

Basisbog i Risikovurdering
Risiko ved langtids-
udsættelse

Hensigten med denne basisbog om risiko er at give arbejdsmiljøprofessionelle en bred indføring i områderne risikovurdering og risikohåndtering. Basisbogen indeholder kapitler om risikoforebyggelsens grundbegreber, enkeltpåvirkninger og samtidige påvirkninger.

ami

arbejdsmiljøinstituttet

REDIGERET AF ERIK OLSEN

RISIKOVURDERING I ARBEJDSMILJØET

RISIKO VED LANGTIDSUDSÆTTELSE

BASISBOG



ARBEJDSMILJØINSTITUTTET

Introduktion

DEL I

Risikoforebyggelsens grundbegreber

- Kapitel 1 Farlighed 28
 Kapitel 2 Eksponering 44
 Kapitel 3 Risiko 64
 Kapitel 4 Individuel følsomhed 72
 Kapitel 5 Acceptkriterier 88
 Kapitel 6 Opfattelse og forståelse af risiko 100
 Kapitel 7 Risikokommunikation 106
 Kapitel 8 Risikohåndtering 114

DEL II

Enkeltpåvirkninger

- Kapitel 9 Vibrationer og støj 126
 Helkropsvibrationer 126
 Hånd-armvibrationer 130
 Støj 136
 Kapitel 10 Ioniserende stråling 144
 Kapitel 11 Ikke-ioniserende stråling 160
 Ekstremt lavfrekvente elektromagnetiske felter (ELF) 163
 Radiofrekvent elektromagnetisk stråling (RF) 172
 Kapitel 12 Termiske påvirkninger 176

- Kapitel 13 Ergonomiske påvirkninger 186
 Kapitel 14 Kemisk arbejdsmiljø 202
 Kapitel 15 Indeklima 228
 Kapitel 16 Partikler i indeklimaet 242
 Kapitel 17 Toksiko-kinetiske modeller 250
 Kapitel 18 Samlet kemisk påvirkning 262
 Kapitel 19 Mikrobiologiske påvirkninger 272
 Kapitel 20 Psykosociale påvirkninger 298

DEL III

Samtidige påvirkninger

- Kapitel 21 Risiko ved samtidige påvirkninger 318

DEL IV

SCANDICA A/S

- Kapitel 22 Risikovurdering på SCANDICA A/S 334

Appendiks A 380

Ordlister og definitioner 399

Stikord 415

Erik Holst
Tage Søndergaard
Kristensen
Erik Olsen
Leif Simonsen

Introduktion

Denne bogs tema er risiko i arbejdslivet: Hvordan risiko ved arbejde skal vurderes, kommunikeres og håndteres, dvs hvordan risiko kan forebygges.

Vi udsættes dagligt for risikoen for at pådrage os helbredsskader: i trafikken, ved sportsudøvelse, ved den livsstil vi har valgt mht, hvad vi spiser og drikker, etc. Mange af disse risici er helt personlige valg, andre er risici, som vi er tvunget til at acceptere, i hvert fald delvis. Til sidstnævnte kategori hører de risici, der er forbundet med at arbejde.

Risikovurderinger har længe været benyttet inden for militæret, på kraftværker (især atomkraftværker), på kemiske anlæg og på elektroniske systemer. I de senere år er risikovurderinger også i stigende grad blevet anvendt inden for det ydre miljø og i arbejdsmiljøet. Et væld af artikler og bøger er blevet publiceret af forskellige nationale autoriteter, internationale organisationer og af enkeltstående forskere. Af internationale organisationer kan nævnes: OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), WHO (World Health Organization), ILO (International Labour Organization), UNEP (United Nations Environmental Programme) og den Europæiske Union.

Når så mange aktører har anvendt risikovurdering på så mange områder, kan det måske ikke undre, at litteraturen om risiko udviser et babylonisk virvar i de anvendte ord og begreber. Man fristes til at sige, at hver forfatter har sin egen nomenklatur og sine egne definitioner. I ordlisten bagest i bogen findes en sammenstilling af definitioner for nogle centrale begreber fra en række forskellige kilder og en liste over definitioner af de ord og begreber, som er anvendt i denne bog. Det har ligget forfatterne på sinde at lægge sig tæt op ad, og i hvert fald ikke være i modstrid med, EU's nomenklatur og definitioner. Men EU beskæftiger sig med at regulere farlige kemikalier og maskiner på et generelt niveau, ikke med konkret risikovurdering af enkeltpersoner, virksomheder eller brancher.

Ordene risiko og farlighed er en oversættelse af de engelske

ord "risk" og "hazard". Begge ord stammer fra fransk ("risque" og "hasard"), hvor de to begreber er (næsten) synonyme. "Hasard" kan på fransk desuden betyde tilfældighed (jf "jeu de hasard" = hasardspil)!

På engelsk har de to ord fået en meget forskellig betydning, sandsynligvis fordi man havde behov for to begreber, da de første forsikringsselskaber blev etableret sidst i 1600-tallet. På engelsk blev "hazard" en betegnelse for tingen, det faktuelle, fx et skibsforslis, mens "risk" kom til at betyde sandsynligheden for, at skibet forliste, dvs en beregnet sandsynlighed.

I denne bog anvendes farlighed og risiko, som ordene bliver det på engelsk. Farlighed er en egenskab ved farekilden (kemikaliet, mikroorganismen, det ensidigt gentagne arbejde, det tunge løft, den psykosociale stressor, etc), mens risiko betegner sandsynligheden for, at farligheden kommer til udtryk i form af en helbredsskade. Bogens model for risiko er angivet i tabel 1.

Risikoforebyggelse består af tre hovedelementer: risikovurdering, risikokommunikation og risikohåndtering.

RISIKOVURDERING (sandsynlighed og alvorlighed)

Risikokarakterisering (alvorlighed)

Risikoestimering (sandsynlighed)

RISIKOKOMMUNIKATION

RISIKOHÅNDTERING

Tabel 1. Risikoforebyggelse i arbejdsmiljøet.

Risikovurdering

Risikovurdering er en sammenholdning af sandsynligheden for helbredsskade med konsekvenserne af skaden, dvs hvor alvorlig den er. Fig. 1 viser modellen for risikovurdering.

Risikovurderingen kan tage sit udgangspunkt i en eller flere påvirkninger, hvis potentielle risiko (farlighed) ønskes vurderet, eller i en konkret vurdering af enkeltpersoner eller mindre grupper, hvis risiko skal vurderes på baggrund af kendte risikofaktorer.

Modellen er den model, som EU anvender til generel risikovurdering af farekilder/potentielle risikofaktorer, såsom et bestemt kemikalie eller en bestemt mikroorganisme, en bestemt



Figur 1. Model for risikovurdering.

Modellen er den, der bl.a. anvendes inden for EU. Først indsamling af information til vurdering af hhv farlighed og eksponering. Herudfra estimeres risiko, som derefter karakteriseres. Resultatet er en klassifikation af stofferne, afhængigt af tonnage. For nye stoffer¹ er klasserne: 1. Der er ikke umiddelbart grund til bekymring, ingen grund til at tænke på stoffet før næste tonnage-grænse. 2. En gruppe, hvorom der bør indsamles yderligere information og bør tænkes på, efter at næste tonnage-grænse er passeret. 3. En gruppe stoffer, hvorom man straks bør genoptage informationsindsamlingen. 4. En gruppe af stoffer, for hvilke man straks bør udarbejde anbefalinger til en reduktion af risiko. Eksisterende stoffer inddeles efter: A. Ingen umiddelbar brug for yderligere information. B. I øjeblikket ikke brug for yderligere information og/eller afprøvninger; ingen brug for at reducere risiko ud over, hvad der allerede er gjort. C. Risiko må begrænses.

1) I EU-sprog er nye stoffer stoffer, som er markedsført efter 1983. Hvis et stof er markedsført før 1983, betegnes det som et eksisterende stof.

maskintype, det ensidigt gentagne arbejde, den fysiske stressor, etc. Man undersøger, hvilke effekter farekilden kan forårsage, og bestemmer dens potens. Denne farlighedsvurdering sammenholdes med mulige udsættelser, som de findes dokumenteret fra målinger eller beregnet ud fra eksponeringsmodeller. EU's risikomodel er en generel model, der er velegnet til regulering af fx kemiske stoffer.

Når man skal foretage en risikovurdering på konkrete arbejdspladser, skal modellen læses anderledes: Farlighedsvurderingen foreligger, fx i form af en grænseværdi. Man tager sit udgangspunkt i en person eller grupper af personer, der er udsatte for den (de) samme risikofaktor(er). Det kan være ansatte i en virksomhed, eller som arbejder i en bestemt branche. Det kan også være grupper med et fællestæk, fx at de arbejder på skiftehold, har fysisk belastende arbejde eller er gravide, etc.

Udgangspunktet er ofte en identifikation af farekilder på den/de arbejdsplads(er), hvor risikovurderingen skal finde sted: Findes der fx dichlormethan på arbejdspladsen? Farligheden af en sådan farekilde er som regel kendt på forhånd, fx har dichlormethan en grænseværdi.

Risikovurderingen foretages ved at sammenholde farlighed,

eksponering og sårbarhed, hvilket giver risikoen (sandsynligheden) for en helbredsskade. Risikokarakteriseringen består i at sammenholde risikoen med konsekvensernes alvorlighed. I arbejdsmiljøet kan konsekvenser ofte, men ikke altid, vurderes ud fra grænseværdier eller andre acceptkriterier.

For mange arbejdsmiljø-professionelle vil risikovurdering have en anden vinkel end den, de normalt betragter arbejdsmiljøet fra. Kort beskrevet er risikovurdering det, en forsikringsmand vil foretage, når han skal beregne, hvad en virksomhed skal betale i præmie for at forsikre sine ansatte. Han estimerer sandsynlighederne for, at der opstår helbredsskader, idet han tager hensyn til eventuelle sårbare individer blandt de ansatte og sammenholder sandsynlighederne med, hvor alvorlige eventuelle skader vil blive. Sammenligningen halter naturligvis på det sidste punkt, fordi forsikringsmanden kun betragter alvorlighed som den sum penge, hans selskab måske skal udrede i erstatning.

Farlighed (Hazard)

Vurdering af farlighed er en proces, hvor de forskellige elementer, der behandles under farlighedsanalysen, sammenstilles og vurderes. Resultatet kan fx være et udsagn om den potentielle risiko ved et stof, en fysiologisk påvirkning eller en situation, der er psykisk belastende.

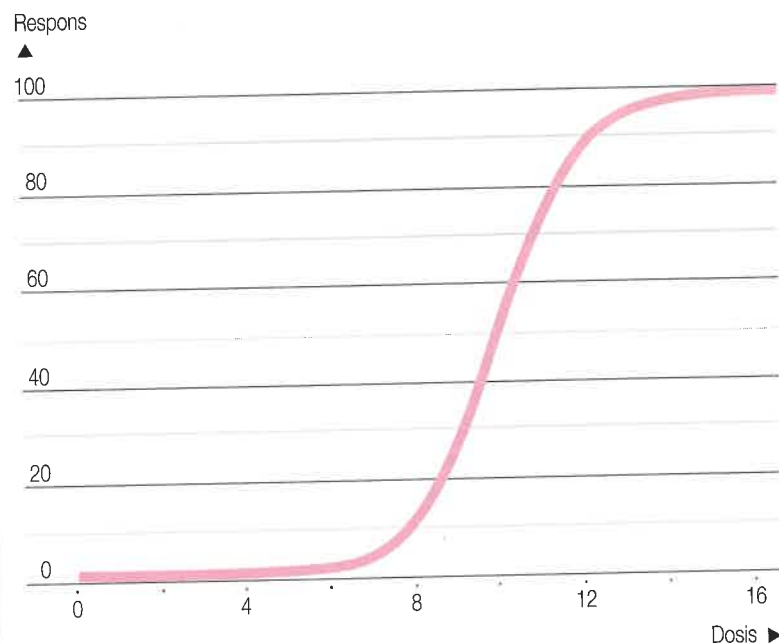
Farlighedsanalysen er en proces, hvor farekilden opdeles i enkeltdele, der kan undersøges hver for sig. Ideelt set undersøges også, om der er relationer mellem enkeltdele, fx om udsættelse for visse organiske stoffer forstærker skadevirkningen af støj.

Efter at farligheden er erkendt, kan dens potens vurderes. Ved potens forstås fx, hvor lille en dosis af et toksisk kemikalie der skal til for at udløse en helbredsskade i et givet organ, eller hvor få mikroorganismer der kan forårsage en infektion.

Potens kan bestemmes ordinalt (fx som enten lav, middel eller stor farlighed) eller kvantitativt. Kvantitative mål for farlighed kan være udtrykt som NOEL (No Observed Effect Level), LD₅₀ (Letal Dosis for 50% af forsøgsdyrene), antallet af tunge løft pr dag, der giver skade, eller som en dosis-effekt/respons sammenhæng. Fig. 2 viser et eksempel på en dosis-respons sammenhæng for en population, dvs at responset måles som procenten af udsatte, der bliver syge som funktion af dosis. En sådan kurve kan også tolkes som gældende for et hypotetisk gennemsnitsindivid. Ordinataksen bliver så sandsynligheden for en effekt.

Farlighedsvurderingen foretages på baggrund af en tolkning af farlighedsanalysens data under hensyntagen til datakvaliteten.

Figur 2. Dosis-respons relation. Dosis-respons kurve. Respons er fx procent syge i risikobefolkningen som funktion af deres eksponering. Eksponeringsmålet er i arbitrære enheder.



Eksponering (Exposure)

En farekilde udgør ikke nogen risiko, hvis ingen udsættes for den. Et klassisk eksempel er brugen af kaliumcyanid (cyankali-um) i den galvaniske industri. I surt miljø frigør kaliumcyanid den dødelige giftgas hydrogencyanid, der stopper iltomsætningen på celleniveau. Men undlader man at behandle kaliumcyanid med syre og lader være med at spise det, så det kommer i kontakt med mavesyren, så eksponeres man ikke for hydrogencyanid. Kaliumcyanid er en farekilde, men ikke en risikofaktor, hvis det omgås rigtigt.

Eksponeringsvurderingens resultat er et udsagn om eksponeringen for en farekilde (fx gennemsnitskoncentrationen) for en person eller en gruppe af personer, i et givet tidsrum.

Menneskets totale eksponering for kemikalier er summen af, hvad de udsættes for på arbejdspladsen, og hvad de udsættes for uden for arbejdspladsen, dvs på offentlige steder, under transport og i hjemmet. For effekten er det ligegyldigt, om der er tale om erhvervsmæssig eller ikke-erhvervsmæssig eksponering. I princippet bør der altid foretages en total beregning baseret på koncentration og tid tilbragt i de forskellige miljøer.

Hvis man antager, at man opholder sig på offentlige steder 1

Stof	GV mg m ⁻³	Offentlige steder µg m ⁻³	Hjem µg m ⁻³	Transport µg m ⁻³	TWAC µg m ⁻³	Dosis ¹⁾ pr år mg	Forhold ²⁾
Toluen	94	51	44	88	47	339	426,6
Ozon	0,2	47	6	59	12	83	3,7
Formaldehyd	0,4	40	100	70	95	683	0,9
Styren	105	8	2	8	3	20	8.276,8

¹⁾ Baseret på 220 arbejdsdage pr år. 7 timers arbejdsdag.

²⁾ Forhold = (dosis pr år erhvervsmæssigt ved en eksponering på GV)/(dosis pr år ikke-erhvervsmæssigt). Den erhvervsmæssige dosis er beregnet som en maksimal dosis, dvs at det antages, at man er eksponeret for koncentrationer svarende til grænseværdien i hele arbejdstiden. GV er grænseværdi, TWAC er den tidsvægtede eksponeringskoncentration.

Tabel 2. Erhvervsmæssig og ikke-erhvervsmæssig eksponering for nogle kemiske stoffer.

time pr døgn, og at transporttiden er 1 time pr døgn på dage, hvor man arbejder, så bliver der 15 timer, hvor man opholder sig i hjemmet, hvis arbejdstiden er 7 timer pr dag. Derudover skal der tages hensyn til ferie, lørdag-søndage og helligdage.

I tabel 2 er vist beregninger af, hvor stor en dosis man typisk får ikke-erhvervsmæssigt over et år under de angivne forudsætninger. I den sidste kolonne er beregnet forholdet mellem den maksimalt accepterede erhvervsmæssige dosis og den ikke-erhvervsmæssige dosis. Ved maksimal erhvervsmæssig dosis menes den dosis, man ville få, hvis man arbejdede i koncentrationer, der svarede til grænseværdien i hele arbejdstiden.

Risiko (Risk)

Risikoestimeringen er en "objektiv" proces, hvor tilstedeværelsen af en farekilde sammenholdes med eksponering og personernes sårbarhed. Analysens resultat er et udsagn om risiko, dvs sandsynligheden for en effekt, gældende for en person eller en gruppe af personer i et givet tidsrum og under specificerede omstændigheder. Anderledes, og mere generelt, udtrykt: Risiko er en betinget sandsynlighed.

Det er vigtigt at understrege, at risiko kun er et udsagn om sandsynligheden for en hændelse, ikke om alvoren og konsekvensen af hændelsen. Resultatet er i bedste fald et resultat i form af et mere eller mindre nøjagtigt tal, fx forventet antal syge pr 100.000 beskæftigede pr år eller en sandsynlighed for, at en hændelse indtræffer for en gennemsnitsperson.

Der kan skelnes mellem pludseligt opståede hændelser og

dynamiske hændelser, hvor der i sidstnævnte indgår en tidsfaktor. Pludseligt opståede hændelser behandles i den "klassiske" risikoteori, som omhandler momentant eller næsten momentant indtræffende hændelser, såsom eksplosionsulykker, nedsmeltning af kernekraftværker, flykatastrofer, etc. I denne bog behandles kun dynamiske risici.

Risiko og kausalitet

Risiko er defineret som sandsynligheden for en skadelig effekt under visse omstændigheder. Ordet effekt antyder, at der er tale om et årsags-virkningsforhold, et kausalt forhold.

Hvis en person styrter ned fra et bygningsstillads fra stor højde, bliver personen kvæstet eller dræbt. Man kan tale om determinisme: Årsagen A (faldet) medfører effekten B (kvæstelse/død).

Inden for risikovurdering i arbejdsmiljøet er der, når der er tale om langtidspåvirkninger, behov for en definition af årsager, der medtager sandsynlighed. En årsag defineres derfor i denne bog som: A er årsag til B, hvis tilstedeværelsen af A øger sandsynligheden for B.

Der kan være mange årsager, som fører til en given effekt; man taler i så fald om multipel ætiologi (se ordliste). Fig. 3 viser et eksempel, hvor en række årsager øger sandsynligheden for effekten lænderygbesvær.

Figur 3. Multipel ætiologi. Mange forskellige påvirkninger fører til én sygdom.

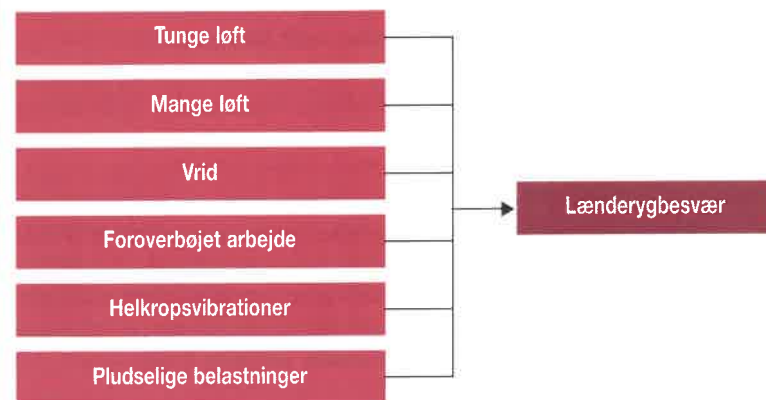
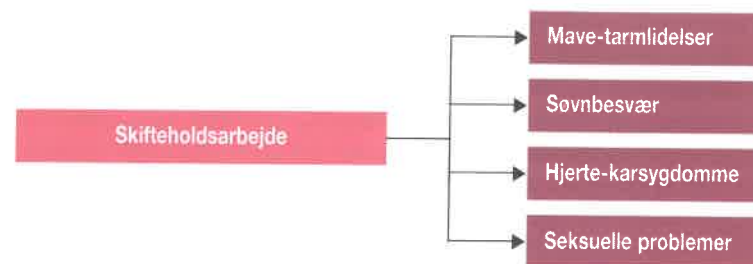
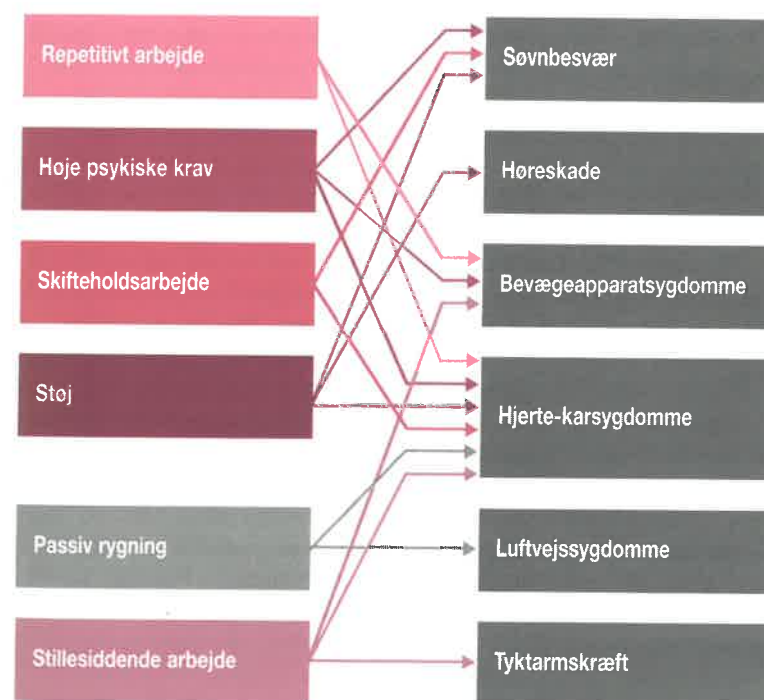


Fig. 4 illustrerer, at der også kan være multiple effekter af udsættelse for en enkelt risikofaktor, her faktoren skifteholdsarbejde, som øger sandsynligheden for en række effekter. Fig. 5 illustrerer relationen mellem multiple årsager og multiple effekter.



Figur 4. Multiple effekter. En påvirkning har mange effekter.



Figur 5. Multipel ætiologi, multiple effekter. Mange forskellige påvirkninger fører til en hel række sygdomme.

Risikomål

Relativ risiko

Ved visse epidemiologiske undersøgelser inddeler man undersøgelsespopulationen i to grupper: en gruppe, der er eksponeret, og en gruppe, der ikke er eksponeret. Effekten af eksponeringen kan estimeres ved en incidens-rate-ratio, dvs forholdet mellem hyppigheden af syge pr tidsenhed i de to grupper.

Med et χ^2 -test kan man teste, om en observeret overhyppighed kan skyldes tilfældige variationer:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\text{observeret antal} - \text{forventet antal})^2}{\text{forventet antal}} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - E(x_i))^2}{E(x_i)}$$

hvor x_i er en observation af sygdommen, og $E(x_i)$ er forventningsværdien. For en tovejstabel (eksponeret/ueksponeret; syg/ikke syg), vil en χ^2 -værdi på over 3,84 angive, at sandsynligheden for, at en funden association skyldes en tilfældighed, er mindre end 5% ($p < 0,05$), under nulhypotesen: at det observerede antal er lig det forventede antal.

Incidens-rate-ratioen kaldes ofte den relative risiko (RR), fordi den antages at angive forholdet mellem sygdomsrisikoen i den eksponerede og den ueksponerede gruppe. For at oversætte incidens-rate-ratio til relativ risiko må man antage en kausal sammenhæng mellem eksponering og effekt, samt fravær af bias og konfoundere.

Den relative risiko er, som det ses, et populationsmål, som ikke umiddelbart kan bruges på individ-niveau. En høj relativ risiko angiver ikke nødvendigvis, at en eksponering er farligere for individet end en eksponering, som man har fundet en lav relativ risiko ved. Det afhænger af incidensen af sygdommen i den ueksponerede gruppe.

En høj RR-værdi er nemlig ikke nødvendigvis tegn på, at der er stor fare. Hvis risikoen hos de ueksponerede er meget lav (fx for en meget sjælden sygdom som blodkræft (leukæmi)), så vil selv en tidobling af risikoen ($RR = 10$) stadigvæk betyde, at risikoen er lav. Faktisk er risikohåndtering på grundlag af RR nok den mest udbredte form for misforstået risikohåndtering.

Hvad der direkte relaterer sig til risiko på individ-niveau, er absolut risiko.

Enkeltindividets risiko: Den absolutte risiko

Hvis vi ser på eksponerede og ueksponerede personer, så er det risiko-differencen (den absolutte risiko hos de eksponerede minus den absolutte risiko hos de ueksponerede), der er det

relevante risikomål. Hvis den absolutte risiko for en sygdom er høj hos de ueksponerede (fx lænderygbesvær), så vil selv en RR, der er så lav som 1,5, give en ret stor øgning af den absolutte risiko. Omvendt, hvis den absolutte risiko er lav. Et eksempel er tobaksrygnings betydning for hhv lungecancer og blodprop i hjertet (IHS). RR for lungecancer hos rygere er ca 10, mens RR for IHS er ca 2,5. Alligevel øger en ryger sin risiko for blodprop mere end vedkommende øger sin risiko for lungecancer, idet risikoen for IHS hos ueksponerede er høj, mens den er meget lav for lungecancer.

Risiko for grupper af individer: Den ætiologiske fraktion (Attributable risk eller Population attributable risk)

Det engelske udtryk attributable risk er dårligt allerede af den grund, at der *ikke* er tale om en risiko, men om en andel. Den ætiologiske fraktion defineres som den andel af en given sygdoms forekomst, der ikke ville være forekommet, hvis personerne ikke havde været eksponeret. Man kan også sige, at det er den andel, der kunne forhindres ved at fjerne ekspositionen. Ætiologisk fraktion er det relevante risikomål set fra et overordnet samfundsmæssigt synspunkt. Den ætiologiske fraktion er behandlet i ordlisten.

Den ætiologiske fraktion er et produkt af to faktorer: den relative risiko og andelen af eksponerede. Det fremgår heraf, at vi kan få en stor ætiologisk fraktion, enten hvis RR er høj, eller hvis der er mange eksponerede.

Ofte vil den enkelte eksponerede kun have lidt at vinde, ved at eksponeringen fjernes, mens gevinsten vil være betydelig set fra et samfundsmæssigt synspunkt.

Kendte eksempler er dels, at den ætiologiske fraktion for hjerte-karsygdomme i Danmark forårsaget af arbejdsmiljøet er 16% for mænd og 24% for kvinder, og dels, at tobaksrygning er skyld i 85% af alle lungecancertilfælde. Det er vigtigt at være klar over, at summen af ætiologiske fraktioner vil være over 100%. Fx er tobaksrygning "skyld i" ca 85% af lungecancertilfældene, mens arbejdsmiljøet i mange lande er "skyld i" ca 30%. Dertil kommer så ydre miljø, stråling mv. At summen bliver over 100%, svarer til, at den enkelte sygdom kan forebygges på flere måder.

Risikoopfattelse

Folk i almindelighed fokuserer mere på konsekvenser end på sandsynlighed. Det er fx kendt, at mange flere mennesker er bange for at flyve, end der er mennesker, der er bange for at

køre i bil. Det til trods for, at risikoen for at omkomme ved et biluheld, målt pr transporteret kilometer, er langt større end risikoen for at blive dræbt ved et flystyrt.

Tabel 3 viser den årlige risiko i en til en 100.000 for at dø ved en række aktiviteter. Det bemærkes, at tallene er fra USA.

Tabel 3. Årlig risiko for at dø i forbindelse med nogle aktiviteter og eksponeringer.

Aktivitet/eksponering	Årlig risiko (antal døde pr 100.000 personer "at risk")
Kørsel på motorcykel	2000
Alle årsager, alle aldre	1000
Rygning (alle årsager)	300
Rygning (kræft)	120
Brandslukning	80
Arbejde i kulminer	63
Arbejde i landbrug	36
Brand	2,8
Chloreret drikkevand	0,8
90 g hårdstegt bœf pr dag (PAH'er)	0,5
Oversvømmelse	0,06
Lynnedslag	0,05
Ramt af en meteorit	0,000006

Uddrag fra Slovic P: Informing and Educating the Public About Risk. Risk Analysis 1986;6:403-15.

Usikkerheden i tallene er meget forskellig; nogle er baseret på data indsamlet af forsikringsselskaber, andre er baseret på eksperimentelle data for dyr. Data er derefter omregnet, så de gælder mennesker. Alligevel kan tallene give nogen indsigt i sandsynligheder for meget sjældne hændelser.

Det fremgår også af litteraturen, at hvis farekilden er ukendt, vurderer lægfolk risikoen til at være større, end eksperter gør. Desuden påvirkes lægfolks risikoopfattelse af, om de mener, at de kan kontrollere risikoen, og endelig påvirkes risikoopfattelsen af, om udsættelsen for risikoen sker frivilligt eller ufrivilligt.

Acceptkriterier

I den "klassiske" risikoteori tales om, at en aktivitet har acceptabelt eller uacceptabelt risikoniveau set i forhold til, hvad der

opnås ved aktiviteten. Forskellige personer og organisationer har forskellige opfattelser af både risiko og gevinst, og opfattelserne ændrer sig over tid. Desuden sker det ofte, at man må sammenligne to eller flere risici, selv om de er usammenlignelige i logisk forstand.

Karakterisering af risiko er en process, hvor risiko bedømmes ud fra elementer, der ikke alle altid kan være videnskabelige/objektive. Det er ikke pinligt, at beslutninger tages ud fra både politiske og videnskabelige elementer, men det er vigtigt, at det er gennemskueligt, hvad der er videnskabelige/objektive beslutningsgrundlag, og hvad der er "politiske" valg.

Rent formelt kan alvorlighed af helbredsskader, som opstår under arbejde, "måles" ved grænseværdier, men også kun formelt. Ideen med at anvende grænseværdier i arbejdsmiljøet er, at de er et operationelt værktøj til at beskytte mod *alle* skader. De baseres derfor på den effekt, der opstår ved den laveste dosis (den kritiske effekt).

Risikokommunikation

Resultaterne af risikovurderingen og/eller risikokarakteriseringen må formidles, hvis der skal være mening med at udføre dem. Risikokommunikation kan foregå på mange måder, rangerende fra at sætte et faremærke på en dåse maling og til, at en fagmand lader sig interviewe i fjernsynet. For at kommunikationen skal være effektiv, må budskabet tilpasses mediet og den, kommunikationen er rettet mod.

Risikohåndtering (Risk Management)

Risikohåndtering består af en række handlinger, hvis tilstræbte resultater er holdningsændringer og kontrol, reduktion eller elimination af risiko.

Risikohåndtering må, ligesom risikokommunikation, afpasses efter, hvem den er rettet mod. Især er det vigtigt at skelne mellem, om man henvender sig til dem, der er udsatte, dem, der styrer produktionen, eller dem, der skal forebygge.

En oversigt over elementerne i risikoforebyggelse er vist i tabel 4.

