

**Generelt om sikkerhet, og spesielt om sikkerhet for skip**

Foreleser:

Emil Aall Dahle

Det Norske Veritas

## 1. Generelt om sikkerhet

### 1.1 Personlig forhold til sikkerhet

Mennesker har et ambivalent forhold til sikkerhet. To forhold kan trekkes frem. For det første at forholdet til sikkerhet er subjektivt. Et eksempel er risikosport, som oppfattes som usikkert for den passive tilskueren, men som oppfattes som sikkert for den aktive utøveren. Her vil forholdet ofte være at utøveren har en ferdighet og erfaring som gjør sporten sikker nok sett fra hans synspunkt. For tilskueren, som hverken har ferdighet eller erfaring, vil sporten virke dristig og usikker. Likevel vil vi gjerne være tilskuere, og vi føler en tiltrekning mot risikosport.

Dette ambivalente forholdet kan uttrykkes slik:

*Jeg ønsker å tilpasse meg mitt eget, subjektive sikkerhetsnivå*

### 1.2 Sikkerhet i fritid og yrke

Friheten til å velge sitt eget sikkerhetsnivå vil ofte være begrenset til fritiden, og selv da kan sikkerheten være styrt helt eller delvis av andre. Dette vil gjelde når vi kjører bil eller benytter andre transportmidler i fritiden, transportmidler som er konstruert av andre enn oss selv. Vi vil også være avhengig av andres forhold til sikkerhet når vi er i lokaler med brannfare eller med fare for å rase sammen. Likevel kan det påstås at mennesket kan tilpasse sikkerhetsnivået for sine egne aktiviteter i sin fritid på en tilfredsstillende måte.

Men sikkerheten kan også påvirkes av forhold som mennesker ikke er herre over, såkalte "Acts of God". Dette begrepet har en god klang i forsikringskretser, og kommer der i kategorien "plutselige og uventede hendelser". Men henvisning til slike forhold må brukes med forsiktighet. Et eksempel på at man er i grenseland mellom himmel og jord er uttalelser av typen:

*Plutselig gjorde veien en sving. Det gjorde ikke jeg.*

Et annet spørsmål er om sikkerheten når det gjelder den luften som vi puster inn, vannet som vi drikker og den bestråling som vi utsettes for i dagliglivet, både i arbeid og fritid. Miljøpåvirkninger kan skyldes "Acts of God", men menneskene selv har stor påvirkningsgrad.

Imidlertid vil arbeidssituasjonen være av størst interesse. Ut fra det første postulatet ovenfor vil vi velge et yrke med et sikkerhetsnivå som passer oss, eller som vi i det minste tror passer. Skulle det vise seg at sikkerhetsnivået ikke er tilfredsstillende, er det to veier å gå:

*Miljøet på jobben er utilfredsstillende. Jeg vil ha smusstillegg.*

*Jobben er farlig. jeg vil ha risikotillegg.*

Vi kjenner yrker der innføring smusstillegg eller risikotillegg har ført til at sikkerhetsnivået har blitt godtatt. For denne forsamlingen er det naturlig å nevne den diskusjonen som pågår i Bosnia når det gjelder lønnsnivået for den norske fredsbevarende styrken. Lønnen er ansett som for lav i forhold til risikonivået. Et annet eksempel er innføring av risikotillegg for mannskap på skip som seiler i krigsfarvann, sist under Gulfkrigen. Den logiske veien å gå er å påvirke sikkerheten - altså å bedre miljøet eller redusere farene i yrket når dette er mulig. Men da er det stor fare for at smusstillegget og risikotillegget fjernes. Men ut fra en enkel kost-nyttevurdering (på mikronivå) vil det nok ofte være enklest å gi smuss- eller risikotillegg.

Det tilføyes her at egen sikkerhet i en krigssituasjon kan bedres ved å øke motpartens usikkerhet. Men dette er innlysende, og blir berørt senere i dette foredraget.

### 1.3 Sikkerhet utenfra og innenfra

Det er nevnt tre forhold som påvirker menneskets sikkerhet utenfra:

- "Acts of God"
- usikre miljøforhold
- usikker arbeidsplass

Det vil være vanskelig eller umulig å påvirke slike forhold for et enkelt individ på en arbeidsplass. Men et kompromiss vil ofte bli oppnådd ved en passende grad av forbedring og en passende kompensasjon.

For militært personell er krigssituasjonen sentral, og en stor grad av innordning må finne sted. Postulatet fra avsnitt 1.1 ovenfor er lite aktuelt i krig.

