


## ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA  
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO  
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

### PROGETTO ESECUTIVO

<b>CONTRAENTE GENERALE:</b>  	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i>  Ing. Federico Montanari	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i>  Ing. Salvatore Lieto
--	--	---

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese Mandataria:			
			

<b>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'ATI</b>  Ing. Antonio Grimaldi  GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni  COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale			
--	---	--	---

<b>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b>  Ing. Giulio Petrizzelli		
--	--	--

<b>2.1.2 PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b> Secondo stralcio funzionale: Matelica Nord – Matelica sud/Castelraimondo nord <b>MONITORAGGIO AMBIENTALE</b> COMPONENTE ATMOSFERA Relazione specialistica	SCALA:  -  DATA:  Dicembre 2016
---	---

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
	L 0 7 0 3	2 1 2	E	2 7	M A 0 3 0 0	REL	0 1	B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Dic-2016	Emissione per progetto esecutivo	ARIEN	D.D'Alessandro	S. Lieto	A. Grimaldi
B	Giu-2017	Revisione a seguito osservazioni RINA	ARIEN	D.D'Alessandro	S. Lieto	A. Grimaldi

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO .....</b>	<b>5</b>
3.1.	Normativa comunitaria.....	5
3.2.	Normativa nazionale.....	5
3.3.	Normativa regionale .....	8
3.4.	Normativa Tecnica .....	9
3.5.	Documenti di riferimento.....	9
<b>4.</b>	<b>OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI .....</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>11</b>
5.1.	Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario.....	11
5.2.	Fonti specifiche di inquinamento atmosferico in fase di costruzione .....	18
<b>6.</b>	<b>STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI ALLA REDAZIONE DEL PMA .....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE PER IL FATTORE ATMOSFERA (PMA/A).....</b>	<b>24</b>
7.1.	Attività di monitoraggio ambientale di un'infrastruttura viaria .....	24
7.2.	Parametri di rilievo e modalità delle misure .....	26
7.2.1.	<i>Inquinanti gassosi</i> .....	27
7.2.2.	<i>Inquinanti particellari</i> .....	29
7.2.3.	<i>Stazione meteorologica</i> .....	30
<b>8.</b>	<b>IDENTIFICAZIONE PUNTI DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>32</b>
8.1.	Criteri di base adottati nella selezione.....	32
8.2.	Sopralluogo in campo .....	34
8.3.	Identificazione dei punti.....	34
<b>9.</b>	<b>ATTIVITA' DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>36</b>
9.1.	Monitoraggio ante operam (AO) .....	36
9.2.	Monitoraggio in corso d'opera (CO).....	37
9.3.	Monitoraggio <i>post operam</i> (PO) .....	37
9.4.	Emergenze.....	38
<b>10.</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO ESEGUITE NELLA FASE ANTE OPERAM.....</b>	<b>39</b>
<b>11.</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>53</b>
11.1.	Allegato 1 – Schede di campionamento.....	54
11.2.	Allegato 2 – Scheda di monitoraggio tipo.....	84

## 1. PREMESSA

La presente relazione costituisce la sezione del Piano di Monitoraggio Ambientale relativa alla componente "Atmosfera" (PMA/A), per la strada Pedemontana Marchigiana, che costituisce l'elemento di completamento tra le due direttrici "S.S.76" Vallesina e "S.S.77" Val di Chienti; in particolare qui viene preso in esame il secondo lotto funzionale, nel tratto dallo Svincolo di Matelica nord allo Svincolo di Castelraimondo nord. di lunghezza pari a 8,4 km, che si sviluppa, da Nord verso Sud, attraverso un tracciato con sezione tipo C1 (secondo il D.M. 05/11/2001) composto da un asse principale e tre svincoli:

- Svincolo di Matelica Ovest;
- Svincolo di Matelica Sud;
- Svincolo di Castelraimondo Nord.

Il presente elaborato è stato redatto tenendo conto delle criticità emerse nell'iter approvativo dei precedenti livelli di progettazione, nonché di quelle rilevate in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva.

In ottemperanza alla prescrizione n.3 della delibera CIPE 23 dicembre 2015, la presente relazione è stata redatta in continuità operativa con i PMA di tutti i sublotti della Pedemontana, adottandone i medesimi criteri per quanto attiene all'individuazione dei punti di monitoraggio, alle tipologie di misure ed alle modalità di restituzione dei dati.

Le modalità operative del monitoraggio sono le medesime di quelle adottate su gli altri lotti della SS 318 e SS 76, nonché per il I° stralcio funzionale della Pedemontana Marche.

In particolare per ciascuna fase del monitoraggio AO, CO, PO le modalità operative prevedono:

- Schede di sopralluogo;
- Attività in campo;
- Misure di laboratorio;
- Schede di monitoraggio;
- Relazioni semestrali e/o di fase;
- Pubblicazione e divulgazione dati con piattaforma web-gis.

## 2. OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio della qualità dell'aria hanno il fine di caratterizzare la commutazione *ante/post operam* a carico dei ricettori maggiormente esposti, in modo diretto o indiretto, alle immissioni in atmosfera di refluì gassosi e pulverulenti indesiderati e/o nocivi, anche di qualificare l'ambiente relativo alla componente in corso d'opera, per effetto delle seguenti attività:

- allestimento dei cantieri fissi al servizio dell'opera (campi base, aree di prelievo/deposito/stoccaggio di materiali lapidei e terrosi, ecc.); attività antropiche e lavorazioni centralizzate all'interno dei suddetti siti puntuali; loro ripiegamento al termine delle operazioni costruttive;
- impianto e gestione dei cantieri temporanei per l'esecuzione delle seguenti principali opere d'arte:
  - Viadotto "Pagliano",
  - Ponte "Faranghe"
  - Viadotto "Esino"
  - Ponte "Fratte"
  - Ponte "Mistriano"
  - Galleria naturale "Croce di Calle"
  - Galleria naturale "Mistranello"
  - Svincolo di Matelica Ovest - Esanatoglia
  - Svincolo di Matelica Sud – Castelraimondo Nord
- lavorazioni diffuse nei cantieri mobili per la realizzazione dei diversi corpi viari distribuiti lungo il tracciato e delle opere d'arte minori (attraversamenti stradali ed idraulici, strutture di contenimento ed opere di protezione spondale);
- transito di mezzi pesanti e/o operativi di cantiere su tratti stradali della rete esistente e su piste provvisorie.

I parametri rilevati durante il monitoraggio, opportunamente memorizzati ed elaborati, saranno parte anche di un sistema informativo che consenta una adeguata comunicazione del livello di interferenza delle attività di costruzione sulla componente.

I parametri interessati dal monitoraggio saranno le polveri, in tutte le forme in cui esse generano impatto (polveri totali sospese, fini) e i principali inquinanti da traffico; sarà inoltre prevista la misura (anche tramite sistemi di rilevamento già esistenti sul territorio nazionale) di altri parametri quali i meteoroclimatici necessari a valutare la diffusione ed il trasporto a distanza dell'inquinamento atmosferico.

### 3. QUADRO DI RIFERIMENTO TECNICO E NORMATIVO

Si richiama nel seguito la legislazione e la normativa tecnica applicabile all'inquinamento atmosferico, avvertendo tuttavia che la continua evoluzione di cui essa è oggetto, sia a livello internazionale ed nazionale che su base regionale, potrebbe indurre qualche variazione nel periodo applicativo, di cui si terrà opportunamente conto *in itinere*.

#### 3.1. Normativa comunitaria

- DIRETTIVA 2008/50/CE del 21.05.2008: qualità dell'aria ambiente e per un'aria pulita in europa.
- DIRETTIVA 2002/3/CE del 12.02.2002: valori bersaglio dell'ozono
- DIRETTIVA 2000/69/CE del 16.11.2000: valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente.
- DIRETTIVA 1999/30/CE del 22.04.1999: valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo
- DIRETTIVA 1996/62/CE del 27.09.1996: valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente.

#### 3.2. Normativa nazionale

- D.LGS. 13.08.2010 n. 155: "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".
- D.LGS. 09.04.2008 n. 81: "Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro - Attuazione articolo 1 della legge 123/2007 - Abrogazione Dlgs 626/1994";
- D.L. 03.08.2007, n. 152: attuazione della Direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.
- D.LGS. 03.04.2006, n. 152: Norme in materia di ambiente così come modificato dal D. Lgs. 16.01.2008 n. 4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 03.04.2006 n. 152 recante norme in materia di ambiente.
- D. LGS. 21.05.2004, n. 183: attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria.
- D.M. 1 ottobre 2002, n. 261 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del D.Lgs. 4 agosto 1999, n. 351.
- D.M. 02.04.2002, n.60: " Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22.04.1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di Zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio";
- D.M. 25.08.2000: "Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti, ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24.05.1988, n. 203".
- D.L. 04.08.1999, n.351: "Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente";
- D.M. 21.04.1999, n.163: "Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione";

- D.M. 14.05.1996: “Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257”;
- D.M.A. 25.11.1994: “Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15.04.1994”;
- D.M. 06.09.1994: “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27.03.1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto”;
- D.M. 15.04.1994: “Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del DPR 24.05.1988, n. 203, e dell'art. 9 del DM. 20.05.1991”;
- D.M.A. 12.11.1992: “Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria”;
- D.M.A. 06.05.1992: “Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio”;
- D.M.A. 20.05.1991: “Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria”.;
- D.P.C.M. 28.3.1983, n. 30: “Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno”.

I valori limite di riferimento (livelli di attenzione e di allarme) fissati dal DM n. 60 del 02/04/2002 e dal Dlgs n. 155 del 13/08/2010 con cui sono stati confrontati i dati del presente monitoraggio sono riportati di seguito.

<b>Biossido di zolfo - SO<sub>2</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>		
Soglia di allarme	Valore limite orario	Valore limite di 24 ore
500 µg/m <sup>3</sup> misurato per 3 ore consecutive	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte/anno civili	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte/anno civile
<b>Biossido di azoto - NO<sub>2</sub> (rif. DM 60/2002)</b>		
Soglia di allarme	Valore limite orario	Valore limite annuale
400 µg/m <sup>3</sup> misurato per 3 ore consecutive	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte/anno civili	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ossidi di azoto - NO<sub>x</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>		

30 µg/ m3	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione
<b>Particolato - PM10 (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010 )</b>	
Valore limite annuale (*)	Valore limite di 24 ore (*)
20 µg/m <sup>3</sup>	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 7 volte/anno civile

(\*) Da una recente comunicazione del Ministero dell’Ambiente, il valore limite va considerato senza il margine di tolleranza (che deve essere utilizzato solo ai fini della zonizzazione). Da una comunicazione non ufficiale dello stesso Ministero risulta inoltre che si ha superamento quando la concentrazione è maggiore (e non maggiore e uguale) al valore limite di 50 µg/m<sup>3</sup>.

(\*\*) Per quanto riguarda le **Polveri Totali Sospese (PTS)**, tale inquinante non presenta più alcun valore limite di riferimento orario né giornaliero.

<b>PM 2,5 –Frazione polveri con diametro &lt;2,5 µm (D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>	
25 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale
20 µg/m <sup>3</sup>	Concentrazione media annuale (valore obiettivo entro il 2015)
<b>Monossido di carbonio – CO (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>	
Valore limite	Soglia di allarme
10 mg/m <sup>3</sup>	30 mg/m <sup>3</sup>
Media massima giornaliera su 8 ore	Concentrazione media giornaliera
<b>Benzene - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)</b>	
Valori limite	
5 µg/m <sup>3</sup> concentrazione media annuale	
<b>Ozono - O<sub>3</sub> (rif. DL 21-05-2004 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010 )</b>	
Soglia di informazione	Soglia di allarme

180 µg/m <sup>3</sup> concentrazione oraria	240 µg/m <sup>3</sup> misurato per 3 ore consecutive
<b>Polveri Totali Sospese - PTS (**)</b> (rif. DM 25-11-94 abrogato dal DM 60-2002)	
Livello di attenzione	Livello di allarme
150 µg/m <sup>3</sup>	300 µg/m <sup>3</sup>

<b>IPA - Idrocarburi Policiclici Aromatici</b> (rif. DM 25-11-94)	
1 ng/m <sup>3</sup>	Obiettivo di qualità

Le concentrazioni di Toluene e Xilene non sono normate dalla legislazione in materia; per questi idrocarburi si può utilizzare il limite di 1000 µg/m<sup>3</sup> proposto dall'OMS.

<b>Piombo - Pb</b> (rif. DM 60/2002 e D.Lgs n. 155 del 13/08/2010)	
0.5 µg/m <sup>3</sup>	Valore limite annuale

Per i metalli pesanti diversi dal Piombo si fa riferimento ai valori obiettivo per cadmio, arsenico e nichel del D.Lgs n. 155 del 13/08/2010, e ai Valori Guida WHO (2000) per il mercurio riportati nella tabella che segue.

	<b>D.Lgs n. 155 del 13/08/2010</b>	<b>Valori Guida WHO (2000)</b>
<b>Cadmio</b>	5 ng/m <sup>3</sup>	-
<b>Arsenico</b>	6 ng/m <sup>3</sup>	-
<b>Nichel</b>	20 ng/m <sup>3</sup>	-
<b>Mercurio</b>	-	1 µg/m <sup>3</sup>

I livelli di attenzione sono definiti come le concentrazioni di inquinanti atmosferici che determinano lo stato di attenzione, cioè una situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio di raggiungere lo stato d'allarme. Lo stato di allarme è definito come uno stato suscettibile di determinare una condizione di rischio ambientale e sanitario. Gli stati di attenzione o di allarme si raggiungono quando, al termine di un ciclo di monitoraggio, si rileva il superamento, per uno o più inquinanti, del livello di attenzione o di allarme.

### 3.3. Normativa regionale

- Circolare n.6 del 11 aprile 1989: "Nuove procedure relative agli adempimenti amministrativi e alle attività di controllo dell'inquinamento atmosferico previsti dal DPR 203/88".



### **3.4. Normativa Tecnica**

- Commissione Speciale per la Valutazione di impatto ambientale, “Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA)”.

