

# ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO DEFINITIVO E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:

TECHNITAL s.p.a. (mandataria)

S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.

DELTA Ingegneria s.r.l.

INFRATEC s.r.l Consulting Engineering

PROGIN s.p.a.

### I RESPONSABILI DI PROGETTO

*Dott. Ing. M. Raccosta*

Ordine Ing. Verona n° A1665

*Prof. Ing. A. Bevilacqua*

Ordine Ing. Palermo n° 4058

*Dott. Ing. M. Carlino*

Ordine Ing. Agrigento n° A628

*Dott. Ing. N. Troccoli*

Ordine Ing. Potenza n° 836

*Dott. Ing. S. Esposito*

Ordine Ing. Roma n° 20837

### IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

*Dott. Ing. N. D'Alessandro*

Ordine Ing. Agrigento n° A995

VISTO:IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi*

VISTO:IL RESPONSABILE DEL  
SERVIZIO PROGETTAZIONE

*Dott. Ing. Antonio Valente*

DATA

PROTOCOLLO

P.M.A.

Atmosfera

Relazione

CODICE PROGETTO

L0407B D 0501

NOME FILE

PM03\_AMB\_RE01.DOC

REVISIONE

B

FOGLIO

di

SCALA:

CODICE  
ELAB.

PM03AMBRE01

D

C

B

REVISIONE a seguito istruttoria ANAS 19/03/07

Aprile 2007

A. De Leo

F. Arciuli

C. Marro

A

EMISSIONE

Ottobre 2006

A. De Leo

F. Arciuli

C. Marro

REV.

DESCRIZIONE

DATA

VERIFICATO  
RESP. TECNICO

CONTROLLATO  
RESP. D'ITINERARIO

APPROVATO  
RESP. DI SETTORE

**INDICE**

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>4</b>
2.1.	Comunitaria.....	4
2.2.	Nazionale .....	4
2.3.	Regionale.....	7
<b>3.</b>	<b>DEFINIZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>8</b>
3.1.	Criteri di scelta e definizione dei ricettori .....	8
3.2.	Parametri rilevati .....	10
3.2.1.	Inquinanti gassosi .....	12
3.2.2.	Polveri.....	16
3.2.3.	Metalli .....	17
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIE DI RILEVAMENTO E CAMPIONAMENTO .....</b>	<b>18</b>
4.1.	Campionamento degli inquinanti gassosi .....	18
4.1.1.	Campionatori passivi.....	18
4.1.2.	Campionamento delle polveri.....	18
4.1.3.	Analisi dei metalli .....	18
4.1.4.	Parametri meteorologici .....	18
4.2.	Estensione temporale del Monitoraggio .....	18
4.2.1.	Durata e periodicità delle misure.....	18
<b>5.</b>	<b>ATTIVITA' DI MISURA.....</b>	<b>18</b>
5.1.	Attività in campo.....	18
5.1.1.	Sopralluogo in campo .....	18
5.1.2.	Acquisizione dei permessi.....	18
5.1.3.	Attività di misura .....	18
5.2.	Attività in sede.....	18
5.2.1.	Attività preventiva all'uscita in campo.....	18
5.2.2.	Attività successiva all'uscita in campo.....	18
5.3.	Analisi dei dati.....	18
<b>6.</b>	<b>RESTITUZIONE DEI DATI.....</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>18</b>

## 1. PREMESSA

Con la presente relazione si vuole descrivere il PMA per la componente Atmosfera. Lo scopo è quello di descrivere le metodologie ed le considerazioni che sono dietro la redazione del Piano, al fine di fornire le indicazioni necessarie per una corretta esecuzione delle operazioni di misura, restituzione dati e organizzazione degli stessi in una banca dati strutturata. Nel documento vengono forniti delle indicazioni per facilitare la lettura dei dati relativi ai punti in cui si indica la necessità di un monitoraggio.

Il documento sarà completato con una serie di elaborati cartografici volti ad indicare il corretto posizionamento dei punti preposti alle campagne di monitoraggio. Ogni punto sarà contraddistinto da un codice che ne indicherà alcune caratteristiche principali.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1. Comunitaria

Attualmente le direttive di riferimento sono le seguenti:

- Dir 96/62/CE (“Direttiva madre”) - In materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente;
- Dir 99/30/CE - Concernente i valori limite di qualità dell’aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido d’azoto, gli ossidi d’azoto, le particelle e il piombo;
- Dir 2000/69/CE - Concernente i valori limite per il benzene e il monossido di carbonio nell’aria ambiente;
- Dir 2002/03/CE - Concernente i valori limite per l’ozono (non ancora recepita dalla normativa nazionale);
- Dir 2004/107/CE – Concernente l’arsenico, il cadmio, il mercurio, il nickel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell’aria ambiente (non ancora recepita dalla normativa nazionale).

### 2.2. Nazionale

I principali riferimenti sono rappresentati da:

- DPCM 28/3/1983 - Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell’aria nell’ambiente esterno;
- DPR 203/88 (relativamente agli impianti preesistenti) ed altri decreti attuativi - Attuazione Direttive n. 80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell’aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell’art. 15 della Legge 16/4/87 n. 183;
- DM 20/5/1991 - Criteri per l’elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell’aria;
- DM 15/4/1994 - Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 e dell’art. 9 del D.M. 20 maggio 1991;
- DM 25/11/1994 - Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994;
- DM 16/5/1996 - Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono;

- DL 4/8/99 n. 351 - Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria;

- DM 2/4/2002 n. 60 - Decreto concernente i valori limite di qualità dell'ambiente per alcuni inquinanti; in particolare, in recepimento delle successive Direttive CE, abroga alcuni articoli del DPR 203/88 fissando nuovi limiti per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle, il piombo, il benzene ed il monossido di carbonio;

- DM 1/10/2002 n. 261 - Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione dei piani e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351.

I diversi limiti attualmente in vigore, limitatamente agli inquinanti considerati in questo studio, sono riassunti nelle tabelle 1 e 2.

**Tabella 1 - Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DM 60/2002 in recepimento della dir 2000/69/CE**

Inquinante	Tipo di limite	Limite	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Monossido di carbonio	valore limite per la protezione della salute umana	10 mg/m <sup>3</sup>	media massima giornaliera su 8 ore	6 mg/m <sup>3</sup> (*)	1/1/2005
Benzene	valore limite per la protezione della salute umana	5 µg/m <sup>3</sup>	media annuale	100%(**)	1/1/2010

(\*) All'entrata in vigore della direttiva 2000/69/CE, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2003 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005

(\*\*) All'entrata in vigore della direttiva 2000/69/CE, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2006 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

**Tabella 2 - Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DM 60/2002 in recepimento della dir 1999/30/CE**

Inquinante	Tipo di limite	Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Biossido di azoto	valore limite per la protezione della	250	media oraria	50% (**)	1/1/2005
		240			1/1/2006
		230			1/1/2007

	salute umana (da non superare più di 18 volte l'anno)	200				1/1/2010
	valore limite per la protezione della salute umana	50	media annuale	50% (**)		1/1/2005
		48				1/1/2006
		46				1/1/2007
		40				1/1/2010
Ossidi di azoto	valore limite per la protezione degli ecosistemi	30	media annuale	nessuno		19/7/2010
PM10 (fase 1)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	media nelle 24 ore	50% (**)		1/1/2005
	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	20% (*)		1/1/2005
PM10 (fase 2)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 7 volte l'anno)	media nelle 24 ore	(in base ai dati; deve essere equivalente al val.lim.fase 1)		1/1/2010

	valore limite per la prote- zione della salute uma- na	20	media an- nuale	50% (***)	1/1/20101
--	--	----	--------------------	-----------	-----------

### 2.3. Regionale

Non sono al momento in atto normative di tipo regionale a riguardo della qualità dell'aria.

---

<sup>1</sup> Il valore limite per la protezione della salute umana per gli anni 2006 e 2007 è pari a 30 µg/m<sup>3</sup>

### 3. DEFINIZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO

#### 3.1. Criteri di scelta e definizione dei ricettori

Partendo dalla definizione di “ricettori”, per la componente Atmosfera sono stati individuati in primis nel territorio in esame i seguenti ambienti:

- gli ambiti urbani o comunque le aree edificate in cui è prevista la presenza umana per tempi significativi;
- gli ambiti naturali.

Sono da considerare inoltre ambiti di indagine, benché non propriamente ricettori, tutte le aree di svincolo e di attraversamento con viabilità significativa in quanto comportano, i primi la presenza di una sorgente nuova di inquinamento i secondi la potenziale sovrapposizione di due sorgenti, una esistente ed una di progetto.

Va segnalato che l’ambito d’indagine per i ricettori della componente atmosfera va differenziato in funzione delle potenziali interferenze attese; in particolare, per questa componente ambientale, è rilevante la differenza fra la fase corso d’opera e post operam in quanto le sorgenti in un caso sono le attività di costruzione e dall’altro la circolazione di veicoli su una infrastruttura stradale.

E’ noto come, in fase di costruzione, le abitazioni prossime alle aree di lavoro siano interessate dalla presenza di polveri ed è altrettanto noto che il traffico è una sorgente che contribuisce all’emissione di sostanze i cui effetti indiretti, e cumulati con altre sorgente, si risentono su vasca scala.

Nella definizione dei punti di monitoraggio il criterio di selezione in base a parametri meteorologici (ad esempio direzione prevalente dei venti) non è stato adottato in considerazione del fatto che il tracciato si sviluppa in un territorio omogeneo dal punto di vista meteorologico e anche morfologico;

Tali elementi di analisi hanno permesso di potere individuare le tipologie di ricettori per le quali si provvederà alla definizione di punti di monitoraggio:

1. **Tipo A:** i centri abitati/agglomerati urbani, ricadenti entro una fascia di indagine di 1 km di distanza dal tracciato;
2. **Tipo B:** edifici isolati/piccoli agglomerati ubicati in prossimità delle aree di lavoro, sia come fronte di avanzamento lavori sia come cantiere fisso entro una fascia di 250 m dal tracciato. Si distinguono per tale categoria di ricettori due tipologie:
  - quelli prossimi al fronte avanzamento dei lavori e quindi soggetti ad una costante variabilità della sorgente (**Tipo B1**);
  - quelli prossimi alle aree di cantiere in cui le sorgenti presenti permarranno per una durata molto maggiori (**Tipo B2**).



3. **Tipo C:** le aree verdi;

4. **Tipo D:** le aree di svincolo, per quanto non già monitorato dagli attraversamenti, quali aree in futuro interessate dalla presenza di veicoli;

5. **Tipo E:** gli attraversamenti con strade interessate da traffico e interferite dal progetto.

