

Vurdering av resultater fra måling av kjemiske forurensninger

Etter at målinger av kjemiske forurensninger i arbeidsatmosfæren er gjennomført, må det gjøres en vurdering av om eksponeringen som er målt er akseptabel eller om det er nødvendig med tiltak for å redusere eksponeringen.

Vurdering av måleresultater krever god yrkeshygienisk kompetanse. Det er derfor som regel nødvendig for arbeidsgivere å benytte kompetansen hos bedriftshelsetjenesten eller andre for dette.

Beregning av eksponering basert på måleresultater

Måleresultatene skal sammenliknes mot grenseverdiene for de aktuelle stoffene. Enkelte stoffer har både en korttidsverdi og en grenseverdi. For et begrenset antall stoffer er det fastsatt takverdier.

Grenseverdi

Maksimumsverdi for gjennomsnittskonsentrasjonen av et kjemisk stoff i pustesonen til en arbeidstaker i en fastsatt referanseperiode på åtte timer.

Korttidsverdi

Korttidsverdi er en verdi for gjennomsnittskonsentrasjonen av et kjemisk stoff i pustesonen til en arbeidstaker som ikke skal overskrides i en fastsatt referanseperiode. Referanseperioden er 15 minutter hvis ikke annet er oppgitt.

Takverdi

Takverdi er en øyeblikksverdi som angir maksimalkonsentrasjon av et kjemikalie i pustesonen som ikke skal overskrides.

[Grenseverdiene finner du i forskrift om tiltaks- og grenseverdier vedlegg 1: Liste over grenseverdier for forurensninger i arbeidsatmosfæren](#)

Stoffer med korttidsverdi har der anmerkning «S» og stoffer med takverdi har anmerkning «T». Stoffer som har både grenseverdi og korttids-/takverdi i måleresultatene, må vurderes ut fra begge disse. Det skal gå minst en time mellom hver korttidsperiode (15 minutter) med eksponering.

Omregning til verdier som kan sammenliknes med grenseverdiene

Når måleresultater skal vurderes opp mot en grenseverdi eller en korttidsverdi, må eksponeringen normeres for den oppgitte referansetiden. Ved varierende prøvetakingstider må man beregne gjennomsnittskonsentrasjonen over referansetiden ved bruk av følgende formel:

$$\text{Eksponering 8 timer } (C_{8 \text{ timer}}) = (C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \dots + C_n \cdot T_n) / 8 \text{ timer}$$

Arbeidsoppgavene (1, 2, ... ,n) resulterer i en målt konsentrasjon ($C_1, C_2, \dots C_n$) med en varighet ($T_1, T_2, \dots T_n$).

Når det gjøres flere målinger i løpet av en dag for å vurdere 8-timerseksponering, regnes disse som en én måling når resultatene skal vurderes.

En slik beregning krever data for alle oppgaver hvor arbeidstakeren blir eksponert. Formelen ovenfor benyttes også når arbeidstiden overskrider 8 timer (t). Ved normering mot korttidsverdi erstattes 8 timer i nevneren med 15 minutter.

Eksponering for flere stoffer samtidig

Eksponeringen er ikke nødvendigvis akseptabel selv om måleresultatet for hvert enkelt stoff er akseptabelt. Dette er fordi når flere forskjellige kjemiske stoffer forekommer sammen, kan de ha en større helseeffekt sammen enn «summen» av virkningene de har hver for seg (synergistisk effekt). De kan også i enkelte tilfeller gi en tilsvarende mindre virkning (antagonistisk effekt). Ofte er slike mekanismer lite kjent. Hvis arbeidstakere blir eksponert for mer enn ett stoff, må man ta hensyn til dette både ved kartlegging og vurdering av måleresultatene.

Eksponeringsindeks

En første tilnærming vil være å beregne en samlet eksponeringsindeks (E_{indeks}). E_{indeks} brukes for alle stoffer uavhengig av hvilken virkning de har på kroppen.

Eksponeringsindeksen beregnes ved summasjonsformelen:

$$E_{\text{indeks}} = (C_{(8\text{timer})1} / GV_1) + (C_{(8\text{timer})2} / GV_2) + (C_{(8\text{timer})3} / GV_3) + (\dots) + (C_{(8\text{timer})n} / GV_n)$$

hvor «C» angir målt konsentrasjon over 8 timer av de kjemiske stoffene 1,2,...,n på arbeidsplassen og «GV» angir grenseverdien for de samme kjemiske stoffene.

E_{indeks} vurderes på samme måte som et stoff med grenseverdi lik 1. Ved mindre enn 6 målinger benyttes kriteriene for «Forenklet undersøkelse». Ved 6 eller flere benyttes kriteriene for «Detaljert undersøkelse».

