport av farlig last<sup>39</sup>. Førstnevnte er en generell forskrift om transport av last som på grunn av den spesielle fare lasten utgjør for skipet eller de ombordværende kan kreve særlige forholdsregler. Sistnevnte forskrifter gjelder transport av farlig last som pakket gods eller som faste bulkklaster, transport av flytende kjemikalier i bulk og flytende gasser i bulk, samt pakket bestrålt kjernebrensel, plutonium og høyradioaktivt avfall. Ettersom det aktuelle kobberkonsentratet som Star Ismene var lastet med var klassifisert av avskiper som farlig last i henhold til IMDG-koden, kommer i dette tilfellet begge forskriftene til anvendelse.

I henhold til § 5 i førstnevnte forskrift skal blant annet bestemmelsene i SOLAS<sup>40</sup> kapittel VI følges ved skiping av bulkklaster. SOLAS kapittel VI Del A som inneholder generelle bestemmelser, pålegger blant annet avskiper å fremlegge tilstrekkelig informasjon overfor skipet slik at skipsføreren kan ta nødvendige forholdsregler for å sikre en riktig lasting og transport. For nærmere detaljer om hvilken type informasjon det refereres til henviser konvensjonen til MSC/Circ.663, "Form for cargo information". Del B inneholder spesifikke bestemmelser relatert til bulkklaster som kan gå over i flytende form når fuktighetsinnholdet overstiger en viss grense, samt bulkklaster med spesielle kjemiske egenskaper som kan utgjøre en risiko. For førstnevnte type bulkklaster henviser konvensjonen til bestemmelsene i IMSBC koden, og for sistnevnte type laster henviser konvensjonen til IMDG koden.

Når det gjelder forskrift om farlig last forutsettes det i § 7 at alle skip som fører farlig last skal ha en spesiell liste, fraktoppgave eller detaljert stuingsplan som angir det farlige stoffet om bord, samt plasseringen av dette. For øvrig forutsetter forskriften at bestemmelsene i SOLAS kapittel VII og IMDG-koden følges.

---

<sup>36</sup> Forskrift 1. januar 2005 nr. 8 om arbeidsmiljø, sikkerhet og helse for arbeidstakere på skip.

<sup>37</sup> Forskrift 29. juni 2006 nr. 785 om frakt av last på lasteskip og lektere.

<sup>38</sup> Forskrift 29. juni 2006 nr. 786 om frakt av farlig last på lasteskip og lektere.

<sup>39</sup> Forskrift 8. desember 2009 nr. 1481 om transport av farlig last om bord på norske skip.

<sup>40</sup> International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, med 1988 protokollen.

## 1.15 Myndighetenes og classeselskapets godkjenning og tilsyn

Rederiet har valgt å bygge skipet til klasse i Det Norske Veritas, hvilket medfører at skipet skal være bygget i henhold til klassereglene som var gjeldende på byggetidspunktet.

Star Ismene er registrert i Norsk Internasjonalt Register (NIS). For skip som er registrert i NIS har norske myndigheter delegert myndighetskontroll til fem anerkjente klasseinstitusjoner<sup>41</sup>. For å påse at ordningen fungerer som forutsatt gjennomfører Sjøfartsdirektoratet revisjoner av klasseinstitusjonene. Detaljene om ordningen fremgår av avtaler mellom Nærings- og handelsdepartementet (NHD) og de respektive classeselskapene.

I forhold til Star Ismene og rederiet Grieg International II AS innebærer NIS – avtalen at DNV har godkjent byggetegningene, gjennomført førstegangsbesiktelse, og all senere periodiske kontroller av skip og utstyr. Med dette som bakgrunn har DNV utstedt relevante sertifikater relatert til skip og utstyr. Alle skipets sertifikater ble utstedt i 2004 og 2005, og var gyldige på ulykkestidspunktet. Eksempelvis ble ”Cargo Ship Safety Construction Certificate” (CCC) utstedt 7. oktober 2005, mens ”Cargo Ship Safety Equipment Certificate” (CEC) ble utstedt 3. mars 2005, begge med gyldighet til 31. januar 2010.

Star Ismene har fått utstedt ”Statement of compliance for the carriage of Solid Bulk Cargoes of Group A and C. Videre har DNV utstedt ”Certificate of Compliance for the Carriage of Dangerous Goods”, som en bekreftelse på at skipet tilfredsstiller kravene i kapittel II-2, regel 54, i SOLAS 1974 (2001-utgaven). Sertifikatet dekker både transport av farlig last i pakket form og transport av farlig last i bulk. Det fremgår at Star Ismene ikke er sertifisert for å føre farlig last som krever mekanisk ventilasjon.

DNV er på vegne av Sjøfartsdirektoratet også tilsynsmyndighet i forhold til rederiets og skipets sikkerhetsstyringssystemer. DNV forestår gjennom denne tilsynsrollen verifisering og godkjenning av rederiets sikkerhetsstyringssystem, både i landorganisasjonen og om bord i skipene. Det systemorienterte tilsynet forutsettes å kunne vurdere om det er utarbeidet instruksjoner og arbeidsprosedyrer på områder hvor det er nødvendig. Klassen skal kontrollere at selskapet og ledelsen om bord opererer i samsvar med det godkjente sikkerhetsstyringssystemet. På denne bakgrunn utstedte DNV ”Safety Management Certificate” (SMC) til skipet 3. januar 2007, mens ”Document of Compliance” (DOC) ble utstedt 10. juni 2007 til Grieg Shipping Group AS.

I forhold til skipning av bulklaster er det etablert systemer både nasjonalt og internasjonalt for uanmeldt tilsyn av skipene, og både flaggstaten og havnestaten har hjemmel til å kontrollere at det foreligger informasjon i form av MSDS fra avskiper i forbindelse med uanmeldt tilsyn av skip som fører denne type last. Myndighetenes mulighet til å kontrollere om den informasjonen avskiper har gitt er korrekt, er imidlertid begrenset.

---

<sup>41</sup> Det Norske Veritas (DNV), American Bureau of Shipping (ABS), Lloyds, Germanischer Lloyd (GL) og Bureau Veritas (BV).

## 2. ANALYSE

### 2.1 Innledning

Ulykken skjedde på repositet i nedgangen til lasterom nr. 7 da en lokal skipsagent og et besetningsmedlem skulle opp til peilerørene som er plassert i rommet mellom lukene til lasterom nr. 6 og 7 for å peile bunntanker. Tilkomsten til peilerørene går fra styrbord gangpassasje, via repositet i nedgangen til lasterom nr. 7 og derfra opp i rommet mellom lukene.

Analysen drøfter den kunnskapen besetningen hadde om atmosfæren i det rommet der ulykken skjedde. Drøftingen gjennomføres med bakgrunn i de kjemiske egenskapene lasten i lasterom nr. 7 hadde. Dette sees i sammenheng med den informasjonen avskiper hadde gitt om lastens egenskaper og om forutsetningene for sikker transport.

Både gangpassasjen og rommene mellom lastelukene er en del av ventilasjons- og tørkeanlegget til lasterommene. Basert på dette tar analysen for seg den aktuelle designløsningen i forhold til tilgjengelighet av peilerør, ventilasjonsluker og andre installasjoner i rommene mellom lastelukene.

Videre tar analysen for seg hvordan besetningen forholder seg til entring av gangpassasjen og rommene mellom lastelukene og hvordan farene ved dette er kontrollert i skipets og rederiets sikkerhetsstyringssystem. Analysen tar sikte på å forstå hvorfor rommet hvor ulykken skjedde, ble entret uten at prosedyrene for entring av lukket rom ble fulgt.

Med bakgrunn i at farene ved å operere i gangpassasjen og rommene mellom lastelukene ikke har vært avdekket verken gjennom rederiets designprosess, da skipene med dette designet ble bygget, gjennom rederiets sikkerhetsstyringssystem eller gjennom myndighetstilsyn og klasseoppfølging, finner havarikommisjonen det nødvendig å vurdere regelverket relatert til design av skip, samt myndighetsutøverens revisjon av rederiets sikkerhetsstyringssystem.

Havarikommisjonen har gjennom arbeidet med denne ulykken ikke avdekket behov for grundige analyser av regelverket knyttet til skipning av bulklast, plassering av peilerør, ventilasjon av lasterom, entring av lukket rom og myndighetskontroll av avskiper sett opp mot denne ulykken.

### 2.2 Atmosfæren i nedgangen der ulykken skjedde

Da ulykken skjedde var lasterom nr. 7 lastet med kobberkonsentrat. Lasterommet hadde vært avstengt i 29 dager på ulykkestidspunktet. Ulykken skjedde i nedgangen til dette lasterommet.

Analysen av lasten som havarikommisjonen har fått gjennomført etter ulykken, konkluderer med at den eneste gasstypen som ble påvist å stamme fra kobbermalmkonsentratet var CO<sub>2</sub>. På bakgrunn av analysen av konsentratet vurderer havarikommisjonen det som lite sannsynlig at det var giftige gasser i lasterommet og nedgangen til lasterommet på ulykkestidspunktet. Det er imidlertid sannsynliggjort at kobberkonsentratet har frigitt CO<sub>2</sub>. Havarikommisjonen legger til grunn at kobberkonsentratet i den prosessen har forbrukt oksygen og at dette har ført til redusert oksygenivå i rommet. Ettersom CO<sub>2</sub> er tyngre enn luft vil CO<sub>2</sub>-gassen i tillegg fortrenge

oksygenet på lavere nivåer i rommet. Dette stemmer også overens med de målingene skipets mannskap foretok med multigassmåler ca. en time etter ulykken. Måleren ga ingen utslag på hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S), hydrokarboner (HC) eller karbonmonoksid (CO), men viste at oksygeninnholdet bare var 5,9 %.

I henhold til tabell 1 som viser effekt og symptomer i forhold til O<sub>2</sub>-konsentrasjon, er kvelningseffekten stor ved O<sub>2</sub>-konsentrasjoner under 6 %. En person som entrer et rom med så lav O<sub>2</sub>-konsentrasjon besvimer nesten umiddelbart, og hjerneskader kan oppstå selv om personen reddes ut.

På denne bakgrunn anser havarikommisjonen det som sannsynlig at det på ulykkestidspunktet var mangel på oksygen og at det var forbundet med stor fare å entre nedgangen til lasterom nr. 7.

### **2.3 Informasjon fra avskipper om kobberkonsentratets fysiske egenskaper**

I henhold til opplysningene i MSDS hadde avskipper klassifisert kobberkonsentratet som "Environmentally Hazardous Substance", UN – nummer 3077 i IMDG-kodens liste. Dette er en samlekasse for stoff som ellers ikke kommer inn under definisjonene relatert til de andre klassene i koden.

