



## Vurdering av samtidig eksponering

Av Hans Thore Smedbold, (SYH), Yrkeshygieniker, Arbeidsmedisinsk avdeling, St.Olav Universitetssykehus, Trondheim og Rådgiver, forsker, Proactima AS og Gunn Anne Larsen, Rådgiver, Yrkeshygiene AS

**Arbeidsmiljøloven stiller krav til at skal gjøres en enkeltvis og samlet vurdering av risiko. Dette er gitt som en overordnet ramme for vurdering av kjemisk eksponering i «Arbeidstilsynets veiledning for vurdering av kjemisk eksponering» og NS-EN 689. Artikkelen gir noen råd og drøfter hvordan dette kan gjøres.**

I forbindelse med vurdering av eksponering opp mot grenseverdi vil samtidig eksponering være eksponering som skjer innenfor grenseverdiens referanseperiode. Det vil si for en fullskiftsgrenseverdi vil det være all eksponering som skjer i løpet av samme dag, enten samtidig eller etter hverandre i påfølgende arbeidsoperasjoner.

For en korttidsverdi vil det normalt være eksponeringen som skjer i løpet av en 15 minutters periode som skal vurderes. Bruk av korttidsverdier forutsetter imidlertid at fullskifts eksponering enkeltvis og samlet er under grenseverdi.

Vurdering av eksponering starter normalt med en innledende vurdering, hvor formålet er å få en oversikt

over eksponeringen og ta stilling til hva vi mangler av informasjon for å kunne gjøre en vurdering i henhold til Arbeidstilsynets veiledning (Arbeidstilsynet, 2020).

Har vi tilstrekkelig informasjon til å vurdere at eksponeringen under alle forhold vil være under grenseverdi kan vi stoppe her. Det innebærer i praksis at eksponeringen må være godt under 10% av grenseverdi før vi kan avslutte med en enkel «Innledende vurdering». Da vi må tar hensyn til både variasjon i eksponering og usikkerhet i eksponeringsestimater og/eller målinger, Alternativt må vi enten iverksette tiltak for å hindre eller redusere eksponering, gjøre en mer grundig «Innledende vurdering», gå videre og gjennomføre en forenklet eller detaljert undersøkelse.





I de situasjonene hvor vi har en samtidig eksponering for flere kjemiske stoffer, vurderes eksponeringen for enkelt stoffer først og deretter samlet ved hjelp av *Eindeks*, hvor *Eindeks* sammenlignes med en grenseverdi på 1 (Arbeids tilsynet, 2020). Bruk av *Eindeks* vil medføre en strengere vurdering og vil ofte ende med at det stilles krav om tiltak eller gjennomføring av en mer detaljert vurdering. En slik vurdering kan involvere bedre estimering av eksponeringen, flere målinger, bruk av *Eadd* (additiv effekt) eller andre mer detaljert toksikologiske vurdering av eksponeringen.

### Sveiserøyk - et eksempel

Nedenfor har vi beskrevet et eksempel på en vurdering av eksponering både enkeltvis og samlet. Eksemplet er en kartlegging av sveiserøyk eksponering. Drøftingen av resultatene er presentert som en oppdiktet diskusjon mellom to yrkeshygienikere. Diskusjonen viser litt av utfordringene knyttet til å gjøre en slik kartlegging og vurdering. Eksemplet illustrerer også hvordan *Eindeks* kan benyttes for å gjøre en forenklet samlet vurdering av eksponering.

#### Valg av grenseverdier

Utgangspunktet for valg av grenseverdier er «Forskrift om tiltaks og grenseverdier» (2013). Disse er satt ut fra tekniske, økonomiske og helsemessige kriterier. Enkelte av grenseverdiene er det også lenge siden er revidert (Smedbold, 2020b). En måte å vurdere hvor god

grenseverdien er å sjekke om den er blitt revidert i løpet av de siste 20 årene (disse har revisjonsår i forskriften), samt sjekke om det foreligger internasjonale grenseverdier som er vesentlig lavere enn de norske (Smedbold, 2020a). Det er verdt å merke seg at IARC har klassifisert sveiserøyk og UV stråling fra lysbuen ved sveising som kreftfremkallende (IARC, 2018).

