



Istituto Superiore di Sanità
Prot 13/05/2016-0013726



Class: AMPP.06

1

0014525-25/05/2016-DGPRES-COD_U0-A

Istituto Superiore di Sanità

Roma,

VIALE REGINA ELENA, 299
00161 ROMA
TELEGRAMMI: ISTISAN ROMA
TELEFONO: 06 49901
TELEFAX: 06 49387118
<http://www.iss.it>

Prot. N. 8619-10098/AMFF

Risposta al N

Allegato

**Al Direttore Generale
Dr. Raniero Guerra
Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria
Ufficio ~~M~~ 2
Ministero della Salute
Viale Giorgio Ribotta, 5
00144 Roma**

Oggetto: Riunione presso il MATTM su FAP del 30/3/2016. Richiesta di chiarimenti in merito al parere tecnico su efficacia dei dispositivi per l'abbattimento delle emissioni di particolato dai veicoli ed effetti sulla salute, trasmesso con nota prot. n. 28197 del 28/9/2015.

Vista la richiesta, avanzata da Codesta Amministrazione, finalizzata ad ottenere il parere dell'Istituto Superiore di Sanità;

Tenuto conto che l'Istituto esprime il proprio parere, di natura squisitamente tecnico-scientifica avuto riguardo esclusivamente alle notizie ed agli elementi forniti dallo stesso richiedente;

Si rappresenta quanto segue.

L'Istituto Superiore di Sanità ha acquisito in data 24/03/2016 prot. 8619 e in data 08/04/2016 prot. 10098 il documento "Studio tecnico-scientifico sul funzionamento dei filtri antiparticolato per motori diesel FAP (DPF)", studio effettuato dall'Istituto Motori del CNR su richiesta del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, per valutare l'efficacia dei sistemi FAP nel ridurre le emissioni di particolato da parte di motori diesel.

L'Istituto ha quindi attivato un confronto con il CNR per poter disporre di tutti gli elementi utili ad esprimere il proprio parere, sia sulla base delle verifiche sperimentali condotte sia sulla base delle conoscenze scientifiche più aggiornate sul tema in oggetto.

Al fine di esprimere il parere, si ritiene utile fare una premessa che chiarisca terminologie e metodi di riferimento, per poter chiarire il contesto tecnico-scientifico al quale fanno riferimento le valutazioni che seguiranno.

Definizioni di materiale Particellare PM₁₀, PM_{2,5} e di particelle ultrafine o nanoparticolato in riferimento alla qualità dell'aria ambiente

Il particolato atmosferico (PM) è un'ampia classe di particelle solide e liquide (aerosol), emesse da una grande quantità di sorgenti comprese le emissioni autoveicolari (auto, bus, moto, ecc.). Il PM è distinto tra primario e secondario, rispettivamente quello emesso direttamente dalle sorgenti e quello che risulta dalle

trasformazioni chimiche e fisiche che avvengono in atmosfera a seguito dell'emissione di precursori gassosi (es. biossido di zolfo, ossidi di azoto), trasformazioni fortemente dipendenti da parametri climatici quali umidità e temperatura.

In termini di dimensioni (diametro aerodinamico equivalente-Dae) si parla di:

- 1) nanoparticolato o particolato ultrafine (PN o PUF), ovvero particelle con diametro aerodinamico fino a 100 nm (0.1 μm): *l'International Organization for Standardization (ISO) definisce con il termine «nanometrico» una grandezza compresa approssimativamente tra 1 e 100 nm. A livello UE nella Raccomandazione del 18 ottobre 2011 sulla definizione di nanomateriale, riporta "un materiale naturale, derivato o fabbricato contenente particelle allo stato libero, aggregato o agglomerato, e in cui, per almeno il 50 % delle particelle nella distribuzione dimensionale numerica, una o più dimensioni esterne siano comprese fra 1 nm e 100 nm"*;
- 2) particolato fine-frazione respirabile PM_{2,5}: *ovvero il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM_{2,5} (norma UNI EN 14907), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato con diametro aerodinamico di 2,5 μm ;*
- 3) particolato frazione toracica PM₁₀: *ovvero il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM₁₀ (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato con diametro aerodinamico di 10 μm (Dlgs 155/2010).*
- 4) particolato coarse mode o coarse particles, ovvero particolato con Dae fino a 100 μm .

