

# Risikoanalyse

Av Otto Einar Johansen

Otto Einar Johansen er ansatt som forsker på Forsvarets forskningsinstitutt.

For mange virksomheter er et høyt sikkerhetsnivå en eksistensbetingelse. Dette gjelder i første rekke sikkerheten for de ansatte og omgivelsene, men også sikkerheten for den kapital som er lagt ned i virksomheten. Med det siste menes sikkerhet mot skader på utstyr som kan ødelegge kostbart maskineri eller gi produksjonstap.

Gjennom arbeidsmiljøloven pålegges arbeidsgiveren en klar forpliktelse til «å sikre at hensynet til arbeidstakerens sikkerhet, helse og velferd blir ivaretatt på alle plan i virksomheten...»

Risikofaktoren blir derfor på en rekke områder tillagt stor vekt i beslutninger om planlegging og drift av forskjellige virksomheter, og ved vurdering av eksisterende anlegg i drift. Det er derfor viktig at risikovurderingen bygger på solid grunnlag.

Tradisjonelt har sikkerheten i bedriftene vært tatt vare på ved at den enkelte konstruktør har benyttet god ingeniørkunnskap og anerkjente metoder i sitt arbeid, og at driftsansvarlige har påsett at anleggene ble drevet på en sikkerhetsmessig forsvarlig måte.

Mange anlegg har i den senere tid vokst sterkt både i størrelse og kompleksitet. For å kunne identifisere og ta stilling til det risikonivå som eksisterer, eller vil eksistere i anleggene, har det vært nødvendig å ta i bruk spesielle metoder.

Risikoanalyse er et slikt «verktøy» av forholdsvis ny dato. Tidlig i 1960-årene ble den tatt i bruk (og til stor nytte) innen romfart, flyindustri og kjernekraft. I den kjemiske industri ble risikoanalyser tatt i bruk rundt 1970, og idag benyttes slike analyser i sikkerhetsarbeidet innen en rekke virksomheter. Risikoanalyser av oljeinstallasjoner i Nordsjøen er vel de som oftest nevnes i massemedia.

Begrepet risiko har lenge vært brukt uten å være entydig definert, men i dag kan vel følgende definisjon være dekkende for det de fleste vil mene med en risikoanalyse:

Risikoanalyse er en formell analyse av risiko. Risiko er da et mål for grad av fare tilknyttet en gitt virksomhet, et gitt system eller beslutningsalternativ. Dette målet er gitt som en funksjon av:

- sannsynlighet for hendelse
- sannsynlighet for konsekvens av hendelsen
- størrelsen av konsekvensene.

Risikoanalysens oppgave er å presentere en objektiv beskrivelse av de foreliggende alternative, dvs. å gi et vurderingsgrunnlag.

Det er viktig å skille mellom dette vurderingsgrunnlag og de konklusjoner som deretter trekkes ut. En konklusjon vil kunne inneholde momenter av mer subjektiv karakter.

En risikoanalyse gir et godt grunnlag for å bestemme «kjedens svakeste ledd», og i beredskapssammenheng vil analysen gi grunnlag for å peke ut de elementer i virksomheten som er mest sårbare.

I en tid med innstramninger på alle hold, vil en slik analyse også gi grunnlag for en prioritering av de korreksjoner som er nødvendig/ønskelig; elementer beheftet med stor risiko prioriteres først.

Sett fra en økonomisk synsvinkel er det viktig at en risikoanalyse utføres allerede under planleggingen av en virksomhet. Forandringen som gjøres på tegnebordet vil vanligvis koste lite. Å forandre et eksisterende systems oppbygging og/eller virkemåte, kan derimot ofte bli kostbart.

## 2. Elementer som inngår i en risikoanalyse

En risikoanalyse vil vanligvis inneholde følgende elementer:

- Identifikasjonsanalyse
- Årsaksanalyse
- Sannsynlighetsanalyse
- Konsekvensanalyse
- Sammenstilling av sannsynlighet og konsekvens, eventuelt anbefalinger/meningsyttringer.