Ved vurdering av støveksponering (røyk, støv, tåke, aerosol osv) må vi i tillegg også vurdere hvilken størrelsesfraksjon av støvet som er relevant å vurdere. I Forskrift om tiltaks- og grenseverdier (2013) er grenseverdier for faste stoffer oppgitt for totalstøv, inhalerbar fraksjon og respirabel fraksjon. Den mest vanlige metode for prøvetaking av støv i Norge er å ta prøve av totalstøv med lukket 25mm eller 37 mm prøvetakingskassett og en lufthastighet på 2L/min. Denne prøvetakingsmetoden vil ofte resultere i at vi samler opp mindre enn inhalerbar fraksjon og mer enn respirabel fraksjon. Her er det derfor viktig å velge prøvetakingsmetode som er relevant for eksponeringen som skal vurderes (totalstøv, inhalerbar, torakal og respirabelt fraksjon) og hvilken støv fraksjon grenseverdiene som resultatene skal vurderes i forhold til er angitt for.

#### Prøvetakingsmetode

Etter råd fra laboratoriet ble målingene utført med forhåndsveide 25 mm membranfiltre (mixed cellulose ester) med porestørrelse 0,8 µm montert i 25 mm svart



standardkassett. Det ble benyttet en lufthastighet på 2 L/min ved prøvetakingen. Analyse av sveiserøyk (totalstøv) ble utført med gravimetrisk metode (deteksjonsgrense = 0,05 mg, usikkerhet 10-40%). Innhold av de ulike metallene ble bestemt ved å løse metallet på filtrere i en blanding av HCl/NH<sub>3</sub>/HF. Løsningen ble deretter fortynnet og analysert ved hjelp ICP-AES (deteksjonsgrense Fe og Al = 5µg, andre metaller 1µg, usikkerhet 20%).

### Kartlegging

Det ble utført 4 oppgavemålinger over 85-160 minutter knyttet til sveising. I tillegg til sveising ble det også observert at det en av dagene ble utført noe sliping. Målingene ble vurdert å være representative for 1/3 av arbeidsdagen, selv om kun en av prøvetakingstidene tilsvarte 1/3 av tiden. Resten av dagen ble vurdert å være uekspionert.

Resultatene ble derfor normert til 8 timers gjennomsnitt ved hjelp av likning (1) og sammenlignet med grenseverdi for 8 timer (Tabell 1).

### Likning 1:

$$C_{8-timer_j} = \frac{(C_{i,1} \times T_1 + C_{i,2} \times T_2 + \dots + C_{i,n} \times T_n)}{8 - timer}$$

hvor C=konsentrasjon av stoff (i) i prøve (j), T = tid hvor prøve (j) ansees som representativ.

**Tabell 1:** Resultater av personbårne målinger ved sveising. Målingene er sammenlignet med norske grenseverdier for totalstøv og inhalerbart støv fra Arbeidstilsynet (ATIL). (verdier under deteksjonsgrensen er ikke normert til 8 timers gjennomsnitt og er vist i rødt).

Prøvenr.	GV (ATIL) (tot./ inh.)	1		2		3		4	
		C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV	C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV	C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV	C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV
Total støv	5	0,567	0,113	0,700	0,140	0,733	0,147	0,167	0,033
Aluminium, Al	10	0,010	0,001	0,013	0,001	0,011	0,001	<0,016	0,002
Jern, Fe	3	0,045	0,015	0,082	0,027	0,063	0,021	0,026	0,009
Kobber, Cu	1	<0,006	0,006	<0,005	0,005	0,002	0,002	<0,003	0,003
Krom, Cr <sup>2±</sup> og Cr <sup>3±</sup> forb.	0,5	<0,006	0,012	<0,005	0,010	<0,005	0,010	<0,003	0,006
Mangan, Mn	0,2	<0,006	0,030	<0,005	0,025	<0,005	0,025	<0,003	0,015
Nikkel og nikkelforbindelser	0,05	<0,006	0,120	<0,005	0,100	<0,005	0,100	<0,003	0,060
Sink, Zn	5	0,049	0,010	0,018	0,004	0,036	0,007	0,006	0,001
Titan, Ti	5	0,020	0,004	0,011	0,002	0,015	0,003	0,004	0,001

C=konsentrasjon av stoff, GV = Grenseverdi, ATIL = Arbeidstilsynet, tot. = totalstøv, inh. = inhalerbart aerosol fraksjon

Undersøkelsen som er gjengitt over ble utført som en forenklet undersøkelse med få målinger. Basert på resultatene ble det vurdert at eksponeringen var akseptabel da ingen av enkelt resultatene var over 15%





av grenseverdi (Arbeidstilsynet, 2020) og at ingen tiltak var nødvendig. Rapporten ble oversendt bedriften.