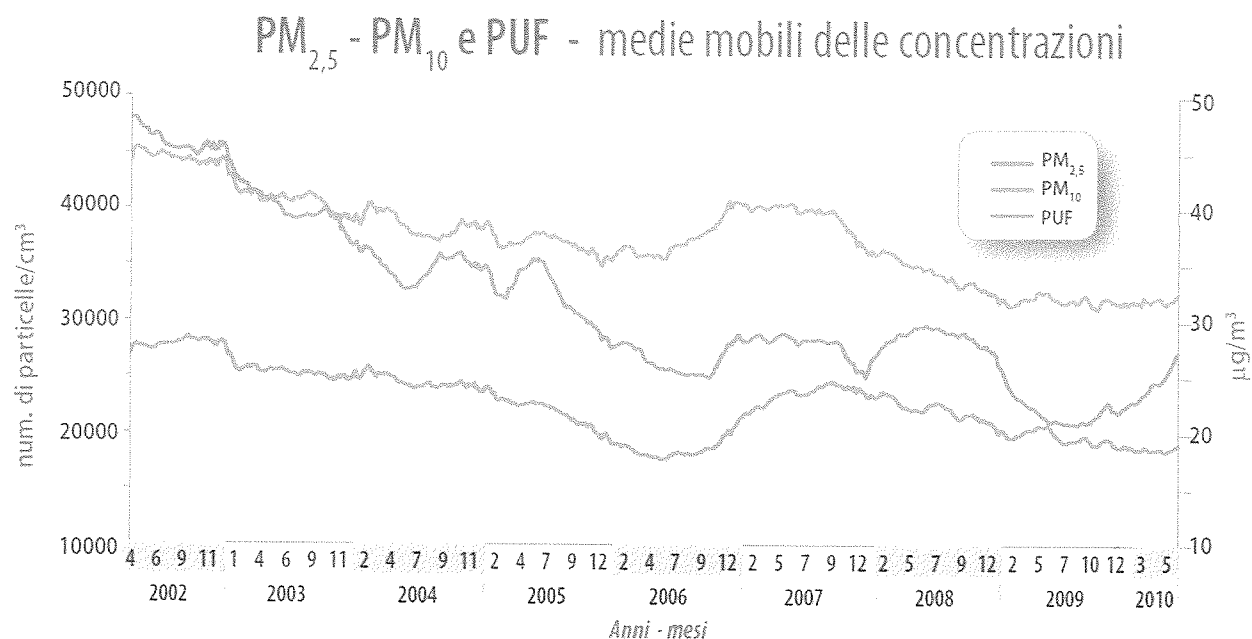
Come noto la legislazione italiana ha recepito le direttive Europee, prevede sistemi di controllo della qualità dell'aria basati sul monitoraggio della concentrazione di PM₁₀ e PM_{2,5}, per i quali sono stati previsti valori limite di riferimento giornalieri ed annuali misurate in termini di concentrazione in massa. Quindi queste concentrazioni che vengono effettuate dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, principalmente forniscono valori da riferirsi alle particelle fini e coarse, mentre il contributo di PN o particelle ultrafini (PUF) predomina nelle misure di concentrazione in numero del PM (pp/cm³).

Non risultano, allo stato attuale, valori guida o valori limite in numero (particelle/cm³) per il PN o per le PUF, fissati dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), dalla *Environmental Protection Agency* (EPA), nè tantomeno dall'UE.

In questi anni a livello UE è stata adottata una strategia tematica globale, che prevede l'adozione di strategie atte alle riduzioni delle emissioni prodotte dal settore trasporti (aerei, marittimi e terrestri).

Per i veicoli su strada, le emissioni sono composte sia da PM che da inquinanti gassosi (NOX, CO, SOx, COV). Oltre al PM primario direttamente emesso in atmosfera, costituito dalle componenti ultrafini fini e coarse, si forma un particolato secondario a seguito dell'emissione di gas che raffreddandosi si mescolano con l'aria ambiente e, tramite il meccanismo denominato nucleazione, formano nuove particelle; il particolato secondario si genera anche a seguito della condensazione dei gas sul particolato esistente. Ne consegue che tramite il meccanismo di nucleazione vi è un aumento della concentrazione in numero di particelle mentre con il processo di condensazione si determina un incremento delle dimensioni del particolato.

