



# ARPACAL

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Calabria



## Campagna di Misura della Qualità dell'Aria Laboratorio Mobile

**Comune di Africo**  
Provincia di Reggio Calabria

Anno 2014



## **Dipartimento Provinciale ARPACAL di Reggio Calabria**

Direttore di Dipartimento Dott.ssa Giovanna Belmusto

### **Servizio Tematico Aria**

Dirigente Servizio Dott. Mariano Romeo

#### **Gestione e Manutenzione Tecnica della Strumentazione**

CPS Esperto Angelo Sartiano

CPS Esperto Emilio Centorrino

CTP Esperto Dott. Pasquale Crea

#### **Validazione Dati**

CTP Esperto Dott. Pasquale Crea

CPS Esperto Emilio Centorrino

#### **Relazione**

CPS Esperto Emilio Centorrino

CTP Esperto Dott. Pasquale Crea

## Sommario

Introduzione.....	1
Laboratorio Mobile.....	2
Analizzatore di Monossido di Carbonio.....	2
Analizzatore di Biossido di Zolfo.....	2
Analizzatore di Ossidi di Azoto.....	3
Analizzatore di Ozono.....	3
Analizzatore di PM <sub>10</sub> .....	3
Campionamento ed Analisi di IPA.....	4
Campionamento ed Analisi di Metalli Pesanti.....	4
Analizzatore di Benzene.....	4
I principali inquinanti atmosferici.....	5
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ).....	5
Ozono (O <sub>3</sub> ).....	5
Ossido di carbonio (CO).....	6
Biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ).....	6
Benzene.....	7
Particolato Atmosferico (PM <sub>10</sub> ).....	7
Idrocarburi Policiclici Aromatici.....	8
Metalli pesanti.....	8
I parametri meteo climatici.....	10
Direzione e Velocità del Vento.....	10
Pressione Atmosferica.....	10
Radiazione solare.....	10
La Temperatura.....	10
Precipitazioni.....	10
Umidità Relativa.....	10
Quadro Normativo.....	11
Biossido di Azoto.....	11
Monossido di Carbonio.....	11
Ozono.....	12
Biossido di Zolfo.....	12
Particolato Atmosferico.....	12
IPA nel Particolato Atmosferico PM <sub>10</sub> .....	12
Metalli Pesanti nel Particolato Atmosferico PM <sub>10</sub> .....	13
Benzene.....	13
Campagne di misura.....	14
Sito di Misura.....	14
Emissioni sul territorio.....	15
Situazione meteorologica nel periodo di misura.....	15

## Campagna di Misura della Qualità dell'Aria - Comune di Africo

---

Andamento di ciascun inquinante nel periodo di misura .....	16
Monossido di Carbonio.....	17
Ozono .....	17
Biossido di Zolfo .....	18
Particolato Atmosferico .....	19
IPA e Metalli sul particolato atmosferico (PM <sub>10</sub> ).....	19
Benzene .....	20
Conclusioni .....	21

### Introduzione

La campagna di monitoraggio è stata condotta a seguito della richiesta del Dott. Versace, Sindaco di Africo, in merito alla problematica relativa all'incidenza di mortalità per tumore nella via Matteotti dello stesso Comune.

L'ubicazione su macro e microscala è stata effettuata in ottemperanza a quanto previsto dal D.Lgs. 155/10 in modo da garantire la rappresentatività della zona da monitorare così da evitare misurazioni rappresentative di microambienti nelle immediate vicinanze.

Inoltre, la scelta del sito per questa campagna di monitoraggio è stata dettata dalla disponibilità del Comune, dalla sicurezza del sito nei confronti di atti vandalici e dalla disponibilità di fornitura elettrica, oltre alla rappresentatività del luogo.

### Laboratorio Mobile

Il monitoraggio di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), degli ossidi di azoto (NO e NO<sub>2</sub>), dell'ozono (O<sub>3</sub>), del monossido di carbonio (CO), del benzene toluene e xilene (BTX) e del particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) viene realizzato mediante l'impiego di strumentazione automatica (analizzatori) presente sui laboratori mobili di monitoraggio in dotazione ai diversi dipartimenti provinciali.

I metodi di riferimento per la determinazione dei vari inquinanti sono quelli riportati nel D.Lgs. 155/10, modificato ed integrato con il D.Lgs. 250/2012.

### Analizzatore di Monossido di Carbonio

Il monossido di carbonio viene misurato mediante un analizzatore in continuo basato sulla tecnica spettrofotometrica dell'assorbimento non-dispersivo di radiazioni infrarosse attorno ai 460 nm.

Il metodo di misura è basato sull'assorbimento, da parte del CO, della radiazioni IR con la conseguente variazione dell'intensità della radiazione stessa proporzionalmente alla concentrazione di monossido di carbonio presente nell'aria campionata.

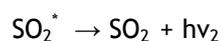
### Analizzatore di Biossido di Zolfo

La norma tecnica di riferimento per la determinazione della concentrazione del biossido di zolfo è la ISO 10498:2004 "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta". La tecnica analitica si basa sulla eccitazione delle molecole di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), attraverso una radiazione ultravioletta (UV) avente lunghezza d'onda compresa nel range tra 200 e 220 nm, e sulla successiva emissione di una radiazione fluorescente, avente una lunghezza d'onda compresa nel range tra 240 e 420 nm, che è direttamente proporzionale alla concentrazione di biossido di zolfo.

Nel primo step le molecole di SO<sub>2</sub> vengono eccitate mediante una radiazione UV con lunghezza d'onda compresa nel range tra 200 e 220 nm:



Nel secondo step le molecole di SO<sub>2</sub> eccitate ritornano nel loro stato fondamentale emettendo una radiazione fluorescente avente una lunghezza d'onda compresa nel range tra 240 e 420 nm.



Le radiazioni UV sono prodotte da una lampada a radiazione ultravioletta (UV) a lunga durata le cui variazioni di intensità sono compensate automaticamente via software.

Il biossido di zolfo viene misurato in continuo; l'aria ambiente prelevata viene inviata in una cella ed irradiata da una radiazione ultravioletta resa monocromatica da un filtro, le molecole di SO<sub>2</sub> eccitate dalla radiazione emettono a loro volta una radiazione specifica a lunghezza d'onda più grande.

Altre specie chimiche, oltre al biossido di zolfo, producono in tali condizioni una radiazione fluorescente. I principali interferenti sono rappresentati dagli idrocarburi policiclici aromatici.

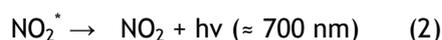
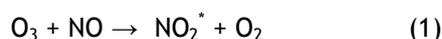
Per eliminare l'effetto di una loro eventuale presenza, gli analizzatori sono dotati di un dispositivo a permeazione il quale rimuove selettivamente le molecole di idrocarburi dal campione di gas in esame, lasciando inalterata la concentrazione di SO<sub>2</sub>.

La luce UV emessa per fluorescenza è filtrata e convertita in segnale elettrico da un tubo fotomoltiplicatore.

### Analizzatore di Ossidi di Azoto

La tecnica analitica per determinare la concentrazione degli ossidi di azoto nell'aria ambiente si basa sulla chemiluminescenza, che consiste nell'emissione di radiazioni elettromagnetiche, in particolare nel campo del visibile e del vicino infrarosso, che può accompagnare una reazione chimica.

In questo particolare caso la reazione utilizzata, che produce chemiluminescenza, è quella che avviene tra monossido di azoto e ozono, secondo lo schema di seguito riportato:



Nella camera di misura entrano contemporaneamente l'aria ambiente ed un flusso di ozono generato separatamente dall'analizzatore, l'ozono e il monossido di azoto reagiscono istantaneamente per produrre  $\text{NO}_2^*$  eccitato (1), che successivamente torna nel suo stato fondamentale (2) emettendo una radiazione elettromagnetica nella regione dell'UV (chemiluminescenza).