Rederiets sikkerhetssystem forutsetter at skipets besetning gjør seg kjent med informasjonen i MSDS fra avskipper. Styringssystemet inneholder også en sjekklister som skal benyttes ved skiping av bulklast. Det forelå imidlertid ingen klar advarsel fra avskipper om at kobberkonsentratet kunne forbruke oksygen. Skipets besetning oppfattet derfor ikke at lasten hadde denne egenskapen, og at det kunne være forbundet med livsfare å entre lasterommet. Besetningen tok derfor ingen spesielle forholdsregler i forbindelse med lasting og transporten av kobberkonsentratet.

Under lasting av cellulose i Squamish, Canada, 17. november 2008 opplevde de lokale sjauerene en spesiell lukt fra kobberkonsentratlasten i lasterom nr. 3 og 7. Dette medførte at de ikke ville arbeide med sikring av celluloselasten nede i tilstøtende lasterom.

Havarikommisjonen oppfatter det slik at stengingen og sikringen av nedgangslukene til lasterom nr. 3 og 7 sannsynligvis ble gjort for å tilfredsstille sjauerne, snarere enn for å forhindre at besetningen senere skulle entre disse rommene.

Havarikommisjonen ser det slik at det er av stor sikkerhetsmessig betydning at besetningen har pålitelig informasjon om aktuell last og dens egenskaper slik at relevante og nødvendige tiltak for å ivareta besetningens og skipets sikkerhet kan gjennomføres. Etter havarikommisjonens syn må denne informasjonen fremskaffes og kommuniseres av avskipper.

### **2.4 Designløsningen i forhold til tilkomst til og opphold i gangpassasjene og rommene mellom lukene som også fungerer som ventilasjonskanaler**

Om bord i Star Ismene er peilerørene for bunntankene plassert i rommene mellom lastelukene. Besetningen er avhengig av å bevege seg inn i disse områdene av flere grunner. I tillegg til manuell peiling av ballast- og drivstofftanker, samt lensebrønner, opereres ventilasjonslukene herfra. I disse rommene er det også elektriske installasjoner som jevnlig må kontrolleres. Ved nødssituasjoner, for eksempel i forbindelse med

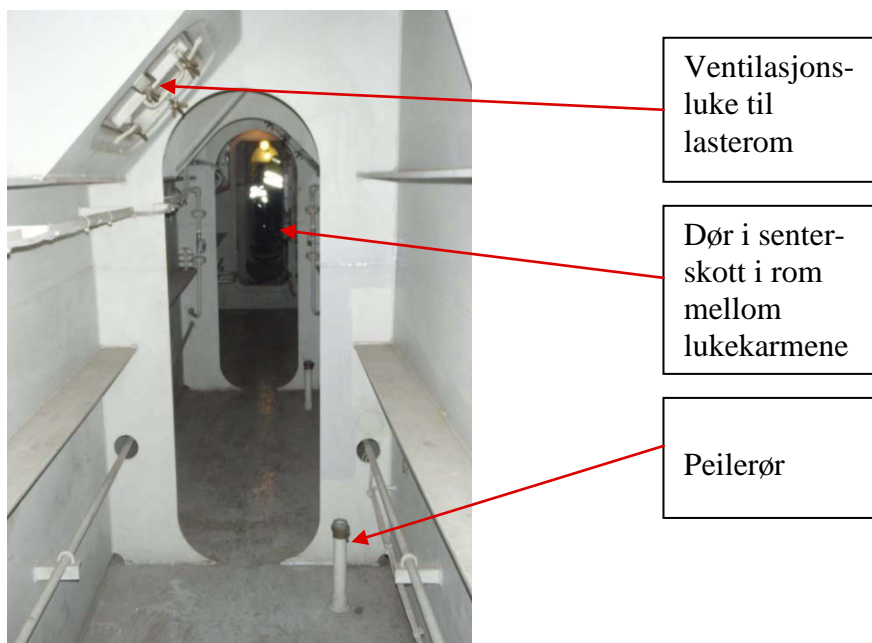
vanninntregning eller brann, kan det være ønskelig å foreta manuelle tankpeilinger og stenging av ventilasjonslukene.

Star Ismene er riktignok utstyrt med automatisk tankpeilingssystem slik at innholdet på tankene kan monitoreres i ballastkontrollrommet, men havarikommisjonen er kjent med at mange avskipere og mottakere av last ikke aksepterer fjernpeiling og forlanger at det skal gjennomføres manuelle tankpeilinger i forbindelse med lasting og lossing. I regi av FN er det i den forbindelse utarbeidet blant annet standarder og prosedyrer for peiling av tanker, samt dypgangsavlesninger, på skip som frakter kull<sup>42</sup>.

Havarikommisjonen mener at når det skal gjennomføres manuelle tankpeilinger eller andre arbeidsoperasjoner, f. eks. betjening av ventilasjonsluker, skal dette kunne gjøres på en trygg måte. Dette innebærer blant annet at besetningen og andre skal kunne entre og oppholde seg i områdene mellom lastelukene uten at det er fare for personulykke. I en eventuell nødssituasjon vil det også kunne være nødvendig med rask tilgang til disse rommene.

For at ventilasjons- og tørkeanlegget skal fungere i forhold til lasterommene er rommene mellom lukene delt med langskips senterkott med gasstette dører. Styrbord side av rommene mellom lukene er atskilt mot henholdsvis styrbord gangpassasje og nedgangene til lasterommene med gasstette lukedeksler. Babord side av disse rommene er adskilt mot babord gangpassasje med en gasstett luke, men besetningen har opplyst at disse lukene mot babord gangpassasje alltid står åpne.

For å foreta en vurdering av skipets design i forhold til de operasjonene som må gjennomføres i rommene mellom lastelukene er det hensiktsmessig å dele analysen i to problemstillinger. Den første problemstillingen omhandler at tilgangen til disse områdene er via lasterommene. Den andre problemstillingen er knyttet til at gangpassasjene og rommene mellom lastelukene er en del av lasterommenes ventilasjons- og tørkesystem.



Figur 15: Bildet viser rommet mellom lukekarmene til lasterom 6 og 7, hvor peilerørene er plassert. Bildet er tatt fra babord side mot styrbord.

<sup>42</sup> ECE/ENERGY/19 Code of Uniform Standard and Procedures for the Performance of draft surveys of Coal Cargoes.

#### 2.4.1 Tilgang via lasterom

Tilgang til rommene mellom lastelukene går fra gangpassasjen på styrbord side, via et rom/repos i nedgangen til lasterommene, opp til et rom innenfor gangpassasjen og videre opp til rommet mellom lukene. Det er også mulig å komme direkte fra gangpassasjen til rommet innenfor ved å klatre gjennom ventilasjonslukene i skottet. Ventilasjonslukene er imidlertid små, og de er plassert et stykke opp på skottet uten at det er tilrettelagt med leider/stigetrinn. I følge besetningen benyttes likevel dette alternativet ofte når man skal opp i rommet mellom lukene.

Fordi atmosfæren i lasterommene og dermed nedgangene til lasterommene kan være helseskadelig er dette designet, som forutsetter at besetningen entrer nedgangene til lasterommene for å komme opp i rommene mellom lukene, etter havarikommisjonens vurdering svært uheldig. Slik havarikommisjonen ser det bør det derfor vurderes å foreta designendringer slik at det ikke er nødvendig å entre nedgangene til lasterommene for å få tilgang til peilerørene og de andre installasjonene i samme rom.

#### 2.4.2 Gangpassasjene og rommene mellom lastelukene som en del av lasterommens ventilasjons- og tørkesystem

Når det gjelder de øvrige rommene som gir tilkomst til blant annet peilerørene, dvs. styrbord gangpassasje, rommet innenfor og rommet mellom lukene, er luftkvaliteten avhengig av flere forhold, og det er etter havarikommisjonens syn ikke opplagt når det er trygt å entre disse områdene av skipet.

Dersom lukene over nedgangene til lasterommene eller ventilasjonslukene ikke er lukket vil forurenset luft eller luft med lavt oksygeninnhold kunne spre seg fra lasterommene, og ved mangel på luftsirkulasjon vil helseskadelig atmosfære kunne forbli i rommene. Etter havarikommisjonens syn er det nødvendig med klare rutiner for ventilering av disse rommene. Gangpassasjene på begge sider, rommene innenfor, samt rommene mellom lukene er ikke arrangert med naturlig ventilasjon. Som en grunnforutsetning for å kunne betrakte ovennevnte rom som noe annet enn lukkede rom, må derfor ventilasjonsanlegget etter havarikommisjonens syn være i drift.

Når det gjelder rommene innenfor styrbord gangpassasje og styrbord og babord side av rommet mellom lastelukene vil disse være å betrakte som lukket eller åpent rom avhengig av en rekke faktorer. Blant annet om luker og dører er åpne eller lukket, om ventilasjonsanlegget er i drift, om rommene har vært ventilert i tilstrekkelig lang tid og lastens egenskaper. Ved forskjellige kombinasjoner av åpne eller lukkede luker og dører vil rommene kunne endre status fra åpent til lukket rom. Det at ett og samme rom kan betraktes som enten lukket eller åpent stiller store krav til forståelse for personell som skal entre rommene.

Som følge av kompleksiteten i forhold til drift av ventilasjonsanlegget og åpning/lukking av luker og dører, mener havarikommisjonen det er nødvendig med klare og tydelige prosedyrer og andre tiltak for at entring av disse rommene skal kunne foregå på en forsvarlig måte.

## 2.5 Besetningens mangel på bevissthet om farene ved entring av gangpassasjene og rommene mellom lastelukene samt rederiets sikkerhetsstyringssystem

Dekksreparatøren, lastinspektøren og skipsagenten hadde entret gangpassasjen på styrbord side og nedgangene til lasterom nr. 10 og 9 uten å benytte sjekklisten og uten å få problemer av den grunn. Da deksreparatøren og skipsagenten skulle åpne nedgangsluken til lasterom nr. 7 for å få tilgang til peilerørene mellom lasterom nr. 6 og 7, stoppet de imidlertid opp og kontaktet overstyrmannen. Årsaken til det var at luken var stengt og sikret med elektrostrips. De kontaktet overstyrmannen og oppfattet det sannsynligvis slik at han ga klarsignal til at sikringen kunne brytes og luken åpnes. På denne bakgrunn klatret de ned i rommet uten å benytte sjekklisten for entring av lukkede rom.

Havarikommisjonen observerte at besetningen ofte entrer gangpassasjen uten å benytte sjekklisten for entring av lukket rom. Dette til tross for at inngangene forut og akterut til gangpassasjene var merket med varselsskilt om at dette er et lukket rom med helseskadelig/farlig atmosfære.