Analyse/input	Syntese/proces	Resultat af processen
Farlighedsanalyse: LD ₅₀ , LC ₅₀ , NOEL Dosis-respons sammenhænge	Farligheds- vurdering	Udsagn om en farekildes potentielle muligheder for at skade mennesker Acceptkriterier
Analyse af arbejdsplads	Arbejdsplads- beskrivelse	Udsagn om, hvilke farekilder der er til stede på arbejdspladsen/pladserne
Eksponeringsanalyse: Eksponeringskoncentration Eksponeringstid Toxico-kinetik	Eksponerings- vurdering	Udsagn om eksponeringen af en person eller en gruppe af personer
Risikoanalyse: Arbejdspladsanalyse Eksponeringsanalyse Sårbarhed Acceptkriterier	Risiko-estimering (beregning)	Udsagn om sandsynligheden for en given skadelig effekt af eksponering, inden for et givet tidsrum, under de givne omstændigheder
Risiko (sandsynlighed) Konsekvens (alvorlighed, acceptkriterier)	Risiko- vurdering	Udsagn om både sandsynlighed for og alvorligheden af eksponering
Risikovurdering Andre kriterier, fx økonomiske, gennemførlighed, etc	Beslutningstagning	Udsagn om risikokarakteriseringen set i forhold til fx økonomi, gennemførlighed og effekten af tiltag til risiko-kontrol, -reduktion eller -elimination
Viden, medier	Risiko- kommunikation	Udbredelse af kendskab til en risiko
Organisation Beherskelse af kommunikationskanaler	Risiko- håndtering	Holdningsændringer Risikokontrol, -reduktion og -elimination

Tabel 4. Risikoforebyggelse i arbejdsmiljøet.

Datakilder

Når man skal foretage en risikovurdering, findes der en række datakilder, man kan trække på. Data er fremskaffet eller kan fremskaffes med forskellige metoder og har derfor forskellig validitet, fx:

- ◆ epidemiologiske undersøgelser (risiko)
- ◆ kontrollerede biologiske forsøg (farlighed)
- ◆ in vivo dyreforsøg, specielt dosis-respons forsøg (farlighed)
- ◆ in vitro forsøg med celle- og vævskulturer (farlighed)
- ◆ strukturaktivitetsrelationer (SAR) (farlighed)
- ◆ eksponeringsvurdering/modellering (eksponering)
- ◆ almindelig menneskelig erfaring (farlighed, eksponering, risiko).

Den antydede rangordning efter den lødighed, som informationerne kan forventes at have, ændres tit pga datakvaliteten. Brug af disse metoder er illustreret i følgende konstruerede eksempel. Styren vil her blive anvendt til at illustrere visse elementer af risikovurderingen.

Eksempel

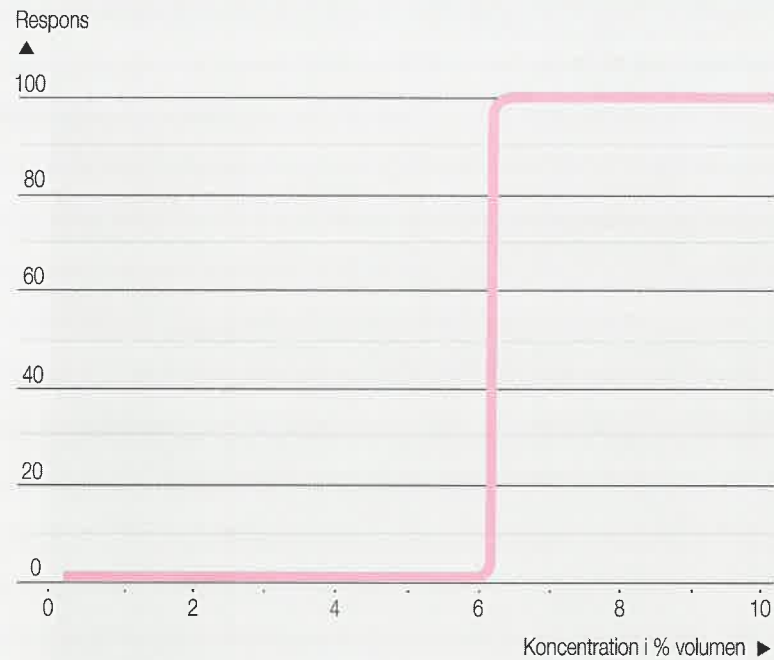
	Effekt	Metode	Eksponeringsmål
A1	Hovedpine	Erfaring	Dosis/tid Koncentration Eksponeringstid
A2	Forgiftning	Erfaring	Dosis/tid Koncentration Eksponeringstid
A3	Hjerneskode	Epidemiologi Dyreforsøg Celle- og vævskulturer, SAR	Dosis/tid Eksponeringstid
A4	Kræft	Epidemiologi Dyreforsøg Celle- og vævskulturer, SAR	Dosis/tid Dosis
A5	Hørenedsættelse	Epidemiologi Dyreforsøg	Dosis/tid
B	Ekspllosion	Erfaring SAR	Koncentration

Tabel 5. Effekter, metoder og eksponeringsmål for risikovurdering af styren.

I tabel 5 ses, at en hændelse af type B er af en anden type end de 5 hændelser af type A. Hændelse B er en hændelse uden tidsdimension: Hvis koncentrationen af styren i luft er over stoffets nedre eksplosionsgrænse på 6,1 volumenprocent (hvilket kan ske ved temperaturer over 32°C), og hvis iltkoncentrationen er over 13,7 volumenprocent, og hvis der er en energikilde til til stede med en temperatur over stoffets selvantændelsestemperatur på 490°C, så sker der en eksplosion uden nævneværdig forsinkelse. Hvis blot én af betingelserne ikke er opfyldt, sker der ingen eksplosion, uanset hvor længe man venter. Fig. 6 viser en koncentration-respons funktion for en hændelse af type B. Sml med fig. 2. Hændelserne af type A skal normalt have en række faktorer til at "passe" sammen, før hændelserne udløses - inkl. en tidsfaktor, der måske skal regnes i år eller årtier.

A-hændelserne kan formuleres på forskellig vis, fx kan hændelse A1 formuleres som "hovedpine efter hver arbejdsdag" eller "hovedpine en gang om ugen". Tilsvarende kan hændelse A2 formuleres som "hjerneskode efter a års ansættelse" eller "hjerneskode efter eksponeringsdosis på mindst b enheder pr dag inden for en tidsperiode på c år".

Ved at hændelser formuleres på denne måde, kan den største acceptable dosis bestemmes ud fra et acceptkriterium. Hvis vi tager eksemplet med



Figur 6. Statisk risiko. Nedre eksplosionsgrænse for styren. Hvis koncentrationen af styren i luft er over stoffets nedre eksplosionsgrænse på 6,1 volumenprocent (hvilket kan ske ved temperaturer over 32 °C), og hvis iltkoncentrationen er over 13,7 volumenprocent, og hvis der er en energikilde til stede med en temperatur over stoffets selvantændelsestemperatur på 490 °C, så sker der en eksplosion uden nævneværdig forsinkelse. Hvis blot én af betingelserne ikke er opfyldt, sker der ingen eksplosion, uanset hvor længe man venter. Figuren viser en koncentration-respons funktion for en hændelse af type B. Sml med fig. 2.

hovedpine, kan et acceptkriterium formuleres som "højst hovedpine én dag for hver n arbejdsdage".

Da antallet af dage med hovedpine inden for n dage med rimelig tilnærmelse kan antages at være binomialt fordelt:

$$P(Y_{A1,n} \leq 1) = \sum_{i=0}^1 \binom{n}{i} p_{A1}^i (1-p_{A1})^{n-i} \leq 1-\alpha$$

hvor $Y_{A1,n}$ er antal dage med hovedpine inden for n dage, p_{A1} er sandsynligheden for hovedpine efter en arbejdsdag, og $(1 - \alpha)$ er den ønskede sikkerhed for opfyldelse af det valgte risikokriterium. Ved at der vælges værdier for n og α , kan p_{A1} bestemmes ud fra ligningen, hvorefter den tilsvarende dosis bestemmes ud fra dosis-respons sammenhængen: $p_{A1} = f(\text{dosis})$. Fx kan det kræves, at sandsynligheden for *ikke* at få hovedpine skal være større end 95%, dvs at sandsynligheden for at få hovedpine er mindre end 5% ($\alpha = 5\%$).

Processerne i risikomodellen er beskrevet mere detaljeret i de enkelte afsnit i Del I, som behandler risiko med udgangspunkt i: farlighed, eksponering, risiko og sårbarhed; så risikoopfattelse og acceptkriterier. Derefter risikokommunikation og risikohåndtering.

Del II tager sit udgangspunkt i de enkelte farekilder, med praktiske eksempler fra arbejdspladser. Del II er inddelt i kapitler efter farekilderne. Hvert kapitel er opbygget analogt med Del I, således at de enkelte kapitler først behandler farlighed, eksponering og risiko, og derefter følsomhed, acceptkriterier mv.

Del III beskriver risiko ved samtidige påvirkninger, hvor en række eksempler på antagonistisk, additiv, promoverende og synergistiske virkninger gennemgås.

Endelig demonstreres i Del IV, vha et stort eksempel, hvordan risikomodellen kan anvendes i praksis.

I Appendiks A findes en samling af statistiske modeller, og bogen afsluttes med en ordliste samt en sammenstilling af 9 referencers definitioner.

Der bliver lagt stor vægt på kvaliteten af data til risikovurdering. Dels fordi datakvalitet altid er vigtig, dels fordi data, der skal anvendes i risikomodellen, ofte har store usikkerheder, og dels, og især, fordi datakvaliteten er svær at kontrollere.

DEL I Risikoforebyggelsens grundbegreber

- Kapitel 1 Farlighed 28
- Kapitel 2 Eksponering 44
- Kapitel 3 Risiko 64
- Kapitel 4 Individuel følsomhed 72
- Kapitel 5 Acceptkriterier 88
- Kapitel 6 Opfattelse og forståelse af risiko 100
- Kapitel 7 Risikokommunikation 106
- Kapitel 8 Risikohåndtering 114

Leif Simonsen
 Vilhelm Borg
 Nils Fallentin
 Lisbeth E. Knudsen
 Torsten Skov
 Gisela Sjøgaard

Farlighed

Baggrund

De fleste har en forestilling om, hvad der ligger bag begrebet farlighed. Således er alle enige om, at det er farligt at køre i den forkerte retning på en motorvej. Enigheden hører ofte op, hvis man påstår, at det ligeledes er farligt at sidde på et kontor i et højhus i Danmark, fordi huset *kan* styrte sammen, hvis der kom et jordskælv. De fleste vil uvilkårlig indvende, at det er der ikke store chancer for her i landet. Dvs, at de indregner sandsynligheden for, at en hændelse finder sted, når de skal vurdere en fare.

I risikoanalysen derimod, skiller man de iboende (potentielle) egenskaber ved en påvirkning (fx et kemisk stof, en mikroorganisme eller en psykisk påvirkning), påvirkningens farlighed, fra sandsynligheden for, at den giver uønskede effekter (påvirkningens risiko).

Farlighedsidentifikation omfatter en beskrivelse af konsekvensen af en påvirkning under særlige kontrollerede omstændigheder, ofte tilrettelagt i laboratorier og med henblik på, i forenklet form, at efterligne scener fra det virkelige liv. Der kan fx være tale om en beskrivelse af, hvilke effekter et givet kemisk stof fremkalder hos forsøgsdyr.

I farlighedsidentifikationen indgår ofte tillige en kvantifikation af farligheden, dvs en beskrivelse af sammenhængen mellem dosis og respons, fx hvor meget af et givet stof der skal til, for at 50% af de doserede dyr dør (Letal dosis for 50%, LD₅₀), hvor høj en koncentration dyrene kan udsættes for, uden at der kan registreres en effekt (No Observable Adverse Effect Level, NOAEL), eller hvor lav den dosis er, der netop kan fremkalde en målelig effekt (Lowest Observable Adverse Effect Level, LOAEL). Farlighedsidentifikationens resultater danner sammen med data om faktisk eller forventet eksponering de centrale elementer i risikovurderingen, hvor sandsynligheder for og konsekvensen af givne hændelser, fx eksponering for et farligt kemisk stof, analyseres og beskrives.

Processen med at frembringe data om de iboende egenskaber ved en given påvirkning benævnes her farlighedsidentifikation. Målet er at karakterisere farlighed og at vurdere, om stoffet er farligt, og at fastlægge dets potens, hvis det er farligt. Dette forudsætter, at der tilvejebringes data om de aktuelle situationer.

Gennemgangen af farlighedsbegrebet tager her udgangspunkt i toksikologien med kemiske stoffer som eksempel. Det skal imidlertid betones, at det også gælder for andre faktorer, fx fysiske påvirkninger som støj og varme samt ergonomiske, psykologiske og mikrobielle belastninger. Særlige forhold omkring farlighedsidentifikation for disse faktorer vil blive gennemgået som en række eksempler sidst i kapitlet.

Definitioner

Farlighed (hazard)

De iboende egenskaber ved en påvirkning (fx et kemisk stof, en mikroorganisme, en fysisk eller psykisk påvirkning), som gør, at den potentielt kan forvolde skade på mennesker.

Farlighedsidentifikation (Hazard identification)

Identifikation af de skadelige påvirkninger eller kombinationer heraf.

Dosis-respons relationer (Dose-response relationship)

Sammenhængen mellem dosis og hyppigheden (incidensen) af en defineret biologisk effekt i en eksponeret population.

Dosis-respons kurve

Graf af relationen mellem dosis og den brøkdelen af individer i en population, der responderer med en alt-eller-intet effekt.

Dosis-effekt relationer (Dose-effect relationship)

Sammenhængen mellem dosis og størrelsen af en kontinuert graderet effekt, enten i et individ, i en population eller i en gruppe forsøgsdyr.

Dosis-effekt kurve

Graf af relationen mellem dosis og størrelsen af de fremkaldte biologiske ændringer målt i passende enheder.

Kemiske påvirkninger

Risikoen fra kemiske stoffer i arbejdsmiljøet identificeres på grundlag af analyse af to sæt data. Ét sæt beskriver stoffernes iboende egenskaber og deres potens (dosis-effekt), og ét sæt beskriver eksponeringen under arbejdet med stoffet.

Ud fra data om et givet stofs iboende egenskaber kan det klarlægges, om der er en fare forbundet med stoffet, og i givet fald hvori denne består, kan stoffet fx fremkalde kræft? Er det neurotoksisk eller allergifremkaldende? Denne proces betegnes fareidentifikation.

Arten af uønskede effekter og potensen giver den toksiske profil

Informationer om uønskede effekter af kemiske stoffer, eller med andre ord informationer om deres toksiske profil, opnås ved flere forskellige undersøgelser. Disse kan inddeles i fire hovedgrupper:

- ◆ epidemiologiske undersøgelser og eksperimenter på mennesker samt analyse af enkelttilfælde (cases)
- ◆ undersøgelser på dyr (*in vivo*)
- ◆ undersøgelser på vævs- og cellekulturer fra dyr og mennesker (*in vitro*)
- ◆ strukturaktivitet relationer (SAR/QSAR).

For at vurdere data for et stofs toksicitet er det nødvendigt med informationer om både arten af mulige uønskede effekter og om dosis-respons/effekt relationer. Informationer om stoffets toksicitet må vurderes omhyggeligt. Ofte foreligger der kun data fra undersøgelser på dyr, der har været eksponeret i kortere tid og for højere koncentrationer end dem, mennesker vil blive eksponeret for. Er der ingen informationer om effekter på mennesker til rådighed - og dette vil specielt altid gælde, når der er tale om nye stoffer - vil risikovurderingen skulle baseres udelukkende på data fra dyreforsøg.

Mål og dosis skal være afpassede

De ovenfor nævnte undersøgelsesmetoder vil som regel kun afdække de uønskede effekter, der specifikt søges efter. Når et

stofs mulige uønskede helbredseffekter vurderes, bør det tages i betragtning, at de foreliggende undersøgelser kan være begrænsede og kun dækker en del af de mulige farlige egenskaber ved stoffet. På den anden side må man også gøre sig klart, at uønskede effekter kan fremkaldes med næsten alle stoffer, når blot dosis er tilstrækkelig høj.

Uønskede effekter observeret i dyreforsøg er af stor værdi for farlighedsidentifikationen og dermed for en senere risikovurdering. Men værdien er afhængig af, om der tages hensyn til de forskelle, der måtte være mellem den situation, der skal analyseres, og eksperimentets design. Er den dosis, dyrene har fået, sammenlignelig med eksponeringen på arbejdspladserne? Er der fokuseret på de kritiske effekter, dvs dem, der fremkommer ved de laveste doser/koncentrationer? Giver eksperimentets resultater mulighed for at bestemme et risikofrit eksponeringsniveau?

Dosis-effekt relationerne afslører stoffets potens

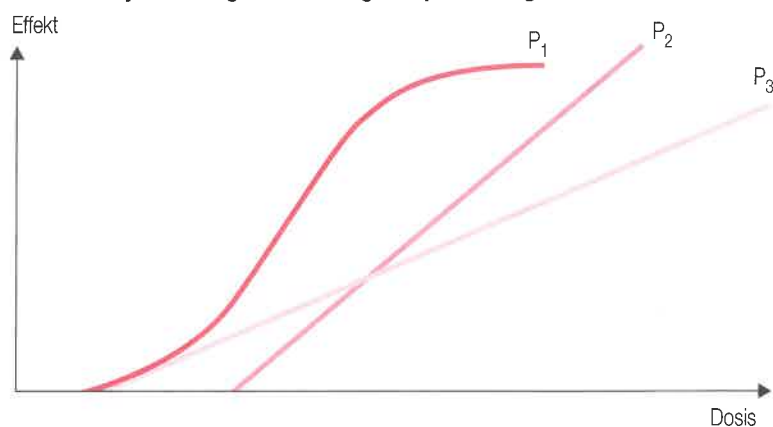
Den kvantitative relation mellem den givne dosis og den resulterende effekt er et mål for stoffets potens. Det er nødvendigt at kende denne relation for hvert enkelt stof og for alle de toksiske effekter, der er relevante. Resultaterne her afhænger i høj grad af de forhold, der undersøges. Fx vil både hyppigheden og omfanget af en leverskade ikke blot afhænge af den givne dosis, men også af den tid, dosis er fordelt over. Grafiske afbildninger af dosis-effekt sammenhænge for forskellige stoffer vil ofte vise variationer i hældning og placering på dosisaksen, se fig. 1.1. Testning af stoffer for toksicitet foregår efter retningslinier udarbejdet af OECD (OECD Guidelines). Disse "guidelines" giver nøje anvisninger på, hvad der skal undersøges og hvordan. Dette betyder imidlertid ikke, at alle betydende effekter altid observeres.

Tærskelværdier

Erfaringen har vist, at levende organismer kan optage og omdanne begrænsede mængder af farlige stoffer, uden at der fremkommer effekter. Uønskede effekter kan først forventes, når dosis når over en bestemt værdi, som betegnes tærskelværdien. Hvert enkelt stof og dets forskellige toksiske effekter har specifikke tærskelværdier. Der er også forskel på forskellige personers påvirkelighed. Det vil ofte være vanskeligt at afgøre, om en manglende effekt af en påvirkning skyldes, at denne ligger under en given tærskelværdi, eller om der er utilstrækkelig

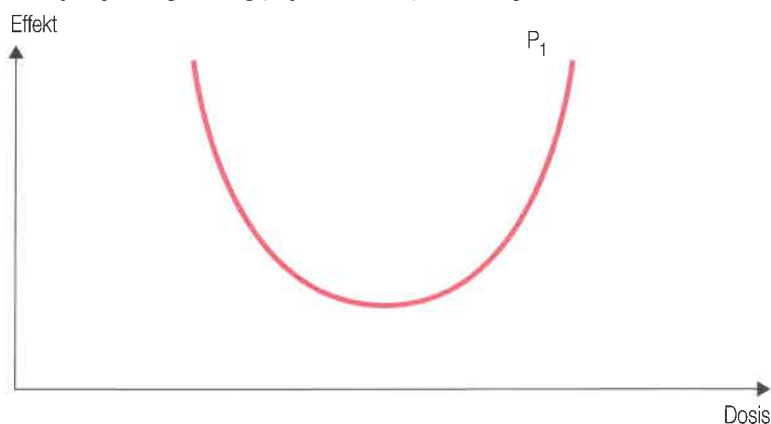
Figur 1.1. Eksempler på dosis-effekt sammenhænge for forskellige typer påvirkninger (P₁, P₂ og P₃). For kemiske og mikrobiologiske påvirkninger er der typisk en lineær eller s-formet sammenhæng mellem dosis og effekt (dette gælder dog ikke næringsstoffer, mineraler og vitaminer, hvor sammenhængen er U-formet). For fysiske, arbejdsfysiologiske og psykosociale påvirkninger vil sammenhængen ligeledes ofte være U-formet. Fx vil såvel ekstremt lave som ekstremt høje temperaturer være skadelige, mens der ved ca 20 °C er et område, hvor temperaturen ikke udgør nogen belastning.

Kemiske, fysiske¹⁾ og mikrobiologiske påvirkninger



¹⁾ arbejdsfysiologiske påvirkninger er ikke inkluderet heri

Arbejdsfysiologiske og psykosociale påvirkninger



følsomhed af den anvendte metode. Det er derfor vanskeligt at udføre nøjagtige bestemmelser af tærskelværdier.

Ekstrapolationer skaber bro over usikkerheder

Sikre konklusioner om et stofs toksicitet kan, som hovedregel, kun drages, hvis de data, hvorpå konklusionen hviler, er fremkommet under omstændigheder, der svarer til den situation, der skal vurderes. I modsat fald må der foretages visse former for ekstrapolationer. I takt hermed øges usikkerheden knyttet til farligheds- og dermed risikoanalysen.

Doseringsvej	Eksponeringsvarighed ¹⁾	Undersøgelsestype	Effekttype/Endpoint (eksempler) ²⁾
Oral	Akut (0-8 timer)	Epidemiologi	Irritation
Hud		Cases	Levertoksicitet
Inhalation	Gentagen (2-27 dage)	Mennesker	Neurotoksicitet
Injektion	Subakut (28 dage)	Dyreforsøg	Reproduktionstoksicitet
	Subkronisk (90 dage)	Cellekulturer	Genotoksicitet
	Kronisk (2 år)	QSAR	Allergi Kræft

¹⁾ Retningslinjerne for disse typer forsøg er udstukket af OECD, som har udarbejdet detaljerede guidelinees.

²⁾ Antallet af endpoints er meget stort, afhængigt af graden af specificering, neurotoksicitet kan fx omfatte effekter på syn, hørelse, perifere nerver, indlæring, osv.

Tabel 1.1. Oversigt over variable i toksikologiske undersøgelser af betydning for de enkelte ekstrapolationer.

Doseringsvejs-ekstrapolation

I arbejdssituationen er inhalation og hudkontakt de hyppigste eksponeringsformer ved arbejde med kemiske stoffer. Men de tilgængelige toksikologiske data er ofte baseret på oral dosering. Dette skaber et behov for at undersøge, i hvor høj grad der kan konkluderes om mulige uønskede effekter efter inhalation og hudkontakt på grundlag af data fra oral dosering. Fordelingen af stof i kroppen kan være forskellig efter forskellige eksponeringer. Udviklingen af fysiologisk baserede toksiko-kinetiske modeller kan her være nyttig, da de muliggør en sammenligning af forskellige eksponeringssituationer, se kapitel 17.

Tids-ekstrapolering

Som hovedregel kan der kun drages troværdige konklusioner om et stofs kroniske virkninger på grundlag af eksperimentelle resultater fra dyreforsøg opnået fra langtidsstudier af mindst et års varighed. Undertiden kan resultater fra 90-dages studier dog anvendes. Usikkerheden ved at bruge data fra korterevarende studier kan bl.a. opstå, fordi en tilstrækkelig høj dosis af stoffet i kroppen først er opnået efter lang tids eksponering, eller fordi

den uønskede effekt udvikles så langsomt, at den ikke ses ved korterevarende forsøg. Ydermere bliver der under et korttidsforsøg, fx 28 dage efter OECD-guidelines, undersøgt for færre effekter end under 90-dages og 2-års forsøg. Korttidsforsøg afdækker ikke alle uønskede effekter og har derfor begrænset værdi for beskrivelse af faren ved langvarig eksponering.

Forsøgstype-ekstrapolering

Et centralt spørgsmål i hele problemstillingen om vurdering af data vedr. farlighed er, hvorvidt man kan udstrække data opnået ved dyreforsøg eller i cellekulturer, endsige QSAR-analyser, til også at gælde for mennesker. Erfaringerne har vist, at der i mange tilfælde kan drages sådanne sammenligninger. Men samtidig er der eksempler på stoffer, der er giftige for mennesker, men ikke i de anvendte modeller, og omvendt. Desuden må det antages, at den individuelle følsomhed over for en specifik toksisk effekt varierer mere i befolkningen end i en gruppe af genetisk homogene forsøgsdyr. Desuden vil forsøgsdyr normalt have samme alder og være i samme miljø, ligesom de vil have en ensartet helbredstilstand.

Da det første tilfælde af forgiftning med MPTP dukkede op på en skadestue i Maryland i 1977, var symptomerne så alvorlige og typisk Parkinson-lignende, at mistanken hurtigt rettedes mod et pethidin-derivat, MPTP, som patienten havde syntetiseret i sit hjem. Stoffet, et såkaldt designer drug, cirkulerede i misbruger-kredse. Stoffet blev afprøvet på rotter, men gav ingen effekt. Først senere, da der blev ved med at komme tilfælde, som stadig kunne forbindes med brugen af MPTP, blev stoffet yderligere afprøvet i aber, og disse reagerede som mennesker. Det viste sig senere, at det er en forskel i metabolismeringen, som er forklaringen på den manglende effekt i rotter.

Effekttype/endpoint og følsomhed

Et forsøgs endpoint er de effekter, forsøgsdesignet giver informationer om, fx vil et langtids-carcinogenforsøg også kunne give informationer om stoffets effekt på nervesystemet, hvis der under eksponeringen foretages relevante undersøgelser af dyrenes nervesystem fx gennem iagttagelse af deres adfærd. Derimod kan et høretab let gå upåagtet hen, hvis der ikke foretages en relevant høretest. Et eksperiment kan derfor kun sige noget om de effekter, det er designet til at belyse.

Usikkerhed

Kvaliteten af de tilgængelige data for kemiske stoffers toksiske effekter er afgørende for, med hvilken sikkerhed man kan udtale sig om risikoen for uønskede effekter i specifikke situationer. Dette får som afledt konsekvens indflydelse på troværdigheden af den resulterende risikokarakterisering. En risikovurdering bør omfatte en vurdering af usikkerheden i de opstillede udsagn. Et eksempel på, hvordan man i praksis håndterer problemet med usikkerhed i de tilgængelige data, er gennemgået nedenfor.

Risikovurdering af farlige, ikke-kræftfremkaldende stoffer har hidtil i praksis været baseret på en fremgangsmåde udviklet af USA's miljømyndigheder (US-EPA). Fremgangsmåden er baseret på beregning af en reference dose (Rfd). Rfd er den dosis, et menneske kan optage uden at løbe nogen risiko for sundhedsskader. Rfd bestemmes ud fra værdier for NOAEL eller LOAEL fremkommet ved forskellige eksperimentelle undersøgelser af stoffets toksicitet. For at tage højde for de usikkerheder, der er forbundet med ekstrapoleringer fra eksperimentelle værdier for NOAEL og LOAEL, multipliceres disse med et antal usikkerhedsfaktorer på 1/10. Ekstrapolering fra dyr til menneske 1/10; ekstrapolering fra korttidsforsøg til livslang eksponering 1/10; kompensation for individuel variation i den humane population 1/10. Derudover multipliceres de Rfd-værdier, der er baseret på LOAEL, yderligere med en faktor 1/10. Slutresultatet af en sådan beregning kan blive, at $Rfd = NOAEL \cdot 10^{-3}$, eller $Rfd = LOAEL \cdot 10^{-4}$. I begge tilfælde vil der være tale om meget lave værdier, der, hvis de overholdes, skulle yde fuld sikkerhed mod skadelige virkninger.

I forbindelse med fastsættelse af grænseværdier inden for arbejdsmiljøområdet anvendes i princippet samme fremgangsmåde. Her benyttes imidlertid andre værdier for usikkerhedsfaktorer. I EU-regi har den videnskabelige ekspertgruppe på erhvervs-mæssige eksponeringsgrænser (SEG) således anbefalet, at grænseværdier fastsættes ud fra NOEL, idet der i forbindelse med fastsættelse af grænseværdier anvendes en usikkerhedsfaktor på 2-30, afhængigt af kvaliteten af data-basen. I arbejdsmiljøet anbefales lavere usikkerhedsfaktorer end i det ydre miljø, fordi den arbejdende befolkning er mere homogen end hele befolkningen, og fordi eksponeringen kun finder sted i arbejdstiden.

En væsentlig kritik mod denne fremgangsmåde ved fastsættelse af grænseværdier er, at det ikke er muligt ud fra grænseværdien at estimere, hvad konsekvensen er, hvis denne værdi for maksimale tilladte dosis ikke overholdes. Ydermere benytter denne fremgangsmåde sig kun af et punkt på dosis-effekt kurven.

Fysiske påvirkninger

Som ved kemiske påvirkninger identificeres risiko fra fysiske påvirkninger i arbejdsmiljøet fra data om de fysiske faktoreres iboende egenskaber kombineret med mulighed for og omfang af en eksponering. De fysiske påvirkninger er imidlertid meget forskellige af natur, hvorfor undersøgelsesmetoder, effekttyper m.m. kan være vidt forskellige. I tabel 1.2 er vist en oversigt over forskellige fysiske påvirkninger, hvilke typer undersøgelsesmetoder der finder anvendelse til beskrivelse af de iboende egenskaber, samt en række eksempler på effekter eller endpoints knyttet til disse påvirkninger.

Fysisk påvirkning	Undersøgelsestype			Effekttype/endpoint (eksempler)
	Epid./cases	Dyreforsøg	Celleforsøg	
Støj	●	●		Fysiologiske effekter, høreskader, ulykkesrisiko
Hånd/arm vibrationer		●		Skader på blodkar, nerver, muskler og led
Helkropsvibrationer	●			Nedsat arbejdsevne, fysiologiske effekter, lænde/ryg-besvær/skader
Ioniserende stråling	●	●	●	Forbrænding, cellebeskadigelse, strålesyge, kræft, genetiske skader
Ikke-ioniserende stråling	●	●	●	Subjektive effekter, katarakt, pacemakerforstyrrelse, reproduktionsskader, kræft
Termisk belastning	●	●		Nedsat arbejdsevne, varmedømmelse, forfrysninger, ulykkesrisiko

Tabel 1.2. Oversigt over fysiske påvirkninger, anvendte undersøgelsestyper og eksempler på dokumenterede eller mulige effekter eller endpoints.

For nogle af de fysiske påvirkninger kan der være tale om effekter med helt forskellig grad af alvorlighed, spændende fx fra forbigående genevirkninger til cancer. Der er endvidere indirekte virkninger som fx en ulykkesrisiko ved at overhøre faresignaler i støjende omgivelser og elektromagnetiske felters evne til at forstyrre en pacemaker. Usikkerheden i forbindelse med de angivne eksempler på effekter i tabel 2 er ligeledes meget forskellig, spændende fra veldokumenterede effekter til sandsynlige eller mulige effekter. Fx er støjs høreskadende effekt veldokumenteret, mens cancer normalt karakteriseres som en mistanke eller mulig effekt.

