

Forebyggelse af arbejdsulykker

Identificering af risici

8

8.3 Vejledning i risikoanalyse

NUL ARBEJDSULYKKER er et kampagnesamarbejde mellem Arbejdstilsynet og Industriens Branchearbejdsmiljøråd koordineret af AT, DI og CO-I.

Metodebeskrivelsen er udarbejdet af:

Forskningscenter Risø
Afdelingen for Systemanalyse
Postboks 49
DK-4000 Roskilde

Tlf.: 46 77 51 00

Fax: 46 77 51 99

Hjemmeside: www.risoe.dk

E-mail: jette.l.paulsen@risoe.dk

Forfatter:

Jette Lundtang Paulsen, seniorforsker

Indholdsfortegnelse

Introduktion	4
Hvad er en risikoanalyse?	4
Farekilder	5
Fem metoder	6
Beskrivelse af metoderne	7
Fareidentifikation (funktionel model)	7
FMEA (Fejl Måde og Effekt Analyse)	12
Analyse af menneskelige fejl	14
HAZOP	15
Fejltræsanalyse	16
Konsekvenser af uheld	19
Kontrol- og sikkerhedsforanstaltninger	20
Risikoanalyserapporten	21
1. Beskrivelse af systemet	22
2. Uheld	23
3. Sikkerhedsforanstaltninger	24
4. Konklusion	25
5. Appendiks	25
Bilag:	
Bilag til hæftet kan downloades fra www.Nul.Arbejdsulykker.dk	
Bilag 1: Skemaer til funktionel modellering, FMEA og HAZOP-analyse	
Bilag 2: Skemaer til analyserapport	

Introduktion

Dette hæfte er en vejledning i kvalitativ risikoanalyse. Det er hensigten med vejledningen, at ikke-eksperter skal kunne udføre en analyse af et kendt system. Med system menes både hele anlæg, enkelte maskiner og arbejdsmetoder.

Pjecen gennemgår fem af de mest anvendelige metoder, der kan indgå i en analyse. For hver metode beskrives metodens formål, hvornår den er hensigtsmæssig at anvende, og hvordan man gør i praksis.

Risikoanalysen skal sammenfattes i en rapport, hvis struktur og indhold beskrives i et selvstændigt afsnit.

Hæftets bilag 1 indeholder skemaer til det praktiske arbejde med de forskellige metoder. Bilag 2 indeholder skemaer til analyserapporten. Bilagene kan downloades fra www.Nul.Arbejdsulykker.dk

Hvad er en risikoanalyse?

En risikoanalyse er en struktureret gennemgang af et system og dets funktioner mhp. at identificere *hvilke uønskede hændelser*, der kan opstå, samt af *hvilke årsager* og med *hvilke konsekvenser*.

Formålet med analysen er at iværksætte foranstaltninger, der reducerer risikoen for, at der sker uheld, som kan skade mennesker, anlæg og omgivelser.

I gængs risikoanalyse ser man efter følgende mulige uheld:

- Eksplosioner
- Brand
- Udslip af uønskede stoffer
- Personskader

Denne vejledning har fokus på de uønskede hændelser, der medfører personskader.

Farekilder

I en risikoanalyse med fokus på personskader kan fig. liste over potentielle farekilder være til hjælp:

- Skarpe kanter, værktøjer og overflader
- Genstande, der river, saver, høvler, snitter osv.
- Højt pres eller tryk
- Flader, der presses mod hinanden (klemningsfare)
- Genstande med skjulte fysiske kræfter
- Genstande/personer, der bevæger sig med stor fart
- Niveauforskelle
- Kraftige varmekilder
- Kraftig kuldepåvirkning
- Elektrisk påvirkning
- Kemiske påvirkninger, der er giftige eller ætsende
- Biologiske påvirkninger, der er akut skadelige
- Blændende lys og stærk stråling
- Voldsom vibration
- For stor kropsbelastning ved tunge byrder og vrid
- Vold fra dyr eller mennesker med bid, slag eller våben
- Manglende ilt, kvælning

Fem metoder

Der findes forskellige måder at analysere et system på for eventuelle uønskede hændelser. Denne vejledning beskriver fem analysemetoder.

