

<b>Tittel:</b>	<b>Målinger av støv- og gasseksponering under bygging av Tromsøysund-tunnelen</b>		
<b>Forfatter(e):</b>	<b>Per Sørstrand</b>		
<b>Prosjektansvarlig(e):</b>	<b>Per Sørstrand, Statens arbeidsmiljøinstitutt Karl Jakob Carstens, Selmer A/S</b>		
<b>Prosjektmedarbeidere:</b>	<b>Hanne Line Daae, Statens arbeidsmiljøinstitutt Kari Dahl, Statens arbeidsmiljøinstitutt Ahmed Ali, Statens arbeidsmiljøinstitutt</b>		
<b>Utgiver (seksjon):</b>	<b>Yrkeshygienisk seksjon</b>		
<b>Dato: 27/9 - 93</b>		<b>Serie:</b>	
<b>Antall sider: 9</b>	<b>ISSN: 0801-7794</b>	<b>HD-1044/93 FOU</b>	
<b>Sammendrag:</b>			
<p><b>Tunnelarbeidere eksponeres for støv og gasser fra sprengning og dieselmotorer. Kombinasjonen forbedret teknologi på anleggsiden og korte tidsfrister kan bidra til å øke risikoen for eksponering for enkelte arbeidstakere.</b></p> <p><b>Det er foretatt målinger av gass og støv i Tromsøysund-tunnelen i perioden 9 - 11 mars og 25 - 26 mai 1993. Målingene viste at under driving av tunnelen var arbeidstakere bak stoff eksponert for langt høyere konsentrasjoner av støv, nitrogendioksid og karbonmonoksid enn arbeidstakere på stoff. Konsentrasjonene var til dels høyere enn de administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfæren.</b></p>			
<b>Stikkord:</b> Tunnelarbeidere Eksponering Gasser Støv	<b>Key words:</b> Tunnel workers Exposure Gases Dust		

Postadresse:  
PB. 8149 Dep.  
0033 Oslo

Besøksadresse:  
Gydavei 8  
Majorstua

Telefon 22 466850  
Telefax 22 603276

Bankgiro 0629 05 81247  
Postgiro 0804 20 00214

MÅLINGER AV STØV OG GASS I  
TROMSØYSUND-TUNNELEN

9-11 MARS, 25-26 mai 1993

av

Per Sjøstrand, Hanne Line Daae, Kari Dahl  
Statens arbeidsmiljøinstitutt

og

Karl Jakob Carstens, Selmer A/S

## Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	s 3
2	Anleggsarbeide i tunnel	s 4
3	Tromsøysund-tunnelen	s 4
4	Målemetoder for gasser og støv	s 4
5	Resultater	s 5
6	Oppsummering og konklusjon	s 8

## 1 Bakgrunn

Bedriftslege Bente Ulvestad, Selmer A/S og lungespesialist Erik Melbostad, Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), er begge engasjert i et prosjekt om helseeffekter i luftveiene blant tunnelarbeidere. Som et ledd i arbeidet med å dokumentere eksponering for gasser og støv ble det foretatt målinger av CO, NO<sub>2</sub>, NO, SO<sub>2</sub> og totalstøv under anlegg av Tromsøysund-tunnelen.

NO<sub>2</sub> = Nitrogendioksid  
CO = Karbonmonoksid  
NO = Nitrogenmonoksid  
SO<sub>2</sub> = Svoveldioksid

Tabell 1 Administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfæren pr 1993.

NO <sub>2</sub>	2 ppm (Takverdi)
NO	25 ppm
CO	35 ppm
SO <sub>2</sub>	2 ppm
Støv*	5 mg/m <sup>3</sup>

Normene gjelder gjennomsnittet over en 8 timers arbeidsdag med unntak av normen for NO<sub>2</sub>. Denne normen er en takverdi. D.v.s. at det ikke er tilstrekkelig at gjennomsnittet er under 2 ppm. Normen skal aldri overskrides; selv ikke i korte perioder.

\*Normen for støv gjelder "sjenerende støv". Det finnes i tillegg flere normer for enkeltkomponenter i støvet.