I samtaler havarikommisjonen har hatt med besetningen har det fremkommet usikkerhet blant mannskapet i forhold til hvilke rom/områder av skipet som skal anses og behandles som lukkede rom. Så langt havarikommisjonen har brakt i erfaring opererer besetningen inne i rommene mellom lastelukene og gangpassasjen uten å vurdere hvilke av lukene og dørene som er åpne, og om ventilasjonsanlegget er i bruk, og dermed om gangpassasjene og rommene er å betrakte som lukket eller ikke.

Havarikommisjonen oppfatter det slik at skipets besetning ikke har vært bevisst på hvilke deler av skipet som til enhver tid er å betrakte som lukket rom, men på bakgrunn av erfaring har det utviklet seg normal praksis blant skipets besetning som baserer seg på at det kan være trygt å entre rom som er merket med advarselsskilt og at advarselsskiltene på luker og dører derfor kan ignoreres. Praksisen har antageligvis utviklet seg over lang tid slik at den ikke var knyttet til en bestemt sammensetning av besetningen. Tilsynelatende har denne praksisen fungert greit inntil denne konkrete ulykken skjedde. Dette kan delvis forklare hvorfor besetningen entret nedgangen til lasterommet selv om den var merket med advarselsskilt og sikret med elektrostrips. Videre analyse søker å forstå bakgrunnen for denne problemstillingen.

Gjennom sikkerhetsstyringssystemet har rederiet etablert prosedyrer og sjekklistor for entring av lukkede rom. I prosedyren "Health, Safety and Environmental Precautions"<sup>43</sup> fremgår det at alle lukkede rom som ikke regelmessig blir ventilert kan inneholde gift eller brennbare gasser eller for lite oksygen til at mennesker kan oppholde seg i disse rommene. Lasterom, ballasttanker og kofferdammer er eksplisitt nevnt som eksempler på lukkede rom, mens gangpassasjene på begge sider og rommene mellom lukene ikke eksplisitt er definert som lukkede rom. Likevel er inngangsdørene forut og akter til gangpassasjene merket "DANGER CONFINED SPACE, HAZARDOUS ATMOSPHERE".

I forhold til prosedyren og sjekklisten for entring av lukkede rom bærer, etter havarikommisjonens syn, sikkerhetsstyringssystemet preg av å inneholde standardformuleringer etter anerkjente maler for slike prosedyrer og sjekklistor. De

<sup>43</sup> Level 3: Manuals/04 – Shipboard Work Instructions Manual/14 – Health – Safety and Environmental Protection.



spesielle utfordringene om bord i Star Ismene som er knyttet til designet og driften av anlegget for ventilasjon og tørking av lasterommene er ikke nevnt. Utfordringene i forhold til å vurdere om gangpassasjene på begge sider, rommene innenfor, samt rommene mellom lukene, er å betrakte som åpne eller lukkede rom, avhengig av om luker er åpne eller lukket, er ikke spesielt beskrevet. Dette har vært med på å bidra til at besetningen har etablert en praksis som har blitt ansett som forsvarlig, men uten at de har hatt en klar forståelse for hvilke deler av skipet som til enhver tid er å betrakte som lukket rom.

Havarikommisjonen mener ovennevnte problemstillinger kommer som følge av de valg som ble gjort da skipet ble designet. Disse valgene bærer preg av praktisk/teknisk tilrettelegging i forhold til å løse behovet for ventilasjon og tørking av last. Valgene tar i liten grad hensyn til at systemet fysisk skal opereres på en måte som ivaretar besetningens sikkerhet.

Med bakgrunn i dette mener havarikommisjonen at det bør gjennomføres risikoanalyser i forhold til driften av ventilasjons- og tørkeanlegget og operasjoner som omfatter entring av gangpassasjen og rommene. På grunnlag av risikoanalysene bør det vurderes om det er behov for designendringer eller om det kan etableres operative prosedyrer og andre tiltak som ivaretar besetningens sikkerhet.

Med utgangspunkt i at rederier og skip ikke er like, og at betingelsene derfor varierer, er ISM-koden basert på generelle prinsipper, funksjonskrav og målsettinger. Når ISM-koden er utformet på denne måten forutsettes det at styringssystemene spesifikt tilpasses de enkelte rederiene, skipene som opereres og betingelsene for sikker drift.

Det spesielle designet som Star Ismene og mange av de andre skipene som opereres av rederiet har krever at spesielle tiltak iverksettes for å begrense farene for besetningen. Havarikommisjonen mener derfor at rederiets sikkerhetsstyringssystem ikke i tilstrekkelig grad har vært tilpasset skipene ved at det ikke har vært sørget for sikker praksis og sikkert arbeidsmiljø ved drift av skipene.

På bakgrunn av at farene knyttet til entring av lukkede rom er velkjent innen shipping mener havarikommisjonen at rederiet hadde flere muligheter gjennom sitt sikkerhetsstyringssystem til å fange opp at det spesielle designet utgjorde en fare for besetningen og at dette krevde ytterligere tiltak utover det som var etablert.

- For det første stilles det krav i ASH-forskriften om regelmessig å gjennomføre risikoanalyser. ASH-forskriften har som formål å sikre at arbeid og fritid om bord tilrettelegges og organiseres på en slik måte at arbeidstakerens sikkerhet og fysiske og psykiske helse ivaretas. Gjennom disse risikoanalysene ville det ha vært mulig å avdekke farene i forbindelse med entring av gangpassasjene og rommene innenfor.
- Rederiets mål for sikkerhetsstyring skal i henhold til sikkerhetsstyringsforskriften blant annet være å innføre vern mot alle identifiserte risikoer. I arbeidet med å innføre vern mot farer i forbindelse med entring av lukkede rom var det mulighet til å avdekke at designet og det spesielle lufte- og tørkesystemet krevde ytterligere tiltak.

- Videre kunne problemstillingen blitt fanget opp i forbindelse med utarbeidelse av planer for operasjoner knyttet til lasting og lossing. Sikkerhetsstyringsforskriften krever at det skal utarbeides planer for viktige operasjoner om bord som angår sikkerhet og hindring av forurensing. Rederiet har gjennomført risikovurdering av lufte- og tørkeanlegget, men denne var begrenset til kun å vurdere fare for skade på last. I den forbindelse skulle vurderingen også ha omfattet eventuelle farer systemet utgjorde for besetningen.
- Sikkerhetsstyringsforskriften krever at selskapet skal innføre framgangsmåter for å identifisere, beskrive og reagere ved mulige nødssituasjoner om bord. Dette innebærer blant annet å etablere programmer for trening og øvelser i forhold til å forberede seg på handling i nødssituasjoner. I forbindelse med dette kunne farene for besetningen ved for eksempel manuell nødpeiling av bunntanker i tilfelle strukturell skade på skipet eller i forbindelse med tiltak for å avgrense brann i ett av lasterommene (stenging av ventilasjonslukene), ha blitt fanget opp.
- Sikkerhetsstyringssystemet skal omfatte rapporter og analyser ved avvik, samt ved ulykker og farlige hendelser. Det skal videre innføres framgangsmåter for gjennomføring av korrigerende tiltak. I forbindelse med dette arbeidet kunne det blitt fanget opp at prosedyren og andre tiltak ved entring av lukkede rom ikke var tilstrekkelig i forhold til de farene besetningen stod overfor. Problemstillingen kunne også blitt fanget opp hvis avvik fra prosedyrene og erfaringer om farer som besetningen oppfattet i forbindelse med for eksempel peiling av tankene, ble rapportert og analysert.
- I henhold til rederiets sikkerhetsstyringssystem skal kapteinen regelmessig gjennomgå styringssystemet om bord og innrapportere dets mangler til den landbaserte ledelsen. I forbindelse med dette arbeidet kunne det blitt fanget opp at planer for viktige operasjoner og framgangsmåter for å håndtere nødssituasjoner ikke i tilstrekkelig grad inkluderte tiltak for å redusere farene for besetningen i forbindelse med entring av gangpassasjene og rommene innenfor.
- I henhold til rederiets sikkerhetsstyringssystem skal det gjennomføres interne revisjoner av styringssystemet om bord som blant annet har til hensikt å sammenligne praksisen om bord med organisasjonens standarder. I dette arbeidet ville det vært mulig å fange opp at planer for viktige operasjoner og framgangsmåter for å håndtere nødssituasjoner ikke i tilstrekkelig grad omhandlet tiltak for å redusere farene for besetningen i forbindelse med entring av gangpassasjene og rommene innenfor. Videre kunne en slik intern revisjon fanget opp avgrensningene som var gjort i forbindelse med risikoanalyse av lufte- og tørkesystemet og risikoanalyse i henhold til ASH-forskriften.
- Tilsvarende kunne problemstillingene blitt fanget opp på ett av de andre skipene med tilsvarende design som rederiet opererer. Gjennom rederiets gjennomgang av sikkerhetsstyringssystemets effektivitet kunne det blitt identifisert at problemstillingen gjelder for øvrige skip med tilsvarende design.

På bakgrunn av dette mener havarikommisjonen at det var en rekke muligheter innenfor rammen av sikkerhetsstyringssystemet til å fange opp at det spesielle designet utgjorde en fare for besetningen og at dette krevde ytterligere tiltak.

Sikkerhetsstyringssystemet var imidlertid sertifisert av tilsynsmyndigheten i henhold til kravene i ISM-koden. Havarikommisjonen utelukker ikke at det kan ha bidratt til å øke rederiets tillit til at styringssystemet hadde forventet kvalitet, og at terskelen i forhold til å vurdere behovet for å foreta endringer i sikkerhetsstyringssystemet dermed kan ha blitt hevet.

## **2.6 Regelverk relatert til bygging av skip**

Designløsningen i forhold til tilgang til rommene mellom lastelukene og operasjon av ventilasjonssystemet om bord i Star Ismene har hatt avgjørende betydning i forbindelse med ulykken 16. desember 2008. I den sammenheng er det først og fremst tilkomsten som er arrangert via nedgangene til lasterommene som utgjør et sikkerhetsproblem.

I henhold til skipssikkerhetsloven skal skip prosjekteres, bygges og utrustes på en slik måte at det gir betryggende sikkerhet for liv og helse, og det er rederiets ansvar å sørge for at dette blir gjort. Verken byggeforskriften eller andre forskrifter gitt i medhold av loven stiller krav om at rederiet skal gjøre overordnede designvurderinger med tanke på personellsikkerhet under prosjekteringsfasen. Byggeforskriften gir detaljerte krav til byggetekniske forhold, men stiller ikke krav om at det skal gjøres vurderinger i form av risikoanalyser knyttet til skipets design. ASH-forskriften stiller krav om risikoanalyser, men denne forskriften gjelder for dem som har sitt arbeid om bord, dvs. besetningen, og forskriftens formål er å sikre at arbeid og fritid om bord tilrettelegges og organiseres slik at arbeidstakernes sikkerhet og fysiske og psykiske helse ivaretas. ASH-forskriften regulerer dermed driftsmessige forhold, og retter seg ikke mot prosjekterings- og byggefasen. I dette tilfellet er det avdekket sikkerhetsproblemer knyttet til at gangpassasjer og andre rom som benyttes av besetningen også fungerer som luftkanaler for skipets anlegg for ventilasjon og tørking av lasterommene. Havarikommisjonen er av den mening at denne type sikkerhetsproblemer kan og bør avdekkes og håndteres allerede i designfasen.