L'ISS ha misurato, presso la propria stazione di monitoraggio della qualità dell'aria, la concentrazione in numero del particolato per alcuni anni. La figura sottostante mostra le concentrazioni in numero per stagione durante gli anni in cui è stato attivo il monitoraggio, insieme alle concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} registrate nella stessa stazione. Negli anni è stato osservato un trend decrescente delle concentrazioni di PM₁₀, PM_{2,5} e conta delle particelle ultrafini (PUF) fino al 2010.



Metodologie di misura e riferimenti

In ambito tecnico-normativo, sono state sviluppate dagli organismi di normazione quali l'*International Organization for Standardization* (ISO), e il Comitato Europeo di Normazione (CEN) specifiche metodiche standardizzate con cui effettuare le misurazioni dei diversi parametri al fine di rendere confrontabili le misure eseguite in contesti diversi e da diversi laboratori. Questo aspetto è di fondamentale importanza nel caso di attività di controllo di un limite previsto nella legislazione di settore; pertanto comporta che lo stesso sia correlato ad una metodica di campionamento (es, scelta del punto di prelievo, misure preliminari, ecc.) e di analisi standardizzata (ISO, EN, UNI) al fine di uniformare, quanto più possibile, i risultati dei rilevamenti. Nel caso della qualità dell'aria le norme da utilizzare sono presenti nell'allegato VI del DLgs 155/2010 smi.

Per la valutazione del limite allo scarico in fase di omologazione Euro V, Vb ed Euro VI la procedura di riferimento per il PM, PN (PUF) è nota come *Particulate Measurement Programme-PMP* elaborata dall'UN/ECE in accordo ai regolamenti ECE 83 (Light Duty) e 49 (Heavy Duty).

Nel caso specifico delle emissioni per PM si intende il: *particolato (PM)*, qualsiasi materiale raccolto su un materiale filtrante specificato dopo diluizione del gas di scarico con aria pulita filtrata a una temperatura compresa fra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C); è costituito principalmente da carbonio, idrocarburi condensati e solfati con acqua).

Per le PN è stato introdotto, con l'Euro VI, il limite di 6×10^{11} pp/km per i veicoli commerciali diesel (Regolamento 715/2007), dal settembre 2011 e per i veicoli a benzina ad iniezione diretta dal settembre 2017 (regolamento 459/2012). I valori rispecchiano i livelli di prestazione più elevati attualmente raggiungibili con i filtri antiparticolato applicando la migliore tecnologia disponibile.

Poiché le emissioni dipendono dalle condizioni di guida e di funzionamento del motore, al fine di effettuare le misure di conformità delle emissioni auto veicolari, è stato sviluppato il ciclo europeo New European Driving Cycle-NEDC che ha una durata complessiva di 1180 secondi, su una distanza percorsa di 11 km, costituito da quattro cicli urbani ed un ciclo extra urbano su cui testare le emissioni ai fini dell'omologazione della classificazione veicolare.

In Europa, dal gennaio 2016, il ciclo NEDC è affiancato dal Real Driving Emission-(RDE). Il nuovo ciclo rende obbligatorio per gli organismi di certificazione di verificare il livello di emissioni inquinanti emesse da un veicolo nelle condizioni di "**guida reale**". Questa nuova tipologia di test richiederà l'installazione di *Portable Emission Measurement System* (PEMS), dispositivi che forniscono un monitoraggio in tempo reale degli inquinanti emessi dai motori (HC, CO, CO₂, NO_x [o NO + NO₂], PM) insieme alle condizioni di funzionamento del motore ed ai parametri ambientali.

Attualmente nell'ambito della Commissione economica delle Nazioni Unite per l'Europa si sta completando il lavoro sulla messa a punto di una procedura internazionale di prova per i veicoli leggeri (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure - WLTP), che dovrebbe quindi sostituire il ciclo europeo RDE. Di

conseguenza, la Commissione dovrebbe svolgere uno studio di correlazione approfondito tra il nuovo ciclo di guida europeo (NEDC) e il nuovo ciclo di prova WLTP al fine di garantirne la rappresentatività rispetto alle condizioni di guida reali.

