



Città di Paliano
Provincia di Frosinone

PIANO COMUNALE PER LA QUALITÀ DELL'ARIA

Piano di Intervento Operativo (P.I.O.)



Approvato con Deliberazione di G.C. n. 125 del 18 ottobre 2017

INDICE

I. INTRODUZIONE.....	1
I.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	2
I.2 PRINCIPALI INQUINANTI NELL'ATMOSFERA URBANA.....	3
I.3 LE FONTI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.....	11
I.4 RAPPORTO TRA EMISSIONI INQUINANTI E DATI METEOROLOGICI.....	15
2. STRATEGIE E AZIONI A LIVELLO COMUNALE.....	17
2.1 PIANI DI AZIONE.....	17

I INTRODUZIONE

Tutte le pubbliche amministrazioni si confrontano quotidianamente con la necessità di conciliare lo sviluppo sostenibile del territorio, legato ai processi di industrializzazione e di incremento delle attività di trasporto e di produzione di energia, con la tutela dell'ambiente e del territorio.

In particolar modo i Comuni, che sono gli Enti maggiormente a contatto con la popolazione e con il tessuto produttivo della società, sperimentano direttamente gli aspetti contraddittori di un progresso che, se da un lato ha portato il benessere trasformando zone arretrate in territori all'avanguardia, dall'altro pretende dagli stessi suoi beneficiari un prezzo elevato in termini di qualità della vita.

Può peraltro accadere che i danni e gli svantaggi derivanti dall'industrializzazione vadano a colpire anche aree che non hanno avuto modo di trarre particolare giovamento da questo processo, come nel caso di Paliano. Il suo territorio vede, infatti, la presenza di un numero assai ridotto di fonti di emissione: a un basso livello di industrializzazione si accompagnano una capillare diffusione del metano per il riscaldamento domestico e un limitato volume complessivo di traffico veicolare, salvo che per la parte di territorio a confine lungo il corso del fiume "Sacco", dove sono presenti due importanti arterie di comunicazione, cioè la strada S.S. n° 6 Casilina e il tratto autostradale "Milano – Napoli". Ciononostante, le caratteristiche geografiche e climatologiche del Comune lo portano a condividere col resto dei Comuni di Piglio, Serrone, Acuto e Anagni iniziative comuni per migliorare la qualità dell'aria e il ristagno degli inquinanti.

Come ulteriore conseguenza, la possibilità di influenzare direttamente la quantità di emissioni nocive per mezzo di provvedimenti di competenza comunale è assai limitata. Al di là dei risultati immediati, l'obiettivo più importante da raggiungere è quello di consolidare nei cittadini la consapevolezza che il miglioramento della qualità dell'aria, e in generale della qualità dell'ambiente,

è indissolubilmente legato a un atteggiamento responsabile dei singoli individui e a una revisione del loro stile di vita e dei loro comportamenti.

Questo Piano si propone di delineare il quadro della situazione dell'inquinamento atmosferico a Paliano, di fare il punto delle attività che sono state svolte sinora da parte del Comune, e soprattutto di costituire uno schema organico e coordinato delle iniziative da portare avanti in futuro, in funzione della necessità di integrare le azioni dell'Amministrazione comunale con quelle degli altri enti territoriali.

I.1 RIFERIMENTI LEGISLATIVI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

La Regione Lazio, ai sensi del D.lgs. n. 351 del 4 agosto 1999, e del decreto del Ministero dell'Ambiente e del Territorio n. 261 del 1° ottobre 2002, ha stabilito il "Piano di risanamento della qualità dell'aria" nel territorio regionale, approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n. 66 del 10 dicembre 2009 e pubblicato sul B.U.R. n. 11 del 20 marzo 2010, predisposto ed emanato ai sensi della direttiva 2008/50/CE.

La Regione Lazio, con deliberazione n. 536 del 15 settembre 2016, ha approvato l'aggiornamento dell'allegato 4 della DGR n. 217 del 18 maggio 2012 "Nuova zonizzazione del territorio regionale e classificazione delle zone e agglomerati ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente in attuazione dell'art. 3, dei commi 1 e 2 dell'art. 4 e dei commi 2 e 5 dell' art.8, del D.lgs 155/2010".

Le norme di attuazione del Piano per il Risanamento della Qualità dell'Aria della Regione Lazio (DGR n. 164 del 05/03/2010) individuano una serie di competenze e di provvedimenti a cui devono attenersi i Comuni, anche in base alla classe di appartenenza.

La Regione considera tra gli obiettivi prioritari il risanamento e la tutela della qualità dell'aria, tenuto conto delle importanti implicazioni sulla salute dei cittadini e sull'ambiente.

Tra le azioni previste, i Comuni devono redigere un Documento denominato "Piano di Intervento Operativo (P.I.O.)" con la finalità di individuare e indicare gli interventi utili a contrastare e a ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera.

Con il sopracitato piano sono state stabilite le norme tese a evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente, determinati dalla dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

È necessario e urgente ridurre il livello degli inquinanti atmosferici nei territori del Comune di Paliano – in particolare del PM_{10} e del NO_2 – anche in considerazione dei dati sinora divulgati da ARPA – Dipartimento Provinciale di Frosinone, della situazione atmosferica in atto e della consulenza tecnica redatta dal dott. Mauro Sanna e dal dott. Rino Felici nell’ambito del procedimento penale n. 415/2012, trasmessa dalla Procura della Repubblica presso il Tribunale di Frosinone e acquisita dall’Ente con Prot. n. 14598/2016, in cui si evince che i territori compresi nei suddetti Comuni sono interessati da un effettivo problema legato all’inquinamento atmosferico.

La normativa sopraindicata prevede che, nel caso in cui (a) siano superati giornalmente i valori limite del PM_{10} per più di trentacinque volte l’anno e (b) che risulti superato il valore limite annuale di NO_2 , siano prese misure per contenere le emissioni stesse, con interventi diretti da compiere in fase di emergenza.