Når forskriftene ikke stiller krav om at det i designfasen skal gjennomføres risikoanalyser kan det medføre at effektive sikkerhetsbarrierer ikke bygges inn og at personsikkerhet dermed i for stor grad blir avhengig av organisatoriske forhold knyttet til operasjon av skipet.

## **2.7 Myndighetstilsyn og classeselskapets besiktigelser**

Skipsdesignet og kompleksiteten som følger av dette i forhold til hva som er å anse for lukket rom, samt at rederiets sikkerhetsstyringssystem ikke er tilstrekkelig skipsspesifikt, har bidratt til at skipets besetning har etablert en praksis som er blitt ansett som forsvarlig uten at de har hatt en forståelse for hvilke deler av skipet som til enhver tid er å betrakte som lukket rom.

Ettersom Star Ismene er registrert i Norsk Internasjonalt Register (NIS), og tilsynet med skip registrert i NIS er delegert til de fem anerkjente klasseinstitusjoner, har DNV foretatt førstegangs besiktelse og senere periodiske inspeksjoner av skip og utstyr i henhold til både myndighets- og klassekrav. DNV har også gjennomført (ISM-) revisjoner av rederiets og skipets sikkerhetsstyringssystem på vegne av norske myndigheter. På denne bakgrunn hadde Star Ismene gyldige myndighets- og classesertifikater på ulykkestidspunktet.

Designløsningen som er basert på at gangpassasjene og andre rom også benyttes som ventilasjonskanaler, er spesiell for lastefartøy, men er benyttet på flere av rederiets skip. Havarikommisjonen er ikke kjent med at DNV, gjennom revisjonene av rederiet og de 14 skipene som har denne designløsningen, har påpekt at sikkerhetsstyringssystemet ikke var tilstrekkelig tilpasset skipene. På samme måte som at rederiet hadde flere muligheter til å fange opp dette, mener havarikommisjonen at tilsynsmyndigheten hadde flere muligheter til å fange opp at sikkerhetsstyringssystemet ikke i tilstrekkelig grad var tilpasset skipenes design.

Ett eksempel på hvordan tilsynsmyndighetens revisjoner av skipets styringssystem (tredjepartsrevisjoner av skipets SMC) kunne ha avdekket en slik mangel er ved gjennomgang av risikoanalysene som har vært utført. Siden risikoanalyser utført i henhold til ASH-forskriften skal være skriftlig dokumentert skal resultater av dette arbeidet være lett tilgjengelig i forbindelse med revisjoner. Ved en gjennomgang av styringsdokumentene ville det ha vært mulig å avdekke om styringssystemet er tilstrekkelig skipsspesifikt. For eksempel ved en gjennomgang av vern mot farer i forbindelse med entring av lukkede rom ville det ha vært mulig å avdekke at den etablerte prosedyren kun var basert på standardformuleringer og ikke tok inn over seg den skipsspesifikke designløsningen. Det samme gjelder ved gjennomgang av viktige operasjoner slik som operasjon av ventilasjons- og tørkeanlegget, operasjoner knyttet til lasting og lossing samt nødssituasjoner.

I tillegg til gjennomgang av skipets styringsdokumenter og andre relevante dokumenter innbefatter revisjoner også samtaler med skipets besetning. I slike samtaler ville det ha vært mulig å avdekke kapteinens og den øvrige besetningens forståelse av risiko, usikkerhet og erfaringer knyttet til entring av lukkede rom, ventilasjons- og tørkearrangementet, laste- og losseoperasjonene, og hvilke tiltak dette har medført. Eventuelt behov for trening av mannskapet utover det som er blitt etablert kunne også ha vært avdekket. Videre kan en revisjon avdekke om og hvordan disse forholdene er behandlet i skipets forbedringssystem og i forhold til den landbaserte organisasjonen.

En befaring i det aktuelle området om bord ville kunne ha avdekket besetningens arbeidsutførelse ved entring av lukkede rom og besetningens forståelse av hvilke rom dette gjelder. Dette ville også kunne ha blitt avdekket gjennom observasjon av en øvelse i en nødssituasjon slik som grunnstøting, brann i ett av lasterommene eller redning av person. En befaring i det aktuelle området om bord vil etter havarikommisjonens oppfatning øke forståelsen for anleggets kompleksitet og derigjennom vekke interessen for hva som var gjort for å sikre operasjonene i dette området.

I forbindelse med revisjoner av sikkerhetsstyringssystemet ved den landbaserte organisasjonen (tredjepartsrevisjoner av rederiets DOC) ville det også ha vært mulig å identifisere at systemet ikke er tilstrekkelig tilpasset skipene, samt hvordan eventuelle erfaringer og observasjoner fra skipene er analysert og hvilke tiltak dette har medført.

Siden DNV også hadde myndighetstilsyn og klassebesiktigelse i forbindelse med design og bygging av Star Ismene (og andre av rederiets skip) kunne det etter havarikommisjonens syn ha vært mulig å observere disse problemstillingene tidlig.

## 2.8 Gjennomførte tiltak

Allerede før den aktuelle ulykken om bord i Star Ismene påbegynte rederiet arbeidet med å modifisere skipene med tilsvarende arrangement for ventilasjon og tørking av lasterommene. Modifikasjonen bestod i å montere en gasstett dør i nedgangen til lasterommene, mellom reposit og leideren som fører videre ned i lasterommene. Modifikasjonen var ikke gjennomført på Star Ismene på ulykkestidspunktet, men dette er gjort etter ulykken.

## 3. KONKLUSJON

Havarikommisjonen vil oppsummere undersøkelsen av ulykken om bord i Star Ismene 16. desember 2008, med følgende konklusjon:

### 3.1 Atmosfæren i nedgangen der ulykken skjedde

Ulykken skjedde på reposit i nedgangen til lasterom nr. 7 da en skipsagent og et besetningsmedlem skulle peile tanker. Kobberkonsentratet i lasterom nr. 7 avga sannsynligvis ingen giftige gasser, men forbrukte oksygen. Dette førte til at oksygenivået i lasterommet og i nedgangen til lasterommet, som på ulykkestidspunktet hadde vært avstengt i 29 dager, var meget lavt med den konsekvens at det var livsfarlig for mennesker å entre rommet. Oksygeninnholdet i nedgangen ble målt til 5,9 % en time etter ulykken.

### 3.2 Informasjonen fra avskiper om farer ved transport av lasten

Det fremgikk ikke av transportinformasjonen i MSDS som avskiper i dette tilfellet utstedte, at kobberkonsentratet forbruker oksygen og avgir CO<sub>2</sub>. Under kapitlet (kjemisk) stabilitet og reaktivitet er det anført at kobberkonsentratet er ikke-korroderende under normale forhold, men at oksidasjon kan opptre under høye temperaturer eller andre spesielle forhold.

Skipets besetning oppfattet ikke at kobberkonsentratet kunne forbruke oksygen, og at det kunne være forbundet med livsfare å entre lasterommet. Besetningen tok derfor ingen spesielle forholdsregler i forbindelse med lastingen og transporten av kobberkonsentratet.

Havarikommisjonen ser det slik at det er av stor sikkerhetsmessig betydning at besetningen har pålitelig informasjon om lasten og dens egenskaper slik at relevante og nødvendige tiltak for å ivareta besetningens og skipets sikkerhet kan gjennomføres. Denne informasjonen må fremskaffes og kommuniseres av avskiper. Etter havarikommisjonens syn kunne transportinformasjonen fra avskiper i dette tilfellet inneholdt en klarere advarsel om at kobberkonsentratet kunne forbruke oksygen.

### 3.3 Designløsningen i forhold til tilkomst til rommene mellom lukene via lasterommene

Peilerørene for bunntankene er plassert i rommene mellom lastelukene, og Star Ismene er designet slik at adkomst til peilerørene går via reposit i nedgangen til tilstøtende lasterom. Besetningen er avhengig av å bevege seg opp i rommet mellom lukene både i forbindelse med regelmessige oppgaver og i forbindelse med nødssituasjoner. I tillegg til manuell peiling av ballast- og drivstofftanker, samt lensebrønner, opereres ventilasjonslukene herfra. I disse rommene er det også elektriske installasjoner som

jevnlig må kontrolleres. Generelt er lasterom å betrakte som lukkede rom som det kan være farlig å entre. I praksis innebærer dette at tilgangen til rommene mellom lukene er begrenset, både ved nødssituasjoner og i forhold til regelmessige oppgaver. Det bør derfor vurderes å foreta endringer slik at det ikke er nødvendig å entre nedgangene til lasterommene for å få tilgang til rommene mellom lukene. Det rettes en tilrådning til rederiet i denne forbindelse.

### **3.4 Designløsningen med bruk av oppholdsrom som ventilasjonskanaler og forståelsen av begrepet lukket rom**

Star Ismene er, i likhet med andre av rederiets skip, utstyrt med et anlegg for ventilasjon og tørking av lasterommene hvor gangpassasjer og andre rom som gir adkomst til rutinemessige operasjoner og vedlikehold, benyttes som luftkanaler. Det spesielle designet har medført en kompleksitet der det er meget vanskelig å vurdere hvilke rom som til enhver tid skal betraktes som lukket rom.

Denne kompleksiteten gjenspeiles ikke i skipets sikkerhetsstyringssystem. Blant annet bærer styringssystemet preg av at farer i forbindelse med entring av lukkede rom kun omtales i henhold til standardiserte normer og ikke tilpasset skipet. Systemet mangler blant annet prosedyrer for når ventilasjonsanlegget må være i drift, samt retningsgivende informasjon om hvordan driften av ventilasjons- og tørkeanlegget påvirker farene i gangpassasjene og andre rom som samtidig benyttes som luftkanaler. Sikkerhetsstyringssystemet legger dermed ikke til rette for at skipets besetning skal kunne forholde seg til den spesielle designløsningen på en forsvarlig måte. Etter havarikommisjonens syn ligger det en rekke muligheter for rederiet innenfor rammen av sikkerhetsstyringssystemet til å fange opp at det spesielle designet utgjorde fare for besetningen og at dette krevde ytterligere tiltak.