Mikrobiologiske påvirkninger

Mikrobiologiske påvirkninger kan resultere i alt fra lette gener og ubehag (fx dårlig lugt) til regulære sygdomme og forgiftninger (fx luftbefugterfeber) samt dødelige lidelser (fx legionærsyge eller AIDS).

Analogt med farlighedsvurdering af kemiske stoffer er man ved vurdering af mikrobiologiske påvirkninger nødt til at vurdere mikroorganismens iboende egenskaber og eksponeringens natur (kvantitet og art). Yderligere bør man også inddrage en vurdering af personernes modtagelighed for de pågældende mikroorganismer.

Mikrobiologiske skadevirkninger kan opdeles i tre hovedgrupper:

- ◆ infektioner, som er resultatet af, at en levende mikroorganisme evner at formere sig i eller på kroppen
- ◆ forgiftninger, som skyldes udsættelse for mikrobiologiske stofskifteprodukter eller cellebestanddele
- ◆ allergier, der fremkommer efter immunsystemets "overreaktion" på en udsættelse for mikroorganismer, mikrobiologiske produkter eller bestanddele.

Når en mikroorganismes farlighed skal vurderes, er man på forhånd nødt til at præcisere den mulige skadevirkning. Hvilke mikroorganismer eller mikrobielle bestanddele er der tale om og i hvilke mængder? Fx er der grundlæggende forskel på de sikkerhedsforanstaltninger, som skal tages ved klinisk arbejde, hvor udsættelse for meget smitsomme mikroorganismer er reel, og de forholdsregler, som pædagoger i børneinstitutioner træffer mod mindre alvorlige, smitsomme mikrobielle eksponeringer, som de dagligt udsættes for fra inficerede børn.

Man skelner mellem mikroorganismer, som kan fremkalde sygdom hos normale mennesker (patogene mikroorganismer), og dem, som kun fremkalder sygdom hos personer med nedsat immunforsvar (opportunistiske mikroorganismer). Når man vurderer en mikroorganismes farlighed, bør man også, i visse tilfælde, inddrage mikroorganismens evne til at overføre arvemateriale til andre mikroorganismer eller modtage nye egenskaber fra andre mikroorganismer. En række faktorer, af stor betydning for bakteriers sygdomsfremkaldende evner, er placeret i cellens arvemateriale på en sådan måde, at de med høj frekvens kan spredes til andre bakterier. Fx har man isoleret en coli-bakterie, som har erhvervet evnen til at producere kolera-toksin, og som nu er i stand til at forårsage koleralignende mavetilfælde. Formentlig er det arvemateriale, som bærer denne evne, blevet

overført fra kolera-bakterien til coli-bakterien ved naturlige overførselsprocesser.

Infektioner

Når der er tale om en infektiøs mikroorganisme, kan iboende farlighed oversættes med patogenicitet og virulens, dvs alvorligheden af den sygdom, mikroorganismen fremkalder. Desuden anvender man betegnelsen infektiøs dosis om det antal mikroorganismer af en given art, der skal til for at fremkalde en infektion hos en "normal" person. Her er der stor variation i den mikrobielle verden. Fx behøves der kun nogle få hepatitis-B virus til at fremkalde en infektion, hvorimod en kolerainfektion måske kræver 100 mio bakterier. Om indførelsen af en patogen mikroorganisme i et menneske medfører sygdom, afhænger altså både af, hvor mange mikroorganismer der indføres, og af den pågældende mikroorganismes virulens.

Forgiftninger og allergier

Udsættelse for mikrobielle bestanddele eller produkter (mikrobiologiske agenser) kan resultere i forskellige former for forgiftninger og allergier. Her er det ikke de levende mikroorganismer, men deres kemiske komponenter, der er de ansvarlige faktorer. Udsættelse for mikrobielle bestanddele og produkter kan betragtes som kemiske eksponeringer, dog med den væsentlige forskel, at forureningen løbende kan moduleres af mikroorganismer, idet disse kan formere sig fx i luftbefugtningsanlæg. Nogle mikrobielle produkter er blandt de farligste stoffer i verden. Fx er toksinet fra *Clostridium botulinum* (pølseforgiftnings-bakterien) uhyre potent, og 0,0001 mg er tilstrækkeligt til at dræbe et menneske. Endvidere danner visse skimmelsvampe forskellige meget giftige stoffer som fx det kræftfremkaldende aflatoksin. Dette toksin er af betydning ved fx håndtering af korn og foderstoffer, hvor der har været en forudgående vækst af skimmelsvampe. En vurdering af mikroorganismers potentielle farlighed mht forgiftninger og allergier kan foretages analogt med de kemiske stoffer.

Fysiske, kemiske og biologiske forhold på arbejdsstedet

Ud over en vurdering af potentielle mikrobiologiske agensers iboende egenskaber og deres mængde, er en række fysiske og

biologiske forhold af betydning ved en mikrobiologisk risikovurdering: Fremmer forholdene på arbejdsstedet vækst af mikroorganismene (temperatur, næringsstoffer, renlighed o.l.)? Er betingelserne på arbejdspladsen gunstige for mikroorganismernes spredning, både til nye opformeringssteder og til personer på stedet (fugtighed, støv, luftcirkulation m.m.)? Adskiller de ansattes modtagelighed sig fra det normale? Disse forhold vil blive behandlet mere detaljeret i kapitel 2 og kapitel 18.

Ergonomiske påvirkninger

Ergonomi er i bred forstand videnskaben om tilpasning af arbejdet og arbejdsforholdene til de menneskelige krav. I praksis indsnævres begrebet imidlertid ofte til at omhandle påvirkninger af den menneskelige organisme betinget af selve udførelsen af arbejdet, dvs synonymt med mekanisk fysisk påvirkning eller eksponering (engelsk = physical exposure).

Begrebsmæssigt er det vanskeligt at placere begrebet farlighed i relation til ergonomiske påvirkninger. I traditionel risikoanalyse optræder farlighed uafhængigt af eksponeringen; eksempelvis kan et kemisk stof karakteriseres som værende farligt, men ikke indebære en risiko, fordi ingen mennesker eksponeres for det pågældende stof. En sådan distinktion er ikke mulig for de ergonomiske påvirkninger. Et tungt løft eller mange ens bevægelser eksisterer ikke uden udførelse og dermed eksponering. Det andet - væsentligste - element i farekilde-begrebet definerer imidlertid en fare som værende potentielt skadelig for det menneskelige helbred under visse givne omstændigheder. Kun hvis disse omstændigheder foreligger, bliver en fare til en risiko. Ens gentagne bevægelser er således en egentlig fare, men kun i det øjeblik, antallet af ens bevægelser pr tid overstiger en grænse, udgør påvirkningen en risiko for det menneskelige helbred. I den forstand bliver farlighedsbegrebet meningsfyldt og operationelt også ved ergonomiske påvirkninger. Denne vægtning af farekildens fremtrædelsesformer, dvs "visse givne omstændigheder", er afgørende specielt for de ergonomiske påvirkninger. Et kendetegn ved mange af disse påvirkninger er tilstedeværelsen af et U-formet eksponerings-effekt forhold. Hvis vi vender tilbage til eksemplet med de gentagne bevægelser, indebærer dette som ventet, at overdrevne gentagne bevægelser kan føre til belastningslidelser, men også, at totalt fravær af bevægelser, fx sengeleje, kan have en negativ helbredseffekt. Der eksisterer med andre ord en optimal eksponering eller påvirkning.

De dominerende farekilder ved ergonomiske påvirkninger kan differentieres ud fra deres helbredsskadelige effekter.

Ergonomiske påvirkninger med muskulo-skeletale helbredseffekter omfatter bl.a. 1) Repetitiv belastning (ens gentagne bevægelser), 2) Høj kraftanvendelse og 3) Fastlåste arbejdsstillinger og statisk muskelbelastning. Der er erfaring for, at arbejdsrelateret muskulo-skeletalt besvær optræder i forbindelse med tunge løft, fastlåste og ubekvemme arbejdsstillinger, repetitive arbejdsbevægelser og utilstrækkelig/uhensigtsmæssig arbejdsorganisering.

En negativ påvirkning af hjerte/kar-systemet ses i det monotone, tempoprægede arbejde og kan betragtes som en additiv effekt som følge af påvirkninger fra den statiske muskelbelastning. Endelig er påvirkninger i form af en høj energetisk belastning i det fysisk tunge arbejde angivet at repræsentere en potentiel risiko for helbredsskade. Den egentlige helbredsskadelige effekt er dog her mere diffust karakteriseret som "generel nedslidning" eller "træthed".

Identifikationen af disse elementer som farekilder er primært baseret på epidemiologiske undersøgelser og kontrollerede laboratorieforsøg. Dokumentationen for korrekt identificeret farekilde er betinget af, hvorledes farekilden opfylder de generelle krav af betydning for etablering af en risiko- eller kausativ (årsags-) faktor. De anvendte kriterier for fastlæggelse af årsagssammenhænge bliver således centrale i diskussionen af en korrekt farekilde-identifikation (se kapitel 3).

Et antal lidelser kan på grundlag af epidemiologiske data udpeges som arbejdsrelaterede (fx skulder og håndleds seneskedebetændelse, samt karpaltunnelsyndrom). Et antal faktorer, som fx gentagne bevægelser, kraftudøvelse og uhensigtsmæssige arbejdsstillinger, udgør en risiko for fremkomsten af disse lidelser.

Psykosociale påvirkninger

For de psykosociale påvirkninger gælder mange af de samme overvejelser, som er nævnt ovenfor i det ergonomiske afsnit. Generelt kan det siges, at farlighedsbegrebet aldrig benyttes inden for det psykosociale område. De fleste af de forskere og andre, der beskæftiger sig med psykosociale faktorer, ville nok være fremmede over for en antagelse om, at påvirkninger kunne have "iboende" egenskaber, hvis farlighed kan estimeres uafhængigt af selve eksponeringssituationen og -processen. Nogle går så vidt som til at sige, at en stressor (eller andre psykosociale påvirkninger) kun er en stressor, hvis den opleves som sådan af

den enkelte. Den bagvedliggende antagelse er altså, at den påvirkning, som er skadelig for én arbejdstager, måske kan være gavnlig og stimulerende for en anden. På denne baggrund er begrebet farlighed som en iboende skadelig egenskab naturligvis ikke anvendeligt.

Det synspunkt, at en påvirkning kun kan vurderes i relation til det eksponerede individ, kommer klart til udtryk i det ofte anvendte begreb: "Person-environment-fit". Dette begreb benyttes i en stor del af den psykosociale forskning og betyder i praksis, at den sko, som passer personen A, kan være for stor til B og for lille til C. Dette er med andre ord ikke en "iboende egenskab" ved skoen.

En del af den psykosociale forskning lægger vægt på, at psykosociale faktorer ikke alene opleves og vurderes forskelligt af forskellige personer. Der er også forskel på, hvordan vi reagerer og handler som reaktion på de psykosociale påvirkninger. Sådanne reaktioner på psykiske belastninger eller symptomer kaldes ofte coping, og copingformerne er et vigtigt emne i studiet af de psykosociale processer. Fx kan man tænke sig, at akkordarbejdere reagerer ved at ryge mere, og at denne reaktion på længere sigt kan resultere i øget sygelighed. Det er således en smagssag, om den øgede tobaksrygning skal anses for at være arbejdsbetinget eller ej. Under alle omstændigheder har man identificeret en lang række copingformer, der ikke er funktionelle ud fra et sundhedsmæssigt synspunkt.

Hvis man til trods for de nævnte indvendinger alligevel skulle forsøge at karakterisere psykosocial farlighed, ville det være nødvendigt at gøre dette på et meget alment plan. Man ved således, at en række faktorer øger risikoen for stress, uro og dårligt humør hos næsten alle mennesker. Det drejer sig om mangel på forudsigelighed, mangel på kontrol/indflydelse, mangel på mening, mangel på social kontakt og støtte, samt for store eller for små krav. Fælles for disse påvirkninger eller situationer er, at de kan føres tilbage til menneskets forsøg på at overleve i en fjendtlig verden, hvor det var vigtigt at kunne identificere trusler i omgivelserne, som potentielt kunne bringe overlevelsen i fare. I denne forstand er der altså tale om grundlæggende farlighed.

Imidlertid kan man sige, at vores psykosociale "kodning" er mindre funktionel i en række situationer i den moderne verden og specielt i det moderne arbejdsliv. Fx ville det være funktionelt, hvis vi ikke blev utrygge ved manglende forudsigelighed eller for lille indflydelse. Det ville ligeledes være funktionelt, hvis vi ikke reagerede med øget blodtryk og puls ved støjbelastninger. Man kan naturligvis også vende argumentationen om og sige, at arbejdspladserne burde indrettes således, at de basale psykosociale krav blev respekteret. Set fra dette synspunkt er

den grundlæggende psykosociale farlighed en vigtig ledetråd ved planlægningen af mere humane arbejdspladser, hvor der tages hensyn til det forhold, at de ansatte reelt er urmennesker, som uheldigvis har fået job på nogle forkert indrettede arbejdspladser.

Litteratur

- Cohrssen JJ, Covello V. Risk analysis: A guide to principles and methods for analyzing health and environmental risks. Springfield: U.S. Department of Commerce, 1990.
- ECETOC. Assessment factors in human health risk assessment, Technical Report No. 68. Brussels: ECETOC, 1995.
- Lechtenberg-Auffarth E, Minkwitz D, Neustadt T, Rupprich N, Ueberschär-Darschnik S, Wölcke U, Wölfel V. New substances at the workplace. An approach to: Risk characterization, risk evaluation, risk reduction measures. Dortmund: Federal Institute for Occupational Safety and Health, 1995.
- Niesink RJM, de Vries J, Hollinger MA. Toxicology: Principles and applications. New York: CRC Press, 1995.
- Scientific Expert Group . EUR 13776 - Grænseværdier for eksponeringer på arbejdspladsen, Kriteriedokumenter: Retningslinier for indhold og layout. Luxembourg: Kontoret for De Europæiske Fællesskabers Officielle Publikationer, 1992.

Eksposering

Baggrund

Inden for forskellige områder af arbejdsmiljøet bruger man forskellige ord for eksposering for en farekilde. Er der fx tale om udsættelse for elektromagnetisk stråling eller luftbårne kemikalier, bruger man ordet eksposering, mens man, når der er tale om ergonomiske og psykosociale påvirkninger, oftest bruger ordene belastning eller udsættelse. Udsættelse, belastning, påvirkning og eksposering skal i denne bog betragtes som synonymmer. I Del II findes beskrivelser af eksposering, som er specifikke for de enkelte farekilder.

Eksposeringsmål

Kapitel 1 handlede om, hvor farligt det kan være at blive eksposeret for en farekilde i arbejdsmiljøet, men ikke om, hvor meget personerne bliver eksposeret erhvervsmæssigt. I dette kapitel omtales de generelle begreber inden for eksposeringsvurdering, og der lægges især vægt på, at læseren påvirkes til at udvikle en kritisk holdning til (u)nøjagtigheden af eksposeringsdata.

Basisbog i Teknisk Arbejdshygiejne behandler indgående eksposeringsvurdering og beskriver, hvordan kvaliteten af data sikres. I denne bog tages den modsatte indgangsvinkel: Hvordan kan kvaliteten af eksposeringsdata vurderes og kontrolleres? Hvordan skal data tolkes? Hvor og hvordan kan de anvendes?

I litteraturen anvendes mange forskellige mål for "eksposering": potentiel eksposering, gennemsnitlig eksposering, eksposeringsniveau, eksposeringsintensitet, eksposeringskoncentration, kumulativ eksposering, integreret eksposering, dosis, eksposeringdosis og dosishastighed, dvs dosis pr tidsenhed.

Denne mangfoldighed er udtryk for, at der er mange forskellige mål med og krav til opløsningsevne af eksposeringsvurderingerne. I denne bog er eksposeringsmålet dosis anvendt¹⁾. Dosis er lig med dosis pr tidsenhed multipliceret med eksposeringstiden. Som eksempler kan nævnes antal mol eller gram stof absorberet pr arbejdsdag, antal tunge løft pr dag, antal Sievert-enheder stråling pr dag. Den enkelte persons dosis vil altså øges, hvis dosis pr tidsenhed forøges, og/eller eksposeringstiden forøges.

Som oftest måles dosis pr tidsenhed og eksposeringstid uafhængigt af hinanden. En undtagelse er måling af eksposering for ioniserende stråling, hvor man måler dosis vha sværtingen af en fotografisk film. Det kan man gøre, fordi metoden er billig. Som oftest vil eksposeringsmålinger være for dyre til, at man måler dosis over en længere periode.

Skalaer

Måling skal her opfattes helt generelt som værdisættelse. Afhængigt af den type information, man kan fremskaffe, kan man anvende forskellige måleskalaer. Man har en nominel skala (af nom = navn), en ordinal (latin: rækkefølge (ordenstal)) og flere kvantitative skalaer.

Den nominelle skala kan fx være ikke-eksposeret/eksposeret. Dvs man antager, at dosis er proportional med eksposeringstiden, uanset om de eksposerede måske er eksposeret for vidt forskellige eksposeringskoncentrationer. Eksempler på nominelle eksposeringsmål med data fra Produktregistret er givet i kapitel 14.

Den ordinale skala angiver placeringen i en række: første, anden, tredje, etc, eller som det ofte ses ved eksposeringsvurderinger: ingen, lav, middel og høj eksposering. Problemet med at måle eksposering på den ordinale skala er, at man ikke kan regne på ordenstal, medmindre man kan give de enkelte klasser en meningsfuld kvantitativ værdi. Vægtning af data placeret på en ordinal skala har været forsøgt, se kapitel 14.

Proportionalskalaen er et eksempel på en kvantitativ skala. Den er ækvidistant, dvs den har samme afstand mellem skalaindelingerne, og som navnet siger, er den proportional, dvs at fx 20 enheder er dobbelt så meget som 10 enheder. Som eksempler kan nævnes måling af temperatur på Kelvinskalaen (i modsætning til Celsiusskalaen), måling af længde, koncentration, masse, penge, etc. Den logaritmiske skala med basis 10 eller e kan nævnes som eksempler på ikke-ækvidistante, ikke-proportionale kvantitative skalaer.

I det følgende betragtes udsættelse for kemiske stoffer, som er

¹⁾ For ikke at gøre teksten tung, omtales kun dosis som eksposeringsmål, men fremstillingen er også dækkende for andre eksposeringsmål. Andre eksposeringsmål kan fx være antal eksposeringer over en given grænse, hvis man skal vurdere risikoen ved at arbejde med et irriterende stof, eller antallet af gentagne bevægelser pr time ved ensidigt gentaget arbejde.

et område, hvor der foreligger detaljerede studier. Teksten er forsøgt gjort så almenlydig som muligt, men der vil forekomme nogle begreber, som kun vedrører kemikalier, og der vil mangle begreber, som er specifikke for andre eksponeringer. Disse vil der blive redegjort for i de relevante kapitler i Del II.

Grænseværdier er definerede som den gennemsnitlige koncentration i personens indåndingsluft i en 8-timers periode, dvs at eksponeringen måles på en proportionalsskala. Selvom grænseværdien har enhed af koncentration (mg m^{-3} eller $\text{ppm (cm}^3 \text{ m}^{-3}\text{)}$), kan den bedre betragtes som dosis pr tidsenhed, idet der er refereret til en tidsperiode på 8 timer. Anvendelse af koncentrationsenheder ved fastsættelse af grænseværdier, i stedet for dosisenheder, muliggør (farlige) ekstrapolationer af målte eksponeringer, fx fra en få timers måleperiode til hele dagen eller måske hele eksponeringsperioden. En eksponeringsperiode er en periode, hvor der ikke sker ændringer, som systematisk påvirker personens eksponering.

Når man betragter udsættelse for kemiske stoffer, der forårsager helbredseffekter efter lang tids udsættelse og har en lang halveringstid i den menneskelige organisme, vil et relevant eksponeringsmål være organdosis. Dermed menes koncentrationen af stoffet i det organ, der betragtes, multipliceret med eksponeringstiden.

Det menneskelige legeme er et dynamisk system, hvor optagne stoffer fordeler sig i de forskellige organer efter stoffets fysisk-kemiske egenskaber. I kapitel 17 behandles såkaldte toksiko-kinetiske modeller, som kan beregne stoffers fordeling i det menneskelige legeme ud fra, hvad der optages og udskilles som funktion af tiden, fysiologiske data og data for arbejdstempoet. Der er rapporteret en mange gange større absorberet dosis ved hårdt fysisk arbejde end ved den samme luftkoncentration i hvile. Dette forhold kan beskrives vha de toksiko-kinetiske modeller (se kapitel 17 og kapitel 22).

I dette kapitel betragtes et "gennemsnitsmenneske", dvs der tages ikke hensyn til forskelle i vægt og størrelse. Desuden vil vi ikke tage hensyn til arbejdstempoet til trods for dets afgørende indflydelse på, hvor hurtigt stoffer optages (ved vurdering af eksponeringer i forhold til grænseværdier tages heller ikke hensyn til arbejdstempoet).

Eksposeringstiden, i hvert tilfælde den tid, hvor personen potentielt er eksponeret, kan som oftest med stor nøjagtighed bestemmes som den tid, personen har været ansat i virksomheden, evt i forskellige afdelinger, beskæftiget i forskellige job, etc. Selv forskellige eksponeringsperioder kan ofte fastslås nøjagtigt. To forskellige eksponeringsperioder kan fx være før og efter installation af et ventilationsanlæg, hvis installationstidspunkt kan findes i virksomhedens arkiver.

Dosis pr tidsenhed er vanskeligere at bestemme, og ofte anvender man såkaldte "surrogat-eksponeringsmål", som man antager korrelerer med dosis pr tidsenhed.

Eksposering via luftvejene

For luftformige eksponeringer antages den dosis, der når målorganet pr tidsenhed, at være proportional med den tilgængelige dosis i personens indåndingsluft.

Ved luftbårne forureninger bruges ofte Habers regel: Dosis er lig koncentration gange eksponeringstid. Det kan retfærdiggøres ved at tage personens indånding i betragtning:

(Koncentration) (Eksponeringstid) (Respirationhastighed)

Hvis en person fx i gennemsnit er eksponeret til 100 mg m^{-3} over en hel arbejdsdag, så bliver den absorberede dosis en brøkdelf af:

$$\left(100 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right) \left(8 \frac{\text{timer}}{\text{dag}}\right) \left(0,36 \frac{\text{m}^3}{\text{time}}\right) = 288 \frac{\text{mg}}{\text{dag}}$$

for en person, der indånder 6 liter pr minut svarende til $0,36 \text{ m}^3$ pr time.

I tabel 2.1 er vist en række eksponeringsmål:

Enkeltperson	Eksposeringsmål (dosis i arbitrære enheder)
E_i : Maksimal information: $C_i(t)$	$\approx \int_0^t C_i(t) dt$ hvor $C_i(t)$ er koncentrationen som funktion af tiden t
E_{m_j} : Reduceret information: C_{m_j} og Δt_j	$\approx \sum_{j=1}^d C_{m_j} \Delta t_j$ hvor C_{m_j} er middelkoncentrationen for personen og Δt_j er længden af den j 'te eksponeringsperiode
E_{Ordinal} : Ordinal skala: $C_{\text{Ordinal } ij}$ og Δt_j	$\approx \sum_{j=1}^d C_{\text{Ordinal } ij} \Delta t_j$ hvor $C_{\text{Ordinal } ij}$ fx kan antage værdierne: ingen, lav, middel, høj i den j 'te eksponeringsperiode, hvis varighed er Δt_j
E_{Nominal} : Nominal skala: $C_{\text{Nominal } ij}$ og Δt_j	$\approx \sum_{j=1}^d C_{\text{Nominal } ij} \Delta t_j$ hvor $C_{\text{Nominal } ij}$ fx kan antage værdierne: eksponeret/ikke-eksponeret i den j 'te eksponeringsperiode, hvis varighed er Δt_j

Tabel 2.1. Eksposeringsmål for enkeltpersoner.

Fra den (ideale) maksimale information vil alle håndte eksponeringsmål kunne udledes, fx middleksponeringen i den betragtede eksponeringsperiode, den maksimale eksponeringskoncentration, hyppigheden af eksponeringer over et givet niveau, etc. Selvom det teknisk kan lade sig gøre at måle koncentrationen som funktion af tiden, finder man ikke sådanne data i praksis. Dog, ved eksponering for radioaktiv bestråling kan den totale dosis måles. Ellers findes der kun data fra en enkelt eller få dage af eksponeringsperioden. Ofte har man ikke kvantitative data, men må estimere eksponeringen på en ordinal eller nominal skala.

Den maksimale eksposeringsinformation (E_i) for en person ville være at kende koncentrationen som funktion af tiden. Af økonomiske grunde vil man yderst sjældent kunne finde sådanne data, selv når det er teknisk muligt at måle tidsserier af koncentrationer.

En reduceret eksposeringsinformation (E_{mi}) er middelkoncentrationen i eksposeringsperioden. Hvis personen er blevet målt i eksposeringsperioden, kan resultaterne anvendes til at estimere middelkoncentration i hele perioden.

Ofte har man slet ikke adgang til kvantitative data, men med kendskab til eksposeringsforhold kan man klassificere den betragtede eksposeringsperiode på en ordinal skala ($E_{Ordinal}$), fx i fire klasser, I: ingen eksposering, II: lav eksposering, III: middel eksposering og IV: høj eksposering.

Endelig har man undertiden kun information til at klassificere personerne i en gruppe, der er eksposeret, og en gruppe, der ikke er eksposeret, dvs man anvender den nominelle skala, hvilket her betyder, at man antager, at dosis er proportional med eksposeringstiden.

Et kvantitativt eksposeringsmål for en enkelt person har en direkte fysisk betydning, som kan relateres til risiko på det individuelle plan.

Det er ikke tilfældet for et eksposeringsmål for en gruppe af personer uden en forudsætning om, at gruppen i hvert fald tilnærmelsesvis er "homogent eksposeret". Det skyldes naturligvis, at den lavt eksposerede Jensen ikke har en større risiko, fordi han er anbragt i samme gruppe som den højt eksposerede Hansen.

Inden for eksposeringsvurdering dækker "tilnærmet homogen" over et meget bredt spektrum. Rappaport har i 1991 foreslået, at en gruppe personer kan betragtes som udgørende en "homogen eksposeringsgruppe", hvis 95% af de individuelle aritmetiske middelkoncentrationer ligger inden for en faktor 2:

$$R_{0,95} = \frac{\exp(\ln(GM) + 1.96 \ln(GSD))}{\exp(\ln(GM) - 1.96 \ln(GSD))}$$

$$= \exp(3.92 \ln(GSD)) = GSD^{3.92} < 2$$

under den forudsætning, at gruppens eksposeringer er lognormalt fordelt. GM er det geometriske middeltal (medianen), og GSD er den geometriske standardafvigelse (deviation).

Hvad Rappaports definition betyder i tal, ses i tabel 2.2, hvor grupper er eksposeret for fordelinger med samme aritmetiske middelkoncentration (AM), men med forskellig GSD. Kromhout et al. fandt fx, at den mediane GSD for udsættelse for gasser og

GSD	2,5% percentil	97,5% percentil	GM	$R_{0,95}$
1,1	8	120	100	1,5
1,2	70	139	98	2,0
1,5	42	204	92	4,9
2,0	20	306	79	15,1
2,5	11	386	66	36,3
3,0	6	471	55	74,2
3,5	4	531	46	135,8
4,0	3	579	38	229,1

AM: Aritmetisk middeltal (= 100). GM: Geometrisk middeltal. $R_{0,95}$: Rappaports kriterium for homogenitet af eksposeringsgrupper. For at blive anset for at være en homogen eksposeringsgruppe, skal 95% af de individuelle aritmetiske middelkoncentrationer ligge inden for en faktor 2.

dampe i den kemiske industri var ca 2,5 for enkeltpersoner (within-worker GSD), mens GSD for grupper (between-worker GSD) var 1,4.

Data

Nøjagtighed og præcision

Mange opfatter begreberne nøjagtighed og præcision som ensbetydende. Det er de ikke. Tværtimod beskriver de to kvalitativt forskellige fænomener, og det er vigtigt at skelne imellem dem.

Hvis målinger gentages, vil resultaterne ikke være identiske, men forme en fordeling af værdier. Det skyldes dels usikkerhed ved målemetoden, dels at måleobjektet måske varierer.

Hvis man fx vil bestemme acetones damptryk ved en given temperatur, så findes der én og kun én sand værdi. Alligevel vil en måling ikke give nøjagtigt den sande værdi for acetones damptryk. Det skyldes: 1. Måleproceduren er ikke 100% nøjagtig (årsagen er fx usikkerhed ved indstilling af apparat, aflæsesikkerhed, mv). 2. Variation af måleobjektet (fx hvis den indkøbte acetone er forurennet i forskellig grad fra leverance til leverance). Når vi taler om måling af fysiske egenskaber hos en væske som acetone, kan usikkerheden ved måleobjektet helt elimineres ved at destillere væsken, til den er 100% ren.

Tabel 2.2. Homogenitet af eksposeringsgrupper som funktion af GSD (AM = 100).

Måleobjektet i arbejdsmiljøet, dvs den målte persons eksposering, har derimod en variation, som ikke kan elimineres.

Den internationale organisation for standardisering (ISO) har følgende definitioner på nøjagtighed: Nøjagtighed (accuracy) er det ordinale mål for et måleresultats afvigelse fra den sande værdi. Nøjagtighed deles i systematisk fejl (trueness, location), hvis kvantitative mål er bias (δ), og tilfældig fejl (precision, dispersion), hvis kvantitative mål er standardafvigelsen (deviation): σ for den teoretiske standardafvigelse og SD for den standardafvigelse, som beregnes ud fra et endeligt datasæt.

Eksposeringsmål

Det aritmetiske middeltal (AM), er et estimat på målestørrelsens sande værdi (μ), ved eksposeringsevurdering eksposeringens sande aritmetiske middelkoncentration i eksposeringsperioden.

$$AM = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \approx \mu$$

$$SD = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - AM)^2}{n-1} \right]^{1/2} \approx \sigma$$

hvor n er antal udførte målinger, x_i er det enkelte måleresultat.

Den aritmetiske middelværdi af koncentrationen i en persons indåndingsluft kan relateres til absorberet dosis. Det skyldes, at transporten af stof over lunge-membranen er proportional med koncentrationen i indåndingsluften, når koncentrationerne er så lave (set i forhold til mættede dampe), som man finder dem i arbejdsmiljøet. Ved vurdering af eksposeringer er det relevante eksposeringsmål derfor den sande aritmetiske middelværdi af eksposeringskoncentrationen i eksposeringsperioden.

Resultatet af en arbejds-hygienisk måling over en enkelt dag er forholdsvis nøjagtigt, men man bør ikke ukritisk anvende data fra en enkel dags måling. Trods alt er varigheden af én dag mindre end 0,5% af arbejdstiden på et år. Alligevel er det sjældent, at man kan finde målinger over flere dage foretaget på den samme person.

Hvis man anvender resultatet fra en enkelt dag, antager man, bevidst eller ubevidst, at måledagen er en "normal" dag, dvs at måledagen er en god repræsentant for hele den betragtede eksposeringsperiode.