Bedriftshelsetjenesten hadde et kvalitetssystem som krevde at rapporten skulle gjennom en fagfelle vurdering før oversendelse til kunde. En annen yrkeshygeniker (YH2) ble derfor bedt om å gjøre en slik vurdering.

### Fagfelle vurdering og diskusjon

YH2 påpekte at det ikke var gjort en samlet vurdering av eksponeringen, og at omfanget av sliping ved de kartlagte oppgavene var så beskjedent at resultatene i stedet burde ha blitt vurdert ut fra grenseverdiene for respirabelt støv. Det manglet også analyse av bl.a. seksverdig krom og måling av ozon og nitrosegasser. Det ble derfor bestemt at det skulle gjøres en ny samlet vurdering av resultatene.

YH2 startet med å beregne  $E_{indeks}$  basert på resultatene vist i Tabell 1. De to yrkeshygenikerne (YH1 og YH2) var imidlertid uenige om hvilke av resultatene som skulle tas med i beregningen av  $E_{indeks}$ .  $E_{indeks}$  ble derfor beregnet for 1) Alle (Totalstøv + metaller), 2) Kun metaller, og 3) Kun metaller med verdi over deteksjonsgrensen.  $E_{indeks}$  beregnet ved hjelp av likning (2).  $E_{indeks}$  ble beregnet for stoffene i hver av de fire prøvene (1-4). Resultatene av beregningene er vist i Tabell 2.

Likning 2:

$$E_{indeks_j} = \sum_{i=1, j}^{n, m} \left( \frac{C_{1,j}}{GV_1} + \frac{C_{2,j}}{GV_2} + \frac{C_{3,j}}{GV_3} + \dots + \frac{C_{n,j}}{GV_n} \right)$$

hvor C=konsentrasjon av stoff (i) i prøve (j), GV = grenseverdi for aktuelt stoff (i), n= antall stoffer som inngår i beregningen, beregningen gjentas for hver av de (m) prøvene.

**Tabell 2:** Beregnet  $E_{indeks}$  for sveiserøyk prøvene fra Tabell 1 for 1) alle stoffer, 2) kun metaller og 3) kun metaller over deteksjonsgrensen (DG).

Prøvenr.	1	2	3	4
1) $E_{indeks}$ (alle)	0,31	0,31	0,32	0,13
2) $E_{indeks}$ (kun metaller)	0,20	0,17	0,17	0,10
3) $E_{indeks}$ (kun metaller > DG)	0,03	0,03	0,03	0,02

De to yrkeshygienikerne var fortsatt ikke enige i vurderingen av resultatene. YH1 som hadde gjort målingene argumenterte for at kun metaller med verdi over deteksjonsgrensen skulle inngå i beregningen av  $E_{indeks}$  da totalstøv analysen i seg selv var en måte å gjøre en totalvurdering av eksponeringen på. YH2 argumenterte for at andelen metall som var analysert kun utgjorde 20 - 40% av den totale støvmengden og at det derfor var relevant å ha med også totalstøv i beregningen av  $E_{indeks}$ .

YH2 mente at prøvetakingen var gjort feil da det ikke var benyttet prøvetaker for respirabelt støv. YH2 ønsket å gjøre nye målinger som også inkluderte prøvetaking med spesial filtre for seksverdi krom. Bedriften ønsket imidlertid ikke å betale for en ny runde med prøvetaking. YH2 besluttet derfor å gjøre en analyse av resultatene med den forutsetningen at det kun ble sveiset og at alt støv derfor var respirabelt. YH2 var også skeptisk til utelukkende å bruke Arbeidstilsynets grenseverdier, da flere av disse var gått ut på dato, eller var satt med stor vekt på tekniske og økonomiske vurderinger. Et annet forhold er at vi i Norge ikke har grenseverdier for respirabel fraksjon for alle relevante metaller i sveiserøyk prøvene. YH2 valgte derfor å benytte de strengeste grenseverdiene for respirabelt støv (der det fantes) fra henholdsvis Arbeidstilsynet og MAK verdiene fra DGF (DFG, 2019; Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, 2013). Resultatet av denne nye analysen er vist i Tabell 3 og 4.

**Tabell 3:** Resultater av personbårne målinger ved sveising. Målingene er sammenlignet med grenseverdier for respirabelt støv fra Arbeidstilsynet (ATIL) eller Deutsche Forschungsgemeinschaft (MAK-verdier). (verdier under deteksjonsgrensen er ikke normert til 8 timers gjennomsnitt og er vist i rødt).