Le tipologie D ed E possono essere assimilate, in particolare se si pensa alla fase di PO.

Si evidenzia inoltre che per ciascun punto di misura previsto nel PMA si dovrà:

1. effettuare la verifica di fattibilità delle misure ed eventualmente procedere con una rilocalizzazione degli stessi;
2. verificare la correttezza delle informazioni riportate nella scheda di censimento, specialmente in relazione ai flussi di traffico previsti, ed eventualmente aggiornarla.

Nello schema di seguito riportato, è sintetizzato il processo di definizione dei punti di monitoraggio.

Fase di M.A.	Finalità	Durata	Scelta dei punti	Parametri monitorati	Modalità di esecuzione
<b>A.O.</b>	Caratterizzazione della situazione attuale, finalizzata ad un confronto con le altre fasi, sia relativamente al quadro di qualità dell'aria che a quello meteorologico.	1 anno riducibile a 6 mesi ma con l'obbligo di garantire la caratterizzazione della stagione estiva ed invernale (una campagna per periodo)	Verranno scelti i punti in modo da monitorare:  Tutti i recettori abitati e le aree a valenza naturalistica poste in prossimità delle aree di cantiere o della viabilità di comunicazione con i punti di deposito e estrazione dei materiali  Ambiti residenziali posti in prossimità del tracciato  Ambiti residenziali posti	Le polveri (polveri totali sospese, PM10; PM2,5) e i principali inquinanti gassosi da traffico veicolare: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (Nox, NO, NO <sub>2</sub> ), biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> ), ozono (O <sub>3</sub> ), idrocarburi totali non metanici (NMHC), benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )  Parametri meteorologici: velocità e direzione del vento, temperatura, precipitazione, radiazione solare netta e totale, pressione, umidità	Due campagne di misura per la caratterizzazione estiva e quella invernale

			in prossimità di aree critiche (svincoli, aree in cui è prevista una concentrazione di inquinanti elevata)	relativa.	
<b>C.O.</b>	Monitoraggio della produzione di polveri connessa alle attività di cantiere ed alle emissioni dei gas di scarico dei mezzi preposti alla realizzazione dell'opera	Periodo coincidente con la durata delle attività di costruzione (due campagne di misura per ogni anno di attività)	Verranno scelti i punti in modo da monitorare:  Tutti i recettori abitati e le aree naturalistiche poste in prossimità delle aree di cantiere o della viabilità di comunicazione con i punti di deposito e estrazione dei materiali  Ambiti residenziali posti in prossimità del tracciato	Come AO	Due campagne per ogni anno in cui le attività di cantiere costituiranno una potenziale sorgente interferente con la qualità dell'aria.
<b>P.O.</b>	Caratterizzazione dello stato di esercizio.	1 anno; da prolungare in caso di verifica degli interventi mitigativi	Ambiti residenziali posti in prossimità del tracciato  Ambiti residenziali posti in prossimità di aree critiche (svincoli, aree in cui è prevista una concentrazione di inquinanti elevata)	Come AO	Due campagne di misura per la caratterizzazione estiva e quella invernale

### 3.2. Parametri rilevati

I parametri oggetto di monitoraggio sono:

- inquinanti gassosi,

- polveri,
- meteorologici,
- licheni,
- metalli.

Per quanto concerne gli inquinanti gassosi è previsto il rilievo di:

- ossidi di azoto totali (Nox)
- biossido di azoto, (NO<sub>2</sub>)
- benzene, toluene e xilene (BTX),
- monossido di carbonio, (CO)
- ozono. (O<sub>3</sub>)

Per le polveri:

- polveri totali sospese (PTS),
- polveri sottili (PM<sub>10</sub>).

Per i dati meteorologici:

- direzione e velocità del vento,
- temperatura,
- umidità,
- pressione atmosferica,
- radiazione netta e globale,
- pioggia.

Saranno analizzati i metalli contenuti sui filtri acquisiti per il monitoraggio delle PM<sub>10</sub>; le analisi prevedono la misura di:

- rame,
- zinco,
- piombo,
- nichel,
- vanadio,
- ferro,
- cromo,
- calcio,
- manganese,

- alluminio,
- titanio,
- potassio,
- silicio.

### 3.2.1. Inquinanti gassosi

#### GLI OSSIDI DI AZOTO

Con il termine NO<sub>x</sub> si intende la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). L'ossido di azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore. E' prodotto, insieme al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) (che costituisce meno del 5% degli NO<sub>x</sub> totali emessi), principalmente da processi di combustione ad alta temperatura, come quelle che avvengono nei motori degli autoveicoli; l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido di azoto. Una volta in atmosfera viene ossidato dall'ossigeno e dall'ozono producendo biossido di azoto. La tossicità del monossido di azoto è limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Quest'ultimo è un gas di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Esiste nelle due forme N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (forma dimera) e NO<sub>2</sub> che si forma per dissociazione delle molecole dime-re. Questo composto è causa del colore giallastro della foschia che ricopre le zone abitate con elevato traffico. Si tratta di un inquinante secondario dato che deriva, per lo più, dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto. Esso ricopre un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico in quanto costituisce l'intermedio di base per la produzione di tutta una serie di inquinanti secondari molto pericolosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso, gli alchilnitrati, i perossiacetilnitrati.

Recenti studi dimostrano che gli ossidi di azoto contribuiscono per il 30% alla formazione delle piogge acide (il restante è imputabile al biossido di zolfo e ad altri inquinanti). Gli NO<sub>x</sub> vengono per lo più emessi da sorgenti al suolo e sono solo parzialmente solubili in acqua, questo influenza notevolmente il trasporto e gli effetti a distanza.

La produzione di ossido di azoto è tanto più elevata quanto maggiore è la temperatura di combustione e quanto più veloce è il successivo raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno.

Le miscele "ricche" (cioè con poca aria) generano emissioni con basso tenore di monossido di azoto (ma elevate emissioni di idrocarburi e monossido di carbonio per effetto di combustioni incomplete) a causa della bassa temperatura raggiunta nella camera di combustione. Miscele "povere" (cioè con elevata quantità di aria) danno ancora luogo a basse concentrazioni di NO nelle emissioni, ma impediscono una buona resa del motore perché l'eccesso di aria raffredda la camera di combustione.

Quando i fumi vengono mescolati con aria allo scarico si forma una significativa quantità di biossido di azoto per ossidazione del monossido ad opera dell'ossigeno.

In generale i motori diesel emettono più ossidi di azoto e particolati (fumo) rispetto ai motori a benzina, i quali però emettono più ossido di carbonio e idrocarburi. Si stima che in Italia vengano emesse in atmosfera circa 2 milioni di tonnellate all'anno di ossidi di azoto, di cui circa la metà è dovuta al traffico degli autoveicoli.

Altre importanti fonti di ossidi di azoto sono gli impianti termici e le centrali termoelettriche; le quantità emesse sono comunque relativamente minori dato che nel corso della combustione vengono raggiunte temperature di fiamma più basse. Sorgenti antropogeniche di ossidi di azoto sono inoltre la produzione dei fertilizzanti azotati, la produzione di acido nitrico per ossidazione dell'ammoniaca e la fabbricazione degli esplosivi, tutti i processi chimici che impiegano acido nitrico (come ad esempio la dissoluzione di metalli).

In condizioni di emissioni continuative (in genere dagli autoveicoli) si assiste ad un ciclo giornaliero di formazione di inquinanti secondari: il monossido di azoto viene ossidato tramite reazioni fotochimiche (catalizzate dalla luce) a biossido di azoto; si forma così una miscela NO-NO<sub>2</sub>, che raggiunge il picco di concentrazione nelle zone e nelle ore di traffico più intenso. Attraverso una serie di reazioni, ancora catalizzate dalla luce solare, si giunge alla formazione di ozono e di composti organici ossidanti (vedi smog fotochimico). Durante la notte queste sostanze decadono formando composti organici nitrati, perossidi ed aerosol acidi.

La concentrazione ambientale del biossido di azoto oscilla tra 1 e 9 µg/m<sup>3</sup>; nei Paesi Occidentali la media annuale è compresa fra 20 e 90 µg/m<sup>3</sup>, mentre nelle città in genere non supera i 40 µg/m<sup>3</sup>.

L'azione sull'uomo dell'ossido di azoto è relativamente blanda mentre il biossido di azoto è un gas irritante per le mucose e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni provocano una drastica diminuzione delle difese polmonari con conseguente aumento di rischio di affezioni alle vie respiratorie.

Gli effetti del biossido di azoto si manifestano generalmente parecchie ore dopo l'esposizione. Brevi esposizioni a 50-150 mg/m<sup>3</sup> provocano risentimenti polmonari; 100 mg/m<sup>3</sup>, inalati per 1 minuto, provocano notevoli danni al tratto respiratorio; concentrazioni di 300-400 mg/m<sup>3</sup> portano alla morte per fibrosi polmonare.

Per quanto riguarda l'impatto sulla vegetazione in alcuni casi, brevi periodi di esposizione a basse concentrazioni possono incrementare i livelli di clorofilla; lunghi periodi causano invece la senescenza e la caduta delle foglie più giovani.

Il meccanismo principale di aggressione, comunque, è costituito dall'acidificazione del suolo (piogge acide); gli inquinanti acidi causano un impoverimento del terreno per la perdita di ioni calcio, magnesio, sodio e potassio e conducono alla liberazione di ioni

metallici tossici per le piante. Inoltre, l'abbassamento del pH compromette anche molti processi microbici del terreno, fra cui l'azotofissazione.

Gli ossidi di azoto e i loro derivati danneggiano anche edifici e monumenti, provocando un invecchiamento accelerato in molti casi irreversibile.

### IL MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. E' gassoso a temperature superiori a  $-192\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; non è apprezzabilmente solubile in acqua, ed ha un peso pari al 96,5% del peso dell'aria. Si forma durante le combustioni delle sostanze organiche, quando sono incomplete per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno). Il monossido di carbonio è estremamente diffuso soprattutto nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli che rappresenta una delle maggiori fonti di produzione.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. Per le sue caratteristiche l'ossido di carbonio rappresenta un inquinante molto insidioso, soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni letali. Tali situazioni sono purtroppo frequenti e innumerevoli sono i casi di avvelenamento e gli incidenti anche mortali imputabili alle stufe o agli scaldabagni difettosi o non controllati. Essendo il CO incolore, insapore, inodore e non irritante, può causare morti accidentali senza che le vittime si rendano conto di quel che sta loro succedendo.

