

CENNI SUL RISCHIO DA ESPOSIZIONE A GAS DI SCARICO DI MOTORI DIESEL



Varese, 16.06.2022

Sistema Socio Sanitario

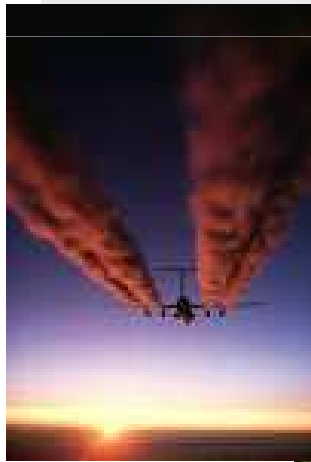


ASST Brianza

Marta Carcano U.O.C. Medicina del Lavoro DESIO



SCARICHI DIESEL



DIMENSIONE DEL PROBLEMA (I)

- I motori diesel sono stati utilizzati in miniera a partire dal 1927 in Germania.
- Le locomotive ferroviarie sono state introdotte a partire dal 1930 circa.
- L'alimentazione diesel per i mezzi pesanti è comparsa sul mercato nel 1950 e tra il 1960 e 1970 è diventata predominante.

DIMENSIONE DEL PROBLEMA (II)

- In numerosi paesi le autovetture sono quasi esclusivamente motorizzate diesel.
- Includendo anche gli autocarri, i motocarri, gli autobus e le motrici il numero del parco circolante motorizzato in Italia oltrepassa i 44 milioni di veicoli.
- Secondo l'Agencia Europea per l'Ambiente il 69% del carburante consumato sulle strade in Europa nel 2012 è diesel.
- Si stima che in Europa i lavoratori esposti a fumi esausti di motori diesel siano oltre 3,6 milioni

AMBITI DI ESPOSIZIONE A FUMI DIESEL

Comparto/settore	Sorgenti
Agricoltura	Trattori e macchine agricole Impianti con motore diesel Generatori FEM
Acciaierie e industria pesante	Movimentazione con carrelli elevatori/gru/carro ponte
Aziende manifatturiere in genere	Guida mezzi Movimentazione con carrelli elevatori/gru Generatori FEM
Cantieristica	Mezzi da cantiere/Macchine movimento Ruspe/gru Generatori FEM
Cave, miniere, scavi	Mezzi meccanici/Macchine movimentazione/Generatori FEM
Logistica	Guida mezzi trasporto/veicoli Movimentazione con carrelli elevatori/gru/carro ponte
Autoriparazioni, Officine meccaniche, Autolavaggio e assimilati	Prova e riparazione motori, Veicoli con motore acceso
Scali aerei e marittimi	Personale di piazzale e lavori sui pontili
Trasporti navali, Manovra ferroviaria	Conduzione, Sala macchine, Manutenzione
Trasporti, Parcheggi, Autorimesse, Caselli	Bus, Veicoli con motore acceso

CLASSIFICAZIONE DELLE ESPOSIZIONI



VEICOLI ON-ROAD (STRADALI)

Meccanici, garagisti, agenti di polizia locale, casellanti autostradali, conducenti (autobus, autocarri, taxi, autoveicoli, etc)



VEICOLI OFF-ROAD (FUORI STRADA)

VEICOLI PER ATTIVITA' ESTRATTIVA

VEICOLI PER AGRICOLTURA

VEICOLI PER COSTRUZIONI
(superficie e sotterranei)



LAVORAZIONI VARIE

Addetti a veicoli ferroviari, addetti al carico e scarico navi e aerei, macchinisti di navi, addetti alla movimentazione con carrelli elevatori/gru, addetti ai generatori FEM



DETERMINANTI DELL'ESPOSIZIONE

- lo stato di manutenzione del motore;
- la qualità del carburante impiegato;
- il numero degli scarichi;
- le dimensioni del motore e il regime di funzionamento (portata);
- il punto di emissione (a terra o in elevazione, all'esterno di un luogo confinato tramite aspiratori, ventilatori e condotti di espulsione/adduzione, con o senza sistemi di abbattimento);
- il grado di confinamento dell'area di lavoro;
- i sistemi di ricambio dell'aria (naturale o forzato)

Caratteristiche carburante

Frazione del petrolio con:

- **Punto di ebollizione: 160-360°C**
- **Densità: 0,82-0,86 g/ml**
- **Idrocarburi: C9-C20**
- **Aromatici: intorno al 30% con proporzioni maggiori di policiclici a 2 (naftalene) e tre anelli (fenantrene)**

Direttiva 2009/30/CE

- **Contenuto di zolfo: <10 ppm**
- **Contenuto IPA: <8%**

Composizione scarichi diesel

acetaldehyde

acrolein

aniline

antimony compounds

arsenic

benzene

beryllium compounds

biphenyl

bis[2-ethylhexyl]phthalate

1,3-butadiene

cadmium

chlorine

chlorobenzene

chromium compounds

cobalt compounds

cresol isomers

cyanide compounds

dibutylphthalate

dioxins and dibenzofurans

ethyl benzene

formaldehyde

hexane

lead (inorganic)