Prøvenr.	GV (ATIL/MAK) (resp.)	1		3		4	
		C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV	C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV	C (mg/m <sup>3</sup> )	C/GV
Total støv	5#	0,567	0,11	0,733	0,15	0,167	0,03
Aluminium, Al	1,5	0,010	0,01	0,011	0,01	<0,016	0,01
Jern, Fe	3#	0,045	0,02	0,063	0,02	0,026	0,01
Kobber, Cu	0,01	<0,006	0,60	0,002	0,20	<0,003	0,30
Krom, Cr <sup>2±</sup> og Cr <sup>3±</sup> forb.	0,5	<0,006	0,01	<0,005	0,01	<0,003	0,01
Mangan, Mn	0,02	<0,006	0,30	<0,005	0,25	<0,003	0,15
Nikkel og nikkelforbindelser	0,006	<0,006	1,00	<0,005	0,83	<0,003	0,50
Sink, Zn	0,1	0,049	0,49	0,036	0,36	0,006	0,06
Titan, Ti	0,3	0,020	0,07	0,015	0,05	0,004	0,01

C = konsentrasjon av stoff, GV = Grenseverdi, ATIL = Arbeidstilsynet, MAK = "Maximale Arbeitsplatz-Konzentration" - helsebaserte grenseverdier utgitt av DFG, resp. = respirabel aerosol fraksjon, #Grenseverdi kun oppgitt som totalstøv. MAK-verdi finnes ikke.

Prøvenr.	1	2	3	4
1) $E_{indeks}$ (alle)	2,60	1,99	1,88	1,08
2) $E_{indeks}$ (kun metaller)	2,49	1,85	1,73	1,04
3) $E_{indeks}$ (kun metaller > DG)	0,58	0,26	0,64	0,39

**Tabell 4:** Beregnet  $E_{indeks}$  for sveiserøyk prøvene vist i Tabell 3 for 1) alle stoffer, 2) kun metaller og 3) kun metaller over deteksjonsgrensen (DG).

## Ny konklusjon

YH2 presenterte den nye vurderingen av resultatene for bedriften og det ble konkludert med at den tidligere vurderingen var mangelfull og at den ikke i tilstrekkelig grad hadde tatt hensyn til:

1. Ny klassifisering av sveiserøyk som kreftfremkallende (IARC, 2018).
2. Oppdaterte helsebaserte grenseverdier (MAK-verdier).
3. At det var sannsynliggjort at eksponeringen hovedsakelig var innenfor respirabel fraksjon.
4. Usikkerhet knyttet til bruk av totalstøvkasset til vurdering av sveiserøyk eksponering.
5. Manglende kartlegging av eksponering for seksverdig krom, ozon og nitrosegasser.
6. At en vurdering opp mot grenseverdier for respirabel fraksjon viste:
  - Eksponeringsverdier (for detekterbare stoffer) på opptil 50% av grenseverdi.
  - At prøvetakingen ikke var utført med tilstrekkelig lav deteksjonsgrense til å vurdere flere av metallene opp mot grenseverdi for respirabel fraksjon (se beregning av minste prøvetakingstid)
7. At  $E_{indeks}$  (Tabell 4) viste en samlet indeks på over 1 for  $E_{indeks}$  Alt. 1 og 2 og over 60 % for  $E_{indeks}$  Alt. 3.

På bakgrunn av dette ble det besluttet å innføre følgende tiltak:

- Be bedriftshelsetjenesten om oppdatert kurs om helsefarer ved sveising og gi dette til alle som arbeider i verkstedet.
- Krav om bruk av friskluftforsynt åndedrettsvern ved all sveising i bedriften.
- Krav om bruk av åndedrettsvern for alle som oppholder seg i verkstedet og som ikke sveiser inntil sveisebord med avsug og punktavsug er på plass.
- Gjennomføre en ny kartlegging av eksponering med prøvetaker for respirabelt støv etter at tiltak er gjennomført.

## Om prøvetaking av sveiserøyk

For bestemmelse av sveiserøyk anbefales bruk av prøvetakere for enten inhalerbar eller respirabel aerosol fraksjon, i henhold til hvilken størrelsesfraksjon som gjelder for grenseverdiene av interesse. Bruk prøvetakerne med den designede prøvetakings, i samsvar med spesifikasjonene gitt av produsenten, slik at de samler den tiltenkte fraksjonen av de luftbårne partiklene (ISO, 2012). Merk at oppslemmingsmetoden som benyttes for analyse av seksverdig krom krever bruk polyvinyl klorid (PVC) filtre. Prøver tatt på cellelosefiltere kan derfor ikke analyseres for seksverdig krom.

