

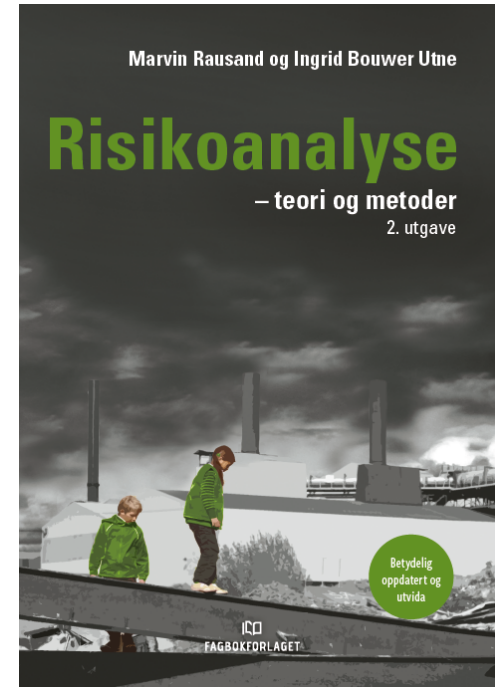
Kapittel 12

Barriereanalyse

Ingrid Bower Utne og Marvin Rausand
ingrid.b.utne@ntnu.no

Oversikt – kapittel 12

- Hva er en barriere?
- Typer barrierer
- Instrumenterte sikkerhetssystem
- Barriere- og operasjonell risikoanalyse (BORA)



HVA ER EN BARRIERE?

Innledning

I de fleste system med farepotensial er det installert beskyttelsesutstyr eller iverksatt tiltak for å beskytte verdiobjekt mot skade dersom det skulle oppstå uønska hendelser i systemet.

- Denne typen beskyttelsesutstyr og -tiltak kalles ofte **sikkerhetsbarrierer** eller bare **barrierer**.
- Når vi ønsker å framheve den oppgava eller funksjonen som en barriere er tenkt å utføre, snakker vi gjerne om **barrierefunksjonen**.
- Når vi vil framheve hvilket system, tiltak, eller hvilken person, enhet eller regel som utfører en barrierefunksjon, snakker vi gjerne om et **barriereelement**.

Eksempel

Barrierer er viktig for å forebygge, oppdage og handtere uautorisert tilgang, hærverk, sabotasje, innsyn og avlytting. NSM* anbefaler følgende tiltak når det gjelder å «oppdage»:

- Bemanna resepsjon og vaktsentral med kvalifisert personell.
- Sikring av virksomhetens ytre grenser med vakthold eller sensorer.
- Belysning av sikra områder.
- Mulighet for bekreftelse vha. vaktstyrke, kamera og droner
- Rutiner for å oppdage uønska rekognosering av virksomheten og rapportering om mistenkelig aktivitet fra ansatte og andre.

*NSM – Nasjonal Sikkerhetsmyndighet



Forsvar – i – dybden

- System med storulykkespotensial har gjerne flere «nivå» med barrierer for å oppnå et aksepterbart sikkerhetsnivå.
 - Slike barrieresystem blir omtalt som «forsvar-i-dybden», som vist i Reasons «sveitserostmodell».
- Hensikten med uavhengige barrierer er å øke systemets robusthet mot svikt.
- Tradisjonelt har det vært fokusert mest på tekniske eller fysiske barrierer for å hindre storulykker
 - Sjøl om det er mennesker som opererer og vedlikeholder mange av sikkerhetssystemene.

TYPER BARRIERER

Oversikt

Barrierer kan deles inn i:

- Proaktive (frekvensreducerende) og reaktive (konsekvensreducerende)
- Mjuke (f.eks. lover og regler) og harde (f.eks. fysiske barriereelementer)
- Aktive (f.eks. automatisk nedstengning) og passive (f.eks. brannvegger)
- Materielle (f.eks. gjerder), funksjonelle (f.eks. lås), symbolske (f.eks. skilt) og immaterielle (f.eks. avhenger av kunnskap)
- For programvaresystem:
 - Utestengning, innestengning og sperring

SIS

INSTRUMENTERTE SIKKERHETSSYSTEMER

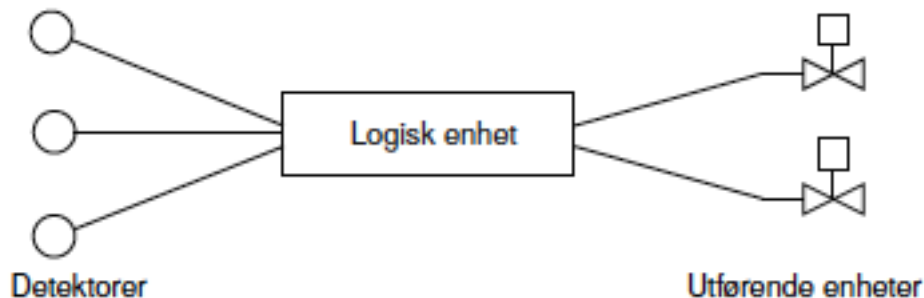


Hva er SIS?