manganese compounds

mercury compounds

methanol

methyl ethyl ketone

naphthalene

nickel

4-nitrobiphenyl

phenol

phosphorus

POM, including PAHs

and their derivatives

propionaldehyde

selenium compounds

styrene

toluene

xylene isomers, mixtures

o-xylenes

m-xylenes

p-xylenes

Composizione scarichi diesel

Fase gassosa

CO, CO₂

NO_x

COV

IPA
nitroareni

Particolato

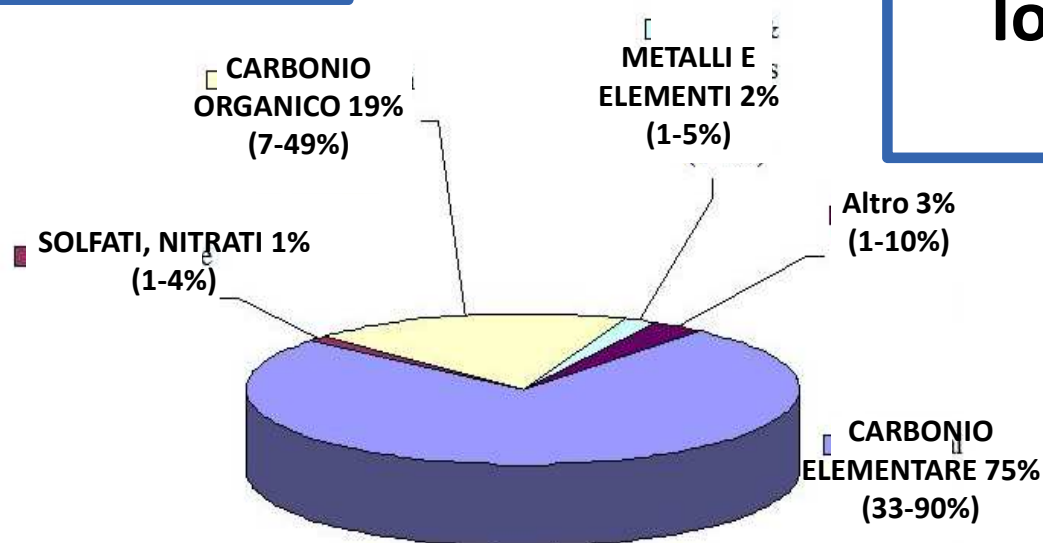
Carbonio elementare EC

Carbonio Organico OC

Ceneri

Ioni (solfati e nitrati)

Metalli

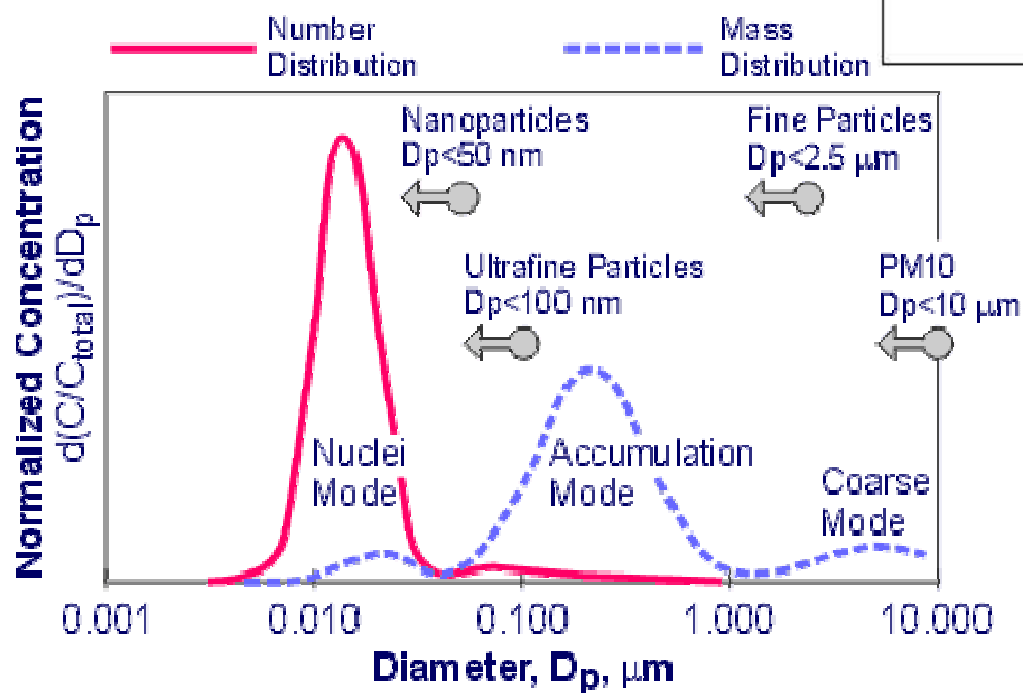
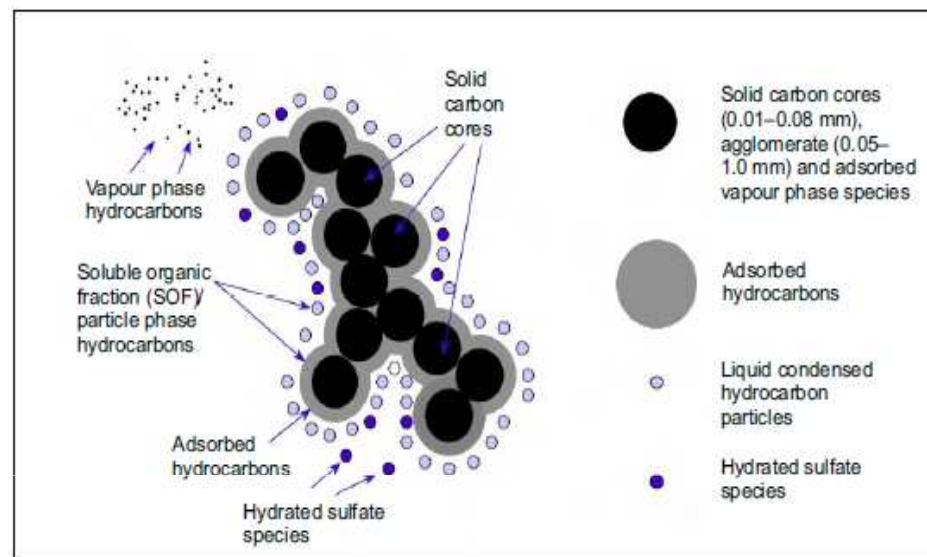