Skal denne anbefalingen følges helt ut vil det kreve bruk av flere ulike prøvetakere og filtre. Dette kan både være dyrt og praktisk vanskelig å gjennomføre. I rapporten «Prøvetakings- og analysemetoder – beste praksis (STAMI)» fra 2011 skriver Thorud et. al. (2011) at sveiserøyk vanligvis samles opp på lukket 25 mm totalstøvkasset med PVC filter med en lufthastighet på 2,0 L/min. Anbefalingen til Thorud et. al. ansees å være et praktisk kompromiss hvor lave utstøvs- og analysekostnader og gjennomførbarhet i felt er prioritert, men som vist i eksemplet over vil være mer faglig krevende å tolke.

### Relaterte artikler på Yrkeshygiene.no

- Beregning av minste prøvetakingstid
- Eksposering
- Eksposeringsprofil
- Estimering av gjennomsnitt og 95-persentil i datasett med verdier under rapporteringsgrensen og i avkortede datasett
- GESTIS – Oversikt over internasjonale grenseverdier
- Justering av grenseverdi ved lange skift
- Kan vi stole på grenseverdiene ?
- Krav til yrkeshygienisk rapport
- NS-EN 482
- NS-EN 689
- Verktøy for YH statistikk og eksposeringsvurdering
- YH-HJELP

For en diskusjon rundt bruk av begrepet «enkeltvis og samlet» i regelverket vårt se Individual and Overall Assessment related to the Work Environment – Regulatory context and application in the Norwegian Petroleum Industry (Smedbold, Flage og Røyksund, 2020).

### Referanser

Arbeids- og sosialdepartementet. (2005). Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven) (LOV-2005-06-17-62). Hentet fra <https://lovdata.no/lov/2005-06-17-62>

Arbeidstilsynet. (2020). Kartlegging og vurdering av eksposering for kjemikalier. Hentet 24.07. 2020 fra <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/kartlegging-eksposering-for-kjemikalier/>

DFG. (2019). List of MAK and BAT Values 2019. Maximum Concentrations and Biological Tolerance Values at the Workplace. Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area. Hentet fra <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9783527826889>

Forskrift om tiltaks- og grenseverdier. (2013). Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer.

Forskrift om utførelse av arbeid. (2020). Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav (FOR-2011-12-06-1357). Arbeids- og sosialdepartementet. Hentet fra <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/forskrift-om-utforelse-av-arbeid/>

IARC. (2018). Welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. Volume 118. Hentet fra [https://publications.iarc.fr/\\_publications/media/download/4890/8dea8d7fc96b300786a8718b69e44475274beb.pdf](https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/4890/8dea8d7fc96b300786a8718b69e44475274beb.pdf)

ISO. (2012). Health and safety in welding and allied processes — Laboratory method for sampling fume and gases — Part 6: Procedure for quantitative determination of fume and gases from resistance spot welding. (ISO/TS 15011-6). International Organization for Standardization.

Smedbold, H. T. (2020a). GESTIS ILV – Oversikt over internasjonale grenseverdier. Hentet 24.04 2021 fra <https://yrkeshygiene.no/2020/12/08/gestis-ilv-oversikt-over-internasjonale-grenseverdier/>

Smedbold, H. T. (2020b). Hvor gode er grenseverdiene våre? Yrkeshygienikeren, (1), 4.

Smedbold, H. T., Flage, R. & Røyksund, M. (2020). Individual and Overall Assessment related to the Work Environment – Regulatory context and application in the Norwegian Petroleum Industry. Innlegg presentert ved 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, Venice. Abstract hentet fra <https://www.rpsonline.com.sg/proceedings/esrel2020/html/4304.xml>

Standard Norge. (2019). Arbeidsplassluft. Måling av eksposering for kjemiske stoffer ved innånding. Strategi for prøving av samsvar med yrkeshygieneiske grenseverdier. (NS-EN 689:2018 – AC 2019).

Thorud, S., Bakke, B., Hersson, M., Daae, H. L., Solbu, K. F., Johnsen, H., ... Ellingsen, D. (2011). Prøvetakings- og analysemetoder – beste praksis (STAMI). Et delprosjekt i prosjektet ”Eksposering for kjemikalier i olje og gassindustrien – Dagens eksposeringssbilde” (STAMI-rapport). Oslo: Statens arbeidsmiljøinstitutt. Hentet fra <https://www.norskoljeoggass.no/globalassets/dokumenter/drift/arbeidsmiljo/kjemisk-arbeidsmiljo/fagtema/prosjektrapporter/provetakings-og-analysemetoder-stami.pdf>