Ingen enkelt metode kan finde alle årsager til fejl. Metoderne har hver deres formål, og ofte vil man benytte flere metoder i samme analyse. Vejledningen beskriver, hvornår det er hensigtsmæssigt at benytte de forskellige metoder.

Fareidentifikation

har til formål at identificere og vurdere mulige farer. En fareidentifikation kan ske på baggrund af en såkaldt *funktionel model*, der bruges til at beskrive de funktioner, der udføres i og ved et system.

Fejl Måde Effekt Analyser (FMEA)

benyttes til at kortlægge konsekvenser af og årsager til komponentsvigt.

Analyse af menneskelige fejl

bruges til at identificere menneskelige fejl med uønskede konsekvenser og finde årsager i procedurer og systemer til, at sådanne fejl kan opstå.

HAZOP

(eng. HAZard and OPerability, *fare og funktionsevne*) er en analysemetode, der identificerer konsekvenserne af afvigelser i procesvariable (tryk, temperatur, flow osv.) og bestemmer deres betydning for anlæggets sikkerhed og drift.

Fejltræsanalyse

benyttes, når man kender den uønskede hændelse og vil vide, hvilke logiske sammenhænge der er mellem hændelsen og dens forskellige årsager.

Beskrivelse af metoderne

Fareidentifikation (funktionel model)

En risikoanalyse indledes normalt med en fareidentifikation for at kortlægge potentielle risici. Nogle farer er oplagte, men med en struktureret analyse kan farer, man ikke troede fandtes, blive åbenlyse.

En metode til at identificere farer er at lave en *funktionel model*, der beskriver de enkelte funktioner i et system samt de problemer, der kan være i hver enkelt funktion.

Hensigten med den funktionelle model er at udarbejde en dækkende beskrivelse af anlæggets funktionelle enheder, fx procestrin og enhedsoperationer.

I modellen medtages alle operationelle og/eller tekniske forhold af betydning for anlæggets drift og sikkerhed, så man får en sammenhængende beskrivelse af menneskelige handlinger og tekniske processer. Manuelle funktioner indgår også i funktionsopdelingen.

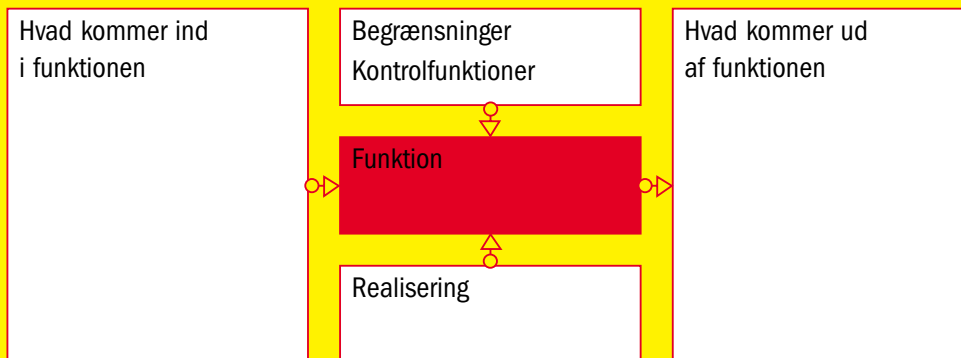
Den funktionelle model kan først bruges på et overordnet niveau til at beskrive hovedfunktioner. Dernæst kan modellen anvendes på et mere detaljeret niveau til at beskrive netop de funktioner, man vil undersøge nærmere.