1.2 PRINCIPALI INQUINANTI NELL’ATMOSFERA URBANA

Tra gli inquinanti principali che caratterizzano l’aria delle nostre città troviamo:

- Ossidi di azoto (NO_x);
- Monossido di carbonio (CO);
- Polveri e PM_{10} ;
- Ossidi di zolfo (SO_x);
- Ozono (O_3);
- Benzene (C_6H_6);
- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA);
- Piombo.

Nel seguito vengono riportate alcune informazioni relativamente alle principali caratteristiche di tali inquinanti con particolare riferimento alla loro possibile origine e alle possibili conseguenze sulla nostra salute e sull’ambiente.

▪ Ossidi di azoto (NO_x)

Derivano, in generale, da processi di combustione per reazione ad alta temperatura dell’azoto atmosferico e si possono presentare in vari stati di ossidazione, tra i quali il monossido (NO) e il biossido di azoto (NO_2).

In particolare, il monossido di azoto, gas inodore e incolore, si forma per reazione dell'ossigeno con l'azoto atmosferico nel corso di qualsiasi processo di combustione che avvenga in aria e a elevata temperatura.

L'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto porta alla formazione di biossido di azoto, che ha un colore rosso-bruno ed è caratterizzato, ad alte concentrazioni, da un odore pungente e soffocante.

Le fonti antropiche, rappresentate da tutte le reazioni di combustione, comprendono principalmente il traffico motorizzato, l'uso di combustibili per la produzione di elettricità e calore e, in misura minore, le industrie.

Il biossido di azoto è circa 4 volte più tossico del monossido. Gli effetti acuti comprendono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare, edema polmonare.

Gli effetti a lungo termine includono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari a livello cellulare e tissutale, aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. Il gruppo a maggior rischio è costituito dagli asmatici e dai bambini.

La pericolosità degli ossidi di azoto, e in particolare del biossido, è legata anche al ruolo che essi svolgono nella formazione dello smog fotochimico. In condizioni meteorologiche di stabilità e di forte insolazione, le radiazioni ultraviolette possono determinare la dissociazione del biossido di azoto e la formazione di ozono, che può ricombinarsi con il monossido di azoto e ristabilire una situazione di equilibrio. In presenza di altri inquinanti, quali per esempio gli idrocarburi, l'ozono e altri radicali liberi prodotti per reazioni di fotodissociazione, possono innescare un complesso di reazioni chimiche che portano alla formazione dello smog fotochimico. I costituenti principali di tale smog, oltre all'ozono, sono le aldeidi e i perossiacilnitrati (PAN), composti altamente tossici, che risultano essere intermedi di reazione o prodotti secondari. La produzione di smog fotochimico dipende quindi dalle concentrazioni in atmosfera degli ossidi di azoto e degli idrocarburi ed è strettamente legata alle emissioni dovute al traffico veicolare.

▪ **Monossido di carbonio (CO)**

L'ossido di carbonio è un gas inodore, incolore e insapore che deriva principalmente dai processi di combustione incompleti per difetto d'aria (cioè per mancanza di ossigeno).

L'attività umana è responsabile delle emissioni di CO dovute alla combustione incompleta dei carburanti utilizzati per il movimento degli autoveicoli e da altri processi di combustione sia civile che industriale, oltre che dagli incendi di foreste e di rifiuti dell'agricoltura.

Il monossido di carbonio permane in atmosfera per circa 3-4 mesi e viene rimosso attraverso reazioni di ossidazione ad anidride carbonica o attraverso reazioni fotochimiche. Per questa sua scarsa reattività viene spesso utilizzato come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti a livello del suolo.

L'effetto tossico sull'uomo e sugli animali è dovuto alla reazione fra il monossido di carbonio e l'emoglobina del sangue, destinata al trasporto dell'ossigeno dai polmoni alle cellule del corpo e, di ritorno dalle cellule ai polmoni, dell'anidride carbonica.

Il monossido di carbonio ha un'affinità con l'emoglobina maggiore di circa 250 volte rispetto all'ossigeno e porta alla formazione di carbossiemoglobina che riduce notevolmente la capacità del sangue di portare ossigeno ai tessuti.

Gli effetti sanitari sono essenzialmente riconducibili ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza.

▪ **Polveri e PM₁₀**

Per particolato atmosferico (*PM Particulate Matter*) si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide, di caratteristiche e composizione chimica variabilissime, sospese nell'aria con diametro compreso tra 0,1 e 100 µm. La loro origine può essere primaria (cioè vengono emesse come tali) o derivata (hanno cioè origine da una serie di reazioni fisiche e chimiche).

Le polveri hanno origine sia da fonti naturali (eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, erosione e disgregazione delle rocce, dispersione di pollini e spore) sia antropogeniche (utilizzo di combustibili fossili per il riscaldamento domestico o nelle centrali termoelettriche, emissioni degli autoveicoli, usura dei pneumatici, dei freni e del manto stradale, vari processi industriali o agricoli).

Una caratterizzazione esauriente del particolato sospeso si basa oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle.

Le particelle di dimensioni maggiori (diametro $> 10 \mu\text{m}$) hanno un tempo medio di vita nell'atmosfera che varia da pochi minuti ad alcune ore e la possibilità di essere aerotrasportate per una distanza massima di 1-10 Km. Le particelle di dimensioni inferiori hanno invece un tempo medio di vita da pochi giorni fino a diverse settimane e possono venire veicolate dalle correnti atmosferiche per distanze fino a centinaia di Km. La concentrazione nell'aria di queste particelle viene comunque limitata dalla naturale tendenza alla deposizione per effetto della gravità e dall'azione delle nubi o delle piogge (rimozione umida).

La dimensione media delle particelle determina, inoltre, il grado di penetrazione nell'apparato respiratorio e la conseguente pericolosità per la salute umana. In particolare, il particolato con diametro inferiore a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) è in grado di penetrare nel torace (frazione inalabile), mentre le particelle con diametro inferiore a $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) costituisce la frazione respirabile in grado di raggiungere la parte più profonda del polmone.

Invece, le caratteristiche chimiche determinano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti (IPA, metalli pesanti, SO_2). Le particelle che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione; quelle che si depositano nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi e bronchioli) possono causare costrizione e riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio, aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema) ed eventualmente neoplasie. Le particelle con un diametro inferiore ai 5-6 μm possono depositarsi nei bronchioli e negli alveoli e causare infiammazione, fibrosi e neoplasie.