La radiazione emessa per chemiluminescenza è correlata alla concentrazione di NO e viene quindi registrata da un detector.

Per la determinazione del biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), è necessario convertirlo dapprima in monossido di azoto (NO) pertanto, il campione di aria prima di giungere nella camera di misura, viene fatto passare attraverso un convertitore catalitico al molibdeno per ridurre l' $\text{NO}_2$  in NO che viene quindi determinato come su esposto.

Il segnale elettrico ottenuto è pertanto proporzionale alla somma delle concentrazioni di NO ed  $\text{NO}_2$ , generalmente indicata come  $\text{NO}_x$ . La quantità di  $\text{NO}_2$  è calcolata per differenza.

Per la misurazione della concentrazione del diossido di azoto e del monossido di azoto la Norma tecnica di riferimento è la ISO 7996:1985: "Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza".

### Analizzatore di Ozono

Il metodo di riferimento per l'analisi dell'ozono è la Norma ISO 13964:1998 basata sull'impiego della fotometria ultravioletta.

L'analizzatore di ozono sfrutta l'assorbimento, da parte di questo gas, di una radiazione UV, monocromatica a 253,7 nm, ottenuta da una lampada a vapori di mercurio a bassa pressione e stabilizzata. La radiazione UV che passa attraverso la cella di assorbimento è misurata da un detector, costituito da un fotodiodo sensibile o da un fotomoltiplicatore, e quindi convertita in un segnale elettrico.

L'assorbimento della radiazione da parte del campione di aria è una misura della concentrazione di ozono nell'aria ambiente.

### Analizzatore di $\text{PM}_{10}$

Il metodo di misura di riferimento è la norma UNI EN 12341 che prevede l'impiego di un orifizio di ingresso  $\text{PM}_{10}$  direttamente accoppiato a un filtro e a un regolatore di flusso, seguito da una determinazione gravimetrica della massa di  $\text{PM}_{10}$  raccolta sul filtro.

Un metodo equivalente è quello basato sull'utilizzo di una strumentazione automatica che sfrutta il principio dell'assorbimento della radiazione  $\beta$  da parte della polvere campionata.

Il metodo si basa sull'attenuazione dei raggi beta, emessi da una piccola sorgente radioattiva di Carbonio 14 e rilevate da un contatore geiger, ossia sull'attenuazione dell'energia associata ad un fascio di elettroni che si verifica quando questo attraversa uno strato sottile di materiale.

Questi strumenti sono costituiti da una pompa che aspira l'aria ambiente attraverso una testa di prelievo, la cui geometria è stata normata a livello internazionale e che è in grado di selezionare le polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10  $\mu\text{m}$  con una efficienza del 50%. Le sonde per il prelievo

sono dotate di una testa di campionamento specifica in grado di "tagliare" le particelle con granulometria maggiore a 10 micron, per l'analisi del PM<sub>10</sub>.

### Campionamento ed Analisi di IPA

La norma UNI EN 15549:2008 per il campionamento e l'analisi del b(a)p nell'aria ambiente prevede il campionamento del materiale particolato con testa di prelievo PM<sub>10</sub> su filtri in quarzo per 24 ore e successiva estrazione con solvente. Il contenuto in b(a)p viene quindi valutato attraverso metodi gascromatografici con la spettrometria di massa (GC-MS).

### Campionamento ed Analisi di Metalli Pesanti

La norma UNI EN 14902:2005 ("Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione PM<sub>10</sub> del particolato in sospensione") prevede la raccolta del materiale particolato PM<sub>10</sub> su filtro in fibra di quarzo mediante prelievi di 24 ore che, dopo dissoluzione in acido, e successiva analisi mediante Assorbimento atomico o mediante ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

### Analizzatore di Benzene

Il monitoraggio del benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) viene realizzato mediante strumentazione automatica (analizzatore BTX) che effettua il campionamento dell'aria ambiente con frequenza semioraria e successiva analisi gascromatografica.

Generalmente la durata di un ciclo di analisi è di circa 15 minuti.

La norma tecnica di riferimento è illustrata nel DM 25/11/94 - Allegato VI.

### I principali inquinanti atmosferici

#### Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Le emissioni naturali di NO<sub>2</sub> comprendono i fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche e dal suolo per cui gli ossidi di azoto (monossido e biossido di azoto) sono gas presenti, come fondo naturale, anche in aree disabitate. Le emissioni antropogeniche sono invece principalmente derivate da processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico e attività industriale) in quanto le elevate temperature e pressioni favoriscono la reazione tra l'ossigeno e l'azoto mentre nelle aree urbane ad elevato traffico la fonte principale è costituita dai motori diesel. Ciò è determinato dal fatto che negli autoveicoli con questa tipologia di motorizzazione, l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione tra l'azoto naturalmente presente nell'aria e l'ossigeno, formando monossido di azoto. La quantità prodotta è tanto maggiore quanto più elevata è la temperatura di combustione e tanto più veloce è il successivo raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno. In una atmosfera urbana, in condizioni di traffico elevato e rilevante soleggiamento, si assiste ad un ciclo giornaliero di formazione di inquinanti secondari: il monossido di azoto viene ossidato tramite reazioni fotochimiche a biossido di azoto con formazione di una miscela NO - NO<sub>2</sub> che raggiunge il picco di concentrazione nelle zone e nelle ore di traffico più intenso. Il Biossido d'azoto, che presenta una tossicità di circa 4 volte superiore al monossido, è un gas fortemente reattivo, ritenuto tra gli inquinanti atmosferici più pericolosi in quanto irritante per propria natura. Esplica questa azione a livello delle mucose delle vie respiratorie, sia a livello nasale che bronchiale ed è inoltre precursore, in presenza di forte irraggiamento solare, di una serie di reazioni secondarie che determinano la formazione di tutta quella serie di sostanze inquinanti note con il termine di "smog fotochimico". Essendo in generale questi composti particolarmente reattivi con gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, possono formarsi dei composti la cui tossicità risulta fortemente amplificata. Infatti, in atmosfera in periodi di intensa attività ossidativa dalla reazione tra biossido di azoto e radicale perossiacetile, derivante a sua volta dall'ossidazione fotochimica di idrocarburi, aldeidi e chetoni, ovvero a partire da specie che a loro volta sono inquinanti secondari, si viene a formare il così detto PAN (perossiacetilnitrate) che è un nitrocomposto organico responsabile di molte infezioni respiratorie. Relativamente agli aspetti ambientali, gli ossidi di azoto intervengono nella formazione di piogge acide con conseguenti danni ai monumenti lapidei con conseguente deterioramento ed alla vegetazione a seguito di un impoverimento dei terreni di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e contemporanea liberazione di ioni metallici tossici per le piante, mentre per quanto riguarda le problematiche igienico-sanitarie, le conseguenze più frequenti sono riconducibili ad irritazioni e patologie a carico dell'apparato respiratorio, in particolare nei soggetti asmatici, con diminuzioni delle difese polmonari e conseguente insorgenza di bronchiti, allergie ecc. Particolarmente sensibile all'azione tossica di questo composto risulta essere l'epitelio ciliato dell'apparato respiratorio che perdendo le sue ciglia vibratili che rivestono le piccole vie aeree riduce sensibilmente la difesa meccanica nei confronti di particelle e microrganismi estranei.

#### Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un gas altamente tossico dotato di odore pungente caratteristico. Esso è naturalmente presente in una fascia della stratosfera, compresa tra i 20 e 30 Km di altezza denominata per l'appunto ozonosfera e la sua concentrazione viene mantenuta sostanzialmente costante mediante un equilibrio chimico tra le reazioni di formazione e quelle di fotolisi che avviene per assorbimento della radiazione solare. Grazie a questo fenomeno l'ozono è in grado di proteggere la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

A prescindere da questi effetti protettivi, a livello del suolo viene definito come un inquinante gassoso secondario che si forma nell'atmosfera di aree antropizzate attraverso reazioni fotochimiche a partire da precursori come ossido di azoto, piccole molecole organiche (idrocarburi, composti organici

volatili) in presenza di radiazione solare. L'ozono, energico ossidante, reagisce chimicamente con una grande quantità di sostanze presenti nell'aria e nel suolo e probabilmente rappresenta, assieme al materiale particolato, uno dei più importanti inquinanti con una tossicità valutata dalle 10 alle 15 volte superiore a quella del biossido di azoto. Assorbito per via inalatoria, penetra nell'apparato respiratorio dove è in grado di danneggiare le proteine strutturali e di causare danno e morte delle cellule. A seguito di ciò si determina una diminuzione transitoria della funzione polmonare ed infiammazione delle vie aeree profonde: numerosi studi epidemiologici associano l'esposizione ad ozono ad un incremento del numero di ricoveri ospedalieri per disturbi respiratori, asma inclusa.

### Ossido di carbonio (CO)

Il monossido di carbonio (CO), noto anche con il termine di ossido di carbonio è uno degli inquinanti atmosferici più diffusi. E' un gas tossico, incolore, inodore e insapore che viene prodotto ogni volta che una sostanza contenente carbonio brucia in maniera incompleta. E' più leggero dell'aria e diffonde rapidamente negli ambienti. Come l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) deriva dall'ossidazione del carbonio in presenza di ossigeno. La sua presenza è quindi legata ai processi di combustione che utilizzano combustibili organici. In ambito urbano la sorgente principale è rappresentata dal traffico veicolare per cui le concentrazioni più elevate si riscontrano nelle ore di punta del traffico. Il principale apporto di questo gas (fino al 90% della produzione complessiva) è determinato dagli scarichi dei veicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc.): per questi motivi viene riconosciuto come tracciante di inquinamento veicolare. Tra i motori degli autoveicoli, quelli a ciclo Diesel ne emettono quantità minime, in quanto la combustione del gasolio avviene in eccesso di aria. Ulteriore contributo è dovuto all'emissione delle centrali termoelettriche, degli impianti di riscaldamento domestico e degli inceneritori di rifiuti. Altre sorgenti significative di CO sono le raffinerie di petrolio, gli impianti siderurgici e, più in generale, tutte le operazioni di saldatura. E' infine presente in concentrazioni significative nel fumo di sigaretta ed è un pericoloso inquinante prodotto nel corso di incendi. E' definito un inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera che può raggiungere i quattro - sei mesi e proprio per questo motivo può essere utilizzato come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo. Sono da ritenersi sostanzialmente scarsi o trascurabili gli effetti sull'ambiente, mentre relativamente agli aspetti igienico-sanitari è da rimarcare l'elevata affinità (circa 240 volte superiore a quella per l'ossigeno) che questo gas dimostra nei confronti dell'emoglobina con formazione di un complesso estremamente stabile (carbossi-emoglobina). Considerando che l'emoglobina è la molecola organica deputata nell'uomo al trasporto dell'ossigeno ai vari organi e tessuti, in presenza di elevate concentrazioni di CO, è proprio questa associazione che determina gli effetti tossici in particolare per alcune fasce di popolazioni quali neonati, cardiopatici, asmatici e più in generale le persone anziane nei confronti dei quali possano registrarsi alterazioni delle funzioni polmonari, cardiache e nervose, effetti questi conseguenti ad una verosimile azione tossica del composto sugli enzimi cellulari che inibiscono, per questa via, la respirazione. Cefalea e vertigini sono generalmente riconosciuti come i primi sintomi di avvelenamento da tale composto chimico: ulteriori e successivi effetti fisiopatologici sono le alterazioni psicomotorie con diminuzione della vigilanza, dell'acuità visiva, della capacità di apprendimento e dell'esecuzione di test manuali.

### Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

E' un gas incolore, di odore pungente. Si forma per ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione di materiali che contengono questo elemento come impurità. Le principali emissioni di biossido di zolfo sono di origine antropica e derivano da impianti fissi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, cherosene, carbone), da processi metallurgici, produzione di acido solforico, lavorazione di molte materie plastiche, industrie della carta, fonderie, desolforazione di gas naturali ed incenerimento di rifiuti in condizioni non controllate, mentre pressoché trascurabile l'apporto da traffico veicolare (circa il 2% sul totale) dal momento che i carburanti in uso sono raffinati e a basso tenore di zolfo. Ritenuto fino a pochi anni fa uno dei principali inquinanti

atmosferici, anche perché uno dei primi composti a manifestare effetti sull'uomo e sull'ambiente, ultimamente la sua significatività è venuta sensibilmente a ridursi grazie agli interventi di metanizzazione che hanno interessato sia impianti di riscaldamento domestico che processi di combustione industriale. L'anidride solforosa, gas molto irritante per la gola, gli occhi e le vie respiratorie pur non presentando una propria tossicologia, è fattore predisponente all'acuirsi di malattie croniche nei soggetti più esposti quali anziani, in particolare asmatici, e bambini. In ragione della sua alta idrosolubilità, l'85% della SO<sub>2</sub> viene trattenuta dal tratto rinofaringeo e solo in minime percentuali raggiunge zone più distali quali bronchioli ed alveoli. Episodi di inquinamento atmosferico con aumento delle concentrazioni di biossido di zolfo sono risultati associati in studi epidemiologici con l'incremento sia dei ricoveri ospedalieri per patologie respiratorie sia con l'aumento della mortalità generale.

### **Benzene**

Il benzene è un idrocarburo che si presenta come un liquido volatile, in grado cioè di evaporare rapidamente a temperatura ambiente, incolore e facilmente infiammabile. E' il capostipite di una famiglia di composti organici definiti aromatici per l'odore caratteristico ed è un componente naturale del petrolio (1 - 5% in volume) e dei suoi derivati di raffinazione. In atmosfera la sorgente più rilevante di benzene (oltre l'80%) è rappresentata dal traffico veicolare, principalmente dai gas di scarico dei veicoli alimentati a benzina dal momento che viene utilizzato (miscelato ad altri idrocarburi quali toluene, xilene ecc.) come antidetonante in questo tipo di carburante. In parte proviene anche dalle emissioni che si verificano nei cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione delle benzine; a tal proposito va segnalato che durante il rifornimento di carburante dei veicoli si liberano nell'aria quantità significative della sostanza con esposizione a rischio del personale addetto ai distributori. Il prodotto è presente nelle benzine di produzione nazionale fino ad un tenore massimo dell'1% in volume (Legge 413/97), ma va considerato che in parte si forma anche durante la combustione, a partire precedentemente da altri idrocarburi aromatici. E' una molecola stabile e relativamente inerte e non ha un ruolo significativo nei processi di inquinamento secondario. Tra i vari elementi presenti in atmosfera, questo idrocarburo rappresenta probabilmente uno di quelli a più elevato rischio sanitario. Esso viene infatti classificato come cancerogeno di categoria 1, R45 dalla C.E., nel Gruppo 1 (sostanze per le quali esiste una accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo) dalla International Agency for Research on Cancer (I.A.R.C) che lo definisce probabile ed importante causa nell'uomo di leucemia mielogena acuta e forse anche di leucemia di altro tipo ed anche l'Associazione Americana degli Igienisti Industriali lo riconosce cancerogeno accertato per l'uomo.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità e U.S. Environmental Protection Agency hanno rispettivamente stimato in 4 e 10 casi aggiuntivi di leucemia per milione di persone, il rischio massimo aggiuntivo derivante dall'esposizione, protratta per tutta la vita, a concentrazioni di benzene pari a 1µg/m<sup>3</sup>. Da un punto di vista igienico-sanitario va inoltre segnalato il significativo contributo derivante dal fumo di sigaretta. Chi fuma 20 sigarette/die inala una quantità giornaliera di benzene pari a circa 5 volte quella assorbita con l'aria ambiente mentre il ruolo derivante dal fumo passivo può ragionevolmente determinare un incremento di assunzione pari fino a circa due volte e mezzo.