Composizione chimica scarico diesel PM_{2,5}

U.S. EPA 2002

"Health Assessment Document For Diesel Engine Exhaust"

Composizione scarichi diesel



Composizione scarichi diesel

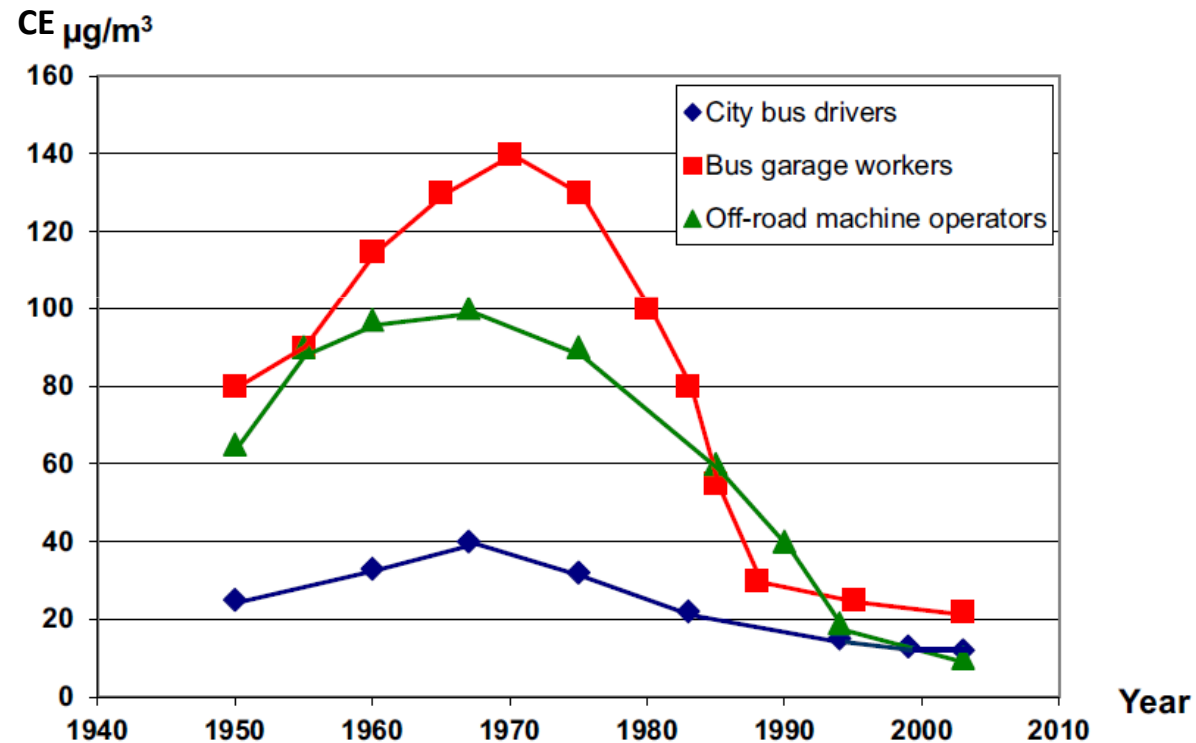
PM		
	Traditional DEEE	New Technology DEEE
Carbonio elementare	75%	13%
Carbonio organico	19%	30%
Solfati	1%	53%
Metalli	2%	4%
Altri	3%	

Traditional DEEE- 1990-2000

New Technology DEEE – post 2006

Esposizione a scarichi diesel

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A SCARICHI DIESEL USANDO CARBONIO ELEMENTARE COME INDICATORE DELL'ESPOSIZIONE



Nils Plato et al.,
ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL & OCCUPATIONAL HEALTH
2020, VOL. 75, NO. 6, 321–332

“A historical job-exposure matrix for occupational exposure to diesel exhaust using elemental carbon as an indicator of exposure”

Esposizione a scarichi diesel

ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE A SCARICHI DIESEL : CE $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Autofficine	n	CE $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (media)	anno	Rif.
camion	80	27	1980s	Zaebst et al. 1991
camion	10	4	1999	Garshick et al.2002
deposito ambulanze	3	31	2000	Groves et al. 2000
bus	53	39	2000	Groves et al. 2002
bus	15	39	2002	Boffetta et al. 2002
camion-bus	40	21	2002-2004	Lewne et al. 2007

A. Pronk et al.,
«Occupational exposure to diesel engine exhaust: A literature review»
J Expo Sci Environ Epidemiol. 2009 July ; 19(5): 443–457