Det er med tiden utviklet en rekke metoder som kan brukes på de forskjellige nivåer i analysen. Metodene består av noen basisteknikker samt en del varianter av disse, tilpasset spesielle formål og systemer (tekniske, mann-maskin og manuelle).

### 2.1 Identifikasjonsanalysen

En grunnleggende forutsetning for analyse av et system er et inngående kjennskap til systemets oppbygging og virkemåte.

Identifikasjonsanalyser er analyser som, med utgangspunkt i ovenstående, søker å identifisere mulige uønskede hendelser.

Kilden til uønskede hendelser kan ligge i systemets «normale» virkemåte, eller i alternative måter å utføre aktiviteten i systemet på.

Uønskede hendelser kan være ulykker som tidligere er inntruffet, og som en frykter kan inntreffe igjen.

Men også andre potensielle hendelser ønskes identifisert, og dette kan gjøres f.eks. ved å analysere et flyskjema over virksomhetens oppbygging og virkemåte.

### 2.2 Årsaksanalysen

Årsaksanalysens formål er å besvare spørsmålet:

Hvordan kan de uønskede hendelser inntreffe?

Det finnes flere måter å utføre denne analysen på. En metode som er godt egnet til å gå i dybden m.h.t. å kartlegge årsaker, er en feiltreanalyse. Denne analysemetoden er også godt utviklet m.h.t. overgangen fra en kvalitativ til en kvantitativ analyse. Et feiltre er et logisk tre, d.v.s. at en hendelse og dennes årsaker er forbundet med logiske OG-, eventuelt ELLER-porter. Denne uønskede hendelse danner roten til treet, og ytterst på «grenene» finner vi basishendelsene (f.eks. de enkelte komponenter som må svikte for at en bestemt pumpe skal svikte).

### 2.3 Sannsynlighetsanalysen

I sannsynlighetsanalysen skal vi bestemme med hvilken sannsynlighet hver av de uønskede hendelser inntreffer. Her vil som nevnt et logisk feiltre være et nyttig hjelpemiddel. Sannsynligheten for basishendelsene kan fastsettes, og via den

logiske struktur i treet kan sannsynligheten for topphendelsen (den uønskede hendelse) beregnes.

## 2.4 Konsekvensanalyse

Konsekvens deler vi i tre grupper:

- de ønskede
- de betydningsløse
- de uønskede.

Vi ser på konsekvensen for objektgrupper som vi grovt kan dele inn i

- mennesker
- miljø
- teknisk utstyr.

Disse kan igjen splittes i grupper *innenfor* og *utenfor* det system som analyseres. Omfanget av de uønskede konsekvenser betegnes som «tapet».

Kvantifiseringen består i å bestemme sannsynlighetsfordelingen for konsekvensene, og en tapsfunksjon. Til omfanget,  $K$ , av en uønsket konsekvens tilordnes et reelt tall som angir i hvilken grad  $K$  er uønsket.

## 2.5 Sammenstilling av sannsynlighet og konsekvens, eventuelt anbefalinger/meningsytringer

Siste ledd i analysen består i å knytte sammen sannsynligheten for at en uønsket hendelse skal inntreffe og konsekvensen av dette, d.v.s. å bestemme risiko for hendelsen.

Risiko beregnes slik:

La:  $k_1, k_2 \dots$  betegne størrelsen av ulike typer hendelseskonsekvenser som f.eks. antall liv tapt, materielle tap i kr. o.s.v.

Kvantitative uttrykk for størrelse av risiko finnes som en funksjon av:

Pu: Sannsynligheten for at en hendelse av en gitt type inntreffer

$g(k)$ : Sannsynlighetstettheten for hendelsens konsekvenser  $k = (k_1, k_2 \dots)$  gitt at en hendelse av denne type inntreffer.

$C(k)$ : Tapsfunksjonen for disse konsekvenser.

Risiko må betraktes som en flerdimensjonal størrelse med ulike verdier for f.eks. risiko for mennesker, materielle verdier, miljø osv.