▪ **Ossidi di zolfo (SO_x)**

L'inquinamento da ossidi di zolfo (generalmente indicati con il simbolo SO_x) è dovuto principalmente a due composti gassosi: l'anidride solforosa (SO_2) e l'anidride solforica (SO_3).

L'anidride solforosa (o biossido di zolfo) è un gas incolore, irritante e dal caratteristico odore pungente. Le emissioni di origine antropica derivano prevalentemente all'ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione delle sostanze che contengono questo elemento sia come impurezza (come i combustibili fossili) che come costituente fondamentale.

Nell'atmosfera si ha una spontanea trasformazione, per effetto dell'irraggiamento solare, da SO_2 a SO_3 , e in presenza di umidità, quest'ultima si trasforma in acido solforico (H_2SO_4).

Le fonti principali sono gli impianti fissi di combustione che impiegano combustibili fossili contenenti zolfo (carbone, gasolio, olio combustibile) anche se non si deve trascurare l'apporto (2/3 del totale) dato dalle fonti naturali (vulcani). Comunque, la distribuzione uniforme e l'alta quota fanno sì che il loro contributo non sia sostanziale. Il traffico motorizzato incide molto limitatamente, in quanto i carburanti impiegati sono raffinati e, grazie a politiche ambientali mirate, a basso tenore di zolfo.

Gli ossidi di zolfo rappresentano i tipici inquinanti delle aree urbane e industriali dove l'elevata densità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche di debole ricambio delle masse d'aria. Le situazioni più serie sono spesso registrate nei periodi invernali ove alle normali fonti di combustione si aggiunge il contributo del riscaldamento domestico. È comunque da notare che in seguito alla diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento domestici e agli interventi adottati per il miglioramento della qualità dei combustibili, il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è notevolmente diminuito nel corso degli anni.

A causa dell'elevata solubilità in acqua l' SO_2 viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone). Fra gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti livelli di SO_2 sono compresi: un aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito l'inturgidimento delle mucose delle vie aeree, l'aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine ricordiamo le alterazioni della funzionalità polmonare e l'aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. È stato accertato un effetto irritativo sinergico in seguito all'esposizione combinata con il particolato, probabilmente dovuto alla capacità di quest'ultimo di veicolare l' SO_2 nelle zone respiratorie profonde del polmone.

Per quanti riguarda, invece, i danni all'ambiente provocati dagli ossidi di zolfo l'effetto principale è dovuto all'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche.

A basse concentrazioni gli effetti sulle specie vegetali sono rappresentati da un rallentamento nella crescita, mentre ad alte concentrazioni se ne verifica spesso la morte.

Si hanno, inoltre, effetti corrosivi a carico di materiali da costruzione (infatti, l'acido solforico trasforma i carbonati insolubili dei monumenti e delle opere d'arte in solfati solubili che vengono dilavati per azione della pioggia), sui metalli e sulle vernici.

▪ **Ozono (O₃)**

L'ozono, gas bluastrò dall'odore leggermente pungente, in natura si trova in concentrazioni rilevanti negli strati alti dell'atmosfera terrestre (da 15 a 60 Km di altezza), dove costituisce una fascia protettiva nei confronti della radiazione ultravioletta del sole. In questa zona dell'atmosfera, detta "stratosfera", l'ozono è dunque indispensabile alla vita sulla terra perché impedisce di far passare i raggi pericolosi per la nostra salute.

A livello del suolo la molecola di ozono si forma quando altri inquinanti, principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili, reagiscono a causa della presenza della luce del sole. Nella bassa atmosfera, quindi, l'ozono è un agente inquinante che non è prodotto direttamente dall'attività dell'uomo, ma è originato dalle reazioni fotochimiche di inquinanti primari.

Le sorgenti di questi inquinanti "precursori" dell'ozono sono di tipo antropico (i veicoli a motore, le centrali termoelettriche, le industrie, i solventi chimici, i processi di combustione, ecc.), e di tipo naturale, quali i boschi e le foreste, che emettono sostanze organiche volatili molto reattive chiamate "terpeni". D'altra parte la presenza di fonti rilevanti di monossido di azoto (es. grandi arterie di traffico) provoca, in vicinanza di queste, una sensibile diminuzione del valore di ozono.

Le concentrazioni di ozono sono influenzate da diverse variabili meteorologiche come l'intensità della radiazione solare, la temperatura, la direzione e la velocità del vento: ecco perché si osservano delle sistematiche variazioni stagionali nei valori di ozono. Le concentrazioni più alte si trovano spesso in aree a maggiore altitudine e normalmente poco inquinate.

Nei periodi tardo primaverili ed estivi, le particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature e scarsa ventilazione favoriscono il ristagno e l'accumulo degli inquinanti e il forte irraggiamento solare innesca una serie di reazioni fotochimiche che determinano concentrazioni di ozono più elevate rispetto al livello naturale. Al contrario, in inverno si registrano le concentrazioni più basse. I valori massimi sono raggiunti nelle ore più calde della giornata, dalle 12,00 alle 18,00 per poi scendere durante le ore notturne.

L'aumento di concentrazione di ozono costituisce un problema di sanità pubblica in particolare per i gruppi di popolazione maggiormente sensibili quali i bambini, gli anziani, le donne in gravidanza, i soggetti affetti da patologie respiratorie e cardiovascolari; questi ultimi possono manifestare sintomi e/o aggravamento della patologia per livelli di ozono anche abbastanza contenuti. I disturbi principali sono riferiti all'irritazione e all'infiammazione degli occhi e delle prime vie respiratorie con lacrimazione, tosse, fatica a respirare e affanno. L'ozono, specie in associazione con altri inquinanti, può essere responsabile della diminuita resistenza alle infiammazioni batteriche polmonari e dell'aggravamento di bronchiti croniche, di forme asmatiche e di ischemie cardiache. In genere questi effetti sono dipendenti da esposizione di breve durata e cessano abbastanza rapidamente con il cessare dell'esposizione.