### **Particolato Atmosferico (PM<sub>10</sub>)**

L'interesse suscitato dalle polveri atmosferiche, sia dal punto di vista ambientale che igienico-sanitario deriva, storicamente, dallo studio di fenomeni acuti di smog (Londra nel 1952), nel corso dei quali le polveri, in combinazione con il biossido di zolfo, avevano determinato il verificarsi di pesanti effetti sanitari. Già dalla pubblicazione dei risultati di MISA-2, un grande studio pianificato di metanalisi sugli effetti a breve termine degli inquinanti atmosferici rilevati nel periodo 1996-2002 in 15 città italiane era emerso il ruolo statisticamente significativo degli inquinanti atmosferici, ed in particolare delle polveri fini, sull'insorgenza di patologie cardiovascolari e respiratorie. Le polveri atmosferiche vengono comunemente definite con la sigla P.T.S. (Particellato Totale Sospeso) che comprende un insieme eterogeneo di particelle solide volatili (organiche ed inorganiche) e di goccioline liquide sospese nell'aria

con dimensioni comprese tra 0.005 e 100 micron e che possono presentare caratteristiche e composizioni chimiche variabili e correlate alla fonte di provenienza. La loro presenza nell'ambiente è legata a fonti naturali (eruzioni vulcaniche, polverosità terrestre, polveri desertiche, pollini ecc.) o può derivare da diverse attività antropiche quali emissioni da centrali termiche, da inceneritori, da processi industriali in genere, da traffico e svariate altre. Il possibile danno per l'organismo umano può derivare sia dalla tipologia propria della particella di per sé tossica oppure, più frequentemente, a seguito di sostanze su di esse depositatesi: in altre parole il particolato sospeso risulta, di fatto, il tramite che consente la penetrazione, nell'apparato respiratorio dell'uomo, di sostanze potenzialmente nocive. Mentre le particelle con diametro maggiore di 10 micron vanno incontro a naturali fenomeni di sedimentazione e comunque sono trattenute dalle vie aeree superiori, quelle di diametro inferiore o uguale a 10 micron (note come frazione  $PM_{10}$  che comprende anche un sottogruppo, pari al 60%, di polveri più sottili denominate  $PM_{2.5}$  e  $PM_1$  aventi rispettivamente diametri uguali od inferiori a 2.5 ed 1 micron), rappresentano la frazione respirabile delle polveri e conseguentemente quella più pericolosa per la salute dell'uomo, in quanto possono determinare l'immissione all'interno del nostro organismo, fino a livello degli alveoli polmonari, di tutte le sostanze da esse veicolate. In sintesi quanto minori sono le dimensioni delle particelle, tanto maggiore è la loro capacità di penetrare nei polmoni e di produrre effetti dannosi sulla salute umana. Le polveri  $PM_{10}$ , una volta emesse, possono rimanere in sospensione nell'aria per circa 12 ore; di queste la frazione di diametro pari a 1 micron ( $PM_1$ ), può rimanere in circolazione per circa 1 mese. Le fonti urbane di emissione di polveri  $PM_{10}$ , sono principalmente i trasporti su gomma e gli impianti civili di riscaldamento. Tutti i mezzi di trasporto emettono polveri fini: in ogni caso i veicoli diesel, sia leggeri che pesanti, emettono quantitativi di polveri, per chilometro percorso, maggiori rispetto ai veicoli a benzina, riconosciuti comunque responsabili della produzione di piccole quantità di questo inquinante. Emissioni sono attribuibili anche alla erosione del manto stradale, all'usura di freni e pneumatici ed al risollevarsi di polvere presente sulla carreggiata.

Relativamente agli impianti di riscaldamento, possono emettere polveri in particolare quelli alimentati a gasolio, olio combustibile, carbone, legno o biomassa mentre sono da ritenersi trascurabili le emissioni di impianti alimentati a metano.

### Idrocarburi Policiclici Aromatici

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono dei contaminanti organici presenti diffusamente nell'ambiente che si formano per combustione incompleta di materiali organici, in particolare il legno ed i combustibili fossili, come il carbone e il petrolio. Le molecole degli IPA sono costituite da tre o più anelli benzenici. Alcune di queste molecole sono costituite solo da idrogeno e carbonio, altre contengono anche atomi di altra natura come l'azoto e lo zolfo. Appartengono alla famiglia degli IPA alcune centinaia di composti molto eterogenei tra loro. Allo stato attuale delle conoscenze le sostanze più tossiche sono le molecole che hanno da quattro a sette anelli.

Il componente più studiato è il benzo(a)pirene (BaP), un composto a cinque anelli, diffuso nell'ambiente a concentrazioni significative e dotato della più elevata tossicità, tanto da venire utilizzato per rappresentare l'inquinamento ambientale dell'intero gruppo degli IPA. (ARPA Veneto)

### Metalli pesanti

I metalli sono elementi chimici solidi, ad eccezione del mercurio, a temperatura ambiente; sono una eterogenea categoria di elementi duttili e malleabili, buoni conduttori di elettricità e di calore. Dei 103 elementi che compongono la tavola periodica ben 79 possono essere fatti rientrare nel gruppo dei metalli. Si definiscono pesanti quei metalli che hanno un numero atomico superiore a 20, come il mercurio, il piombo, il cromo, il cadmio, il cobalto, il nichel, ecc. Hanno la tendenza ad accumularsi nel suolo e quindi

nella catena alimentare e possono avere effetti nocivi sugli esseri viventi anche a concentrazioni non elevate. (ARPA Veneto)

### I parametri meteo climatici

#### Direzione e Velocità del Vento

Il vento è il moto quasi orizzontale che l'aria compie rispetto alla superficie terrestre. E' generato dalla differenza di pressione atmosferica tra zone diverse della terra. Tra i parametri meteorologici osservati è uno dei più significativi. La direzione del vento è intesa come la direzione di provenienza del flusso dell'aria e può essere indicata mediante la rosa dei venti, in cui ogni quadrante, determinato dai punti cardinali è diviso in quattro parti uguali e si esprime in gradi nord ( $^{\circ}$ N). La velocità del vento, ovvero la velocità di spostamento della massa d'aria, si misura in metri al secondo (m/s).

#### Pressione Atmosferica

La pressione atmosferica è una misura che mette in relazione l'altitudine relativa al punto di misura rispetto al livello del mare. Le osservazioni riguardanti la sua variazione temporale per uno stesso punto di misura sono la base delle previsioni sull'evoluzione dei fenomeni meteorologici direttamente collegati all'evoluzione della dispersione degli inquinanti. L'unità di misura è espressa in millibar (mBar).

#### Radiazione solare

La radiazione solare è uno dei parametri più significativi per la determinazione del grado di instabilità atmosferica. Il mescolamento degli inquinanti infatti viene a essere accelerato dalla turbolenza convettiva generata dall'intensità della radiazione globale. La radiazione solare, inoltre, ha effetto catalitico su molti di quei fenomeni fotochimici che originano in atmosfera gli inquinanti secondari. Nei periodi di maggiore insolazione si registrano, infatti, le concentrazioni maggiori di ozono troposferico e i valori maggiori di rapporto tra biossido e monossido di azoto. L'unità di misura in cui si esprime la radiazione globale solare è il watt al metro quadrato ( $W/m^2$ )

#### La Temperatura

La temperatura influenza la concentrazione degli inquinanti in atmosfera. Essa varia in base alle zone e alla stagione variando così anche la composizione degli inquinanti in atmosfera. La temperatura si esprime in gradi centigradi ( $^{\circ}$ C).

#### Precipitazioni

Le precipitazioni sono costituite dalla pioggia caduta in un determinato lasso di tempo in una data zona. Ha un'importanza fondamentale nello studio della dispersione degli inquinanti in quanto contribuisce a diminuire la concentrazione degli inquinanti in aria.

Vengono misurate mediante un pluviometro che registra la quantità di pioggia caduta in un determinato periodo di tempo espressa in millimetri (mm).