Sådan benyttes metoden

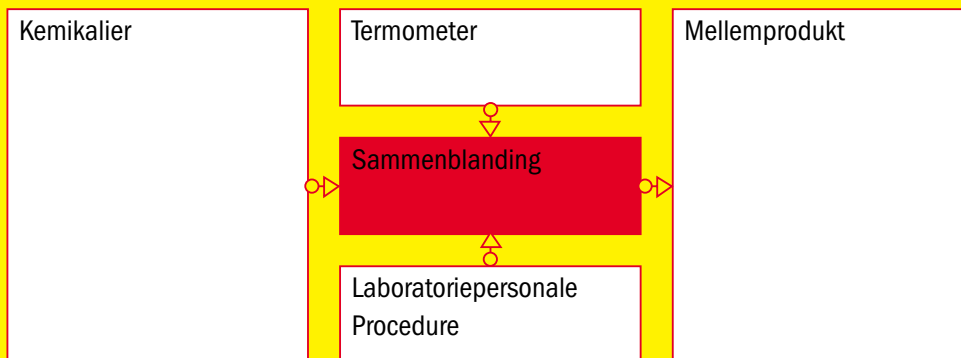
Systemet eller arbejdsgangen deles op i funktionelle enheder, og hver enhed analyseres for sig:

- Hvad er funktionens formål?
- Hvad benyttes for at realisere funktionen?
- Hvilke kontrolfunktioner påtænkes og hvorfor?

Funktionel model



Eksempel: Blanding af 2 kemikalier



Når funktionerne i systemet er identificerede, benyttes et skema til at analysere funktionen:

Funktion	Uønsket hændelse	Konsekvenser	Kontrolforanstaltninger	Vurdering og tiltag

I skemaet beskrives:

- Hvilken funktion, det drejer sig om
- Hvilke uønskede hændelser, der er ved funktionen
- Hvad der sker, hvis kontrolfunktionen svigter
- Hvordan man vurderer sikkerheden og hvilke evt. tiltag, der er nødvendige

I figur 1 og 2 gives eksempler på en funktionel model og et udfyldt analyseskema for fremstilling af Phenyl-10-bromdecanon i stinkskab.

Figur 1. Eksempel på funktionel modellering. Fremstilling af phenyl-10-bromdecanon i stinkskab.



Figur 2. Eksempel på analyse af funktionen. Fremstilling af phenyl-10-bromdecanon i stinkskab.

Funktion	Uønsket hændelse	
Afvejning og blanding af stoffer og væske i kolbe	Overkogning	
	Udsugningssvigt	
Opvarmning i kolbe under tilsætning af Bromclordecanon	Kraftig varmeudvikling med overkogning	
	Udsugningssvigt	
	Svigt af køling	
Afkøling		
Omhældning i isvand med HCL	Kraftig varmeudvikling med overkogning Udsugningssvigt	
Omrystning i skilletragt	Trykstigning	



	Konsekvenser	Kontrol foranstaltninger	Vurdering
	Gasser og væske kommer ud af kolben	Arbejdet foregår i stinkskab m. udsugning	Præcisering af evt. problem i procedure
	Gasser kommer ud i lab.	Alarm på ventilation	
	Gasser og væske kommer ud i stinkskab	Udsugning Foregår i stinkskab	Præcisering i procedure eksisterer
	Gasser kommer ud i laboratorium	Alarm på ventilation	
	Gasser kommer ud i laboratorium	Flowmåler på køling	
			Ok
	Kraftig gasudvikling med klorbrinte Evt. personskade	Alarm på ventilation Procedure	
	Kolbe kan eksplodere Evt. personskade	Procedure	Bedre præcisering af evt. problem

FMEA (Fejl Måde og Effekt Analyse)

Metoden bruges til at identificere uønskede hændelser, der kan opstå som følge af komponentsvigt, og den identificerer årsagerne til svigtet.

Sådan benyttes metoden

I undersøgelsen går man ud fra et svigt i en komponent og følger konsekvenserne af svigtet, indtil man evt. ender med en uønsket hændelse. Man kan benytte et konsekvens-træ til at klarlægge forløbet. Dernæst identificeres mulige årsager til, at svigtet i komponenten kan opstå.

Figur 3. Eksempel på FMEA. Analyse af udsugningsventilator i stinkskab.