L'andamento temporale delle classificazioni auto veicolari e delle verifiche è illustrato nella figura sottostante.

EUROPE									
Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b	Euro 6b	Euro 6d-TEMP	Euro 6d	
			Revised ECE + EUDC cycle				WLTC + RDE		
1995	Jan 98	Jan 01	Jan 05	Sep 09	Sep 11	Sep 14	Sep 17	Jan 21	2025

Nel febbraio 2016 il parlamento Europeo ha adottato, una decisione che consente di allungare i tempi per l'adeguamento dei produttori automobilistici ai nuovi standard emissivi Euro VI (in particolare per gli NOx), anticipando però l'applicazione dei nuovi test su strada (RDE) più affidabili per la verifica delle emissioni nelle reali condizioni di marcia e funzionamento dei veicoli.

Valutazione sul funzionamento dei FAP

Per quel che più propriamente riguarda il funzionamento (contenimento e riduzione) degli inquinanti prodotti dai motori diesel dotati di sistemi antiparticolato (FAP) e dei potenziali effetti delle emissioni sulla salute umana, la valutazione, a parere di questo Istituto, deve essere ricondotta a comprendere se l'utilizzo di questi sistemi FAP vada nella giusta direzione di una riduzione delle emissioni e quindi verso il miglioramento della qualità dell'aria ambiente.

Per la valutazione in oggetto sono stati considerati i lavori prodotti dall'IM - CNR di Napoli, dal Centro Comune di Ricerca *Joint Reseach Centre* di Ispra (JRC), dalla Stazione Sperimentale per i Combustibili, dalla IARC e lavori scientifici pubblicati su riviste internazionali accreditate (vedere bibliografia allegata).

Gli aspetti da considerare per la valutazione dell'efficacia dei FAP sono due. Il primo risponde alla domanda se l'utilizzo dei FAP riduce l'emissioni di particolato degli autoveicoli diesel, il secondo se l'evento di rigenerazione del FAP determini emissioni di particolato in massa ed in numero pericolose per l'aria ambiente.

Tutta la letteratura scientifica e tecnica consultata è concorde nell'affermare che i FAP riducono le emissioni di particolato in massa ed in numero degli autoveicoli diesel, rendendo le emissioni di questi veicoli confrontabili con quelle dei veicoli a benzina.

Le emissioni di particolato non solo in massa ma anche in numero, sulle vetture che montano i FAP sono ridotte di oltre il 90% rispetto ai vecchi motori diesel, ed inoltre, elemento particolarmente rilevante dal punto di vista igienico-sanitario, anche la composizione chimica del particolato emesso è cambiata. In particolare vi è stata una forte riduzione di solfati, di carbonio elementare, di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), diossine e furani, metalli. Tali risultati sono stati raggiunti anche grazie all'utilizzo di nuovi combustibili a bassissimo tenore di zolfo che hanno consentito di ridurre le emissioni di sostanze contenenti zolfo ed ai sistemi di abbattimento degli ossidi di azoto, quali precursori per la formazione di particolato secondario. Molti studi hanno infatti evidenziato che l'efficacia dei sistemi di filtrazione è associata all'utilizzo di combustibili a basso tenore di zolfo. In Europa in attuazione della direttiva 2003/17/CE dal 1 gennaio 2009 sono consentiti solo gasoli con contenuto massimo di zolfo di 10 ppm.

Le indagini sperimentali hanno mostrato una riduzione dell'emissione di particolato in tutto lo spettro dimensionale, compreso anche quello più fine, misurabile. Durante il normale funzionamento l'emissione del PN è ridotta ai livelli ambientali variabili tra 10^3 - 10^4 particelle per cm^3 .