#### Umidità Relativa

L'umidità relativa esprime il rapporto tra la quantità di vapore d'acqua contenuto in una data massa d'aria e la massima quantità di vapore d'acqua che la stessa massa d'aria può contenere, ovvero in condizioni di saturazione. Questa misura è adimensionale ma si esprime come percentuale (%). Il valore massimo, ovvero il 100%, indica che la massa la massa d'aria contiene la massima quantità di vapore d'acqua contenibile in quelle condizioni senza che si condensi.

## Quadro Normativo

La normativa nazionale di riferimento prevede per ciascun inquinante dei limiti imposti per garantire la salubrità dell'aria. Sono presenti limiti diversi in funzione dell'incidenza e/o pericolosità relativa alla concentrazione dell'inquinante stesso.

Il D.Lgs 155/10 riporta le seguenti definizioni:

- **valore limite:** livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato;
- **valore obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita;
- **soglia di allarme:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati;
- **soglia di informazione:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Viene di seguito riportata, per ogni inquinante, una tabella riassuntiva della rispettiva normativa vigente con i relativi limiti.

### Biossido di Azoto

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

NO <sub>2</sub> : Biossido di azoto			
DL 155 13/08/2010:	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria ( max 18 volte in un anno)	200 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/m <sup>3</sup>

### Monossido di Carbonio

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

CO: Monossido di carbonio			
DL 155 13/08/2010:	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>

## Campagna di Misura della Qualità dell'Aria - Comune di Africo

### Ozono

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

O <sub>3</sub> : Ozono			
DL 155 13/08/2010:	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120µg/m <sup>3</sup>

### Biossido di Zolfo

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

SO <sub>2</sub> : Biossido di Zolfo			
DL 155 13/08/2010:	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria ( max 24 volte in un anno)	350 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera ( max 3 volte in un anno)	125 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/m <sup>3</sup>

### Particolato Atmosferico

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

PM <sub>10</sub> : Particolato Atmosferico			
DL 155 13/08/2010:	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/m <sup>3</sup>

### IPA nel Particolato Atmosferico PM<sub>10</sub>

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

IPA: benzo(a)pirene			
DL 155 13/08/2010:	Valore obiettivo Anno civile*	Media annua	1 ng/m <sup>3</sup>

\*Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## Campagna di Misura della Qualità dell'Aria - Comune di Africo

### Metalli Pesanti nel Particolato Atmosferico PM<sub>10</sub>

In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

Metalli Pesanti				
DL 155 13/08/2010:	Arsenico	Valore obiettivo Anno civile*	Media annua	6 ng/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Cadmio	Valore obiettivo Anno civile*	Media annua	5 ng/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Nichel	Valore obiettivo Anno civile*	Media annua	20 ng/m <sup>3</sup>
DL 155 13/08/2010:	Piombo	Valore limite Anno civile*	Media annua	0,5 µg/m <sup>3</sup>

\*Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione di PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

### Benzene

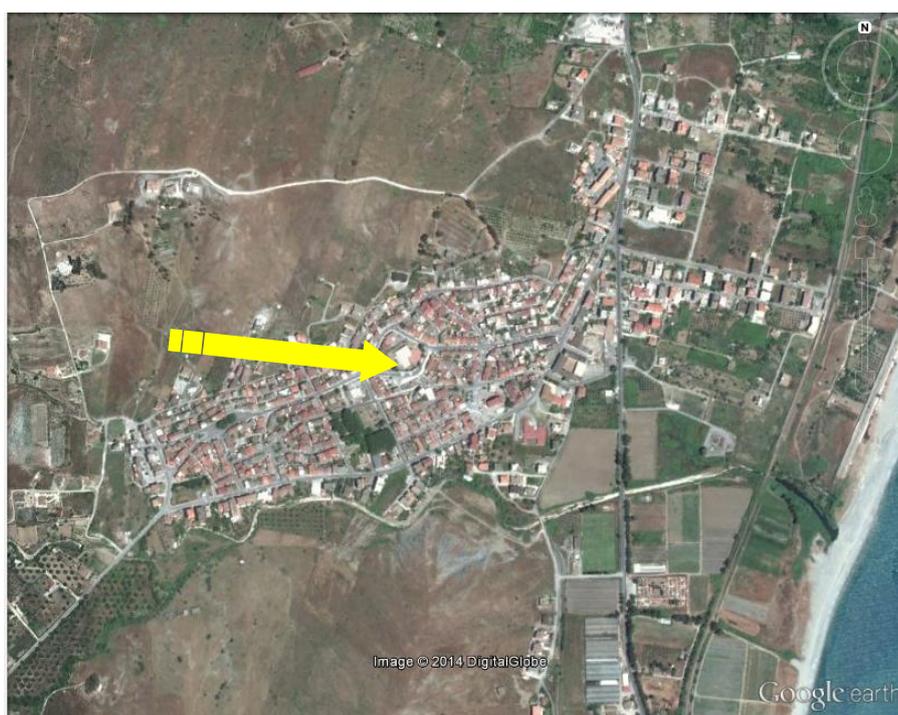
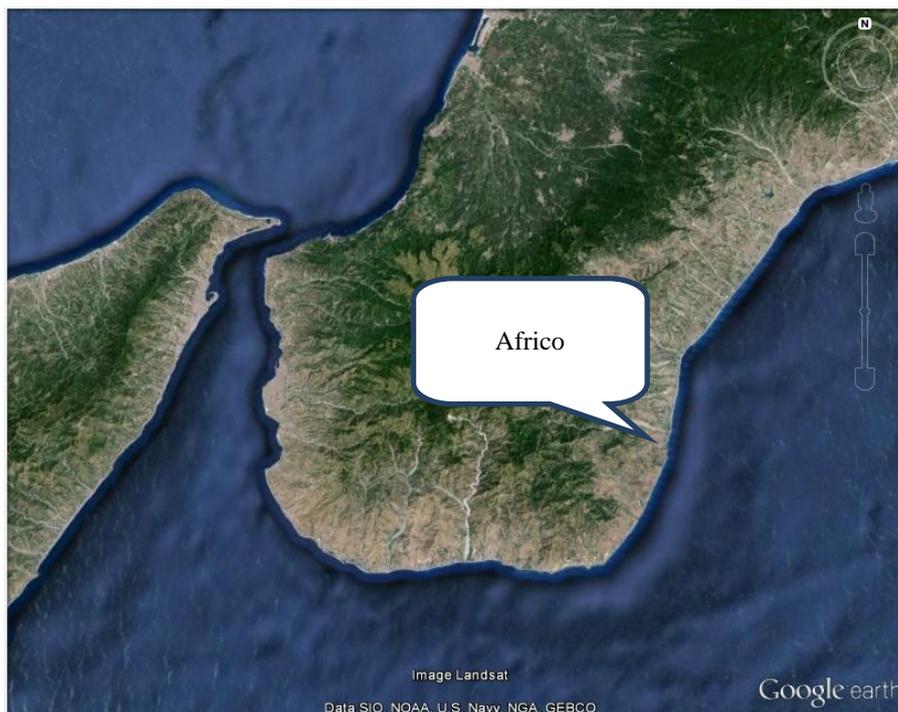
In tabella vengono riportati i limiti indicati dalla normativa vigente.