## 2 Anleggsarbeide i tunnel

Anleggstiden for nye veitunneler har blitt stadig kortere. Arbeide som f.eks. opprensning, sikring og grøfting blir til dels utført mens det drives på stuff. Dette sannsynliggjør økt eksponering for støv og gasser i anleggsperioden for flere arbeidstakere. Problemet øker med tunnelens lengde og stigning/synk.

## 3 Tromsøysund-tunnelen

Tunnelen har 2 separate løp, hver med totallengde 3402 meter. Nedre knekkpunkt ligger på - 104 meter. Stigning mot Tromsø (Breivika) er 8%, og mot fastlandet (Tomasjord) 6%. Under målingene var det drevet ca 2600 meter fra Tromsøysiden mot fastlandet. Inndriften var ca 50 meter pr uke på hver stuff. Det var blåsende ventilasjon på stuff under målingene. Kapasiteten på viftene var 120 000 m<sup>3</sup>/time. Dette betyr at hastigheten på luftstrømmen ut gjennom tunnelen var ca 0.5 meter i sekundet .

## 4 Målemetoder for gasser og støv

CO, NO<sub>2</sub> og SO<sub>2</sub> ble målt med bærbar elektro-kjemiske sensorer:

- CO med Dräger Comopac.
- NO<sub>2</sub> med Dräger Pac II og Compur monitox.
- SO<sub>2</sub> med Compur monitox.

CO og NO<sub>2</sub> ble også målt med stasjonære elektro-kjemiske sensorer koblet til dataloggere:

- CO med CiTicel 3E/F i en Håkon Rygh A/S gasstransmitter.
- NO<sub>2</sub> med CiTicel 3NDH i en Håkon Rygh A/S gasstransmitter.
- Datalogger: Grant squirrel 1200.

Sensorene var kalibrert fra leverandør. I tillegg ble CO- og NO<sub>2</sub>-sensorene kontrollert mot 60 ppm CO gass og sertifisert 4.56 ppm NO<sub>2</sub> gass levert av Hydrogas Norge A/S.

NO<sub>2</sub> og NO ble også samlet opp i absorpsjonsrør som inneholdt molecular sieve impregnert med trietanolamin (SKC 226-40). Den endelige bestemmelsen ble foretatt ved at en sterkt farget diazoforbindelse ble analysert spektrofotometrisk. Analysene foregikk etter NIOSH standard P&CAM 231.

Totalstøv ble bestemt gravimetrisk etter oppsamling på 0.8 µm celluloseacetatfiltre i 37 mm kassetter ved bruk av Casella-pumper. Dette er en rutineanalyse på STAMI.

Andel organisk støv ble anslått gravimetrisk etter lavtemperaturforskning av støvfiltrene.

## 5 Resultater

Tabell 2 Resultater av gass- og støvmålinger under driving.

DATO	ARBEID	P/S*	NO ppm	NO <sub>2</sub> ppm	STØV mg/m <sup>3</sup>
9/3 1445-1940	Boring på stuff	P	-	0.5	1.7
9/3 1450-1940	Boring på stuff	P	-	1.3	1.3
9/3 1430-1940	Boring på stuff	P	-	0.6	-
9/3 1530-1915	Venstre løp, ca 50 m bak stuff	S	11.8	4.1	1.6
9/3 1430-1910	Høyre løp, ca 50 m bak stuff	S	14.1	5.6	6.1
10/3 0935-1645	Inni laster under lasting		-	3.4	1.3
10/3 0900-1510	Rensk i vegg og heng (salverens)	P	-	2.0	8.2
10/3 1130-1545	Sluttrensk	P	-	3.4	5.8
10/3 1130-1545	Sluttrensk	P	-	3.0	6.0
10/3 1630-2115	Rensk i vegg og heng (Salverens)	P	-	-	9.9
10/3 1715-2115	Lavbrekk	S	22	8.0	2.9
10/3 0945-1625	Venstre løp, ca 50 m bak stuff	S	26	6.9	7.2
11/3 0600-1125	Sluttrensk	P	-	9.4	3.9
11/3 0600-1125	Sluttrensk	P	-	5.0	3.5

\* P = Personlig prøvetaking. S = Stasjonær prøvetaking

Tabellen fortsettes neste side.

Tabell 2, fortsettelse fra forrige side.