Hvis man anvender måledata for enkeltpersoner som estimater for eksposeringen af andre personer, antager man, at måleresul-

taterne også er repræsentative for de personer, hvis risiko man vil estimere i den eksposeringsperiode, man betragter.

Fejl i data

Der findes tre typer af fejl i data: tilfældige fejl (random errors), systematiske fejl (bias) og grove fejl (gross errors). Man skal være opmærksom på, at alle tre fejltypen kan findes i alle trin af en måling: fra valg af strategi, planlægning af målinger, udførelse af prøvetagning, transport, lagring, før-analytiske manipulationer, analyse, beregninger, og til rapport-skrivning. Størrelsen af fejl og mulighederne for kontrol af data er forskellige på de forskellige trin.

Tilfældige fejl

Som nævnt ovenfor er det kvantitative mål for et måleresultats tilfældige fejl dets standardafvigelse. Den tilfældige fejl kan for eksposeringsdata hensigtsmæssigt opdeles i fejl, der skyldes målemetoden, og fejl, der skyldes, at måleobjektet, her persons eksposering, varierer:

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{Eksposering}}^2 + \sigma_{\text{Måleprocedure}}^2$$

hvor $\sigma_{\text{Eksposering}}^2$ er variansen af eksposeringen, og $\sigma_{\text{Måleprocedure}}^2$ er summen af varianserne for alle måleprocedurens enkelttrin.

Eksposeringsvariationen er som oftest mange gange større end usikkerheden ved at måle eksposeringen (forudsat god kvalitetskontrol af målingerne). Det er derfor, det er hensigtsmæssigt at skelne mellem bidraget, der kommer fra måleprocedurens usikkerhed, og bidraget, der kommer fra måleobjektets variation, når man skal vurdere kvaliteten af eksposeringsdata.

Systematiske fejl (bias)

Bias er, som nævnt, det kvantitative mål for et måleresultats systematiske afvigelse fra den sande værdi. Ved eksposeringsmålinger er resultatets bias således et mål for afvigelsen fra den sande aritmetiske middelkoncentration i eksposeringsperioden.

For eksposeringsdata opdeles bias mest hensigtsmæssigt i bias, der skyldes prøvetagningsstrategien, og bias, der skyldes måleproceduren:

$$\delta = \delta_{\text{Strategi}} + \delta_{\text{Måleprocedure}}$$

hvor δ_{Strategi} er den bias, der indføres i data, hvis strategien resulterer i systematisk afvigende data, og $\delta_{\text{Måleprocedure}}$ er summen af

bias i måleprocedurens enkelte trin, regnet med fortegn.

Måleprocedurens bias skal være bestemt, før målingerne foretages, således at data er korrigeret for alle kendte bias.

Bias, der skyldes den valgte prøvetagningsstrategi, vil derimod altid være ukendt i praksis.

Grove fejl

Grove fejl skyldes en eller flere ubemærkede afvigelser fra måle-metoden, som kan skyldes uvidenhed eller uopmærksomhed.

Hyppigheden af grove fejl er som regel kun af størrelsesordenen et par procent. De har derfor ikke den store betydning, når man har store datasæt, men ved vurdering af enkeltpersoners risiko kan det have meget stor betydning, idet det er sjældent, at man har mange eksponeringsdata for enkeltpersoner.

Grove fejl kan ikke kvantificeres, og data kan derfor ikke kontrolleres før anvendelse.

Nogle årsager til fejl i data

Det er vigtigt, at den, der vurderer risiko (risiko assessoren), ved noget om, hvordan fejl opstår i data, for kun derigennem kan han/hun vide, hvor kontrol skal sættes ind. Der er nemlig en lang række forhold ved dataproduktion, som man bør undersøge, før man anvender eksponeringsdata til risikovurdering:

Analyse

Den tilfældige fejl ved analyse af prøver udtaget i arbejdsmiljøet er, for de fleste analyser, højst af størrelsesordenen 4-5%. Grove fejl kan opstå af og til, uden at de opdages, mens systematiske og tilfældige fejl kan kontrolleres ved kvalitetskontrol af analysemetoden. Kvalitetskontrol af kemiske analyser er blevet stadig mere aktuelt i de senere år, mens man tidligere tog kvaliteten af data fra kemiske analyser for givet. Det er naturligvis ikke muligt at bedømme, hvad tidligere tiders mere lempelige kvalitetskontrol betyder for kvaliteten af historiske data. I dag er en lang række laboratorier i Danmark akkrediterede; heraf følger, at deres kvalitetskontrol løbende bliver kontrolleret af DANAK (Dansk Akkreditering).

Prøvetagningsprocedure

Med moderne prøvetagningsudstyr er usikkerheden ved prøvetagningsproceduren ubetydelig. Man kan sikre sig ved blot at kontrollere, at pumperne har været kalibreret efter en fastlagt procedure før og efter prøvetagningen.

Måleobjektet

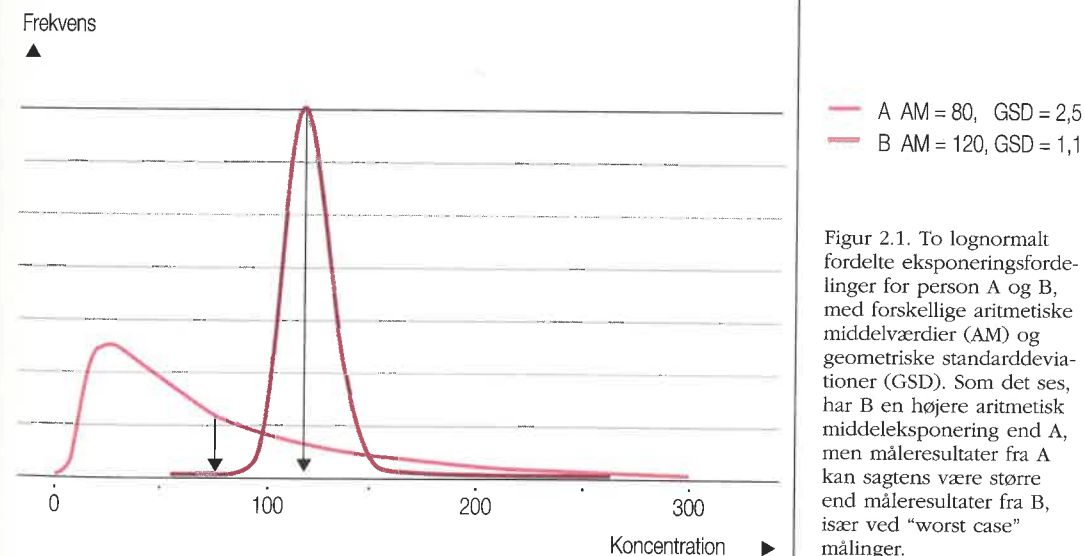
Data fra daglange målinger

Koncentrationen i en eksponeret persons åndingszone varierer erfaringsmæssigt kraftigt i tid, dels over arbejdsdagen, dels fra dag til dag. Hele arbejdsdage er ofte en "naturlig" tidsenhed at måle over, men det, der kan relateres til risiko for sygdom forårsaget af langtidsudsættelse, er det aritmetiske gennemsnit af koncentrationen over en eksponeringsperiode af længere varighed.

Resultaterne af daglange eksponeringsmålinger i arbejdsmiljøet er tilnærmelsesvist lognormalt fordelte, dvs at logaritmen til de målte koncentrationer med tilnærmelse er normalt fordelte.

Den lognormale fordeling er skæv, med mange værdier, som er lavere end den aritmetiske middelværdi, og ofte med en lang hale af meget høje værdier. Den geometriske middelværdi ses undertiden anvendt til beskrivelse af eksponering, men den fortæller blot, at halvdelen af måleværdierne er over denne værdi, og halvdelen er under. Den geometriske middelværdi kan derfor ikke tolkes fysisk. Det udelukker dog ikke, at den geometriske middelværdi ofte kan være et bedre estimat af den sande aritmetiske middelværdi end et aritmetisk middeltal beregnet ud fra måledata; især hvis der kun er få datapunkter. Det skyldes, at det aritmetiske middeltal for lognormalt fordelte data er meget følsomt for datapunkter med høje værdier, selvom de er få, fordi de kan være mange gange højere end middeltallet.

Fig. 2.1 viser to lognormale fordelinger.



Figur 2.1. To lognormalt fordelte eksponeringsfordelinger for person A og B, med forskellige aritmetiske middelværdier (AM) og geometriske standarddeviationer (GSD). Som det ses, har B en højere aritmetisk middelleksponering end A, men måleresultater fra A kan sagtens være større end måleresultater fra B, især ved "worst case" målinger.

Det ses, at den aritmetiske middelværdi for person B's fordeling er ca 1,5 gange den aritmetiske middelværdi for person A.

Alligevel kan målinger af de to personers eksponeringer resultere i, at person A tilskrives en højere eksponeringskoncentration end person B, især hvis der kun er udført en enkelt eller få målinger under en "worst case" strategi.

Hvis daglange eksponeringer i arbejdsmiljøet er lognormalt fordelte, kan en måling af kun én dags varighed give et resultat, som afviger meget fra den sande aritmetiske middelværdi. Tabel 2.3 viser sandsynligheden for at få et måleresultat, der er under det halve, mellem det halve og to gange og over to gange det sande aritmetiske middeltal, afhængigt af eksponeringsfordelingens GSD. Det engelske arbejdstilsyn har den tommelfingerregel, at personer, der er eksponeret mellem halvdelen og to gange en gruppes aritmetiske middelkoncentration, betragtes som udgørende en homogent eksponeret gruppe.

Det ses, at hvis GSD er 2,5, som fundet af Kromhout et al., så vil resultatet af én måling i 39% af tilfældene være under halvdelen af det sande aritmetiske middeltal, og i 11% af tilfældene vil resultatet være mere end to gange højere.

Det fremgår tydeligt af tabel 2.3, at enkeltstående eksponeringsdata skal anvendes med forsigtighed.

Tabel 2.3. Sandsynligheden i procent for at få et resultat i intervallerne [$<0,5$; $0,5-2$; >2] gange den sande middelværdi.

	Den sande geometriske standard deviation (GSD_T)				
Sandsynlighed	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
$P\{x < 0,5 AM_T\}$	6,6	25,6	38,5	47,1	52,9
$P\{0,5 AM_T < x < 2 AM_T\}$	90,0	65,5	50,6	38,1	35,4
$P\{x > 2 AM_T\}$	3,4	8,9	11,0	14,8	11,7

AM_T : det sande aritmetiske middeltal. GSD_T : den sande geometriske standard deviation. P: sandsynligheden for at få måleresultatet.

Data for eksponeringskoncentrationer er i det hele taget meget usikre i forhold til data for eksponeringstid. Hvis en person har været ansat i en virksomhed i 10 år, vil det næppe anses for at være tilfredsstillende, hvis vedkommendes eksponeringstid blev estimeret til et sted mellem 5 og 20 år. Men effekten på estimatet af den samlede dosis er den samme som at estimere eksponeringskoncentrationen til mellem det halve og to gange den sande koncentration. Bl.a. derfor er kvantitative eksponeringsdata ikke altid bedre end ordinale og nominelle data, selvom de er meget mere præcise.

Tabel 2.4 viser, hvilke data man får, hvis man prøvetager tilfældigt fra en fordeling af daglange eksponeringer med en GSD på 2,5.

Dag	Sæt 1	Sæt 2	Sæt 3	Sæt 4	Sæt 5
1	99	99	15	526	106
2	62	203	167	168	56
3	69	73	586	6	163
4	228	64	81	81	54
5	80	75	98	45	210
6	97	255	171	14	118
7	11	130	138	76	69
8	15	97	43	415	37
9	82	30	123	66	21
10	239	532	186	230	123
AM	98	156	161	163	96
SD	78	148	159	178	60
RSD	79	95	99	109	62
GM	69	114	111	82	78
GSD	2,70	2,25	2,63	4,08	2,03

AM: Aritmetisk middeltal (= 100). SD: Standardafvigelse. GM: Geometrisk middeltal. GSD: Geometrisk standardafvigelse (= 2,5). RSD: Relativ standardafvigelse.

Tabel 2.4. Fem sæt simulerede prøvetagninger af ti daglange eksponeringer fra en lognormal fordeling.

Sammenligner man de enkelte resultater af denne eksponerings-simulering, ses det, at hvis Kromhouts fund gælder generelt, så har enkeltdagsmålinger en uacceptabel spredning.

Procesmålinger

Hvis man i stedet for daglange eksponeringer betragter eksponeringer over kortere tidsrum, hvor kun én proces udføres, finder man, at eksponeringsfordelingerne er smallere og mere symmetriske. De er tilmed ofte med tilnærmelse normalt fordelte, selv når en proces udføres af forskellige personer. Tabel 2.5 viser resultaterne af nogle personmålinger på en gruppe arbejdere, der udførte de angivne processer på 2 dage, med 23 måneders mellemrum, under helt forskellige vejr- og produktionsforhold. Måleprocedurens standardafvigelse ($SD_{\text{Måleprocedure}}$) var 8 mg m^{-3} , og den tilsvarende relative standardafvigelse var 6%, dvs, som antydnet ovenfor, langt mindre end måleobjektets variation. Til gengæld er variationen i procesdata i tabel 2.5 meget mindre end de lognormalt fordelte data i tabel 2.4.

Analyseres de data, der ligger til grund for tabel 2.5, viser det sig, at variationen i eksponering for enkeltpersoner i en gruppe er den samme som for gruppen som helhed. Det skyldes formentlig, at uanset hvem der udfører arbejdet, skal det udføres på

Tabel 2.5. Variation af proceskoncentrationer for styren ved laminering.

Proces	n	PC _p mg m ⁻³	SD _p mg m ⁻³	RSD _p	R _{0,95}
Gelcoat	5	131	48	0,37	6,0
Pålægning af glasvæv	12	55	17	0,31	3,8
Rulning	11	65	31	0,48	8,8
Ved bord	10	89	27	0,30	3,7
Vinger	12	220	96 ^{A)}	0,44	4,7
Båd	8	60	41 ^{B)}	0,68	14,0
Stripning	5	189	31	0,16	1,8

n: antal målinger. PC_p: den målte proceskoncentration, dvs den målte koncentration fratrukket baggrunds-koncentrationen. SD_p: standardafvigelse på PC_p. RSD_p: den relative standardafvigelse. R_{0,95}: Rappaports homogenitetskriterium.

^{A)} Målinger fra både første- og andengangslaminering. Temperaturen og derved afdampningen var højere ved andengangslamineringen.

^{B)} Personerne var uens eksponeret, fordi de var forskelligt placeret i forhold til en kraftig ventilator.

den samme måde af hensyn til produktkvaliteten. Af og til støder man dog på personer, som enten bliver meget mere eller meget mindre eksponeret end deres kolleger, selvom de udfører den samme proces, under de samme forhold.

Prøvetagningsstrategiens indflydelse på nøjagtigheden af data

Når en persons eksponering varierer meget i tid, vil valget af prøvetagningsstrategi have en stor indflydelse på kvaliteten af data.

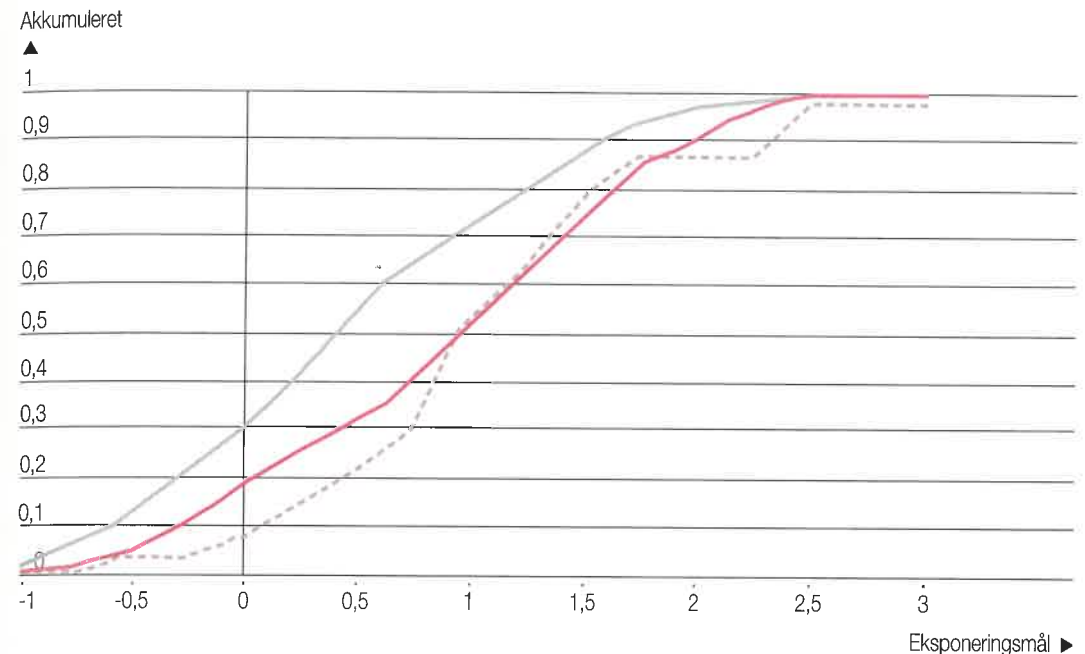
Da valget af prøvetagningsstrategi er så afgørende for nøjagtigheden af data, kan det ikke anbefales at anvende data til eksponerings- og risikovurdering, hvis prøvetagningsstrategien ikke er tilstrækkeligt dokumenteret.

Data fra systematiske prøvetagninger

Systematisk prøvetagning anvendes, når formålet med at måle ikke er at bestemme en persons eksponering, men at kontrollere, at eksponeringen er lavere end grænseværdien.

Den europæiske standard, EN 689, foreskriver, at man måler "worst case" for at sikre, at grænseværdierne også er overholdt på andre dage end den enlige måledag, både for målte og umålte arbejdere. Set i lyset af de lognormale eksponeringsfordelinger, som er vist i fig. 2.1, er dette en både økonomisk og velegnet prøvetagningsstrategi til kontrol af eksponering. Imidlertid kan den slags data ikke bruges til risikovurdering, ætiologi, epidemiologiske undersøgelser eller til risikohåndtering, fx udarbej-

Systematisk prøvetagningsfejl



Figur 2.2. Data fra ATABAS sammenlignet med data fra Studie A (Olsen et al., 1987) og data fra Studie B (Vinzent et al., 1993). Figuren viser eksempler på, hvordan data fra målinger for det samme stof, i den samme branche, afhænger af den valgte prøvetagnings-strategi. Det ses, at "worst case" data (Studie A) er ca 5-7 gange højere end data fra statistisk tilfældig prøvetagning (Studie B). Kontrolldata (dvs ATABAS data) ligner "worst case" mere end tilfældigt udtrukne data. Anvendes disse kontrolldata til risikohåndtering, fx fastsættelse af grænseværdier, bliver grænseværdierne 5-7 gange for høje.

— Atabas data
— Studie B data
- - - Studie A data

delse af grænseværdier. Det skyldes, at data er systematisk for høje.

Fig. 2.2 viser resultaterne fra tolueneksponering i træindustrien, målt under 3 forskellige strategier. 1. ATABAS²⁾ data, som er indsamlet under en ukendt strategi, som er fælles for de lokale arbejdstilsyns tilsynsførende og arbejdshygiejnikere. 2. Studie A, hvor prøvetagningsstrategien var at måle arbejdernes eksponering ved alle processer, hvor man anvendte VOC'er (dvs "worst case"), i tilfældigt udvalgte virksomheder, som blev kontrolleret for, at de var repræsentative. 3. Studie B, hvor prøvetagningsstrategien var at måle på tilfældigt udvalgte personer, fra tilfældigt udvalgte virksomheder, i tilfældigt udvalgte tidsrum.

Fig. 2.2 viser, at ATABAS data og data fra Studie A er systematisk højere end data fra Studie B. Data fra Studie A er få, men

²⁾ ATABAS er en database for arbejds-hygiejniske måledata. Den er placeret på Arbejds miljøinstituttet. Data stammer fra Arbejdstilsynets daglige kontrol-målinger.

figuren antyder, at der må være lighedspunkter mellem den strategi, der anvendes ved kontrolmålinger, og den strategi, der blev anvendt i Studie A. Det bemærkes, at skalaen på abscisseaksen er logaritmisk, og det ses, at data fra ATABAS er ca 5-7 gange højere end data fra Studie B.

Fig. 2.2 illustrerer, hvorfor man ikke bør bruge data fra kontrolmålinger til risikovurderinger og risikohåndtering: Hvis der anvendes eksponeringsdata, der systematisk er for høje, bliver risikofaktoren undervurderet. Hvis sådanne data anvendes til fastsættelse af grænseværdien for toluen, vil den resulterende grænseværdi blive 5-7 gange for høj.

Data fra tilfældig prøvetagning

Hvis prøver på en person er udtaget tilfældigt (og hvis resultatet er korrekt korrigeret for måleprocedurens bias), så vil måleresultaterne pr definition være biasfri. For at være udtaget tilfældigt skal prøverne være taget på tilfældige dage.

For at prøveudtagninger i en gruppe kan kaldes for tilfældige i statistisk betydning, kræves det, enten at *alle* personer er målt, eller at der er blevet målt på en repræsentativ undergruppe (i begge tilfælde på tilfældige dage). For at prøveudtagningerne kan betegnes som repræsentative, skal alle personer have haft samme sandsynlighed for at blive udtrukket til prøvetagning.

Data fra stratificeret tilfældig prøvetagning

Data fra undersøgelser, hvor arbejderne har været delt ind i grupper med homogen eksponering, kan forventes at have mindre spredning. Kvaliteten af data afhænger dog kraftigt af, om antagelsen om, at grupperne er homogent eksponeret, er opfyldt.

Logbogsmetoden

Som et alternativ til at estimere den sande middelkoncentration i eksponeringsperioden ud fra daglange målinger har det været foreslået at anvende logbogsmetoden. Når man anvender logbogsmetoden, grupperer man ikke personer, der er ens eksponerede. I stedet grupperer man processer, der giver ens eksponering i operatørernes åndingszoner.

Tiden, der anvendes ved de enkelte processer, måles, ved at arbejderne fører logbøger over, hvornår de begynder og afslutter de enkelte processer i fx en treugers periode.

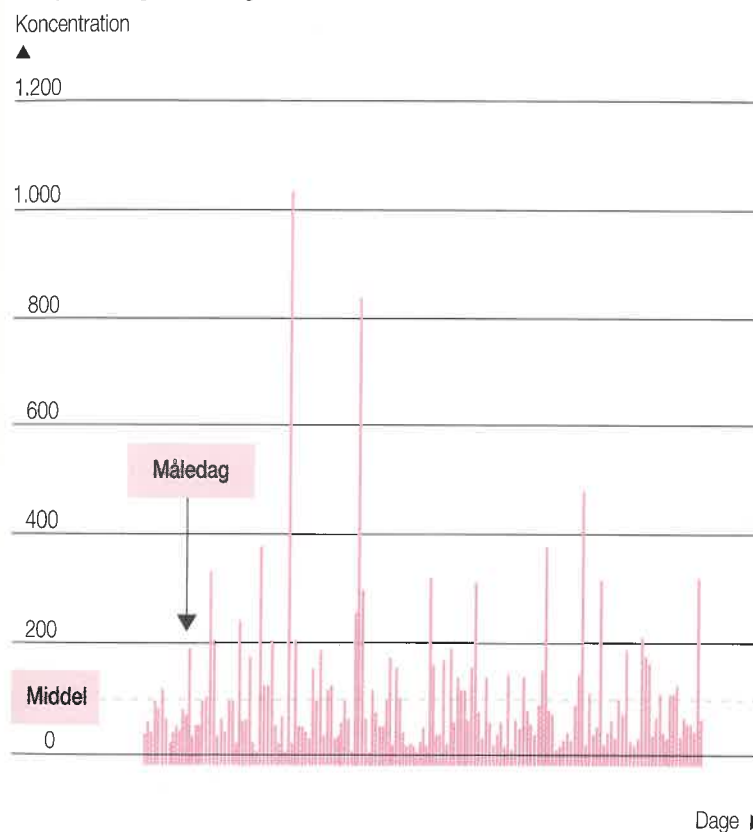
Hver proces tildeles en middelkoncentration, som findes med gentagne målinger ved den enkelte proces, mens denne udføres af de operatører, der normalt udfører processerne. Værdierne i tabel 2.5 stammer fra sådanne procesmålinger. Standardafvigelsen (SD_p) er for de fleste processer omkring 30% af middelkon-

centrationen, mens standardafvigelsen for den simulerede eksponeringsfordeling af daglange eksponeringer i tabel 2.4 derimod er af samme størrelse som middeltallet.

En grund til at anvende logbogsmetoden er, at man opnår en variansreduktion. Den variation i måleresultaterne, som skyldes, at arbejderne har et arbejdsmonster, der er forskelligt fra dag til dag, trækkes ud.

At man opnår en betragtelig reduktion i måleobjektets variation, fremgår tydeligt af fig. 2.3a og 2.3b. Fig. 2.3a simulerer en arbejders eksponering over et helt år. Fig. 2.3b viser de samme

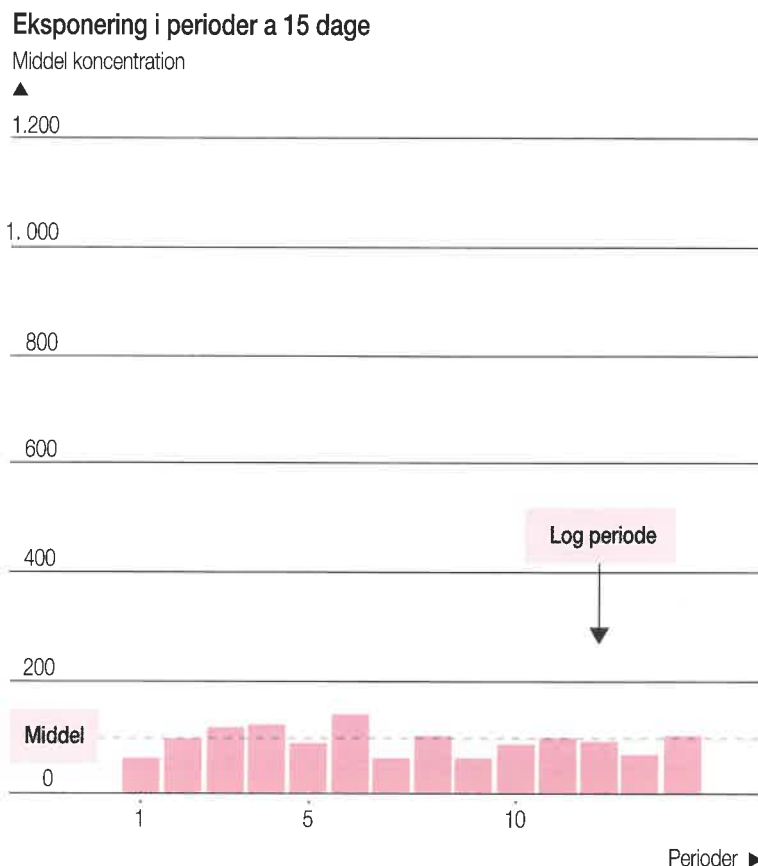
Eksponering i 200 dage



Figur 2.3a.

Figur 2.3a og 2.3b. Figurerne viser resultatet af en simuleret måling af en persons eksponering over et helt år. Eksponeringen er dels opgjort som den daglige eksponering (Fig. 2.3a), dels som midleksponeringen over perioder a 15 dage (Fig. 2.3b). Den sande eksponering var sat til 100 (fx ppm) og den geometriske standarddeviation til 2,5, som fundet af Kromhout et al. (1993). Det ses, at der er en stor variansreduktion ved at tage middeltallet af 15 dages eksponeringer.

Figur 2.3b.



data, men som gennemsnit over 15 dage. Personens dageksposeringer var antaget at være uafhængige og lognormalt fordelt, med en geometrisk standardafvigelse på 2,5.

Da logbogsmetoden er ny, foreligger der få historiske data, men målinger, der er foretaget for at bedømme korttidsoverskridelser, er talrige. Sådanne målinger er som oftest udført, mens personerne kun udførte én proces. Resultater fra korttidsmålinger kan anvendes til at beregne personers langtidseksposering, hvis det er muligt at sammensætte grupper af processer, der forårsager det samme forureningsniveau i operatørernes åndningszoner under processens udførelse.

Koncentrationsdata fra de forskellige processer kombineres med arbejdstidsmønstre konstrueret ud fra arbejderes og arbejdslederens kendskab til, hvad der foregår i virksomheden, eller ved at lade arbejderne føre logbøger i et par uger eller tre.

Eksposeringsvurdering

For at kunne vurdere en persons eksposering skal man kende den tid, han eller hun har været eksponeret og vil blive det i fremtiden (fx frem til pensionsalderen). Hvis eksposeringen har ændret sig med tiden eller forventes at ændre sig i fremtiden, må eksposeringstiden opdeles i perioder med ens eksposering. Derefter kan eksposeringen vurderes, hvis man har data til at estimere den aritmetiske middelkoncentration for de enkelte eksposeringsperioder.

Når man ikke har eksposeringsdata for de enkelte personer, der skal risikovurderes, kan man anvende data fra andre personer, som har et lignende arbejde. Dvs man forudsætter, at personen tilhører den samme (homogene) eksposeringsgruppe som de målte.

Der er blevet anvendt en række metoder til at dele populationer ind i grupper, der er homogent eksponerede. Men indtil nu er der ikke udviklet metoder, der kan sikre, at personer i de homogene eksposeringsgrupper nu også *er* ens eksponerede.

Anvendes logbogsmetoden til eksposeringsvurderingen, kan koncentrationskomponenten fastlægges med en større nøjagtighed, fordi forskelle i arbejdsmønstre fra dag til dag estimeres separat. Homogeniteten af de homogene procesgrupper kan kontrolleres, fordi måling af proceskoncentrationer tager så kort tid, at man kan måle mange processer pr dag.

Litteratur

- Armstrong BK, Write E, Saracci R. Principles of Exposure Measurement in Epidemiology. New York: Oxford University Press, 1992.
- Corn M, Esmen NA. Workplace Exposure Zones for Classification of Employee Exposures to Physical and Chemical Agents. Am Ind Hyg Assoc J 1979;40(1):47-57.
- EN 689. Luftundersøgelse. Arbejdspladsluft. Vejledning i vurdering af eksposering ved inhalation af kemiske stoffer i forhold til grænseværdier og målestrategi. Dansk Standard. København (1995).
- Hawkins NC, Norwood SK, Rock JC. A Strategy for Occupational Exposure Assessment. Fairfax VA: American Industrial Hygiene Association, 1991.
- ISO 5725: Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement

- Methods and Results. International Organization for Standardization. Genève (1994).
- Kromhout H, Symanski E, Rappaport SM. A Comprehensive Evaluation of Within- and Between-Worker Component of Occupational Exposure to Chemical Agents. *Ann Occup Hyg* 1993;37(3):253-270.
- Olsen E, Laursen B, Vinzents PS. Bias and Random Errors in Historical Data of Exposure to Organic Solvents. *Am Ind Hyg Assoc J* 1991;52(5):204-211.
- Olsen E, Jensen B. On the Concept of the "Normal" day. Quality Control of Occupational Hygiene Measurements. *Appl Occup Environ Hyg* 1994;9(4):245-255.
- Olsen E. Analysis of Exposure Using a Logbook Method. *Appl Occup Environ Hyg* 1994;9(10):712-722.
- Olsen E. Effect of Sampling on Measurement Errors. *The Analyst* 1986;121:1155-1161.
- Rappaport SM. Assessment of Long-Term Exposures to Toxic Substances in Air. *Ann Occup Hyg* 1991;35(1):61-121.
- Rappaport SM, Kromhout H, Symanski E. Variation of Exposure Between Workers in Homogeneous Exposure Groups. *Am Ind Hyg Assoc J* 1993;54(11):654-662.
- Roach, S. Health Risks from Hazardous Substances at Work: Assessment, Evaluation and Control. Oxford: Pergamon Press, 1992.
- Schneider T (ed.). Teknisk arbejdshygiejne. Arbejds miljøinstituttet. Bind I og II. København, 1996 og 1997.
- Vinzents PS, Laursen B. A National Cross-Sectional Study of the Working Environment in the Danish Wood and Furniture Industry-Air Pollution and Noise. *Ann Occup Hyg* 1993;37(1)25-34.