Komponent	Funktion	Fejlmåde	Årsag	Test og Vedligehold
Udsugnings-ventilator	Sikrer at dampe fra stinkskab ikke kommer ud i laboratoriet	Stopper	Mekanisk fejl Elektrisk fejl	Årligt

Analysen starter med at beskrive komponenterne og deres funktion i systemet, og den slutter med at bestemme mulige årsager til de komponentsvigt, der kan resultere i uønskede hændelser:

- List komponenterne
- Identificer mulige fejl på hver komponent
- Bestem effekten på andre komponenter og den resulterende påvirkning af systemets funktion og integritet
- Vurder farligheden af en eventuel kritisk hændelse
- Beregn sandsynligheden (hvis det vurderes nødvendigt)
- Find årsagen til fejl på komponenten

Til at skabe overblik i undersøgelsen anvendes et skema, som er gengivet i figur 3.

Effekt på systemdel	Effekt på andre systemdele eller personer	Detekteringsmulighed	Operatørindgreb	Bemærkninger
Udsugningen fra stinkskaab stopper	Uønskede gasser kommer ud i laboratorium fra stinkskaab	Alarm	Stop proces Luk stinkskaab	

Analyse af menneskelige fejl

En tredje metode vedrører de menneskelige fejl, der kan forekomme. Metoden identificerer menneskelige fejl med uønskede konsekvenser, og den finder årsagen til at disse fejl kan opstå. Metoden er velegnet til at gennemgå procedurer for manuelle arbejdsopgaver.

Sådan benyttes metoden

De menneskelige fejl falder stort set i tre hovedgrupper:

- 1 Operatøren undlader at udføre det, som er foreskrevet
- 2 Operatøren gør det foreskrevne, men udfører det forkert
- 3 Operatøren gør noget, som ikke er foreskrevet

Operatør skal tages i bred forstand. Det kan være kontrolrumsoperatører, driftspersonale og vedligeholdspersonale. Lidt mere detaljeret kan man undersøge for:

- Forkert udført operation
- Operationen udført korrekt, men på et forkert tidspunkt
- Unødvendig operation, der ikke er foreskrevet eller indlært
- Korrekt udført operation, men på forkert enhed, system eller komponent
- Korrekt udført operation, men i forkert rækkefølge
- Fejl i kommunikationen/misforståelse af operationen

Eksempler:

I en procedure beskrives flg. fremgangsmåde for en kemisk syntese:

“Pkt. 1 0,8 ml Benzen, 1,2 g AlCl_3 og 10 ml Svovlkulstof, tilsættes til en rundbuet kolbe, med reflux og tørrerør.”

Hvis laboratoriepersonalet bytter om på rækkefølgen i proceduren for sammenblandingen, vil der komme en voldsom varmeudvikling, som kan oversprøjte personen. Proceduren bør gøre opmærksom på dette forhold.

I et kemisk anlæg med flere parallelle linier forventer vedligeholdspersonalet, at systemet er drænet for evt. ætsende væske. Hvis nogen har taget en forkert pumpe eller ventil ud til vedligehold, og det system, som personalet giver sig til at arbejde på, af den grund *ikke* er drænet, så kan det få alvorlige konsekvenser.

HAZOP

Metoden anvendes til at identificere uønskede hændelser, der kan ske som konsekvens af ændringer i procesvariable, fx tryk, temperatur og flow.

Metoden anvendes ofte ved kemiske procesanlæg og offshore-anlæg, men den kan også benyttes på andre systemer. [HAZOP er gennemgået mere detaljeret i metodebeskrivelse 8.4: Identificering af farekilder og vurdering af ulykkesrisici].