Instrumenterte sikkerhetssystem (SIS) er en svært viktig type barrierer med mange anvendelser.

En SIS har generelt tre delsystem:

- En eller flere detektorer (trykksensorer, gassdetektorer o.l.)
- En logisk enhet (programmerbar logisk styring (PLS), datamaskin e.l.)
- En eller flere utførende enheter (brytere, ventiler, spjeld o.l.)





Typer SIS

- Low demand: Står passive og brukes dersom det inntreffer et avvik
 - F.eks. kollisjonsputesystemet i en bil
- High demand: Brukes relativt ofte
 - ABS – bremsene på en bil.
- Sikkerhetskrav til et low-demand system klassifiseres i fire sikkerhetsnivå (SIL) som må dokumenteres:

Safety integrity level (SIL)	PFD
4	$\geq 10^{-5}$ til $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ til $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ til $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ til $< 10^{-1}$



Pålitelighet av SIS

- Generelle krav til SIS er gitt i NEK IEC 61508.
- Et viktig element av å dokumentere oppfylte krav til et SIL-nivå er å bestemme feilsannsynligheten, dvs. «probability of failure on demand» (PFD).
 - F.eks. sannsynligheten for at kollisjonsputene i bilen ikke blåses opp når du kolliderer
- Sannsynligheten for at SIS feiler kan bestemmes f.eks. vha. feiltreanalyse.

BARRIERE- OG OPERASJONELL RISIKOANALYSE (BORA)

Hensikt og anvendelser

- Er utvikla for kvalitativ og kvantitativ analyse av barrierer og tar hensyn til operasjonelle forhold, menneskelige og organisatoriske faktorer.
- Er i hovedsak et verktøy for offshorevirksomheten i driftsfasen for å beregne hvilken effekt endringer i aktivitetene har på risikoen for hydrokarbonlekkasje.
- Men metodikken kan med tilpasninger være nyttig også for andre anvendelser.

Ulykkesscenarier i BORA - petroleumsindustrien

1. Utslipp på grunn av operasjonell feil under normal produksjon
 - a) Feil bruk av manuelt operert ventil
 - b) Feil i midlertidig bruk av slanger
 - c) For lite vatn i vasslås i dreneringssystem
2. Utslipp på grunn av latent feil som ble gjort under vedlikehold
 - a) Feil tilpassing av flenser eller feil i tilstramming av bolter
 - b) Feil stilling på ventiler etter vedlikehold
 - c) Feil i valg av tetninger
3. Utslipp på grunn av feil under vedlikehold av hydrokarbonsystemet (som krever at systemet koples fra hverandre)
 - a) Feil gjort før eller under vedlikeholdsarbeidet
 - b) Feil i isoleringssystemet under vedlikehold
4. Utslipp på grunn av tekniske eller fysiske feil
 - a) Degradering av ventiltetninger
 - b) Degradering av tetninger i flenser
 - c) Bolter løsner (mister nødvendig tilstramming)
 - d) Degradering av sveiste rør
 - e) Indre korrosjon
 - f) Ytre korrosjon
 - g) Erosjon
5. Utslipp på grunn av prosessavvik
 - a) Overtrykk
 - b) Overfylling (flyter over)
6. Utslipp på grunn av ytre hendelser
 - a) Fallende last/objekt
 - b) Sammenstøt
7. Utslipp på grunn av designrelaterte feil

Metodebeskrivelse

BORA består av ni trinn:

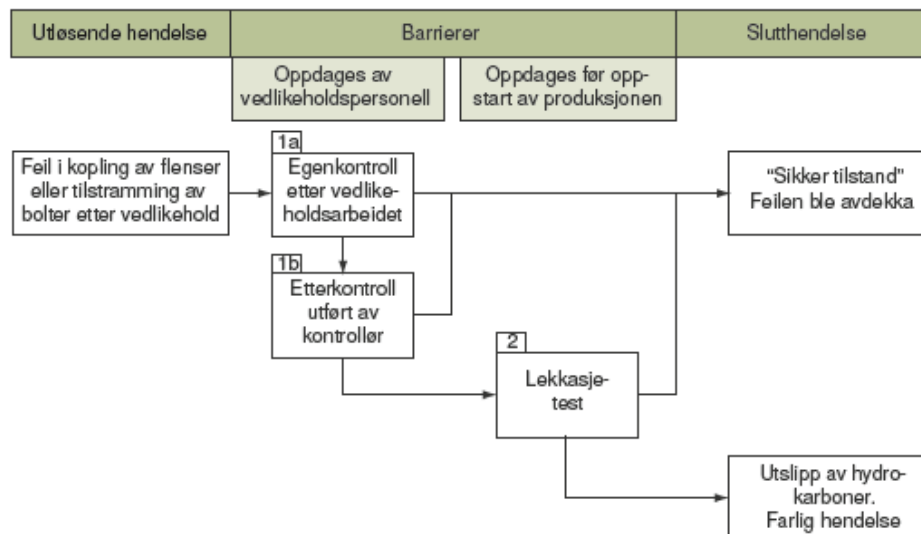
- Innledning
- Risikomodell
- Sikkerhetsbarrierer
- Datainnsamling
- Bayesiansk nettverk
- Kartlegging av tilstanden til RIF-ene
- Vekting
- Installasjonsspesifikke data
- Endelig beregning av risikoen

Forberedelser er beskrevet i kap. 8 i boka.

1. Risikomodel

Starter med å velge ett av de 20 karakteristiske lekkasjescenarioene (slide 15).

- For hvert scenario er det laget et barriereblokkdiagram (som evt. må tilpasses).
- Et barriereblokkdiagram tar utgangspunkt i en utløsende hendelse eller et avvik som vil lede til hydrokarbonlekkasje – hvis utviklinga ikke blir stoppa av en eller flere barrierer.





2. Sikkerhetsbarrierer

I dette trinnet vurderer du barrierene i barriereblokkdiagrammet i forhold til følgende:

- Utløsende hendelse, som er den hendelsen som aktiverer barrierefunksjonen.
- Effekten barrieren har på hendelses- eller ulykkessekvensen (dersom den fungerer som tiltenkt).
- Responstid, det vil si tida fra et avvik oppstår til barrieren utfører sin funksjon.
- Pålitelighet og tilgjengelighet. I mange tilfelle er det aktuelt å bruke feiltreanalyse.
- Robusthet, som er evnen til å motstå gitte ulykkeslaster.

3. Datainnsamling

- Hensikten med dette trinnet er å framskaffe inngangsdata for feiltreet vi konstruerte i trinn 2.
- Slike data kan komme fra plattformens vedlikeholdssystem og fra avviksrapporter.
- I de fleste tilfellene vil ikke disse dataene være tilstrekkelige
 - Vi må derfor forsøke å finne relevante data i generiske datakilder som OREDA*.
- Dataene som brukes i analysen, bør så langt som mulig dokumenteres i en data-dossier.

*Offshore & Onshore Reliability Database



4. Bayesianisk nettverk

I dette trinnet setter du opp et bayesiansk nettverk som viser hvilke risikopåvirkende faktorer (RIF-er) som påvirker barriererefunksjonen.

Mulige RIF-er*:

Personrelaterte faktorer:

- Kompetanse
- Arbeidsbelastning eller stress
- Trøtthet/utmattelse
- Arbeidsmiljø

Oppgaverelaterte faktorer:

- Arbeidsmetode
- Kontroll av arbeidet
- Kompleksitet av oppgava
- Tidspress
- Verktøy
- Reservedelser

Tekniske faktorer:

- Design/utforming
- Materialelegenskaper
- Kompleksitet av prosessen

- Menneske-maskin-faktorer
- Tilbakemelding fra systemet
- Teknisk tilstand

Administrative faktorer:

- Prosedyrer
- Arbeidstillatelse
- Tilgjengelige arbeidsbeskrivelser

Organisatoriske faktorer:

- Vedlikeholds- og kontrollprogram
- Arbeidspraksis
- Kontroll/overvåkning av arbeidet
- Kommunikasjon
- Akseptkriterier
- Samtidige arbeidsoperasjoner
- Endringsledelse