Skipsdesignet og kompleksiteten som følger av dette i forhold til hva som er å anse for lukket rom, samt manglene i rederiets sikkerhetsstyringssystem, har bidratt til at skipets besetning har etablert en praksis som er blitt ansett som forsvarlig uten at de har hatt en forståelse for hvilke deler av skipet som til enhver tid var å betrakte som lukket rom.

Med bakgrunn i dette mener havarikommisjonen at det bør gjennomføres risikoanalyser i forhold til driften av ventilasjons- og tørkeanlegget. På grunnlag av risikoanalysene bør det vurderes om det er behov for designendringer eller om det kan etableres operative prosedyrer og andre tiltak som ivaretar besetningens sikkerhet, både i forbindelse med rutinemessige oppgaver og under nødssituasjoner. Slike operasjonelle tiltak må gjenspeiles i sikkerhetsstyringssystemet. Det rettes en sikkerhetstilrådning i denne forbindelse.

### **3.5 Krav til risikoanalyse i designfasen**

Undersøkelsen av denne ulykken har avdekket sikkerhetsproblemer knyttet til at gangpassasjer og andre rom som benyttes av besetningen også benyttes som luftkanaler for skipets anlegg for ventilasjon og tørking av lasterommene. Havarikommisjonen er av den oppfatning at denne type sikkerhetsproblemer kan og bør avdekkes og håndteres allerede i designfasen.

I henhold til skipssikkerhetsloven skal skip prosjekteres, bygges og utrustes på en slik måte at det gir betryggende sikkerhet for liv og helse, men verken byggeforskriften eller andre forskrifter gitt i medhold av loven krever at rederiet skal gjøre overordnede

designvurderinger under prosjekteringsfasen. Når forskriftene ikke stiller krav om at det i designfasen skal gjennomføres risikoanalyser kan det medføre at effektive sikkerhetsbarrierer ikke bygges inn og at personsikkerhet dermed i for stor grad blir avhengig av organisatoriske forhold knyttet til operasjon av skipet.

Det rettes en sikkerhetstilråding til myndighetene om å innføre krav om risikoanalyser i designfasen.

### 3.6 Myndighetsrevisjoner av sikkerhetsstyringssystemet

Rederiets og skipets sikkerhetsstyringssystem var ikke tilstrekkelig skipsspesifikt. DNV, som har utført revisjoner av systemet på vegne av norske myndigheter, har ikke fanget opp dette gjennom revisjoner av systemet. Det rettes en sikkerhetstilråding i denne forbindelse.

## 4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne sjøulykken har avdekket 4 områder hvor havarikommisjonen anser det nødvendig å fremme sikkerhetstilrådinge med formål å forbedre sjøsikkerheten.<sup>44</sup>

### Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2010/28T

Star Ismene er designet slik at adkomsten til rommene mellom lastelukene går via reposene i nedgangene til lasterommene. Generelt er lasterom å betrakte som lukkede rom som det kan være farlig å entre, og dette innebærer i praksis at tilgjengeligheten til disse rommene er redusert ved nødssituasjoner, og i forhold til rutinemessige oppgaver.

SHT tilrår rederiet å foreta designendringer slik at det ikke er nødvendig å entre nedgangene til lasterommene for å komme til rommene mellom lastelukene på Star Ismene og eventuelt andre av rederiets skip med samme arrangement.

### Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2010/29T

Star Ismene er, i likhet med andre av rederiets skip, designet med et anlegg for ventilasjon og tørking av lasterommene, der gangpassasjer og andre rom som benyttes av besetningen også benyttes som luftkanaler for lasterommene. Luftkvaliteten i disse rommene vil variere fra å kunne være god til å kunne være helsefarlig avhengig av om luker og dører er åpne eller lukket, om ventilasjons- og tørkeanlegget er i drift eller ikke og lastens egenskaper. Ettersom denne kompleksiteten ikke er adressert i sikkerhetsstyringssystemet har skipets besetning ikke vært bevisst på hvilke deler av skipet som til enhver tid er å betrakte som lukket rom.

SHT tilrår rederiet å gjennomgå sikkerhetsstyringssystemet slik at det tilpasses det skipsspesifikke. Dette kan inkludere risikoanalyser basert på designet. På grunnlag av analysene bør det vurderes om det er behov for designendringer eller om det kan innføres operative prosedyrer og andre tiltak som ivaretar besetningens sikkerhet.

---

<sup>44</sup> Undersøkelserapport oversendes Nærings- og handelsdepartementet som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene.

**Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2010/30T**

Valget av design bærer preg av å løse behovet for ventilasjon og tørking av last, men uten at det er blitt tilstrekkelig vektlagt at systemet skal opereres på en måte som ivaretar besetningens sikkerhet. I henhold til skipssikkerhetsloven skal skip prosjekteres, bygges og utrustes på en slik måte at det gir betryggende sikkerhet for liv og helse, men verken byggeforskriften eller andre forskrifter gitt i medhold av loven stiller krav om at rederiet skal gjennomføre risikoanalyser under prosjekteringsfasen. Konsekvensen av dette kan være at effektive sikkerhetsbarrierer ikke bygges inn og at personsikkerhet dermed i for stor grad blir avhengig av organisatoriske forhold knyttet til operasjon av skipet.

SHT tilrår Sjøfartsdirektoratet å vurdere å innføre krav om at det skal gjøres risikoanalyser i designfasen slik at løsninger som medfører store operasjonelle utfordringer kan unngås.

**Sikkerhetstilråding SJØ nr. 2010/31T**

Tilsynsmyndigheten gjennomførte revisjoner av rederiets og skipets sikkerhetsstyringssystem uten å avdekke at styringssystemet ikke håndterte de operasjonelle utfordringene som følger av skipets spesielle anlegg for ventilasjon og tørking av lasterommene. På bakgrunn av revisjonene fikk rederiet og skipet utstedt sertifikater som verifikasjon på at sikkerhetsstyringssystemet var funnet i overensstemmelse med kravene i ISM-koden selv om systemet ikke var tilstrekkelig skipsspesifikt.

SHT tilrår Det Norske Veritas å vurdere prosessen som ligger til grunn for utstedelse og verifikasjon av ISM-sertifikater med sikte på å identifisere og iverksette tiltak som gir DNV som tilsynsmyndighet bedre muligheter til å avdekke avvik fra forutsetningen om at sikkerhetsstyringssystemene skal være tilpasset de enkelte rederiene og skipene.

Statens havarikommisjon for transport  
Lillestrøm, 8. november 2010



## **VEDLEGG**

Vedlegg A: Aktuelle forkortelser

Vedlegg B: Rapport fra analysen av kobberkonsentratet

Vedlegg C: IMO Res. A864(20) Recommendations for entering enclosed spaces aboard ships

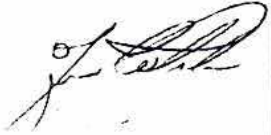
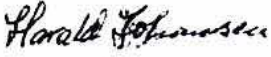
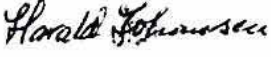
**VEDLEGG A: AKTUELLE FORKORTELSER**

ASH	:	Arbeidsmiljø, sikkerhet og helse
DNV	:	Det Norske Veritas
DOC	:	Document Of Compliance
ETA	:	Estimated time of arrival
HMS	:	Helse-, miljø og sikkerhet
IMDG	:	International Maritime Dangerous Goods
IMSBC	:	International Maritime Solid Bulk Cargoes Code
IMO	:	International Maritime Organisation
ISM	:	International Safety Management
NHD	:	Nærings- og handelsdepartementet
NIS	:	Norsk Internasjonalt Skipsregister
MSC	:	Maritime Safety Committee
DSDS	:	Material Safety Data Sheet
PEC	:	Protection and Environment Committee
SAFIR	:	Safety Improvement Report
SHT	:	Statens havarikommisjon for transport
SMC	:	Safety Management Certificate
SMS	:	Safety Management System
SSQM-System	:	Safety, Security and Quality Management System
VHF	:	Very High Frequency

IFE/KR/F – 2009/094

Generation of gas species from a copper  
ore concentrate



Address	<b>KJELLER</b> NO-2027 Kjeller, Norway	<b>HALDEN</b> NO-1751 Halden, Norway	Availability
Telephone	+47 63 80 60 00	+47 69 21 22 00 +47 69 21 22 01	In Confidence
Report number	<b>IFE/KR/F-2009/094</b>		Date
Report title	Generation of gas species from a copper ore concentrate		11-06-2009
Client	FLO, Kjeller & Havarikommisjonen, Kjeller		Revision number
Client reference	Øyvind Frigaard, FLO & Kåre Halvorsen, Havarikommisjonen		Number of pages
Summary	A powderized copper ore concentrate has been subjected to GC, XRD and Capillary Electrophoresis analysis to establish the amount(s) and type(s) of gas species that may be generated by exposure to air, water, weak and strong acids and bases.		7
			Number of issues
			4
			Distribution
			FLO (Digital) Havarikom. (1) IFE (3)
<b>Keywords:</b> Copper ore, CO <sub>2</sub> , Chalcopyrite, Pyrite			
	<b>Name</b>	<b>Date</b>	<b>Signature</b>
Prepared by	Jan Kihle	09-06-2009	
Reviewed by	Harald Johansen	11-06-2009	
Approved by	Harald Johansen	11-06-2009	

## Contents

---

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Analytical methods applied</b>	<b>2</b>
2.1	Gas Chromatography (GC) .....	2
2.2	Capillary Electrophoresis (CE) .....	2
2.3	X-Ray Diffractometry (XRD) .....	2
2.4	pH .....	2
2.5	Specific Density .....	2
2.6	Total Carbon and Sulphur Analyser .....	3
<b>3</b>	<b>Results</b>	<b>3</b>
3.1	GC .....	3
3.2	CE .....	3
3.3	XRD .....	4
3.4	pH .....	5
3.5	Specific Density .....	5
3.6	Total Carbon and Sulphur measurements .....	5
<b>4</b>	<b>Discussion</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>

## 1 Introduction

IFE received a parcel with some 200 g sampled powderized copper concentrate originating from a mine in Nevada, which had been shipped bulk from Vancouver towards Korea by a Norwegian registered ship. Visually the sample consisted of a fine grinded greyish black powder with accessory chips of white paint and turnings. Two men had fainted while checking on the storage of this copper concentrate during the sailing of the ship. Knowing the sulphide contents in general of commercial copper ore potential harmful gas species to likely to have been released where though of as being  $H_2S$  or  $SO_2$  prior to this study.

## 2 Analytical methods applied

Gas Chromatography (GC) was applied in detecting released gas species and gas concentration. Capillary Electrophoresis (CE) was used in quantifying dissolved cation species from water reacting with the concentrate. X-Ray Diffractometry (XRD) was used for identifying the main mineral species in the concentrate for comparing to the official mineral contents as supplied by Quadra Miner, owners of the Nevada quarry. pH measurements were done to access if the concentrate was water reactive or not. Specific density was measured for comparing with the official mineral data.