### **3.5. Documenti di riferimento**

- S.I.A.: studio di impatto ambientale e relative integrazioni
- Integrazioni e modifiche allo Studio di impatto ambientale sul progetto preliminare;
- Progetto definitivo;
- Progetto esecutivo;
- Studi di settore;
- Delibera CIPE con relativi allegati n. 109 del 23 dicembre 2015.

#### 4. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI

La Delibera CIPE n. 109 del 23 dicembre 2015 contiene una serie di prescrizioni e raccomandazioni, di seguito riportate, riconducibili alla componente ATMOSFERA, che costituiscono un utile supporto per il monitoraggio della stessa.

In particolare:

Prescrizione n.2

*Il piano di monitoraggio ambientale allegato al progetto esecutivo dovrà adeguarsi alle norme tecniche dell'allegato XXI del decreto legislativo n. 163/2006 con particolare riguardo alla definizione delle soglie di attenzione e alle procedure di prevenzione e di risoluzione delle criticità già individuate da tutti i Soggetti competenti o che emergeranno dalle ulteriori rilevazioni ante-operam . Dovranno altresì essere giustificati alla luce delle predette valutazioni, tutti i criteri di campionamento nello spazio e nel tempo, esplicitando le modellistiche ed evidenziando in particolare le situazioni di criticità richiedenti misure più approfondite rispetto agli standard medi adottati.*

Prescrizione n.3

*Nel piano di monitoraggio ambientale dovranno adottarsi criteri omogenei per tutti i lotti della Pedemontana delle Marche.*

Prescrizione n.27

*Il monitoraggio ambientale dovrà essere eseguito sia ante-operam (durante il periodo di redazione del progetto esecutivo) che durante l'esecuzione dell'opera e post-operam.*

## 5. DEFINIZIONI E PARAMETRI DI RIFERIMENTO

### 5.1. Inquinamento atmosferico indotto dal traffico veicolare ordinario

Come è noto, i veicoli stradali traggono la capacità di movimento dalla trasformazione in potenza meccanica dell'energia chimica contenuta nei carburanti, mediante la loro ossidazione in un motore a combustione interna. Allo stato attuale della tecnica automobilistica, i carburanti sono in grande prevalenza i seguenti idrocarburi liquidi (composti organici di idrogeno e carbonio, a vario grado di complessità molecolare) provenienti da processi di distillazione e raffinazione di petrolio greggio:

- Benzina: miscela di idrocarburi leggeri (intervallo di distillazione 20÷200°C), che alimenta i motori ad accensione comandata (ciclo Otto), di cui prevalentemente sono dotate le autovetture per il trasporto delle persone;
- Gasolio: miscela di idrocarburi più pesanti (intervallo di distillazione 180÷360°C), che alimentano i motori ad accensione spontanea (ciclo Diesel), installati in Europa sulla quasi totalità dei veicoli commerciali, per il trasporto tanto delle persone che delle merci, e su una frazione minoritaria delle autovetture.

Molto meno diffuso (< 2% del consumo complessivo di carburanti per autotrazione in Europa) è l'impiego di:

- idrocarburi gassosi liquefatti: metano e gas di petrolio-GPL
- alcoli: miscele di composti organici ternari di carbonio, idrogeno e ossigeno, di provenienza dalla distillazione di prodotti vegetali fermentati.

In misura variabile, ma percentualmente assai ridotta, tutti i carburanti contengono anche altri prodotti:

- residui: componenti, tipicamente non idrocarburi, indesiderati, ma non economicamente riducibili nel processo di raffinazione dei greggi;
- additivi: prodotti di apporto nei prodotti commerciali, specialmente con funzione antidetonante per i motori ad accensione comandata.

Il processo chimico per la liberazione dell'energia consiste nell'ossidazione, mediante combustione confinata nella camera di scoppio, di una miscela (allo stato gassoso o di dispersione nebulizzata) di idrocarburi ed aria, in proporzioni controllate (tendenzialmente stechiometriche).

La formazione della miscela si attua in alternativa:

- nel carburatore, prima della compressione nei cilindri;
- direttamente in camera di scoppio, ove il carburante è immesso mediante iniezione nell'aria preventivamente aspirata e compressa.

La teorica reazione di ossidazione di una miscela puramente idrocarburaica ed in composizione perfettamente stechiometrica espellerebbe CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) ed H<sub>2</sub>O (vapor d'acqua), di cui solo la prima ha un effetto indesiderato su scala planetaria.

Invece, nella pratica tecnica, i motori scaricano altre sostanze, dagli effetti dannosi diretti per i ricettori che ne sono investiti (inquinamento primario) e/o in grado di dare luogo ad ulteriori reazioni nei circuiti di espulsione ed in atmosfera libera, con la formazione di altre sostanze nocive (inquinamento secondario).

Le cause generatrici degli inquinanti sono assai varie, complesse e non tutte perfettamente note negli intimi meccanismi; si distinguono per importanza le seguenti:

➤ Scostamento delle miscele detonanti dalle proporzioni stechiometriche.

Si definisce "rapporto di equivalenza Combustibile/Aria" di una generica miscela il rapporto fra l'effettiva composizione di questa (C/A)<sub>miscela</sub> e la corrispondente proporzione stechiometrica

(C/A)<sub>stech.</sub> □ □

Si considerano:

- approssimativamente stechiometriche le miscele caratterizzate da  $\Phi = 0.9 \div 1.1$  (rapporti in peso aria/combustibile  $16,5 \div 13,5$ );
- magre quelle con  $\Phi < 0.9$
- grasse quelle con  $\Phi > 1,1$ .

Per le miscele magre la qualità del processo di combustione è assai bassa: la loro accensione può perfino fallire, specialmente nei motori diesel. In presenza di miscele molto grasse i processi chimici di ossidazione soffrono per carenza dell'ossigeno comburente.

Il rapporto di miscelazione viene regolato (nel progetto e nella messa a punto dei motori dei veicoli) sul valore stechiometrico alla normale pressione atmosferica ed a regimi ordinari di crociera. Nondimeno esso tende:

- a) ad alterarsi con l'uso e con la vetustà del veicolo, che quindi deve essere sottoposto a manutenzione programmata e ordinariamente dovrebbe essere dismesso ad una certa anzianità;
- b) a squilibrarsi ad elevate altitudini, per la riduzione sia della pressione dell'aria che del suo contenuto percentuale d'ossigeno;
- c) a modificarsi rapidamente e profondamente con l'azione sull'acceleratore: valori elevati di  $\Phi$  vengono imposti nelle fasi di ripresa della velocità e nella marcia sotto sforzo; al contrario valori bassi possono registrarsi in corso di decelerazione sotto freno motore.

➤ Distorsioni nella propagazione della fiamma in camera di scoppio.

Secondo la tipologia di motore, la miscela può essere:

- preconfezionata nel carburatore ed introdotta per aspirazione e successivamente compressa nei cilindri;
- formata direttamente, mediante iniezione in pressione del carburante nell'aria già preventivamente compressa.

Lo scoppio può essere:

- procurato dalla scintilla fra i poli delle candele (ciclo Otto);
- spontaneo, per effetto delle condizioni di pressione e temperatura a cui la miscela detonante viene condotta dalla compressione (ciclo Diesel).

In ogni caso la fiamma si attiva in uno o più punti della camera di scoppio e procede a velocità subsonica secondo fronti che progressivamente ne investono il volume; così si libera il lavoro meccanico della pressione sul pistone, che imprime la rotazione all'albero. L'innesco di fronti di fiamma non tempestivi e/o non programmati produce distorsioni nella sincronia del meccanismo di scoppio (detonazioni); inoltre, anche nel comportamento ordinario, la fiamma tende ad estinguersi in prossimità delle pareti e non riesce ad insinuarsi negli anfratti dei cilindri (prodotti ad esempio da incrostazioni); infine parte del carburante è sottratta alla tempestiva combustione dall'adsorbimento nel lubrificante che riveste le pareti del cilindro, e viene rilasciata in altre fasi improprie del ciclo.

Per tutti questi motivi, parte del carburante resta del tutto o parzialmente incombusta.

➤ Evaporazioni dal circuito d'adduzione alla camera di scoppio

La perdita delle frazioni più volatili degli idrocarburi destinati all'alimentazione del motore è particolarmente sensibile:

- nei veicoli a benzina, per la maggiore evaporabilità delle miscele impiegate;
- dal serbatoio (in fase di rifornimento, particolarmente nei mesi estivi ed a seguito

dell'aumento di tensione di vapore per riscaldamento indotto dal motore in moto) e dal sistema di alimentazione (specialmente nelle autovetture a benzina a circuito aperto, con carburatore).

La moderna tecnologia dell'industria automobilistica riesce a ridurre l'incidenza delle perdite, ma i provvedimenti risultano parzialmente contrastati dai dispositivi per il trattamento delle emissioni di incombusti dal motore. In definitiva le evaporazioni non sono del tutto eliminabili.

➤ Ossidazione degli additivi antidetonanti.

Per controllare il fenomeno indesiderato della detonazione anticipata e/o non programmata, alle benzine vengono aggiunti speciali additivi non idrocarburici: il perfezionamento della tecnologia nell'industria petrolifera ha visto susseguirsi a questo scopo l'uso di piombo tetraetile ( $C_2H_5$ )<sub>4</sub> Pb, di piombo tetrametile (CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub> Pb, di ossigenati e di benzene.

La dissociazione e/o l'ossidazione di queste sostanze (che possono costituire anche l'1% in peso del carburante impiegato) genera altri prodotti tossici, destinati al rilascio in atmosfera sotto varie forme.

➤ Formazione di ossidi di azoto.

Alle severe condizioni di pressione (50÷100 atm) e temperatura (1000÷2800 K) che si determinano nella camera di scoppio, l'azoto dell'aria (presente nella miscela detonante in ogni tipo di motore, ma ordinariamente inerte) subisce reazioni di ossidazione, che sono attivate ed in qualche misura catalizzate dai gas combustibili, che in piccola percentuale residuano da un ciclo al successivo: il decorso del processo di formazione degli ossidi di azoto è quindi autoesaltante e viene incrementato dalla rapidità dei cicli e dal surriscaldamento del sistema. Ne deriva che le quantità prodotte sono crescenti con il regime del motore, in ragione più che proporzionale al numero di giri.

➤ Pirolisi termica e formazione di particolato.

Nelle descritte condizioni ambientali della camera di scoppio, le molecole idrocarburiche (specialmente quelle più complesse e pesanti, contenute nelle sferule grossolane, nebulizzate dall'iniezione in pressione o asportate dai veli lubrificanti) sono sottoposte a vigoroso *stress* termico, fino alla "pirolisi" (scissione in molecole più semplici), che libera atomi di carbonio; questi si aggregano in particelle solide (polveri) e si sottraggono al processo di combustione.

➤ Reazioni secondarie.

Gli inquinanti primari, prodotti nei processi sopra descritti in condizioni di elevate temperature e pressione, hanno pronunciate caratteristiche di instabilità chimica: sono quindi soggetti a reazioni secondarie, nel circuito di scarico ed in atmosfera, agevolate dai catalizzatori inseriti nelle marmitte o presenti nell'ambiente naturale, e/o procurate da assorbimenti energetici (specialmente dei raggi ultravioletti).

In relazione alle quantità ordinariamente prodotte dal traffico e/o alla loro nocività per i ricettori, si rivolge l'attenzione, nelle valutazioni quantitative degli inquinamenti atmosferici, ai seguenti principali gruppi omogenei di prodotti:

- a) Anidride carbonica CO<sub>2</sub>, ed anidride solforosa SO<sub>2</sub>, ordinari prodotti della combustione rispettivamente degli idrocarburi fossili e della loro principale impurità (zolfo e suoi sali).

L'anidride carbonica è un gas presente nell'atmosfera in ridotte percentuali: essa è indispensabile per il ciclo biologico delle piante (attivazione della sintesi clorofilliana), ma pone un grave problema all'ambiente con l'eccesso di produzione (derivato dall'uso di combustibili fossili nelle diverse attività antropiche, fra le quali il traffico veicolare copre una quota non trascura-

bile), in concomitanza ad un suo ridotto consumo (per contestuale eliminazione di ampie superfici di foresta). La conseguenza dello squilibrio è l'effetto serra (incremento della temperatura media dell'atmosfera) generato dalle capacità assorbenti di radiazioni infrarosse della stessa CO<sub>2</sub>.

Anche i composti dello zolfo sono ordinariamente presenti in atmosfera in varie forme chimiche, perché derivano da molteplici cicli biologici. L'attività dei motori a combustione interna è responsabile del rilascio diretto di anidride solforosa SO<sub>2</sub> (che transita in acido solforico, combinandosi con l'umidità atmosferica e con l'acqua di pioggia), in quantità proporzionale al contenuto di indesiderati composti solforati nei carburanti. Il danno ambientale conseguente è quello delle piogge acide (particolarmente pregiudizievoli per la flora).

E' comprensibile tuttavia come la scala planetaria dei problemi determinati da CO<sub>2</sub> ed SO<sub>2</sub> non collimi con l'impatto della singola opera infrastrutturale, ma riguardi al più la politica generale del trasporto (riequilibrio modale) e la ricerca industriale, applicata ai processi di raffinazione dei carburanti ed al progetto e produzione dei mezzi di trasporto alternativi.

- b) Monossido di carbonio CO, derivato da processi d'incompleta combustione, in carenza di ossigeno.

CO è un gas inodore ed incolore, che danneggia irreversibilmente l'emoglobina del sangue dei soggetti viventi esposti (con formazione di carbossiemoglobina CO-Hb) con effetti patologici anche gravi per l'uomo: le ricerche mediche hanno evidenziato che la percentuale di CO-Hb nel sangue è funzione crescente:

- delle concentrazioni nell'aria di CO,
- dell'attività svolta dal soggetto occasionalmente ricettore,
- del tempo di esposizione.

Le condizioni di rischio per la salute, illustrate nel noto diagramma di May, praticamente non si generano all'aperto, quindi suscitano preoccupazione in campo infrastrutturale solo in riferimento all'atmosfera interna alle lunghe gallerie. Peraltro il gas è chimicamente instabile ed in ambiente non confinato tende a transitare (per ossidazione) in CO<sub>2</sub>: dalla figura 1 si evince come in una strada isolata ed in calma di vento la concentrazione è massima intorno all'asse e degrada rapidamente a distanza di poche decine di metri.