La fase critica dell'utilizzo dei FAP è rappresentata dall'evento di rigenerazione del filtro, ovvero il processo di pulizia del filtro attraverso la combustione del materiale carbonioso che si è accumulato sulla superficie del substrato che costituisce il filtro stesso. Durante tale fase aumenta notevolmente l'emissione sia in massa che in numero di particolato con fattori variabili tra 10 e 1000 rispetto al funzionamento normale del FAP. L'emissione in numero di particelle è più elevata nella frazione granulometrica più fine inferiore ai 10 nm. Se si valuta l'emissione totale di PN, tenendo conto del contributo sommato delle emissioni durante il normale funzionamento del FAP e dell'emissione durante la fase di rigenerazione, come misurato dal IM-CNR, si ottengono valori, nello spettro 7 nm e 10 μm , variabili tra 6.27×10^{10} pp/km e 6.62×10^{12} pp/km, ovvero tutte,

tranne la misura massima, sono inferiori al limite dato dalla Direttiva Europea sulle emissioni Euro V ed Euro VI (6×10^{11} pp/km). La parte più fine di particolato, compresa tra 7 e 28 nm contribuisce con percentuali variabili, a seconda del tipo di autovettura e di ciclo testato, tra il 40% e 90%. Lo studio del JRC "*Particle Measurement Programme (PMP) Light-duty Inter-laboratory Correlation Exercise (ILCE_LD) Final Report*" (2007) ha analizzato il funzionamento di questi dispositivi confrontando le emissioni in massa e numero di particolato su diverse tipologie di ciclo di funzionamento del veicolo. Lo studio evidenzia valori di emissione in massa e numero all'interno di quanto richiesto dalla legislazione Europea.

Si deve, tuttavia, evidenziare che alcune indagini sperimentali hanno segnalato un aumento dell'emissione, in fase di rigenerazione, di particolato ultrafine a causa dell'utilizzo di additivi chimici nel combustibile a fini catalitici, che favorirebbe la formazione di questo particolato per nucleazione. Si tratta di particolato con dimensioni inferiori a 23 nm, la cui determinazione è fortemente dipendente dal sistema di misura (ancora non standardizzato) e richiede quindi ulteriori approfondimenti e conferme. I sistemi catalitici, che sarebbero responsabili dell'emissione di questo nanoparticolato in fase di rigenerazione del FAP, di ultima generazione consentono una diminuzione di additivi chimici, con conseguenze positive dal punto di vista emissivo. Sarebbe interessante, dal punto di vista tossicologico, caratterizzare la composizione chimica di questo particolato.

Relativamente alla durabilità, l'efficienza dei sistemi FAP risulta costante nel tempo e non ci sarebbero effetti dovuti all'invecchiamento dei dispositivi, viene infatti raccomandato un intervallo di manutenzione tra 100.000-150.000 km di percorrenza.

Come detto la valutazione deve essere fatta in termini di potenziali benefici per la qualità dell'aria ambiente, verificando se l'introduzione di questi dispositivi stiano contribuendo ad un miglioramento generale della qualità dell'aria, sulla base di quanto rilevato dalle stazioni di monitoraggio. In Paesi extra europei come gli Stati Uniti nello Stato della California l'*Air Resources Board*, ha condotto uno studio, dove il ricambio del parco veicolare diesel è stato più consistente, per valutare l'efficacia di tutta una serie di azioni messe in atto per il miglioramento della qualità dell'aria. Lo studio ha evidenziato che dal 2000 (anno di adozione del *Diesel Risk Reduction Plan* californiano che prevedeva l'installazione di sistemi retrofit antiparticolato e l'utilizzo di combustibili a basso tenore di zolfo) al 2012 vi è stato un decremento delle concentrazioni di PM attribuito ai diesel del 68% a fronte di un aumento dell'81% delle miglia percorse dai veicoli alimentati a gasolio.

In Italia, sebbene ISPRA abbia identificato trend decrescenti per la serie storica di alcuni contaminanti quali il PM₁₀ a partire dal 2000, in accordo con quanto osservato dalla stazione di monitoraggio ISS, non è possibile effettuare una valutazione dell'associazione di questi andamenti con l'adozione dei sistemi di abbattimento del particolato dei motori diesel. Infatti se il miglioramento della qualità dell'aria osservato è di sicuro da mettere in relazione all'introduzione di standard emissivi più restrittivi per le diverse tipologie di alimentazione delle autovetture, l'introduzione dei FAP di serie è di più recente applicazione. Si evidenzia infatti nei diversi studi, che i motori diesel del 2010, ovvero quelli che montano i sistemi FAP di serie, sono già più efficaci di quelli del 2007, in quanto integrano il sistema di abbattimento del particolato con sistemi di riduzione delle emissioni di ossidi di azoto.