Una volta respirato, il CO si lega all'emoglobina con una affinità che è 220 volte superiore a quella dell'ossigeno, formando un composto inattivo fisiologicamente che viene chiamato carbossiemoglobina. Questa sostanza, al contrario dell'emoglobina, non è in grado di garantire l'ossigenazione ai tessuti, in particolare al cervello ed al cuore. La morte sopravviene pertanto per asfissia. L'effetto del CO risulta maggiore in altitudine, per la ridotta percentuale di ossigeno nell'aria.

Le principali emissioni naturali sono dovute agli incendi delle foreste, alle eruzioni dei vulcani, alle emissioni da oceani e paludi e all'ossidazione del metano e degli idrocarburi in genere emessi naturalmente in atmosfera.

La fonte principale di emissione da parte dell'uomo è costituita dall'utilizzo dei combustibili fossili per i motori a scoppio degli autoveicoli e per le attività industriali (soprattutto impianti siderurgici e raffinerie di petrolio).

### IL BENZENE

Fra i composti organici non metanici (NMVOC) assume particolare importanza il benzene; è un composto naturale del petrolio e dei suoi derivati, e si forma anche, come sottoprodotto, durante il ciclo di produzione delle benzine, ad opera di precursori a base aromatica e naftenica che sono naturalmente presenti nel greggio. A causa della sua naturale opposizione all'ossidazione, il benzene è rilasciato in seguito al processo di combustione, nonché a seguito dei processi evaporativi. La sorgente naturale di maggior rilievo è la combustione incontrollata di piante e di residui di agricoltura.

Il benzene è una sostanza cancerogena che può produrre, a lungo termine, una varietà di tumori che comprendono linfomi e leucemia.

Secondo le stime dell'ANPA relative agli anni 1994, 1996 e 1997, circa l'80% del contributo proviene dal traffico veicolare, il 13.4% da altre fonti mobili ed il restante 6.2% da altre attività come processi industriali e uso dei solventi.

Insieme ad altri idrocarburi che evaporano velocemente benzene e toluene sono entrambi presenti nella benzina (verde e super); infatti, le percentuali di questi inquinanti nelle nostre città derivano quasi esclusivamente dal traffico veicolare.

I composti organici volatili presenti nelle aree urbane sono legati alle emissioni di prodotti incombusti provenienti dal traffico e dal riscaldamento domestico, e all'evaporazione dei carburanti durante le operazioni di rifornimento nelle stazioni di servizio o dai carburatori degli autoveicoli stessi. Negli ultimi anni l'uso sempre più frequente di benzine con basso tenore di piombo ha aumentato la frazione aromatica dal 30% al 45 % in peso. Le emissioni di benzene e toluene sono inferiori nelle macchine con marmitta catalitiche: l'impiego di motori dotati di questo sistema riduce di circa sette volte le emissioni. Fonti secondarie, ma non trascurabili, sono le emissioni dirette di solventi usati in attività di lavaggi a secco, di sgrassatura e di tinteggiatura.

Tra gli idrocarburi aromatici volatili senza dubbio il più pericoloso è il benzene, elemento cancerogeno per l'uomo. Il benzene danneggia gli organi legati alla formazione del sangue anche a concentrazioni che non causano irritazioni alle mucose. Questo comportamento si manifesta nell'insorgenza di anemia, leucopenia, trombocitopenia e a volte nell'ingrossamento pronunciato della milza.

In generale, i COV contribuiscono anche alla formazione di ozono, e quindi favoriscono i disturbi alle vie respiratorie ad esso collegati.

### L'OZONO

È un gas fortemente ossidante che si forma nella bassa atmosfera per reazioni fotochimiche attivate dalla luce solare, che danno origine allo smog fotochimico. Incolore o azzurrognolo, è caratterizzato da un odore pungente.

La formazione di elevate concentrazioni di ozono è un fenomeno prettamente estivo, legato alla potenzialità della radiazione solare, ad elevati valori di temperatura e pressione, a condizioni di bassa ventilazione (ristagno e accumulo di inquinanti) nonché alla presenza di sostanze chimiche (idrocarburi e biossido di azoto) dette "precursori", che attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo ozono, radicali liberi, perossidi e altre sostanze organiche. L'ozono è quindi un tipico inquinante secondario, in quanto non è emesso praticamente da nessuna sorgente diretta, ad eccezione delle stampanti laser, delle fotocopiatrici e delle scariche elettriche che si possono verificare durante i temporali. L'elevata energia necessaria per la reazione chimica che origina l'ozono da più molecole di ossigeno, determina una modesta concentrazione di fondo di questo composto negli strati bassi dell'atmosfera, mentre è più elevata nelle stratosfera, in cui l'ozono svolge un ruolo fondamentale nell'assorbimento delle radiazioni ultraviolette dannose per la salute perché causa di melanomi.

L'ozono è un gas irritante per le mucose (occhi, apparato respiratorio, ecc.). L'elevato potere ossidante gli consente di recare danno a qualsiasi sostanza biologica; esso, ad esempio, viene assorbito dalle piante a livello fogliare ed esplica un'azione dannosa sul metabolismo della fotosintesi clorofilliana. Può cagionare danno ai lipidi delle membrane cellulari. La gomma e le fibre tessili sono materiali che possono essere alterati chimicamente se esposti a contatto più o meno prolungato con l'ozono. L'O<sub>3</sub> può causare irritazioni agli occhi e al tratto respiratorio e, per esposizioni prolungate, può provocare reazioni asmatiche e danni polmonari. Si possono inoltre avere effetti sul sistema nervoso centrale con mal di testa, perdita di concentrazione e di attenzione.

### 3.2.2. Polveri

L'insieme complessivo delle particelle presenti in atmosfera prende il nome di PTS (Particolato Totale Sospeso). Con la terminologia aerosol atmosferici si intende l'insieme delle particelle la cui dimensione può variare da qualche decimo a qualche centinaio di micron ( $\mu\text{m}$ ). Particelle di diametro inferiore a  $2.5\mu\text{m}$  (generalmente indicate con la sigla PM<sub>2.5</sub>) sono dette particolato fine (fine particles), quelle di dimensione superiore genericamente polveri (coarse particles). Si definisce inoltre la classe PM<sub>10</sub> che rappresenta la porzione di particolato con diametro inferiore ai  $10\mu\text{m}$  e sulla quale è attualmente concentrata l'attenzione in termini sia scientifici sia legislativi.

I particolati presenti in atmosfera provengono anche da processi naturali, quali le eruzioni vulcaniche e l'azione del vento sulla polvere e sul terreno, processi che solo raramente provocano vero e proprio inquinamento (tranne localmente, a fronte di eventi particolarmente intensi). La sorgente principale è infatti da ricercarsi nelle attività dell'uomo, tipicamente l'industria (costruzioni e fonderie) e i processi di combustione incompleta (fumi). Per quanto riguarda gli impianti di combustione fissi, il maggior contributo è fornito dalle centrali termoelettriche. Il traffico contribuisce all'inquinamento dell'aria da particolato sia a causa del processo di combustione, sia attraverso la lenta polverizzazione della gomma dei pneumatici, dei freni e dell'asfalto; nondimeno, anche il risollevarsi della polvere depositata al suolo dovuto al moto dei veicoli (risospensione) produce un contributo emissivo rilevante. Il diametro delle particelle in sospensione è indicativamente correlato alla fonte di provenienza, come indicato nella seguente tabella.

Dimensioni ed emissioni di particolato.

Diametro	Provenienza
>10 $\mu\text{m}$	processi meccanici (es. erosione del vento, macinazione e diffusione), polverizzazione di materiali da parte di veicoli;
tra 1 $\mu\text{m}$ e 10 $\mu\text{m}$	provenienza da particolari tipi di terreno, da polveri e prodotti di combustione di determinate industrie e da sali marini in determinate località;
tra 0.1 $\mu\text{m}$ e 1 $\mu\text{m}$	combustione ed aerosol fotochimici;
<0.1 $\mu\text{m}$	particelle non sempre identificabili chimicamente, originate apparentemente qua-



---

si del tutto da processi di combustione.

---

Le particelle che possono produrre degli effetti indesiderati sull'uomo sono sostanzialmente quelle di dimensioni più ridotte, infatti nel processo della respirazione le particelle maggiori di 15 micron vengono generalmente rimosse dal naso. Il particolato che si deposita nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe) può generare vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola; tutti questi fenomeni sono molto più gravi se le particelle hanno assorbito sostanze acide (come il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto).

### 3.2.3. Metalli

Fra i metalli con azione tossica si annoverano i cosiddetti metalli pesanti (piombo, cadmio, mercurio, cromo, manganese), ma in generale, con effetto tossico naturalmente commisurato alle quantità, effetti variamente nocivi possono essere indotti dall'assorbimento in varie forme di moltissimi altri (compresi alluminio, arsenico, rame, oro, zinco, etc.).

I metalli presenti nel particolato atmosferico provengono da una molteplice varietà di fonti: il cadmio e lo zinco sono originati prevalentemente da fonti industriali, il rame e il nichel dai processi di combustione, il piombo dalle emissioni autoveicolari.

Tra i metalli che sono stati oggetto di monitoraggio, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio, e il piombo. I composti del nichel, del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di 1 g/m<sup>3</sup> per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro. Per il piombo è stato evidenziato un ampio spettro di effetti tossici, in quanto tale sostanza interferisce con numerosi sistemi enzimatici.

## 4. METODOLOGIE DI RILEVAMENTO E CAMPIONAMENTO

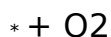
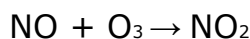
### 4.1. Campionamento degli inquinanti gassosi

#### NO<sub>x</sub>

Il riferimento normativo è il DM 60/02. Si riporta al capo III, art. 14, il metodo di riferimento che viene poi descritto nell'allegato XI, paragrafo 1, sezione II; trattasi della metodologia ISO 7996: 1985 - Ambient Air - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides - Chemiluminescence Method.

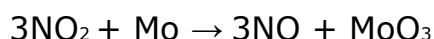
Anche in questo caso come per il PM<sub>10</sub> eventuali metodi alternativi di misura devono rispondere ai requisiti di equivalenza descritti al Paragrafo 2 dell'Allegato 11.