Sådan benyttes metoden

Systemet gennemgås fx efter et procesdiagram. Alle driftsparametre undersøges for afvigelser fra den normale driftsværdi ved hjælp af flg. nøgleord:

- Ingen
- Mindre
- Større
- Del af
- Mere end
- Omvendt
- Andet end

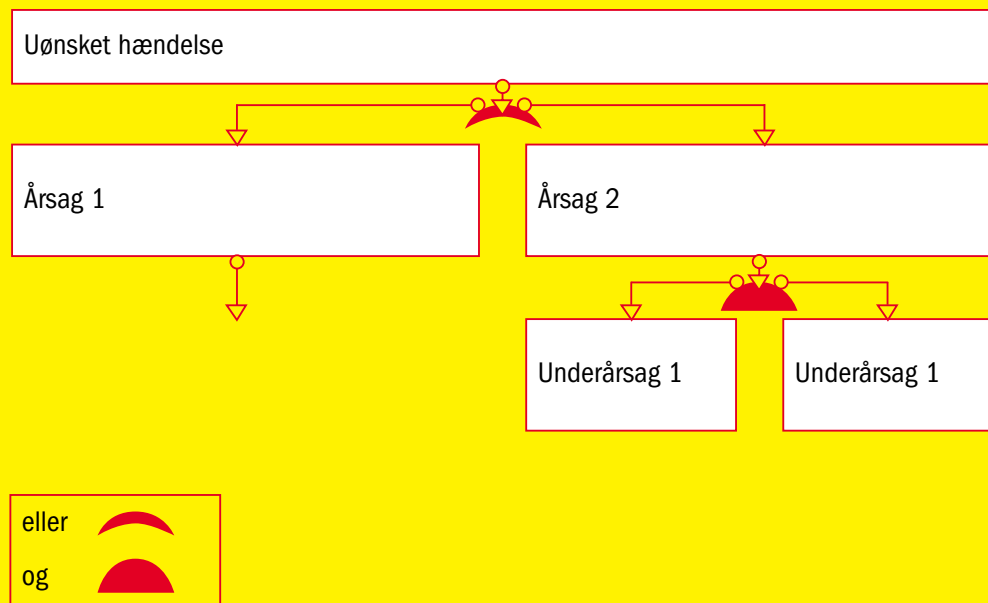
For flow kan man fx undersøge konsekvensen af for højt og for lavt flow. Årsagen til afvigelserne undersøges også, evt. ved hjælp af fejltræ som demonstreret i næste afsnit. Undersøgelsen anvender et hjælpeskema, som vist i figur 4.

Figur 4. Eksempel på udfyldt skema til HAZOP-undersøgelse.

Anlæg: Laboratorium		Dato:			
Komponent	Variabel	Ændring	Årsag	Konsekvens	Bemærkninger
Stinkskab	Luftstrøm	For lav	Ventilator defekt Manglende strømforsyning Filterpose på indblæsning tilstoppet	Utilstrækkelig ventilation medfører, at uønskede gasser kommer ud i laboratoriet fra stinkskab	Filterposer skal kontrolleres

Fejltræsanalyse

Metoden benyttes, når man kender en uønsket hændelse og vil finde den logiske sammenhæng mellem årsagerne til, at hændelsen kan ske.