Med sikkerhet innenfra menes den delen av sikkerheten for et individ som kan styres i yrkessituasjonen, under de begrensninger som er tilstede. Dette dreier seg om å utføre jobben på en sikker måte, både når det gjelder de formelle krav til utførelsen, og å takle de situasjoner som måtte oppstå. Det er her fristende å fremsette følgende postulat ut fra egne observasjoner av drosjesjåførers forhold til bruk av bilbelter:

*Drosjesjåfører kjører minst 10 ganger lenger, men er minst 10 ganger dyktigere enn oss andre*

Dette forholdet illustrerer et vanlig forhold til egen sikkerhet. Uhell og ulykker rammer andre, ikke meg. Sikkerhet utenfra, påført individet med fornuftige metoder kan være en mer effektiv vei å gå enn å overlate sikkerhet til subjektive vurderinger.

### 1.4 Konklusjon

Enkeltindivider har et subjektivt forhold til sikkerhet. Til en viss grad kan sikkerheten reguleres ved valg av fritidsaktiviteter, ved valg av yrke og ved utførelse av den daglige jobb.

Men en rekke sider ved sikkerheten ligger utenfor enkeltindividets kontroll. "Acts of God" ligger utenfor både enkeltindividets og samfunnets rekkevidde. Andre sider ved sikkerhet som bestemmes av miljø og tekniske innretninger på arbeidsplasser og i samfunnet ellers kan best påvirkes av samfunnets organer, nedsatt for dette formålet.

## 2. Sikkerhet for skip

### 2.1 Innledning

Skip skal føre last og passasjerer sikkert frem til bestemmelsesstedet. Med hensyn til individuell personrisiko vil vi la dette ligge. Dette gjelder både arbeidsulykker og uhell som passasjerer kan utsettes for.

Fokus vil være på skipsulykker. De viktigste er:

- Kollisjon
- Grunnstøting
- Brann
- Materiell svikt
- Kantring

En skipsulykke vil i første omgang true sikkerheten for skipet. Som en følge av dette vil også mannskapet, passasjerene og lasten bli truet. Det kan forkomme tilfeller der det motsatte er tilfellet slik at sikkerheten trues av mannskapet (f.eks. grunnet inkompetanse), passasjerene (f.eks. av en pyroman) eller av lasten (grunnet forskyvning). Vi skal ikke gå inn på slike spesielle forhold her, men konsentrere oss om de sentrale årsaksforhold ved de ulykkene som er nevnt.

I annen omgang kan utslipp av last true omgivelsene. Det kan være tale om skader på miljø, eller om skade på mennesker og materiell som ikke hører til skipet (3. person). Spesielt har oljeutslipp kommet i fokus i de senere år.

Før vi går videre må det nevnes at det norske forskningprosjektet "Årsaksammenhenger ved kollisjoner og grunnstøtinger" ble gjennomført 1977-80, ref /1/. Prosjektet la grunnlaget for databasen DAMA. Begrepet "Menneskelige feil" ble også definert i prosjektet, og følgende aksiom ble fremsatt, og har bestått siden:

*Menneskelige feil kan spores tilbake til manglende lederskap innenfor planlegging, organisasjon og kontroll . Slike feil utgjør 70-80% av totaltallet, resten er tekniske feil*

Prosjektet benyttet blant annet feiltrær for en del årsaksammenhenger, og vi vil benytte noe av dette arbeidet i den videre fremstilling.

## **2.2 Risikoanalyse**

Behandlingen videre vil bli begrenset til en metode for sikkerhetsbetraktninger for skip, nemlig anvendelse av risikoanalyser, som egentlig dekker mange ulike metoder.

Vi vil se nærmere på muligheten for å benytte "standard" offshore risikoanalyse for skip. Siden 1981 har Oljedirektoratet (OD) forlangt at det foretas en årsaksanalyse og en konsekvensanalyse av alle oljeinstallasjoner på norsk sokkel. DNV er en av flere selskaper som utfører slike analyser. Ofte benyttes feiltrær for årsaksanalyse, og hendelsestrær for konsekvensanalyse.

Gjennom en del prosjekter i den senere tid har det vist seg at feiltrær og hendelsestrær kan anvendes for risikoanalyse av skip som følger et fast rutemønster. I vedlegg 1 er det gjengitt et flytskjema med en kortfattet beskrivelse av risikoanalyse for skip. Fremstillingen er hentet fra ref. 2.