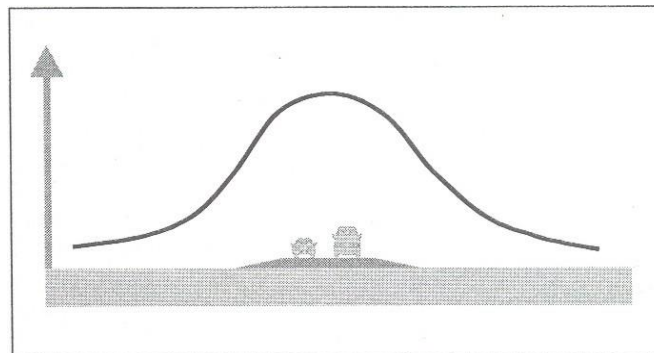


Figura 1 – Concentrazione di CO nella sezione di una strada

- c) Ossidi di azoto (designati nel complesso come NO<sub>x</sub>), derivano dall'ossidazione dell'azoto molecolare atmosferico, ad elevate temperatura e pressione ed in eccesso di ossigeno. Quelli prodotti dai motori dei veicoli sono prevalentemente NO ed NO<sub>2</sub> ed in quantità inferiori NO<sub>3</sub>,

$N_2O_3$  ed  $N_2O_4$ .

Di solito questi composti transitano l'uno nell'altro, secondo meccanismi chimici assai complessi (ed in larga misura tutt'ora incogniti) che si attivano nei circuiti di espulsione e nella libera atmosfera: NO (di limitata tossicità per gli organismi viventi) rappresenta il 90÷95 % del totale degli  $NO_x$  sintetizzati nel motore, ma rapidamente subisce un'ossidazione ulteriore, riducendosi ad una concentrazione residua del 25÷35 %; corrispondentemente cresce fino al 60÷70%  $NO_2$ , (gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante, nonché ossidante molto reattivo e quindi altamente corrosivo), che inizialmente non superava il 5÷10 %.

Il complesso degli  $NO_x$  si presenta come una miscela gassosa di colore bruno (che offusca la visibilità) ed odore pungente: in forti concentrazioni produce gravi irritazioni polmonari alle persone ed agli animali, nonché danni biologici irreversibili a numerose ed importanti specie vegetali.

- d) Diversi tipi di idrocarburi HC (gassosi o nebulizzati), emessi per evaporazione e per parziale o mancata combustione; fra questi si segnalano per l'intensità del danno prodotto ai ricettori alcuni idrocarburi aromatici (Benzene/Toluene/Xilene, in acronimo BTX), che sono componenti delle benzine commerciali in funzione antidetonante (in Italia la legge 413/97 ne limita il contenuto all'1% in volume). Essi presentano le seguenti caratteristiche:

- Benzene –  $C_6H_6$

È il più semplice dei composti aromatici: si presenta come liquido incolore dal caratteristico odore pungente e diventa irritante a concentrazioni elevate; a temperatura ambiente volatilizza facilmente, è scarsamente solubile in acqua ma è miscibile con alcool, cloroformio e tetracloruro di carbonio. La soglia di concentrazione nell'aria per la percezione olfattiva è di 5  $\mu g/mc$  (*Air Quality Guidelines for Europe*, WHO 1987), che è anche il valore limite per la protezione della salute fissato dal DM 60 del 02.04.02 (recepimento della Dir. 2000/69/CE).

Estratto per raffinazione dal petrolio,  $C_6H_6$  è anche uno dei componenti di processi industriali (produzione di plastiche, resine, detergenti, pesticidi) oltre che additivo antidetonante nei carburanti. Pertanto la sua presenza nell'aria deriva prevalentemente dai mezzi di trasporto, per evaporazione (15 %) e combustione incompleta (85 %), ma anche da rilasci da impianti chimici.

L'esposizione prolungata al benzene, per inalazione e/o alimentazione e assunzione di liquidi, provoca nell'uomo:

- danni ematologici (anemie, ecc.);
- danni genetici (alterazioni geniche e cromosomiche con effetti mutageni e teratogeni);
- effetto oncogeno certo (gruppo 1 nella classifica della IARC - *International Agency for Research on Cancer*) di tipo leucemico.

Nel campo dei trasporti un risultato importante (circa il 90 % di abbattimento) si ottenne con l'introduzione generalizzata delle marmitte catalitiche, ma ciononostante non può essere ridotta l'attenzione agli effetti sui ricettori sensibili delle emissioni da un tronco stradale, o più ancora agli accumuli in aree urbane congestionate.

- Toluene -  $C_6H_5CH_3$

Noto anche come "etilbenzene", può essere contenuto nella benzina in funzione antidetonante ma è anche la materia prima di partenza per la sintesi del trinitrotoluene (tritololo o TNT), nonché di molti altri composti chimici tra i quali l'acido benzoico (usato come conservante), il fenolo, il benzene, il caprolattame e la saccarina. La sua soglia di percettibilità



olfattiva è compresa tra 0,6 e 263 mg/mc (70,1ppm), ma anche in concentrazioni inferiori è dannoso: a breve termine produce sintomi di stanchezza, nausea, confusione, disturbi alla coordinazione dei movimenti e può portare perfino alla perdita di coscienza; per esposizione prolungata, pur non risultando cancerogeno, danneggia i nervi, i reni e probabilmente anche il fegato.

Non formalmente normato un limite per la sua presenza nell'ambiente esterno, ma l'Organizzazione Mondiale della Sanità suggerisce di non superare 260 mg/mc.

• Xileni –  $\text{CH}_4(\text{CH}_3)_2$

Molto meno impiegati nelle benzine in funzione antidetonante, appartengono ad una famiglia di prodotti aromatici di largo impiego industriale:

- L'orto-xilene è un intermedio per la produzione di anidride ftalica, che trova applicazione nel campo dei plastificanti ftalati, delle resine alchiliche e delle resine poliestere insature, dei solventi battericidi, degli erbicidi e dei lubrificanti.
- Il meta-xilene, è usato per produrre acido isoftalico, a sua volta utilizzato nella formulazione del polietilentereftalato (PET), diffusamente impiegato per la produzione di bottiglie in plastica.
- Il para-xilene è fondamentalmente utilizzato per la produzione di acido tereftalico purificato (PTA) e dimetiltereftalato (DMT), adoperati nella realizzazione di fibre e resine poliestere, che poi trovano impiego nel tessile/abbigliamento

- e) Le polveri organiche riferibili all'*automotive* derivano dall'aggregazione di particelle carboniose pirolizzate ed incombuste, che veicolano anche IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), sali inorganici, composti del piombo e di altri metalli pesanti, sostanze organiche e materiale biologico.

In relazione alla capacità di restare in sospensione in atmosfera o di depositarsi al suolo, a ciascun granulo di polvere si usa assegnare un diametro equivalente, corrispondente a quello di una sfera di uguali massa, volume e velocità di caduta; nelle polveri emesse dai veicoli il diametro equivalente varia di norma fra alcuni nm e qualche centinaio di  $\mu\text{m}$ : si assume convenzionalmente il valore di 2.5  $\mu\text{m}$  a separazione della frazione grossolana da quella fine.

Si denomina particolato o aerosol (PM – *Particulate Matter*) l'insieme delle polveri organiche e delle sferule liquide (eccetto l'umidità) presenti nell'atmosfera, non solo con provenienza dal traffico veicolare (~ 50%), ma anche dagli impianti di riscaldamento e da combustioni industriali. La sua caratterizzazione come inquinante si riferisce non solo alla concentrazione (in mg/mc d'aria) ed alla composizione chimica, ma anche alla distribuzione granulometrica, al peso specifico ed alla morfologia prevalente degli elementi che lo compongono.

I granuli delle polveri prodotte per pirolisi nei motori a scoppio inizialmente non superano il diametro di 2 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ); successivamente si attivano processi di aggregazione e di coagulazione superficiale di:

- idrocarburi policiclici;
- poliacetilene, che allo stato naturale è gassoso ed ha rilevanti effetti tossici;
- composti del piombo e di altri metalli.

Alla fine gli elementi aggregati possono raggiungere l'assetto di sferule  $\Phi \square = 0,1 \div 2,5 \mu\text{m}$  (polveri sottili  $\text{PM}_{2,5}$ ) ovvero, attraverso l'ulteriore saldatura stabile di queste, le dimensioni  $\Phi \square = 10 \mu\text{m}$  (particolato grossolano  $\text{PM}_{10}$ ) o maggiori (PMS). La pericolosità di  $\text{PM}_{10}$  e (più ancora) di  $\text{PM}_{2,5}$  è dovuta all'inalazione con occupazione stabile degli alveoli polmonari ed interferenza con l'attività respiratoria dei bronchioli.

Oltre a quelle organiche di cui sopra, in ambiente stradale si producono ulteriori tipologie di polveri:



- per abrasione degli inerti e dagli strati ricoprenti del legante dei conglomerati bituminosi delle pavimentazioni;
- per usura degli organi meccanici dei veicoli e dei battistrada;
- per pompaggio di frazioni sottili inorganiche, a carico delle superfici esposte delle piste e dei piazzali di cantiere (particolarmente quando si presentano asciutte) ad opera delle ruote dei veicoli e dei mezzi d'opera o per trascinarsi eolico (o anche per turbolenza atmosferica indotta dal traffico) dalle scarpate sprovviste di protezione e carenti di umidità.

f) Inquinanti secondari: ozono e smog fotochimico.

Fra i composti in epigrafe assume grande rilievo l'ozono ( $O_3$ =ossigeno triatomico) per i danni che è capace di determinare a livello dell'apparato respiratorio, per riduzione della funzionalità meccanica polmonare (asma) e perfino per alterazioni genetiche della struttura di cellule specifiche.

Derivando da reazioni chimiche nell'ambito di  $NO_x$ , idrocarburi e aldeidi, generati sia dai motori dei mezzi di cantiere che dei veicoli che percorrono l'infrastruttura, catalizzate prevalentemente dai raggi ultravioletti, la sua produzione è attiva nell'atmosfera, in carenza di altri composti ossidabili, nelle ore diurne (*maxime* dalle 11 alle 13) delle giornate limpide delle stagioni di maggiore insolazione; le sue concentrazioni aumentano, e possono diventare pericolose, in concomitanza con condizioni di alta pressione, assenza di venti al suolo e, quindi, stagnazione dell'aria negli strati bassi dell'atmosfera.

Ulteriori composti secondari, che per la loro comune genesi vengono inclusi in un'unica categoria denominata "smog fotochimico", sono meno influenti per quantità ma altrettanto preoccupanti per gli effetti: si tratta di acido nitrico, di vari idrocarburi ossidati e di nitrati organici (fra cui è prevalente il perossiacetilnitrato).

Il danno procurato dall'inquinamento secondario, che insieme alle emissioni dei veicoli costituiscono il 50÷70% della massa di particolato fine (da  $< 2.5 \mu m$ ) [sperimentazione di Chow et al. (1992) nella San Joaquin Valley in California] riguarda tanto il sistema atmosferico globale quanto i ricettori direttamente investiti: persone, per i danni che determina all'apparato respiratorio (riduzione della funzionalità meccanica polmonare o asma) e perfino per alterazioni genetiche della struttura di cellule specifiche, ed oggetti, per le alterazioni superficiali.

Per tutte le altre tipologie di inquinanti sopra richiamate<sup>1</sup> ciascun veicolo costituisce una fonte puntuale di produzione e diffusione nell'ambiente che circonda la strada (area d'influenza ristretta), in ogni regime di moto (perfino a motore spento, quando l'emissione si limita ai gas residui nei circuiti ed agli idrocarburi evaporati).

Nondimeno nei controlli ambientali delle infrastrutture stradali, per il fattore "Atmosfera", si rinuncia ad un'analisi disaggregata al livello di singolo veicolo e si ripiega su schematizzazioni accorpate: un tronco stradale extraurbano isolato, quale è quello di cui ci occupiamo, può ragionevolmente essere considerato una sorgente lineare, a causa degli effetti di turbolenza e mescolamento indotti dal moto dei veicoli. Tuttavia le concentrazioni possono presentarsi sensibilmente variabili lungo le progressive in relazione ai fattori di produzione che saranno esaminati nel seguito; inoltre in alcuni punti, alla distribuzione lineare (di fondo) si possono sommare gli effetti di

---

<sup>1</sup> In genere nei monitoraggi ambientali delle infrastrutture viarie si trascurava  $CO_2$ , poiché ha effetti solo sul sistema atmosferico planetario (effetto serra), quindi non interessa la singola opera, ma l'industria petrolifera ed automobilistica, nonché la politica dei trasporti.

una maggiore produzione puntuale, collegabile a particolarità dei regimi di flusso veicolare (formazione di code in incroci liberi e semaforizzati e/o barriere autostradali, ecc.) o del corpo viario (portali delle gallerie, sbocchi di loro eventuali camini, ecc.);

La normativa applicabile per il controllo della qualità dell'aria è stata richiamata nel Capitolo 3: essa risponde prevalentemente a direttive UE ed è finalizzata a preservare la salute della popolazione esposta agli effetti dannosi dell'inquinamento indotto da fonti fisse e mobili. Il suo più frequente campo di applicazione è il governo contingente della mobilità in ambito urbano (sospensione temporanea della circolazione veicolare, targhe alterne, ecc.) e la politica dei piani di traffico (sviluppo del trasporto pubblico, zone a traffico limitato e/o controllato, ecc.), ma non è escluso che anche un tronco isolato possa produrre condizioni giudicabili come dannose a qualche ricettore particolarmente sensibile: in tal caso è compito del monitoraggio proporre interventi mitigativi adeguati al caso.