### 2.1 Gas Chromatography (GC)

Four doublets of 5g samples were added to 10 ml Vacuutainers™. Doublets #1 were sealed dry. Doublets #2 were added 1 ml distilled water. Doublets #3 were added 1 ml diluted hydrochloric acid HCl (pH 3). Doublets #4 were added 1 ml Sodium Hydroxide solution at pH 10. The samples were then subjected to a shaker at 50-55 deg C over 24 hours.

### 2.2 Capillary Electrophoresis (CE)

The technique of capillary electrophoresis (CE) is designed to separate cation species based on their size to charge ratio in the interior of a small capillary filled with an electrolyte.

### 2.3 X-Ray Diffractometry (XRD)

1g of the concentrate was added to the XRD sample holder and run from an angle of 2 to 70 deg 2Theta. No further sample preparation was done in view of the powderized appearance of this sample default to the XRD analytic method

### 2.4 pH

pH was measured using a calibrated digital Radiometer™ probe.

### 2.5 Specific Density

The specific density of the sample was measured by done by adding 20 ml of water to a calibrated volumetric cylinder and adding 5, 10, 15 and 20 g of the sample and measuring the corresponding volumetric.

## 2.6 Total Carbon and Sulphur Analyser

Three parallels of 1g sample were analysed on a LECO SC632 instrument. This method heats the sample up to 1400 deg C and gives total (organic + inorganic) Carbon and Sulphur contents.

## 3 Results

### 3.1 GC

Background lab CO<sub>2</sub> levels were measured to 380-400 ppm (Agilent 7890 RGA).

Doublet #1 DRY: 1400 ppm CO<sub>2</sub>

Doublet #2 Start pH 6: 2000 ppm CO<sub>2</sub>

Doublet #3 Start pH 3: 2400 ppm CO<sub>2</sub>

Doublet #4 Start pH 10: 1700 ppm CO<sub>2</sub>

Additionally CO<sub>2</sub> was measured in a very acidic fluid at start pH 1. Conditions were 1 g sample into 1ml 1N HCl @ 1 hour/20deg C, resulting in the generation of 100.000 ppm CO<sub>2</sub> (10% CO<sub>2</sub>). No other foreign gas species such as H<sub>2</sub>S or SO<sub>2</sub> were detected in any of the Vacuainers™.

### 3.2 CE

1.3 g sample was added to 1 ml of ion-exchanged water for 24 hours. Cationic species detected by Capillary Electrophoresis were:

Ca 693 mg/l  
K 47 mg/l  
Na 30 mg/l  
Mg 81 mg/l  
Fe<sup>2+</sup> < 25 mg/l

Total cation concentration in reference to 1g sample/1 ml water: 654 ppm

Uncertainty is set at 5%. Note that the Cu<sup>2+</sup><sub>aq</sub> species is not readily detectable by CE.

A larger quantity of 20 g carefully selected sample powder, visually omitting any (foreign) white pigment chips or metal turnings, was added to 20 ml water for 24 hours. Cationic species detected by Capillary Electrophoresis were:

Ca 459 mg/l  
K 12 mg/l  
Na 23 mg/l  
Mg 34 mg/l  
Fe<sup>2+</sup> < 25 mg/l

Total cation concentration in reference to 1g sample/1 ml water: 528 ppm

### 3.3 XRD

The following mineral phases were readily detected by XRD arranged by decreasing quantities:

Chalcopyrite	$\text{CuFeS}_2$	> 70%
Pyrite	$\text{FeS}_2$	> 5%
Quartz	$\text{SiO}_2$	< 5%

These three minerals account for 98% of the peaks in the XRD spectrum (Figure 1). There are two minor peaks, one at 45-48 2theta and one close to 65 2theta, that not are accounted for. No spectral fit was identified to any naturally occurring carbonates (e.g., Calcite and Ankerite) nor sulphates (e.g., Jarosite) as reported in Tab. 1 Hence these mineral species are suggested to occur in quantities below the detection limit for the XRD method.

The slight increase in background with increasing 2theta is due to the sample powder size distribution not optimized for the XRD analysis; a finer grinding of the sample powder would most likely increase the S/N ratio somewhat.

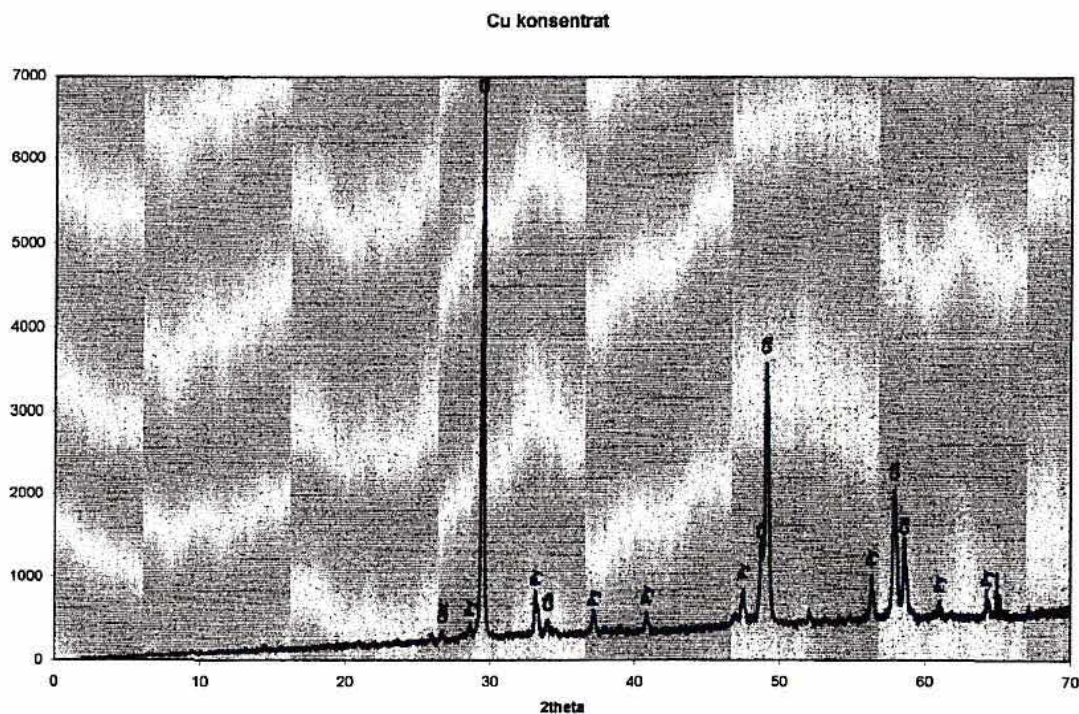


Figure 1 XRD spectrum of the powdered sample



### 3.4 pH

The reference ion-exchanged water was measured to pH 6.65. 1g of the sample powder was added to 10 ml of this water and left for 24 hours, after which pH was re-measured to 8.67.

### 3.5 Specific Density

According to the mineral contents of the copper concentrate powder as proved by the mine operator in Nevada (Tab. 1) the sample specific density would equal  $4.08 \text{ g/cm}^3$ . Measurements made here at IFE equal  $3.91 \pm 0.15 \text{ g/cm}^3$ .

Mineral	Formula	Concentrate	Tails
Chalcopyrite	$\text{CuFeS}_2$	88,65	10,51
Pyrite	$\text{FeS}_2$	2,77	3,2
Jarosite	$\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$	1,39	8,26
Quartz	$\text{SiO}_2$	1,17	13,06
Ankerite	$\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$	0,93	2,16
Bornite	$\text{Cu}_3\text{FeS}_4$	0,86	0,45
Augite	$(\text{Ca,Mg,Fe})_2(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$	0,78	5,05
Calcite	$\text{CaCO}_3$	0,63	4,81
Chlorite	$(\text{Fe,Mg,Al})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	0,61	0,39
Pyroxene	$(\text{Ca,Fe,Mg})_2\text{Si}_2\text{O}_6$	0,59	5,58
Olivine	$\text{MgFeSiO}_4$	0,4	3,31
Sphalerite	$(\text{Fe,Zn})\text{S}$	0,39	0,09
Biotite	$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0,23	3,48
Muscovite	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0,17	15,73
K-Feldspar	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	0,12	12,55
Talc	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0,07	0,34
Andradite	$\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$	0,06	6,06
Molybdenite	$\text{MoS}_2$	0,06	0,06
Diopside	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	0,03	1,07
Apatite	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$	0,03	0,19
Garnet	$\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	0,02	0,05
Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,02	0,15
Kyanite	$\text{Al}_2\text{OSiO}_4$	0,01	1,31
Rutile	$\text{TiO}_2$	0,01	0,08
Epidote	$\text{Ca}_2\text{FeAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$	0,01	1,61
Sphene	$\text{CaSiTiO}_5$		0,3
CuMnO	$\text{CuMnO}$		0,14

Table 1 Overall Mineralogy, wt%

### 3.6 Total Carbon and Sulphur measurements

Total Carbon contents were measured to  $2.0 \pm 0.15 \text{ wt\%}$ . Total Sulphur contents were measured to  $23.9 \pm 0.5 \text{ wt\%}$ .

#### 4 Discussion

Mineral phases such as Pyrite and Sphalerite are known to readily react with acids forming H<sub>2</sub>S at room temperature. In a longer time scale these sulphides react with moisture and oxygen to produce H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and sulphate minerals of which many are readily soluble in water giving rise to acid mine drainage. No sulphur-bearing gases such as H<sub>2</sub>S or SO<sub>2</sub> did evolve from the sample when subjected to fluids within pH1 to pH10 at run conditions. The only gas species evolving from the sample was CO<sub>2</sub>. Even at dry run conditions the sample generated three times the CO<sub>2</sub> background level. This amount increased by exposure to pH neutral moisture, and more so to acids. This is in part indicative of the presence of readily acid soluble carbonates as Calcite and Ankerite, known to occur in quantities less than 2% in the sample according to Tab. 1. The sample carbon content (organic + inorganic) is 2% akin to the carbonate values from Tab. 1. However, the generation of CO<sub>2</sub> when the sample is subjected to a base (pH 10) and also during dry conditions are not consistent with the CO<sub>2</sub> source being inorganic crystalline carbonates alone, or that some foreign unknown additive is buffering the system.

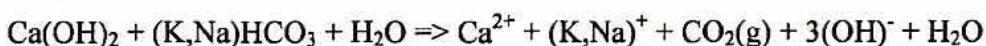
Based on the mineral composition it was expected that pH would become acidic when subjected to distilled water. This was not the case. Contrary, it became basic; pH rose from 6.68 to 8.67 when 1 g of the sample was subjected to 10 ml water over 24 hours.