Sådan benyttes metoden

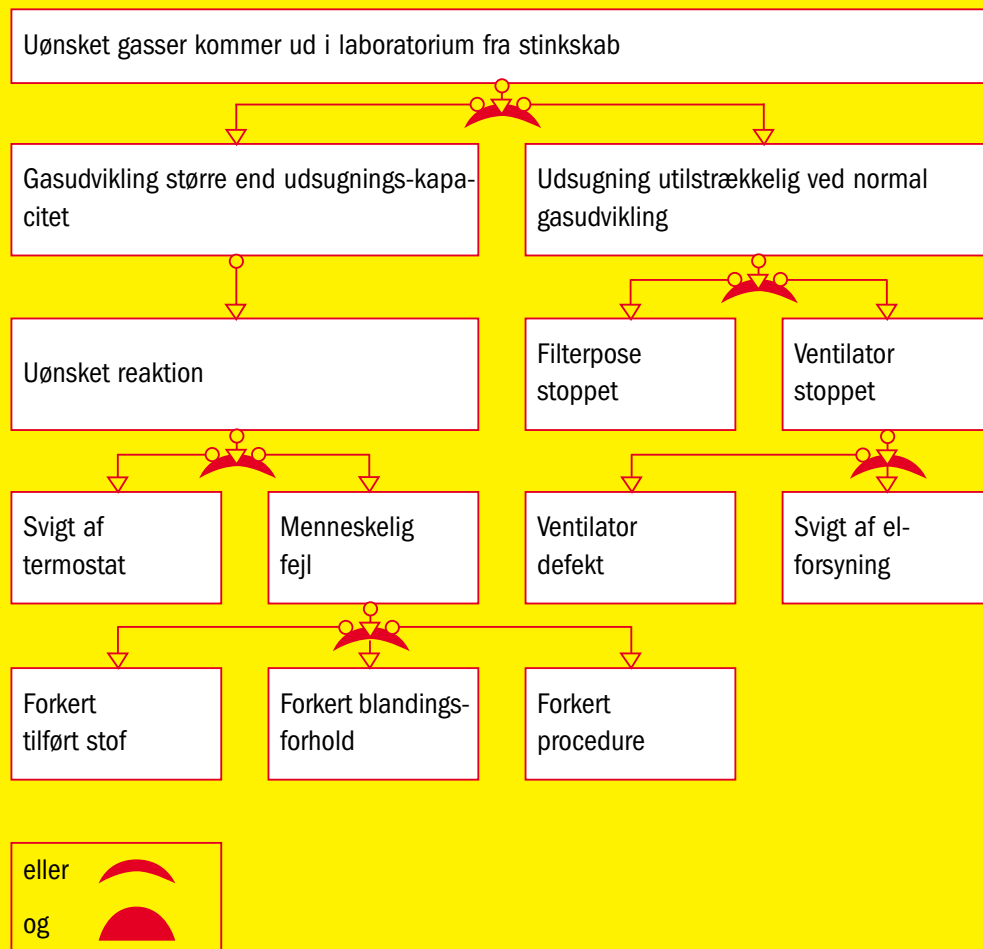
Den uønskede hændelse identificeres, og årsagssammenhængen klarlægges i fejltræet:

Man starter med at identificere hovedårsagen eller hovedårsagerne til hændelsen. Man standser ved de underårsager, man kan gøre noget ved, eller når en yderligere detaljering ikke giver relevant information.

Metoden anvendes ofte i kombination med funktionel modellering, FMEA og HAZOP analyser. Sandsynligheden af hændelsen kan beregnes, hvis det skønnes nødvendigt.

Figur 5 viser et eksempel på et fejltræ, der beskriver årsagerne til, at der kommer uønskede gasser ud i laboratoriet fra et stinkskab.

Figur 5. Eksempel på fejltræ. Emission af uønskede gasser fra stinkskab



Konsekvenser af uheld

Når analyserne er foretaget og vurderingerne er gjort, skal der tages stilling til, om de tiltag, der er foretaget for at hindre eller begrænse uheld, er gode nok.

Hvis konsekvensen af en uønsket hændelse kan skade mennesker, anlæg eller omgivelser, skal man undersøge muligheden for at eliminere eller nedsætte sandsynligheden for, at hændelsen indtræffer.

Der findes ingen entydig metode til at vurdere konsekvenserne af uønskede hændelser. Ved tekniske fejl kan man beregne sandsynligheden for, at hændelsen indtræffer. Sandsynligheden sammenholdt med konsekvensen af hændelsen er input til beslutningen om, hvorvidt hændelsen er acceptabel eller ej.

Der indgår også økonomiske aspekter i vurderingen, som kan føre til, at man accepterer risikoen for en bestemt uønsket hændelse, hvis sandsynligheden for, at hændelsen forekommer, er tilstrækkelig lille.

Kontrol- og sikkerhedsforanstaltninger

Når analysen er foretaget, og man har vurderet de uønskede hændelsers sandsynlighed og konsekvenser, skal der tages stilling til, om de eksisterende foranstaltninger til kontrol og sikring er gode nok.