Effetti sulla salute

- Effetti irritativi delle vie respiratorie e degli occhi
- Effetti cardiovascolari
- Effetti ostruttivi delle vie respiratorie
- Esacerbazione dell'asma

Effetti sulla salute

TUMORE DEL POLMONE

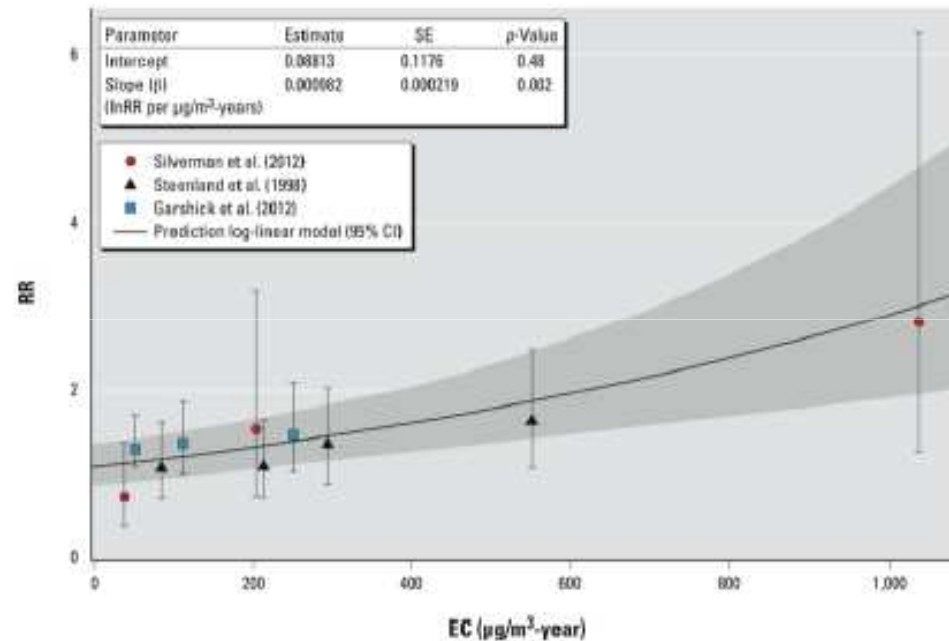
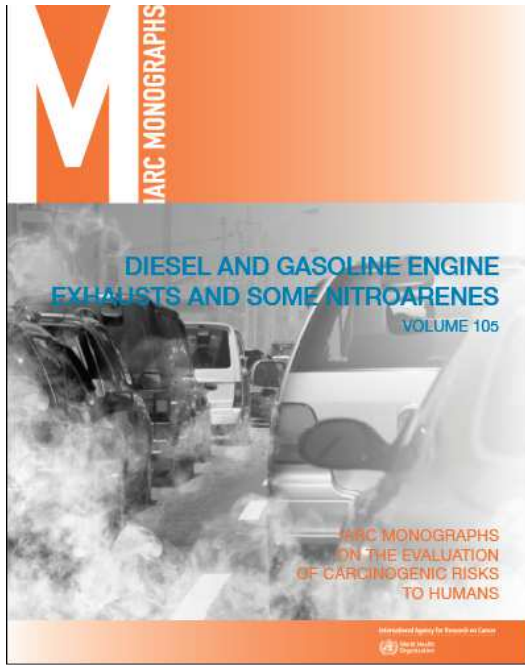


Figure 1. Predicted 'pooled' exposure-response curve of cumulative EC and relative risk of lung cancer mortality, Vermeulen et al. (2014).¹⁰ SE, standard error; 95% CI, 95% confidence interval



IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans - VOLUME 105: DIESEL AND GASOLINE ENGINE EXHAUSTS AND SOME NITROARENES. Lyon, France: 5-12 June 2012

classifica lo scarico del motore diesel come **cancerogeno per l'uomo** (gruppo 1), in base a prove sufficienti che l'esposizione è associata ad un aumentato rischio di cancro al polmone e ha rilevato una correlazione positiva (limitata evidenza) con un aumento del rischio di cancro alla vescica

Normativa

L 30/112

II

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

31.1.2019

DIRETTIVE

DIRETTIVA (UE) 2019/130 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 16 gennaio 2019

che modifica la direttiva 2004/37/CE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro

(Testo rilevante ai fini del SEE)

- (16) Vi sono sufficienti elementi di prova della cancerogenicità delle emissioni di gas di scarico dei motori diesel derivanti dalla combustione di gasolio nei motori ad accensione spontanea. Le emissioni di gas di scarico dei motori diesel sono generate da un procedimento di lavorazione e pertanto non sono soggette a classificazione conformemente al regolamento (CE) n. 1272/2008. Il CCSS ha convenuto che le emissioni di gas di scarico dei motori diesel tradizionali dovrebbero essere aggiunte alle sostanze, miscele e procedimenti cancerogeni di cui all'allegato I della direttiva 2004/37/CE e ha richiesto ulteriori indagini sugli aspetti scientifici e tecnici dei nuovi tipi di motori. Lo IARC ha classificato i gas di scarico dei motori diesel come cancerogeni per l'uomo (categoria IARC 1) e ha precisato che, se è vero che l'entità di particolato e sostanze chimiche è ridotta nei nuovi tipi di motori diesel, non è però ancora chiaro in che modo le modifiche quantitative e qualitative possano incidere sulla salute. Lo IARC ha precisato inoltre che il carbonio elementare che costituisce una quota significativa di tali emissioni, è comunemente utilizzato come marcatore di esposizione. Tenuto conto di quanto sopra e del numero di lavoratori esposti, è opportuno inserire nell'allegato I della direttiva 2004/37/CE i lavori comportanti l'esposizione a emissioni di gas di scarico dei motori diesel nonché definire, nell'allegato III della suddetta direttiva, un valore limite per le emissioni di gas di scarico dei motori diesel calcolato in base al carbonio elementare. Le voci degli allegati I e III della direttiva 2004/37/CE dovrebbero riguardare le emissioni di gas di scarico di tutti i tipi di motori diesel.