I det etterfølgende vil vi behandle de ulykkestypene som er nevnt ovenfor. Det øverste nivået av feiltrærne for kollisjon er vist i vedlegg 2.

Aktuelle tiltak for først og fremst å hindre at ulykker skal skje, og deretter tiltak for å begrense skadevirkningene etter at ulykke er skjedd er omtalt, og herunder er erfaringer fra aktuelle prosjekter tatt med.

Det presiseres at OD kan godta at rutinemessige operasjonelle regler kan likestilles med designtiltak når det gjelder å forhindre at ulykker inntreffer. Dette gjelder i den daglige drift.

Når det gjelder å begrense virkningen av ulykker forlanger OD at designmessige tiltak får første prioritet, og at operasjonelle tiltak bare godtas etter nøye vurderinger. Årsaken er nok at sannsynligheten for å treffe korrekte operasjonelle tiltak i en stresset situasjon (i en initiell fase i ulykkesutviklingen) er lav.

## **2.3 Kollisjon**

### **2.3.1 Årsaker**

Årsakene til kollisjon kan være menneskelige feil:

- navigatøren er satt ut av funksjon for en kortere eller lengre tid
- navigatøren gjør en (eller flere) feil
- navigatøren blir ikke overvåket internt (elektronisk, eller av annen navigatør)
- navigatøren blir ikke effektivt overvåket eksternt (radar, transponder)

Feilen kan også være teknisk:

- hovedmotor svikter
- styringen svikter

Feilen kan inntreffe på ett av de to av skipene som er involvert.

Ut fra vurderinger som vi har foretatt vil de mest effektive forebyggende tiltak i trafikkerte farvann være:

- innføring av intern, elektronisk overvåking av vakthavende navigatør, hvis han er den eneste navigatøren på broen (Standard som for DNV Watch 1)
- innføring av trafikksentral, og trafikkseparasjon i tid og rom, med strenge regler og effektive intervensjonstiltak (langt bedre enn hva som er vanlig i dag). Dette er spesielt viktig ved nedsatt sikt på grunn av de vage og uklare formuleringene i Sjøveisreglene
- eksternt overvåking basert primært på transpondere (krav om transpondere med skipsidentifikasjon er på vei)

For tekniske feil er redundans i styresystemet vel ivaretatt i regelverket. For hovedmotoren er forholdene nokså varierende, og vi kjenner tilfeller der stopp i alle hjelpemotorer har ført til stopp av hovedmotor. Det er ingen regler som hindrer dette.

### **2.3.2 Konsekvenser**

Konsekvensene av en kollisjon bestemmes av skipenes hastighet, masse og kollisjonsvinkel, som gir sannsynligheten for at skroget penetreres. Videre vil det trufne skipets vanntette inndeling (lekkstabiliteten) bestemme om skipet synker eller kantrer som en følge av vanninntrengning.

De mest effektive skadereduserende tiltak vil være:

- innføring av lekkstabilitet som er tilpasset forventet kollisjonsenergi (jfr. norske innenriksferger)
- segregerte ballasttanker mellom indre og ytre hud (innført som krav i MARPOL i 1992)

## **2.4 Grunnstøting**

### **2.4.1 Årsaker**

Grunnstøting kan skje på grunn av feilnavigering eller feilmanøvrering, eller fordi skipet kommer ut av kontroll på grunn av maskinstopp eller feil med styringen. De viktigste tiltak for å hindre at grunnstøting skal skje er de samme som for kollisjon. I tillegg:

- innføring av elektroniske kart ombord og helst differensiell GPS for posisjonsangivelse (og for overføring av skipets posisjon til trafikkentral i land)
- beredskap med havgående taubåter, med intervensjonmyndighet (med større nasjonal villighet til å ta ansvar ifølge sjølovene)

### **2.4.2 Konsekvenser**

Konsekvensene av en grunnstøting vil være avhengig av skipets masse og hastighet, og spesielt vil sjøgangen være svært viktig fordi et grunnstøtt skip raskt brytes ned i tungsjø. Vi mener at det viktigste generelle skadereduserende tiltaket er:

- dobbelt bunn

## **2.5 Brann**

Brann oppstår i innredning, i maskinrom eller i lasteområdet. SOLAS ble nylig revidert, og åpner for risikovurderinger for å vise ekvivalens for nye løsninger.

En svakhet med SOLAS, og for såvidt også andre sikkerhetskonvensjoner, er at det ikke skilles mellom tiltak for å hindre at brann oppstår, og tiltak for å begrense omfanget.