Ne consegue che una valutazione più precisa sull'efficacia in termini di miglioramento della qualità dell'aria per l'introduzione dei dispositivi FAP potrà essere effettuata quando il turnover del parco veicolare diesel avrà raggiunto in Italia quote più elevate. Ad oggi, il parco veicolare è per la maggior parte costituito da vetture, gasolio e benzina, con standard emissivi Euro IV ed Euro III, mentre le percentuali dei veicoli Euro V e VI si attestano, stime 2014, a poco più del 15%. Per le vetture diesel la percentuale di veicoli più nuovi (< di 5 anni) sale a circa il 27%, tuttavia il 36% dei veicoli diesel ha più di 10 anni e alla vecchia generazione di motori appartiene, in molte aree urbane, la gran parte del parco circolante di vetture adibite al trasporto pubblico (es. a Roma rappresentano il 73%)

Per una valutazione degli effetti sanitari negli Stati Uniti è stato promosso *The Advanced Collaborative Study (ACES)* condotto dal *Health Effects Institute* con l'obiettivo di caratterizzare le emissioni dei motori diesel relativi ai modelli 2007 e 2010 che rispondono agli standard imposti dalla U.S.EPA. La sintesi dei risultati dello studio riporta che "*lo studio ACES dimostra che, anche considerando le inerenti limitazioni dello studio, i filtri antiparticolato dei motori diesel riducono il PM emesso dai nuovi motori e che la tossicità delle emissioni è significativamente diminuita rispetto alla tossicità delle emissioni dei vecchi motori diesel*".

Valutazione IARC sulle emissioni diesel

La IARC nel 1988 ha effettuato la prima valutazione degli effetti cancerogeni delle emissioni diesel, classificandole come probabili cancerogene per l'uomo (*Group 2A*). Nel 2012 la rivalutazione condotta, ha portato a confermare e definire cancerogene per l'uomo le emissioni diesel (*Group 1*) (IARC Monografia 105). Diversamente le emissioni dei motori a benzina sono state classificate come possibili cancerogeni per l'uomo (*Group 2B*). Ricordiamo inoltre che nel 2013 la IARC ha definito cancerogeno l'inquinamento dell'aria ambiente (outdoor), dove l'attenzione è stata posta principalmente sul particolato atmosferico per il quale è risultata *sufficiente* l'evidenza scientifica dell'associazione tra esposizione e cancro del polmone.

La valutazione relativa alla tossicità dei diesel è stata principalmente determinata dalle emissioni di particolato. Fin dalla prima valutazione del 1988, i motori diesel sono quindi stati oggetto di particolari attenzioni anche dal punto di vista tecnologico, allineando gli standard emissivi ai progressi tecnologici individuati. Si è passati dai diesel "*tradizionali*", a quelli di "*transizione*" per giungere all'attuale nuova generazione che integra sistemi di filtri wall-flow e catalizzatori ossidanti. La tecnologia avanzata e i combustibili a basso tenore di zolfo hanno consentito di diminuire fortemente le emissioni di particolato (oltre il 90%) rispetto al motore tradizionale.

Si deve però rilevare che, per rendere più efficienti i motori a benzina, sono stati adottati sistemi ad iniezione diretta simile a quello dei motori diesel, caratteristica che aumenta l'emissione di particolato nei gas di scarico. Non è un caso infatti, che dagli standard Euro Vb in poi, il controllo sul particolato sia stato introdotto per tutti i veicoli ad iniezione diretta compresi quelli a benzina.

La IARC conclude comunque che sebbene le quantità di particolato sia fortemente diminuita e la composizione chimica cambiata, non è al momento ancora possibile valutare se queste variazioni qualitative e quantitative si possano tradurre in un cambiamento degli effetti sanitari associati, effetti che potranno essere valutati quando queste tecnologie avranno sostituito, almeno in larga parte, i motori diesel tradizionali e di transizione.