Normativa

Il valore limite di esposizione è fissato in **0,05 mg/m³** (sulle 8 ore) misurato come carbonio elementare, e troverà applicazione a decorrere dal 21 febbraio 2023. Per le attività minerarie sotterranee e la costruzione di gallerie, il valore limite si applicherà a decorrere dal 21 febbraio 2026.

Normativa

Decreto Interministeriale 11/02/2021

Modifica allegati XLII e XLIII del D. L.vo 81/08

Recependo la Dir. (UE) 2019/130



Il Ministro del Lavoro e delle Politiche Sociali

e

il Ministro della Salute

SENTITA la Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro, di cui all'articolo 6 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni, nella riunione dell'8 febbraio 2021;

ACQUISITO il parere della Direzione generale della prevenzione sanitaria del Ministero della salute in data 10 febbraio 2021;

RITENUTO necessario, per quanto sopra, di procedere alla sostituzione degli Allegati XLII e XLIII al decreto legislativo n. 81 del 2008, aggiornandone il contenuto in conformità con le disposizioni introdotte dalla direttiva (UE) 2019/130 e dalla direttiva (UE) 2019/983;

DECRETANO

Art. 1

(Modifiche agli allegati XLII e XLIII al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione della direttiva (UE) 2019/130 e della direttiva (UE) 2019/983).

1. Al fine di recepire le previsioni introdotte dalla direttiva (UE) 2019/130 del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 gennaio 2019 e dalla direttiva (UE) 2019/983 del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 giugno 2019, gli allegati XLII e XLIII al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 sono sostituiti dagli allegati I e II del presente decreto.
2. Dall'applicazione del presente decreto non derivano nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica.

Il presente decreto è pubblicato sul sito internet istituzionale del Ministero del lavoro e delle politiche sociali all'indirizzo www.lavoro.gov.it - sezione pubblicità legale e ne viene dato avviso nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

Roma, 11 FEB 2021

Il Ministro del lavoro e delle politiche sociali

Il Ministro della salute

Normativa

Allegato I

Allegato XLII al decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81

Elenco di Sostanze, Miscele e Processi

1. Produzione di auramina con il metodo Michler.
2. I lavori che espongono agli idrocarburi policiclici aromatici presenti nella fuliggine, nel catrame o nella pece di carbone.
3. Lavori che espongono alle polveri, fumi e nebbie prodotti durante il raffinamento del nichel a temperature elevate.
4. Processo agli acidi forti nella fabbricazione di alcool isopropilico.
5. Il lavoro comportante l'esposizione a polveri di legno duro.
6. Lavori comportanti l'esposizione a polvere di silice cristallina respirabile, generata da un procedimento di lavorazione.
7. Lavori comportanti penetrazione cutanea degli oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore.
8. Lavori comportanti l'esposizione alle emissioni di gas di scarico dei motori diesel.