«Risikofunksjonen» kan f.eks. være produktet av faktorene, men det finnes også andre tilordninger.

Ut fra de risikoberegninger som er gjort er det naturlig å komme med forslag til forbedringer/endinger i systemets oppbygging og/eller virkemåte, som vil risikere risiko for uønskede hendelser.

Når disponible midler for slike tiltak ikke strekker til, kan disse beregninger også danne grunnlag for en prioritering. Innen de forskjellige objektgrupper bør midlene i første omgang settes inn for å hindre de uønskede hendelser som er be-  
heftet med størst risiko.

## 3. RISIKOANALYSE AV VANNVERK

Både i krig og i fredstid er en sikker vannforsyning av vital betydning for vår befolkning. For oss i Norge er det å ha nok vann av god kvalitet en så naturlig ting at de fleste aldri har tenkt på muligheten av å miste dette gode. Langt de fleste forbrukerne får sin vannforsyning levert gjennom et vannverk som dermed kan sies å ha to hovedoppgaver å ta vare på:

- å levere en tilstrekkelig mengde vann
- å levere vann av en akseptabel hygienisk kvalitet.

Også vannverkene er i den senere tid blitt større og mer komplekse. Heller ikke denne virksomhet har «unngått»

teknologiens nyvinninger. Avansert utstyr og elektronikk er med på å løse ovennevnte oppgaver. Svikter utstyret, vil leveransmengde og vannkvalitet reduseres, og i verste fall kan vi få leveransestopp.

Men vannleveransen kan svikte også av andre grunner enn «naturlig svikte» i utstyret. I den verden vi lever i ser vi en økende tendens til bruk av terror/sabotasje som redskap til å oppnå et mål. Spesielt i en krigssituasjon, men også i fredstid, kan vi tenke oss at våre vannverk blir utsatt for slike handlinger. Disse handlinger kan ha som mål å redusere/stanse vannleveransen eller å gjøre vannet helseskadelig å drikke.

Når sikkerheten for vår vannleveranse skal vurderes, kan en risikokoanalyse være et naturlig arbeidsmønster å følge.

Figur 1 viser at et moderne vannverk er bygd opp av tre hovedelementer:

- Kilde
- behandlingsanlegg
- transportsystem.

I de respektive hovedelementene er det lagt inn endel elementer som kan ha betydning for vannleveransen.

En risikokoanalyse av et vannverk vil ha som mål å bestemme hvilke mulige uønskede hendelser som kan inngå i disse elementene, hvilken konsekvens en slik hendelse vil ha for systemet (vannverket), og dermed de konsekvenser dette vil ha for vannleveransen.

### Et eksempel:

For å illustrere noe av det som er beskrevet i avsnittene ovenfor, skal vi se på beregning av risiko for tap av vannleveranse. Situasjonen er svært forenklet, og tallene er delvis konstruerte.

Vi ser på transportsystemet og finner en mulig uønsket hendelse:

### Feil på rørledningen.

Sett vi bort fra årsaker som terror- og sabotasjehandling, kan en anslagsvis feilrate være 0.2 feil pr. 1000 km pr. år. Om vi antar at rørledningen måler 50 km, gir det  $(50 \times 0,2/1000) = 0,01$  d.v.s.  $P_{\mu} = 1\%$  sjanse for feil i løpet av et år.

Vi antar videre at vi bare har én (uønsket) konsekvens av denne hendelse, nemlig  $k =$  forbruker mister sin vannleveranse. Vi regner med at feilen er så alvorlig at den med sikkerhet medfører denne konsekvens, d.v.s.  $g(k) = 1$ .

Varigheten til en slik feil settes til ett døgn. Og vi lar dette være et mål for tapet denne konsekvens medfører, d.v.s.  $C(k) = 1$ .

Som et mål for risikoen kan vi da bruke den prosentandel av tiden forbruker vil være uten vannleveranse (utilgjengeligheten). Denne blir  $(0,01 \times 1/365) = 0,000027$ .