Per la misurazione del biossido di azoto viene sfruttata la reazione, in fase gassosa, tra monossido di azoto (NO) e ozono (O<sub>3</sub>), che da luogo alla formazione di una molecola di biossido di azoto allo stato eccitato, la quale, riportandosi allo stato fondamentale, emette una radiazione luminosa caratteristica (fenomeno della chemiluminescenza). Le reazioni che si verificano durante il processo sono le seguenti:



La radiazione emessa dal biossido di azoto eccitato ricade nella regione spettrale del vicino infrarosso (circa 1200 nm). Lavorando con un eccesso di ozono, l'intensità della radiazione luminosa è direttamente proporzionale alla concentrazione dell'ossido di azoto. La radiazione emessa, attraverso l'impiego di particolari filtri ottici, viene filtrata e successivamente convertita in segnale elettrico da un tubo fotomoltiplicatore.

Poiché il metodo è applicabile solo al monossido, per la determinazione del biossido è necessario dapprima ridurlo, ad esempio alcuni analizzatori fanno uso del molibdeno per cui la reazione che così si sviluppa è la seguente:



Per la determinazione del monossido di azoto, il campione d'aria viene inviato direttamente in una camera di reazione, costituita da acciaio inox placcato oro 24 carati e termostata a circa 55 °C, dove viene miscelato con n ozono in eccesso.

Per la misura degli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), il gas campione viene fatto passare attraverso il convertitore posto prima della camera di reazione; in questo modo il biossido si trasforma in monossido di azoto. La misura del biossido di azoto viene ottenuta come differenza tra la misura degli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), cioè l'ossido di azoto contenuto nel campione di aria più quello proveniente dalla riduzione del biossido di azoto, e quella del solo ossido di azoto.

## CO

Anche in questo caso la norma è il DM 60/02. Si riporta al capo VII, art. 35, il metodo di riferimento, descritto nell'allegato XI, paragrafo 1, sezione VII, che a sua volta, nelle more dell'approvazione di un metodo normalizzato, basato sulle norme CEN, fa riferimento a quello indicato all'allegato II, Appendice 6 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 marzo 1983. Sono definiti:

- principio del metodo: per la misura del monossido di carbonio presente nell'aria ambiente viene impiegato come metodo di riferimento un sistema automatico di misura (spettrofotometro IR non dispersivo) fondato sull'assorbimento da parte del monossido di carbonio di radiazioni IR intorno a 4600 nm. La variazione di intensità della radiazione è proporzionale alla concentrazione del monossido di carbonio;
- tipo di analizzatore: l'analizzatore è uno spettrofotometro IR non dispersivo costituito nelle sue parti essenziali da una sorgente di radiazioni IR, da una cella di misura, da una cella di riferimento, da un rilevatore specifico per le radiazioni assorbite dal monossido di carbonio, da un amplificatore di segnale, da un sistema pneumatico comprendente una pompa, un misuratore e regolatore di portata, i dispositivi per l'eliminazione delle interferenze e da un sistema di registrazione. Il rilevatore misura differenze quantitative nella radiazione emergente dalla cella di misura rispetto a quella emergente dalla cella di riferimento contenente un gas che non assorbe radiazioni IR. L'analizzatore spettrofotometrico IR non dispersivo per il monossido di carbonio deve avere le caratteristiche strumentali previste dalla norma.

Sono specificate anche:

- le potenziali interferenze,
- il sistema di taratura,
- il controllo dello zero e delle tarature,
- il procedimento di taratura.

Non è individuato nessun metodo equivalente, tuttavia è possibile utilizzare un sistema di misura automatizzato (definito come un sistema di misura delle concentrazioni di un inquinante atmosferico in cui la raccolta, la misura e la registrazione dei risultati sono eseguite automaticamente) purché l'analizzatore risponda alle specifiche tecniche indicate al punto 5.4 dell'appendice 10 al DPCM 28 marzo 1983.

## C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Il DM 60/02 riporta al capo VI, art. 30, il metodo di riferimento che viene poi descritto nell'allegato XI, paragrafo 1, sezione VI; trattasi del metodo descritto nell'allegato VI del decreto del Ministro dell'Ambiente 25 novembre 1994, nelle more dell'approvazione di un metodo normalizzato, basato sulle norme CEN.

L'aria viene campionata in canister con flusso d'aspirazione nell'intervallo 100-300 ml/minuto in modo d'avere una pressione finale non inferiore a 2 atmosfere, per una

durata del campionamento di un'ora (ciò consente un prelievo d'aria di molto superiore al quantitativo necessario per l'analisi). Successivamente un'aliquota viene trasmessa allo strumento analizzatore attraverso una cartuccia di arricchimento ed una trappola fredda (criofocalizzatore). Una colonna gascromatografica tipo DB1 esegue la separazione cromatografica ed un rivelatore a spettrometria di massa operante in SIM (rivelazione selettiva di ioni) identifica il picco del benzene per confronto dei tempi di ritenzione assoluto e relativo rispetto al benzene perdeuterato. La determinazione quantitativa è compiuta per confronto con il metodo dello standard interno.

Non è individuato nessun metodo equivalente, tuttavia è possibile utilizzare un sistema di campionamento e misura che sia dotato di certificato di equivalenza (nella prima fase d'applicazione anche rilasciato da un ente qualificato straniero).

### **O<sub>3</sub>**

Il riferimento normativo per la misura è il DM 16 maggio 1996; il metodo di misura è descritto nell'allegato 3 "Metodo di analisi di riferimento per le concentrazioni di ozono" che cita:

Per la determinazione dell'ozono, il metodo di riferimento da utilizzare è il metodo dell'assorbimento UV. La normalizzazione di questo metodo è in corso presso l'ISO. Con la pubblicazione della norma da parte di questo organismo, il metodo che vi sarà descritto costituirà il metodo di riferimento del presente decreto. Per quanto riguarda l'uso dei sistemi di misura automatizzati, fermo restando quanto contenuto nell'appendice 10 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 marzo 1983, valgono i seguenti criteri e accorgimenti:

1. la conformità delle caratteristiche di funzionamento dello strumento con quelle indicate dal costruttore – in particolare il rumore di fondo, il tempo di risposta, la linearità - deve essere verificata inizialmente sia in laboratorio che in campo. Di regola, lo strumento deve essere calibrato con un fotometro UV di riferimento, come da raccomandazione ISO;
2. sul campo, lo strumento deve essere calibrato a intervalli regolari (per es. ogni 23-25 ore). Inoltre la validità della taratura deve essere verificata regolarmente attraverso il funzionamento in parallelo di uno strumento calibrato come al punto 1. Se il filtro di entrata dello strumento è stato cambiato prima della taratura, questa deve avvenire dopo un periodo appropriato di esposizione del filtro (da 30 min a più ore) alle concentrazioni di ozono nell'aria;
3. l'apertura della testa di campionamento deve essere protetta da pioggia o insetti, ma senza l'uso di prefiltri. La testa del tubo di campionamento deve essere situata ad una distanza da corpi verticali tale che il flusso intorno ai condotti di aspirazione non sia alterato o schermato;
4. il condotto di campionamento deve essere di materiale inerte (per es. vetro, PTFE, acciaio inossidabile) e deve essere stagno. La portata del condotto di campionamento deve essere regolarmente verificata. La distanza tra la testa di prelievo e lo strumento di analisi deve essere quanto più breve possibile e il tempo impiegato dal campione di

gas per percorrere il condotto deve essere il più breve possibile (dell'ordine di pochi secondi, in presenza di NO o di altri gas reattivi). Il condotto deve essere pulito regolarmente, a seconda delle condizioni del sito; la condensazione deve essere evitata;

5. il campionamento non deve essere influenzato da perdite di gas dallo strumento o dal sistema di taratura.

Devono essere prese tutte le precauzioni necessarie per prevenire variazioni di temperatura che provochino errori di misurazione.

#### 4.1.1. Campionatori passivi

##### BTX

Il campionatore diffusivo é un dispositivo in grado di captare campioni gassosi dall'atmosfera, a velocità controllata dalla diffusione molecolare, che non richiede movimento attivo dell'aria. Il campionatore è costituito da un tubetto che contiene un adsorbente che fissa l'inquinante a velocità controllata dalla diffusione molecolare dello stesso in aria, senza bisogno di pompe.

Dopo l'esposizione dei campionatori, per periodi che variano da pochi giorni a poche settimane, i tubetti vengono sigillati e riportati in laboratorio per l'analisi.

Il campionatore a diffusione è una scatola chiusa, di solito cilindrica, nella quale una delle due facce piane è "trasparente" alle molecole gassose e quella opposta le adsorbe. La prima è chiamata superficie diffusiva, la seconda superficie adsorbente.

Sotto il gradiente di concentrazione  $dC/dl$ , le molecole gassose attraversano  $S$  diffondendo verso  $A$ , lungo il percorso  $l$  parallelo all'asse della scatola. Quelle adsorbibili vengono trattenute da  $A$  in accordo alla legge della diffusione:

$$dm/dt = DS*dC/dr$$

dove  $dm$  è la massa adsorbita nel tempo  $dt$  e  $D$  è il coefficiente di diffusione. Se  $C$  è la concentrazione alla

superficie diffusiva e  $C_0$  quella sulla superficie adsorbente, l'integrale della diventa:

$$m/t = D* (C-C_0)/l$$

quindi

$$m/tC = D* S/l = Q$$

ovvero

$$C = m/tQ$$

se la concentrazione sulla superficie adsorbente è uguale o molto vicina a 0.

$Q$  è la portata di campionamento, le cui dimensioni sono quelle di un flusso (esprimendo  $m$  in  $\mu g$ ,  $t$  in minuti e  $C$  in  $\mu g \cdot l^{-1}$ ,  $Q$  ha le dimensioni di  $l \cdot min^{-1}$ ).

Dunque, se  $Q$  è costante e nota, per conoscere il valore della concentrazione ambientale è sufficiente misurare la massa captata dall'adsorbente ed il tempo in cui il campionario è rimasto esposto.

Per aumentare la sensibilità analitica bisogna aumentare  $m$ : ciò si realizza aumentando  $Q$ . Poiché  $D$  è una costante, l'obiettivo può essere raggiunto solo intervenendo sul rapporto  $S/l$ , che si definisce costante geometrica del campionario. Tuttavia, nel tradizionale campionario assiale, se si allarga  $S$ , non si può fare a meno di allargare anche  $A$ , dal momento che le superfici diffusiva ed adsorbente devono fronteggiarsi a distanza costante. Poiché c'è un solo modo di recuperare l'analita adsorbito dal campionario assiale (lo spostamento con un solvente) ogni aumento di  $A$  comporta un aumento proporzionale di volume del solvente desorbente, sicché l'effetto dell'incremento di  $Q$  è annullato dalla diluizione.