Risiko

Baggrund

Risiko defineres som sandsynligheden for at opleve et bestemt helbredsfaenomen i løbet af et bestemt tidsrum under givne omstændigheder. Givne omstændigheder kan være eksponeringer i arbejdsmiljøet. Man kan fx være interesseret i at vide, hvor stor risikoen er for at udvikle lungekræft, hvis man arbejder et givet antal år i produktionen af asbestcement.

Epidemiologiske undersøgelser

I foregående kapitel er beskrevet, hvordan eksponeringer kan vurderes mere nøjagtigt end fx ved jobbetegnelsen. Det er også nævnt, at farlighedsvurdering kan tage udgangspunkt i toksikologiske data fra dyreforsøg, og at nogle usikkerhedsmomenter indføres, når man ekstrapolerer fra dyr til mennesker. Sommetider findes der data fra "naturlige eksperimenter" med mennesker, fx i form af opgørelser af sygelighed blandt arbejdere i bestemte produktioner. Undersøgelser af sygelighed i grupper af mennesker (humane populationer) kaldes epidemiologiske undersøgelser.

I forbindelse med risikovurdering kan det være nyttigt at skelne mellem tre typer epidemiologiske undersøgelser:

Follow-up undersøgelser

Follow-up undersøgelser er undersøgelser, der følger en eksponeret gruppe og en ikke-eksponeret gruppe over tid. Begge grupper består af raske personer ved starttidspunktet. I under-

søgelsen sammenlignes antallet af nye sygdomstilfælde i de to grupper over et vist tidsrum. Hvis man fx forestiller sig, at der over 10 år opstår 100 tilfælde af blærekræft blandt 1.000 eksponerede arbejdere, og 25 tilfælde i en sammenligningsgruppe af 1.000 ikke-eksponerede arbejdere, så er risikoen blandt de eksponerede $100/1.000 = 10\%$ over 10 år, og risikoen blandt de ikke-eksponerede $25/1.000 = 2,5\%$ over 10 år. Den relative risiko (RR) findes ved at dividere risikoen blandt de eksponerede med risikoen blandt de ikke-eksponerede, i dette eksempel bliver $RR = 10/2,5 = 4$.

I praksis er det sjældent at finde undersøgelser, der er gennemført med dette enkle design. Fx vil der altid være et frafald i en undersøgelsesgruppe, der følges over længere tidsrum, og skævhed mellem undersøgelsesgrupperne i aldersfordeling, kønsfordeling, mv vil som regel gøre data mere komplicerede at tolke. Risikoestimerne får så andre navne, såsom standardiseret mortalitetsratio (SMR), standardiseret incidens ratio (SIR), mfl. Disse størrelser kan dog umiddelbart tolkes som relative risici, og de er principielt fremkommet, ved at to risici er divideret.

Case-control undersøgelser

I Case-kontrol undersøgelsen har man taget udgangspunkt i personer, der har den sygdom eller det udfald, man vil undersøge. Man sammenligner deres eksponeringer med eksponeringerne blandt personer uden sygdommen. Man kan fx forestille sig en undersøgelse, der identificerer alle nye tilfælde af blærekræft i Danmark i et givet år, samt en gruppe af raske danskere. Ved at indsamle oplysninger om begge gruppers arbejdsmiljø kan man finde mulige sygdomsårsager. Case-kontrol undersøgelsen er et design, der, ligesom follow-up undersøgelsen, muliggør en estimering af eksponeredes risiko sammenlignet med ikke-eksponeredes. I case-kontrol undersøgelser kaldes denne størrelse en odds ratio (OR). Den er fremkommet ved at sammenligne eksponeringshyppighederne i den syge og den raske gruppe. Sygdomshyppighederne blandt eksponerede og ikke-eksponerede er derimod ikke kendt i case-kontrol undersøgelsen.

Tværsnitsundersøgelser

Follow-up undersøgelsen og case-kontrol undersøgelsen har begge et tidsaspekt: Man følger grupperne over et tidsrum, eller man samler cases over et tidsrum. I tværsnitsundersøgelser ser man bort fra tidsaspektet: En given population deles op i dem,

der på undersøgelsestidspunktet har udfaldet (prævalente tilfælde), og dem, der ikke har det. Samtidig indsamles eksponeringsoplysningerne, der typisk gælder for tidspunktet for undersøgelsen eller et kortere eller længere tidsrum forud. Hvis en række betingelser er opfyldt, vil forholdet mellem prævalenserne i den eksponerede og den ikke-eksponerede gruppe afspejle den relative risiko. I tværsnitsundersøgelser fremkommer den relative risiko altså, ligesom i case-kontrol undersøgelser, uden at sygdomshyppighederne i den eksponerede og den ikke-eksponerede gruppe er kendt. Hvis den gennemsnitlige sygdomsvarighed er kendt, kan sygdomsrisikoen beregnes ud fra prævalensen, men dette er sjældent muligt i praksis.

Der henvises til lærebøger i epidemiologi med henblik på mere detaljeret gennemgang af epidemiologiske designtyper.

Dosis-effekt modeller

For at vurdere risikoen ved givne påvirkningsniveauer må man vide noget om dosis-effekt sammenhænge. Det er formentlig ikke ligegyldigt for risikoen for at få en rygsygdom, om man løfter 50 kg om dagen, 500 kg om dagen eller 15 tons om dagen.

Hvordan ser dosis-effekt kurven ud? I mange tilfælde er den monoton, dvs at risikoen for en helbredseffekt stiger med stigende påvirkning. Dette gælder visse kemiske stoffer, specielt formentlig de kræftfremkaldende. I andre tilfælde, fx lyd, er en påvirkning uskadelig indtil et vist niveau. Nogle påvirkninger har formentlig et optimum, fx fysisk aktivitet, hvor såvel inaktivitet som for høj aktivitet kan være skadelig.

Uanset type volder dosis-effekt sammenhængene problemer, fordi man sjældent har adgang til tilstrækkeligt mange data. En af grundene er, at forskningen i første række koncentrerer sig om at dokumentere, at givne påvirkninger er skadelige. Dosis-effekt kurver forudsætter derimod, at man også undersøger påvirkninger af en størrelse, der antages ikke at være skadelige. Dette er dels mindre nærliggende, dels er det meget vanskeligt, fordi der skal bruges mange gange flere data for at dokumentere fraværet af en given virkning end for at dokumentere tilstedeværelsen. For at hjælpe på manglen på data, specielt i lavdosisområdet, benyttes ofte matematiske ekstrapolationer baseret på antagelser om, hvordan dosis-effekt kurven ser ud.

Risikokarakterisering

Når man skal vurdere risikoen i en given situation, skal man vurdere påvirkningens størrelse og sammenligne påvirkningen med niveauer, man har fastsat som acceptable. Dette sidste kaldes risikokarakterisering.

Det tal, risikovurderingen giver, er, hvor stor sandsynligheden er for, at en person pådrager sig en given helbredseffekt, hvis vedkommende er udsat for den givne påvirkning i et givet tidsrum. Tallet skal udtrykke den del af den samlede sygdomsrisiko, som kan tilskrives påvirkningen.

Hvis man fx ønsker at udtrykke risikoen for at få lungekræft ved en given asbestudsættelse, skal tallet renses for de tilfælde, der ville forekomme uden asbestudsættelsen. Denne størrelse udtrykkes mest direkte som differensen mellem risikoen med og uden påvirkning. Hvis risikoen for at få lungekræft i løbet af et arbejdsliv er 20% uden påvirkningen og 25% med eksponeringen, så er risikodifferensen 5%. Ud fra dette tal er det muligt at tage stilling til acceptkriterier. Er det acceptabelt, at 5 ud af 100 får lungekræft i løbet af et arbejdsliv med dette arbejde?

Meget få undersøgelser rapporterer direkte risikodifferenser. Langt hyppigere rapporteres relative risici. Relative risici er gode til at beskrive, om der er en øget risiko ved en påvirkning, men en relativ risiko er ikke tilstrækkelig til at udtrykke den enkelte persons risiko. Et eksempel kan illustrere dette: Det er i flere undersøgelser vist, at den relative risiko for en speciel form for næsekraft er stærkt forhøjet blandt personer, der er udsat for træstøv gennem mange år. Relative risici på omkring 30 er ikke ualmindelige. Imidlertid er denne kræftform uhyre sjælden. I Danmarks samlede befolkning forekommer omkring 7 tilfælde årligt. I denne befolkning indgår også eksponerede, så livstidsrisikoen blandt ikke-eksponerede vil være mindre end 10^{-6} . Selvom den relative risiko er fx 30, vil en persons risiko for at få sygdommen stadig være lav. Omvendt kan en beskedent forhøjet relativ risiko på fx 1,5 indebære en betydelig merrisiko for personen, hvis det drejer sig om en hyppig sygdom som fx hjertekarsygdom.

Hvis der findes data for risikoen i en ikke-eksponeret befolkning, er det muligt at udregne en risikodifferens vha den relative risiko. I follow-up undersøgelser vil sådanne data som regel findes, da den relative risiko er beregnet på basis af incidenser eller risici (se ovenfor). Case-kontrol undersøgelser og tværsnitsundersøgelser giver principielt kun relative risici. Hvis der ikke fra andre kilder findes data for risiko i en ikke-eksponeret gruppe, kan man ikke regne absolutte risici og risikodifferenser ud.

Individuel risiko og grupperisiko

Det hævdes sommetider, at der for en given eksponering er data til at udtale sig om risikoen på gruppeniveau, men ikke på individniveau. Fx kan en gruppe af arbejdere have øget risiko for at udvikle kræft, men, hævdes det, der kan ikke siges noget om den enkelte person, for man kan ikke vide, om en given person vil udvikle kræft eller ej. En person kan være i en ekstrem højrisikogruppe og aldrig udvikle sygdommen, en anden kan udvikle sygdommen uden at have nogen kendt risikofaktor.

Denne tankegang er fremmed for risikovurdering som disciplin. Tankegangen forudsætter, at det at udtale sig om en persons risiko består i at udtale, hvorvidt personen vil opleve fænomenet eller ej i løbet af det givne tidsrum. Men i definitionen på risiko ligger, at der er tale om en sandsynlighed, altså en størrelse, der ligger mellem nul og én, ikke en størrelse der enten er nul eller én. I samme øjeblik man ved, at en gruppe har øget risiko, vil man også sige, at en person, der tilhører gruppen, har øget risiko.

Rygere har som gruppe betragtet en øget risiko for at udvikle lungekræft. Men der findes personer, der ryger gennem et langt liv uden nogensinde at udvikle denne sygdom. Måske er disse personer ikke modtagelige, eller måske har de bare været heldige. Ser vi på en gruppe unge mennesker i dag, er der nogle af dem, der ikke vil få lungekræft, selvom de blev rygere, men vi ved ikke hvem. Skal vi så sige, at vi kun ved noget på gruppeniveau, men ikke på individniveau, og derfor ikke kan rådgive nogen?

Den grundlæggende tankegang bag risikovurdering vil være, at man må vurdere givne individers risici ud fra viden om grupper. Hvis det er kendt, at grupper af mænd, der startede med at ryge som 20-årige og har røget 20 cigaretter dagligt i 40 år, har x% chance for at få lungekræft, så vil man vurdere en given 20-årig mands risiko ud fra dette. Problemet er selvfølgelig, at man som regel ikke har oplysninger om risici i ret mange forskellige grupper. Hvordan finder man data om en kvinde, der begynder at ryge 35 cigaretter om dagen, fra hun er 37?

Fejlkilder

Hvis risikovurdering skal bruges som et værktøj til at reducere risici, skal de formodede farer (hazards) gerne hænge sammen med helbredseffekterne med en vis nødvendighed. Det er ikke

tilstrækkeligt at vide, at personer, der bærer tændstikker, har en øget risiko for at udvikle lungekræft. Der er ganske vist en statistisk association mellem de to fænomener, men det vil ikke nytte meget at gennemføre en kampagne mod tændstikker. Bradford Hill foreslog nogle forhold, man kan overveje, når man skal tage stilling til, om en association er kausal, nemlig

- ◆ Associationens styrke, dvs størrelsen af fx en relativ risiko. En høj relativ risiko taler for en kausal sammenhæng.
- ◆ Konsistens, dvs at associationen er observeret i flere forskellige sammenhænge og populationer. Hvis dette er tilfældet, taler det for en kausal sammenhæng.
- ◆ Specificitet, dvs at der kun er én effekt af den formodede årsag. Specificitet skulle ifølge Hill tale for kausalitet.
- ◆ Tidsmæssig sammenhæng, dvs at den formodede årsag kommer før virkningen.
- ◆ Biologisk gradient, dvs at der er en dosis-effekt sammenhæng. Hvis dette er tilfældet, taler det for kausalitet.
- ◆ Plausibilitet, dvs at der er en formodning om en biologisk mekanisme. Hvis dette er tilfældet, taler det for kausalitet.
- ◆ Coherence, dvs at der ikke er konflikt med, hvad der vides om sygdommes naturhistorie og biologi.
- ◆ Eksperimentel evidens, dvs at hvis der fx er gennemført forebyggelse, og man har set, at det virkede, så taler det for kausalitet.
- ◆ Analogi, dvs at hvis der er set lignende virkninger af lignende stoffer eller faktorer, så taler det for kausalitet.

Der er formentlig kun ét af disse kriterier, der er obligatorisk, nemlig den tidsmæssige sammenhæng. Alligevel kan listen være god at bruge, når man overvejer, om en association er kausal eller ej. Beklageligvis findes der ingen formel fremgangsmåde, der vil føre til en skudsikker konklusion.

I praksis er der dog ofte andre validitetsproblemer, der kommer i første række. Målsætningen for epidemiologiske undersøgelser er at estimere størrelsen af risici nøjagtigt og gyldigt. I praksis kan det imidlertid være vanskeligt. Når en risikoestimator ikke estimerer risikoen korrekt, siges den at være biased.

Den mest almindelige grund til bias er formentlig misklassifikation af eksponeringer. Hvis der er tilfældig støj på eksponeringsklassifikationen, så nogle personer, der ikke er eksponerede, fejlagtigt klassificeres som eksponerede, og omvendt nogle, der er eksponerede, klassificeres som ikke-eksponerede, vil risikoestimerne blive biased i retning af, at der ikke observeres nogen effekt af eksponeringen.

I nogle undersøgelser må man desuden regne med, at selekti-

onsfænomener giver bias. Hvis man fx på et givet tidspunkt spørger en gruppe syersker om gener fra bevægeapparatet, kan der være en stor gruppe af syersker, der har haft så svære gener, at de er holdt op med at arbejde som syersker. Disse syersker indgår derfor ikke i undersøgelsen, som derfor vil undervurdere effekten af syarbejdet. Dette fænomen er specielt udtalt i tværsnitsundersøgelser, men kan også spille en betydelig rolle i forløbsundersøgelser.

Selv et ikke-biased risikoestimat er bestemt med en vis usikkerhed. Usikkerheden udtrykkes normalt vha et konfidensinterval, som kan være bredt, specielt hvis undersøgelsen omfatter få personer. Når risikoestimatet anvendes til risikokarakterisering, følger usikkerheden naturligvis med, og der lægges dertil usikkerheden ved eksponeringsvurderingen og eventuel ekstrapolation til et dosisområde, hvor man ikke har direkte observationer.

Litteratur

- Foster KR, Bernstein DE, Huber PW. Phantom Risk. London: The MIT Press (1993).
- Pausterbach DJ. (Ed.). The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards: A Textbook of Case Studies. New York: John Wiley & Sons (1989).

Lisbeth E. Knudsen
Nils Fallentin
Vilhelm Borg
Erik Olsen

Individuel følsomhed

Baggrund

Personers risiko for at blive ramt af en arbejdsbetinget lidelse efter udsættelse for skadelige påvirkninger i arbejdsmiljøet afhænger i mange tilfælde af en række individuelle faktorer: køn, størrelse, alder, race, arvelige faktorer, livsstil, personlighed, dvs deres følsomhed.

Betydningen af variationen mellem mennesker er alment kendt i arbejdsmedicinen: Nogle personer er meget egnede til visse typer af job, mens andre personer er mindre egnede og derfor holder op hurtigt i erhvervet. I nogle erhverv er det således personer med en særlig konstitution, der bliver lang tid i jobbet (den såkaldte "healthy worker effect"). Skifteholds-arbejdere generelt, asfaltarbejdere og kloakarbejdere er eksempler herpå. De personer, der kan tåle arbejdet, bliver, mens mange holder op efter få måneders ansættelse, som følge af sygdom (forgiftning, infektioner).

Lovgivning

I arbejderbeskyttelseslovgivningen har det længe været den fremherskende opfattelse, at arbejdet så vidt muligt skulle indrettes, så alle kunne udføre det, uanset individuelle faktorer. Med den udbyggede viden om de individuelle faktorerers betydning for risiko for fx kræftudvikling eller nedslidning er kravene til såvel arbejdet som arbejdskraften blevet mere nuancerede. På det lovgivningsmæssige område er der kun krav inden for det ergonomiske område, men i erhvervsvalgs- og ansættelsessituationer tages der hensyn til forskelle. Det er fx kun slanke, smidige og adrætte mennesker, der bliver balletdansere og postbude, og kun folk af en vis størrelse og styrke, der antages til at udføre fysisk hårdt arbejde.

Historisk oversigt

I begyndelsen af århundredet blev skoleelever testet mhp erhvervsduelighed, og i denne test indgik bl.a. vurdering af personernes fysik. I nogle erhverv har en lægeundersøgelse indgået i lærlingeforløbet, og i andre tilfælde er der udført såkaldte "psykotekniske prøver", som blev brugt til at vurdere evner.

I 70'erne gennemførtes i USA "overfølsomhedstestning" over for kemiske påvirkninger i form af test for personernes manglende evne til at omsætte eller nedbryde sundhedsfarlige stoffer i organismen. Det var bl.a. test for, om personer manglede et enzym i blodet, glucose-6-phosphatdehydrogenase, som blev sat i forbindelse med øget følsomhed over for kemikalier som fx aromatiske aminer. Aromatiske aminer findes bl.a. som forureningsmidler i farvestoffer. Der blev også testet for mangel på enzymet alfa-1-antitrypsin, som formodedes at medføre øget risiko for destruktiv lungesygdom. Flere screeningsprogrammer blev iværksat, og personer med et testresultat, der tydede på, at de var overfølsomme, blev udelukket fra ansættelse i belastende erhverv.

I Danmark blev der i 70'erne testet for individuel overfølsomhed over for allergener ved enzymproduktion, og atopikere, dvs personer med disposition for allergi, blev ikke ansat. Mange af de tests, der blev anvendt, var imidlertid ikke gennemprøvede på grupper af raske personer. Når der mangler en kontrolgruppe, kan man ikke afgøre, hvor mange raske der også ville have et positivt testresultat, såkaldte falske positive. Med den viden, vi har i dag, må vi sige, at man kunne ikke tolke testresultaterne så bastant, som det blev gjort dengang.

I nogle tilfælde stilles der i dag ved ansættelsen krav til ansøgenes helbred og færdigheder: Personer med arbejde inden for offentlig transport må ikke lide af rød-grøn farveblindhed, personer med overvågningsfunktioner må ikke lide af epilepsi. Atopikere og personer med hyperreaktive bronkier ansættes ikke til særligt allergen-belastet arbejde.

Lovgivningsmæssigt er der på enkelte områder fastsat regler for, hvilke personer der udelukkes fra et givet arbejde (transportområdet, dykkere, forsvaret, unges arbejde med farlige stoffer, gravides arbejde). Men generel brug af oplysninger om personers individuelle egenskaber i ansættelsessituationer er i dag ikke tilladt. Det er kun tilladt i særlige situationer, beskrevet i "Lov om brug af helbredsoplysninger mv på arbejdsmarkedet", som sætter rammer for brug af oplysninger.

Grænseværdier

Ved fastsættelsen af grænseværdier har det været debatteret, om disse skulle fastsættes for de mest følsomme personer, eller om man måtte acceptere, at nogle blev syge selv ved arbejde ved udsættelser under grænseværdien. At fastsætte grænseværdien, så alle kan arbejde uden risiko for sygdom, er i mange tilfælde ikke muligt, enten pga manglende viden eller pga praktiske/tekniske/økonomiske hindringer. I forordet til grænseværdilisten var der tidligere taget forbehold: "Som følge af variationen i individuel følsomhed vil en mindre del af arbejderne føle ubehag ved arbejde ved og under grænseværdien, og en mindre procentdel vil blive mere alvorligt påvirket i form af forværring af eksisterende sygdomme eller udvikling af arbejdsbetingede lidelser". Dette var citeret fra den amerikanske grænseværdiliste. I den gældende danske anvisning om grænseværdier er ligeledes nævnt, at "... forskelle i personers følsomhed og den evt begrænsede viden om stoffernes sundhedsfarlige egenskaber betyder, at der kan opstå gener/symptomer eller arbejdsbetingede lidelser ved koncentrationer under grænseværdien".

Validering af undersøgelser

Med gennemførelsen af overvågningsprogrammer, forskning i menneskers reaktioner på belastninger, epidemiologiske studier og biomoniteringsprogrammer på arbejdspladser er der opnået større viden om en række individuelle forskelle og deres betydning for indvirkningen på risikoen for at pådrage sig sygdom.

For at kunne anvende resultaterne af en test til vurdering af risiko for enkeltpersoner kræves imidlertid en række antagelser om testmetodernes validitet. For det første skal undersøgelserne laboratoriemæssigt udføres korrekt og nøjagtigt, gerne med stor sensitivitet. For det andet skal der være sikker viden om den helbredsmæssige fortolkning af undersøgelsesresultatet.

I det følgende gennemgås eksempler på områder, hvor man har viden om betydningen af den individuelle variation. Det skal understreges, at alle markører, bortset fra atopitestning, er på forskningsstadiet, og de anvendes i dag ikke i arbejdsmiljø- og forsikringsammenhæng i Danmark. Dvs vi har i dag ingen metoder til rutinemæssigt at bedømme en eventuel øget risiko pga øget følsomhed hos individer.

Overfølsomhedsmarkører

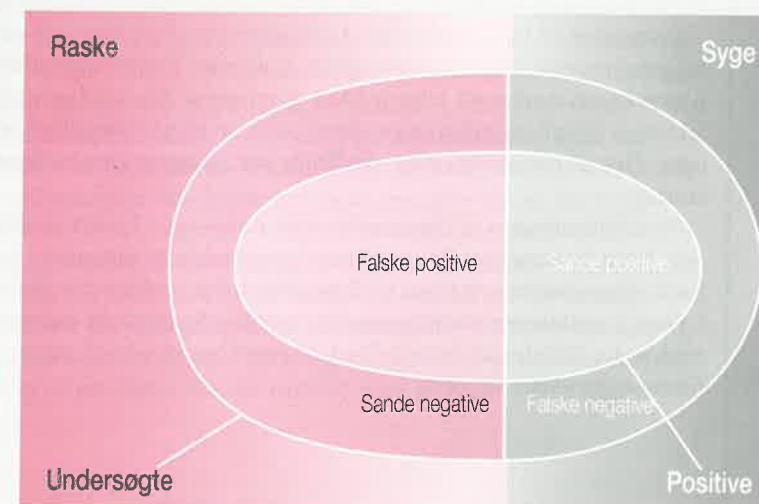
Allergi og astma er meget udbredte arbejdsbetingede lidelser, som opstår fx efter udsættelse for isocyanater, mel/kornstøv, træstøv, forsøgsdyr, hærder, enzymer og visse medikamenter. Data fra lappetest eller analyser for antistoffer i blod har været brugt til at bedømme, om personer allerede inden eksponering er særligt overfølsomme over for visse påvirkninger.

Ud fra en mindre specifik analyse for antistoffer i blodet har man klassificeret personer som atopikere eller ikke-atopikere. Test for atopi har tidligere været anbefalet ved eksponeringer som de ovenfor nævnte, men der sættes i dag spørgsmålstegn ved den forebyggende værdi af sådan testning.

I forbindelse med produktionen af enzymer på NOVO-Nordisk var der tidligere et tilbud til alle nyansatte om at blive testet af bedriftssundhedstjenesten. Hvis atopitesten var positiv, var det op til den enkelte, om han eller hun ville anmode om at blive flyttet til andet arbejde.

I forbindelse med udarbejdelsen af Gentestudvalgets betænkning om helbredsoplysninger på arbejdsmarkedet (1994) fremkom NOVO-Nordisk med en række oplysninger, der er anvendt til at beregne validiteten af atopitesten: 20% af testede medarbejdere var atopikere. 10% af ikke-atopikere udviklede allergi. Overrisiko for allergi hos atopikere var 2-3 gange ikke-atopikeres (20-30%). Disse procenter har dannet baggrund for tabel 4.1, hvorfra den prædiktive værdi af atopitestning er beregnet.

Som det ses, har kun hver fjerde atopiker udviklet allergi. Såfremt alle atopikere valgte jobbet fra, ville tre fjerdedele af disse således have foretaget et unødvendigt fravalg. Omvendt ville hver tiende ikke-atopiker udvikle allergi, trods negativ test. I praksis var det kun et fåtal, der valgte at bede om at blive flyttet til andet job på baggrund af en positiv test (personlig meddelelse).



Figur 4.1. Befolkning opdelt i raske og syge. Man undersøger en gruppe personer, som deles i positive og negative. En del vil være falske positive, en del falske negative.

	Allergiker	Ikke-allergiker	Total
Bedømmes atopisk	50 <i>a</i> <i>sande positive</i>	150 <i>b</i> <i>falske positive</i>	200 <i>a+b</i>
Bedømmes ikke-atopisk	80 <i>c</i> <i>falske negative</i>	720 <i>d</i> <i>sande negative</i>	800 <i>c+d</i>
Total	130 <i>a+c</i>	870 <i>b+d</i>	1.000

Sensitivitet = $a/(a+c) = 50/130 = 38\%$
 Specificitet = $d/(b+d) = 720/870 = 83\%$

Prædiktiv værdi af positiv test = $a/(a+b) = 50/200 = 25\%$
 Prædiktiv værdi af negativ test = $d/(c+d) = 720/800 = 90\%$

Tabel 4.1. Eksempel på validering af test for atopi og allergi. Data er konstruerede ud fra oplysninger fra NOVO-Nordisk. Beregningsmetoden er illustreret i fig. 4.1.

Eksempler på genetiske følsomhedsmarkører

Der er i dag identificeret mere end 50 genetiske karakteristika, som man mener kan afsløre øget følsomhed over for giftige og/eller kræftfremkaldende stoffer. Nogle af disse kan være biologiske markører for følsomhed i arbejdsmiljøsammenhæng, hvilket for tiden undersøges i flere forskningsprogrammer i både Danmark og udlandet. Som eksempler på genetiske følsomhedsmarkører kan nævnes manglende eller nedsat aktivitet af metaboliseringsenzym, der har betydning ved nedbrydningen af fremmedstoffer.

Optagelse af fremmedstoffer i organismen efterfølges oftest af en omdannelse (metabolisering) af stofferne. Fremmedstofferne bliver enten nedbrudt eller udskilt. Den mest almindelige udskilelsesvej af omdannelsesprodukter, som er vandopløselige, er via urin. Dvs at metabolisering medfører stadig mere vandopløselige stoffer.

Metaboliseringen af fremmedstoffer deles op i Fase 1 reaktioner, hvor fremmedstoffet oxideres katalytisk vha enzymer. For de forskellige enzymsystemer er flere genetiske varianter beskrevet. I Fase 2 reaktioner konjugeres det oxiderede produkt med et molekyle, således af komplekset er mere vandopløseligt end fremmedstoffet i sig selv.

Fase 1 (oxidering)

Eksempel 1

I biokemiske analyser af blod eller urinprøver fra kræftpatienter (såkaldt molekylær-epidemiologiske studier) er fundet særlig stor kræfthyppighed hos personer med øget aktivitet af en *cytokrom P450 variant*, *CYP1A1*, ved udsættelse for aromatiske kulbrinter sammenlignet med personer med lav aktivitet af enzymet. Aromatiske kulbrinter omdannes i fase 1 reaktionen katalyseret af CYP1A1 til farligere, reaktive forbindelser, bl.a. epoxidforbindelser. Den øgede følsomhed hos personer med høj enzymaktivitet formodes at hænge sammen med større koncentrationer af de farlige omdannelsesprodukter.

Eksempel 2

Personer med en øget aktivitet af et andet *cytokrom P450*, *CYP2E1*, vil have en øget følsomhed for benzen, styren, N-nitrosaminer, methylenchlorid mfl, også som følge af øget omdannelse af disse stoffer til farligere omdannelsesprodukter.

Undersøgelser af aktivitet af disse enzymer vil kunne føre til en sortering af personer i mere eller mindre følsomme individer over for et givet arbejdsmiljø.

De beskrevne sammenhænge mellem øget kræfthyppighed og metabolisme er imidlertid kun påvist i mindre grupper, typisk af allerede sygdomsramte. Da der ikke er gennemført undersøgelser af raske personer, er testene således ikke vurderet tilstrækkeligt kritisk til, at de berettiger til genetisk screening.

Dertil kommer, at variationerne er påvist hos japanere, mens forekomsten hos nordiske personer har vist sig begrænset. Der er altså endnu ikke tilgængelige anerkendte tests på markedet for individuelle forskelle i Fase 1 metabolisme.

Fase 2 (konjugering)

Aktiviteten af Fase 2 afgiftningsenzymet *Glutathion-S-transferase (GST)* indgår i dag i mange forskningsprojekter, som omhandler risikovurdering ved udsættelse for kræftfremkaldende stoffer. Der er fundet højere værdier af skader på kromosomer, målt ved metoder som kromosom-aberrationer, søsterkromatid udveksling eller mikrokerner hos personer, som mangler genet for GST, ligesom et flertal af lungekræftpatienter mangler dette enzym. Den individuelle aktivitet af dette afgiftningsenzym er således væsentlig for bedømmelse af risiko for skader på arveanlæg.

Resultater fra det igangværende strategiske miljøforskningsprogram tyder på, at mangel på dette enzym er overrepræsenteret i grupper af personer, der er ophørt med at ryge. Dette kunne

skyldes en kraftigere effekt af forgiftning ved rygning hos personer uden enzymet.