Normativa

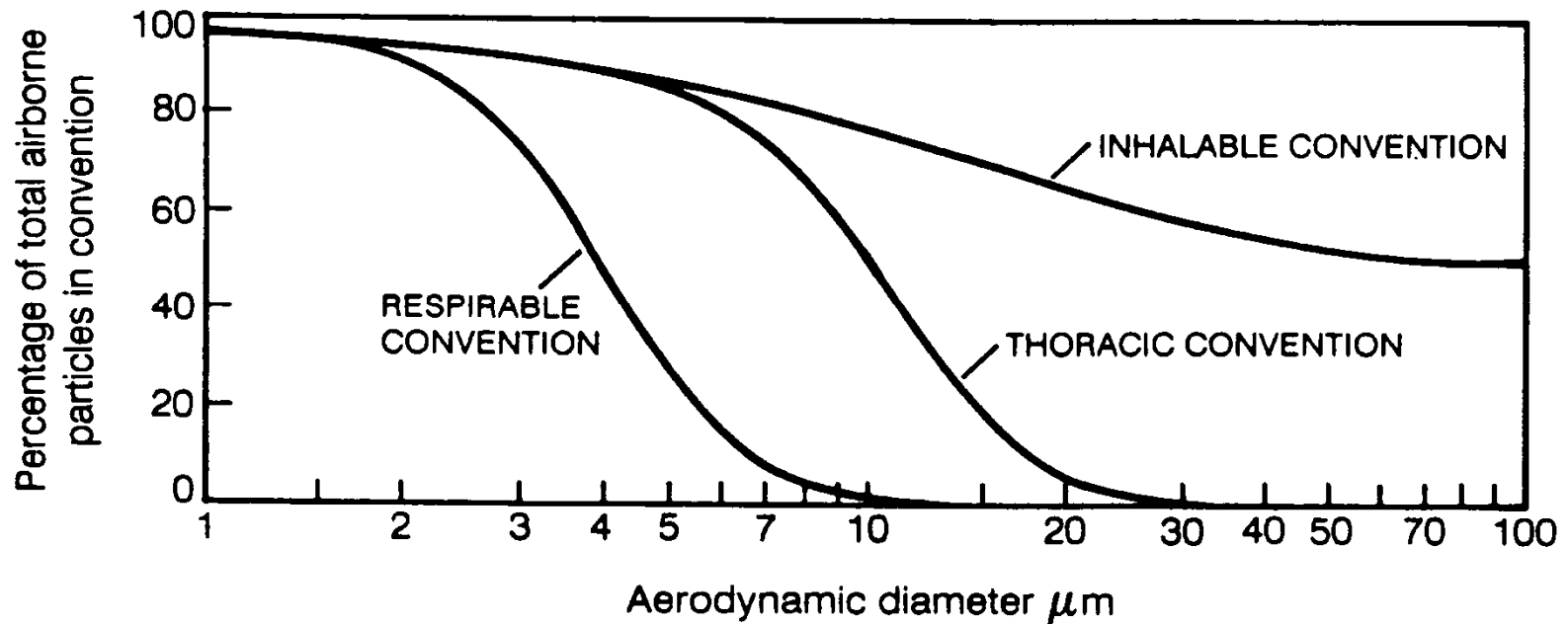
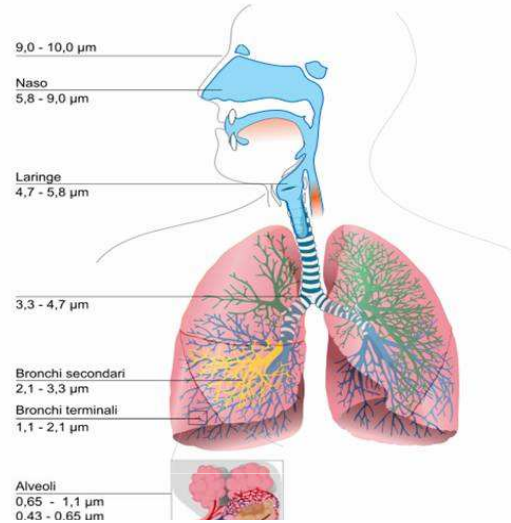
Allegato II

4.4 Metileno-bis(2-cromilina)	207-918-9	101-14-4	0.01	--	--	--	--	--	Cute ⁽¹⁰⁾	
Emissioni di gas di scarico dei motori diesel			0,05 ⁽¹¹⁾							Il valore limite si applica a decorrere dal 21 febbraio 2023. Per le attività minerarie sotterranee e la costruzione di gallerie, il valore limite si applica a decorrere dal 21 febbraio 2026.
Miscela di idrocarburi policiclici aromatici, in particolare quelle contenenti benzo[a]pirene, definite cancerogene ai sensi della direttiva 2004/37									Cute ⁽¹⁰⁾	
Oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore									Cute ⁽¹⁰⁾	

NOTE

- (1) N. CE (ossia EINECS, ELINCS o NLP): è il numero ufficiale della sostanza all'interno dell'Unione europea, come definito nell'allegato VI, parte 1, punto 1.1.1.2, del regolamento (CE) n. 1272/2008.
- (2) N. CAS: numero di registrazione CAS (Chemical Abstract Service).
- (3) Misurato o calcolato in relazione a un periodo di riferimento di 8 ore.
- (4) Limite per esposizione di breve durata (STEL). Valore limite al di sopra del quale l'esposizione dovrebbe essere evitata e che si riferisce a un periodo di 15 minuti, salvo indicazione contraria.
- (5) mg/m³ = milligrammi per metro cubo di aria a 20°C e 101,3 kPa (corrispondenti alla pressione di 760 mm di mercurio).
- (6) ppm = parti per milione per volume di aria (v/v).
- (7) f/m³ = fibre per millilitro.
- (8) Frazione inalabile: se le polveri di legno duro sono mischiate con altre polveri di legno, il valore limite si applica a tutte le polveri di legno presenti nella miscela in questione.
- (9) Frazione respirabile.
- (10) Contribuisce in modo significativo all'esposizione totale attraverso la via di assorbimento cutanea.

CE: metodi di misura



CE: metodi di misura

- Frazione inalabile
- Frazione respirabile



Conetto



IOM



Dorr-Oliver



GS3



CIP10



Higgins-Dewell o Casella

CE: metodi di misura

DIESEL PARTICULATE MATTER (as Elemental Carbon)

5040

C

AW: 12.01

CAS: none

RTECS: none

METHOD: 5040: Issue 3

EVALUATION: FULL

Issue 1: 15 May 1996

Issue 3: 15 March 2003

OSHA: no PEL

NIOSH: no REL

ACGIH: 20 µg/m³ as elemental carbon (proposed [1])

PROPERTIES: nonvolatile solid

SYNONYMS (related terms): diesel particulate matter, diesel exhaust, diesel soot, diesel emissions

SAMPLING

MEASUREMENT

SAMPLER: FILTER: quartz-fiber, 37-mm; size-selective sampler may be required [2].