### **2.5.1 Årsaker**

Brann oppstår ved kontakt mellom tennkilde, brennbart materiale med luft tilstede. Tiltak går ut på å i størst mulig grad å fjerne en eller flere av disse komponentene. I maskinrom satset man tidligere på inhibitorer (halon), mens man nå har gått over til kulldioksyd. Basert på de nye byggereglene for borerigger fremsettes med dette to provoserende forslag til nye tiltak for å hindre maskinromsbranner på skip:

- det monteres separat, lukket luftinntak til alt maskineri
- alle maskinrom er normalt fylt med en inhibitorer, som må være av en type som er ufarlige for mennesker ved kortvarig eksponering

Slike tiltak kan være spesielt aktuelle på militære fartøyer. Ved slike tiltak vil maskineriet kunne holdes igang ved brann i maskinrom (og ved delvis vannfylling), og man vil unngå grunnstøting. Videre vil et militært fartøy kunne fortsette sitt oppdrag.

For last på tankskip benyttes prinsippet med luftfortrengning (inertgass). For lasteskip kunne man tenke seg å bruke inhibitorer for spesielt utsatt last. For innredning kan man vanskelig komme lenger enn hva SOLAS foreskriver.

## 2.5.2 Konsekvenser

Igjen vil vi si at tiltakene i SOLAS, etter de siste revisjonene, tar vare på konsekvensene slik at sikkerhetsnivået blir høyt innenfor praktiske grenser. Imidlertid går designere av passasjer- og cruiseskip inn for løsninger med store, indre åpne områder (som på nyere hoteller). Skulle en alvorlig brann oppstå i slike områder må de kunne ivaretas. Det arbeides med gode branntekniske løsninger av slike forhold.

Etter prinsippene i SOLAS skal branner ved designtiltak begrenses til definerte soner, slik at alt brennbart materiale i sonen skal kunne brenne opp uten at brannen spres seg. Selvsagt vil brannslukking bli satt igang, men spredning skal ikke skje selv om sluking ikke settes igang, eller ikke virker.

Det er lagt spesiell vekt på kontroll med spredning av branngasser og røyk, som henholdsvis kan være dødelige og gi tap av orienteringsmulighet ved rømming. dette er spesielt viktig for passasjerskip.

Begrensning av konsekvenser ved designtiltak og andre skipsinterne tiltak synes å være tatt vel vare på i SOLAS.

## 2.6 Materiell svikt

Utforming av regler for styrke av skip er delegert til anerkjente klassifikasjonselskaper som DNV. Reglene har en form for risikoanalyse i bunnen, men denne er ikke lett å finne.

### 2.6.1 Årsaker

Årsakene til materiell svikt vil være:

- regelverk som ligger etter nye tekniske løsninger (økning av tankskipstørrelse)
- dårlig vedlikehold mellom klassingsperiodene, med svekkelse av viktige styrkedeler (enkelte større bulkskip i de senere år)
- dårlig teknisk kontroll av skip både ved bygging og under drift (det eksisterer en flora av ikke anerkjente classeselskaper)
- overbelastning (enten fordi påkjenningene er for store grunnet ekstreme forhold eller f.eks. feillasting, eller fordi skroget er svekket grunnet korrosjon)

Vi skal føye til at dagens regler forutsetter "World-wide" virksomhet for skip. Det ble nevnt innledningsvis at risikoanalyse må begrenset til skip med en definert virksomhet for ikke å bli for generell. Imidlertid kan man definere et verste tilfelle, og man kan f.eks. velge regulær fart over Nord-Atlanteren hele året. Dermed kan man finne frem til et estimat for frekvensen for sammenbrudd på grunn av overbelastning (herunder svekkelse grunnet korrosjon), materialfeil eller tretthetsskader.

Dagens beregningsverktøy gir muligheter for å behandle nye og utradisjonelle tekniske løsninger, og det gjøres stadige forbedringer. Imidlertid er operasjonelle forhold fortsatt viktige. Vi foreslår derfor:

- det fremsettes spesifikke krav til kurs og hastighet i kraftig sjøgang for alle skip, ikke bare hurtiggående. Alternativt monteres måleinstrumenter med grenseverdier som ansvarshavende skal forholde seg til

## 2.6.2 Konsekvenser

Materialsvikt kan føre til totaltap, eller til vannfylling av deler av skipet. Ved alvorlig materialsvikt kan muligheten til å evakuere være begrenset.