Resultater af stadig flere studier peger samstemmende på negativ GST genotype som en individuel risikofaktor ved kræftudvikling. Men GST er ét af flere Fase 2 afgiftningsevenzymer, hvorfor en individuel risikovurdering bør inddrage flere enzymaktiviteter og mere viden om personen.

Eksempel 1

Et andet eksempel på en genetisk betinget fase 2 metabolisme aktivitet, som øger følsomheden over for fremmedstoffer, er aktiviteten af enzymet *N-acetyltransferase*. Personer med en lav *N-acetyltransferase* aktivitet har en højere risiko for blærekræft, hvis de udsættes for arylaminer. Der er stor forskel i følsomhed over for kemiske påvirkninger hos personer med høj enzymaktivitet sammenlignet med personer med lav aktivitet. Personer med en høj *N-acetyltransferase* aktivitet synes at have en forhøjet risiko for tarmkræft, fordi enzymet øger omdannelsen af andre stoffer i tarmen. Det er derfor vanskeligt entydigt at placere personer med lav aktivitet i en risikogruppe.

Dansk undersøgelse af bomuldsarbejdere

Eksempel 2

Hvis en person har defekter i genet for serum alfa-1-antitrypsin, er der en stor risiko for lungeemfysem - en kronisk lungesygdom, som er karakteriseret ved uoprettelig (irreversibel) ødelæggelse af væggene i det perifere lungevæv, dvs de respiratoriske bronchioler og alveoler. Disse skader er resultatet af nedsat hæmning af et proteinnedbrydende enzym.

Hos heterozygoter (personer som har både et defekt og et normalt gen) er *alfa-1-antitrypsin* niveauet på 55-60% af det normale. Epidemiologiske studier viser, at personer, der er heterozygote for alfa-1-antitrypsinmangel (3% af befolkningen i USA), har en forhøjet risiko for at få en kronisk lungesygdom. Denne risiko øges ved rygning og udsættelse for støv fx i arbejdsmiljøet.

Det har været debatteret, om denne øgede risiko er tilstrækkelig til at retfærdiggøre store befolkningsundersøgelser (screeningsprogrammer). Den dominerende holdning er, at man skal iværksætte programmer, hvor man finder frem til arbejdere med symptomer, for derefter at nedsætte deres udsættelse og dermed risiko. Denne fremgangsmåde anses for videnskabeligt og etisk mere rimelig, eftersom man mener, at der skal flere studier til af

større grupper, førend der kan være grundlag for, at man iværksætter genetisk screening.

I 1988 gennemførtes en undersøgelse af allergi og luftvejslidelser hos bomuldsarbejdere i Vejle. I den første del af studiet blev arbejdsmiljøet og de ansattes reaktion herpå undersøgt. Reaktionen hos de ansatte blev målt bl.a. vha spørgeskemaer, lungeundersøgelser, allergitest, og blodprøver blev analyseret bl.a. for alfa-1-antitrypsin i serum. Man fandt en øget hyppighed af "bomuldslunger" hos personer med et lavt indhold af alfa-1-antitrypsin proteinet i serum. Et lavt niveau blev defineret som mindre end $35 \mu\text{mol l}^{-1}$.

I undersøgelsen målte fænotypen, dvs enzymaktiviteten i serum, og ikke genotypen af alfa-1-antitrypsin hos i alt 226 undersøgelsespersoner.

Sensitivitet og specificitet samt den prædiktive værdi af alfa-1-antitrypsin serum koncentrationer mindre end $35 \mu\text{mol l}^{-1}$ og lungefunktionsændring kan udregnes fra materialet beskrevet i Torben Sigsgaards rapport til Arbejdsmiljøfondet, se tabel 4.2.

Den lave sensitivitet (17%) og deraf følgende lille prædiktive værdi af lav koncentration af alfa-1-antitrypsin i serum støtter ovenstående forbehold over for rutinemæssig anvendelse af denne type af test.

	Lungesyntomer		
	Ja	Nej	Total
serum alfa-1-antitrypsin koncentration $\leq 35 \mu\text{mol l}^{-1}$	5 a sande positive	13 b falske positive	18 a+b
$> 35 \mu\text{mol l}^{-1}$	25 c falske negative	183 d sande negative	208 c+d
Total	30 a+c	196 b+d	226

$$\text{Sensitivitet} = a/(a+c) = 5/(5+25) = 5/30 = 17\%$$

$$\text{Specificitet} = d/(b+d) = 183/(13+183) = 183/196 = 93\%$$

$$\text{Prædiktive værdi af en lav serumkoncentration mht lungesyntomer} = a/(a+b) = 5/(5+13) = 5/18 = 28\%$$

$$\text{Prædiktive værdi af normal serumkoncentration og ingen lungesyntomer} = d/(c+d) = 183/(183+25) = 183/208 = 88\%$$

Tabel 4.2. Lungesyntomer og koncentrationer af alfa-1-antitrypsin i serum hos støvudsatte bomulds-spindlerarbejdere.

Sammenfatning

I dag er situationen således, at der ikke findes tilstrækkeligt pålidelige genetiske følsomhedsmarkører til brug i arbejdsmiljømæs-

sig sammenhæng. Der må imidlertid forventes resultater fra forskning, som inden for få år kan ændre billedet.

I Danmark er der i 1996 vedtaget en lov, som begrænser brug af helbredsoplysninger og herunder oplysninger om arvelige egenskaber i ansættelsessammenhænge.

Ergonomiske påvirkninger

Inden for det ergonomiske område (fysisk eller biomekanisk eksponering) har der traditionelt været en speciel opmærksomhed omkring begreberne individuel følsomhed og specielt sårbare grupper.

Forskelle i individuelle kapacitetsmål relateret til arbejdets udførelse er iøjnefaldende og umulige at negligere, hvilket eksempelvis har resulteret i grænseværdier for maksimale acceptable løft, som i en lang række lande er differentieret ud fra køn og alder.

Karakteristisk er samtidig, at et nøglebegreb i forbindelse med analyse af ergonomiske påvirkninger er den *relative belastning*, som udtrykker arbejdets krav i forhold til den individuelle kapacitet. I et centralt område inden for den traditionelle arbejdsfysiologi, arbejdets energetiske krav, opereres således internationalt med guidelines, som angiver en grænseværdi på 33-50% af den enkeltes maksimale iltoptagelsesevne ($VO_2\max$) som den højeste acceptable belastning over en 8-timers arbejdsdag.

På samme måde udtrykker eksisterende rekommandationer for lokal muskelbelastning de foreslåede grænseværdier for statisk, gennemsnitlig og peak(top) belastning som en procent af individets maksimale isometriske kontraktionskraft.

Denne fokusering på individforudsætninger som en vigtig prædikator for arbejdsbelastning, og dermed implicit relateret til risiko for helbredsskade, har navnlig i USA fået virkeshederne til at satse store ressourcer på "Pre-employment strength testing". Specielt mhp at undgå omkostningskrævende helbredsskader i forbindelse med tunge løft har screeninger for rygmuskelstyrke, muskeludholdenhed osv været udbredt.

De senere års eksplosive udvikling i antallet af arbejdsrelaterede bevægeapparatsygdomme forårsaget af ensidigt gentaget arbejde (EGA) har imidlertid til en vis grad flyttet interessen væk fra kapacitetsmål af typen maksimal muskelstyrke og maksimal iltoptagelsesevne. Det viser sig nemlig, at disse parametres betydning for bevægeapparatsygdomme i skulder, nakke og arm-hånd, forårsaget af ensidigt gentaget arbejde, er stærkt begrænset.

Opmærksomheden er i stedet koncentreret om en række andre mere komplekse parametre som fx alder, køn, specielle antropometriske mål, vævstype, alkohol- og rygevaner, personlighedstype, metaboliske og neuromuskulære sygdomme. Disse synes bedre at definere grupper, som er specielt sårbare over for eksponeringer i det ensidigt gentagne arbejde og dermed har en øget risiko for udvikling af muskulo-skeletalt besvær.

Af speciel interesse - og voksende betydning - er forhold relateret til den ældre del af arbejdsstyrken og dennes specielle sårbarhed/følsomhed over for ergonomiske/fysiske påvirkninger. Aldersbetingede forandringer i muskelfunktion (kontrol) og metabolisme synes - delvist uafhængigt af ændringer i musklernes maksimale styrke - at øge den arbejdsbetingede belastning på enkelte muskelceller ved ensidigt gentagne arbejdsbevægelser, nedsætte de cellulære forsvarsmekanismer og forlænge restitutions/reparationstiden.

Med de kommende årtiers forventede ændringer i arbejdsstyrkens alderssammensætning og et større antal specielt sårbare ældre arbejdstagere kan man frygte en stigning i risikoen for arbejdsbetingede muskel-skelet-lidelser. En sådan udvikling vil kunne blive en alvorlig hæmsko i bestræbelserne på at reducere omfanget af helbredsskader i forbindelse med det ensidigt gentagne arbejde.

Et krav til de kommende års risikohåndtering i forbindelse med ergonomiske eller fysiske påvirkninger må således være, at der formuleres en forebyggelsesstrategi, som omhandler de specielle problemer, der knytter sig til en voksende gruppe af ældre, specielt sårbare arbejdstagere.

Psykosociale påvirkninger

Mestring og personlige ressourcer

Der findes kun sjældent et konstant forhold mellem psykosociale påvirkninger i arbejdsmiljøet og helbredseffekter. Kun ved helt ekstreme påvirkninger, som fx store katastrofer, er der tale om, at alle individer reagerer med en stressreaktion.

I det store flertal af risikosituationer med en påvirkning af middelsvær eller let grad vil det være således, at nogle individer reagerer med stressreaktion, mens andre individer reagerer anderledes, fx fjerner sig fra situationen eller ændrer situationen. Her får

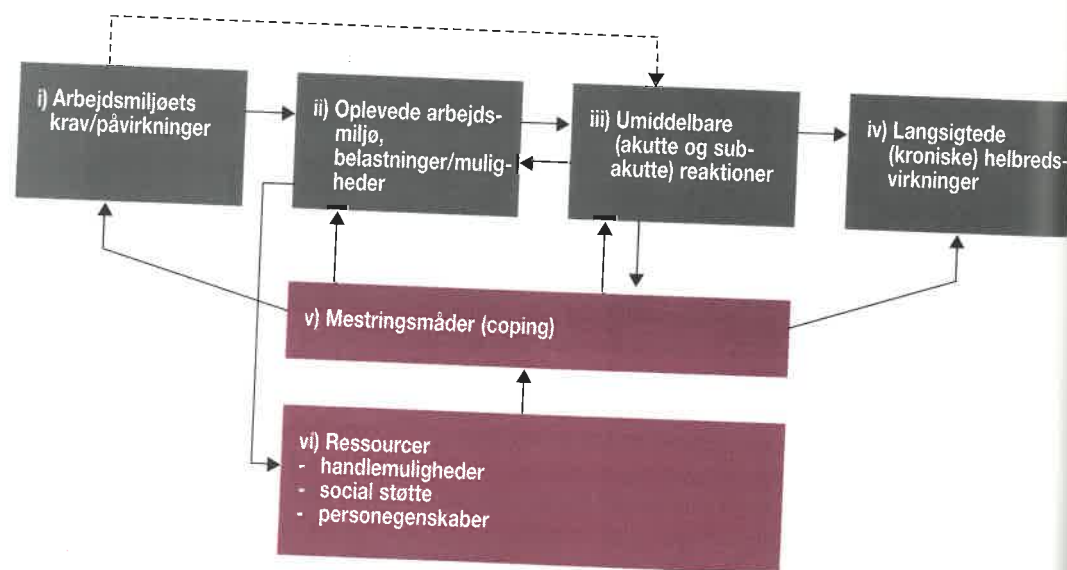
individuelte forskellige former for mestring (eng.: coping) betydning for reaktionen. Sådanne forskelle i mestring har baggrund i de ressourcer, individet har til rådighed - både personlighedsmæssige ressourcer og ressourcer i det sociale netværk.

De individuelle faktorer kan have indflydelse på de psykosociale påvirkninger. Det kan ske, ved at individuelle forskelle har betydning for dels selektionen gennem valg af job med bestemte påvirkninger, dels gennem de ændringer af arbejdsmiljøet, som individet kan foretage.

En anden betydning har de individuelle faktorer, ved at de påvirker relationen mellem påvirkningen og den helbredsmæssige effekt. Krav og påvirkninger i arbejdsmiljøet indgår i et komplekst samspil, der resulterer i helbredseffekter hos nogle individer.

Fig. 4.2 viser en model til forståelse af samspillet. Modellen har seks elementer, hvoraf nogle indgår i vekselvirkninger med hinanden. Fx antages det, at de umiddelbare (akutte og subakutte) belastningsreaktioner virker tilbage på oplevelsen af arbejdsmiljøets faktorer. Man må også antage, at oplevelse af umiddelbare reaktioner, fx smerter, kan føre til beslutning om handlinger til mestring af belastningerne.

Figur 4.2. Model for sammenhæng mellem ergonomisk og psykosocialt arbejdsmiljø og sygdom.



Et centralt element i arbejdet er de krav, der stilles til den arbejdende. Et krav om at udføre/regulere/styre en arbejdshandling er ikke belastende i sig selv. Hvorvidt kravet bliver en belastning, afhænger bl.a. af, om:

- ◆ der er hindringer for eller mangler ressourcer til at imødekomme kravet
- ◆ kravet er et overkrav, dvs overstiger den arbejdendes kapacitet; et enkelt krav kan være et overkrav ved at kræve stor anstrengelse, eller gentagelsen af krav kan samlet blive til overkrav, både bevægelsesmæssigt og mentalt, fx kræver det stor anstrengelse at være opmærksom på det samme i lang tid
- ◆ individet har indflydelse på tilrettelæggelse og udførelse af eget arbejde; indflydelse giver mulighed for at undgå, fjerne eller reducere belastninger.

Det antages, at den arbejdendes egen vurdering af arbejdsmiljøet til en vis grad afspejler arbejdsmiljøets krav/påvirkninger. Men samtidig vil denne vurdering være påvirket af andre faktorer, først og fremmest oplevelsen af symptomer, der kan tænkes at have sammenhæng med arbejdsmiljøet. Når personen udsættes for et krav, foretager vedkommende gerne en vurdering både af kravet, mulighederne for at imødekomme kravet, og de mulige virkninger på personens egen tilstand.

Disse forskellige vurderinger foregår antagelig ikke adskilt fra hinanden, men integreret, ikke kun tilbageskuende, men også foregribende. Så personen "ved" ofte i forvejen, hvorledes han/hun vil reagere. Der er antagelig en tendens til, at man skaber konsistens mellem vurderinger af krav, muligheder og virkninger, således at vurderinger af arbejdsbelastninger vil være påvirket af egen oplevelse af symptomer.

Hvis man vil forstå de arbejdendes reaktioner på arbejdet, vil det være relevant at benytte deres egen vurdering af arbejdets egenskaber, idet den eventuelle kausale forbindelse mellem arbejdsmiljøet og helbredet antagelig vil være formidlet gennem personens egen opfattelse af arbejdsmiljøet. Men hvis man ønsker at anvende forskningen som baggrund for at omstrukturere arbejdsmiljøet, er det vigtigt at vide, i hvilket omfang de ansattes egen vurdering afspejler arbejdsmiljøets krav/påvirkninger. I de eksisterende undersøgelser om dette problem er der en lav grad af overensstemmelse, og graden af overensstemmelse afhænger af, hvilke egenskaber det drejer sig om. Der må derfor indhentes både selvrapporterede data om arbejdsmiljøet og data fra direkte observation af arbejdsmiljøets krav/påvirkninger.

De umiddelbare (akutte og subakutte) reaktioner omfatter stress-symptomer, trætheds- og monotonitilstande, psykosomati-

ske symptomer og smerte- og træthedreaktioner fra bevægeapparatet.

Smerte- og træthedreaktioner fra bevægeapparatet kan betragtes som både et fysiologisk og et psykologisk fænomen. En smerte er altid subjektiv. Smerten kan være, men er ikke altid, forbundet med vævsødelæggelse. Smertens intensitet afhænger bl.a. af, hvad den betyder for personen.

Smerte er ikke kun et passivt fænomen, forstået på den måde, at den blot er et resultat af en skadelig påvirkning. Den kan samtidig være et aktivt fænomen, forstået på den måde, at personen selv gennem sin reaktion på aktuelle og forventede belastninger er med til at reagere på måder, der øger smertetilstanden. Det vil være relevant at undersøge, om forskellige faktorer virker modificerende på sammenhængen mellem belastninger og smerter (se senere afsnit). Yderligere spiller antagelig evnen til afslapning og søvnkvalitet ind i smerteoplevelsen.

De langsigtede virkninger omfatter kroniske smerter, bevægeapparatsygdomme og blivende psykiske følgevirkninger. Fælles for disse fænomener er, at de opstår efter længere tids påvirkning og kun mindskes langsomt eller slet ikke efter påvirkningens ophør.

Mestring defineres som det, folk gør for at forebygge eller undgå at blive skadet af belastninger eller kontrollere virkningerne. Heri ligger den antagelse, at folk reagerer aktivt på kræfter, der indvirker på dem, hvilket er medbestemmende for, hvilken effekt en given belastning har på dem. Der skelnes her mellem vedvarende ressourcer og mere specifikke mestringsmåder, som antagelig er influeret af disse ressourcer.

Overordnet kan man skelne mellem mestringsmåder med forskelligt fokus:

- a) Reaktionen, der sigter på at ændre den situation, hvorfra den belastende erfaring opstår: ændre eller eliminere kilden til belastningen, søge råd og oplysning, fjerne sig fra belastningen.
- b) Reaktionen, der sigter på at ændre betydningen eller meningen af den belastende erfaring: foretage positive sammenligninger, ignorere selektivt, finde positive aspekter, trivialisere det skadelige, forstørre det tilfredsstillende, finde nye belønninger, sænke betydningen af det område, hvori det truende findes.
- c) Reaktionen, der sigter mod at kontrollere de belastningssymptomer, der er opstået: kontrollere symptomer, tilpasse sig dem uden at blive overvældet, slappe af, benægte, tilbagetrækning, opstille magiske håb.

Mestring vil kunne optræde som modificerende faktor for sammenhængen mellem givne arbejdsmiljøkrav og helbredseffekter, forstået på den måde, at personer, for hvem det lykkes at mestre et krav i arbejdet på en sådan måde, at det ikke udgør en belastning, ikke vil være i risiko for at udvikle helbredsskader. Man kan fx forestille sig, at én person reagerer på akutte smerter med handlinger, der nedsætter eller fjerner belastningen, mens en anden ignorerer smerten.

Bag de ovennævnte mestringsmåder ligger antagelig nogle mere stabile faktorer. Der er fremkommet flere bud herpå:

- ◆ social støtte på og uden for arbejdspladsen
- ◆ oplevede handlemuligheder på arbejdspladsen og muligheder for selv at influere på de betingelser, man eksisterer i
- ◆ personlige ressourcer:
 - ◆ selvværdsfølelse
 - ◆ selvtiltro: det er delvis på basis af egen oplevelse af, at man selv er i stand til at gennemføre en ønsket ændring og forhindre, formindske eller afslutte noget ubehageligt/uønsket, at man vælger, hvad der skal gøres, hvor megen indsats man mobiliserer, og hvor længe man bliver ved med det
 - ◆ arvelige egenskaber.

Det fælles i forslagene synes at være, at det har betydning, i hvilken grad personen opfatter, at han/hun selv kan påvirke sine miljøbetingelser. Antagelig er det sådan, at jo højere en persons selvværd, selvtiltro og oplevede kontrol er, jo lavere bliver stressreaktionen.

Litteratur

- Ayoub MM, Mital A. Manual materials handling, London, New York, Philadelphia: Taylor & Francis, 1989.
- Basisbog i arbejdsfysiologi, bind I. København: Arbejdsmiljøinstituttet, 1995.
- Bonjer FH. Energy expenditure. In: Parmeggiani L, editor. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. Geneva: International Labour Organisation (1971):458-460.
- Carlsöö S. Att lyfta i jobbet. Uddevalla: Personaladministrativa Rådet (1975).
- Gentestudvalgets betænkning om helbredsoplysninger på arbejdsmarkedet. Arbejdsministeriets betænkning nr. 1269. København: Statens Information (1994):163-177.

- Hagberg M, Silverstein B, Wells R, Smith MJ, Hendrick HW, Carayon P, Pérusse M. Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): a reference book for prevention. London: Taylor & Francis Ltd. (1995).
- Hirvonen A. Genetic Factors in Individual Responses to Environmental Exposures. *J Occup Med* 1995;37:37-43.
- Jonsson B. Measurement and evaluation of local muscular strain in the shoulder during constrained work. *J Hum Ergol* 1982;11:73-88.
- Knudsen LE, Nørby S. Genetiske undersøgelser i arbejdsmiljøsammenhæng. *Ugeskrift for Læger* 1994; 156: 3880-3886.
- Lov om brug af helbredsoplysninger mv på arbejdsmarkedet. Lov nr. 286 af 24 april 1996.
- Perera, FP. Environment and cancer: who are susceptible. *Science* 1997, 278, 1068-1073.
- Sigsgaard T. Allergi og lungesygdomme i tekstilindustrien. Undersøgelse af respirationsvejslidelser og allergi blandt tekstilarbejdere i bomulds-, uld- og syntetfiberindustrien. København: Arbejdsmiljøfondet (1990).

Leif Simonsen
Erik Holst
Bjørn Andersen Nexø
Erik Olsen

Acceptkriterier

Baggrund

Umiddelbart er det en personlig sag, hvor stor risiko den enkelte er parat til at løbe, fx om man vil ryge trods viden om de sundhedsskader, der kan være knyttet hertil, om man er bjergbestiger eller fritidsdykker. På samfundsniveau er beslutningen om, hvilken risiko der er acceptabel, kompleks og vanskelig. Her kan aktiviteter, der tilsyneladende er en personlig sag, som fx rygning eller kørsel med eller uden sikkerhedssele, af økonomiske og etiske grunde have samfundsmæssig interesse.

Definition

Acceptkriterier er kvalitative eller kvantitative udtryk, som sætter grænser for, hvilke påvirkninger der kan accepteres. Grænseværdier for luftforurening er et eksempel på kvantitative acceptkriterier knyttet til arbejdsmiljøet. Grænseværdier er resultatet af en politisk proces og afspejler myndighedernes acceptniveau. Bemærkninger i "Bekendtgørelse om arbejdets udførelse", som kræver, at arbejdsforholdene skal være sikkerhedsmæssigt og sundhedsmæssigt fuldt forsvarlige, er et kvalitativt acceptkriterium.

Der er tradition for at fastsætte kriterier for acceptabel risiko i arbejdsmiljøet ud fra den grundantagelse, at der ikke må være nogen risiko forbundet med at udføre lønnet arbejde, da dette i princippet ikke er en risiko, man løber frivilligt. Denne holdning afspejles i beskrivelse af grænseværdierne for stoffer og materialer og kommer tydeligt frem i Arbejdstilsynets 7 fremtidsvisioner, der tager sigte på helt at undgå:

- ◆ dødsulykker som følge af arbejdsmiljøforhold

- ◆ arbejdsbetinget udsættelse for kræftfremkaldende kemiske stoffer
- ◆ arbejdsbetingede hjerneskader pga udsættelse for organiske opløsningsmidler
- ◆ at unge mennesker kommer alvorligt til skade på jobbet
- ◆ skader som følge af tunge løft og risiko for arbejdsbetingede lidelser som følge af ensidigt gentaget arbejde
- ◆ psykiske skader som følge af arbejdets organisering
- ◆ høreskader som følge af støjende arbejde.

I teorien kan en risiko aldrig blive nul, men dette mål skønnes nået, når risikoen fra arbejdsmiljøet er sammenlignelig med den risiko, den enkelte løber for at blive dræbt af et lyn, ca 10^{-6} pr år. I praksis er mange af de risici, der accepteres i forbindelse med forskellige aktiviteter, væsentlig større. Samfundets beslutning om acceptabel risiko vil således ofte være en afvejning af økonomiske interesser og etiske hensyn samt praktiske muligheder. Med andre ord er acceptniveauer et udtryk for, hvad der er praktisk muligt, og faste acceptgrænser muliggør en ensartet håndhævelse af reglerne.

Acceptkriterier i arbejdsmiljøet

Grænseværdier for stoffer og materialer

Den historiske udvikling af grænseværdierne for stoffer og materialer på arbejdspladserne er væsentlig for forståelsen af, hvordan acceptkriterier opstår, udvikles og indvirker på processerne i risikovurderingen, især farlighedsidentifikationen og risikokarakteriseringen.

Oprindeligt var der slet ingen grænser for, hvad industriarbejdere måtte udsættes for. Kun det upraktiske i, at forgiftede arbejdere opførte sig mærkeligt eller faldt omkuld på arbejdspladsen, satte grænserne. Foranlediget heraf påbegyndte professor Lehmann i 1800-tallet at fastsætte grænseværdier i Tyskland. Et citat fra et af hans arbejder beskriver forholdene på den tid:

"Pga utilpashed var jeg desværre forhindret i at bestemme grænseværdien for, hvad man kunne udholde af saltsyredampe, på mig selv, men jeg gjorde et tilsvarende forsøg med en trediveårig kraftig mand. Han befandt sig i et lille rum (laboratoriets opvaskerum) med lukkede vinduer og døre, hvor han indåndede

saltsyredampe, som steg op fra en skål. Umiddelbart ved siden af hans mund var en vaskeflaske med natronlud. Når koncentrationen af syredampe i rummet begyndte at blive uudholdelig, blev der suget luft gennem vaskeflasken vha en håndbetjent pumpe. Den netop udholdelige koncentration var 0,05% (50 ppm).” Så følger en beskrivelse af symptomerne, og Lehmann fortsætter: “Forsøgspersonen erklærede, at det var absolut umuligt at arbejde i rummet, og bad efter 12 minutter indtrængende om at få lov til at afbryde forsøget.”

“Jeg tror nu gerne, at mere hærdede personer efter en vis tilvænning kan klare endnu stærkere doser uden alt for store gener, men for længere tids ophold må grænsen højst være 0,1 til 0,2% (100-200 ppm),” slutter Lehmann i *Archiv für Hygiene 1886*. I dag er grænseværdien for saltsyredampe en loftværdi på 5 ppm.

Professor Lehmanns og hans samtids holdning til, hvad en arbejder kunne tåle, afspejler anderledes forhold end dem, vi kender i dag. De politiske, sociale og økonomiske forhold i et samfund er afgørende forudsætninger for, hvor stramme kriterier for acceptabel risiko man vil anvende. Dette ses såvel historisk som geografisk. I mange af de ikke-industrialiserede lande er der ikke overskud til at operere med samme høje miljøkrav som i de industrialiserede lande.

I Danmark fik vi med “Bekendtgørelse af Regler for Arbejde med organiske Opløsningsmidler og Produkter indeholdende saadanne i Henhold til Lov Nr. 143 af 29. April 1943” de første grænseværdier 9. oktober 1945. De omfattede grænser for omfanget af udsættelse for en række organiske opløsningsmidler (se tabel 5.1). En sammenligning af denne liste med den nuværende grænseværdiliste viser nogle interessante ændringer. For benzol/benzen var grænseværdien fx 100 mg m⁻³ svarende til 32 ppm. I dag er grænseværdien for benzen 0,5 ppm. For toluen var grænseværdien 200 mg m⁻³ svarende til 55 ppm. I dag er grænseværdien for toluen 25 ppm. Disse ændringer skyldes ny viden om, at benzen er kræftfremkaldende, og toluen har hjerneskadende effekt. Generelt er der historisk set tale om en nedsættelse af grænseværdierne. Disse ændringer i grænseværdierne afspejler en udvikling i, hvad der opfattes som acceptabel risiko, samt en samtidig øget viden om stoffernes skadelige virkninger. At en samfundsmæssig udvikling såvel som en øget viden om stoffernes farlige egenskaber fører til lavere grænseværdier, afspejler på udmærket vis, at risikobegrænsning er en vedvarende proces frem mod et “nullejls mål”.

Siden 70'erne har grænseværdien for stoffer og materialer været defineret på følgende måde:

Acceptkriterier		
A-stoffer og opløsningsmidler af tilsvarende farlighed		
	GV 1946 (mg m ⁻³)	GV1995 ¹⁾ (mg m ⁻³)
Benzol	100	16
Diklormetan (Metylenklorid)	200	122
Kloroform	100	10
Tetraklormetan (Tetraklorkulstof)	100	13
Di-, Tri- og Tetraklorætylen	200	70
Diklorætan (Ætylenklorid)	100	4/400 ²⁾
Triklorætan	200	54
Tetraklorætan (Acetylentetraklorid)	10	7
Pentaklorætan	20	40
Diklorætylæter	15	30
Mono- og Diklorbenzol	75	46/150
Metylalkohol (Metanol)	200	260
Metylacetat	250	450
Dioxan	10	36
Svovikulfstof	10	15
B-stoffer og opløsningsmidler af tilsvarende farlighed		
Toluol, Xylol o.l.	200	130
Benzin (aromatfri)	1.000	3)
Ætylalkohol	2.000	1.900
Butylalkohol	3.000	150
Amylalkohol	200	360
Ætylacetat	500	540
Propyl-, Butyl- og Amylacetat	250	500
Æter	500	1.200
Acetone	1.000	600

Definition

En grænseværdi (GV) er den koncentration, som det tidsvægtede gennemsnit af koncentrationen i løbet af en arbejdsdag ikke må overstige. Koncentrationen angives i ppm (cm³ m⁻³) eller i mg m⁻³.

Grænseværdier angiver koncentrationer, der ikke anses for at være skadelige eller generende hverken ved akut påvirkning eller gennem et helt arbejdsliv.

Tabel 5.1. Uddrag af Bilag til Bekendtgørelse om Regler for Arbejde med organiske Opløsningsmidler og Produkter indeholdende saadanne. Fra Arbejds- og Socialministeriets Bekendtgørelse af 9. Oktober 1945.

¹⁾ Højre kolonne angiver grænseværdierne, som de er fastsat af Arbejdstilsynet i 1995.

²⁾ 1,1 Diklorætan 400 mg m⁻³; 1,2 diklorætan 4 mg m⁻³.

³⁾ Er i dag angivet for enkeltstoffer.

Pga individuelle forskelle i modtagelighed kan det imidlertid ikke udelukkes, at en lille procentdel af de ansatte kan få mindre og forbigående gener ved koncentrationer på eller under grænseværdien, en endnu mindre procentdel kan endda risikere forværring af en allerede eksisterende sygdomstilstand eller kan pådrage sig en arbejdsbetinget sygdom.

Denne definition afspejler ligeledes, at ingen må løbe nogen væsentlig helbredsrisiko i forbindelse med udførelsen af et lønnet arbejde. Men i erkendelse af, at risikoen aldrig kan blive nul, nævnes, at risiko kan forekomme for enkelte særligt følsomme individer. Det er reelt et etisk, politisk og økonomisk spørgsmål, hvor store disse ikke-beskyttede grupper skal være. Et andet problem er, at det er vanskeligt eller umuligt altid at være under grænseværdien.