Also, when re-measuring after two weeks the pH of the basic sample doublet #4 starting at pH 10, the pH had decreased to 5-6.

Water analyses gave high values of Ca, K, Na and Mg. Calcium would likely originate from Calcite and Ankerite and Potassium from Jarosite if these minerals were subjected to acids. However, the sample was subjected to pure water only. Calcite, Ankerite and Jarosite are not readily water soluble to give cation contents as high as those measured by CE. In addition, if Jarosite was to dissolve in pure water, pH would become acidic. Hence, an unknown additive most likely makes the solution basic. The source for readily soluble Na and Mg is also unknown. Also, if Ankerite was adding to the Calcium value, it would also imply adding Fe<sup>2+</sup> to the solution. No Fe<sup>2+</sup> was however detected (below detection limits of 5ppm). Potential Fe<sup>3+</sup> from Jarosite would not have been detected since CE is insensitive to this particular cation species.

The density of the sample is measured to  $3.91 \pm 0.15 \text{ g/cm}^3$ . According to the mineral composition, as listed in Tab. 1, the sample density should be close to  $4.08 \text{ g/cm}^3$ . Due to the uncertainty of the measurements and potential concentrate batch density variations, our data fits with the theoretical density value.

Based on water analysis, GC and pH measurements it seems that the concentrated copper sample has been contaminated by foreign matter, causing contacting moisture to become basic whilst releasing CO<sub>2</sub>. Presence of the cation species Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup>, in respect to the mineral chemistry; is indicative of foreign substances have been diluting the copper concentrate at some point. This foreign substance may be exemplified by the addition of a Portlandite/bicarbonate mix as found in untreated concrete: If moist, the following type of reaction will readily occur:



The subsequently basic solution will begin corrode the ore sulphides with a resultant lowering of the pH. Though we as this stage cannot confirm directly the presence of neither Portlandite nor bicarbonate (potentially due to too poor crystallinity of these phases for good XRD measurements to

be obtained) small amounts of these species would react with the concentrate according to our observations and measurements. The elevated  $Mg^{2+}$  content in the solution can however not be accounted for by this reaction. None of the known occurring Mg-bearing phases (Tab. 1) would be capable of releasing similar amounts of  $Mg^{2+}$  to a neutral aqueous solution over 24 hours. There are however small chips of whitish paint (?) and thin metal turnings in the concentrate. The rerun of the CE water analysis of 20g sample without any visually identifiable foreign matter gave however similar cation distribution and concentration as for the 1.3 g sample indicative of the chips or turnings not adding to the liquid cation content at neutral pH conditions. The use of thermodynamic modeling of this mineral system, involving equations of state and dissolution constants, would improve upon the uncertainties adhered to the present study.

## 5 Conclusion

No sulphur-bearing gas species was detected being emitted from the sample. The only gas species detected originating from the powderized copper ore concentrate was  $CO_2$ . This gas is released from the sample when dry, when subjected to neutral water, basic water, and in particular high gas contents, i.e., 10%  $CO_2$ , was released when exposed to acids. The known accessory presence of the carbonates Calcite and Ankerite are not likely the source of the emitted  $CO_2$ , particularly not at neutral or basic conditions. Hence the release of  $CO_2$  at all measured lab conditions is indicative of presence of a foreign reactive substance high in Ca, Mg, K and Na with poor crystallinity since almost all XRD peaks could be attributed to phases known to occur in the concentrate. Chips of paint and metal turnings found in the concentrate are not the source for the released alkalies. The insignificant change in theoretical versus measured density points towards that only minor quantity of foreign matter may have been added at some point, unless the additive had similar (heavy) density as the concentrate, which is doubtful.

### 5.1 Recommendation for further work

Though outside the scope of this study, subsequent thermodynamic modeling of the lab experiment(s) would be very useful in reducing uncertainties that still persist.





IMO

*E*

A 20/Res.864  
5 December 1997  
Original: ENGLISH

ASSEMBLY  
20th session  
Agenda item 9

**RESOLUTION A.864(20)**  
**adopted on 27 November 1997**

**RECOMMENDATIONS FOR ENTERING ENCLOSED  
SPACES ABOARD SHIPS**

THE ASSEMBLY,

RECALLING Article 15(j) of the Convention on the International Maritime Organization concerning the functions of the Assembly in relation to regulations and guidelines concerning maritime safety,

BEING CONCERNED at the continued loss of life resulting from personnel entering shipboard spaces in which the atmosphere is oxygen-depleted, toxic or flammable,

BEING AWARE of the work undertaken in this regard by the International Labour Organization, Governments and segments of the private sector,

NOTING that the Maritime Safety Committee, at its fifty-ninth session, approved appendix F to the Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes concerning recommendations for entering cargo spaces, tanks, pump-rooms, fuel tanks, cofferdams, duct keels, ballast tanks and similar enclosed spaces,

NOTING FURTHER the decision of the Maritime Safety Committee at its sixty-sixth session to replace appendix F referred to above with the recommendations annexed to this resolution,

HAVING CONSIDERED the recommendation made by the Maritime Safety Committee at its sixty-sixth session,

1. ADOPTS the Recommendations for Entering Enclosed Spaces Aboard Ships set out in the Annex to the present resolution;
2. INVITES Governments to bring the annexed Recommendations to the attention of shipowners, ship operators and seafarers, urging them to apply the Recommendations, as appropriate, to all ships;
3. REQUESTS the Maritime Safety Committee to keep the Recommendations under review and amend them, as necessary.

## ANNEX

**RECOMMENDATIONS FOR ENTERING ENCLOSED SPACES ABOARD SHIPS****PREAMBLE**

The object of these recommendations is to encourage the adoption of safety procedures aimed at preventing casualties to ships personnel entering enclosed spaces where there may be an oxygen deficient, flammable and/or toxic atmosphere.

Investigations into the circumstances of casualties that have occurred have shown that accidents on board ships are in most cases caused by an insufficient knowledge of, or disregard for, the need to take precautions rather than a lack of guidance.

The following practical recommendations apply to all types of ships and provide guidance to seafarers. It should be noted that on ships where entry into enclosed spaces may be infrequent, for example, on certain passenger ships or small general cargo ships, the dangers may be less apparent, and accordingly there may be a need for increased vigilance.

The recommendations are intended to complement national laws or regulations, accepted standards or particular procedures which may exist for specific trades, ships or types of shipping operations.

It may be impracticable to apply some recommendations to particular situations. In such cases, every endeavour should be made to observe the intent of the recommendations, and attention should be paid to the risks that may be involved.

**1 INTRODUCTION**

The atmosphere in any enclosed space may be deficient in oxygen and/or contain flammable and/or toxic gases or vapours. Such an unsafe atmosphere could also subsequently occur in a space previously found to be safe. Unsafe atmosphere may also be present in spaces adjacent to those spaces where a hazard is known to be present.

**2 DEFINITIONS**

2.1 *Enclosed space* means a space which has any of the following characteristics:

- .1 limited openings for entry and exit;
- .2 unfavourable natural ventilation; and
- .3 is not designed for continuous worker occupancy,

and includes, but is not limited to, cargo spaces, double bottoms, fuel tanks, ballast tanks, pump-rooms, compressor rooms, cofferdams, void spaces, duct keels, inter-barrier spaces, engine crankcases and sewage tanks.

2.2 *Competent person* means a person with sufficient theoretical knowledge and practical experience to make an informed assessment of the likelihood of a dangerous atmosphere being present or subsequently arising in the space.

2.3 *Responsible person* means a person authorised to permit entry into an enclosed space and having sufficient knowledge of the procedures to be followed.

### **3 ASSESSMENT OF RISK**

3.1 In order to ensure safety, a competent person should always make a preliminary assessment of any potential hazards in the space to be entered, taking into account previous cargo carried, ventilation of the space, coating of the space and other relevant factors. The competent person's preliminary assessment should determine the potential for the presence of an oxygen-deficient, flammable or toxic atmosphere.

3.2 The procedures to be followed for testing the atmosphere in the space and for entry should be decided on the basis of the preliminary assessment. These will depend on whether the preliminary assessment shows that:

- .1 there is minimal risk to the health or life of personnel entering the space;
- .2 there is no immediate risk to health or life but a risk could arise during the course of work in the space; and
- .3 a risk to health or life is identified.

3.3 Where the preliminary assessment indicates minimal risk to health or life or potential for a risk to arise during the course of work in the space, the precautions described in 4, 5, 6 and 7 should be followed as appropriate.

3.4 Where the preliminary assessment identifies risk to life or health, if entry is to be made, the additional precautions specified in section 8 should also be followed.

### **4 AUTHORIZATION OF ENTRY**

4.1 No person should open or enter an enclosed space unless authorised by the master or nominated responsible person and unless the appropriate safety procedures laid down for the particular ship have been followed.

4.2 Entry into enclosed spaces should be planned and the use of an entry permit system, which may include the use of a checklist, is recommended. An Enclosed Space Entry Permit should be issued by the master or nominated responsible person, and completed by a person who enters the space prior to entry. An example of the Enclosed Space Entry Permit is provided in the appendix.

### **5 GENERAL PRECAUTIONS**

5.1 The master or responsible person should determine that it is safe to enter an enclosed space by ensuring:

- .1 that potential hazards have been identified in the assessment and as far as possible isolated or made safe;
- .2 that the space has been thoroughly ventilated by natural or mechanical means to remove any toxic or flammable gases, and to ensure an adequate level of oxygen throughout the space;
- .3 that the atmosphere of the space has been tested as appropriate with properly calibrated instruments to ascertain acceptable levels of oxygen and acceptable levels of flammable or toxic vapours;
- .4 that the space has been secured for entry and properly illuminated;
- .5 that a suitable system of communication between all parties for use during entry has been agreed and tested;
- .6 that an attendant has been instructed to remain at the entrance to the space whilst it is occupied;
- .7 that rescue and resuscitation equipment has been positioned ready for use at the entrance to the space, and that rescue arrangements have been agreed;
- .8 that personnel are properly clothed and equipped for the entry and subsequent tasks; and
- .9 that a permit has been issued authorizing entry.

The precautions in .6 and .7 may not apply to every situation described in this section. The person authorizing entry should determine whether an attendant and the positioning of rescue equipment at the entrance to the space is necessary.

5.2 Only trained personnel should be assigned the duties of entering, functioning as attendants, or functioning as members of rescue teams. Ships' crews should be drilled periodically in rescue and first aid.