## 5.2. Fonti specifiche di inquinamento atmosferico in fase di costruzione

Lungo lo sviluppo del lotto o in prossimità dello stesso si collocano siti di cantiere puntuali in cui si svolgono diverse attività, logistiche ed industriali, sussidiarie alla costruzione. Si distinguono in particolare:

- Cantieri principali in cui di norma s'installano le seguenti funzioni centralizzate:
  - direzionali del Committente e dell'Impresa
  - residenziali per le maestranze importate e per i servizi alle persone (sanitari, mensa, ricreativi, ecc);
  - stoccaggio di materiali pregiati di base e forniture;
  - manutenzione straordinaria e riparazione dei mezzi operativi;
  - produzione di semilavorati d'impiego massiccio e diffuso (conglomerati cementizi e bituminosi, ferro piegato e gabbie d'armatura, piccoli prefabbricati, ecc);
  - accumulo e preparazione all'impiego di materiali di recupero da demolizioni (interne o esterne alle opere) o di scarti di lavorazioni industriali, per renderli idonei alla formazione del corpo stradale, dei sottofondi ed eventualmente degli strati di fondazione della sovrastruttura.
- Cantieri secondari, in cui si sistemano di norma una o più delle seguenti funzioni, secondo le necessità:
  - stoccaggio di terreno vegetale proveniente dallo scotico e destinato al rivestimento delle scarpate, ovvero di altro materiale terroso idoneo alla formazione dei corpi stradali in rilevato, ma non immediatamente utilizzabile per esigenze di organizzazione temporale delle attività;
  - smaltimento definitivo di materiali di rifiuto (cava di deposito);
  - prelievo (anche con l'impiego di esplosivi), stoccaggio e frantumazione di materiale lapideo e/o estrazione di terre da conferire ai rilevati (cava di prestito);
  - produzione sussidiaria di conglomerati cementizi e bituminosi;
  - lavorazione dei ferri di armatura e montaggio di gabbie pre-assemblate;
  - realizzazione di manufatti in c.a. ed acciaio (piccoli e grandi) e di travature da ponte in c.a.p.;
  - ricovero giornaliero e manutenzione ordinaria di attrezzature di cantiere e di mezzi di trasporto ed operativi;
  - attività gestionali, decentrate rispetto alle analoghe presenti nei cantieri principali: ufficio del responsabile locale di produzione; struttura decentrata di DL e servizio Topografia.

- ❑ Cantieri temporanei al servizio delle singole maggiori opere d'arte, attivi per il tempo necessario alla loro realizzazione. Si distinguono:
  - Quelli asserviti alle gallerie, collocati in corrispondenza di uno o entrambe gli imbocchi, ospitano una molteplicità di servizi ed impianti sussidiari, quali:
    - residenze per le maestranze, operanti 24/24 h in squadre organizzate su 3 turni;
    - piazzole per la sosta di mezzi d'opera ed autovetture del personale;
    - spazi pavimentati per il deposito temporaneo di attrezzature e casseri;
    - impianto di betonaggio;
    - cabina compressori per la ventilazione del fornace e la fornitura di aria compressa ai macchinari;
    - sala pompe in aspirazione (aggottamento acque di falda e meteoriche) ed in compressione (betoncino, calcestruzzo, miscele per iniezioni, ecc);
    - officina per sagomatura ed assemblaggio di centine e per produzione e pre-assemblaggio di gabbie d'armatura
    - impianto di prefabbricazione di componenti (conci del rivestimento);
    - serbatoi d'acqua ed erogatori di carburanti;
    - eventuale deposito di esplosivi, ecc.
  - I cantieri di servizio di ponti e viadotti di norma comprendono:
    - impianto di produzione componenti prefabbricate (travi d'impalcato e *predalles*);
    - piazzali ed officine per il pre-assemblaggio a piè d'opera di strutture prefabbricate in stabilimento, particolarmente di impalcato in acciaio;
    - edifici residenziali per le maestranze (squadra media operativa di almeno 20 unità) o spogliatoi e servizi igienici (bagni chimici);
    - parcheggi di autovetture delle maestranze e di attrezzature semoventi;
    - impianto di betonaggio;
    - sala pompe in aspirazione (aggottamento acque dai cavi di fondazione) ed in compressione (betoncino, calcestruzzo, miscele per iniezioni, ecc);
    - serbatoi d'acqua ed erogatori di carburanti.
- ❑ Cantieri mobili, altrimenti denominati "fronti di avanzamento", comprendono i siti delle seguenti lavorazioni a sviluppo lineare:
  - corpi in rilevato;
  - trincee e gallerie artificiali;
  - pavimentazioni, opere idrauliche marginali, arredi e segnaletica.

I cantieri mobili occupano aree interne al sedime espropriato, ma nel caso che ne impegnino l'intera larghezza (o la maggior parte di essa) costituiscono un impedimento alla continuità della pista provvisoria e quindi alla logistica interna del cantiere.

Essi non sono dotati di servizi autonomi (data la loro caratteristica di mobilità), salvo un minimo di moduli igienici trasferibili: quindi la struttura operativa fa riferimento per le funzioni fondamentali (parcheggio autovetture e mezzi d'opera, spogliatoi, ecc.) ai più vicini cantieri fissi.

Nella realizzazione del tronco in esame, per le trincee ed i rilevati che non prevedono importanti opere di contenimento o di attraversamento (da trattarsi come opere d'arte puntuali) la procedura basilare dell'organizzazione dei cantieri mobili è l'esecuzione contemporanea dell'intera tratta, fra le opere d'arte o le sezioni di passaggio che li delimitano (WBS di 3° livello) ed il frazionamento trasversale che consenta alla pista di posizionarsi comunque sul corpo stradale occasionalmente libero da lavorazioni.

Per le gallerie artificiali e le trincee confinate da consistenti opere di controripa, l'impegno dei manufatti strutturali non tollera la commistione con il transito sulla pista di cantiere; pertanto è

stato necessario prevedere piste esterne, talvolta fuori del sedime espropriato, o impegnare con il traffico di cantiere la viabilità esistente sul territorio.

Piste e collegamenti.

La logistica interna del cantiere è stata organizzata in modo da limitare l'impatto della circolazione dei mezzi operativi sulla viabilità esistente: si è quindi programmato un sistema di piste provvisorie, tali da assicurare il collegamento tra i cantieri (principali, secondari, temporanei e mobili).

In fase di cantiere molte attività forniscono uno specifico contributo importante all'inquinamento atmosferico; senza pretesa di esaustività si citano le seguenti:

- a) Incremento del traffico pesante sulla viabilità esistente.
- b) Lavorazioni per l'allestimento dei siti cantiere.
- c) Lavorazioni industriali e sussidiarie all'interno delle aree dei cantieri fissi (principali secondari e temporanei).
- d) Transito di mezzi di trasporto ed operativi sulle piste provvisorie.
- e) Lavorazioni principali diffuse nei cantieri mobili nel corso della costruzione dell'opera.

Di conseguenza le principali fonti da stimare nel presente PMA/A sono:

- Mezzi operativi semoventi e di trasporto.

La quasi totalità dei mezzi impegnati in un cantiere stradale (macchine per i movimenti di terra, autogru, camion e *dumpers*, ecc.) sono dotati di motori a scoppio, in prevalenza diesel, che servono anche i meccanismi operativi oleodinamici: quindi essi emettono in atmosfera gas di scarico e particolato, in misura unitariamente sensibile, considerata l'elevata potenza in gioco ed il regime di sforzo in cui generalmente operano.

Inoltre nient'affatto trascurabile per l'ambiente esterno al cantiere (spesso assai significativo per l'area ristretta al margine delle piste) è l'effetto di dispersione delle polveri sollevate dal transito di suddetti mezzi su superfici non bitumate (per pompaggio delle ruote e turbolenza indotta nell'ambiente atmosferico ristretto).

- Impianti fissi di cantiere.

La maggioranza degli impianti fissi di cantiere (mulini di frantumazione, impianti di betonaggio, carriponte, pompe e compressori, ecc) hanno alimentazioni elettriche, quindi non contribuiscono alle emissioni di inquinanti gassosi in atmosfera, o a metano (bruciatori degli essiccatoi di servizio ad alcune lavorazioni di inerti) che fornisce contributi in misura ridotta.

Rilevante eccezione è costituita dal betonaggio dei conglomerati bituminosi, che a causa dell'intenso riscaldamento del legante emette, oltre agli usuali prodotti di combustione (CO, NO<sub>x</sub> HC, ecc), vapori volatili e prodotti di scissione (in forma sia gassosa che di particolato PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), quali gli IPA (benzene e i suoi derivati, quali Benzo[a]pirene, Benzo[a]antracene, Benzo[e]acefenantrilene, Benzo[j]fluorantene, Benzo[k]fluorantene, Benzo[a,h]antracene, Crisene, Benzo[e]pirene) e gli aldeidi (in primo luogo la formaldeide); tutti questi composti sono segnalati come potenzialmente cancerogeni da NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health* del governo USA), UE ed EPA (*Environmental Protection Agency*).

- Diffusione di polveri da impianti produttivi ed aree di cantiere

I cantieri stradali (fissi, temporanei, mobili), oltre che le piste al loro servizio, sono fonte cospicua di polveri totali (PMS) e sottili (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), che si diffondono in un'area latitante di ampiezza variabile: salvo il caso di concomitanza con venti intensi e monodirezionali, la frazione grossolana si deposita a distanza ridotta dalla fonte e raramente fuoriesce dal perimetro del

cantiere; invece le parti più sottili possono investire ricettori anche esterni, poiché si depositano (selettivamente, a partire dalle particelle di maggiori dimensioni) in una fascia più vasta, benché di solito non superiore a 100 m dalla delimitazione dell'area operativa.

Ulteriori rilevanti emissioni di polveri in atmosfera dei cantieri operativi provengono, oltre che dal transito di mezzi su superfici non bitumate, anche dalle seguenti attività:

- Scotico e sbancamento del materiale superficiale;
- Erosione eolica da cumuli e superfici nude esposte;
- Utilizzo di mine ed esplosivi;
- Frantumazione e macinazione di materiale lapideo e confezione di conglomerati cementizi.

## 6. STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI ALLA REDAZIONE DEL PMA

In sede di Studio di Impatto Ambientale, per poter procedere alla caratterizzazione dell'area interessata dall'intervento, sono state prese in considerazione:

- - le caratteristiche climatologiche più significative ai fini della diffusione degli inquinanti;
- - le principali sorgenti emissive esistenti con riferimento a tre principali indicatori della qualità dell'aria: il monossido di carbonio (CO), i composti organici volatili (COV), e il particolato (PTS),

Sono quindi state condotte due simulazioni finalizzate a caratterizzare lo stato di qualità dell'aria successivamente all'entrata in esercizio della Pedemontana. La prima lungo la SS. 256 muccese e la seconda lungo il nuovo tracciato ai fini di verificare l'impatto della realizzazione dell'opera sui ricettori posti a ridosso della stessa.

Quali indicatori della caratterizzazione meteorologica sono stati presi in considerazione gli indicatori prescelti sono stati regime dei venti (velocità e direzione), classi di stabilità atmosferica, temperatura dell'aria, umidità relativa, precipitazioni

I dati utilizzati sono riferiti alla serie di dati registrati tra il 1968 e il 1991 forniti dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare e ai dati di post-elaborazione sulle classi di stabilità atmosferica forniti dall'ENEL.

Per il calcolo dell'entità delle emissioni in atmosfera si è fatto riferimento ai flussi di traffico previsti, alla percentuale di veicoli leggeri e pesanti previsti e alla composizione del parco veicoli circolanti. I flussi di traffico diurni e notturni lungo l'intera Pedemontana sono stati estrapolati a partire dai valori di flusso attualmente presenti sulla SS 256, conteggiati con apposito rilievo presso 7 sezioni di rilevamento disposte sulla SS 256, sulla SS 361, sulla SP Camerino-Sfercia.

La domanda di trasporto, passeggeri e merci, è stata stimata agli orizzonti temporali 2008, 2018, 2028.

Dalle elaborazioni effettuate risulta che il sistema combinato Pedemontana + SS 256 determina un incremento dei flussi lungo la direttrice nord-sud così caratterizzato:

- aumento del flusso medio dei veicoli passeggeri del 65%, 69% e 72% rispettivamente al 2008, 2018 e 2028;
- aumento del flusso medio dei veicoli merci del 95% quasi costantemente in tutti gli orizzonti temporali;
- riduzione del 75% del flusso medio sulla attuale SS 256 in caso di costruzione della Pedemontana.

Alla luce delle suddette ipotesi sono state condotte delle simulazioni con il modello CALINE 4, queste, in particolare, hanno riguardato:

- SS 256 – Ante operam – Periodo diurno e notturno;
- SS 256 – Post operam – Periodo diurno e notturno;
- Pedemontana – Post operam – Periodo notturno;

Lo **simulazione ante operam sulla SS 256** ha consentito di valutare l'attuale livello degli inquinanti atmosferici prodotti dal traffico stradale in transito sulla strada. I dati evidenziano una buona qualità dell'aria anche nei centri urbani ed in presenza di fattori peggiorativi quali la scarsa ventilazione o l'incremento del traffico veicolare.

I dati desunti dalla **simulazione post operam sulla SS. 256** confermano la qualità dell'aria ed evidenziano un'ulteriore notevole diminuzione della concentrazione degli inquinanti considerati.

In dati relativi al confronto Ante Operam e Post Operam nell'area di Matelica, si riportano nella tabella seguente.

Inquinanti	Matelica	
	Valori Ante. opera	Valori Post operam
<i>Anidride solforosa</i>	60µg/m <sup>3</sup>	18µg/m <sup>3</sup>
<i>Particelle sospese</i>	103µg/m <sup>3</sup>	69µg/m <sup>3</sup>
<i>Monossido di car.</i>	6,9mg/Nmc	3,9mg/Nmc
<i>Biossido di azoto</i>	123µg/m <sup>3</sup>	100µg/m <sup>3</sup>
<i>Ozono</i>	55µg/m <sup>3</sup>	20µg/m <sup>3</sup>

La **simulazione post operam sulla Pedemontana** è stata condotta in corrispondenza dei ricettori posti in prossimità del nuovo tracciato.

I risultati delle simulazioni, periodo notturno e diurno, evidenziano una buona qualità dell'aria anche nella configurazione d'esercizio della Pedemontana. Infatti, su tutti i ricettori non si sono riscontrati superamenti dei limiti previsti dalla normativa.