Si potrebbe ridurre  $l$  ma, al di sotto di un valore critico (circa 8 mm), la legge della diffusione non è più rispettata per bassi valori di velocità dell'aria, poiché la velocità di captazione diventa più alta di quella di rifornimento di nuove molecole alla superficie diffusiva.

Se si cambia la geometria del campionario trasformando il percorso diffusivo da assiale in radiale nel quale è la superficie cilindrica a funzionare da barriera diffusiva: le molecole gassose si muovono parallelamente al raggio verso un adsorbente anch'esso cilindrico e coassiale alla superficie diffusiva.

A parità di diametro del cilindro,  $S$  diventa molto più grande di quella del campionario assiale senza dover aumentare la quantità di adsorbente: anche se la superficie adsorbente è molto più piccola di quella diffusiva, la fronteggia in ogni punto a distanza costante.

Poiché  $S=2\pi hr$  ( $h$  è la lunghezza del cilindro) e il percorso diffusivo è il raggio, la relazione va riscritta nella forma:

$$dm/dt = D*2\pi hr*dC/(dr*l)$$

L'integrale della dal raggio della superficie diffusiva  $r_d$  a quello della superficie adsorbente  $r_a$  diventa:

$$m/tC = D*2\pi hr/\ln(r_d/r_a) = Q$$

la portata è dunque funzione diretta della lunghezza del cilindro diffusivo e inversa del logaritmo del rapporto fra i raggi del cilindro diffusivo e di quello adsorbente.

Mentre il valore di  $r_a$  è direttamente misurabile, quello di  $r_d$  può essere solo stimato attraverso misure di esposizione. Infatti, per mantenere piccole le dimensioni del campionario e rispettare in pieno la legge della diffusione, la barriera diffusiva è stata progettata come un tubo a parete spessa e microporosa: la lunghezza reale del percorso diffusivo non è semplicemente la differenza fra il raggio esterno del cilindro diffusivo e di quello adsorbente ma è molto maggiore a causa della tortuosità del percorso fra i pori.

L'applicazione di questo metodo prevede le seguenti fasi:

- Individuare le tipologie dei punti di esposizione;
- scegliere per ciascuna zona di esposizione una collocazione rappresentativa del livello di concentrazione dell'inquinante;
- installare i campionatori nell'area ed esporli per un periodo di tempo rappresentativo, tenendo conto dei periodi di copertura minima;
- eseguire le analisi in laboratorio e calcolare i livelli di inquinamento di ciascun sito.
- Il rilievo effettuato con tale metodica prevede che i campioni siano lasciati in situ per 1 mese; solo così potrà essere garantita la significatività della misura.

#### 4.1.2. Campionamento delle polveri

Per le polveri è ammesso il solo utilizzo del metodo gravimetrico anche in considerazione del fatto che i filtri saranno oggetto di analisi per la determinazione della concentrazione di metalli.

##### PTS

Il metodo gravimetrico per la determinazione del materiale particellare in sospensione nell'aria è riportato nel DPCM 28.03.83, modificato ed integrato successivamente dal DPR 203/88. La durata del campionamento singolo è di 24 ore. Il metodo gravimetrico è non automatico, normalmente viene automatizzato il solo campionamento.

- Principio di funzionamento: il materiale particellare viene raccolto su filtri a membrana, la determinazione viene fatta per gravimetria e riferita al volume d'aria filtrato riportato alle condizioni di temperatura e di pressione normali.
- Metodologia: le particelle in sospensione vengono raccolte su un filtro a membrana. Il filtro deve essere protetto dalla sedimentazione diretta delle particelle e dall'influsso diretto delle condizioni atmosferiche.

L'efficienza del filtro deve essere superiore al 99% per le particelle con diametro aerodinamico 0.3  $\mu\text{m}$ . La velocità dell'aria alla superficie del filtro deve essere compresa tra i 33 e 55 cm/sec. La diminuzione di velocità all'interno del periodo di campionamento deve essere inferiore al 5% (filtri di vetro) e al 25 % (filtri a membrana). L'analisi è fatta per pesata. I filtri a membrana devono essere condizionati prima e dopo il campionamento, mantenendoli a temperatura costante compresa tra 90 e 100  $^{\circ}\text{C}$ , e mettendoli per altre due ore in un essiccatore e, prima di procedere alla pesata.

##### PM<sub>10</sub>

Il DM 25.11.94, allegato V, fissa il metodo di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di PM<sub>10</sub> nell'aria atmosferica su un periodo di 24 ore. Con l'emanazione del DM 60/02 tale metodo è stato rivisto ed è descritto nell'All. XI, paragrafo 1, sez. IV del DM stesso, che cita:

*“IV. Metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM<sub>10</sub>”.*

*EN 12341 "Air quality - Determination of the PM<sub>10</sub> fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods".*

*Il principio di misurazione si basa sulla raccolta su un filtro del PM<sub>10</sub> e sulla determinazione della sua massa per via gravimetrica. Le teste indicate nella norma EN 12341 sono teste di riferimento e quindi non richiedono certificazione da parte dei Laboratori Primari di Riferimento di cui al paragrafo 2.*

Possono essere utilizzati anche altri metodi e sistemi la cui equivalenza sia certificata da enti designati, ai sensi dell'articolo 3 della Direttiva 96/62/CE, da altri Stati Membri dell'Unione Europea.

A fini conoscitivi, detta certificazione e la relativa documentazione deve essere trasmessa ai Laboratori Primari di Riferimento, accompagnata da una traduzione in lingua italiana.

Sempre in questo allegato vengono descritte le procedure operative ai fini della certificazione di equivalenza dei metodi e dei sistemi per il campionamento e la misura del PM<sub>10</sub> da parte dei Laboratori Primari di Riferimento.

Principio di funzionamento: Il valore di concentrazione di massa del materiale particolato è il risultato finale di un processo che include la separazione granulometrica della frazione PM<sub>10</sub> o la sua accumulazione sul mezzo filtrante e la relativa misura di massa con il metodo gravimetrico. Un sistema di campionamento, operante a portata volumetrica costante in ingresso, preleva aria, attraverso un'appropriata testa di campionamento e un successivo separatore a impatto inerziale. La frazione PM<sub>10</sub> così ottenuta viene trasportata su un mezzo filtrante a temperatura ambiente. La determinazione della quantità di massa PM<sub>10</sub> viene eseguita calcolando la differenza fra il peso del filtro campionato e il peso del filtro bianco.

#### Metodologia

Ciascuna frazione compresa in ciascun intervallo viene raccolta su filtri separati durante il periodo di campionamento stabilito. Ciascun filtro è pesato prima e dopo il campionamento in modo da determinare per differenza la massa del PM<sub>10</sub>. La concentrazione del PM<sub>10</sub> risulta dal rapporto fra la massa ed il volume di aria campionato (derivato dal rapporto fra portata misurata e tempo di campionamento) opportunamente riportato in condizioni standard.

Le procedure di pesata devono essere eseguite in una camera dove le condizioni di temperatura e umidità relativa corrispondono a quelle indicate nella procedura di condizionamento dei filtri.

La bilancia deve essere calibrata immediatamente prima di ogni sessione di pesata.

I filtri usati devono essere condizionati immediatamente prima di effettuare le pesate (precampionamento e post-campionamento).

- temperatura di condizionamento  $20 \pm 1$  °C;



- tempo di condizionamento > 48h;
- umidità relativa  $50 \pm 5 \%$ .

I filtri nuovi devono essere conservati nella camera di condizionamento fino alla pesata precampionamento.

I filtri devono essere pesati immediatamente dopo il periodo di condizionamento.

Le pesate pre e post-campionamento devono essere eseguite con la stessa bilancia e, possibilmente, dallo stesso operatore, utilizzando una tecnica efficace a neutralizzare le cariche elettrostatiche sul filtro.

Per quanto concerne il campionatore:

- deve essere in grado di operare a portata volumetrica costante nel zona di prelievo e separazione granulometrica, con un intervallo operativo da 0.7 a 2.5 m<sup>3</sup>/h per i mezzi filtranti sopra definiti;
- deve essere dotato di un sistema automatico per il controllo della portata volumetrica;
- le sue caratteristiche pneumatiche devono essere tali da mantenere la portata volumetrica costante fino ad una caduta di pressione sul mezzo filtrante pari a 25 kpa, ad un valore di portata volumetrica di 2.3 m<sup>3</sup>/h.

I filtri saranno codificati e conservati per due anni.

#### 4.1.3. Analisi dei metalli

L'analisi viene eseguita direttamente sul filtro senza estrazione; l'analisi in XRF comporta vantaggi relativamente ai tempi ridotti di analisi e al carattere non distruttivo dell'analisi stessa; e svantaggi relativi al fatto che si tratta di un'analisi quantitativa basata sul trattamento statistico della matrice e quindi i dati sono approssimati e comporta l'utilizzo di strumentazione costosa.

#### 4.1.4. Parametri meteorologici

La stazione meteorologica deve sorgere in luogo piano e libero, e se possibile, il suolo deve essere ricoperto da un tappeto erboso da cui vanno eliminate erbacce e cespugli. Il taglio della copertura erbosa deve essere frequente all'interno ed intorno al recinto in modo da mantenere l'erba uniformemente bassa; l'erba tagliata deve essere asportata per evitare l'effetto pacciamante della stessa e le conseguenti modificazioni del regime di temperatura ed umidità del terreno (OMM, 1983). Dal punto di vista meteorologico deve essere invece garantita la rappresentatività rispetto alle condizioni meteorologiche del territorio oggetto di studio.

E' per tale ragione che si devono evitare zone soggette ad accumulo di masse d'aria fredda (fondovali stretti ecc.), aree prossime a stagni, a paludi o fontanili, specialmente se ad allagamento temporaneo, e le localizzazioni in aree sottoposte ad inon-

dazioni frequenti. Va inoltre curata con molta attenzione la taratura degli strumenti; sotto si riporta una tabella con indicati i tempi di controllo della taratura degli strumenti (OMM, 1983).