L'esposizione prolungata per mesi e anni a livelli elevati di ozono può provocare effetti irreversibili sulla salute e in particolare sulla struttura del sistema respiratorio e cardiovascolare. Ad esempio, ripetute esposizioni all'ozono dei polmoni in fase sviluppo dei bambini possono portare ad una riduzione permanente della funzione polmonare.

▪ **Benzene (C₆H₆)**

Il benzene è l'idrocarburo aromatico più semplice; è un liquido incolore dotato di un odore caratteristico tipico di tutti i componenti aromatici (contenenti cioè l'anello benzenico).

È utilizzato come sostitutivo del piombo nelle benzine verdi per aumentare il numero di ottani. Le principali cause di esposizione al benzene sono il fumo di tabacco, le combustioni incomplete del carbone e del petrolio, i gas esausti dei veicoli a motore e le emissioni industriali.

Per quanto riguarda l'inquinamento da benzene dovuto al traffico distinguiamo quello contenuto nei gas di scarico degli autoveicoli, da cui deriva circa l'85% del benzene dovuto al traffico, e le perdite che si verificano durante la distribuzione e l'immagazzinamento della benzina per il restante 15%. Il benzene si trova, inoltre, in molti prodotti come vernici, oli, resine, adesivi, aspirina, deodoranti, solventi di pulizia, asfalto, esplosivi, pesticidi, plastiche, detersivi, coloranti, gomma.

Nell'aria il benzene reagisce con altri composti chimici e si degrada in altre sostanze nel giro di pochi giorni. Il benzene può anche essere assorbito da pioggia o neve e da queste essere trasportato al suolo e nelle acque dove si degrada più lentamente.

L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione del benzene sul sistema nervoso centrale. A concentrazioni moderate i sintomi sono stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace. A livelli più elevati si registrano eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni muscolari e infine a morte. Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionati interferenze sul processo emopoietico (con riduzione progressiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da *International Agency for Research on Cancer (IARC)* nel gruppo I, cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo: purtroppo però, pur essendo la pericolosità del benzene ampiamente dimostrata da numerose ricerche mediche, questa sostanza è praticamente insostituibile per il suo ampio utilizzo.

- **Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)**

Il termine **IPA** identifica una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro: gli **idrocarburi policiclici aromatici**.

I vari IPA variano fra loro sia per le diverse fonti ambientali che per le caratteristiche chimiche. Si formano nel corso di combustioni incomplete di prodotti organici come il carbone, il petrolio, il gas o i rifiuti.

Anche se esistono più di cento diversi IPA, quelli più imputati nel causare dei danni alla salute di uomini e animali sono: l'acenaftene, l'acenaftilene, l'antracene, il benzo(a)antracene, il dibenzo(a,h)antracene, il crisene, il pirene, il benzo(a)pirene, l'indeno(1,2,3-cd)pirene, il fenantrene, il fluorantene, il benzo(b)fluorantene, il benzo(k)fluorantene, il benzo(ghi)perilene e il fluorene.

Solitamente nell'aria non si ritrovano mai come composti singoli, ma all'interno di miscele dove sono presenti molte decine di IPA diversi e in proporzioni che in alcuni casi possono anche variare di molto. Il fatto che l'esposizione avvenga a una miscela di composti, di composizione non costante, rende difficile l'attribuzione delle conseguenze sulla salute alla presenza di uno specifico idrocarburo policiclico aromatico.

Pur essendo lo studio di queste miscele particolarmente complicato, è stato comunque dimostrato che l'esposizione alle miscele IPA comporta un aumento dell'insorgenza del cancro, soprattutto in presenza di benzo(a)pirene (peraltro l'unico IPA che finora è stato studiato approfonditamente).

▪ **Piombo**

La principale fonte di inquinamento atmosferico è costituita dagli scarichi dei veicoli alimentati con benzina super (il piombo tetraetile veniva usato come additivo antidetonante). Con il definitivo abbandono della benzina “rossa” i livelli di piombo nell’aria urbana sono quindi diminuiti in modo significativo. Le altre fonti antropiche derivano dalla combustione del carbone e dell’olio combustibile, dai processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono piombo, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti.

Il piombo, assorbito attraverso l’epitelio polmonare, entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, nel fegato, nei reni, nei muscoli e nel cervello. L’intossicazione acuta è rara e si verifica solo in seguito all’ingestione o all’inalazione di notevoli quantità di piombo. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastrointestinale e immunitario). I gruppi maggiormente a rischio sono costituiti dai bambini e dalle donne in gravidanza.