DATO	ARBEID	P/S*	NO ppm	NO <sub>2</sub> ppm	Støv mg/m <sup>3</sup>
11/3 0600-1125	Grøft, rør og kummer ca 500 m fra Breivika	P	-	3.6	4.9
11/3 0600-1125	Grøft, rør og kummer ca 500 m fra Breivika	P	-	4.3	2.8
11/3 1245-1445	Rensk i vegg og heng	P	11.5	2.6	-

\* P = Personlig prøvetaking. S = Stasjonær prøvetaking

Tabell 3 Resultater av gassmålinger etter gjennomslag.

DATO	NAVN/ARBEID	P/S*	NO ppm	NO <sub>2</sub> ppm	STØV mg/m <sup>3</sup>
25/5 1600-2100	Sluttrensk	P	4.6	1.4	-
25/5 1600-2100	Sluttrensk	P	4.3	1.4	-
25/5 1600-2100	Inni laster	P	2.5	0.9	-
25/5 1800-2300	Bolteboring (Åkermann)	P	3.3	0.9	-
25/5 1800-2300	Bolteboring	P	2.8	0.7	-
26/5 0600-1130	Sluttrensk	P	2.9	1.0	-
26/5 0600-1130	Sluttrensk	P	4.8	0.9	-
26/5 0600-1130	Rydding i tunnel og verksted	P	1.7	0.5	-

\* P = Personlig prøvetaking. S = Stasjonær prøvetaking.

Under prøvetakingen 9-11 mars gikk vi flere ganger fram og tilbake i tunnelen. Vi hadde hele tiden med oss elektrokjemiske sensorer som ble avlest med korte mellomrom. Resultatene av disse avlesningene er vist i tabell 4.

Tabell 4 Konsentrasjonsnivåer av CO og NO<sub>2</sub> i tunnelen i tidsrommet 9 - 11 mars (før gjennomslag).

DATO	MÅLESTED	CO ppm	NO <sub>2</sub> ppm
9/3	På stoff under boring	0	0
9/3	På stoff under lasting	25-75	4-11
9/3	I tunnelen forøvrig	15-40	2-9
9/3	Inni en lastebilkupe	0-10	0-2
10/3	På stoff under boring	0	0
10/3	På stoff under lasting	20-50	3-7
10/3	I tunnelen forøvrig	15-40	2-9
10/3 kl 11	Utenfor spisebua mens skyteproppen passerte	120	30
10/3 kl 15	Utenfor bil mens skyteproppen passerte	125	9

Det ble ikke påvist SO<sub>2</sub> i tunnelen med elektrokjemisk sensor. Ettersom deteksjonsgrensen var 1 ppm med denne sensoren er dette som forventet. Tidligere målinger har også vist lave konsentrasjoner av SO<sub>2</sub> under tunneldrift. Den sannsynlige årsak er mye vann og høy luftfuktighet i tunneler under driving. SO<sub>2</sub> er en gass som løses lett i vann. De fleste dieselmotorer som brukes i tunnel går dessuten på diesel med lavt innhold av svovelholdige forbindelser.

De stasjonære CO- og NO<sub>2</sub>-sensorene ble plassert i nedre knekkpunkt i tidsrommet 25/5 - 10/6 (etter gjennomslag). Gassmålingene viste seg vanskelige å tolke. Årsaken kan bl.a. ha vært varierende spenning og støy på strømforsyningen i tunnelen som har forstyrret de elektrokjemiske sensorene. Det var derfor ikke forsvarlig å bruke målingene til å beregne gjennomsnittskonsentrasjoner slik vi hadde planlagt. De var trolig relativt lave og med betydelige variasjoner. Den høyeste CO-konsentrasjonen som ble registrert var 280 ppm og den høyeste NO<sub>2</sub>-konsentrasjonen var 9 ppm.

Enkelte dager var variasjonene i CO- og NO<sub>2</sub>-konsentrasjonene relativt samsvarende, andre dager ble det bare registrert NO<sub>2</sub>. Vurderinger omkring årsaken til dette blir spekulasjoner. Det er kjent at dieselmotorer som kjøres på høyt turtall og luftoverskudd kan produsere betydelige mengder NO<sub>2</sub> og relativt lite CO.