Conclusioni

In sintesi i dati sperimentali e la letteratura consultata suggeriscono che la tecnologia FAP di nuova generazione, accoppiati ai sistemi di abbattimento degli ossidi di azoto, rappresenta un passo in avanti nell'abbattimento delle emissioni degli autoveicoli diesel. Il raggiungimento di questo obiettivo va in parallelo con l'utilizzo di combustibili a basso tenore di zolfo e di oli lubrificanti speciali appositamente realizzati per l'abbattimento di particelle ultrafini generate dal meccanismo di nucleazione.

L'evento di rigenerazione del FAP produce un aumento dell'emissione del particolato in termini di concentrazione in numero (particelle/cm³), ma il valor medio stimato su tutto il ciclo, compresa la fase di rigenerazione, mostra concentrazioni in linea con il limite dato dalla normativa europea Euro Vb e Euro VI. Aspetto rilevante dei sistemi FAP è la variazione di composizione chimica del particolato emesso che mostra una significativa riduzione della concentrazione di sostanze tossiche per l'uomo (IPA, diossine, metalli, ecc.). I test sperimentali su questi dispositivi mostrano una efficienza costante nel tempo ed una durabilità tale che la manutenzione, da parte di officine specializzate, è necessaria dopo 100.000-150.000 km di percorrenza.

Il controllo periodico degli autoveicoli per mantenerne alta l'efficienza di dispositivi di abbattimento per le autovetture, sono soluzioni che, alla luce delle attuali situazioni, possono contribuire ad una mitigazione della esposizione della popolazione, e rappresentano una delle componenti di una più ampia strategia di controllo e verifica.

La crescita delle aree urbane con il conseguente aumento di popolazione ed accentramento di molte attività risulta ormai tale che solo una politica di reale riduzione delle fonti emissive può consentire di raggiungere gli obiettivi suggeriti dall'OMS per la riduzione dell'esposizione delle popolazioni all'inquinamento atmosferico e la tutela della salute. Tra queste sicuramente rientrano i sistemi di riduzione delle emissioni veicolari che andranno necessariamente integrati con nuove strategie per il trasporto pubblico e commerciale.

Il Direttore del Dipartimento AMPP

Dott.ssa Loredana Musmeci



Bibliografia consultata

1. Istituto Motori CNR "studio tecnico scientifico sul funzionamento dei filtri antiparticolato per motori diesel- FAP(DPF), presentato al ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 3 marzo 2016
2. European Commission -Joint Research Centre PARTICLE MEASUREMENT PROGRAMME (PMP) LIGHT-DUTY INTERLABORATORY CORRELATION EXERCISE (ILCE_LD) FINAL REPORT Institute for Environment and Sustainability, 2007, EUR 22775 EN
3. Progetto Parfil PLG1 "Le tecnologie di retrofitting per la riduzione dell'emissione di particolato dagli autoveicoli" Stazione Sperimentale per i Combustibili, gennaio 2007
4. A.M.Jones et al "A large reduction in airborne particle number concentration at the time of the introduction of sulfur free diesel and London Low Emission Zone. *Atm. Env.* 50 (2012) 129-138
5. T.L. Barone et al. " An analysis of field-aged diesel particulate filter performance: Particle emission before, during and after regeneration. *Air & Waste Manag. Assoc.* 60 (2010) 968-976
6. Health Effects Institute (HEI) The Advanced Collaborative Emission Study (ACES) December 2015 <http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=1113> , ultima consultazione 4 maggio 2016
7. IARC Monograph, Diesel and Gasoline Engine exhausts and some nitroarenes, vol 105, 2014
8. Alliance of Automobile Manufacturers-European Automobile Manufacturers' Association- Association for Emissions Control by Catalyst -American Petroleum Institute - CONCAWE - Truck and Engine Manufacturers -IPIECA (The global oil and gas industry association for environmental and social issues, www.ipieca.org) - Manufacturers of Emission Controls Association - International Organization of Motor Vehicle Manufacturers "A global and historical perspective on the exposure characteristics of traditional and new technology diesel exhaust Impact of technology on the physical and chemical characteristics of diesel exhaust emissions" may 2012 https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/irsg_diesel_report_may_7_2012_final-2012-02105-01-e.pdf
8. Regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Prescrizioni uniformi relative ai provvedimenti da prendere contro le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte dai motori ad accensione spontanea e dai motori ad accensione comandata destinati alla propulsione di veicoli