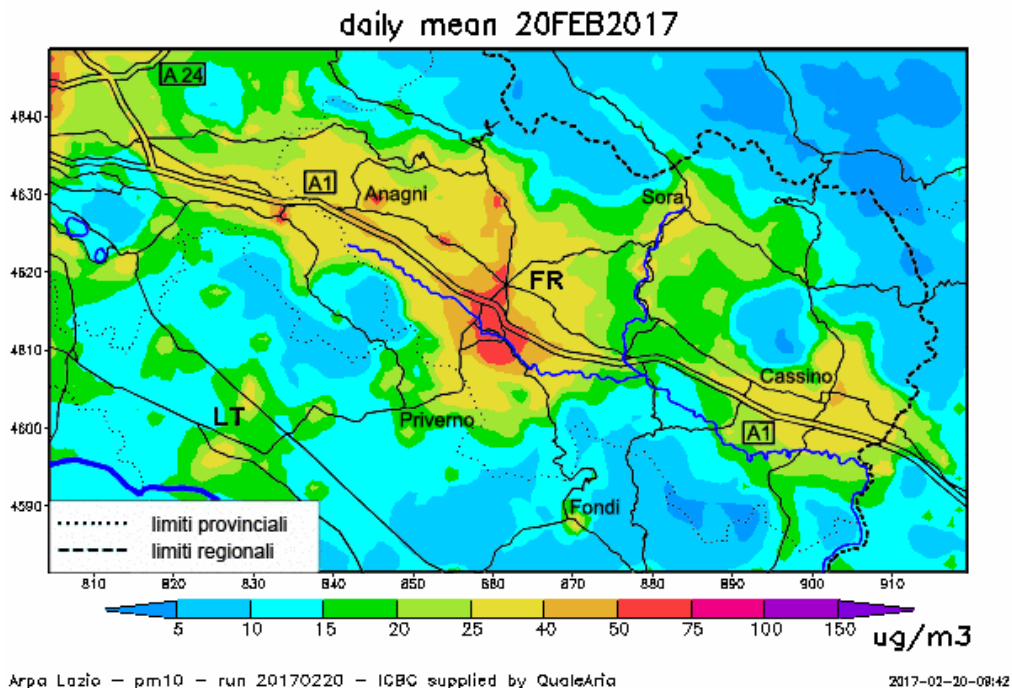
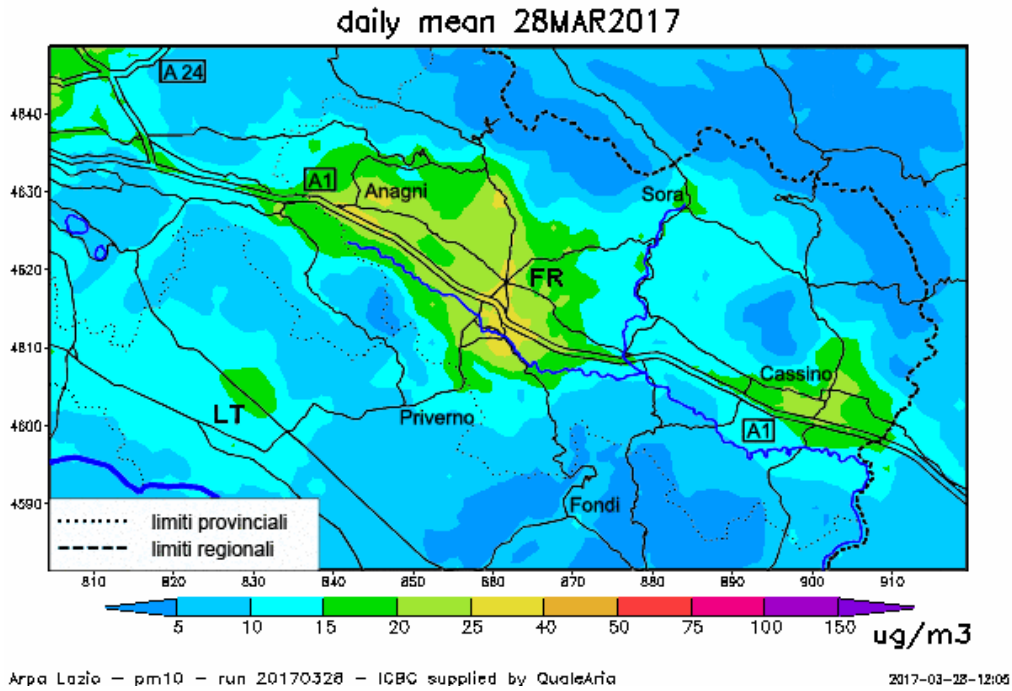
I.3 LE FONTI DELL’INQUINAMENTO ATMOSFERICO

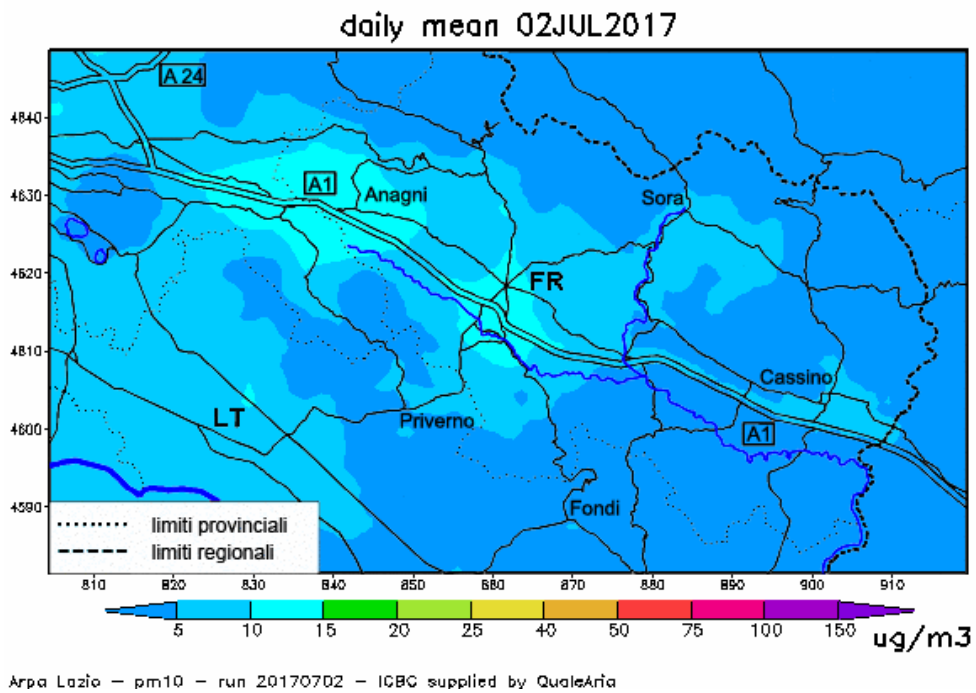
Nelle nostre realtà urbane l’inquinamento dell’aria è causato essenzialmente da processi di combustione di origine civile (riscaldamento domestico), industriale (centrali termiche a uso produttivo), dal traffico veicolare e da emissioni da impianti industriali. Attualmente, in corrispondenza delle aree urbane, i trasporti costituiscono, su base annua, la principale fonte di emissione di inquinanti come ossidi di azoto, composti organici volatili (tra cui il benzene), monossido di carbonio e polveri PM, in particolare PM_{10} . Questo, unitamente al fatto che i veicoli emettono praticamente al livello del suolo, li rende le fonti di impatto più importanti a scala locale. Peculiare, inoltre, per vari motivi (attraversamento di due arterie stradali importanti, aree destinate a insediamenti industriali), è la situazione meteo-climatica della “Valle del Sacco”, in cui le condizioni meteorologiche sono spesso favorevoli alla stagnazione dell’aria, favorendo così i processi di accumulo degli inquinanti nonché le reazioni chimiche che portano alla formazione di inquinanti secondari come l’ozono e la componente secondaria del PM_{10} .