Andel organisk støv:

Enkelte filterprøver ble forasket ved lav temperatur for å få en indikasjon på andel organisk støv. Analysene tyder på at omkring 30% av støvet kan være organisk. Det var ingen entydige sammenhenger mellom avstanden fra salve og andel organisk støv.

## 6 Oppsummering og konklusjon

Målingene viste at under tunneldrivingen var arbeidstakere som jobbet bak stoff eksponert for langt høyere støv- og gasskonsentrasjoner enn de som jobbet framme på stoff. De høyeste eksponeringene som ble målt på stoff (boring og lading) i perioden 9 - 11 mars var 1.3 ppm NO<sub>2</sub> og 1.7 mg støv/m<sup>3</sup>. Bak stoff var de høyeste eksponeringene 9.4 ppm NO<sub>2</sub> (sluttrensk) og 9.9 mg støv/m<sup>3</sup> (rensk i vegg og heng). De tilsvarende gjennomsnittsverdier var på stoff: 0.8 ppm NO<sub>2</sub> og 1.5 mg støv/m<sup>3</sup>. Bak stoff: 4.1 ppm NO<sub>2</sub> og 5.1 mg støv/m<sup>3</sup>. Tabell 5 oppsummerer resultatene av eksponeringsmålingene som ble gjort under driving. Tabell 6 inneholder et anslag over hvilke nivåer de forskjellige kategorier arbeidstakere var eksponert for.

Målingene ble foretatt under driving på 6% stigning, ca 1.2 km etter at nedre knekkpunkt var passert og ca 2.6 km fra tunnelåpningen på Tromsøysiden (Breivika).

Etter gjennomslag ble gjennomsnittlig eksponering for NO<sub>2</sub> i perioden 25 - 26 mai målt til 1.0 ppm. Maksimal eksponering ble målt til 1.4 ppm.

Tabell 5 Resultatet av eksponeringsmålingene under driving.

Eksponering	Antall målinger	Min.	Maks.	Gj. snitt	Stand. avvik
NO <sub>2</sub> på stoff*	3	0.5 ppm	1.3 ppm	0.8 ppm	0.4 ppm
Støv på stoff*	2	1.3 mg/m <sup>3</sup>	1.7 mg/m <sup>3</sup>	1.5 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub> bak stoff	9	2.0 ppm	9.4 ppm	4.1 ppm	2.2 ppm
Støv bak stoff	9	1.3 mg/m <sup>3</sup>	9.9 mg/m <sup>3</sup>	5.1 mg/m <sup>3</sup>	2.6 mg/m <sup>3</sup>

\* I løpet av måleperioden var det spisepause. Måltidet ble inntatt flere hundre meter bak stoff. Personene som det ble målt på er i denne sammenheng kortvarig eksponert for langt høyere konsentrasjoner enn på stoff. Dette kan forklare at eksponeringsmålingene på stoff viste høyere NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner enn det vi selv avleste på våre elektrokjemiske sensorer mens vi oppholdt oss på stoff.

På bakgrunn av alle stasjonære og personlige målinger har vi i tabell 6 anslått de sannsynlige eksponeringsnivåer for ulike kategorier arbeidstakere i måleperioden 9 - 11 mars 93. Vi understreker at dette er anslag basert på både stasjonære målinger og eksponeringsmålinger.

Tabell 6 Sannsynlige eksponeringsnivåer for ulike kategorier arbeidstakere i måleperioden.

Arbeidsoperasjon	Antall arb.	Støv mg/m <sup>3</sup>	CO ppm	NO <sub>2</sub> ppm
Boring og lading på stoff	3	0-1	0-5	0-1
Lasting av røysa (inni laster)	1	1-3	10-30	2-4
Rensk i vegg og heng (Salverens)	2	5-10	10-30	2-3
Sluttrensk	3	3-6	10-60	3-10
Grøft, rør og kummer	5 - 6	2-5	10-30	2-5
Masseutskifting	3	2-5	15-40	2-9
Transport av salve (inni tunnelen)	3 - 4	-	5-25	1-3
Gjennom skytepropp fra spisebrakke	-	-	ca 100	ca 25