Fastsættelse af grænseværdier

I risikovurderingens terminologi svarer definitionen på en grænseværdi til acceptkriterierne. Et demokratisk højt organiseret samfund er bl.a. karakteriseret ved, at acceptkriterier for aktiviteter, der involverer større eller mindre dele af samfundet, fastsættes i en dialog med de berørte parter. Denne dialog har for arbejdsmiljøets vedkommende i Danmark ført til indførelse af grænseværdier. Ifølge ovennævnte definition skal grænseværdierne have en sådan størrelse, at de sikrer den ansatte mod sundhedsskader gennem et helt arbejdsliv.

Kravet til grænseværdierne er således, at de skal sikre de ansatte mod sundhedsskader fra kemiske stoffer og materialer i arbejdsmiljøet og dermed sikre et sundt og sikkert arbejdsmiljø! Det acceptable er, som nævnt i Lov om arbejdsmiljø³⁾, tæt knyttet til den økonomiske og sociale udvikling i samfundet. Der sker således løbende en udvikling af begrebet grænseværdier. I "Grænseværdier - fastsættelse og funktion" (Arbejdstilsynet 1994) har Arbejdstilsynet besluttet at kalde grænseværdierne "administrative normer for luftforureningen". Dette er en konsekvens af, at der i grænseværdiudvalget under Arbejds miljørådet, i forbindelse med fastsættelse af grænseværdier, også tages økonomiske og tekniske hensyn. Dette forhold beskrives yderligere i At-anvisningen, hvor der om grænseværdierne står: "Selvom grænseværdien ikke er udtryk for et stofs giftighed, kan den være vejledende for en vurdering af stoffet ud fra et hygiejnisk synspunkt, når man sammenholder grænseværdien med stoffets virkemåde ..."

Denne beskrivelse af grænseværdiernes funktion stemmer ikke ret godt overens med den oprindelige definition af en grænseværdi. Det er ikke længere udelukkende de sundhedsmæssige data og den dertil knyttede risikoanalyse, der ligger til

³⁾ Lov om arbejdsmiljø. Bekendtgørelse af lov om arbejdsmiljø nr. 184 af 22. marts 1995, som ændret ved lov nr. 458 af 12. juni 1996, lov nr. 1196 af 27. december 1996 og lov nr. 375 af 10 juni 1997.

grund for fastsættelse af grænseværdierne. Der er sket en sammenblanding af processerne i risikovurderingen. Resultatet af risikoanalysen - grænseværdien - er blevet påvirket af risiko-håndteringsprocessen, hvor de politiske, økonomiske og tekniske konsekvenser analyseres. Dette mindsker processens gennemskuelighed og fører til en forvirring af grænseværdibegrebet. Konsekvensen er bl.a., at Arbejdstilsynet må kræve yderligere forbedringer, selvom grænseværdierne er overholdt, hvilket for mange virker ulogisk. En løsning på dette problem kunne være indførelse af rent sundhedsbaserede grænseværdier. Disse skulle udarbejdes af en ekspertgruppe på grundlag af den foreliggende medicinske og toksikologiske dokumentation. Grænseværdierne, der offentliggøres, skal sikre mod sundhedsskader efter givne kriterier, jf definitionen. Efterfølgende kan tekniske og økonomiske overvejelser så bevirke, at den lovbundne grænseværdi, den virksomhederne skal overholde, bliver højere. Fordelen ved en sådan klar skelnen mellem de enkelte processer i risikovurderingsprocessen, hvor der opereres med to grænseværdier, er, at det står klart, hvor en teknisk-hygiejnisk indsats kan føre til sundhedsmæssige gevinster.

Grænseværdier for støj

Sammenhængen mellem støjeksponering og risikoen for høreskader er velbeskrevet. Allerede ved vedvarende støjbelastning på 75-80 dB(A) er der en forøget risiko for høreskader. Risikoen for alvorlige høreskader er til stede ved vedvarende belastninger på 85 dB(A). Denne risiko er ca 3 gange større ved støjbelastninger på 90 dB(A). Kortvarige meget kraftige støjimpulser på over 130-140 dB(A) kan ligeledes skade hørelsen. Støj kan desuden føre til ændringer af åndedrætsrytmen og forøge blodtrykket. Over længere tid kan dette belaste og skade organismen. Endelig kan støj, selvom den er svag, virke psykisk belastende.

På baggrund af den her beskrevne sammenhæng er der indført en generel støjgrænse på de danske arbejdspladser; den ligger på 85 dB(A) målt over en 8-timers arbejdsdag, og derudover må der ikke forekomme hyppige (mere end 1/min) støjimpulser med spidsværdier på over 115 dB(A). Støjnormen yder ikke fuld beskyttelse mod høreskader. Udsættelse for 85 dB(A) i 40 år vil medføre et høretab på 20 dB.

Grænser for løft

Manuel håndtering, som omfatter, at en person eller flere personer i fællesskab flytter eller støtter en byrde, kan erfaringsmæssigt indebære en risiko for sikkerhed og sundhed. Arbejdstilsynet har derfor udarbejdet en række anvisninger på, hvordan manuel

håndtering, herunder tunge løft, kan udføres, så risikoen imødegås⁴⁾ Anvisningerne tager afsæt i et kvalitativt acceptkriterium: "Arbejde med manuel håndtering skal planlægges og tilrettelægges, så det kan udføres sikkerheds- og sundhedsmæssigt forsvarligt." Det er meget forskelligt, hvad den enkelte kan håndtere uden risiko for helbredet, og samtidig er en lang række faktorer omkring byrdens og arbejdsstedets beskaffenhed samt arbejdsforhold i øvrigt af betydning for risikoen for arbejdsskader ved håndtering. Derfor kan der ikke opstilles eksakte grænser i kg/time for, hvad der må håndteres, men derimod gives en række anvisninger på, hvorledes arbejdet kan tilrettelægges forsvarligt. I den forbindelse anbefales det dog, at man ikke løfter mere end maksimalt 50 kg tæt ved kroppen og tilsvarende ca 20 kg, hvis byrden bæres. Samlet må der ikke løftes mere end ca 10 tons pr dag, hvis man vel at mærke er voksen, rask, velinstrueret og trænet.

Individuel risiko og samfundsrisiko

Problemerne med accept af risici for hændelser i arbejdsmiljøet er reelt problemer knyttet til arbejdsmiljøets kvalitet. I modsætning til den klassiske problemstilling, hvor kvaliteten af eksempelvis et vareparti vurderes, involverer kvalitetsvurderingen af et arbejdsmiljø tre og ikke to parter.

Mens der i den klassiske kvalitetskontrol-lære tales om "producenten" og "kunden", er de tre parter, som er involveret i vurderingen af arbejdsmiljøets kvalitet: arbejdsgiveren, arbejdstageren og samfundet. Sidstnævnte er repræsenteret ved den lovgivende, den udøvende og den dømmende myndighed.

Såvel arbejdstageren som arbejdsgiveren forsøger på demokratisk vis at få så stor indflydelse, som der er muligt på de tre angivne samfundsmyndigheder, eksempelvis gennem fremvisning af resultaterne fra den undersøgende part. Det er principielt den lovgivende myndighed, som bestemmer arbejdsmiljøets kvalitet, og den vedtagne kvalitet er nogle gange acceptabel for arbejdstageren, men ikke for arbejdsgiveren, og omvendt. Da den lovgivende myndighed skal vurdere konsekvenserne af arbejdsmiljøets kvalitet for resten af samfundet, kan det ske, at kvaliteten af et arbejdsmiljø hverken er acceptabel for arbejdstager eller for arbejdsgiver. Det skal i øvrigt understreges, at den udøvende og den dømmende myndighed skal fungere i overensstemmelse med lovgivningen om arbejdsmiljøets kvalitet, hvis lovgivningens intentioner ønskes gennemført.

⁴⁾ Manuel håndtering, At-meddelelse Nr. 4.05.1. januar 1994 og Vurdering af løft, At-meddelelse Nr. 4.05.2. oktober 1994. Arbejdstilsynet, Landskronagade 33, 2100 København Ø, tlf 39152526.

Den lovgivende myndighed fastsætter arbejdsmiljøets kvalitet ud fra en kombination af økonomiske og sociale kriterier. Den økonomiske belastning af arbejdsgiveren må ikke blive så stor, at produktionen opgives. Samtidig må samfundets institutioner (sundheds- og socialvæsen) og det ydre miljø ikke belastes som følge af en ringe kvalitet i arbejdsmiljøet. Specielt skal det understreges, at det desuden kan være etisk uacceptabelt at lade en lille gruppe i befolkningen betale for følgerne af et dårligt arbejdsmiljø for at sikre velstand for den resterende del af befolkningen.

Baggrunden for fastsættelse af kvaliteten for et arbejdsmiljø er normalt resultatet af en konsekvensanalyse af de økonomiske og socialt uacceptable hændelser, der kan indtræffe i arbejdsmiljøet. Der er tale om hændelser, som kan karakteriseres som enten probabilistiske eller deterministiske. Mens egentlige uheld og momentane påvirkninger er statistiske hændelser, vil hændelser, der kan indtræffe som følge af længere tids påvirkning (fysisk, kemisk eller psykisk), kunne betegnes som dynamiske hændelser. Konsekvensen af en hændelse vil pr definition medføre økonomiske og sociale konsekvenser for arbejdstager og arbejdsgiver samt ofte også for samfundet. En given hændelse har imidlertid ikke samme konsekvens for de berørte parter.

Acceptable eksponeringsniveauer for benzen

Benzen er en letflygtig, farveløs væske. Det er den simpleste aromatiske hydrocarbon. Verdensproduktionen af benzen er ca 30 mio tons pr år. Benzen bruges mest som tilsætning til motorbenzin og som råvare til den kemiske synteseindustri.

Benzen forårsager en nedsættelse af den normale funktion af benmarven og hæmmer således dannelsen af blodets celler. Det er dokumenteret kræftfremkaldende i dyr og mennesker. I mennesker forårsager det leukæmi (blodkræft). Benzen er klassificeret i gruppe 1 af kræftfremkaldende stoffer af IARC, WHO's kræftforskningscenter i Lyon.

I den mest undersøgte kohorte af benzenudsatte, "Pliofilm kohorten", fandt man en statistisk signifikant forøgelse i antal personer, der var døde af blodkræft (tabel 5.2). Analyse af data

Kræftform	Fundet antal tilfælde	Forventet antal tilfælde	SMR *)	CI (95%) **)
Leukæmi (blodkræft)	9	2,7	337	154-641
Multipelt myelom	4	1,0	409	110-1.047

*) SMR: Standardiseret mortalitetsratio

**) CI: Konfidensinterval

Tabel 5.2. Antal blodkræfttilfælde i Pliofilm kohorten.

viste en stigning i SMR for blodkræft med stigende eksponering for benzen. Leukæmiincidensen var signifikant forhøjet for personer eksponeret for 200-400 ppm/år eller mere.

I en farlighedsvurdering konkluderede forfatteren (Neumeier), at eksponering for 1 ppm benzen i arbejdslivet i 40 år vil forårsage et ekstra antal leukæmi-tilfælde på 0,5-6,6 pr 1.000 arbejdere.

Hvilke grænseværdikoncentrationer får man, hvis man til indeklima-formål vil acceptere livstidsrisikoniveauer på hhv 10^{-6} , 10^{-4} og $3 \cdot 10^{-3}$?

Antagelser

Det relevante eksponeringsmål er kumulativ dosis, og risiko er proportional med kumulativ dosis. Disse antagelser anvendes normalt ved vurderinger af genotoksiske stoffer, fordi kræft opfattes som en stokastisk proces.

Metode 1

Indeklimaet

Maksimal acceptabel koncentration

$$= \frac{(\text{maksimal accepteret risiko}) (\text{observeret kumulativ dosis}) F}{(\text{observeret risiko}) (\text{eksponeringstid})}$$

hvor faktoren F er forholdet mellem eksponeringstid i arbejdsmiljøet og eksponeringstid i indeklima, dvs $(8 \text{ timer}/24 \text{ timer}) \cdot (5 \text{ dage}/7 \text{ dage}) = 0,238$. Herved korrigeres for, at de oprindelige iagttagelser stammer fra arbejdsmiljøet. Eksempelvis fås, hvis vi bruger den lave værdi af risikointervallet $0,5-6,6 \cdot 10^{-3}$ og risikoniveauet 10^{-6} :

Maksimal acceptabel koncentration

$$= \frac{10^{-6} 40 \text{ ppm år } 0,238}{0,5 \cdot 10^{-3} 70 \text{ år}} = 0,27 \cdot 10^{-3} \text{ ppm} = 0,27 \text{ ppb}$$

Til arbejdsmiljøformål udgår faktoren F, og eksponeringstiden sættes typisk til 40 år. Andre maksimale acceptable koncentrationer er givne i tabel 5.3:

Acceptabel risiko (livstid)	10^{-6}	10^{-4}	$3 \cdot 10^{-3}$
Acceptabel koncentration (indeklima)	0,02-0,27 ppb	2-27 ppb	80-1.080 ppb
Acceptabel koncentration (arbejdsmiljø)	0,15-2 ppb	15-200 ppb	450-6.000 ppb

Tabel 5.3. Maksimale acceptable koncentrationer udregnet ud fra Neumeiers data.

I tabellen er ikke taget hensyn til, at nogle processer, fx det metaboliserende system, kunne være non-lineære. Neumeier rapporterer faktisk, at det bedste fit til Ploifilm data er en eksponentialfunktion: Odds ratio = $\exp(0,0126 \text{ ppm/år})$. Denne funktion er også tilnærmelsesvis lineær i lavdosisområdet, men med en mindre hældning.

Metode 2

Traditionelt anvender man inden for toksikologien sikkerhedsfaktorer: en faktor 10 for at komme fra laveste observerede (kumulative) effekt-niveau (LOEL) til et niveau uden effekt (NOEL), og en faktor 10 for at tage hensyn til særlig følsomme individer. Sættes LOEL til $(200 + 400)/2 \text{ ppm/år} = 300 \text{ ppm/år}$, fås, når man i indeklimasammenhæng inkluderer faktoren F for at korrigere for eksponering døgnet rundt (idet LOEL stammer fra en arbejdsmiljøundersøgelse):

Indeklimaet

Maksimal acceptabel koncentration

$$= \frac{300 \text{ ppm år } 0,238}{10 \cdot 10 \cdot 70 \text{ år}} = 0,01 \text{ ppm} = 10 \text{ ppb}$$

Arbejdsmiljøet

Maksimal acceptabel koncentration

$$= \frac{300 \text{ ppm år}}{10 \cdot 10 \cdot 70 \text{ år}} = 0,075 \text{ ppm} = 75 \text{ ppb}$$

Metode 3

I rotter og mus har man observeret en LOEL på ca 20 mg pr kg pr dag. Man anvender en yderligere sikkerhedsfaktor på 10 ved ekstrapolation fra dyr til mennesker. Hvis man antager en kropsvægt på 70 kg, og at et menneske indånder ca 20 m^3 pr dag, og

at der er proportionalitet mellem kropsvægt og tolerance for benzen, får man, idet konverteringsfaktoren K er 1 ppm = 3,25 mg m⁻³:

Indeklimaet

Maksimal acceptabel koncentration

$$= \frac{\text{LOEL } 70 \text{ kg}}{1000 \cdot 20 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}} = 0,022 \text{ ppm} = 22 \text{ ppb}$$

Til arbejdsmiljøformål skal denne værdi korrigeres ved at divideres med F (= 0,238), idet folk ikke opholder sig på arbejde døgnet rundt.

Arbejdsmiljøet

$$\text{Maksimal acceptabel koncentration} = \frac{22 \text{ ppb}}{0,238} = 90 \text{ ppb}$$

Metode 4

Det er blevet foreslået, at maksimale tilladte koncentrationer i indeklima kan beregnes som 1/40 af grænseværdien i arbejdssammenhæng. Dette lader sig også anvende i genotoksisk sammenhæng, hvis grænseværdien tager højde for de genotoksiske effekter. Grænseværdien for benzen i Danmark er for tiden 0,5 ppm. Det giver følgende værdier:

Indeklimaet

$$\text{Maksimal acceptabel koncentration} = 0,5 \text{ ppm}/40 = 12,5 \text{ ppb.}$$

I arbejdssammenhæng gælder selve grænseværdierne. Man ser, at denne metode giver større forskel på indeklima og arbejdsklima end de andre metoder. Det kan betragtes som en sikring af, at hjemmet er et sikrere sted at opholde sig end arbejdet.

Der er i en række "normale" danske bygninger målt 1,5 ppb benzen i middel (range 0,9-25 ppb). I udendørsluft på landet har man målt 0,3-3 ppb.

Litteratur

- At-anvisning Nr. 3.1.0.2 December 1996: Grænseværdier for stoffer og materialer. Arbejdstilsynet, Landskronagade 33, 2100 København Ø.
- At-meddelelse Nr. 4.05.2 Oktober 1994: Vurdering af løft. Arbejdstilsynet, Landskronagade 33, 2100 København Ø.
- At-meddelelse Nr. 4.06.1 September 1995: Støj på arbejdspladsen. Arbejdstilsynet, Landskronagade 33, 2100 København Ø.
- Hill AB. The environment and disease: Association or causation? Proc R Soc Med 1965;58:295-300.
- Neumeier, G. Occupational exposure limits: criteria document for benzene. Luxembourg: Commission of the European Communities, 1993. EUR 14491.
- Styhr Petersen HJ. Acceptabel risiko, Dansk Kemi 1 1984, p4-6.

Vilhelm Borg

Opfattelse og forståelse af risiko

Den teknologiske udvikling har skabt baggrund for større katastrofer og ulykker, som har helbredsmæssige konsekvenser for store befolkningsgrupper, herunder mennesker, der arbejdsmæssigt berøres af sådanne begivenheder.

På trods af fortsat forfinelse af kontrolsystemer er der stadig en risiko for ulykker og katastrofer, der kan have langvarige eftervirkninger i form af forurening, stråling samt udtynding af ozonlaget.

Yderligere kan både ulykker og risiko for ulykker medføre nogle psykologiske processer, der forværrer de umiddelbare konsekvenser ved at øge effekten af somatiske (af soma = legeme) mekanismer, øge stress og forværre det mentale helbred. Disse psykologiske processer bliver således også vigtige konsekvenser af ulykker og katastrofer.

Der er konstateret en forøget langvarig usikkerhed og stress i befolkningsgrupper, der lever i nærheden af atomkraftværker og affaldspladser med farligt affald. Vurderingen af og reaktionerne på katastrofer i menneskeskabte teknologiske systemer, som *kan påvirkes af (er afhængige) af menneskelige fejl*, opfattes som værende alvorligere end naturkatastrofer. De menneskeskabte katastrofer indebærer et oplevet tab af kontrol over situationen og giver anledning til længerevarende usikkerhed både mht, om man har været udsat for en stråling, hvor meget man har været udsat for, og hvorvidt man fortsat vil være udsat herfor.

I forbindelse med katastrofen på Tre-Mile-Øen fandtes en forøgelse af både selvrapporeret stress, stresshormoner samt somatiske symptomer, angst og depression.

I forbindelse med katastrofer i teknologiske systemer er der endvidere tendenser til, at man ikke tror ret meget på de regulerende myndigheder. Der opstår ofte tendenser til alternative fremgangsmåder til at beskytte mod udsættelse for risici fra miljøet, fx organisering af borgerinitiativer og krav om øget viden for potentielt udsatte.

Forskelle mellem forskellige faggrupper

Der er forskelle i risikoopfattelse og -forståelse mellem forskellige professionelle grupper. I forbindelse med kernekraft har folk med sundhedsvidenskabelig uddannelse i modsætning til fysikere, kemikere og ingeniører tendens til: 1) at opfatte større risiko fra nuklear energi og nuklear affaldshåndtering, 2) at opfatte et højere niveau af samlet risiko fra miljøet, 3) at modsætte sig, at man udsætter ikke-samtykkende individer for risiko, og 4) at foretrække stærkere krav til miljøregulering.

Forskelle mellem ansatte på virksomheder med risiko og den almene befolkning

Der er også forskelle i risikoopfattelse mellem grupper af arbejdere, der arbejder i umiddelbar tilknytning til en virksomhed med miljørisiko, og den almene befolkning. Arbejderne på et kernekraftværk så således ikke arbejdsulykker som et større problem, og de vurderede sikkerheden i kernekraftværker som højere og risikoen for en alvorlig ulykke som mindre end befolkningen generelt.

I befolkningen generelt er der en stor opmærksomhed over for sundhedsmæssige risici, og tilliden til eksperter, der beskæftiger sig med forurening, er lav. I forbindelse med enkeltstående større ulykker sker der gerne en forøgelse af frygten for ulykker i almindelighed.

Forskelle mellem forskellige etniske befolkningsgrupper

Mellem forskellige befolkningsgrupper er der konstateret store forskelle i opfattelsen af mulige konsekvenser af udsættelsen for fx forgiftning. Disse forskelle kan sættes i forbindelse med befolkningsgruppernes sociale, økonomiske og kulturelle betingelser.

Mens bekymringen for langsigtede effekter af udsættelsen for pesticider er steget i den amerikanske befolkning generelt og blandt landarbejdere specielt, ser man en anden risikoopfattelse blandt mexicanske landarbejdere. De amerikanske landarbejdere lægger større vægt på sundhed, og risikoen for udsættelse blev i stigende grad diskuteret i forbindelse med overenskomstforhandlinger. De mexicanske indvandrere derimod opfattede risikoen som lille, selvom de var konkret udsatte for de farlige stoffer. Vidensniveauet om pesticider var også højt hos mexicanerne, men de var ikke ængstelige og bekymrede for udsættelsen for denne risiko, og de undlod i høj grad at anvende beskyttelsesmidler til at reducere risikoen. Selvbeskyttelsen synes at være størst hos dem, der modtager information om risiko, og hos dem, der har større forventning om, at de har kontrol over sundhed og deres arbejdsmæssige situation.

Forskelle mellem eksperter og lægfolk

Der ses ofte et stort gab mellem faglige eksperters risikoopfattelse og risikoopfattelsen i befolkningen generelt. Man ser enten, at befolkningen "undervurderer" en risiko sammenlignet med eksperter, eller at befolkningen "overvurderer" risikoen. Der er tendenser til, at folk "undervurderer" risiko, der forekommer i forbindelse med deres egne handlinger og levemåde, fx ved rygning, og til at folk "overvurderer" risiko i forbindelse med forhold, hvor de ikke oplever, at der er mulighed for selv at påvirke, hvorvidt man bliver udsat, fx for asbest. I befolkningen kan der være stor uenighed om troværdigheden af videnskabelige oplysninger om risiko og af forskellige reguleringsmyndigheder.



Figur 6.1. Model over processen mellem eksperter og modtagere af risikomeddelelser.

Model for eksperters og lægfolks risikoopfattelse

I figur 6.1 er opstillet en procesmodel over relationen mellem eksperters og befolkningens risikoopfattelse. Grupper af faglige eksperter fra forskellige faggrupper udforsker et risikoområde, dels eksponering, dels helbredseffekter og andre effekter af eksponering. Der opstår forskellige teoretiske modeller over sammenhænge mellem eksponering og effekter. Der vil ofte være forskellige vurderinger af bestemte risici, evt begrundet i forskelle mellem forskningsresultater. Sådanne forskelle kan endvidere opstå over tid som følge af nye resultater og nye ekspertvurderinger.

Det næste skridt er risikokommunikation, hvor oplysninger og vurderinger kommunikerer fra eksperter og myndigheder. Her gives forklaringer på risici. Man ser ofte forskelle i vurderinger og forklaringer, når risiko kommunikerer. Paradoxer i risikokommunikation synes at være uundgåelige, da vores viden som oftest mangler på vigtige områder. Dette spiller en rolle i forholdet til befolkningen, da der kan reageres forskelligt på modtagelsen og oplevelsen af modsatte budskaber. Nogle reagerer med øget frygt, andre med øget mistillid til eksperter og myndigheder, mens atter andre reagerer med negligering af risikoen, da man åbenbart ikke kan blive enige blandt eksperter.

Medierne spiller en stor rolle i dette gab mellem den offentlige risikoopfattelse og -forståelse og eksperters vurdering af teknologisk betingede risici. Medierne kan enten overbetone de forskellige opfattelser hos eksperter eller underbetone mangler i vores viden. Derved øges de uheldige konsekvenser af gabet mellem eksperters og befolkningens risikoopfattelser.

Det næste trin er risikoaccept. Grupper i befolkningen kan acceptere en given risiko ud fra deres viden og deres muligheder for at øve indflydelse på betingelserne for risikoen.

Det sidste trin er handlinger mhp selvbeskyttelse, som kan variere i grad. Selvom der er blevet kommunikeret om risiko og givet råd om sikkerhed, er det ikke sikkert, at personer, der skal udføre et arbejde med en vis risiko, følger sådanne råd. Der er tendenser til, at personer vurderer risikoen subjektivt på basis af deres individuelle erfaringer og deres generelle sikkerhedsopfattelse, hvilket medfører en varierende efterlevelse af regler for sikker adfærd.

Hvorledes kommunikerer man bedst om risiko?

Risikokommunikation dækker en lang række forskellige handlinger lige fra samtaler mellem eksperter, rapporter til myndigheder og til offentliggørelse i massemedier for den almene befolkning. Risikokommunikation kan forbedres, dels ved at meddelelser om risici gøres mere troværdige og forståelige, dels ved at modtagerne sættes bedre i stand til at løse de problemer, de oplever.

Følgende generelle procesfaktorer er væsentlige i forbedring af risikokommunikation:

- ◆ *Realistisk målsætning* for hvor mange og hvem der skal modtage meddelelserne, hvilke ændringer der helst skal ske i modtagernes holdninger og handlinger i relation til den pågældende risiko
- ◆ *Risikokommunikation* gøres til en to-vejs proces med potentielle modtagere med en åben dialog med repræsentanter for interesserede grupper om rationalet for handlinger, kvantitative og kvalitative indikationer for risiko, tilgængelige alternativer og andre faktorer, der kan påvirke deres valg
- ◆ *Skabe balance* i meddelelser gennem inddragelse af anerkendte uafhængige eksperter, hvor man kan basere vurderinger på 'det værst tænkelige tilfælde' og 'det mest optimistiske skøn'
- ◆ *Skabe kompetent kommunikation* gennem
 - a. overvejelser om, hvem der er de tilsigtede modtagere, og hvorledes valg af medium og meddelelsesform afspejler en opfattelse af modtagerne og deres egenskaber
 - b. tilknytning af passende kommunikationseksperter og træning af personale, der deltager i formidling
 - c. etablere evaluering af formidlingsprogrammer.

Indholdet i risikokommunikation kan forbedres ved

- ◆ at relatere den til modtagernes perspektiv og interesser og gøre den relevant i forhold til de handlinger, de har mulighed for at foretage sig
- ◆ at håndtere usikkerhed ved at redegøre for 'huller' i den relevante viden, uenigheder mellem eksperter samt niveauer for skøn over risiko
- ◆ at foretage sammenligning mellem kendte og mindre kendte risici
- ◆ at sørge for, at risikoinformationen bliver fuldstændig og inde-

holder informationer om (a) risikoens natur, (b) den nytte, der kan blive påvirket, såfremt risikoen bliver reduceret, (c) tilgængelige alternativer, (d) usikkerhed i viden om risiko og nytte, samt (e) hvorledes man kan påvirke risikoen.

Litteratur

- Improving risk communication. Washington, D.C. National Research Council; 1989.
- Oxford J. Community psychology. Theory and practice. Chichester: Wiley; 1992.
- Vaughan E. Individual and cultural differences in adaption to environmental risks. Am Psychol 1993;48(6):673-9.
- Wandersman AH, Hallman WK. Are people acting irrationally? Understanding public concerns about environmental threats. Am Psychol 1993;48(6):681-6.
- Winett RA; King AC; Altman DG. Health psychology. An integrative approach. New York: Pergamon Press; 1989.

Ole Svane

Risikokommunikation

Baggrund

Information og kommunikation

Information om risici kan ske i mange forskellige former, fx som pjecer, som mærkning af beholdere, som internt informationsmateriale i en virksomhed eller som en indledning til anvisning om bestemte krav til produktionsforhold og medarbejderadfærd.

Denne type aktivitet rækker fra det meget brede, fx publikationer fra Arbejdstilsynet, til det helt personlige, hvor en medarbejder instrueres mundtligt om en konkret arbejdsprocedure. Man taler ofte om kommunikation om risici, som rummer et ideelt krav, nemlig at modtager og den, der informerer, får en fælles (på fransk: *commun*) opfattelse af problemets natur.

I arbejdslivet har information om risiko karakter af en pligt for arbejdsgiveren, og pligten kan være nærmere defineret mht, hvilke typer oplysninger der skal gives til arbejdstagerne. Med det europæiske direktiv om vurdering af de sundhedsmæssige risici på arbejdspladsen, i Danmark benævnt arbejdspladsvurderinger, er denne pligt blevet omsat til en praksis.

Informationen følges naturligt af nogle anvisninger eller råd om, hvorledes risikoen kan nedsættes. Mange andre situationer er mere komplicerede, fx hvor det drejer sig om en formodet risiko ved et udslip fra en virksomhed eller en frygt for skadeligt indhold i bestemte levnedsmidler, der hører til befolkningens, og dermed børns, daglige kost. Også i arbejdsmiljøet opstår uforudsete tvivlsspørgsmål om en produktions farlighed, hvor de samme momenter indfinder sig: mange spørgsmål, mange svar, flere informatorer og støj.

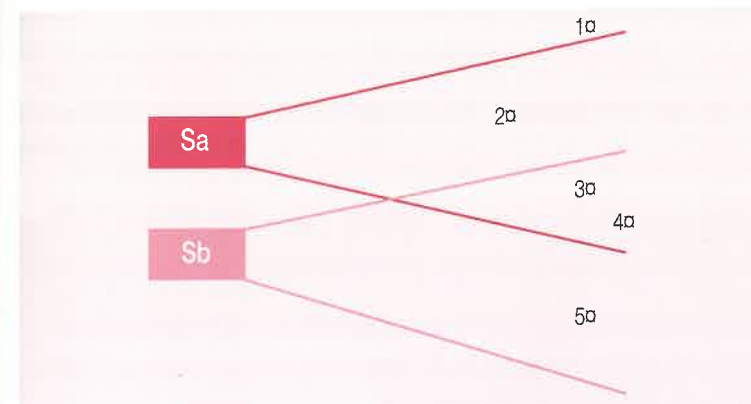
En enkel model og den komplicerede virkelighed

Den situation, man står i, når der er behov for information, ligner andre lære- og instruktionssituationer. Man kan skematisk tale om, at der findes en sender og en modtager, at der sendes via en kanal, hvor budskabet passerer, fig. 7.1.

Man må være opmærksom på, at der ud over den teoridannelse og de erfaringer, som findes i det pædagogiske område i arbejdslivet, også er tale om et arbejdsfelt med stærke interessemodsetninger, der vil spille ind i læreprocessen. I det følgende vil vi med udgangspunkt i den forenklede model se på, hvorledes man kan give information om sygdomsrisiko i arbejdsmiljøet. Derefter bliver interessemodsetningerne berørt i et forsøg på at give et realistisk billede.

Sender og modtager

Under almindelige arbejdsforhold vil den, der giver information, have de nødvendige oplysninger om den konkrete påvirkningsfare, og der vil foreligge en mere eller mindre formel risikovurdering for de forskellige arbejdsoperationer, hvor udsættelse kan komme på tale.