Gli impianti termici civili o industriali sono generalmente alimentati con gas naturale. Ai fini della valutazione delle relative emissioni inquinanti, il metano, con il suo minor impatto ambientale, rappresenta fortunatamente il combustibile più utilizzato sul territorio comunale.

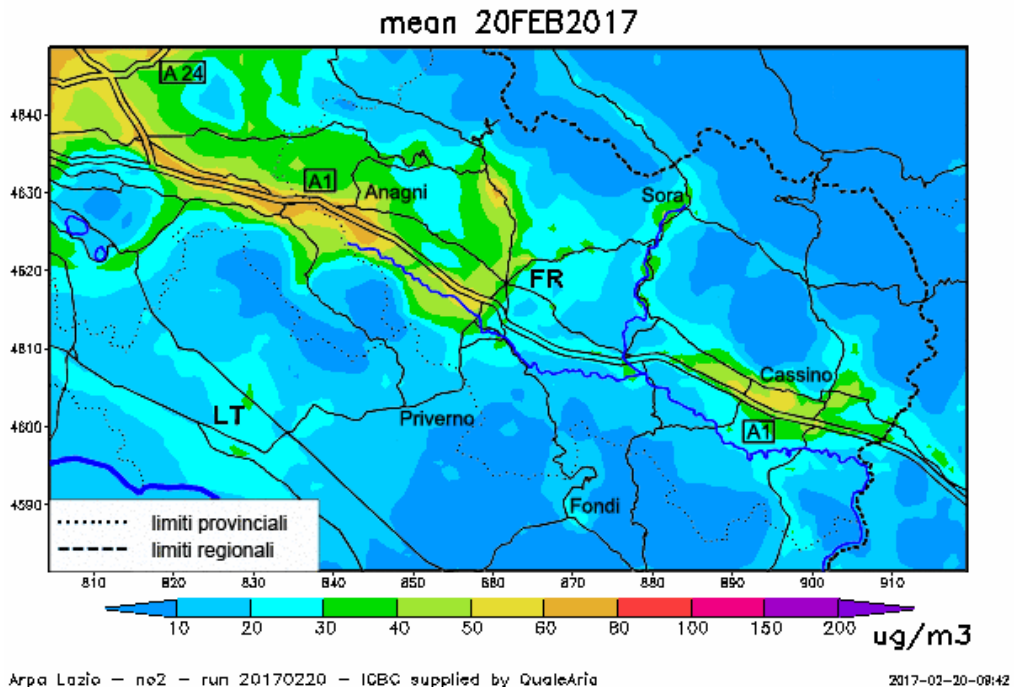
Di seguito si riportano alcuni report sulla qualità dell'aria forniti dall'ARPA LAZIO di Frosinone dove si vede chiaramente che i maggiori inquinanti interessano la "Valle del Sacco".