## 7. IMPOSTAZIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE PER IL FATTORE ATMOSFERA (PMA/A)

### 7.1. Attività di monitoraggio ambientale di un'infrastruttura viaria

In riferimento alla realizzazione di un'infrastruttura viaria, il Piano di Monitoraggio Ambientale per la Componente "Atmosfera" (PMA/A), come quello delle altre componenti, si articola temporalmente in 3 fasi:

- **Ante Operam** (AO), indispensabile per definire la qualità dell'aria nel territorio prima dell'inizio dell'attività di costruzione e dell'apertura dei cantieri;
- **Corso d'Opera** (CO), finalizzato a caratterizzare e controllare la diffusione in atmosfera di inquinanti gassosi e pulverulenti indotta nell'ambiente da installazione, esercizio e successivo ripiegamento dei cantieri fissi, nonché dalle attività costruttive lungo il tracciato (cantieri mobili) e dal traffico generato dalle operazioni per la realizzazione dell'opera;
- **Post Operam** (PO), che ha lo scopo di qualificare l'ambiente atmosferico commutato dalla nuova infrastruttura, nonché di verificare l'efficacia delle eventuali opere di mitigazione adottate.

Le tipologie di rilievo e campionamento e la durata della campagna sperimentale in ciascuna fase del monitoraggio debbono essere adeguate al grado di complessità dell'area, nonché all'ubicazione ed alla sensibilità dei ricettori presenti o programmaticamente previsti nell'area d'influenza dell'arteria di progetto.

Nelle fasi AO e PO, le emissioni di inquinanti atmosferici sono dovute principalmente al traffico veicolare ordinario, rispettivamente nella rete esistente ed in quella modificata, nonché alle attività agricole ed antropiche presenti e (eventualmente) programmate nei piani urbanistici; di contro, nella fase CO, l'inquinamento dell'aria è legato alle lavorazioni di cantiere, regolate dalle tecniche impiegate (specialmente dai mezzi operativi impegnati) e dalla loro sovrapposizione, deducibile dal cronoprogramma dei lavori.

Pertanto la campagna di rilevamento deve prevedere:

- Misure per la caratterizzazione della fase di esercizio, eseguite nelle fasi AO e PO, in corrispondenza dei ricettori individuati nelle fasce di pertinenza della costruenda infrastruttura o di un loro campione significativo, che tuttavia privilegino quelli maggiormente sensibili e quelli protetti da misure di mitigazione, di cui è necessario valutare l'efficienza con controlli dedicati.
- Misure delle immissioni dai cantieri mobili.

Delle diverse forme di contributo della realizzazione delle opere alla qualità dell'aria si è già dato conto in altre parti della presente relazione.

Un posto di rilievo in tal senso occupano le attività costruttive dei corpi viari in terra (sterri e rilevati) che si susseguono e delle opere d'arte minori (muri di sostegno, attraversamenti stradali ed idraulici, canalizzazioni marginali e sistemazioni idrauliche, arredi e segnaletica, opere di finitura ed a verde, ecc.) che li corredano. La maggior parte delle lavorazioni elementari previste utilizzano mezzi d'opera di potenza notevole, anche come sorgente di inquinanti; i ricettori investiti di norma non differiscono da quelli inclusi nelle fasce di pertinenza dell'infrastruttura finita, ad eccezione di casi speciali d'impiego di tecniche costruttive particolarmente impattanti (demolizioni e scomposizioni con esplosivi, rippaggi, accumuli di terreni sciolti ed asciutti, ecc) in cui l'estensione trasversale può essere maggiore. Salvo queste eventualità ciò comporta che il programma di rilievo sui ricettori sensibili all'emissione in fase PO può essere esteso



anche alla fase CO, con frequenza variabile da concordare con il Responsabile Ambientale alla luce dell'avanzamento del fronte dei lavori e delle tecniche attuate.

Misure dei rilasci dai cantieri fissi.

I cantieri fissi diffondono direttamente inquinamento atmosferico (in forma gassosa e polverulenta) sia nelle fasi di allestimento/ripiegamento, sia (maggiormente) in corso d'esercizio, anche se di norma la loro delimitazione è strutturata in modo da costituire ostacolo all'immissione nelle aree limitrofe.

La corona di territorio al loro contorno che risente significativamente del disturbo ha ordinariamente un'ampiezza 100÷150 m, salvo la presenza di attività particolarmente inquinanti (estrazione di materiali lapidei e terrosi, specie se con l'uso di esplosivi, produzione di conglomerati bituminosi). Considerata la relativa libertà nella scelta della loro ubicazione, entro la loro area d'influenza non ricadono ricettori particolarmente sensibili: nondimeno ove si dovesse riscontrare che questo in qualche caso (al momento non emerso) accade, il monitoraggio in corso d'opera prevederà un'attività di controllo a loro dedicata.

Misure delle immissioni dalla viabilità di cantiere

La viabilità utilizzata per i trasporti di materiali e gli spostamenti di persone e attrezzature all'interno del cantiere è costituita in parte da rami della rete esistente (prevalentemente di livello locale o perfino interpodereale), in parte da tracciati dedicati, interni e/o esterni al sedime dell'opera finita.

Considerata l'elevata capacità di rilascio (specialmente di polveri) dei singoli mezzi che effettuano le operazioni, anche per il tipo (misto granulare non legato) della sovrastruttura delle piste, il disturbo indotto nel territorio circostante è comunque sensibile:

- per i tronchi stradali esistenti si tratta di inquinamento atmosferico incrementale rispetto alla condizione ordinaria, per effetto dell'aggiunta dei mezzi di cantiere al flusso che a loro compete nella consueta funzione: quindi la rilevanza del problema dipende oltre che dall'entità e dal tipo del traffico aggiuntivo, anche dalla natura e dalla congestione dei flussi di base;
- per le piste interne al sedime, l'inquinamento gassoso rilasciato non è elevato e risulta percettibile entro una fascia ancora più ristretta di quella sensibile alle conseguenze del traffico in esercizio; parimenti per il sollevamento di polveri la fascia interessata non si discosta per ampiezza da quella influenzata dall'attività costruttiva nei cantieri mobili;
- per i tronchi di pista esterni al sedime il rischio di diffusione di polveri nell'ambiente non è codificabile in termini tipici, ma dipende principalmente dalle caratteristiche geometriche dei loro tracciati e dall'estensione degli effetti dannosi a ricettori sensibili non altrimenti implicati.

Come è evidente da quanto concettualmente illustrato nel presente paragrafo, il PMA/A per la fase CO farà riferimento al cronoprogramma dei lavori aggiornato ed alle pianificazioni dei cantieri e dei collegamenti interni ed esterni che l'Impresa intende utilizzare. Nondimeno, nella consapevolezza che in fase realizzativa molte delle determinazioni fin qui assunte potranno essere riviste anche in maniera profonda, nella scelta dei punti di misura e nell'impostazione del programma si è scelto il metodo orientato al ricettore e in ogni caso si è fatto conto sul continuo rapporto durante lo svolgimento della campagna CO con il Committente e/o la Direzione Lavori e/o l'Organo deputato al Controllo, per implementare le eventuali modifiche significative delle decisioni iniziali esplicitate nel Progetto Esecutivo.

Qualora si dovessero riscontrare fuoriuscite dai limiti di tollerabilità, per quanto fin qui detto inerenti presumibilmente la polverosità immessa nell'ambiente, si predisporranno efficaci misure di mitiga-

zione (peraltro già previste nella progettazione del cantiere e/o contenute nelle prescrizioni agli operatori terzi come comportamento inderogabile).

Queste consisteranno prevalentemente in:

- copertura dei carichi nei cassoni dei mezzi di trasporto in movimento, quando se ne rischia la dispersione nel corso del viaggio;
- pulizia ad umido dei pneumatici dei veicoli in uscita dal cantiere e/o in ingresso sulle strade frequentate dal traffico estraneo; le vasche di lavaggio in calcestruzzo debbono essere spurgate periodicamente;
- asfaltatura o ricopertura con pannelli mobili delle piste provvisorie in prossimità dei ricettori di maggiore sensibilità ed in corrispondenza di incroci e/o immissioni nella viabilità ordinaria (per almeno 50 m);
- periodica e frequente bagnatura dei cumuli di materiale pulverulento depositato (da portare anche in conto per i fabbisogni idrici dei siti);
- nei cantieri mobili per corpi stradali in terra, aspersione attraverso appositi ugelli di acqua nebulizzata, di modo che le piccole gocce collidendo con le particelle di polvere le inglobino e le facciano precipitare al suolo
- interposizione di barriere antipolvere naturali o artificiali.

## 7.2. Parametri di rilievo e modalità delle misure

Il PMA/A in ogni fase (AO, CO e PO) prevede la misura, nei punti significativi che saranno identificati e per le estensioni temporali indispensabili alle elaborazioni statistiche dei parametri significativi dell'inquinamento atmosferico che sono stati sopra descritti e con la strumentazione più moderna che il mercato offre.

Tutta la strumentazione utilizzata risulta conforme alle normative vigenti, nonché tarata nel biennio antecedente l'esecuzione delle misure e munita di certificato di taratura.

Gli strumenti consentono sia l'esecuzione di misure in continuo di lunga durata sia rilevamenti di breve durata.

Le misure sono significativamente influenzate e da eventuali fenomeni meteorologici concomitanti (pioggia e/o vento): pertanto le condizioni atmosferiche devono essere rilevate da un'ideale centralina meteo, di cui ciascuna postazione è dotata di sensori terminali, ed annotati nei *files* delle registrazioni, affinché possano essere correttamente considerati in fase di post-elaborazione.

Nel posizionamento della centralina in ciascuna postazione si deve aver cura di adeguarsi rigorosamente alla norma; l'operatore, prima di allestire la strumentazione all'interno di una proprietà privata, è tenuto a concordare con gli occupanti le modalità della sperimentazione richiedendone l'eventuale appoggio logistico. In base alla durata prevista per la misura, deve essere adeguatamente dimensionato il sistema di alimentazione dello strumento, ricorrendo a batterie esterne di lunga durata e, se necessario, prevedendo un allacciamento alla rete elettrica. Analogamente, in base ai parametri da acquisire, alla frequenza di memorizzazione e alla durata del rilievo, occorre calcolare il tempo di saturazione della memoria, per pianificare eventuali sostituzioni delle batterie e scarico dei dati acquisiti, evitando indesiderate interruzioni dell'operazione.

Prima di iniziare la misura, si provvede alla calibrazione speditiva dello strumento, come previsto dalla normativa, ed alla documentazione fotografica della postazione allestita, avendo cura di inquadrare sia l'apparecchiatura che il ricettore.

All'avvio, viene annotato l'istante d'inizio della misura ed impostati conseguentemente nella strumentazione il giorno e l'ora previsti per il termine del rilievo. Prima di ripiegare la postazione di rilevamento, l'operatore consulta i dati registrati dalla centralina meteo per verificarne il corretto funzionamento e per accertare che il *file* sia utilizzabile in ragione delle condizioni ambientali verificatesi. In caso di esito negativo (condizioni anomale per non oltre il 25% della durata di ogni periodo), egli dispone che il rilievo sia prolungato per il tempo necessario all'acquisizione di una sequenza valida o ripetuto; in caso di esito positivo della verifica provvede all'acquisizione della misura, al salvataggio dei dati ed a un loro primo *screening* per accertarne definitivamente l'utilizzabilità. Infine, nei casi in cui la postazione non sia stata presidiata con continuità, raccoglierà informazioni dai residenti in ordine ad eventi anomali che si fossero verificati nel periodo di acquisizione.

Tutte le informazioni raccolte sono annotate sul posto in un rapporto sommario utilizzato in seguito per la compilazione della scheda di misura. In allegato alla presente relazione si riporta un *format* del rapporto di misura impiegato, che contiene anche le seguenti informazioni complementari:

- denominazione del ricettore e relativi parametri identificativi (coordinate georeferenziate e/o indirizzo ecc);
- fotografie del punto di misura;
- tipo e caratteristiche di eventuali sorgenti di inquinanti influenti sul punto di monitoraggio;
- caratteristiche del territorio circostante (ostacoli, presenza e tipologia di vegetazione, ecc.);
- traffico su altre infrastrutture o impianti industriali interagenti;
- descrizione delle lavorazioni effettuate nei cantieri limitrofi ed eventuali anomalie;
- parametri meteorologici.

Nell'attuazione del PMA/R sono eseguite tutte le seguenti attività per il monitoraggio, sia in campo che in *back-office*:

- posizionamento e smontaggio della strumentazione;
- esecuzione dei rilievi;
- redazione delle schede di misura;
- redazione delle relazioni periodiche di monitoraggio per la componente.

### 7.2.1. ***Inquinanti gassosi***

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

Il principio di funzionamento dello strumento di misura è la fluorescenza UV, basato sul principio che, quando le molecole di SO<sub>2</sub> contenute nel campione vengono eccitate da radiazioni ultraviolette, emettono una caratteristica radiazione di fluorescenza. La misurazione dell'intensità di tale fluorescenza è direttamente proporzionale alla concentrazione di SO<sub>2</sub> presente nel campione.

#### Monossido di carbonio CO

Il riferimento normativo per il campionamento dell'ozono è costituito dalla UNI EN 14626:2005 "*Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva*".

Tale metodo di misura, che prevede l'impiego dello spettrofotometro IR non dispersivo, si basa sull'assorbimento da parte del monossido di carbonio di radiazioni IR intorno a 4.600 nm.

Lo strumento è costituito dalle seguenti componenti:

- una cella di misura;
- una cella di riferimento;
- un rilevatore specifico per le radiazioni assorbite dal monossido di carbonio;
- un amplificatore di segnale;
- un sistema pneumatico comprendente una pompa;
- un misuratore e regolatore di portata;
- i dispositivi per la eliminazione delle interferenze e da un sistema di registrazione.

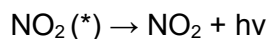
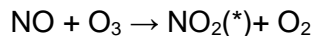
Il rilevatore misura la differenza qualitativa tra la radiazione che emerge dalla cella di misura e quella della cella di riferimento che non assorbe radiazioni IR. La variazione di intensità della radiazione è proporzionale alla concentrazione del monossido di carbonio.

#### Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>)

La misurazione degli ossidi di Azoto si basa sul principio della chemiluminescenza.