Strumento	Tempo
Termometri	6 mesi
Igrometri	1 mese
Barometri	1 mese
Pluviometri	6 mesi
Anemometri	1 anno

Dovranno essere adottati alcuni accorgimenti:

- Pluviometro:

eventuali ostacoli (alberi, edifici o altro) non dovrebbero circondare la bocca del pluviometro ad una distanza almeno di 2-4 volte la loro altezza sopra la bocca del pluviometro stesso. La vicinanza di alberi oltre a costituire ostacolo può causare, con la caduta accidentale di foglie e rametti, l'ostruzione parziale della bocca tarata dando errori nella registrazione della pioggia. A ciò si può ovviare eventualmente ponendo al di sopra della bocca tarata del pluviometro una rete metallica a maglia fine (tipo quelle che si usano per il fornello da campeggio) che dovrà essere ben ancorata allo strumento;

aree in pendenza o su falde di tetti dovrebbero essere evitate. Gli effetti dell'inclinazione di un versante sul rilievo pluviometrico sono grossi;

è consigliata un'altezza da terra di 30 cm.

- Anemometro: a causa degli effetti dell'attrito, la velocità del vento può variare considerevolmente fra i primi 10 metri sopra il terreno e le quote superiori. L'altezza standard per l'esposizione degli anemometri sulla terraferma con terreno libero è di 10 metri dal suolo (OMM, 1983). Per terreno libero si intende un'area dove la distanza tra l'anemometro e qualsiasi ostacolo sia come minimo 8 - 10 volte l'altezza dell'ostacolo stesso.
- Direzione del vento: per quanto riguarda la determinazione della direzione del vento si raccomanda di trovare con esattezza, mediante bussola, i punti cardinali del luogo dove si trova l'anemoscopio o la banderuola.
- Pressione atmosferica: l'OMM consiglia l'uso di barometri a mercurio ad alta precisione.
- Igrometro: l'OMM consiglia l'uso degli psicrometri a ventilazione forzata (OMM, 1983) ; è consigliata un'altezza compresa tra 1.25 m e 2 m.

- Termometro: l'OMM consiglia l'uso di termometri esposti all'aria libera (a resistenza o termocoppia) dotati di elementi sensibili con reazione all'irraggiamento molto ridotta (OMM,1983); è consigliata un'altezza compresa tra 1.25 m e 2 m da terra.

I dati saranno restituiti nelle seguenti unità di misura e con cadenza temporale pari a 5 minuti. La tabella riporta anche le indicazioni fornite dal WMO relativamente al range di operatività degli strumenti, alla risolutezza e all'accuratezza.

Parametro	Unità di misura	Range	Risoluzione	Accuratezza
Direzione del vento	Gradi sessagesimali	0 - 360	10°	±5%
Intensità del vento	m/s	0 - 75 m/s	0.5 m/s	±0.5 m/s per v<5 m/s ±10 m/s per v>5 m/s
Temperatura	°C	-60 - +60	0.1 k	±0.1 k
Pressione atmosferica	hPa	920 – 1080 hPa	0.1 hPa	±0.1 hPa
Umidità relativa	%	5 – 100 %	1 %	±3%
Precipitazioni	Mm	0 - >400 mm	0.1 mm	±0.1 mm per <5mm ±2 mm per v>5mm

## 4.2. Estensione temporale del Monitoraggio

Le fasi oggetto di monitoraggio saranno:

- Ante Operam,
- Corso d'Opera,
- Post Operam.

Per ogni fase andranno monitorati tutti i parametri sopra descritti, tranne il PTS che verrà monitorato in fase di Corso d'Opera.

Per ogni tipo di ricettore, sono stati individuati i parametri più significativi per poter caratterizzare lo stato di pressione cui è soggetto, come riportato nelle apposite schede tipo (cfr. PM03 AMB SC01), ai quali è stata associata corrispondente tipologia di misura come descritta nel cap.3.

Nella tabella seguente sono indicate anche il numero e la durata delle campagne di monitoraggio da effettuare per ogni fase.

Tipo	Parametri da monitorare	N.di ripetizioni per ogni fase			Durata campagna	Periodo campagna	Strumentazione
		AO	CO	PO			
<b>Tipo A</b>	PTS, PM10, BTX, NO2, O3 Meteo Analisi metalli	2	2	2	30gg per AO e PO; 15 gg (BTX, NO2, O3,) per CO 7 gg (polveri) per CO	Estate inverno per AO e PO; in funzione del cronoprogramma di CO	Mezzo mobile Skypost campionamenti passivi
<b>Tipo B1</b>	PTS, PM10, BTX, NO2 Meteo Analisi metalli	2	1 o +	2	30gg per AO e PO; 7gg (BTX, NO2, O3,) per CO 7gg (polveri) per CO	Estate inverno per AO e PO; funzione del cronoprogramma del CO	Mezzo mobile Skypost campionamenti passivi
<b>Tipo B2</b>	PTS, PM10, BTX, NO2 Meteo Analisi metalli	2	2	2	30gg per AO e PO; 7gg (BTX, NO2, O3,) per CO 7gg (polveri) per CO	Estate inverno per AO e PO; funzione del cronoprogramma per CO	Mezzo mobile Skypost campionamenti passivi
<b>Tipo C</b>	BTX, O3 IBL meteo	2		2	30 gg (per IBL valutazione estemporanea)	Primavera Autunno	Camp. Passivi
<b>Tipo D/E</b>	PTS, PM10, BTX, NO2 Meteo Analisi metalli	2	2	2	30gg per AO e PO; 15 gg (BTX, NO2, O3,) per CO 7 gg (polveri) per CO	Estate inverno per AO e PO; in funzione del cronoprogramma per CO	Mezzo mobile Skypost campionamenti passivi

In relazione al suddetto programma di monitoraggio si evidenziano i seguenti punti.

### POLVERI

Si è ritenuto opportuno inserire le PTS come parametro che meglio descrivere il potenziale impatto in fase di cantiere; PTS è anche quel parametro cui la popolazione è più sensibile in quanto la presenza nell'aria di questo tipo di pulviscolo si percepisce e

può generare situazioni di disagio, in particolare per chi occupa gli edifici ubicati in prossimità delle aree di lavoro.

*Periodicità dei rilievi per le polveri:* i due periodi indicati, inverno ed estate, sono finalizzati a caratterizzare rispettivamente il primo frequenti condizioni atmosferiche di accumulo, emissioni antropogeniche a regime, inquinanti primari o secondari non generati da reazioni indotte dalla radiazione solare e dalle temperature elevate; il secondo è utile a caratterizzare inquinanti fotochimici, condizioni di massimo rimescolamento atmosferico, o sorgenti specifiche quali le attività agricole.

*Analisi metalli su polveri:* queste saranno effettuate su sette campioni validi in fase AO e PO; in fase CO su un numero di campioni pari al numero di giorni di misura delle polveri per le campagne con durata inferiore a 7 gg e su 7 campioni per le campagne di misura di durata superiore a 7 gg.

## METEO

In considerazione delle caratteristiche del territorio attraversato non è necessario che ogni sito di indagine sia fornito di stazione meteo. Infatti una stazione meteorologica, nel territorio interessato dall'infrastruttura, può caratterizzare un ambito ampio circa 20-25 km in funzione anche dell'uniformità dell'orografia. Pertanto è in tale ambito che possono essere ricercati i dati previsti. In fase CO è prevista l'installazione di 2 centraline meteorologiche fisse (in corrispondenza dei punti ATM-D-004 ed ATM-C-018). In fase di P.O. tali centraline potrebbero essere passate in proprietà dell'ARPA Sicilia, considerando una restituzione dei dati per almeno 2 anni dall'entrata in esercizio dell'opera. Tali centraline saranno corredate da un sistema di chiamata in remoto che permette di scaricare i dati tramite GSM (od altro sistema) direttamente sul pc del personale autorizzato ad effettuare la chiamata.

Per quanto concerne i ricettori di tipo B durante il CO, questi non possono essere definiti a priori proprio per la funzione di seguire le attività di costruzione; è stato quindi definito l'ambito in cui questi devono essere localizzati e sono stati indicati i potenziali punti di misura.

### **4.2.1. Durata e periodicità delle misure**

Si osserva che:

1. i rilievi effettuati con campionatori passivi necessitano di un mese di posizionamento in situ per poter garantire una misura significativa;
2. i rilievi effettuati in ambito urbano, in considerazione della variabilità dei contributi delle sorgenti potenzialmente presenti, richiedono, per una caratterizzazione significativa, almeno un mese di misura;
3. i rilievi di polveri in fase CO: hanno una durata indicativa di 7 giorni che può essere estesa / ridotta in relazione alle lavorazioni svolte e su indicazione del Responsabile Ambientale in fase di programmazione delle attività di misura.

Tutte le misure previste in fase AO e PO saranno eseguite contemporaneamente quando il periodo in cui si può svolgere la campagna coincide.

Per le indagini di Tipo C, le cui misure saranno realizzate in periodi diversi (come evidenziato nella tabella sopra) saranno individuate le centraline meteorologiche di riferimento e acquisiti i dati.

In particolare per quanto attiene i rilievi e campionamenti da effettuare in CO, si evidenzia quanto segue.

La scelta di assumere come punti di monitoraggio ricettori prossimi all'area di lavoro la cui programmazione delle attività di misura non prevede campagne con periodicità definita (Tipo B1), ma variabile in funzione del cronoprogramma delle attività di costruzione e, come detto sopra, di valutare, in particolare, la concentrazione del particolato totale e non esclusivamente di quello sottile, risponde all'esigenza di individuare efficacemente il disturbo.

A tale scopo per tutto il periodo di costruzione dell'infrastruttura saranno a disposizione 3 strumenti per il rilievo delle polveri (PTS e PM<sub>10</sub>); trattasi di sistemi rilocalizzabili agevolmente che permetteranno di seguire le attività di costruzione e garantire al Responsabile Ambientale la flessibilità necessaria per garantire un monitoraggio dinamico.

Non si presenta alcun problema per le misure con campionatori passivi essendo sistemi che richiedono esclusivamente di essere posizionati in opportuni siti.

La pianificazione dei rilievi dovrà essere effettuata tale da distribuire nel tempo le misure in modo omogeneo su tutta le aree di lavoro, anziché procedere progressivamente dalla prima all'ultima chilometrica. Si eviterà dunque di concentrare tutti i rilievi temporalmente vicini in ambiti spazialmente vicini, adottando una tecnica di campionamento alternato dei cantieri.

In caso di insorgenza di criticità impreviste o di modifica del cronoprogramma stabilito, il Ra potrà sempre contattare la squadra di rilevamento per dirottare la misura nel luogo opportuno senza necessità di richiedere misure supplementari ai fornitori e senza attivazione di procedure aggiuntive per la gestione delle eccezioni.