▪ **Concentrazione di Particolato 10 micron (PM₁₀)**

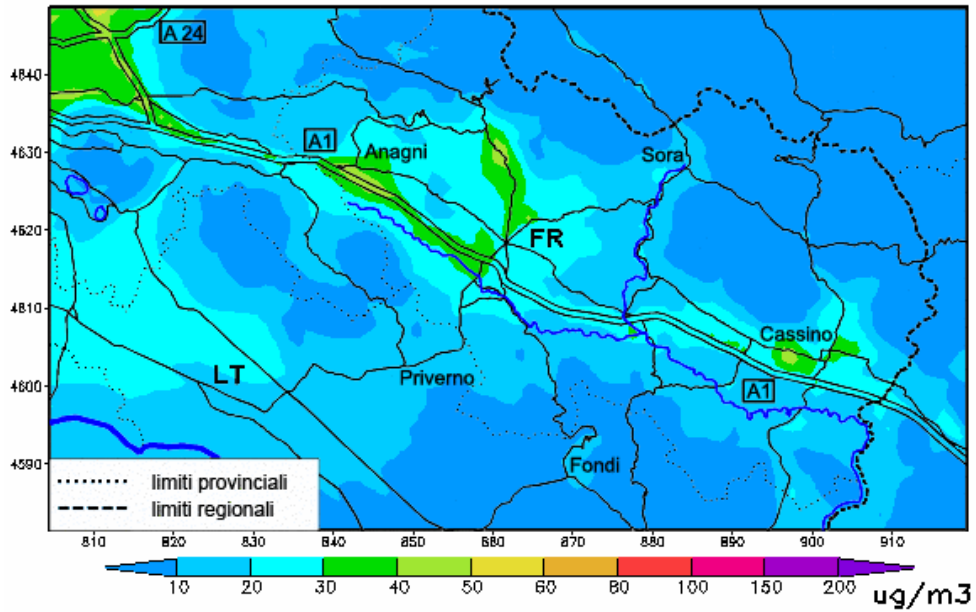




▪ **Concentrazione di Biossido di Azoto (NO₂)**



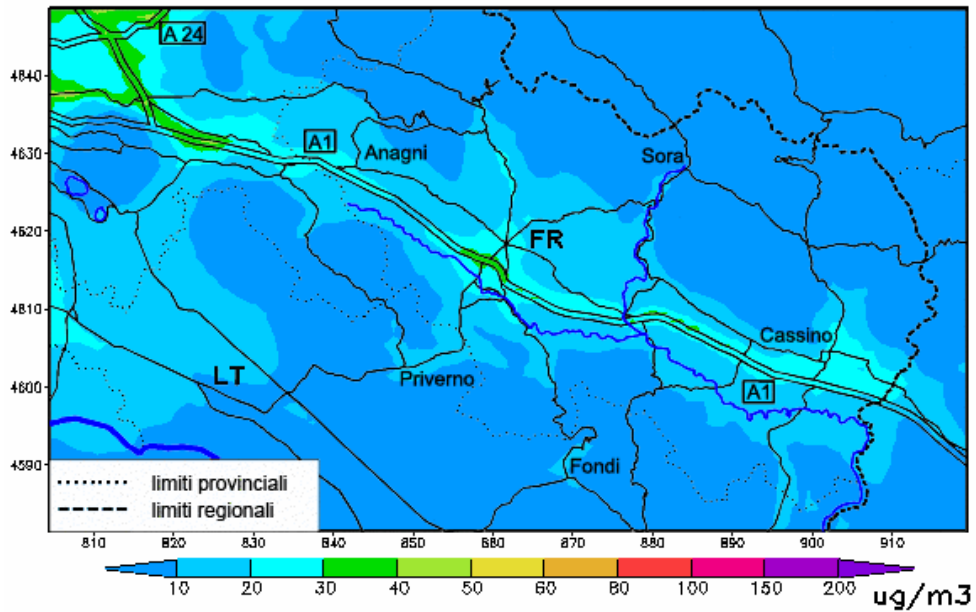
mean 28MAR2017



Arpa Lazio - no2 - run 20170328 - ICBC supplied by QualeAria

2017-03-28-12:05

mean 02JUL2017



Arpa Lazio - no2 - run 20170702 - ICBC supplied by QualeAria

Il traffico urbano a Paliano, quindi, non costituisce una delle fonti dei principali inquinanti atmosferici presenti sul territorio. Proprio in considerazione di quanto sopra, occorre dire che gli inquinanti presenti nel territorio urbano risentono molto della situazione della “Valle del Sacco”, per cui le misure adottabili dal Comune sono limitate al centro urbano.

I.4 RAPPORTO TRA EMISSIONI INQUINANTI E DATI METEOROLOGICI

Come appena accennato, gli inquinanti emessi in atmosfera da una sorgente sono soggetti a fenomeni di diffusione e dispersione. Un ruolo di fondamentale importanza è giocato dalle variabili meteorologiche poiché il trasporto delle sostanze immesse nell'aria è determinato dal movimento delle masse d'aria.

La concentrazione degli inquinanti nell'atmosfera è determinata, quindi, non solo dal numero e dall'intensità delle sorgenti di inquinamento, dalla distanza da tali sorgenti e dalle trasformazioni chimico-fisiche cui vengono sottoposti, ma anche dalle condizioni meteorologiche locali (per i fenomeni di inquinamento a scala locale) e dalle condizioni meteorologiche a grande scala (per i fenomeni di inquinamento a grande distanza dalle sorgenti), che spesso costituiscono il parametro-chiave per la comprensione della genesi, dell'entità e dello sviluppo nel tempo di un evento di inquinamento atmosferico.

Per i fenomeni di inquinamento **a scala locale**, l'influenza maggiore sul trasporto e la diffusione atmosferica degli inquinanti è dovuta all'intensità del vento, alle condizioni di turbolenza (meccanica e termodinamica) dei bassi strati atmosferici e a effetti meteorologici particolari quali le brezze (di mare o di monte), all'incanalamento del vento nelle strade delle zone urbane. Per i fenomeni di inquinamento **a grande scala**, l'influenza maggiore sul trasporto e sulla diffusione degli inquinanti è dovuta alle variazioni del vento con la quota (*shear* del vento) e alla turbolenza determinata dalle aree cicloniche e anticicloniche.

In genere, a parità di emissione d'inquinanti dalle sorgenti, le concentrazioni in aria a piccola scala (zone urbane, zone industriali, ecc.) sono minori quando il vento è moderato o forte e l'atmosfera è instabile nei bassi strati, oppure quando il vento è debole o assente ma vi è forte insolazione con cielo sereno e sole alto sull'orizzonte. Viceversa, le concentrazioni diventano elevate quando vi è inversione del gradiente termico verticale o in condizioni di alta pressione di notte e con vento debole, oppure in condizioni di nebbia persistente che provoca processi di accumulo.

Nei 10 km inferiori dell'atmosfera (troposfera) la temperatura dell'aria generalmente decresce con l'altezza di circa 7 °C per Km: le masse d'aria più calde, vicine alla superficie terrestre, a causa della loro minore densità tendono a salire verso l'alto e vengono sostituite da masse d'aria più fredde provenienti dall'alto. La conseguenza di questo processo è il rimescolamento degli strati inferiori della troposfera.

In alcuni casi, tuttavia, la temperatura dell'aria a una certa altezza e per alcune decine o centinaia di metri, può avere un andamento crescente con l'altitudine, per poi cominciare a decrescere di nuovo. Questa zona, nota come **strato di inversione**, agisce come un ostacolo sugli strati inferiori di aria più freddi che, a causa della loro maggiore densità, non possono attraversarla. In queste condizioni, gli inquinanti prodotti al suolo non vengono rapidamente miscelati con l'intera troposfera, ma restano confinati nel volume di aria al di sotto dello strato di inversione, con conseguente aumento della loro concentrazione.

Lo spessore dell'inversione è definito dalla distanza verticale che intercorre fra la base e la sommità dell'inversione (per base e sommità si intende il luogo dei punti in cui la temperatura comincia, rispettivamente, ad aumentare e a diminuire con l'altezza). Per quanto riguarda la posizione nello spazio, l'inversione termica può essere al suolo, se la base coincide con la superficie terrestre, o in quota, se la base è posizionata a una certa altezza dal suolo.

L'inversione termica è un fenomeno tipico soprattutto dei **mesi autunnali e invernali**, nei quali condizioni di cielo sereno e di alta pressione favoriscono l'irradiazione notturna. Lo strato d'aria a contatto del suolo si raffredda fortemente: mentre a terra si forma un cuscinetto d'aria fredda pesante (con spesso formazione di nebbia), al di sopra si trova aria calda più leggera. Tale stratificazione è stabile (può durare anche alcune decine di ore) e impedisce qualsiasi circolazione verticale dell'aria fredda più in basso e quindi la dispersione degli inquinanti immessi in questi strati dell'atmosfera.

Naturalmente, il verificarsi del fenomeno di inversione termica può non essere sufficiente a provocare episodi critici. Il vento gioca un ruolo fondamentale, e quando è debole può consentire aumenti delle concentrazioni. La temperatura è a sua volta importante, in quanto le emissioni da traffico e da impianti di riscaldamento sono più elevate quando l'aria è più fredda.