In sostanza l'ozono proveniente da un generatore integrato attraversa la camera di reazione dove è presente il campione da misurare. Le molecole di NO, assieme a quelle di O<sub>3</sub>, danno luogo alla formazione di una molecola di biossido di azoto allo stato eccitato che, riportandosi allo stato fondamentale, emette una radiazione luminosa caratteristica, la cui intensità, proporzionale alla concentrazione di NO nel campione, viene filtrata e successivamente convertita in segnale elettrico da un tubo fotomoltiplicatore.

La reazione chimica di base è del tipo:



La misura di NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) viene effettuata facendo passare ciclicamente il campione in un convertitore catalitico che riduce tutto l'NO<sub>2</sub> in NO. Il contenuto di biossido di azoto viene ottenuto per differenza tra la misura degli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>), somma del contenuto nel campione di aria e di quello proveniente dalla riduzione del biossido di azoto, e quella del solo ossido di azoto.

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

Il riferimento normativo per il campionamento dell'ozono è costituito dalla UNI EN 14625:2005 "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di ozono mediante fotometria ultravioletta".

Il principio di funzionamento su cui si basa la misura è l'assorbimento UV non dispersivo a flusso modulato incrociato; il metodo sfrutta la proprietà dell'ozono di assorbire radiazioni nel campo dell'ultravioletto: pertanto l'intensità della radiazione non assorbita è proporzionale alla concentrazione dell'ozono nel campione.

#### Benzene/Toluene/Xilene – BTX

Il riferimento normativo per il campionamento è costituito dalla UNI EN 14662:2005, parti 1, 2, 3, "Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione del benzene".

Il metodo si basa sul principio di misura della gascromatografia.

Il monitoraggio avviene mediante strumentazione automatica (analizzatore BTEX) che effettua il campionamento dell'aria ambiente con frequenza oraria e successiva analisi gascromatografica o mediante campionamento dell'aria su fiale di carbone per un periodo di 24 h, successivo desorbimento chimico o termico del campione raccolto e infine analisi gascromatografica da realizzarsi in laboratorio.

### 7.2.2. *Inquinanti particellari*

#### Polveri totali sospese (PMS)

Il campionamento delle PMS si svolgerà secondo le specifiche previste dal DPCM 28.03.83 App. 2, modificato dal DPR 20.03.88 All. 4 punto B.

Le particelle in sospensione saranno raccolte su di un filtro a membrana o in fibra di vetro per una durata di 24 ore, nel corso delle quali il filtro dovrà essere protetto dalla sedimentazione diretta delle particelle e dall'influsso delle condizioni atmosferiche.

Il campionatore è costituito da:

- un filtro, con efficienza superiore al 99% per la particelle aventi un diametro aerodinamico di 0,3  $\mu\text{m}$ ;
- un supporto di filtrazione;
- una pompa;
- un contatore volumetrico.

La determinazione della concentrazione delle PMS, sarà effettuata per pesatura su una bilancia analitica, prima e dopo il campionamento, dei filtri condizionati per 2 ore a temperatura compresa fra 90°C e 100°C; il peso totale ottenuto sarà normalizzato al volume di aria campionata (corretto in base alla contingente temperatura e pressione atmosferica).

#### Polveri PM10

Il campionamento si svolgerà secondo le specifiche della EN12341 "*Air quality – Determination of the PM10 fraction of suspended particulate matter. Referenced method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods*".

La misura della componente PM<sub>10</sub>, si ottiene da strumenti dotati di una pompa applicata ad una testa di prelievo, di geometria normata a livello internazionale, ed in grado di selezionare polveri con diametro aerodinamico inferiore ai 10  $\mu\text{m}$  con una efficienza del 50%.

La componente del particolato selezionata dalla testa passa quindi attraverso una membrana filtrante con particolari caratteristiche, che viene poi pesata in laboratorio: per differenza con la tara (filtro bianco) si deduce la massa del particolato.

Il campionatore contiene anche un contatore volumetrico in grado di registrare il volume di aria aspirata, corretto in modo continuo mediante vari sensori di temperatura e pressione interni ed esterni, per ricondurlo alle condizioni ambientali. Dalla conoscenza quindi del volume di aria campionata e della massa del particolato si calcola la concentrazione di PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### Polveri PM2,5

Il rilevamento del PM<sub>2,5</sub>, si basa sul principio di attenuazione ai raggi beta.

Le polveri, aspirate da una pompa ad alto volume, si deposita su di un nastro di carta.

Si eseguono dunque due misurazioni della radiazione  $\beta$ , una prima ed una dopo l'aspirazione, attraverso uno strumento costituito da una sorgente e da un ricevitore di radiazioni radioattive posto ad un determinata distanza.

La polvere depositata sul nastro determinerà un'attenuazione della quantità di radiazione che riesce ad attraversare il nastro.

La variazione tra l'assorbimento del filtro intatto e quello del filtro con deposito di particolato, determinerà la quantità di  $PM_{2,5}$  presente.

#### Metalli nel corpo del particolato

L'analisi sarà condotta secondo quanto previsto dal DLG n.155 del 13.08.10 in cui si stabilisce che:

- per il piombo - Allegato VI paragrafo A.3 –,il campionamento si effettua con le stesse specifiche del  $PM_{10}$  (UNI EN 12341:1999), mentre la misurazione si esegue nel rispetto della UNI EN 14902:2005.
- per Cadmio, Arsenico e Nichel - Allegato VI paragrafo A.9 – per campionamento e misurazione si prescrive l'applicazione della UNI EN 14902:2005 "*Qualità dell'aria ambiente. Metodo normalizzato per la misurazione di Pb, Cd, As e Ni nella frazione  $PM_{10}$  del particolato in sospensione*".
- per il mercurio - Appendice X - il campionamento e la misura si effettuano, mediante rimozione con processo di amalgamazione con l'oro.

#### IPA nel corpo del particolato

Per la misurazione del Benzo(a)pirene si applica il metodo previsto dall'allegato VII del decreto del Ministro dell'ambiente 25.11.94 o il metodo previsto dalla norma ISO 12884:2000.a

Si opera sul campione di  $PM_{10}$ , estratto per la sua determinazione, per trattamento chimico (cromatografia HPLC per il B(a)P) e spettrometria di assorbimento atomico.

### **7.2.3. Stazione meteorologica**

La stazione meteorologica è costituita da un insieme di sensori per il rilievo continuo dei seguenti parametri:

- Temperatura (TA)
  - sensore schermato e ventilato
  - campo di misura: -50/+70 °C
  - accuratezza: 0,2 °C
- Umidità Relativa (UR)
  - sensore schermato e ventilato
  - campo di misura: 10/95 %
  - accuratezza:  $\pm 3$  %
- Pioggia Caduta (PC)
  - sensore riscaldato
  - risoluzione: 0,2 mm/impulso
- Direzione del Vento (DV)

- sensore riscaldato
- campo di misura: 0/358 gradi
- Velocità del Vento (VV)
  - sensore riscaldato
  - campo di misura: 0/50 m/s
  - accuratezza: 0,25 m/s.
- Pressione (P)
  - campo di misura: 880/1080 hPa
  - risoluzione: 0,1 hPa.



## 8. IDENTIFICAZIONE PUNTI DI MONITORAGGIO

### 8.1. Criteri di base adottati nella selezione

Per l'impostazione corretta ed efficace del PMA/A risulta determinante la scelta dei punti di misura, che non possono essere troppo numerosi per evidenti motivi di agilità dell'operazione, ma debbono essere effettivamente rappresentativi, per la completezza e l'affidabilità dell'attività di controllo della componente ambientale.

La base informativa è il censimento dei ricettori (attuali e previsti dalla pianificazione urbanistica, con ragionevole probabilità di essere realizzati nel corso della vita economica dell'opera di progetto).

L'estensione territoriale del censimento deve comprendere almeno,

- le fasce esterne alla carreggiata carrabile della strada di progetto nei tratti all'aperto, di ampiezza 100 m;
- agli imbocchi delle gallerie, una zona circolare  $R = 100$  m, incentrata sul fornice;
- corone di territorio di ampiezza a 150 m, a margine dei cantieri fissi (principali, secondari e temporanei) operativi ordinari;
- corone di territorio di ampiezza a 300 m, a margine dei cantieri fissi (principali, secondari e temporanei) che ospitano impianti di confezionamento di conglomerati bituminosi e/o di cave di prestito operanti con l'uso di esplosivi;
- fasce limitrofe alle piste provvisorie esterne al sedime, per una profondità di 100 m;
- margini delle strade esistenti percorse dai mezzi di cantiere, per una profondità 50 m.

I ricettori censiti all'interno della suddetta area d'interesse, fra i quali oltre agli edifici si sono considerate anche zone archeologiche o di interesse naturalistico-paesaggistico, sono stati poi qualificati in base alla loro potenziale sensibilità al fattore ambientale "atmosfera" ed al rischio di negative conseguenze della realizzazione e dell'esercizio dell'opera.

Nella selezione dei punti di monitoraggio si sono adottati i seguenti criteri di preferenza, suggeriti dal CALTRANS (Ente stradale californiano) ed apprezzato in molti lavori presenti in letteratura, oltre che verificati dagli scriventi in alcune applicazioni:

- Quanto alla destinazione d'uso del ricettore si sono attribuiti i seguenti punteggi:
  - RPP: specialistico particolare (chiesa, cimitero, teatro, parco, zona archeologica, ecc.):  $k = 10$
  - RSS: specialistico sensibile (scuola, ospedale, casa di riposo, ecc.):  $k = 8$
  - GRR: gruppo di edifici a destinazione residenziale:  $k = 4$
  - RSA: singolo a destinazione residenziale:  $k = 3$
  - RSP: singolo a destinazione produttivo/commerciale:  $k = 2$
  - GRP: gruppo di edifici a destinazione produttivo/commerciale:  $k = 1$ .
- Per portare in conto la distanza dalla fonte della perturbazione si sono assegnati al ricettore i coefficienti  $w = 12/6/3/1$  a seconda che ricada all'interno del  $1^\circ/2^\circ/3^\circ/4^\circ$  quarto della fascia d'interesse come sopra delimitata.
- In presenza di lavorazioni particolarmente impattanti previste dal progetto nelle WBS prospicienti al ricettore, si è assegnato un coefficiente  $z = 2$ ; negli altri casi  $z = 1$ .

Alla luce dei criteri sopracitati sono stati individuati n.10 ricettori ritenuti idonei al monitoraggio della componente atmosfera.

Nella tabella successiva si riportano le caratteristiche intrinseche riscontrate presso ciascun punto di monitoraggio ed i relativi coefficienti di valutazione.



PUNTO	PROG.	coordinate		Destinazione d'uso		Distanza dalla fonte di perturbazione		Lavorazioni		TOTALE k+w+z
		N	E	tipologia	k	metri	w	tipologia	z	
R1	0+450	43°16'24.40"N	12°59'36.49"E	residenziale isolato	3	84	6	- rilevato - transito mezzi di cantiere	1	10
R2	1+500	43°15.834"N	12° 59.777"E	residenziale isolato	3	33	12	- transito mezzi di cantiere	1	16
R3	2+450	43°15'29.06"N	12°59'6.85"E	residenziale/agricolo	2,5	300	0	- galleria naturale croce di calle1	2	4,5
R4	3+400	43° 14.834"N	12° 59.165"E	residenziale agglomerato	4	60	6	- galleria naturale croce di calle1 - viadotto Esino - area di stoccaggio materie	2	12
R5	3+800	43° 14.633"N	12° 59.405"E	residenziale agglomerato	4	35	12	- svincolo matelica ovest - area logistica, area di stoccaggio ed impianto d'asfalti	2	18
R6	5+400	43° 14.365"N	13° 0.361"E	residenziale isolato	3	70	6	- cantiere Galleria naturale Mistranello - imbocco Galleria naturale Mistranello	2	11
R7	6+500	43° 14.145"N	13° 0.986"E	residenziale isolato	3	35	12	- Svincolo di Matelica Sud - Area di stoccaggio - Cantiere Base	2	17
R8	6+500	43°14'12.08"N	13° 1'8.78"E	residenziale isolato	3	25	12	- Svincolo di Matelica Sud - Area di stoccaggio - Cantiere Base	2	17
R9	7+750	43° 13.775"N	13° 1.797"E	residenziale agglomerato	4	35	12	- Realizzazione rilevati - Transito mezzi di cantiere - Area logistica	2	18
R10	8+150	43°13'41.21"N	13° 2'4.92"E	residenziale isolato	3	85	6	- Realizzazione rilevati - Transito mezzi di cantiere - Area logistica	2	11

## 8.2. Sopralluogo in campo

La scelta definitiva dei punti di monitoraggio inseriti nel PMA/A è passata per una campagna di sopralluoghi ai ricettori individuati ai massimi gradi di rischio, che ha richiesto, per l'attraversamento e l'ingresso in proprietà private, l'acquisizione dalla superiore autorità di permessi in cui erano specificamente indicati:

- le modalità di accesso alla postazione di misura;
- l'attività che sarebbe stata svolta dal personale tecnico;
- il codice del punto di monitoraggio da analizzare.

Nell'accesso diretto ad ogni postazione si è verificato:

- che non sussistessero condizioni locali (edificazioni in corso, modifiche alla viabilità, ecc.) suscettibili di alterare dall'esterno l'ambiente atmosferico, nel periodo della campagna sperimentale;
- l'assenza di preesistenze, anche a distanza, che potessero disturbare le misure (industrie pesanti ed altri opifici emettenti fumi, ecc.);
- se condizioni microclimatiche locali (ventosità persistente), associate a singolarità morfologiche (profondi canali) e/o vegetative (alberature) potessero modificare le modalità di dispersione degli inquinanti per periodi prolungati, specialmente nella stagione in cui si collocano prevalentemente le campagne sperimentali AO e PO;
- la possibilità di posizionare in modo ottimale le postazioni strumentali;
- il consenso dei proprietari all'installazione di apparecchiature fisse e semifisse in spazi privati (aie, giardini, ecc.);
- la persistenza nel tempo delle condizioni di fruizione; ad esempio, sono stati considerati fattori limitanti l'utilizzazione dell'immobile come casa vacanze, seconda casa o comunque con presenza saltuaria degli abitanti;
- la facilità d'accesso agli spazi esterni delle proprietà private dei veicoli strumentati e dei tecnici incaricati delle misure.