## 5. ATTIVITA' DI MISURA

Le attività di misura si distinguono in due sezioni; le attività in campo e le attività in sede. Le figure coinvolte in tali attività sono l'Oc, come figura che esegue il rilievo, ed il GMA, come struttura decisionale e organizzativa delle attività di misura. Di seguito si illustrano le due fasi del monitoraggio evidenziando i ruoli da attribuire alle due figure coinvolte.

### 5.1. Attività in campo

L'attività in campo, gestita dal GMA, viene realizzata interamente in situ da tecnici appositamente selezionati, che devono provvedere alle attività necessarie per la compilazione delle schede di misura (riportate in allegato), per la restituzione dei dati e per un corretto campionamento. Di seguito si descrivono i processi decisionali delle attività di misura.

#### 5.1.1. Sopralluogo in campo

Sarà necessario effettuare un sopralluogo finalizzato a verificare tutte le condizioni riportate al cap. 4.2 e a definire i punti di monitoraggio; tale sopralluogo interesserà sia l'Oc sia un rappresentante del GMA per concordare il punto di prelievo. Durante tale sopralluogo sarà possibile compilare la sezione della scheda di monitoraggio dedicata alla "Localizzazione geografica", in particolare il campo "Accesso al punto di misura"; in tal modo il personale addetto al rilievo disporrà di tutte le informazioni per accedere al punto di monitoraggio prescelto. Saranno anche effettuate fotografie e sarà riportato, nella scheda, uno stralcio cartografico con indicata l'ubicazione del punto di monitoraggio. Sarà identificata la centralina meteorologica di riferimento.

Il sopralluogo sarà effettuato una sola volta prima di qualsiasi attività di misura.

#### 5.1.2. Acquisizione dei permessi

Durante il sopralluogo, qualora per accedere alla sezione di campionamento si renda necessario attraversare proprietà private, si potrà procedere all'acquisizione di un permesso scritto in cui saranno indicati:

- le modalità di accesso alla sezione di misura;
- l'attività che sarà svolta dal personale tecnico;
- il codice del punto di monitoraggio;
- le modalità di rimborso di eventuali danni arrecati alla proprietà.

Il permesso sarà acquisito sia in presenza dell'Oc sia di un rappresentante del GMA.

### 5.1.3. Attività di misura

L'attività di misura e di campionamento dovrà essere effettuata da Oc nelle fasi AO e PO, mentre sarà effettuata dalla stessa struttura del GMA in fase di costruzione nella funzione dell'Ac. Per la componente atmosfera l'attività di misura in campo consiste preliminarmente nella verifica delle corrette condizioni per il rilievo rispetto le lavorazioni in corso; tale attività risulta fondamentale in particolare nella fase di CO in quanto l'operatore, nel caso specifico Ac, oltre la verifica delle buone condizioni tecniche per l'esecuzione del rilievo, dovrà verificare che le attività di costruzione in corso siano esattamente quelle per le quali il GMA ha previsto il controllo a seguito dell'analisi del programma di cantiere.

Si possono presentare due casi:

1. il rilievo non può avere luogo: qualora ciò accada Oc o Ac dovrà informare tempestivamente il Ra e valutare con lo stesso come procedere. Potranno verificarsi almeno due casi:

si sono verificate alterazioni significative delle condizioni iniziali in prossimità del punto di monitoraggio. Il Ra potrà valutare l'opportunità di effettuare un sopralluogo congiunto con l'Oc e/o l'Ac e procedere alla rilocalizzazione del punto di monitoraggio. La rilocalizzazione comporterà la definizione di un nuovo punto di monitoraggio e la soppressione del precedente; pertanto il Ra dovrà procedere ad un aggiornamento dell'elenco dei punti di misura e all'effettuazione del sopralluogo come descritto al cap. 8.1.1 ed alla eventuale richiesta di un nuovo permesso di accesso alle proprietà private come descritto al cap. 8.1.2.

non sono in corso le attività di costruzione per le quali il Ra aveva stabilito il monitoraggio: il Ra, sentito il personale di cantiere, potrà decidere di effettuare il campionamento o concordare con l'Ac una nuova data in relazione agli obiettivi di monitoraggio fissati.

2. il rilievo può avere luogo: qualora sia svolta l'attività di misura saranno compilate le sezioni della scheda di misura dedicate alla descrizione:

delle attività di costruzione in corso; quando possibile l'Ac dovrà acquisire, in fase CO, informazioni relativamente alle attività di costruzione svolte nei giorni precedenti il campionamento;

della posizione rispetto la potenziale interferenza, sia essa di fronte avanzamento lavori sia di cantiere;

della strumentazione utilizzata;

della centralina meteorologica di riferimento;

della data di inizio del rilievo;

i codici dei filtri/campionatori messi in campo per ogni tipologia di indagine (polveri, gas, campionatori passivi).



Al termine della misura l'Oc (l'Ac in fase CO) provvederà a recuperare la strumentazione e, nella fase CO, a rilocalizzarla ove indicato dal Gruppo di Monitoraggio Ambientale. L'Oc (l'Ac nella fase di cantiere) scaricheranno dagli strumenti, quelli per i quali è possibile, i dati nel formato originale; in fase CO, l'Ac provvederà ad inviare i campioni al laboratorio di analisi.

## **5.2. Attività in sede**

L'attività di misura in campo prevede un'organizzazione preliminare che passa attraverso l'analisi del programma di cantiere richiesto dal GMA alle imprese di costruzione e la preparazione di tutto il materiale necessario per il campionamento (filtri, campionatori passivi, sistemi automatici, ...). L'attività successiva a quella di campo richiede che tutti i dati siano organizzati, che le analisi siano effettuate nel minor tempo possibile e che l'Oc (l'Ac in fase CO) inserisca tutti i dati del SIT per permettere al GMA l'analisi e la validazione degli stessi dati.

Le figure coinvolte in tale attività sono l'Oc, il GMA e il capo cantiere per eventuale richiesta di chiarimenti in relazione alle attività di costruzione.

Tale attività è ancor più indispensabile nella fase CO per poter controllare le potenziali interferenze e poterle correlare alle lavorazioni svolte; è responsabilità del GMA acquisire tutte le informazioni necessarie per programmazione dell'attività di monitoraggio.

### **5.2.1. Attività preventiva all'uscita in campo**

Di seguito viene illustrato il flusso decisionale delle attività di misura.

1. il GMA richiede alle imprese di costruzioni l'aggiornamento della programmazione di cantiere;
2. il GMA decide il programma delle attività di monitoraggio;
3. il GMA comunica il piano di monitoraggio all'Oc (all'Ac in fase CO) ;
4. l'Oc (l'Ac in fase CO) conferma la fattibilità dei rilievi richiesti;
5. il GMA avvisa gli enti di controllo del possibile programma di rilievi;
6. il GMA richiede conferma dell'esecuzione del rilievo il giorno precedente alla data di misura programmata;
7. il GMA conferma la data del rilievo all'ente di controllo il giorno precedente.

Successivamente a tale iter segue quello descritto al cap. 8.1.3.

### **5.2.2. Attività successiva all'uscita in campo**

Una volta rientrato in sede l'Oc (l'Ac nella fase di CO):

1. porterà al laboratorio, quanto prima, nel caso di buon esito dell'attività di campionamento, i campioni acquisiti;
2. comunicherà l'esito del monitoraggio al GMA; tale attività sarà svolta in ogni caso anche qualora siano avvenuti colloqui telefonici durante l'attività in campo; la comunicazione dell'avvenuto o non avvenuto rilievo sarà realizzata tramite il SIT compilando i campi relativi al nome operatore, data, foto, note;
3. trasferirà sulla scheda di misura informatizzata quanto registrato in campo;
4. invierà i dati di campo al GMA tramite il SIT;
5. compilerà la parte delle scheda di misura per la sezione dedicata alle analisi di laboratorio non appena queste saranno disponibili

La scheda si compone di una sezione generale dedicata all'inquadramento della postazione di misura per ogni tipologia di rilievo, come descritto al capitolo 8.1.3. Si compileranno i campi in funzione del tipo di rilievo:

dati di polveri: sia per PTS sia per PM<sub>10</sub> saranno riportati i dati giornalieri con indicazione del codice del campione, i valori massimi, medi e minimi registrati; saranno inoltre elaborati grafici che illustrano il trend temporale del parametro;

dati inquinanti gassosi: saranno riportati i valori medi giornalieri ed il valore medio, minimo e massimo dell'intera campagna di misura; saranno inoltre elaborati grafici che illustrano il trend temporale del parametro;

dati campionatori passivi: sarà indicato il valore registrato ed il codice del campione;

dati meteorologici: saranno riportati i valori medi giornalieri ed il valore medio, minimo e massimo dell'intera campagna di misura; saranno inoltre elaborati grafici che illustrano il trend temporale della pioggia, della velocità del vento, della temperatura, la rosa dei venti, l'umidità, la radiazione netta e globale;

6. invierà tutti i dati acquisiti e non ancora trasmessi (le analisi di laboratorio) al GMA tramite il SIT corredati da una propria valutazione; contestualmente sarà caricata nel SIT la scheda di misura completa in ogni sua parte.

Non appena i dati saranno disponibili sul SIT, il GMA procederà alla valutazione ed analisi degli stessi.

### 5.3. Analisi dei dati

I valori riportati rappresentano limiti attualmente vigenti.

**Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DM 60/2002  
in recepimento della dir 2000/69/CE**

Inquinante	Tipo di limite	Limite	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Monossido di carbonio	valore limite per la protezione della salute umana	10 mg/m <sup>3</sup>	media massima giornaliera su 8 ore	86 mg/m <sup>3</sup> (*)	1/1/2005
Benzene	valore limite per la protezione della salute umana	5 µg/m <sup>3</sup>	media annuale	100%(**)	1/1/2010

(\*) All'entrata in vigore della direttiva 2000/69/CE, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2003 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005

(\*\*) All'entrata in vigore della direttiva 2000/69/CE, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2006 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

**Limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria indicati dal DM 60/2002 in recepimento della dir 1999/30/CE**

Inquinante	Tipo di limite	Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Tempo di mediazione dati	Margine di tolleranza	Entrata in vigore
Biossido di azoto	valore limite per la protezione della salute umana (da non superare più di 18 volte l'anno)	250	media oraria	50% (**)	1/1/2005
		240			1/1/2006
		230			1/1/2007
		200			1/1/2010
	valore limite per la protezione della salute umana	50	media annuale	50% (**)	1/1/2005
		48			1/1/2006
		46			1/1/2007
		40			1/1/2010
Ossidi di azoto	valore limite per la protezione degli ecosistemi	30	media annuale	nessuno	19/7/2010
PM10 (fase 1)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	media nelle 24 ore	50% (**)	1/1/2005

	valore limite per la protezione della salute umana	40	media anno	20% (*)	1/1/2005
PM10 (fase 2)	valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 7 volte l'anno)	media nelle 24 ore	(in base ai dati; deve essere equivalente al val.lim.fase 1)	1/1/2010
	valore limite per la protezione della salute umana	20	media annuale	50% (***)	1/1/2010 <sup>2</sup>

(\*) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005.