Det skal vurderes, om der er truffet tilstrækkelige foranstaltninger til at undgå hændelsen. Hvis der er en restrisiko, skal det også vurderes, om der er truffet tilstrækkelige foranstaltninger til at reducere og kontrollere konsekvenserne af et uheld.

Risikoanalyserapporten

På de følgende sider bliver det gennemgået, hvad en risikoanalyserapport skal indeholde. Gennemgangen tager udgangspunkt i de skemaer til analyserapport, som er hæftets bilag 2. Rapporten er disponeret i flg. punkter:

1. Beskrivelse af systemet

- Projekt navn
- Formål
- Funktion
- Opbygning og placering
- Hoveddata
- Drift

2. Uheld

- Fareidentifikation
- Konsekvenser
- Fejlanalyse

3. Sikkerhedsforanstaltninger

- Overvågningssystemer
- Kontrolsystemer
- Procedurer
- Konstruktion

4. Konklusion

5. Appendiks

1. Beskrivelse af systemet

Beskrivelsen bør være kort, men klar. Den skal vedlægges en skitse af systemet. Detaljerede oplysninger om systemet kan skrives i appendiks.

Projekt	Navn:	Dato:	Rapportansvarlig:
---------	-------	-------	-------------------

Designansvarlig	Driftansvarlig:
-----------------	-----------------

Formål:

Hvad skal systemet bruges til?

Funktion:

Hvad foregår i systemet?

Opbygning og placering:

Hvordan er systemet bygget op, og hvordan er det placeret i forhold til omgivelserne?

Hoveddata:

De vigtigste data for funktionen og dens opbygning beskrives. Fx systemets størrelse, temperaturforhold, trykforhold, flow, mængden af kemikalier i processen og på lager.

Drift:

Her beskrives systemets drift. Fx hvem kører systemet? Hvor længe kører det? Er der manuelt arbejde ved driften? Ansvarsfordeling?

2. Uheld

Man skal finde og beskrive årsager til og konsekvenser af mulige uheld. Spørgsmålet, som besvares, er hvad der kan ske, hvis der ingen kontrol- og sikkerhedsforanstaltninger er?

Fareidentifikation:

Hvor er de største farekilder? (Farlige stoffer, høj temperatur, højt tryk, kemikalier, emballage osv.). Hvad kan der ske?

Hjælp: Funktionel modellering, FMEA, HAZOP analyse.

Hvis farekilderne synes at være tilstrækkeligt store, så fortsæt til næste rubrik.
Ellers gå til rapportens skema 4: Konklusion.

Konsekvenser:

Hvad er konsekvensen af et uheld med de identificerede farekilder?

Hjælp: Evt. spredningsmodeller og andre konsekvensberegninger.

Hvis farekilderne synes at være tilstrækkeligt store, så fortsæt til næste rubrik.
Ellers gå til rapportens skema 4: Konklusion.

Fejlanalyse:

Kortlægning af mulige fejlforløb, der kan forårsage de identificerede uheld.

Hjælp: Fejltræ, FMEA, menneskelige fejl, HAZOP.

3. Sikkerhedsforanstaltninger

Hvis der i den foregående analyse er identificeret uønskede hændelser med alvorlige konsekvenser, skal følgende skema udfyldes. Ellers gå til rapportens skema 4: Konklusion.

Overvågningssystemer:

Beskriv hvilke overvågningssystemer, der er installeret for at sikre mod uønskede hændelser.

Kontrolsystemer:

Beskriv hvilke automatiske kontrolsystemer, der er i systemet, for at sikre mod uønskede hændelser.

Procedurer:

Beskriv hvilke procedurer, der findes for at sikre mod uønskede hændelser.

Konstruktion:

Er der i konstruktionen af systemet indbygget sikkerhed mod uønskede hændelser. Hvilke krav er der til personligt sikkerhedsudstyr?

4. Konklusion

Konklusion:

Hvilke risici er identificeret? Hvilke afhjælpende og forebyggende foranstaltninger er installeret? Usikkerheden i analysen, manglende data m.m.