Per le postazioni ubicate lungo la viabilità di cantiere e/o delle strade ordinarie utilizzate da mezzi operativi, sono stati verificati il tipo e lo stato di conservazione della sovrastruttura e la sua capacità portante, per accertare che fornisse adeguate garanzie di non dover soffrire, sotto il traffico pesante a cui saranno sottoposte, dissesti pregiudizievoli per la successiva anomala polverosità dei transiti;

L'identificazione dei punti di monitoraggio ha inoltre tenuto conto dei risultati delle indagini condotte in sede di Studio di Impatto Ambientale e di Progetto Definitivo.

## 8.3. Identificazione dei punti

Alla conclusione della fase preventiva si sono selezionati i punti di misura elencati nella seguente Tabella e riportati nelle planimetrie:

- L0703212E27MA0300PLA01A
- L0703212E27MA0300PLA02A
- L0703212E27MA0300PLA03A

**Localizzazione delle postazioni di monitoraggio**

<b>PUNTO</b>	<b>CHILOMETRICA E LOCALIZZAZIONE</b>	<b>FASI DI MONITORAGGIO</b>
ATM 13	0+450- VIABILITA DI CANTIERE	AO – CO - PO
ATM 14	1+500 - S.VENANZO	AO – CO - PO
ATM 15	2+450 - GALLERIA NATURALE CROCE DI CALLE	AO – CO - PO
ATM 16	3+400- GALLERIA NATURALE CROCE DI CALLE	AO – CO - PO
ATM 17	3+800- IMPIANTO BETONAGGIO	AO – CO - PO
ATM 18	5+400- GALLERIA NATURALE MISTRIANELLO	AO – CO - PO
ATM 19	6+500- CAMPO BASE	AO – CO - PO
ATM 20	6+500 SVINCOLO DI MATELICA	AO – CO - PO
ATM 21	7+750- AREA LOGISTICA	AO – CO - PO
ATM 22	8+150 SVINCOLO CASTEL RAIMONDO	AO – CO - PO

## 9. ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

L'attività di monitoraggio, consiste nell'esecuzione di analisi con mezzo mobile dei seguenti parametri:

INQUINANTI GASSOSI	INQUINANTI PARTI-CELLARI	PARAMETRI METEO
CO	PTS	Temperatura
NO, NO2, NOX	PM10	Umidità relativa
O3	PM2,5	Pioggia Caduta
SO2	IPA	Direzione del Vento
Benzene/Toluene/Xileni BTX	Arsenico, Cadmio, Mercurio, Piombo, Nichel	Velocità del vento Pressione

Nelle seguenti tabelle sono stati riassunti i punti oggetto dei rilievi, rispettivamente nelle fasi AO, CO e PO, e le caratteristiche principali assegnate agli stessi nel PMA/A.

### 9.1. Monitoraggio ante operam (AO)

Le misure di monitoraggio *ante operam* definiscono gli indicatori atmosferici rappresentativi dello "stato di bianco" e quindi sono anche la base per il successivo confronto con i risultati raccolti nella fase CO e PO.

Le attività di monitoraggio AO sono quelle descritte nella seguente tabella

Attività	N° Punti	Periodo delle misure
Analisi <b>settimanale</b> con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.	10	Prima dell'inizio dei lavori

Le attività di monitoraggio AO sono state svolte, a vantaggio di sicurezza, durante la stagione invernale. Tale periodo risulta infatti il più adeguato all'individuazione dello "stato di bianco", dal momento che le condizioni meteorologiche e la minore insolazione, rendono generalmente meno critici i livelli di diffusione degli inquinanti nell'atmosfera.

Il dettaglio del PMA/A in fase AO è riportato in tabella "Programma della attività di monitoraggio in Ante Operam"

## 9.2. Monitoraggio in corso d'opera (CO)

L'inquinamento atmosferico nella fase CO ha carattere occasionale e transitorio e termina a conclusione dei lavori. Il monitoraggio CO si propone due scopi essenziali:

- il controllo dell'evolversi della situazione ambientale, al fine di verificare che la dinamica dei fenomeni atmosferici sia coerente alle previsioni ed alle prescrizioni del decreto VIA;
- il controllo sull'eventuale manifestarsi di emergenze specifiche e la conseguente adozione di misure di mitigazione degli impatti.

Il monitoraggio di questa fase è stato impostato sulla base del cronoprogramma dei lavori; per ogni postazione individuata in fase *ante operam* sono state previste misure di monitoraggio in funzione della durata delle lavorazioni.

Il momento più idoneo per l'esecuzione delle misure coincide con le lavorazioni più critiche per il ricettore preso in considerazione; il Responsabile Ambientale avrà il compito di organizzare i rilievi, ma anche di annullarli se previsti in punti non sottoposti a lavorazioni critiche, e/o di richiedere lo spostamento della postazione, intensificando il monitoraggio di determinate zone particolarmente esposte al fenomeno.

Il sommario del monitoraggio CO è riassunto nel seguente prospetto:

Attività	N° Punti	Periodo delle misure
Analisi settimanale con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.	10	In corrispondenza di lavorazioni impattanti

Le attività di monitoraggio dovranno sempre garantire la presenza di misure relative sia al periodo autunnale/invernale che a quello primaverile/estivo.

Il dettaglio del PMA/A in fase CO è riportato in tabella "Programma della attività di monitoraggio in Corso d'Opera"

## 9.3. Monitoraggio *post operam* (PO)

Il monitoraggio in questa fase ha lo scopo di:

- verificare gli impatti atmosferici che si manifestano nella fase di esercizio dell'opera;
- accertare la reale efficacia degli eventuali provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione dell'impatto sia sull'ambiente antropico circostante, sia sull'ambiente naturale;
- suggerire eventuali nuove misure per il contenimento delle immissioni, aggiuntive di quelle già previste in progetto.

Il riferimento dei parametri statistici del disturbo rilevato sono i limiti della normativa vigente e, pertanto, l'articolazione temporale dei monitoraggi deve essere orientata a fornire dati rappresentativi dell'intera realtà territoriale e confrontabili con i limiti della normativa.

Il sommario del monitoraggio PO è riassunto nel seguente prospetto:

Attività	N° Punti	Periodo delle misure
Analisi settimanale con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.	10	Alla fine dei lavori

Le attività di monitoraggio PO saranno svolte, a vantaggio di sicurezza, durante la stagione estiva. Tale periodo risulta infatti il più adeguato alla determinazione dell'effettivo impatto della messa in esercizio dell'opera sulla componente considerata, dal momento che le condizioni meteorologiche e la maggiore insolazione, rendono generalmente più critici i livelli di diffusione degli inquinanti nell'atmosfera.

Il dettaglio del PMA/A in fase PO è riportato in tabella "Programma della attività di monitoraggio in Post Operam"

#### 9.4. Emergenze

Il MA rileva i valori dei parametri significativi per il controllo della componente atmosfera. Il PMA definisce i "limite di legge" ed i "valori di attenzione" applicabili e relativi ai singoli parametri.

Per la componente atmosfera si prendono in considerazione come:

- **"limiti di legge"** valori limite di riferimento (livelli di attenzione e di allarme) fissati dal DM n. 60 del 02/04/2002 e dal Dlgs n. 155 del 13/08/2010.
- **"valori di attenzione"** quei valori che segnalano la presenza di un potenziale rischio per la salute umana e/o per l'ambiente. Tali valori risultano essere più restrittivi rispetto ai **"limiti di legge"** indicati precedentemente. L'utilizzo dei **"valori di attenzione"** fornisce il vantaggio di avere sotto controllo anche situazioni non critiche ma che lasciano presupporre un prossimo avvicinamento ai livelli di criticità ed il conseguente superamento dei **"limiti di legge"**. Il **"valore di attenzione"**, per ciascuno degli inquinanti monitorati, è pari al 90% del relativo **"limite di legge"**.

Al superamento di tali limiti consegue la comunicazione da parte del RA del superamento:

- in fase di CO al RSA, per l'individuazione e attivazione di tutte le opportune misure correttive all'esecuzione delle lavorazioni e per ogni opportuna modifica e/o integrazione delle opere di mitigazione di cantiere;
- in fase PO al CG, per predisporre ogni opportuna modifica e/o integrazione delle opere di mitigazione ambientale previste in progetto per l'esercizio della infrastruttura.

## 10. SINTESI DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO ESEGUITE NELLA FASE ANTE OPERAM

In ottemperanza alla prescrizione n. 27 della delibera CIPE 23 dicembre 2015, durante il periodo di redazione del progetto esecutivo, è stato eseguito il monitoraggio ambientale relativo alla fase *ante operam*.

Le attività di misura hanno interessato tutti i punti individuati in sede di PMA. Si segnala che per sopraggiunta indisponibilità del proprietari, è stato necessario ricollocare i solli punti ATM 17 e ATM 18, presso nuovi recettori parimenti significativi ai fini del monitoraggio della componente atmosfera, che sono stati rinominati ATM 17BIS e ATM 18BIS.

PEDEMONTANA DELLE MARCHE SECONDO LOTTO FUNZIONALE – MISURE SETTIMANALI CON MEZZO MOBILE			
Codice punto	Località	Data inizio	Data fine
ATM 13	Viabilità di Cantiere	25.01.17	01.02.17
ATM 14	San Venanzo	01.02.17	08.02.17
ATM 15	Galleria Naturale Croce di Calle	25.01.17	01.02.17
ATM 16	Galleria Naturale Croce di Calle	01.02.17	08.02.17
ATM 17 BIS	Svincolo Matelica Ovest	08.03.17	15.03.17
ATM 18 BIS	Galleria Naturale Mistranietto	22.02.17	01.03.17
ATM 19	Campo base	15.02.17	22.02.17
ATM 20	Svincolo Matelica	08.03.17	15.03.17
ATM 21	Svincolo Matelica Nord Zona Industriale	08.02.17	15.02.17
ATM 22	Svincolo Castel Raimondo	01.03.17	08.03.17

Gli esiti delle attività di monitoraggio sono riportati nelle seguenti tabelle

ATM 13 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
CO	1,45	µg/m <sup>3</sup>	25/01/2017
NO	72,01	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
NO <sub>2</sub>	76,29	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
NO <sub>X</sub>	184,27	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
O <sub>3</sub>	53,15	µg/m <sup>3</sup>	31/01/2017
SO <sub>2</sub>	46,92	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
Benzene	3,32	µg/m <sup>3</sup>	25/01/2017
Toluene	3,96	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017

ATM 13 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	Xileni	5,14	
PM10	41,80	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
PM2.5	31,39	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
Arsenico	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
Cadmio	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
Mercurio	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
Nichel	0,017	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
Piombo	0,003	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017

ATM 14 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	0,66	
NO	4,37	µg/m <sup>3</sup>	03/02/2017
NO <sub>2</sub>	20,97	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
NO <sub>X</sub>	26,51	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
O <sub>3</sub>	59,62	µg/m <sup>3</sup>	05/02/2017
SO <sub>2</sub>	20,11	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017
Benzene	1,66	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017
Toluene	5,46	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
Xileni	1,40	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017
PM10	21,60	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017
PM2.5	11,31	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017
Arsenico	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
Cadmio	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
Mercurio	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
Nichel	0,012	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017
Piombo	0,004	µg/m <sup>3</sup>	02/02/2017

ATM 15 CAMPAGNA AO		
Parametro monitorato	Valore	Data fine



ATM 15 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	0,95	
NO	8,98	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017
NO <sub>2</sub>	89,42	µg/m <sup>3</sup>	25/01/2017
NO <sub>X</sub>	93,42	µg/m <sup>3</sup>	25/01/2017
O <sub>3</sub>	78,38	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017
SO <sub>2</sub>	3,85	µg/m <sup>3</sup>	27/01/2017
Benzene	4,13	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017
Toulene	2,46	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017
Xileni	4,16	µg/m <sup>3</sup>	26/01/2017
PM <sub>10</sub>	28,97	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
PM <sub>2.5</sub>	22,88	µg/m <sup>3</sup>	29/01/2017
Arsenico	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
Cadmio	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
Mercurio	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
Nichel	0,010	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017
Piombo	0,003	µg/m <sup>3</sup>	30/01/2017

ATM 16 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	0,82	
NO	6,86	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017
NO <sub>2</sub>	14,75	µg/m <sup>3</sup>	07/02/2017
NO <sub>X</sub>	24,36	µg/m <sup>3</sup>	08/02/2017
O <sub>3</sub>	83,30	µg/m <sup>3</sup>	03/02/2017
SO <sub>2</sub>	2,53	µg/m <sup>3</sup>	03/02/2017
Benzene	2,35	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017
Toulene	3,01	µg/m <sup>3</sup>	06/02/2017
Xileni	11,81	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017
PM <sub>10</sub>	32,62	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017
PM <sub>2.5</sub>	24,39	µg/m <sup>3</sup>	01/02/2017
Arsenico	< 0,001	µg/m <sup>3</sup>	05/02/2017

ATM 16 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	Cadmio	< 0,001	
Mercurio	< 0,001	µg/m3	05/02/2017
Nichel	0,011	µg/m3	05/02/2017
Piombo	0,002	µg/m3	05/02/2017

ATM 17BIS CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	0,87	
NO	2,77	µg/m3	12/03/2017
NO2	27,91	µg/m3	15/03/2017
NOX	29,62	µg/m3	15/03/2017
O3	71,42	µg/m3	14/03/2017
SO2	19,57	µg/m3	09/03/2017
Benzene	1,75	µg/m3	11/03/2017
Toulene	1,56	µg/m3	15/03/2017
Xileni	6,77	µg/m3	09/03/2017
PM10	18,34	µg/m3	13/03/2017
PM2.5	12,08	µg/m3	15/03/2017
Arsenico	< 0,001	µg/m3	08/03/2017
Cadmio	< 0,001	µg/m3	08/03/2017
Mercurio	< 0,001	µg/m3	08/03/2017
Nichel	0,016	µg/m3	08/03/2017
Piombo	0,003	µg/m3	08/03/2017

ATM 18 BIS CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	1,02	
NO	11,18	µg/m3	01/03/2017
NO2	24,94	µg/m3	28/02/2017
NOX	41,88	µg/m3	28/02/2017