FLOW RATE: 2 to 4 L/min (typical)

VOL-MIN: 142 L @ 40 µg/m³
-MAX: 19 m³ (for filter load of ~ 90 µg/cm²)

SHIPMENT: Routine

SAMPLE STABILITY: Stable

TECHNIQUE: Thermal-optical analysis; flame ionization detector (FID)

ANALYTE: Elemental carbon (EC). Total carbon is determined, but an EC exposure marker was proposed. See [2] for details.

FILTER PUNCH SIZE: 1.5 cm² (or other [2])

CALIBRATION: Methane injection

RANGE: 1 to 105 µg per filter portion (See also [2].)

CE: metodi di misura

Determinazione EC/OC

Analisi Termo Ottica

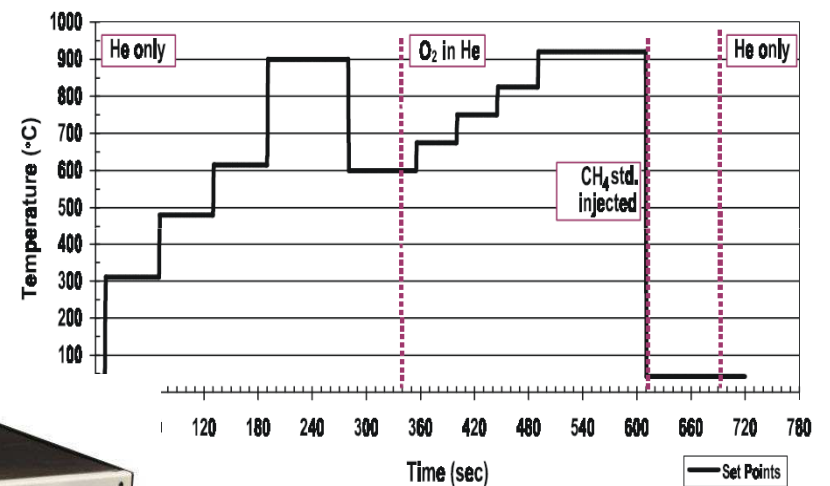
Il particolato raccolto su filtro viene sottoposto a due rampe di riscaldamento, il primo in atmosfera inerte (evaporazione del OC) il secondo in atmosfera ossidante (evaporazione del EC).

Durante l'analisi termica lo strumento misura la trasmittanza laser a 660 nm attraverso il filtro, per determinare lo split point tra OC ed EC.

la CO₂ che si libera viene determinata o direttamente tramite detector IR o dopo riduzione a metano con detector FID



Figure 2. Temperature Set Points and Gas Valve Changes in the EPA/NIOSH (or STN) Method