(\*\*) All'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2010.

(\*\*\*) Al 1 gennaio 2005 con riduzione ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% entro il 1 gennaio 2010.

Tuttavia va tenuto presente che l'individuazione di superamenti rispetto ai valori tabellati comporta preliminarmente una verifica della corretta esecuzione del campionamento e dell'analisi.

In particolare si evidenzia che per la fase di CO i valori evidenziati in grassetto nelle tabelle precedenti potranno essere utili riferimenti, ma non dovranno essere considerati come unico sistema di analisi dei dati in considerazione del fatto che il trend giornaliero, settimanale e mensile del parametro può evidenziare modificazioni che poi si rilevano essere temporanee di breve durata perché breve è la fase lavorativa ad esse connesse.

Così come l'esercizio dell'infrastruttura può comportare modificazioni sia in prossimità del tracciato sia in aree più distanti per la presenza dei contributi emissivi del traffico veicolare. L'analisi dei dati acquisiti in questa fase risulta particolarmente critica in considerazione del fatto che altri sorgenti emissive, analoghe a quella oggetto della presente relazione, possono contribuire ai livelli di concentrazioni misurati. Si dovranno definire le dinamiche della rete viaria significativa, valutare le indicazioni derivanti dalle indagini effettuate con i campionatori passivi, che realizzate anche durante tutta la fase CO, saranno ottimi indicatori per individuare eventuali modificazioni intervenute su scala ampia. Il percorso di analisi del dato sarà effettuato dal GMA che, nella funzione del Ra, potrà, qualora lo ritenga necessario, richiedere chiarimenti:

- agli Oc/Ac: per verificare che non vi sia stata commistione fra i campioni, che la conservazione degli stessi sia stata effettuata correttamente e per sapere la data di consegna al laboratorio;

<sup>2</sup> Il valore limite per la protezione della salute umana per gli anni 2006 e 2007 è pari a 30 µg/m<sup>3</sup>

- all'analista di laboratorio: per verificare la corretta preparazione del campione alla misura e poi all'analisi, la taratura della strumentazione di laboratorio, il certificato di analisi rispetto ai dati numerici caricati sul SIT, la data di analisi;
- agli Ac: per verificare le attività connesse al progetto svolte nell'area indagata, le eventuali evidenze emerse durante i campionamenti, le condizioni delle aree limitrofe al sito di indagine;
- all'impresa di costruzione: per verificare le modalità di conduzione durante le attività di costruzione e di dismissione della stessa.

A seguito delle informazioni acquisite il Ra potrà:

- programmare altri campionamenti, anche su un'area più ampia di quella strettamente connessa con il punto di monitoraggio;
- integrare le analisi da effettuare;
- proporre modifiche alle modalità di costruzione;
- proporre la sospensione delle attività di costruzione.

## 6. RESTITUZIONE DEI DATI

Nel corso del monitoraggio saranno rese disponibili le seguenti informazioni:

1. Schede di misura
2. Relazioni di fase in AO
3. Relazioni annuali in CO
4. Dati disponibili sul SIT

I modelli delle schede di misura, sono riportati nell'elaborato PM03 AMB RE01.

### Relazione AO

Il documento illustrare i risultati delle attività preliminari di acquisizione dati, dei sopralluoghi effettuati, delle campagne di misura compiute e delle elaborazioni sui dati.

Saranno allegati le Schede di misura compilate durante le operazioni di misura e successive analisi di laboratorio; i Certificati delle analisi di laboratorio.

### Relazione CO

Al fine di fornire una sintesi dei dati acquisiti, delle elaborazioni ed analisi effettuate nell'anno di riferimento, una valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di progetto e di quelle eventualmente introdotte a seguito delle risultanze del monitoraggio stesso, saranno redatte relazioni annuali durante le fasi CO.

Saranno allegati le Schede di misura compilate durante le operazioni di misura e successive analisi di laboratorio; i Certificati delle analisi di laboratorio.

### Relazione PO

La relazione riporta una sintesi dei dati acquisiti, delle elaborazioni ed analisi effettuate nell'anno di riferimento, una valutazione dell'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di progetto e di quelle eventualmente introdotte a seguito delle risultanze del monitoraggio stesso, saranno redatte relazioni annuali durante la fase PO. Allegati al documento saranno le Schede di misura compilate durante le operazioni di misura e successive analisi di laboratorio; i Certificati delle analisi di laboratorio

Il monitoraggio ambientale, proprio perché attività di presidio ambientale richiede la maggiore tempestività nella restituzione dei dati, in particolare nella fase di CO, al fine di consentire un efficace intervento da parte del Ra laddove si riscontrassero situazioni di criticità. La redazione di report di misura periodici consente una interpretazione del dato soltanto a posteriori, quando presumibilmente l'interferenza potrebbe aver esaurito la sua fase più critica, e non si ritiene quindi utile ai fini del monitoraggio.

Il rapido accesso ai dati sarà assicurato dal SIT, che consentirà al Ra di gestire in modo tempestivo l'acquisizione ed il processo di analisi delle misure di monitoraggio; una volta validati dal Ra, i dati saranno resi disponibili agli organismi di controllo e alle amministrazioni territoriali coinvolte.

## 7. PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

La tabella riporta in sintesi le attività previste e suddivise per le tre fasi di M.A.

### STATO ANTE-OPERAM

Codice punto	Coordinate X Y	Prog.	Tipo <sup>3</sup>	Frequenza <sup>4</sup>	DURATA	PERIODO	STRUMENTAZIONE	NOTE RICETTORE
ATM-001	2421668; 4140925	0+000 (0,8 km SO)	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-002	2423496; 4142190	1+400	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-003	2425870; 4144269	4+400 (0,6 km NE)	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-004	2428989;	7+800	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE;	-

<sup>3</sup> Cfr SCHEDA TIPO DI RIFERIMENTO

<sup>4</sup> N. di ripetizioni per questa fase

	4145224						SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	
ATM-005	2429960; 4145630	8+800	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-006	2431279; 4146347	10+300	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-007	2432264; 4147179	11+600	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-008	2432612; 4147809	12+400	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-009	2433848; 4147881	13+000	A	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-010	2435019; 4149710	15+700	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-



ATM-011	2435533; 4151045	17+200	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-012	2436271; 4152857	18+800	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-013	2436608; 4153493	19+300	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-014	2436705; 4155539	20+200 (2 km NO)	A	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-015	2437659; 4153586	20+500	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-016	2439719; 4154345	22+500	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-017	2440851; 4155124	24+000	C	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	CAMPIONAMENTI PASSIVI	-

ATM-018	2442072; 4154896	25+300	C	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	CAMPIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-019	2443652; 4155511	27+400	C	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	CAMPIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-020	2440187; 4150380	22+100 (3,8 km S)	A	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-021	2436286; 4154751	19+700 (1,4 km NO)	A	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-022	2438129; 4151956	20+400 (1,7 km S)	A	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-

**STATO CORSO D'OPERA**

Codice punto	Coordinate X Y	Prog.	Tipo <sup>5</sup>	Frequenza <sup>6</sup>	DURATA	PERIODO	STRUMENTAZIONE	NOTE RICETTORE
ATM-001	2421668; 4140925	0+000 (0,8 km SO)	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-002	2423496; 4142190	1+400	D	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-003	2425870; 4144269	4+600 (0,6 km NE)	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-004	2428989; 4145224	7+800	D	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-

<sup>5</sup> Cfr SCHEDE TIPO DI RIFERIMENTO<sup>6</sup> N. di ripetizioni per questa fase

ATM-005	2429960; 4145630	8+800	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-006	2431279; 4146347	10+300	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-007	2432264; 4147179	11+600	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-008	2432612; 4147809	12+400	D	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-011	2435533; 4151045	17+200	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-012	2436271; 4152857	18+800	B	1-2 RIPETIZIONI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-013	2436608; 4153493	19+300	D	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM-	-

							PIONAMENTI PASSIVI	
ATM-014	2436705; 4155539	20+200	A	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-015	2437659; 4153586	20+500	B	1-2 RIPETIZIO- NI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-016	2439719; 4154345	22+500	B	1-2 RIPETIZIO- NI (*)	7 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-020	2440187; 4150380	22+100 (3,8 km S)	A	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-021	2436286; 4154751	19+650 (1,4 km NO)	A	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-022	2438129; 4151956	20+400 (1,7 km S)	A	2 RIPETIZIONI (*)	7 – 15 GIORNI	48 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-

## NOTE

La scelta dell'esecuzione dei rilievi sarà fatta dal Responsabile Ambientale, identificando la fase più critica tramite il cronoprogramma dei lavori. Le ripetizioni dei rilievi per ciascuna postazione devono essere due (\*).

**STATO POST-OPERAM**

Codice punto	Coordinate X Y	Prog.	Tipo <sup>7</sup>	Frequenza <sup>8</sup>	DURATA	PERIODO	STRUMENTAZIONE	NOTE RICETTORE
ATM-002	2423496; 4142190	1+400	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-004	2428989; 4145224	7+800	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-005	2429960; 4145630	8+800	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-

<sup>7</sup> Cfr SCHEDA TIPO DI RIFERIMENTO

<sup>8</sup> N. di ripetizioni per questa fase

ATM-006	2431279; 4146347	10+300	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-007	2432264; 4147179	11+600	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-008	2432612; 4147809	12+400	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-009	2433848; 4147881	13+000	A	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-010	2435019; 4149710	15+700	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-011	2435533; 4151045	17+200	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-012	2436271; 4152857	18+800	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM-	-

							PIONAMENTI PASSIVI	
ATM-013	2436608; 4153493	19+300	D	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-015	2437659; 4153586	20+500	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-016	2439719; 4154345	22+500	B	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	MEZZO MOBILE; SKYPOST; CAM- PIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-017	2440851; 4155124	24+000	C	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	CAMPIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-018	2442072; 4154896	25+300	C	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	CAMPIONAMENTI PASSIVI	-
ATM-019	2443652; 4155511	27+400	C	SEMESTRALE	30 GIORNI	12 MESI	CAMPIONAMENTI PASSIVI	-