## 2.7 Kantring

### 2.7.1 Årsaker

Som for materialsvikt vil årsaken være at påkjenningene har blitt for store, eller at motstandsevnen har vært for liten. Vi snakker her om skipets stabilitet når det gjelder motstandsevne, og sjøgang når det gjelder påkjenning. Begge kan påvirkes operasjonelt. Vi vil trekke frem følgende viktige tiltak for å hindre kantring, særlig for mindre skip:

- forholdet mellom de miljøforhold (bølger, vind) som skipet er ment å operere i må stå i forhold til skipets stabilitet. Dette forholdet må gå klart frem i en operasjonsmanual for skipet i form av operasjonelle begrensninger. Også muligheter for å begrense påkjenningene på skipets stabilitet må beskrives, f.eks. ved å legg bauen mot været når bølgehøyden overskrider en gitt størrelse
- skipets stabilitet må ivaretas av operatøren. Spesielt viktig er det at lukningsmidler benyttes etter sin hensikt for å hindre vannfylling i dårlig vær

### 2.7.2 Konsekvens

En kantring vil ofte medføre at store deler av mannskapet og passasjerene omkommer fordi evakuering er vanskelig eller umulig. Kantring etterfølges oftest av vannfylling, og fartøyet synker etter kort tid (hvis det ikke har tatt en ny likevektstilling etter 180 graders rotasjon).

Vi har ingen forslag til tiltak mot dette. Risikoanalyse anvendt på kantring er ellers behandlet i ref/3/.

## 3. Konklusjon

Vi har foreslått å anvende en enkel form for risikoanalyse for skip, det man i det minste analyserer årsak først, og deretter konsekvens. Det er mest relevant å foreta en slik analyse for en bestemt rute, hvis ikke må man definere et "Worst case" for operasjonsmønsteret.

Som forholdene er i dag, er akseptansemålet for sikkerhet at gjeldende regler er oppfylt. Vi vil imidlertid påpeke at et ekvivalent sikkerhetsnivå kan bli godkjent dersom det er godt dokumentert, og at denne mulighet for nye løsninger ligger åpen. Dette gjelder både SOLA, MARPOL og klassereglene.

Men hvilket sikkerhetsnivå som er lagt til grunn i internasjonale konvensjoner kommer sjelden klart og eksplisitt frem. Men den som leter vil finne det meste, selv om det er godt gjemt. På sikt er det intensjonen å få sikkerhetsnivået som man ønsker seg klart frem. Dette er klart uttrykt i IMO, og arbeid med å finne frem til en måte å gjøre dette på er igang. I denne sammenheng kalles metoden for "Formal Safety Assessment", noe vi har valgt å kalle risikoanalyse i dette foredraget.