Et problem som alle ansvarlige i en virksomhet står overfor er:

Hvordan kan virksomheten sikres?

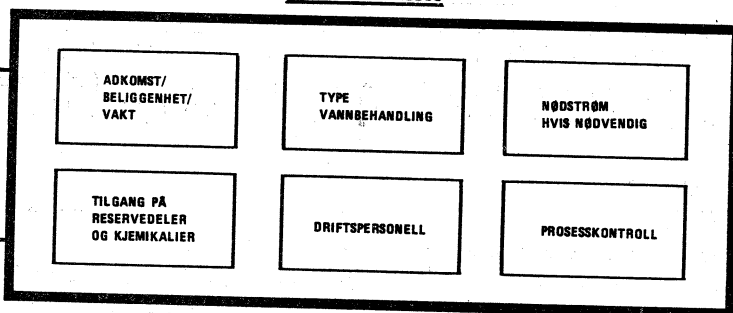
Naturlige spørsmål i tilknytning til et vannverk er da: Bør reservoarer «gjemmes» inne i fjell, eller er det mer «lønnsomt» å sikre alle kumlokk? Bør noen pumper dubleres, eller er det viktigere å skaffe tilgang på nødstrøm? Bør...

En risikokoanalyse vil frembringe et vurderingsgrunnlag; et vurderingsgrunnlag som gjør det mulig på en systematisk måte å peke ut svake/sårbare elementer i vannverket. Vi mener her de elementer som er «viktigst» for vannleveransen. Dette vil igjen gi grunnlag for å bestemme hvor midler i første rekke bør settes inn for å gi størst effekt totalt sett, og dermed sikre vår vannleveranse også i fremtiden.

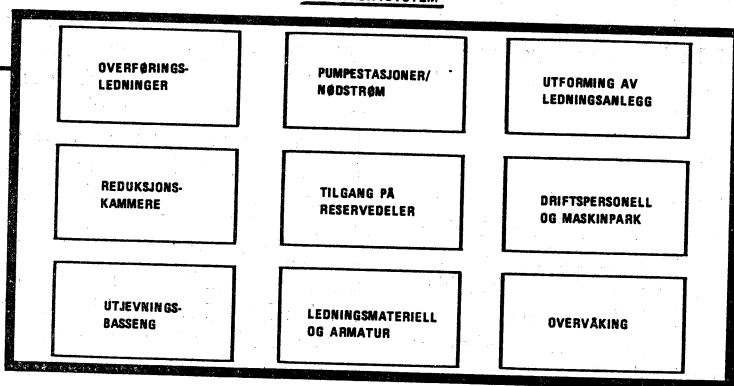
KILDE/INNTAK

NEDBØRFELT	KILDE		TEKNISKE ANLEGG	
	OVERFLATEVANN	GRUNNVANN	OVERFLATEVANN	GRUNNVANN
AKTIVITET	KILDETYPE	FJELL/LØSMASSE	REGULERING/ DAMMER	ANTALL BRØNNER
NATURGRUNNLAG	VANNKVALITET	VANNKVALITET	INNTAKSLEDNING M/ DYBDE OG STED	INNSTALLERT KAPASITET
OVERVÅKING AV AKTIVITET	KAPASITET/BEHOV	KAPASITET/BEHOV	ANTALL INNTAKS- LEDN/DYP	BRØNNTYPE- TEKNISK UTFORMING
EVT AKTIVITET V/F EKS BEREDSKAP	TEMPERATUR- SPRANGSKILTNING	OVERVÅKING AV KVALITET		BRØNNTYPE- SIKRING
	OVERVÅKING AV KVALITET			

BEHANDLINGSANLEGG



TRANSPORTSYSTEM



EVENTUELL SAMKJØRING

GRAVITASJONS-ANLEGG

PUMPE-ANLEGG

EVENTUELL SAMKJØRING

Figur 1. Flyteskjema for et vannverk med angivelse av noen elementer som kan ha betydning for vannleveransen.