*Aven et al. (2006)



5. Karlegging av tilstand til RIF

- De RIF-ene du fant i trinn 4, må vurderes slik at du veit hvilken tilstand de har på den aktuelle installasjonen. Tilstanden gis skår fra A til F:

Skår	Forklaring: Status tilsvarer ...
A	beste tilstand som finnes i industrien
B	noe bedre enn gjennomsnittet i industrien
C	omtrent som gjennomsnittet i industrien
D	litt dårligere enn gjennomsnittet i industrien
E	betydelig dårligere enn gjennomsnittet i industrien
F	dårligste tilstand som finnes i industrien

- Vurderingen kan f.eks. gjøres ved strukturerte intervjuer av nøkkelpersonell, observasjoner av arbeidsoppgaver, spørreundersøkelser og bruk av sjekklister.

6. Vekting

Når tilstanden til RIF-ene er kartlagt, må du finne hvilken effekt de har på sannsynlighetene/frekvensene til barrierefeilene eller inngangshendelsene i feiltreet:

- Bestem den viktigste RIF-en basert på generelle diskusjoner.
- Gi denne RIF-en en relativ vekt 10.
- Sammenlikn viktigheten av de andre RIF-ene med den viktigste, og gi dem vekter på skalaen 10–8–6–4–2.
- Diskuter/vurder om resultatene virker fornuftige.
- Deretter normaliserer du vektingen slik at summen av alle vektene til sammen blir lik 1, eller 100 %.

7. Installasjonsspesifikke data

- I dette trinnet bruker du resultatene fra trinnene 4–6 til å tilpasse inndataene du fant i trinn 3.
- De dataene du fant i trinn 3, var i hovedsak generiske data som reflekterer et gjennomsnitt innafor industrien.
- Hensikten med trinn 7 er å tilpasse disse dataene slik at de blir mer relevante for den installasjonen du analyserer.
- De dataene du på denne måten kommer fram til, kaller vi installasjonsspesifikke data.

7. Installasjonsspesifikke data (ii)

Du ønsker nå å bestemme den installasjonsspesifikke sannsynligheten til A , betegner denne $\Pr_{inst}(A)$ og uttrykker den ved

$$\Pr_{inst}(A) = \Pr_{gen}(A) \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i Q_i$$

der n er antallet RIF-er vi brukte i nettverket i trinn 4, ω_i er den normaliserte vekten vi ga til RIF_i og Q_i er en verdi som uttrykker tilstanden til RIF_i på den aktuelle installasjonen.

7. Installasjonsspesifikke data (iii)

Fastsettingen av Q_i gjøres som følger:

- Bestem den laveste aktuelle sannsynligheten for A , $\Pr_{\text{lav}}(A)$ ved ekspertvurdering.
- Bestem den høyeste aktuelle sannsynligheten for A , $\Pr_{\text{høg}}(A)$ ved ekspertvurdering.
- For hver RIF_i , der $i = 1, 2, \dots, n$:

$$Q_i(s) = \begin{cases} \Pr_{\text{lav}} / \Pr_{\text{gen}} & \text{hvis } s = A \\ 1 & \text{hvis } s = C \\ \Pr_{\text{høg}} / \Pr_{\text{gen}} & \text{hvis } s = F \end{cases}$$

der s betegner den skåren som RIF-en ble gitt i trinn 5, det vil si at s kan ha verdiene A, B, \dots, F .



8. Endelig risikoberegning

- Siste trinn er å beregne den installasjonsspesifikke risikoen for hydrokarbonlekkasje ved å bruke de nye oppdaterte inngangsdataene for frekvensene/sannsynlighetene for alle hendelsene i risikomodellen.
- Det reviderte risikobildet tar i betraktning tekniske, menneskelige, operasjonelle og organisatoriske forhold i RIF-ene.

Fordeler og begrensninger

- Bidrar til at virksomheten får bedre kunnskap om sikkerhetsbarrierene som skal hindre hydrokarbonlekkasjer.
- Gir virksomheten innsikt i RIF-ene som påvirker ytelsen til disse barrierene.
- Krever god tilgang på data, også data som ikke eksisterer i dagens databaser.
- Begrunnelsen for å angi viktigheten av RIF-ene ut fra vektene 10–8–6–4–2 er mangelfull.
- Bestemmelsen av vektfaktorene Q_i er svakt begrunnet (men det hevdes at dette ikke reduserer nytteverdien av metoden).