#### **4. Referanser**

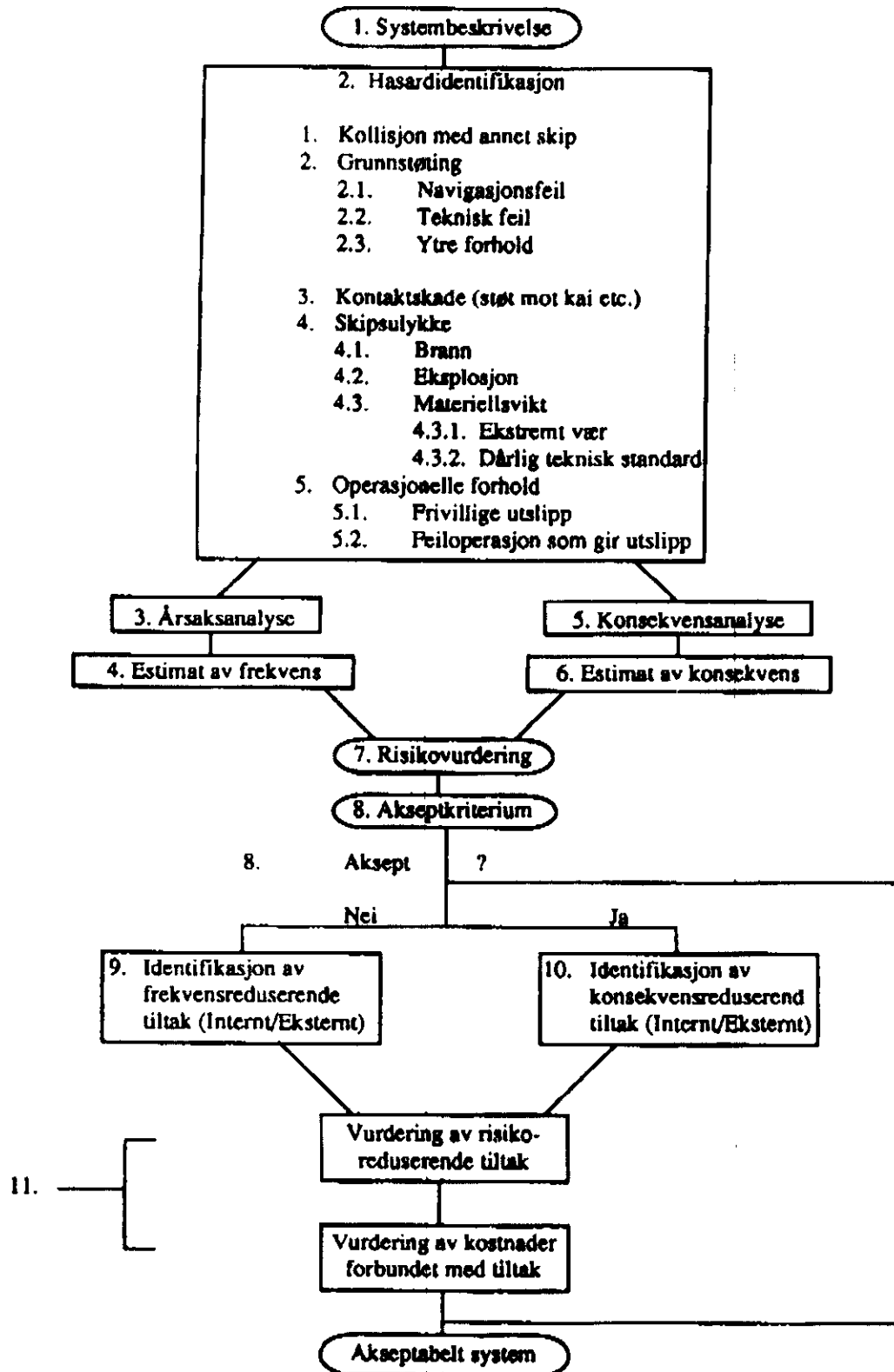
- Ref/1/. Drager, K.H., Karlsen, J. E., Kristiansen, S., Wiencke, P.M. Cause relationship of collisions and groundings. Conclusion and statistical analysis. Norwegian Maritime Research. No. 3 1981. Vol. 9.
- Ref/2/. NOU 1991: 15. Om miljø sikkerhet i innseilingsleder.
- Ref/3/. Dahle, E., and Myrhaug, D. Capsize Risk of Fishing Vessels. Ship Technology Research. Band 43. Heft 4. November 1996.

#### **Vedlegg 1. Risikoanalyse for skip**

#### **Vedlegg 2. Eksempel på feiltre (Kollisjon)**

## NOU 1991: 15

Om miljø sikkerhet i innseilingsleder



Figur 4.3.1. Risikoanalyse med gitt akseptkriterium

Som vist på figuren utføres analysen slik:

1. Systembeskrivelse. Fårvannet beskrives med geografiske, meteorologiske og trafikkmessige data
2. Hasardidentifikasjon. De aktuelle hasarder listes opp som vist på fig.4.3.2
3. Årsaksanalyse. Hver enkelt hasard behandles for seg, og årsakene til at den kan inntreffe finnes. Historiske data er f. eks. vist i kapittel 4
4. Estimat av frekvens. Tallmessig beregning ut fra foreliggende data
5. Konsekvensanalyse. Hver enkelt hasard behandles for seg, og det klarlegges hvilke betingelser som må være oppfylt for at hasarden skal utvikle seg til en ulykke (som i denne sammenheng er et utslipp av farlig last)
6. Estimat av konsekvens. Tallmessig beregning ut fra foreliggende data
7. Risikovurdering. Vurdering eller beregning (frekvens konsekvens) av risiko for hver enkelt hasard. Summering av totalrisiko
8. Akseptkriterium. Resultatet fra pkt.7 sammenholdes med et valgt akseptkriterium, d.v.s.det risikonivå som er akseptert for en bestemt handling eller utførelse av et oppdrag i et bestemt område
- 9, 10 og 11. Hvis ikke risikonivået er akseptabelt, gjennomføres disse trinnene.

Et utvalg mulige risikoreduserende tiltak som eventuelt kan vurderes under punkt 9, 10 og 11, er listet opp i tabell 4.3.2.1.

En nærmere omtale av de enkelte tiltak er gitt i kapittel 7.

---

## Vedlegg 2. Eksempel på feiltre (Kollisjon)