Underskrift:

5. Appendiks

Detaljerede oplysninger om systemet, detaljerede tekniske tegninger og andet relevant bilagsmateriale placeres i appendiks.

Bilag

Bilag til hæftet kan downloades fra www.Nul.Arbejdsulykker.dk

Bilag 1: Skemaer til funktionel modellering, FMEA og HAZOP-analyse

Bilag 2: Skemaer til analyserapport

De gode metoder

NUL ARBEJDSULYKKER udgiver 30 metoder til brug i det forebyggende arbejde. Metoderne er anvendt med succes i danske og udenlandske virksomheder. Beskrivelserne er lavet af konsulenter, der har brugt metoderne i praksis. Hæfterne bestilles på kampagnens hjemmeside www.Nul.Arbejdsulykker.dk

1. Sikkerhedsledelse og -politik

- 1.1 Sikkerhedsledelse og sikkerhedspolitik
- 1.2 Sikkerhedsledelse – elementer og arbejdsformer
- 1.3 Forandringsledelse og orkestrering
- 1.4 Målstyring og måldialog

2. Intern sikkerhedsdokumentation og -gennemgang

- 2.1 Intern sikkerhedsdokumentation
- 2.2 Virksomhedens anvendelse og vedligeholdelse af sikkerhedsdokumentation
- 2.3 ISOBAR – intern sikkerhedsgennemgang
- 2.4 “Mønsterarbejdspladsen” – metode til intern sikkerhedsdokumentation

3. Økonomisk vurdering af sikkerhed

- 3.1&2 Økonomisk vurdering af arbejdsulykker

4. Sikkerhedskultur

- 4.1 Ændring af sikkerhedskulturer
- 4.2 Analyse af sikkerhedskulturer

5. Læring af ulykker

- 5.1 Tabsårsagsmodellen
- 5.2 Tripod – metode til læring af ulykker
- 5.3 Sikkerhedsorganisationens værktøj til læring af ulykker

6. Medarbejderinvolvering

- 6.1 Sikkerheds Element Metoden
- 6.2 ERFO – inddragelse af medarbejderne i forebyggelse af ulykker
- 6.3 RIV – inddragelse af medarbejderne i forebyggelse af ulykker
- 6.4 Systematisk orden og ryddelighed, 5*S

7. Sikkerhedstræning

- 7.1 Sikkerhedstræning for ledere
- 7.2. Systematisk sikkerhedstræning i virksomheden
- 7.3 Sikkerhedstræning med fokus på organisatorisk adfærd

8. Identificering af risici

- 8.1 Arbejdssikkerhedsanalyse
- 8.2 Risikovurdering af maskiner og tekniske hjælpemidler
- 8.3 Vejledning i risikoanalyse
- 8.4 Identificering af farekilder og vurdering af ulykkesrisici

9. Krav til leverandører

- 9.1&2 Virksomhedens arbejdsmiljøkrav til maskiner og tekniske hjælpemidler
- 9.3 Kundekrav til tjenesteyderes sikkerhedsarbejde

10. Beredskab

- 10.1 Planlægning af beredskab – herunder beredskabsplan for krisehjælp

Vejledning i risikoanalyse

Hæftet er en vejledning i risikoanalyse. Hensigten er at sætte ikke-eksperter i stand til at analysere et kendt teknisk system. Systemet kan være et helt anlæg, enkelte maskiner eller arbejdsmetoder.

Vejledningen gennemgår fem metoder, der kan indgå i en analyse. For hver metode beskrives formålet, hvornår metoden er hensigtsmæssig at anvende, og hvordan man gør i praksis.

Risikoanalysen sammenfattes i en rapport, hvis struktur og indhold beskrives i et selvstændigt afsnit.

NUL ARBEJDSULYKKER er et kampagnesamarbejde mellem Arbejdstilsynet og Industriens Branchearbejdsmiljøråd koordineret af AT, DI og CO-I.