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> : Benzene				
DL 155 13/08/2010:	Valore limite annuale		Media annua	5 µg/m <sup>3</sup>

## Campagne di misura

### Sito di Misura

LABORATORIO MOBILE NEL COMUNE DI AFRICO
COMUNE: Africo
ZONA MONITORATA: Centro Polifunzionale
COORDINATE: lat. 38.051584- long. 16.134378



### Emissioni sul territorio

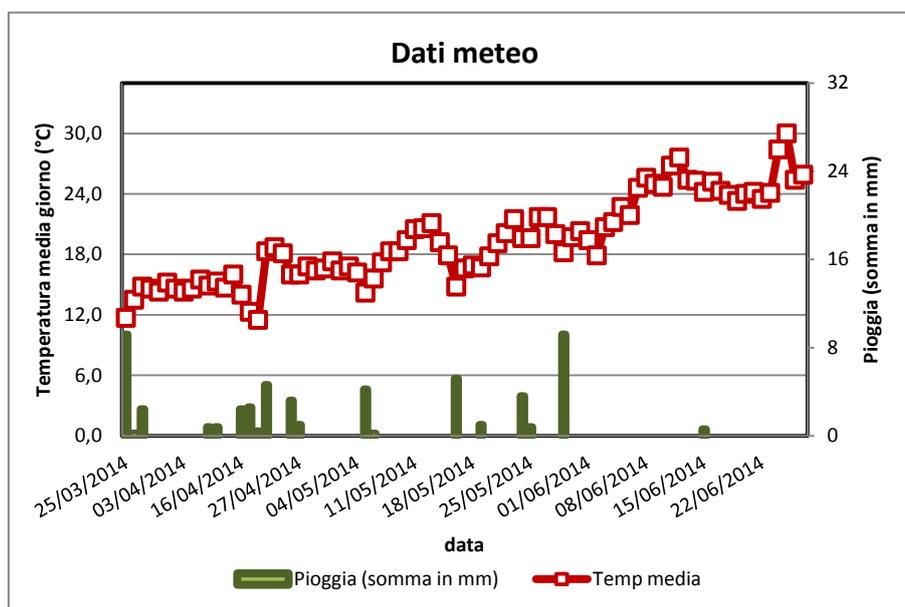
Dal sopralluogo è emerso che le principali sorgenti di inquinamento atmosferico possono essere riconducibili ad impianti termici civili ed alla mobilità urbana ed extraurbana.

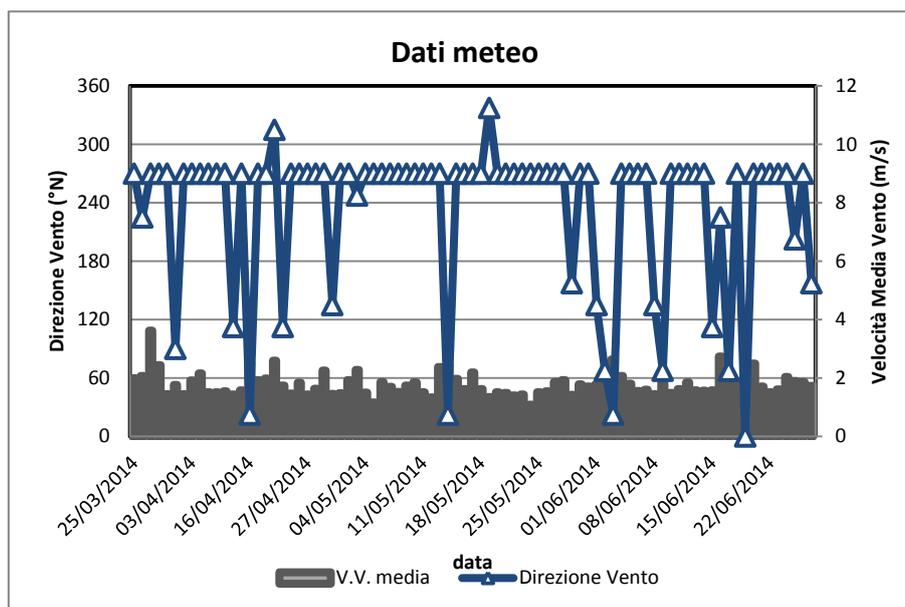
### Situazione meteorologica nel periodo di misura

**Periodo di osservazione (25/03/2014 - 27/06/2014)**

Durante il monitoraggio che si svolse principalmente nel periodo primaverile si è riscontrato un aumento graduale della temperatura con l'avanzare della stagione. Piccoli abbassamenti delle temperature si sono riscontrati in corrispondenza degli eventi temporaleschi. Il tempo è stato caratterizzato da una stabilità atmosferica con venti provenienti prevalentemente dal quadrante Ovest (270,0°N). Il giorno più piovoso è stato il 25 marzo con 9,2 mm di pioggia caduti nell'arco della giornata.

Periodo di monitoraggio	Temperatura (°C)			Velocità Vento (m/sec)		Pioggia		
	Min.	Med.	Max	Med.	Max	mm tot piovuti nel periodo	N° gg piovosi (>1mm)	Giorno più piovoso
Dal 25/03/2014 al 27/06/2014	11,5	19,36	30,0	1,80	3,6	52,4 mm	10	9,2 mm (25/03/14)

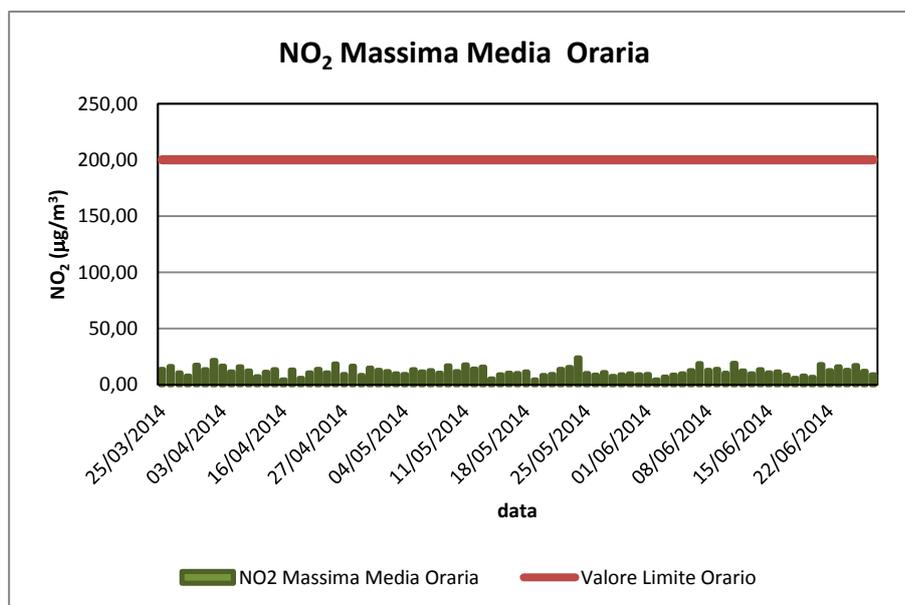




Andamento di ciascun inquinante nel periodo di misura

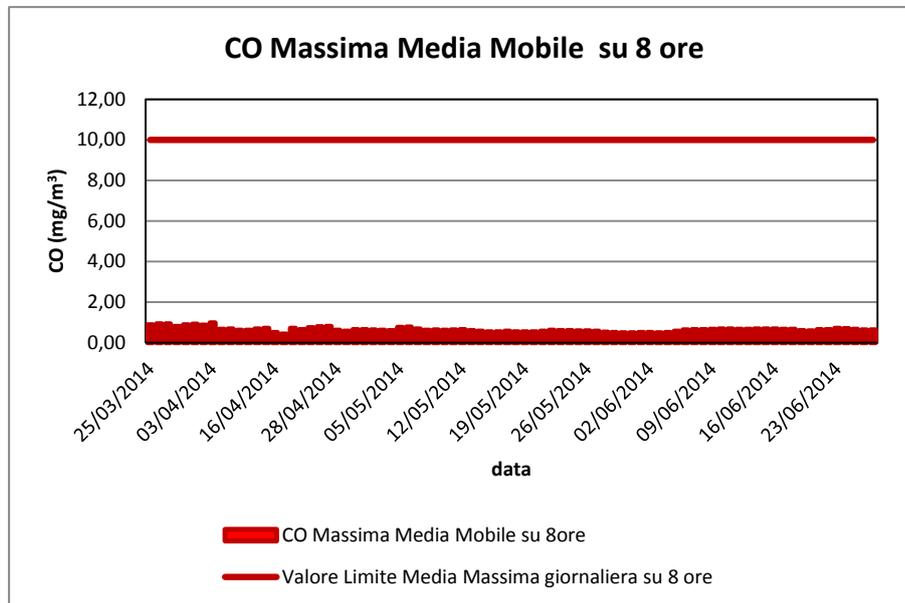
Biossido Di Azoto

Come si può osservare nel grafico, nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento dei limiti normativi, ovvero del valore massimo giornaliero della media oraria; nel grafico la linea rossa indica il valore limite orario.