Un primo tipo di inversione termica che è spesso causa di eventi di inquinamento nei siti urbani è l'inversione di tipo radiativo. L'inversione radiativa è generata dal rapido raffreddamento sia della

superficie terrestre che dello strato di aria immediatamente al di sopra di questa, dovuto all'emissione di radiazione infrarossa subito dopo il tramonto.

Durante le notti limpide, in condizione di alta pressione, questo raffreddamento può essere così rapido che lo strato d'aria adiacente alla superficie terrestre diviene più freddo dello strato immediatamente superiore, con formazione di uno strato di inversione in genere a quote piuttosto basse (50 metri). Questa condizione persiste fino a che il riscaldamento mattutino della superficie e dell'aria al di sopra di essa risulta sufficiente a "rompere" lo strato di inversione.

L'inversione ha termine quando il riscaldamento mattutino della superficie terrestre è sufficientemente intenso per generare una efficace spinta verso l'alto delle masse d'aria sovrastanti; in caso contrario, l'inversione può persistere in quota anche per diversi giorni, innescando un fenomeno di smog fotochimico, che si prolunga, con intensità crescente, per più giorni consecutivi. L'abbassamento della quota di inversione termica in periodo notturno potrebbe spiegare il maggior livello di polveri riscontrate in tale periodo in quanto, pur in condizioni di minori emissioni da traffico e da riscaldamento, il volume di rimescolamento risulta ridotto.

2 STRATEGIE E AZIONI A LIVELLO COMUNALE

Come si è detto, il territorio del Comune di Paliano è stato classificato in classe I, ovviamente molte misure hanno una valenza molteplice, in quanto gli effetti derivanti dalla loro attuazione comportano una ricaduta positiva nei confronti di una pluralità di fattori.

2.1 PIANI DI AZIONE

I **piani di azione** devono essere costituiti da provvedimenti da porre in essere in modo strutturale e programmatico (Azioni integrate) in combinazione con interventi da effettuare in fase di emergenza (Azioni dirette) volti alla mitigazione/risoluzione del problema di durata temporale limitata e per porzioni definite del territorio.

Azioni integrate:

- Esecuzione delle operazioni di lavaggio frequente delle strade, soprattutto durante i periodi di stabilità atmosferica delle stagioni autunnali, invernali e primaverili;

- Incentivi alla metanizzazione degli impianti di riscaldamento e di centrali termiche industriali e disincentivazione all'uso di combustibili fossili a medio-alto tenore di zolfo (es. oli pesanti, nafte) se non dotati di idonei sistemi di abbattimento delle polveri;
- Intensificazione delle verifiche in strada dei livelli di opacità dei veicoli diesel con particolare riguardo ai mezzi pesanti e commerciali;
- Intensificazione delle verifiche in strada delle prestazioni dei ciclomotori a due tempi;
- Trasformazione dei veicoli di Enti o aziende pubbliche alimentati a gasolio verso combustibili più eco-compatibili (metano-GPL-elettrici);
- Alimentazione con biodiesel o gasolio a basso tenore di zolfo dei veicoli di Enti o aziende pubbliche alimentati a gasolio (autobus, veicoli trasporto rifiuti, autovetture, ecc.);
- Attivazione di campagne di sensibilizzazione, educazione e informazione, partendo dalle scuole fino a raggiungere il singolo cittadino;
- Verifica del rispetto del divieto di combustione all'aperto di ramaglie e altri residui vegetali (al fine di favorirne il conferimento a centri di riutilizzo);
- Ricerca e tecniche di mitigazione biologiche, utilizzo di piante e sistemi di aerazione e bio-filtraggio nell'edilizia e nell'urbanistica, tipo i muri verdi sui palazzi, verde verticale ecc.

Azioni dirette:

- Primo giorno superamento

- Informazione alla popolazione sul tipo di inquinante, durata prevista dell'emergenza, popolazione a rischio e informazioni comportamentali, collegamento sul sito del Comune www.comune.paliano.fr.it.

- Secondo giorno superamento

- Informazione alla popolazione sul tipo di inquinante, durata prevista dell'emergenza, popolazione a rischio e informazioni comportamentali, collegamento sul sito del Comune www.comune.paliano.fr.it;
- Limitazione della temperatura di riscaldamento degli edifici max 18° C per 12 ore giornaliere;
- Limitazioni al traffico privato e commerciale autoveicoli Euro 0, 1 e 2 in zona urbana;
- Lavaggio strade per evitare il sollevamento delle polveri.

▪ Terzo giorno superamento

- Informazione alla popolazione sul tipo di inquinante, durata prevista dell'emergenza, popolazione a rischio e informazioni comportamentali, collegamento sul sito del Comune www.comune.paliano.fr.it;
- Limitazione della temperatura di riscaldamento degli edifici max 18° C per 12 ore giornaliere;
- Limitazioni al traffico privato e commerciale autoveicoli Euro 0, 1, 2 e 3 in zona urbana;
- Lavaggio strade per evitare il sollevamento delle polveri;
- Divieto di accensioni fuochi all'aperto;
- Divieto all'uso e allo stazionamento di veicoli privati dei genitori degli alunni delle scuole.

▪ Quarto giorno superamento

- Informazione alla popolazione sul tipo di inquinante, durata prevista dell'emergenza, popolazione a rischio e informazioni comportamentali, collegamento sul sito del Comune www.comune.paliano.fr.it;
- Limitazione della temperatura di riscaldamento degli edifici max 18° C per 8 ore giornaliere;
- Limitazioni al traffico privato e commerciale autoveicoli Euro 0, 1, 2, 3 e 4 e veicoli con omologazione Euro 0, 1 e 2 - categoria M1 (adibiti al trasporto persone aventi al massimo 8 posti a sedere oltre il conducente) in zona urbana;
- Lavaggio strade per evitare il sollevamento delle polveri;
- Divieto di accensioni fuochi all'aperto;
- Divieto di svolgimento dell'attività sportive all'aperto;
- Divieto all'uso e allo stazionamento di veicoli privati dei genitori degli alunni delle scuole.

Nell'eventualità del perdurare della situazione di emergenza il Sindaco, quale autorità sanitaria competente, adotterà ulteriori misure di contenimento dell'inquinamento, con apposita Ordinanza.