Viser det seg at vurderingen basert på en eksponeringsindeks konkluderer med at eksponeringen er over grenseverdi, kan en gå videre og gjøre en vurdering som tar hensyn til stoffenes egenskaper. Det er da viktig å ha kunnskap om stoffenes helseeffekt og toksikologisk data, blant annet om hvordan stoffene påvirker hverandre.

Man må vurdere om det er nødvendig å ta målinger av alle stoffene eller om ett eller noen få stoffer kan benyttes som indikator for totaleksponeringen. Det er imidlertid viktig å undersøke om stoffet/stoffene er egnet som indikator for samtlige stoffer. Slike vurderinger er vanskelige og bør skje i samråd med fagfolk på området.

Additiv effekt

I noen tilfeller er det ikke en forsterkende eller svekkende virkning når flere stoffer opptrer samtidig. Hvis stoffene også har lik virkning på mennesker, kan den sammenlagte eksponeringen med sammenlignbar effekt vurderes ut fra addisjonsformelen for additiv effekt (E_{add}). Dette gjelder for eksempel for løsemidler.

Additiv effekt beregnes ved addisjonsformelen:

$$E_{add} = (C_{(8\text{ timer})1} / GV_1) + (C_{(8\text{ timer})2} / GV_2) + (C_{(8\text{ timer})3} / GV_3) + \dots + (C_{(8\text{ timer})n} / GV_n)$$

hvor «C» angir konsentrasjonen over 8 timer de kjemiske stoffene 1,2,...,n på arbeidsplassen og «GV» angir grenseverdien for de samme kjemiske stoffene.

E_{add} vurderes på samme måte som et stoff med grenseverdi lik 1. Ved mindre enn 6 målinger benyttes kriteriene for Forenklet undersøkelse. Ved 6 eller flere benyttes kriteriene for Detaljert undersøkelse.

Det er også nødvendig å vurdere forhold som kan føre til at arbeidstakeren blir utsatt for høyere doser enn vist ved målinger. Dette kan for eksempel forekomme når arbeidstiden er lengre enn 8 timer, eller ved hardt fysisk arbeid som øker opptaket av forurensninger.

Vurdering av eksponering ved forlenget skiftlengde

Grenseverdiene som er fastsatt i forskrift om tiltaks- og grenseverdier gjelder for 8 timer. I mange tilfeller jobber arbeidstakere skift som er lengre enn 8 timer, eller mer enn 40 timer per uke. Da vil tiden hvor arbeidstakerne eksponeres være lengre, i tillegg til at restitusjonstiden mellom to skift er kortere. For å sikre at eksponeringen ikke blir uforsvarlig bør grenseverdien i slike tilfeller reduseres.

Utgledning av reduksjonsfaktor for grenseverdier

Det finnes ulike metoder for å beregne en faktor for reduksjon av grenseverdien. Arbeidstilsynet anbefaler en metode som kalles Brief & Scala. Denne metoden kan brukes for stoffer med systemisk effekt, men kan ikke brukes ved arbeidstid kortere enn 7 timer per dag eller 40 timer per uke, eller ved 24-timers eksponering.

Ved Brief & Scala-metoden beregnes en reduksjonsfaktor ved hjelp av følgende formel:

$$\text{Reduksjonsfaktor} = 8 / t * (24 - t) / 16$$

hvor t = antall timer arbeidet per dag.

Man kan også beregne en ukentlig reduksjonsfaktor dersom arbeidstakerne jobber sju dager i uka ved hjelp av følgende formel:

$$\text{Ukentlig reduksjonsfaktor} = 40 / T * (168 - T) / 128$$

hvor T = antall timer arbeidet per uke.

Grenseverdien multiplisert med reduksjonsfaktoren gir den justerte grenseverdien.

Eksempel

En arbeidstaker jobber 12 timers-skift hvor han eksponeres for toluen. Grenseverdien for toluen er 25 ppm.

$$\text{Reduksjonsfaktor} = 8 / 12 * (24 - 12) / 16$$

Reduksjonsfaktor = 0,5

Den justerte grenseverdien i dette tilfellet blir dermed:

25 ppm * 0,5 = 12,5 ppm.

Vurdering av om måleresultatene er akseptable

Først gjøres en faglig vurdering av resultatene:

- Ble de som forventet?
- Er det trender i resultatene som bør påvirke tolkningen av resultatene?

Deretter sammenlignes de normerte verdiene med grenseverdien eller med korttidsverdien eller takverdien. Hvordan man gjør denne sammenligningen avhenger av om det gjøres en forenklet eller en detaljert undersøkelse. Jo færre målinger man har, jo lavere må resultatene være for å kunne ansees som akseptable.

Samtidig er det viktig å huske at målet er å ligge så langt under grenseverdien som mulig, siden grenseverdiene ikke skiller klart mellom farlige og ufarlige konsentrasjoner.

Vurdering av måleresultatene etter en forenklet undersøkelse

Den høyeste målte verdien, maksimumsverdien, er avgjørende for om eksponeringen er akseptabel.