5.3 All equipment used in connection with entry should be in good working condition and inspected prior to use.

## **6 TESTING THE ATMOSPHERE**

6.1 Appropriate testing of the atmosphere of a space should be carried out with properly calibrated equipment by persons trained in the use of the equipment. The manufacturers' instructions should be strictly followed. Testing should be carried out before any person enters the space, and at regular intervals thereafter until all work is completed. Where appropriate, the testing of the space should be carried out at as many different levels as is necessary to obtain a representative sample of the atmosphere in the space.

6.2 For entry purposes, steady readings of the following should be obtained:

- .1 21% oxygen by volume by oxygen content meter; and
- .2 not more than 1% of lower flammable limit (LFL) on a suitably sensitive combustible gas indicator, where the preliminary assessment has determined that there is potential for flammable gases or vapours.



If these conditions cannot be met, additional ventilation should be applied to the space and re-testing should be conducted after a suitable interval. Any gas testing should be carried out with ventilation to the enclosed space stopped, in order to obtain accurate readings.

6.3 Where the preliminary assessment has determined that there is potential for the presence of toxic gases and vapours, appropriate testing should be carried out using fixed or portable gas or vapour detection equipment. The readings obtained by this equipment should be below the occupational exposure limits for the toxic gases or vapours given in accepted national or international standards. It should be noted that testing for flammability does not provide a suitable means of measuring for toxicity, nor vice versa.

6.4 It should be emphasized that pockets of gas or oxygen-deficient areas can exist, and should always be suspected, even when an enclosed space has been satisfactorily tested as being suitable for entry.

## **7 PRECAUTIONS DURING ENTRY**

7.1 The atmosphere should be tested frequently whilst the space is occupied, and persons should be instructed to leave the space should there be a deterioration in the conditions.

7.2 Ventilation should continue during the period that the space is occupied and during temporary breaks. Before re-entry after a break, the atmosphere should be re-tested. In the event of failure of the ventilation system, any persons in the space should leave immediately.

7.3 In the event of an emergency, under no circumstances should the attending crew member enter the space before help has arrived and the situation has been evaluated to ensure the safety of those entering the space to undertake rescue operations.

## **8 ADDITIONAL PRECAUTIONS FOR ENTRY INTO A SPACE WHERE THE ATMOSPHERE IS KNOWN OR SUSPECTED TO BE UNSAFE**

8.1 If the atmosphere in an enclosed space is suspected or known to be unsafe, the space should only be entered when no practical alternative exists. Entry should only be made for further testing, essential operation, safety of life or safety of a ship. The number of persons entering the space should be the minimum compatible with the work to be performed.

8.2 Suitable breathing apparatus, e.g. of the air-line or self-contained type, should always be worn, and only personnel trained in its use should be allowed to enter the space. Air-purifying respirators should not be used as they do not provide a supply of clean air from a source independent of the atmosphere within the space.

8.3 The precautions specified in 5 should also be followed, as appropriate.

8.4 Rescue harnesses should be worn and, unless impractical, lifelines should be used.

8.5 Appropriate protective clothing should be worn particularly where there is any risk of toxic substances or chemicals coming into contact with the skin or eyes of those entering the space.

8.6 The advice in 7.3 concerning emergency rescue operations is particularly relevant in this context.

## **9 HAZARDS RELATED TO SPECIFIC TYPES OF CARGO**

## **9.1 Dangerous goods in packaged form**

9.1.1 The atmosphere of any space containing dangerous goods may put at risk the health or life of any person entering it. Dangers may include flammable, toxic or corrosive gases or vapours that displace oxygen, residues on packages and spilled material. The same hazards may be present in spaces adjacent to the cargo spaces. Information on the hazards of specific substances is contained in the IMDG Code, the Emergency Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods (EMS) and Materials Safety Data Sheets (MSDS). If there is evidence or suspicion that leakage of dangerous substances has occurred, the precautions specified in 8 should be followed.

9.1.2 Personnel required to deal with spillages or to remove defective or damaged packages should be appropriately trained and wear suitable breathing apparatus and appropriate protective clothing.

## **9.2 Bulk liquid**

The tanker industry has produced extensive advice to operators and crews of ships engaged in the bulk carriage of oil, chemicals and liquefied gases, in the form of specialist international safety guides. Information in the guides on enclosed space entry amplifies these recommendations and should be used as the basis for preparing entry plans.

## **9.3 Solid bulk**

On ships carrying solid bulk cargoes, dangerous atmospheres may develop in cargo spaces and adjacent spaces. The dangers may include flammability, toxicity, oxygen depletion or self-heating, which should be identified in shipping documentation. For additional information, reference should be made to the Code of Safe Practice for Solid Bulk Cargoes.

## **9.4 Oxygen-depleting cargoes and materials**

A prominent risk with such cargoes is oxygen depletion due to the inherent form of the cargo, for example, self-heating, oxidation of metals and ores or decomposition of vegetable oils, animal fats, grain and other organic materials or their residues. The materials listed below are known to be capable of causing oxygen depletion. However, the list is not exhaustive. Oxygen depletion may also be caused by other materials of vegetable or animal origin, by flammable or spontaneously combustible materials, and by materials with a high metal content:

- .1 grain, grain products and residues from grain processing (such as bran, crushed grain, crushed malt or meal), hops, malt husks and spent malt;
- .2 oilseeds as well as products and residues from oilseeds (such as seed expellers, seed cake, oil cake and meal);
- .3 copra;
- .4 wood in such forms as packaged timber, roundwood, logs, pulpwood, props (pit props and other propwood), woodchips, woodshavings, woodpulp pellets and sawdust;
- .5 jute, hemp, flax, sisal, kapok, cotton and other vegetable fibres (such as esparto grass/Spanish

grass, hay, straw, bhusa), empty bags, cotton waste, animal fibres, animal and vegetable fabric, wool waste and rags;

- .6 fishmeal and fishscrap;
- .7 guano;
- .8 sulphidic ores and ore concentrates;
- .9 charcoal, coal and coal products;
- .10 direct reduced iron (DRI)
- .11 dry ice;
- .12 metal wastes and chips, iron swarf, steel and other turnings, borings, drillings, shavings, filings and cuttings; and
- .13 scrap metal.

#### **9.5 Fumigation**

When a ship is fumigated, the detailed recommendations contained in the Recommendations on the Safe Use of Pesticides in Ships\* should be followed. Spaces adjacent to fumigated spaces should be treated as if fumigated.

#### **10 CONCLUSION**

Failure to observe simple procedures can lead to people being unexpectedly overcome when entering enclosed spaces. Observance of the principles outlined above will form a reliable basis for assessing risks in such spaces and for taking necessary precautions.

---

\*Refer to the Recommendations on Safe Use of Pesticides in Ships, approved by the Maritime Safety Committee of the Organization by circular MSC/Circ.612, as amended by MSC/Circ.689 and MSC/Circ.746.

APPENDIX

**EXAMPLE OF AN ENCLOSED SPACE ENTRY PERMIT**

This permit relates to entry into any enclosed space and should be completed by the master or responsible officer and by the person entering the space or authorized team leader.

<b>General</b>		
Location/name of enclosed space.....		
Reason for entry.....		
This permit is valid	from:.....hrs	Date.....
	to :.....hrs	Date.....
		(See note 1)

<b>Section 1 - Pre-entry preparation</b>		
(To be checked by the master or nominated responsible person)		
	Yes	No
● Has the space been thoroughly ventilated ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Has the space been segregated by blanking off or isolating all connecting pipelines or valves and electrical power/equipment ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Has the space been cleaned where necessary ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Has the space been tested and found safe for entry ? (See note 2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Pre-entry atmosphere test readings:		
- oxygen.....% vol (21%)		By:.....
- hydrocarbon.....% LFL (less than 1%)		
- toxic gases.....ppm (specific gas and PEL)		Time:.....
	(See note 3)	
● Have arrangements been made for frequent atmosphere checks to be made while the space is occupied and after work breaks ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Have arrangements been made for the space to be continuously ventilated throughout the period of occupation and during work breaks ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Are access and illumination adequate ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Yes	No
● Is rescue and resuscitation equipment available for immediate use by the entrance to the space ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Has a responsible person been designated to be in constant attendance at the entrance to the space?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Has the officer of the watch (bridge, engine room, cargo control room) been advised of the planned entry ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Has a system of communication between all parties been tested and emergency signals agreed ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Are emergency and evacuation procedures established and understood by all personnel involved with the enclosed space entry ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Is all equipment used in good working condition and inspected prior to entry ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Are personnel properly clothed and equipped ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Section 2 - Pre-entry checks</b> (To be checked by the person entering the space or authorized team leader)	Yes	No
● I have received instructions or permission from the master or nominated responsible person to enter the enclosed space	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Section 1 of this permit has been satisfactorily completed by the master or nominated responsible person	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● I have agreed and understand the communication procedures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● I have agreed upon a reporting interval of.....minutes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Emergency and evacuation procedures have been agreed and are understood	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● <b>I am aware that the space must be vacated immediately in the event of ventilation failure or if atmosphere tests show a change from agreed safe criteria</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Section 3 - Breathing apparatus and other equipment</b>		
(To be checked jointly by the master or nominated responsible person and the person who is to enter the space)		
	Yes	No
● Those entering the space are familiar with the breathing apparatus to be used	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● The breathing apparatus has been tested as follows:		
- gauge and capacity of air supply	.....	
- low pressure audible alarm	.....	
- face mask - under positive pressure and not leaking	.....	
● The means of communication has been tested and emergency signals agreed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● All personnel entering the space have been provided with rescue harnesses and, where practicable, lifelines	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Signed upon completion of sections 1,2 and 3 by:

Master or nominated responsible person..... Date..... Time.....

Responsible person supervising entry ..... Date..... Time.....

Person entering the space or authorized team leader ..... Date..... Time.....

<b>Section 4 - Personnel entry</b>		
(To be completed by the responsible person supervising entry)		
Names	Time in	Time out
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

<b>Section 5 - Completion of job</b>		
(To be completed by the responsible person supervising entry)		
● Job completed	Date.....	Time.....

● Space secured against entry	Date.....	Time.....
● The officer of the watch has been duly informed	Date.....	
Time.....		

Signed upon completion of sections 4 and 5 by:

Responsible person supervising entry ..... Date..... Time.....

THIS PERMIT IS RENDERED INVALID SHOULD VENTILATION OF THE SPACE STOP OR IF ANY OF THE CONDITIONS NOTED IN THE CHECKLIST CHANGE
---

**Notes:**

- 1 The permit should contain a clear indication as to its maximum period of validity.
- 2 In order to obtain a representative cross-section of the space's atmosphere, samples should be taken from several levels and through as many openings as possible. Ventilation should be stopped for about 10 minutes before the pre-entry atmosphere tests are taken.
- 3 Tests for specific toxic contaminants, such as benzene or hydrogen sulphide, should be undertaken depending on the nature of the previous contents of the space.