Figur 7.1 En simpel informationsmodel: to sendere (Sa og Sb) og nogle modtagere (a), der har forskellige modtageforhold:

1 a uden for kanal
2 a og 5 a inden for kanal, tilstrækkeligt signal
3 a og 4 a konkurrerende signaler fra to sendere med forskellige indbyrdes styrkeforhold

Der foreligger altså et autoritetsforhold, både mht informationsmængde og oftest også, hvad angår placering i virksomhedens hierarki. Dette forhold kan modificeres af myndigheder og andre organisationer, fx bedriftssundhedstjenesten, som kan udarbejde information, råd og anvisninger om, på hvilke måder

en konkret risiko kan minimeres. Trykt materiale er næppe tilstrækkeligt til at formindske autoritetsforholdet, bl.a. fordi materialet måske ikke når frem til den enkelte arbejdstager.

Kanal og støj

Anvender man den tekniske terminologi, som fig. 7.1 indbyder til, kan man tale om signal- og støjforhold. Støj kan være forskelle i sprogbrug. Denne støj kan nedbringes af personer, der har særlig uddannelse og træning. Men ofte rækker forskellene langt videre end blot sætningslængde og ordforråd, der kan være tale om forskelle i begrebs- og værdisæt mellem sender og modtager. Det kan dels bero på social og kulturel baggrund, dels på den aktuelle rolle i en virksomhed.

Er der et ugunstigt forhold mellem signal og støj, kan man ændre forholdet ved at forøge sin informationsaktivitet og forbedre kvaliteten af meddelelsen. En enkel ting er at gentage meddelelsen og gøre den tilgængelig for alle de ønskede modtagere. Dvs. at der ofte skal bruges flere kanaler, både skriftlige og mundtlige. Skal budskabet gå rent igennem, bør det ikke bringes samtidig med andre informationer, der kan svække og evt. forvrænge meddelelsens indhold.

Budskabet om risiko

Den terminologi, der i dag anvendes om fare, udsættelse og risiko, er ikke almindeligt kendt og desuden vanskelig at bruge konsekvent. Det kan endog for fagfolk være vanskeligt at få en fornemmelse af, hvilken størrelsesorden de risici har, som vi omgås i dagligdagen og på arbejdspladsen. Dette peger på det centrale problem: at finde en fælles nøgle til forståelse, altså at opfylde kravet om kommunikation, når det gælder selve budskabets indhold.

Det er nødvendigt, at to egenskaber ved begrebet risiko er indeholdt i den fælles nøgle til forståelse. For det første, at risiko drejer sig om en velbegrunder erfaring om hyppighed, oftest beregnet på store talmaterialer. For det andet bør den, som informerer, kunne viderebringe en rigtig forestilling om en tidsramme. Dvs. at sygdommen kan optræde inden for et bestemt tidsrum i forhold til udsættelse for det skadelige agens. Det er ofte informationsgivers opgave at sammenfatte erfaringen om de to grundoplysninger.

Men selv med de rette grundoplysninger kan forskellige forhold spille ind på modtagernes vurdering. En meget vigtig faktor er, om modtageren får den opfattelse, at han er i stand til at opnå kontrol over risikoen. En påstand om, at risikoforøgelsen i den konkrete situation ikke overstiger mange andre risici, kan måske føre til den modsatte effekt af den tilsigtede, nemlig en forøget frygt.

At give information om tidsrammen for optræden af sygdom som følge af udsættelse indebærer, at man har en begrundet mening om den mekanisme, der ligger til grund for sygdomsfremkomst. I det mindste bør det stå modtageren klart, om man har at gøre med en "on/off" effekt, som fx ved udsættelse for hepatitisvirus, eller en kumulativ effekt, som fx for visse kræftfremkaldende påvirkninger.

Forskellige personer har forskellige behov for information. Hvor der er tale om rådgivning af enkeltpersoner, har man erfaring for, at man gennem særlige metoder, fx grafisk materiale og aktivering af modtageren, kan opnå en kommunikation på modtagerens præmisser. Således kan man træffe personlige valg i den simple ramme, som hver person danner sig ved sådanne problemløsningssituationer. Disse metoder kan formentlig anvendes ved de eksempler på personlig risikokommunikation, der beskrives nedenfor. Dog foreligger der ikke resultater af undersøgelser, hvor lignende teknikker er blevet anvendt i forbindelse med information om risici knyttet til arbejdspladser uden særlige individuelle risikoforskelle.

Der er i øvrigt voksende forståelse for, at man ikke bør iværksætte aktiviteter mhp information om risiko, uden at de har været afprøvede, akkurat som det gælder for produkter.

Det amerikanske arbejdsmiljøinstitut har i en publikation om information om risiko konkluderet med en række råd, der er gengivet i tabel 7.1.

Tabel 7.1. Det amerikanske Arbejdsmiljøinstituts råd om veje til forbedret information om risici på arbejdspladsen.

Råd fra NIOSH

1. Udpeg personer, der i øvrigt nyder tillid, til at informere om risiko i virksomheden.
2. Ret opmærksomheden mod de arbejdsfunktioner eller påvirkninger, der indebærer størst sundhedsrisiko.
3. Giv på samme tid de oplysninger, der kan medføre, at modtagerne bliver bekymrede for deres helbred, og løsninger, som medfører, at man kan få kontrol over den farlige arbejdsfunktion.
4. For de risici, der ikke kan beskrives præcist, skal der gives yderligere mulighed for at styre og nedsætte risikoen.
5. Vær omhyggelig med sammenligning af risici for at opnå troværdighed: kun reelt sammenlignelige situationer kan anvendes.
6. Anvend sprog og begreber, der svarer til modtagernes situation med henblik på at inddrage dem i en samtale om risiko.

Kilde: Risk Communication about Environmental Hazards, F Baker, J Publ Health Policy 11;1990;341-359.
NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (USA)

Et aspekt, som antagelig vil få mere vægt i fremtiden, er identifikationen af individuelle genetisk betingede karakteristika blandt de udsatte, som medfører en forøget risiko. Der bliver da behov for individuel rådgivning, hvor det afgørende udgangspunkt igen er en troværdig oplysning om hyppighed og tidsramme. Da arbejdet med genetisk identifikation først har fået betydeligt omfang i de sidste år, vil der ofte ikke være det tilstrækkelige datagrundlag. Forskere, der ved identifikationen af sådanne persongrupper skal afgive information til de undersøgte, må derfor forberede de undersøgte på, at en fyldestgørende risikoinformation ikke kan gives direkte i tilknytning til meddelelse af prøveresultater. Kun i heldigste fald vil en sådan risikokommunikation kunne ske ved den samlede undersøgelses afslutning.

En anden personlig rådgivning finder sted, når unge skal vælge erhverv. For en række individuelle karakteristika kan der finde en risikokommunikation sted. Også her kan grundlaget for rådgivning være spinkelt og bør medføre forsigtighed. Det samme gælder rådgivning senere i livet ved skift af funktion og virksomhed.

Dagpengeloven indeholder regler om forøget adgang til orlov for gravide, som udsættes for arbejdsmæssige påvirkninger, der kan antages at indebære en risiko for et forringet forløb af graviditeten. Der sker en individuel vurdering af den enkeltes arbejdsopgaver, men principielt skal der ikke tages hensyn til den konkrete gravide kvindes helbredstilstand. Det betyder, at der derigennem bliver givet en risikoinformation til den gravide, som kan anvendes af andre kvinder. Det skal understreges, at lovens forarbejder pegede på et vidtgående beskyttelsehensyn.

Information og nedsættelse af risiko

Konkurrerende målsætninger

Fra en isoleret driftsøkonomisk betragtning er formålet med at drive virksomhed at opnå økonomisk overskud. Rent driftsøkonomiske overvejelser giver ikke tilstrækkelig begrundelse for en kraftig risikoinformation og en dermed resulterende forbedring af arbejdsmiljøet for den enkelte virksomhed.

Som hovedregel vil kun ulykker, der medfører store kapitaltab og driftsafbrydelser, have påviselig indvirkning på driftsresultatet. For sygdommes vedkommende vil omkostningerne ved de op-

ståede sygdomme kun for en meget lille del belaste driftsherren. Om den enkelte virksomhed kan skabe sig individuelle markedsfordele ved at blive anset for arbejdsmiljøbevidst, er tænkeligt. Dermed er også sagt, at en sådan virksomhed disponerer usædvanligt for netop at adskille sig fra det brede flertal.

Det er kort sagt rationelt for virksomheden at forfølge sit gevinstmål og derunder undgå indgreb udefra ved en tilstrækkelig overholdelse af gældende regler bl.a. om arbejdsmiljø.

Hvis man vil undersøge, hvorledes forskellige informationsstrategier har effekt i form af færre ulykker og sygdomstilfælde, bør man erkende, at hensynet til arbejdsmiljø er en sekundær målsætning for virksomheden. Dette komplicerer mulighederne for at undersøge, hvorledes forskellige former for risikoinformation har indflydelse på sikkerhed og sundhed. Resultater fra en konkret virksomhed i et land på en bestemt tid kan derfor være svære at overføre til andre lande.

Tilsvarende er der ikke nødvendigvis en overordnet sammenhæng mellem de formelle arbejdsmiljøregler og den resulterende risikoinformation på den ene side og andre offentlige aktiviteter, der understøtter erhvervsaktivitet og -udvikling, på den anden side.

Disse konkurrerende målsætninger vil også udspille sig på individuelt plan, både for dem, der informerer, og for dem, budskabet er rettet til. Dertil kommer den uensartede opfattelse af ordet risiko hos forskellige mennesker og varierende bekymring over for forskellige typer af risici.

Alternative løsninger

Det naturlige spørgsmål, der melder sig ved identifikation af en risiko, er, hvorledes man kan formindske eller helt fjerne risikoen.

Dette spørgsmål kan udløse forskellige svar, der dækker en vifte af alternative løsninger gående fra radikal ændring af produktionen til stramme rammer for det enkelte individs adfærd. Valget af indsats indebærer, at man har taget stilling til to spørgsmål: For det første, i hvor høj grad der skal opnås en formindskelse af risikoen. Det andet spørgsmål, som implicit besvares, er, hvorledes omkostningerne skal fordeles, nemlig i hvilket omfang produktionen skal ændres, og i hvilket omfang der sker en adfærdsbegrænsning og muligvis en selektion af de ansatte.

Det er en generel erfaring, at information om risiko accepteres bedre, såfremt der angives forståelige og praktisable metoder til formindskelse af risikoen. Gør man ikke det, kan det forstyrre budskabets indhold om hyppighed og tidsramme, fordi risikoen får karakter af en trussel, der ikke kan afvendes.

Et andet problem er, at der ofte ved beskrivelsen af de metoder, der kan anvendes til risikobegrænsning, ikke altid er angivet et klart valg. Det kan dels skyldes, at de konkrete situationer kan være forskellige. Men man udskyder afklaringen af, hvor stor risikoformindskelsen skal være, og hvem der skal bære omkostningen.

Denne forfatter husker en bestemt branches nølende accept af anvisninger, der krævede en betydelig indsats fra virksomhederne for at nedbringe påvirkningen af en stærkt kræftfremkaldende faktor. Virksomhederne stod ikke alene - fællestillidsmanden på en af de største virksomheder sagde ligeud, at han satte bevarelse af arbejdspladser foran en nedsat forurening.

En tredje bemærkning er, at der ikke er fuldstændig oversigt over risici, selv inden for sammenlignelige områder. Der kan stadig findes eksempler på grænseværdier for kemiske stoffer, som adskiller sig mere, end såvel sundhedsmæssige som teknisk-økonomiske forhold betinger. Valg af løsninger varierer meget mellem forskellige lande og utvivlsomt også mellem forskellige virksomheder pga traditioner mv.

Litteratur

- Baker F. Risk Communication about Environmental Hazards, J Publ Health Policy, 1990;11:341-359.
- Borgen S. Dialog og samtale, i Voksenpædagogisk Opslagsbog, red. H Cornelius og K Schack, København 1993.
- Larsen S. Information, i Voksenpædagogisk Opslagsbog, red. H Cornelius og K Schack, København 1993.
- Sundström-Frisk C. Kommunikation om mer eller mindre diffusa risiker, i Diffusa Risker, Forskningsrådsnämnden, Rapport 95:11, Stockholm 1995.

Risikohåndtering

Baggrund

Risikohåndtering består for det første i at definere sine mål vedr. den minimering af risiko, forskellige ændringer i produktionsprocesserne indebærer. Dernæst at vælge virkemidler. De adskiller sig principielt ikke fra andre typer af ledelsesinstrumenter.

Ved valg af både mål og midler vil virksomhedsledelsen være påvirkelig af såvel åbenlyse som også mere uformulerede forventninger i det omgivende samfund. Disse udefrakommende bindinger og livsbetingelser for virksomheden skal kombineres med virksomhedens egne mål om vækst og overlevelse.

Ovenstående er en meget forenklet - og måske naiv - fremstilling af arbejdsmiljøovervejelser i en enkelt abstrakt virksomhed. Bevæger vi os på samfundsplan, er de værdier og konflikter, der skal tages stilling til, af helt andre størrelsesordener. I en britisk fremstilling (Risk, se litteraturlisten) beskriver man de bevidste og ubevidste valg, som et samfund træffer ved oversvømmelseskatastrofer, ved gentagne togulykker, og når truslen om aids-smitte er aktuel.

Et stort antal eksperter er enige om, at den "rationelle", teknisk betonedede risikohåndtering, som man tidligere alene støttede sig til, er uanvendelig som udgangspunkt. Inden en "rationel" tankegang anvendes i problemløsningen, må nogle bagvedliggende værdiladede tankesæt bringes frem i lyset, fordi de udgør en mere eller mindre åbenlys ramme, og det er inden for denne ramme, man kan forsøge at løse problemer rationelt.

Der er altså det lighedspunkt mellem dette kapitel og kapitel 7, at der er sket et paradigmeskift: De mekanistiske modeller kan ikke give en tilfredsstillende beskrivelse af virkeligheden. Kun et enkelt forsøg skal gøres for at give et indtryk af de begreber, som anvendes i den ovenfor nævnte rapport fra det engelske videnskabelige råd.

Under overskriften "Syv områder til debat" præsenteres syv

underliggende tankesæt for forebyggelse på samfundsmæssigt niveau. Disse syv opfattelser kan skematiseres med to modpoler for hver: en doktrin (som lyder: man skal lære af fortiden for at forudse, hvad der kunne ske i fremtiden) stilles over for mod-doktrinen (der kan beskrives som en kølig afventende holdning). I tabel 8.1 gives der en beskrivelse af de syv tankesæt med en kort begrundelse for hhv doktrin og moddoktrin.

Fremstillingen er skematisk, i realiteternes verden er der sjældent tale om skarptskårne doktrinære opfattelser blandt professionelle beslutningstagere inden for risikohåndtering. Der kan nok

Tabel 8.1. Syv dimensioner, som inddrages ved risikohåndtering på samfundsplan.

Doktrin	Begrundelse	Mod-doktrin	Begrundelse
Forudseenhed	Viden om årsagen til, at der opstår systemfejl, skal anvendes med henblik på forbedret risikohåndtering	Afventende holdning	Komplekse systemsvigt kan ikke forudsiges, og forudseenhed gør kun tingene værre
Tilgivelse	Kun ved detektion af fejl i system eller hos operatører bliver vi klogere	Fordømmelse	Ved at fordømme fejl giver man stærke impulser til operatørerne om agtpågivenhed
Kvantificering	Ved at sætte tal på forstår man bedre og agerer rationelt. Man afslører plæderende argumenter	Kvalificering	De faktorer, der indgår ved risikohåndtering, har egenskaber, der ikke kan vejes og måles
Organisatoriske løsninger	Anvendelse af denne type viden vil bidrage væsentligt	Forbehold over for organisatoriske løsninger	Hverken viden eller anvendelsesområde er til stede
Komplementære løsninger	God ledelse lader sikkerhedshensyn gå hånd i hånd med andre mål	Noget for noget løsninger	Sikkerhed skal tydeligt afbalanceres over for andre mål
Ekspertprægede løsninger	Mest effektive diskussioner inden for en ekspertkreds	Tværfaglige løsninger	Bredere diskussion formindsker fejlmuligheder og afprøver antagelser
Detaljeret målbeskrivelse	Ved opbygning af regulering må strukturer og resultater beskrives	Detaljeret procesbeskrivelse	Ved opbygning skal der lægges vægt på at beskrive de organisatoriske processer

findes en vis sammenhæng mellem nogle af tankesættene (doktrinerne), således at personer eller organisationer systematisk vil hælde til én side i nogle tankesæt, når man kender deres holdning til andre af tankesættene.

I et efterfølgende afsnit præsenterer forfatterne et andet aspekt vedr. løsningen af risikoproblemer, nemlig institutioners og organisationers opbygning, der kan betinge, at nogle institutioner frembringer løsninger, der er resultatet af glidende afvejninger

mellem modstående hensyn, fx sundhed og økonomi. Dette kaldes homeostatisk institutionsadfærd.

Andre institutioners opbygning vil i højere grad fremme debat og modstående synspunkter med andre løsninger som resultat. Der fremsættes den antagelse, at de ovennævnte tankesæt vil blive anvendt forskelligt af de to typer institutioner.

Den følgende fremstilling afspejler ikke de ovenfor refererede nye indfaldsvinkler.

Samtidig med publicering af den organisationssociologiske fremstilling fra det engelske videnskabelige råd er der på international basis en standard under udarbejdelse, der giver en detaljeret beskrivelse af fysiologiske og psykologiske funktionskrav.

De to publikationer demonstrerer den store spændvidde i beslutninger om risikohåndtering, på den ene side den sociologisk betonedede argumentation om rammer for samfundsmæssig katastroforebyggelse, på den anden side den minutiøse planlægning af operatørarbejde, i kontrolrum eller på togførerpuhlen.

Samfundets krav er først og fremmest defineret ved retsregler og vejledning, dernæst ved den grad af retshåndhævelse, som samfundet reelt formår at etablere. I arbejdsmiljøet har man en trepartsinstitution, hvis funktion er at overføre de generelle lovbestemmelser til detaljerede regler.

Dette giver sig også udtryk i organiseringen af arbejdet, idet man kan tale om et dobbeltstregnet system, der påvirker den enkelte virksomhed, nemlig den statslige myndighedsudøvelse og partsinstitutionernes rådgivning og service over for virksomhederne.

Imidlertid står den enkelte virksomhed også over for mere u håndgribelige udefrakommende påvirkninger, fx den offentlige debat, der kan medføre, at virksomheder kan blive bragt i presede situationer, der kan have betydning for renommé og markedsvilkår. Modsat er andre virksomheder i stand til at skabe sig et omdømme som omhyggelige og bevidste arbejdsmiljøplanlæggere.

I det følgende vil vi først koncentrere os om den offentlige myndigheds håndtering af risiko og dernæst se på den enkelte virksomheds risikoledeelse.

Den daglige drift og håndtering af kriser

Der er stor forskel på den daglige sikkerhedsledelse og den ledelse, som kan blive nødvendig, når uventede situationer op-

står. Naturligvis er det daglige arbejde en forudsætning for, at den akutte situation kan afsluttes med et tilfredsstillende resultat.

Arbejdstilsynet har både centralt og perifert haft som sit minimumsmål "ikke at lade sig styre af postkassen". Konsekvensen heraf er, at man skal afsætte ressourcer til at registrere sit problemfelt, kortlægge og vægte de forskellige emner for derefter at lægge en prioriteret plan. Denne plan skal dog for det første også have indbygget en margin til at klare nye problemer, og for det andet skal den revideres i takt med de erfaringer, man indhenter under udførelsen.

Med et koncentreret eksempel kan en konkret risikohåndtering belyses. I tabel 8.2 gives en beskrivelse af de aktiviteter, som Arbejdstilsynet har iværksat med tilsvarende vejledning og regelfastsættelse over for arbejdsbetinget lænderyglidelse. Dette har haft stor gennemslagskraft også i det virksomhedsnære partsbaserede system. Forudsætningen for denne aktivitet beror på risikoanalyse med udpegning af vigtige årsagsforhold.

Et eksempel	Ondt i lænderyggen
Planlægning:	Fokus på lænderygsmerter - ikke på røntgenbilleder Dokumentation af årsagsfaktorer i arbejdet Enkel biomekanisk model Identifikation af arbejdsprocesser, job og brancher
Detailprojektering:	Forenkling af: - skadelige faktorer - job og brancher Faseopdeling af indsats Afklaring af tilsynspraksis Internt kompendiemateriale Eksternt informationsmateriale, generelt og brancheopdelt Partsinstitutioner inddrages: information, skrevet, talt, trykt, tv og radio
Gennemførelse af indsats:	20% af samlede inspektionstid vejledning, fulgt af nødvendige påbud (3.400)
Evaluering:	Stor generel accept, forbedrede hjælpemidler Introduktion af 'reduktionsfaktorer' Betydeligt efterforløb ud over et år Bløde data, ingen egentlig måling af risikoneedsættelse.

Tabel 8.2. Et eksempel på risikohåndtering: Ondt i lænderyggen. Arbejdstilsynets étårskampagne mod tunge løft og u hensigtsmæssige løfteforhold.

Overførelsen af et stort antal forskningsrapporters resultater til en komprimeret dokumentation er afgørende for den risikohåndtering, der derefter skal finde sted. Der ligger i denne proces en række valg og en forenkling, som også har pædagogiske argumenter. "Tunge løft - ondt i ryggen" lyder måske helt uproblematisk, men bag ved titlen skjuler der sig mange forskellige valg: For det første har man fokuseret på en simpel biomekanisk model, for det andet har man udtrykkelig forladt kravet om objektive medicinske fund (fx røntgenbillede) og peget på den subjektive klage.

Det er et uomgængeligt krav, at man i planlægningsfasen får præciseret, hvilket mål man vil forfølge og overvåge under driften af en rationel risikohåndtering. I det her præsenterede eksempel er der uden tvivl vanskeligheder med en registrering via anmeldelse af arbejdsbetingede lidelser. Det skyldes den stærkt forøgede opmærksomhed over for rygproblemer, hvorved anmeldelsestallene stiger i modsætning til det forventede.

Et andet eksempel på risikohåndtering er fastsættelse af normer og standarder. Dette kan dels gøres i et treparts-regi, som det kendes i Danmark for fastsættelsen af grænseværdier for luftforurening i arbejdsmiljøet. Dels kan man ved udarbejdelse af konstruktionsnormer for maskiner, værktøj m.m. indbygge sundhedsmæssige hensyn i et regelsæt, der typisk i dag udarbejdes på europæisk niveau.

I begge processer er der indbygget en afvejning mellem sundhedsmæssige hensyn og de modstående hensyn til økonomi og teknik. Forskellen mellem de to processer er reelt den grad af gennemsigthed, der er til stede.

I et tidligere kapitel er fastsættelse af grænseværdier for kemiske stoffer beskrevet, og her skal der kun tilføjes nogle få bemærkninger. Ved fastsættelsen af grænseværdier udarbejdes i første omgang en redegørelse for de sundhedsmæssige effekter ved udsættelse og optagelse af et kemisk stof, fulgt af en anbefaling af en sundhedsmæssig begrundet grænseværdi. Selv i denne beslutning ligger der dog en række afvejninger, fx krav til indiciematerialets styrke og valg af den effekt, der anses for sundhedsmæssigt afgørende (den kritiske effekt).

Det næste led ved fastsættelse af grænseværdier i arbejdsmiljøet er en redegørelse for de tekniske og økonomiske omkostninger, som en ny grænseværdi vil medføre. Først efter at såvel den sundhedsmæssige gevinst som den produktionsmæssige omkostning er klarlagt, kan der træffes en beslutning.

Fastsættelse af grænseværdien er uden tvivl retningsgivende for den forurening, der efter ikrafttrædelse af reglen vil være gældende. En grænseværdi er et meget håndgribeligt udtryk for risikoaccept, men der skal dog knyttes et par forbehold til dette.

For det første kræver overholdelse af en grænseværdi, at man har kendskab til den aktuelle forurening. For det andet skal en formel regel omsættes til virkelighed ved retshåndhævelse. Det er sådanne overvejelser, der har ført til den tilsynspraksis, der gælder her i landet.

I fig. 8.1 ses praksis afbildet som en trappestige. Lidt firkantet kan det udtrykkes som: Lad være med at måle - tag aktion. Bagved ligger der en meget vigtig beslutning, idet man tager

Figur 8.1. Trappestigen. Risikohåndtering i Arbejdstilsynets informationsmateriale, aktion frem for måleprogram.

Forebyggelse

skal forhindre eller mindske kontakten mellem STOF og MENNESKE

- Stoffet fjernes
- Stoffet erstattes af et mindre farligt stof
- Stoffet isoleres
- Punktudsugning
- Rumventilation
- Personlige værnemidler
- Hygiejne og tidsbegrænset arbejde

Arbejdstilsynet



som udgangspunkt, at fremmede stoffer er uønskede for den menneskelige organisme. Man har med andre ord forladt balanceringen mellem sundhed og sygdom og valgt det synspunkt, at processerne skal være rene. Dette synspunkt må ikke forveksles med det tidligere anvendte synspunkt om "good house-keeping" eller "as low as reasonably available".

Forskellen er, at der nu findes en standard (i modsætning til det tidligere synspunkt), men at standarden kun fungerer som en sidste grænse, man kan falde tilbage på.

Det må dog bemærkes, at den tilsynspraksis, der anvendes her i landet, ikke er evalueret i forhold til andre former for risikohåndtering, der indeholder måleprogrammer med rapportering.

Kort fortalt bør en driftsmæssig risikohåndtering for myndighedens vedkommende bero på en tilstrækkelig fare- og risikovurdering, en gennemskuelig beslutningsproces vedr. normfastsættelsen, fulgt af en løbende retshåndhævelse, der i bedste fald giver rum for en betydelig overopfyldelse af normerne, og i værste fald ved klar overskridelse resulterer i sanktioner udmålt af retsapparatet.

I et særligt afsnit vender vi tilbage til virksomhedernes risikohåndtering.

Krisehåndtering

Den akutte opståen af sundhedsmæssige problemer har været aktuel i sjældne tilfælde inden for de senere år. I flere tilfælde er personer på en arbejdsplads blevet indlagt på sygehus pga. besvimelsestilfælde eller svær utilpashed. Det drejede sig i ét tilfælde om påvirkning af nitrøse gasser, der kan medføre livstruende tilstande ved optræden af lungeødem.

I et andet tilfælde blev flere medarbejdere bragt til sygehus pga. ildebefindende ved påvirkning af opløsningsmidler. I to tilfælde kunne årsagen ikke umiddelbart findes. De beskrives nedenfor.

Den ideelle reaktion på sådanne hændelser er en klar krisehåndtering med en fastlagt rollefordeling. Imidlertid var det karakteristisk ved de to første tilfælde, at krisen blev afværget, fordi man ganske hurtigt kunne identificere den udløsende påvirkning. Da faren først var identificeret, kunne man foretage en grov risikovurdering og iværksætte de nødvendige modforanstaltninger.

De to sidste tilfælde var begge karakteriseret af en langsom

identifikation, hvor virksomhedsledelsen ikke havde et tydeligt varsel før medarbejderne. Arbejdstilsynet var først på arbejdspladsen på anden- og tredjedagen, hvor adskillige læger, sygehushæger og embedslægevesenet havde haft kendskab til sagen eller en del af den. Tålmodigheden vil i sådanne tilfælde være uhyre sparsom hos medarbejdere, virksomhedsledelse og pressen.

Den manglende tålmodighed giver ugunstige vilkår for opklaring. Om muligt bør meddelelser fra arbejdspladsen indskrænkes, indtil man har dannet sig et overblik, hvorefter man i samarbejde med virksomhedsledelse og medarbejdere kan fremlægge en plan for videre opklaring og indgreb. De umiddelbare afværgeforanstaltninger skal være af mere omfattende natur for at sikre, at der ikke sker en ny acceleration af sygdomstilfælde. Ved den efterfølgende information til først medarbejdere og derefter offentligheden bør det forklares, hvad der reelt er sket, hvilken bedømmelse man har af fare og evt. af risiko. Dernæst bør man gøre rede for, at de indgreb, der vil ske, er omfattende mhp. at opnå den højeste mulige sikkerhed, indtil årsagerne er endeligt klarlagt.

Herigennem bør man være kommet på højde med udviklingen og kan indhente eventuel ekspertise udefra, foretage undersøgelser og målinger etc. på såvel hygiejniske som sundhedsmæssige parametre.

Mindst en gang daglig bør man kunne udsende en meddelelse, der ideelt er resultatet af et samarbejde med såvel ledelse som medarbejdere om sagens udvikling. Det reelle forløb i de nævnte tilfælde var præget af mange tililende, der hver for sig udtalte sig til offentligheden - oftest uden en forudgående underretning af myndighed, virksomhedsledelse og medarbejdere.

Risikohåndtering på virksomhedsniveau

I den daglige drift adskiller den arbejds metode, som myndigheden anvender, sig ikke afgørende fra virksomhedernes: Først en problemidentifikation, dernæst en beslutning om det niveau, man vil opnå, og de virkemidler, der skal tages i brug. Hvis virkemidlerne er valgt med stort hensyn til en minimering af risici, vil en løbende overvågning kun give anledning til få korrektioner, der ikke vil få dramatisk karakter.

Beslutter man sig imidlertid for et sparsomt niveau for risikominimering, enten helt udtalt eller ved valg af beskedne virkemidler og ringe overvågning, kan de driftsmæssige besparelser

i første omgang medføre uønskede krisesituationer på et senere tidspunkt. De økonomiske incitament, der i dag findes i blandingsøkonomiske samfund, medfører, at en væsentlig del af omkostningerne ved en utilstrækkelig risikominimering bæres af den offentlige sektor.

Imidlertid skal en rationel driftsøkonomisk håndtering tage højde for omkostninger ved uønskede krisesituationer. En række sygdomstilfælde eller en ophobning af alvorlige ulykker vil umiddelbart betyde driftsforstyrrelser. En forøget opmærksomhed fra Arbejdstilsynets side over for hele virksomheden kan udløse krav om ændringer med deraf følgende driftsforstyrrelser. Virksomhedens almindelige omdømme bliver måske forringet med markedsmæssige følger.

Kriser mindskes ved klar problemlidentifikation og rollefordeling. Den første afværgeforanstaltning skal være så omfattende, at det skaber almindelig accept. Information fra ledelsesniveau bør hvile på drøftelse i de relevante sikkerhedsorganer. Oplysningerne bør dreje sig om følgende: 1) Problemet karakter, og hvordan man vil imødegå det umiddelbart. 2) Den videre plan, og hvornår man vil give videre information. Ledelsesrepræsentanter, der har den tilstrækkelige information, kan medvirke til at etablere kommunikation med mindre grupper af medarbejdere, gerne støttet af skriftligt materiale.

Forskning og erfaringsopsamling

Store dele af dette kapitel hviler på generel erfaring eller forskningsresultater, der stammer fra andre områder, fx pædagogikken. Dette peger på et forsknings- og udviklingsbehov i arbejdsmiljøsektoren.

Litteratur

- International Standard Organisation, ISO/TC 159. IEC/TC 56 Application Guide on Human Reliability, Draft Sept 1995.
- Bostrom A, Fischhoff B, Morgan MG. Characterizing mental models to exploring perceptions of hazardous processes, J Soc Issues 1992;48:85-100.
- Royal Society Study Group. Risk: Analysis, Perception and Management. London: The Royal Society (1992).