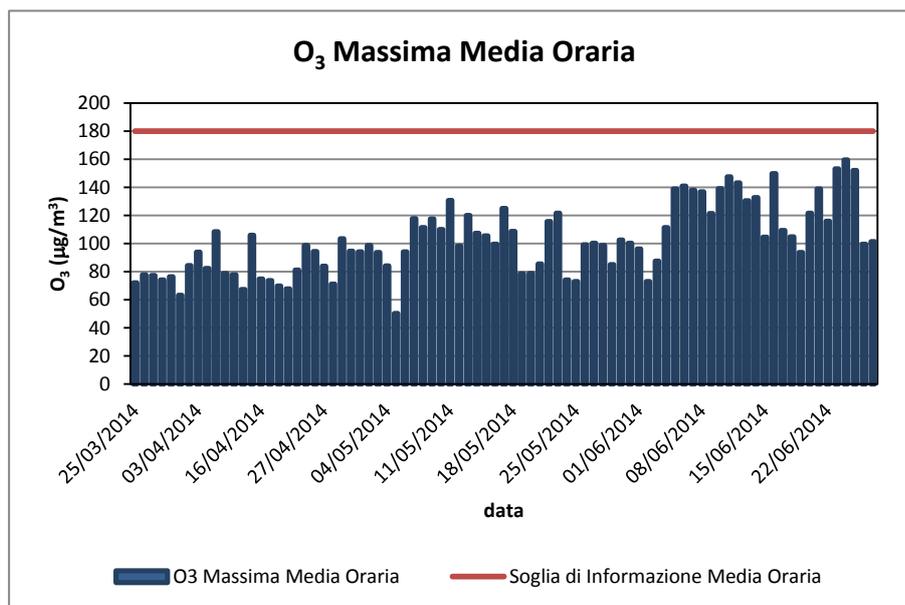
### Monossido di Carbonio

Come si può osservare nel grafico, nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento dei limiti normativi, ovvero del valore massimo della media mobile su 8 ore; nel grafico la linea rossa indica il valore limite della media massima giornaliera su 8 ore.

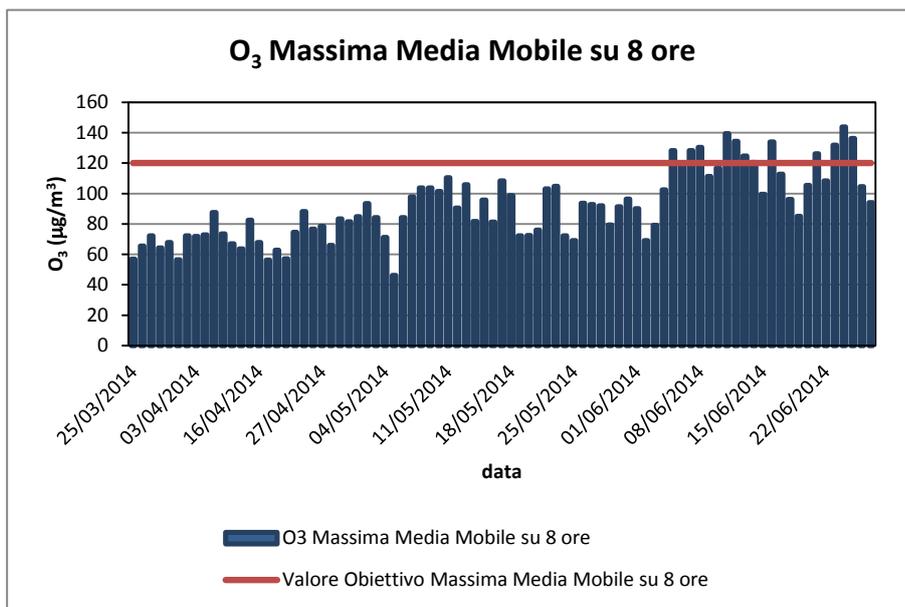


### Ozono

Come si può osservare nel grafico, nella campagna di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento del limite normativo riguardante sia la Soglia di informazione che la Soglia di allarme, relativi entrambi alla Massima media oraria, e per i quali è previsto rispettivamente un valore di 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per un'ora e 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per tre ore consecutive.

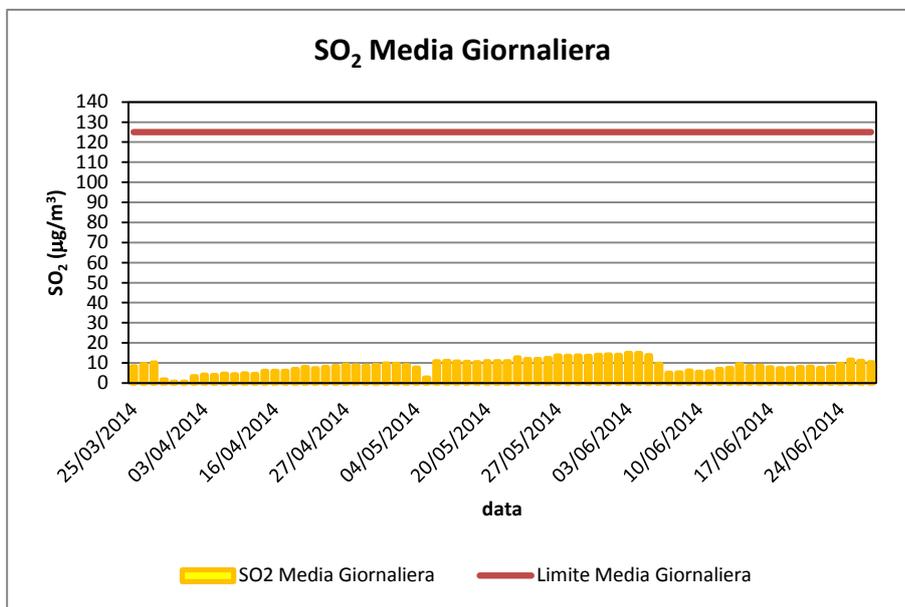


Si sono, invece, riscontrati dodici superamenti del Valore Obiettivo per la protezione della salute umana (massima media mobile su 8 ore pari a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Questi episodi sono stati registrati esclusivamente nel tardo periodo primaverile.



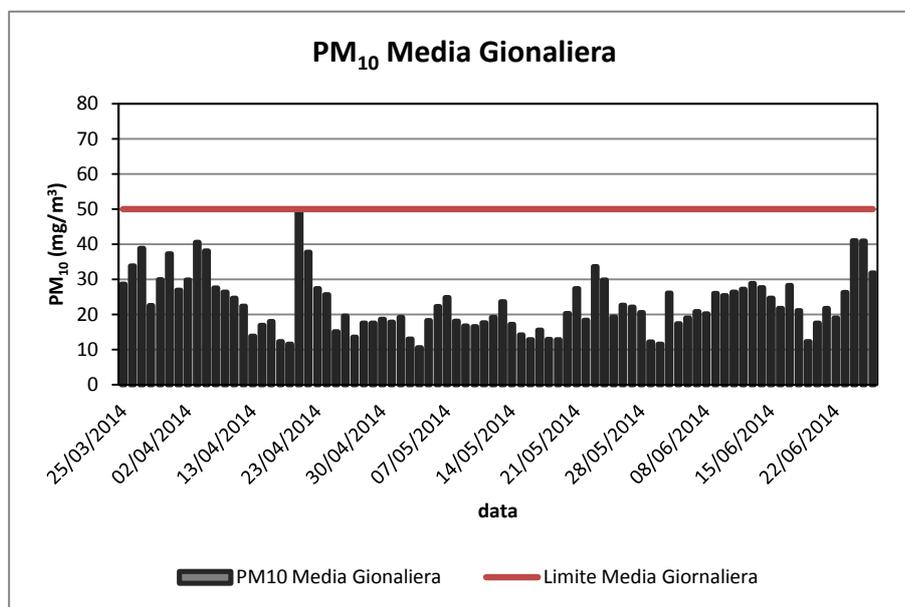
**Biossido di Zolfo**

Nel periodo di monitoraggio non si sono registrati casi di superamento dei limiti normativi, in grafico sono riportati gli andamenti relativi ai valori delle medie giornaliere (la linea rossa indica il valore limite della media giornaliera).