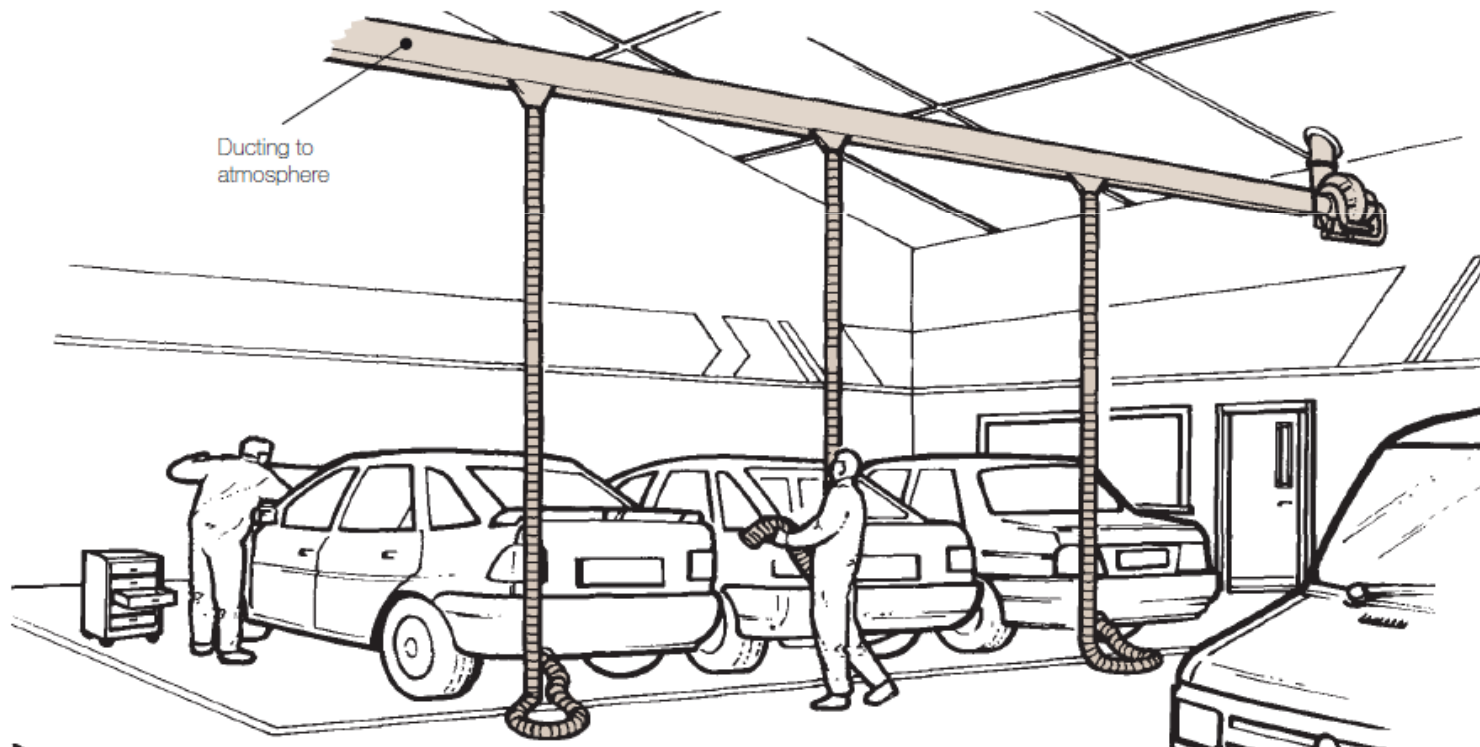


Misure di controllo dell'esposizione

- Sostituzione con motori ad alimentazione elettrica o combustibili alternativi
- Trattamento gas di scarico (filtri, catalizzatori..)
- Manutenzione motori
- Confinamento area emissione scarichi
- Motori accesi solo se necessario
- Aspirazione localizzata
- Ventilazione

Misure di controllo dell'esposizione

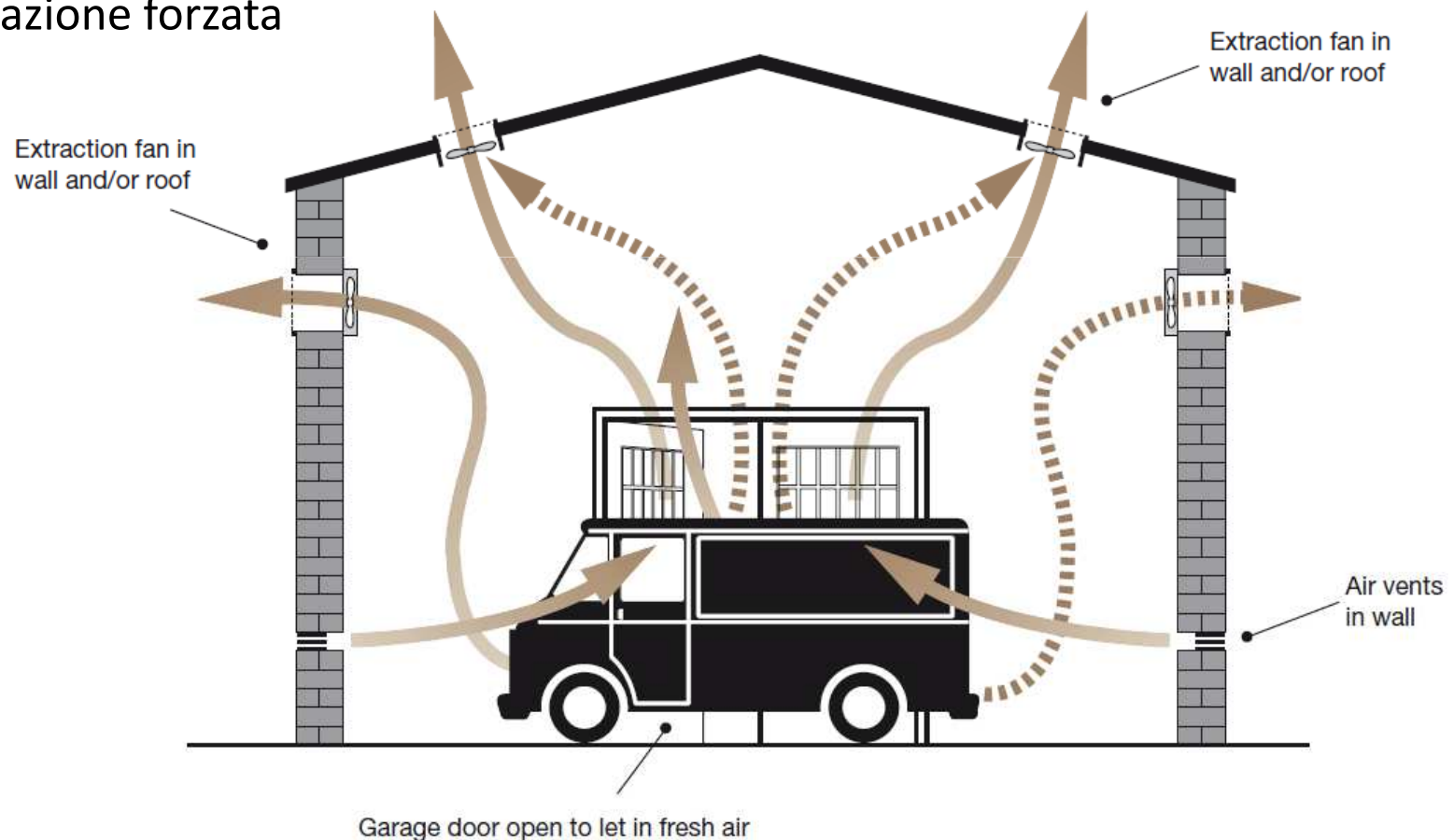
Sistemi di aspirazione localizzata



"Control of diesel engine exhaust emissions in the workplace" – HSE 2012

Misure di controllo dell'esposizione

Ventilazione forzata



Misure di controllo dell'esposizione

Ventilazione naturale