Akseptabel eksponering for den enkelte SEG

- >3 målinger: maksimumsverdien $\leq$ 10 % av grenseverdien
- 4 målinger: maksimumsverdien $\leq$ 15 % av grenseverdien
- 5 målinger: maksimumsverdien $\leq$ 20 % av grenseverdien

Oppfølging: Avslutt med rapport. Ny vurdering etter ett år eller etter endringer som kan påvirke eksponering.

Uakseptabel eksponering for den enkelte SEG

- >3 målinger: maksimumsverdien $>$ 10 % av grenseverdien
- 4 målinger: maksimumsverdi $>$ 15 % av grenseverdien
- 5 målinger: maksimumsverdien $>$ 20 % av grenseverdien

Oppfølging: Gjennomfør tiltak. Gjør deretter en ny innledende vurdering. Alternativt kan man gå rett til ny forenklet undersøkelse eller detaljert undersøkelse etter at tiltak er gjennomført.

Dersom tiltak ikke er mulig eller hensiktsmessig, kan man gå videre til detaljert undersøkelse for å få flere og mer nøyaktige målinger.

Vurdering av måleresultatene etter en detaljert undersøkelse

Når det foreligger 6 eller flere målinger for hver SEG skal det gjøres en statistisk vurdering av resultatene, og på bakgrunn av dette beregnes Estimert Øvre Konsentrasjon (EØK).

Estimert øvre konsentrasjon (EØK):

Øvre 70% konfidensgrense til 95%tilen, det vil si den verdien som 95 % av all eksponering er under med 70 % sikkerhet.

Les mer om statistisk vurdering av måleresultatene og hvordan du beregner estimert øvre konsentrasjon (EØK):

Statistisk vurdering av måleresultat

Eksponeringen vurderes å være akseptabel når estimert øvre konsentrasjon er mindre enn grenseverdien.

Akseptabel eksponeringen for den enkelte SEG

$EØK < GV$

Oppfølging: Avslutt med rapport. Ny vurdering etter ett år eller etter endringer som kan påvirke eksponeringen.

Uakseptabel eksponering for den enkelte SEG

$EØK \geq GV$

Oppfølging: Gjennomfør tiltak. Gjør deretter en ny innledende vurdering. Alternativt kan man gå rett til en ny forundersøkelse eller en ny detaljert undersøkelse.

Vurdering av eksponering for stoffer uten grenseverdi

For stoffer der det i Norge ikke er gitt grenseverdier, kan virksomheten selv sette interne grenser for akseptabel eksponering for å forebygge helseskader.

Det kan gjøres ved å bruke en eller flere av disse metodene:

- se til andre lands grenseverdier, for eksempel tyske grenseverdier (Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), 2019a, 2019b), MAK-verdier (Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), 2019), ACGIHs TLV (ACGIH, 2019) eller NIOSHs RELs. En sammenstilling av internasjonale grenseverdier kan du finne hos [GESTIS \(dguv.de\)](#).
- ved hjelp av toksikologiske data eller epidemiologiske studier for stoffene
- sammenligne med andre stoffer som har lignende kjemiske egenskaper

Det kan være nyttig å ta kontakt med fagmiljøer med kompetanse på området. For stoffer som mistenkes å medføre helserisiko, men hvor det ikke finnes tilstrekkelig kunnskap om helsefaren, er tiltak som fjerner eller reduserer eksponeringen så mye som mulig spesielt viktig.

Kortvarige overskridelser av grenseverdier

For enkelte stoffer er det satt korttidsverdier eller takverdier. For stoffer som ikke har en korttidsverdi eller en takverdi, kan kortvarige overskridelser av grenseverdien tillates forutsatt at gjennomsnittskonsentrasjonen for 8-timers arbeidsdag holdes under grenseverdien.

Hvor store og hvor langvarige overskridelser som kan aksepteres, må vurderes ut fra de toksiske egenskapene for kjemikaliene og mot de andre arbeidsmiljøfaktorene på arbeidsplassen som for eksempel støy, varme, med mer.

Hvis det ikke foreligger en korttidsverdi eller takverdi anbefales følgende:

- Internasjonale korttidsgrenseverdier (se over)
- [Tommelfingerreglene](#)

Måleresultater under den nedre grensen for analyse- eller målemetoden

De fleste analysemetoder har nedre grense for når de kan gi et kvantifiserbart resultat. Når dette kommet fram, skal dette angis tydelig i målerapporten.

Verdier under nedre grense kan enten være en reell 0-verdi, eller ligge mellom 0 og den nedre grensen. Det finnes flere ulike metoder for hvordan slike verdier kan håndteres, men Arbeidstilsynet anbefaler følgende:

- Ved «Forenklet undersøkelse»: For resultat under nedre grense benyttes nedre grense for metoden.
 - Ved «Detaljert undersøkelse»: For resultat under nedre grense benyttes beta-verdier (Ganser & Hewett, 2010).
-