**Particolato Atmosferico**

Come si può osservare nel grafico, nel periodo di monitoraggio non si è registrato alcun caso di superamento dei limiti normativi, ovvero del valore limite giornaliero; nei grafici la linea rossa indica il valore limite della media giornaliera.



Durante il periodo di osservazione, per alcuni giorni, non è stato possibile analizzare tale parametro a causa di avaria strumentale dell'analizzatore, per cui alcuni dati non sono disponibili.

**IPA e Metalli sul particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>)**

Come riportato nelle Tabelle seguenti nel periodo di monitoraggio si sono registrati valori giornalieri al di sotto del valore limite previsto per la media annua.

n filtri	intervallo campionamento	Pb nel PM <sub>10</sub>	Cd nel PM <sub>10</sub>	Ni nel PM <sub>10</sub>	As nel PM <sub>10</sub>
		ID comp 5012	ID comp 5014	ID comp 5015	ID comp 5018
		ug/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>
15	25/03/2014-08/04/2014	0,002	0,13	2,52	< 0,48
20	09/04/2014-28/04/2014	0,005	< 0,08	7,09	< 0,48
32	29/04/2014-30/05/2014	0,002	0,22	2,76	< 0,48
20	04/06/2014-23/06/2014	0,004	0,20	4,59	< 0,48

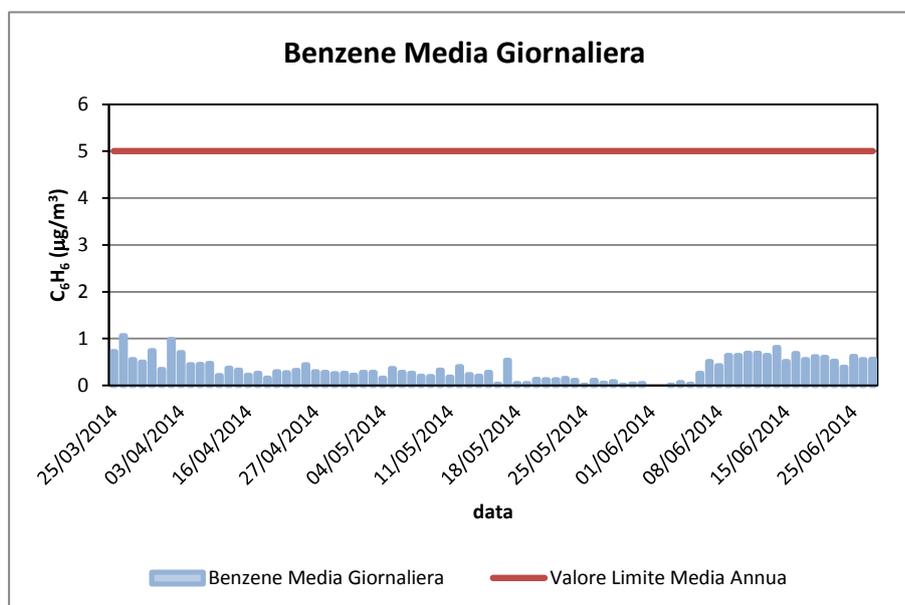
n filtri	intervallo campionamento	BaP nel PM <sub>10</sub>	Dibenzo(ah)antracene nel PM <sub>10</sub>	Benzo(a)antracene nel PM <sub>10</sub>	Benzo(b)fluorantene nel PM <sub>10</sub>
		ID comp 5029	ID comp 5419	ID comp 5610	ID comp 5617
		ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>
15	25/03/2014-08/04/2014	1,07	<0,05	0,71	1,85
20	09/04/2014-28/04/2014	0,17	<0,05	0,09	0,29
32	29/04/2014-30/05/2014	0,35	0,06	0,14	0,50
20	04/06/2014-23/06/2014	0,27	<0,05	0,13	0,34

## Campagna di Misura della Qualità dell'Aria - Comune di Africo

n filtri	intervallo campionamento	Benzo(k)fluorantene nel PM <sub>10</sub>	Indeno(1,2,3- cd)pirene nel PM <sub>10</sub>	Benzo(j)fluorantene nel PM <sub>10</sub>
		ID comp 5626	ID comp 5655	ID comp 5759
		ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>
15	25/03/2014-08/04/2014	0,62	0,78	0,69
20	09/04/2014-28/04/2014	0,10	0,14	0,12
32	29/04/2014-30/05/2014	0,18	0,30	0,20
20	04/06/2014-23/06/2014	0,13	0,25	0,14

### Benzene

Come si può osservare nel grafico, nel periodo di monitoraggio i valori registrati di Benzene sono stati bassi. Nel grafico si riporta un confronto con il limite normativo che è il valore limite della Media annua rappresentato con la linea rossa.



Durante il periodo di osservazione, per alcuni giorni, non è stato possibile analizzare tale parametro a causa di avaria strumentale dell'analizzatore, per cui alcuni dati non sono disponibili.

### Conclusioni

Analizzando quanto scritto nei capitoli precedenti, si può desumere quanto segue:

- per il biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ), nel periodo di monitoraggio non si sono registrati superamenti del valore limite orario e della soglia oraria di allarme,
- per il monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ), nel periodo di monitoraggio non si è registrato alcun superamento del limite della massima media mobile sulle 8 ore,
- per l'ozono ( $\text{O}_3$ ), nel periodo di monitoraggio non si sono registrati superamenti della soglia di informazione e della soglia di allarme. Per quanto riguarda il valore obiettivo per la protezione della salute umana sono stati riscontrati dodici superamenti ma per questo parametro, da valutare a far data dal 2013 su serie di dati annuali continui, è previsto un numero massimo di superamenti di 25 giorni per anno come media dei 3 anni precedenti (periodo 2010-2012). La registrazione nel tardo periodo primaverile di superamenti del limite di legge di questo parametro risulta in accordo con il meccanismo di reazione fotochimica che porta alla formazione di questo inquinante secondario che necessita di particolari condizioni di alta pressione, elevate temperature, scarsa ventilazione ed un forte irraggiamento solare per poter avvenire. Il superamento del limite di legge di questo inquinante è tipico delle zone rurali ed extraurbane (ovvero in presenza di vegetazione), visto che l'ozono si forma durante il trasporto delle masse d'aria contenenti i suoi precursori, emessi soprattutto nelle aree urbane,
- per il biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ), nel periodo di monitoraggio non si è registrato alcun superamento del valore limite orario, del valore limite giornaliero e della soglia oraria di allarme,
- per il particolato atmosferico ( $\text{PM}_{10}$ ), nel periodo di monitoraggio non sono stati registrati superamenti della media giornaliera,
- per i metalli pesanti (Arsenico, Cadmio, Piombo e Nickel) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), nel periodo di monitoraggio si sono registrati valori giornalieri al di sotto del valore limite previsto per la media annua.
- per il benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), nel periodo di monitoraggio si sono registrati valori giornalieri molto al di sotto del valore limite previsto per la media annua.

In conclusione, dall'analisi globale dei dati acquisiti, relativamente al periodo di monitoraggio, si può rilevare che la salubrità dell'aria si è mantenuta nei limiti imposti dalla normativa vigente.