ATM 18 BIS CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	O3	93,66	
SO2	28,80	µg/m3	23/02/2017
Benzene	1,77	µg/m3	26/02/2017
Toulene	12,96	µg/m3	25/02/2017
Xileni	20,58	µg/m3	25/02/2017
PM10	19,61	µg/m3	25/02/2017
PM2.5	15,69	µg/m3	25/02/2017
Arsenico	0,001	µg/m3	23/02/2017
Cadmio	0,001	µg/m3	23/02/2017
Mercurio	< 0,001	µg/m3	23/02/2017
Nichel	0,024	µg/m3	23/02/2017
Piombo	0,008	µg/m3	23/02/2017

ATM 19 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	1,18	
NO	11,53	µg/m3	20/02/17
NO2	27,01	µg/m3	20/02/17
NOX	44,63	µg/m3	20/02/17
O3	85,30	µg/m3	21/02/17
SO2	5,27	µg/m3	18/02/17
Benzene	0,98	µg/m3	20/02/17
Toulene	1,38	µg/m3	19/02/17
Xileni	3,88	µg/m3	21/02/17
PM10	21,17	µg/m3	15/02/17
PM2.5	16,98	µg/m3	15/02/17
Arsenico	0,001	µg/m3	16/02/17
Cadmio	0,001	µg/m3	16/02/17
Mercurio	< 0,001	µg/m3	16/02/17
Nichel	0,034	µg/m3	16/02/17
Piombo	0,002	µg/m3	16/02/17

ATM 20 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
CO	0,68	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17
NO	41,66	µg/m <sup>3</sup>	08/03/17
NO <sub>2</sub>	88,74	µg/m <sup>3</sup>	12/03/17
NO <sub>X</sub>	131,82	µg/m <sup>3</sup>	12/03/17
O <sub>3</sub>	79,35	µg/m <sup>3</sup>	09/03/17
SO <sub>2</sub>	7,90	µg/m <sup>3</sup>	15/03/17
Benzene	1,18	µg/m <sup>3</sup>	11/03/17
Toulene	8,16	µg/m <sup>3</sup>	11/03/17
Xileni	26,12	µg/m <sup>3</sup>	11/03/17
PM <sub>10</sub>	30,42	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17
PM <sub>2.5</sub>	16,46	µg/m <sup>3</sup>	15/03/17
Arsenico	<0,001	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17
Cadmio	<0,001	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17
Mercurio	<0,001	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17
Nichel	0,013	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17
Piombo	0,012	µg/m <sup>3</sup>	14/03/17

ATM 21 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
CO	0,82	µg/m <sup>3</sup>	09/02/2017
NO	38,57	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017
NO <sub>2</sub>	92,64	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017
NO <sub>X</sub>	151,65	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017
O <sub>3</sub>	68,75	µg/m <sup>3</sup>	14/02/2017
SO <sub>2</sub>	5,46	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017
Benzene	1,04	µg/m <sup>3</sup>	10/02/2017
Toulene	4,73	µg/m <sup>3</sup>	09/02/2017
Xileni	15,94	µg/m <sup>3</sup>	09/02/2017
PM <sub>10</sub>	33,17	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017
PM <sub>2.5</sub>	30,40	µg/m <sup>3</sup>	15/02/2017

ATM 21 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	Arsenico	<0,001	
Cadmio	0,001	µg/m <sup>3</sup>	12/02/2017
Mercurio	<0,001	µg/m <sup>3</sup>	12/02/2017
Nichel	0,014	µg/m <sup>3</sup>	12/02/2017
Piombo	0,006	µg/m <sup>3</sup>	12/02/2017

ATM 22 CAMPAGNA AO			
Parametro monitorato	Valore		Data fine
	CO	0,65	
NO	42,12	µg/m <sup>3</sup>	03/03/2017
NO <sub>2</sub>	66,44	µg/m <sup>3</sup>	03/03/2017
NO <sub>X</sub>	130,88	µg/m <sup>3</sup>	03/03/2017
O <sub>3</sub>	83,49	µg/m <sup>3</sup>	06/03/2017
SO <sub>2</sub>	2,88	µg/m <sup>3</sup>	08/03/2017
Benzene	1,50	µg/m <sup>3</sup>	06/03/2017
Toluene	1,88	µg/m <sup>3</sup>	07/03/2017
Xileni	5,16	µg/m <sup>3</sup>	07/03/2017
PM <sub>10</sub>	21,05	µg/m <sup>3</sup>	01/03/2017
PM <sub>2.5</sub>	15,34	µg/m <sup>3</sup>	01/03/2017
Arsenico	<0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/03/2017
Cadmio	0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/03/2017
Mercurio	<0,001	µg/m <sup>3</sup>	02/03/2017
Nichel	0,021	µg/m <sup>3</sup>	02/03/2017
Piombo	0,040	µg/m <sup>3</sup>	02/03/2017

I valori di concentrazione, ottenuti nella campagna di monitoraggio Ante Operam, sono stati confrontati con i limiti di qualità dell'aria per il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il biossido di azoto, l'ozono, la frazione respirabile delle particelle sospese ed il benzene, previsti dal D.Lgs.155/10.

I livelli di concentrazione raggiunti dal biossido di azoto, dal monossido di carbonio, dal biossido di zolfo, dall'ozono, dal benzene sono risultati tutti al di sotto dei limiti di legge (D.Lgs.155/10).

Nel monitoraggio delle polveri sottili non è stato riscontrato alcun superamento del valore limite del PM10, pari a 50 µg/m<sup>3</sup> definito dal D.Lgs. 155/10.

Infine, per quanto relativo alla concertazione di metalli, si segnala che l'andamento degli stessi si mantiene sempre al di sotto dei valori obiettivo calcolati su media annuale.

**PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE ANTE OPERAM**

Codice punto	Coordinate	Opera	Prog.	N° di misu- re	Tipologia di Misura
ATM 13	43°16'24.40"N 12°59'36.49"E	Viabilità di Cantiere	0+450	1	Analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particellari, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.
ATM 14	43°15.834'N 12° 59.777'E	S. Venanzo	1+500	1	
ATM 15	43°15'29.06"N 12°59'6.85"E	Galleria Naturale Croce Di Calle	2+450	1	
ATM 16	43° 14.834'N 12° 59.165'E	Galleria Naturale Croce Di Calle	3+400	1	
ATM 17	43° 14.633'N 12° 59.405'E	Impianto Betonaggio	3+800	1	
ATM 18	43° 14.365'N 13° 0.361'E	Galleria Naturale Mistrianello	5+400	1	
ATM 19	43° 14.145'N 13° 0.986'E	Campo Base	6+500	1	
ATM 20	43°14'12.08"N 13° 1'8.78"E	Svincolo di Matelica	6+500	1	



**PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE ANTE OPERAM**

<b>Codice punto</b>	<b>Coordinate</b>	<b>Opera</b>	<b>Prog.</b>	<b>N° di misu- re</b>	<b>Tipologia di Misura</b>
ATM 21	43° 13.775'N 13° 1.797'E	Area Logistica	7+750	1	Analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.
ATM 22	43°13'41.21"N 13° 2'4.92"E	Svincolo Castel Raimondo	8+150	1	

In sintesi nella fase Ante Operam sono previste complessivamente N°10 misure.

**PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE CORSO D'OPERA**

<b>Codice punto</b>	<b>Coordinate</b>	<b>Opera</b>	<b>Prog.</b>	<b>N° di misu- re</b>	<b>Tipologia di Misura</b>
ATM 13	43°16'24.40"N 12°59'36.49"E	Viabilità di Cantiere	0+450	5	Analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolari, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.
ATM 14	43°15.834'N 12° 59.777'E	S. Venanzo	1+500	4	
ATM 15	43°15'29.06"N 12°59'6.85"E	Galleria Naturale Croce Di Calle	2+450	4	
ATM 16	43° 14.834'N 12° 59.165'E	Galleria Naturale Croce Di Calle	3+400	4	
ATM 17	43° 14.633'N 12° 59.405'E	Impianto Betonaggio	3+800	5	
ATM 18	43° 14.365'N 13° 0.361'E	Galleria Naturale Mistrianello	5+400	4	
ATM 19	43° 14.145'N 13° 0.986'E	Campo Base	6+500	5	
ATM 20	43°14'12.08"N 13° 1'8.78"E	Svincolo di Matelica	6+500	4	

**PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE CORSO D'OPERA**

<b>Codice punto</b>	<b>Coordinate</b>	<b>Opera</b>	<b>Prog.</b>	<b>N° di misu- re</b>	<b>Tipologia di Misura</b>
ATM 21	43° 13.775'N 13° 1.797'E	Area Logistica	7+750	5	Analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particellari, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.
ATM 22	43°13'41.21"N 13° 2'4.92"E	Svincolo Castel Raimondo	8+150	4	

In sintesi nella fase Corso d'Opera sono previste complessivamente N° 44 misure.

**PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE POST OPERAM**

<b>Codice punto</b>	<b>Coordinate</b>	<b>Opera</b>	<b>Prog.</b>	<b>N° di misu- re</b>	<b>Tipologia di Misura</b>
ATM 13	43°16'24.40"N 12°59'36.49"E	Viabilità di Cantiere	0+450	1	Analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particellari, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.
ATM 14	43°15.834'N 12° 59.777'E	S. Venanzo	1+500	1	
ATM 15	43°15'29.06"N 12°59'6.85"E	Galleria Naturale Croce Di Calle	2+450	1	
ATM 16	43° 14.834'N 12° 59.165'E	Galleria Naturale Croce Di Calle	3+400	1	
ATM 17	43° 14.633'N 12° 59.405'E	Impianto Betonaggio	3+800	1	
ATM 18	43° 14.365'N 13° 0.361'E	Galleria Naturale Mistrianello	5+400	1	
ATM 19	43° 14.145'N 13° 0.986'E	Campo Base	6+500	1	
ATM 20	43°14'12.08"N 13° 1'8.78"E	Svincolo di Matelica	6+500	1	

**PROGRAMMA DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO IN FASE POST OPERAM**

<b>Codice punto</b>	<b>Coordinate</b>	<b>Opera</b>	<b>Prog.</b>	<b>N° di misu- re</b>	<b>Tipologia di Misura</b>
ATM 21	43° 13.775'N 13° 1.797'E	Area Logistica	7+750	1	Analisi con mezzo mobile degli specifici parametri relativi agli inquinanti gassosi e particolati, ai metalli ed agli IPA indicati da PMA, rilievo dei parametri meteorologici.
ATM 22	43°13'41.21"N 13° 2'4.92"E	Svincolo Castel Raimondo	8+150	1	

In sintesi nella fase Post Operam sono previste N° 10 misure

## **11. ALLEGATI**

**11.1. Allegato 1 – Schede di campionamento**
**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 13

**PROGR. (KM):** 0+450

**DENOMINAZIONE:** VIABILITA' DI CANTIERE

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Macerata**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43°16'24.40"N 12°59'36.49"E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 80,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 7

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

 parallelo

 ruotato

Tipologia

 scuola

 ospedale

 residenziale isolato

 residenziale agglomerato

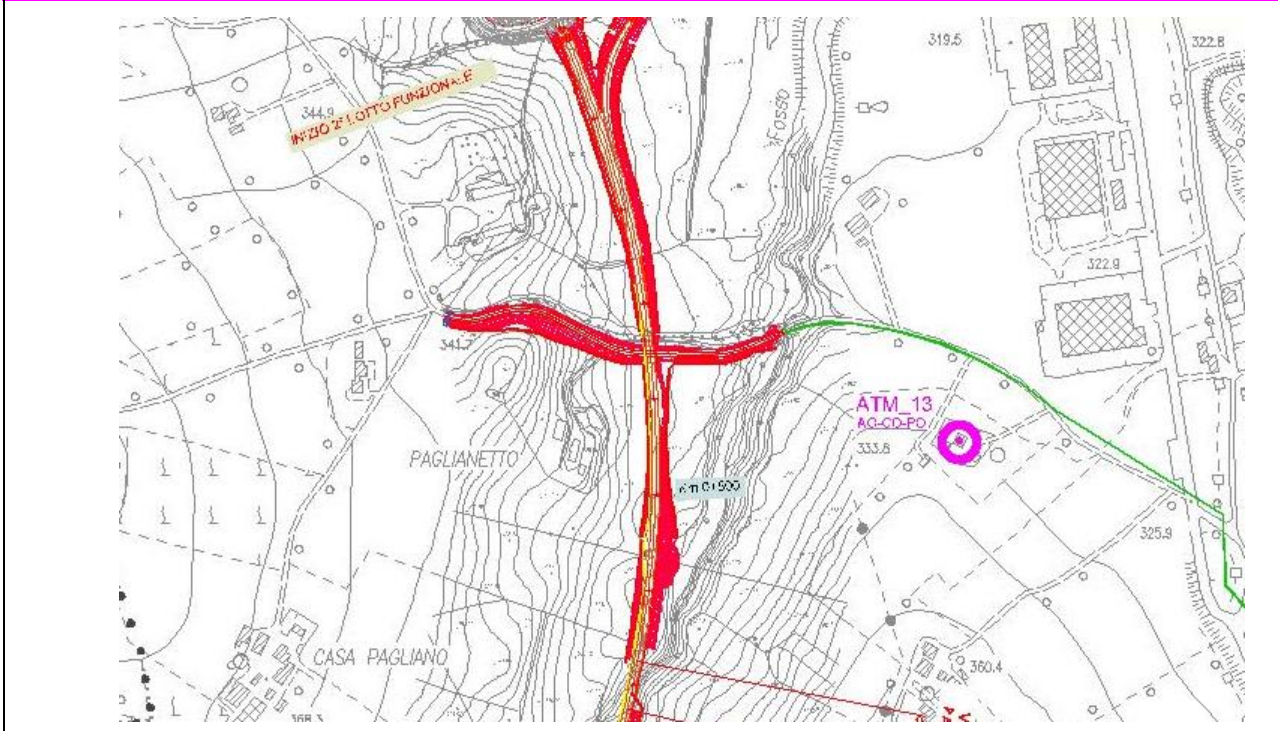
 pertinenza FS

 rudere/assimilabile

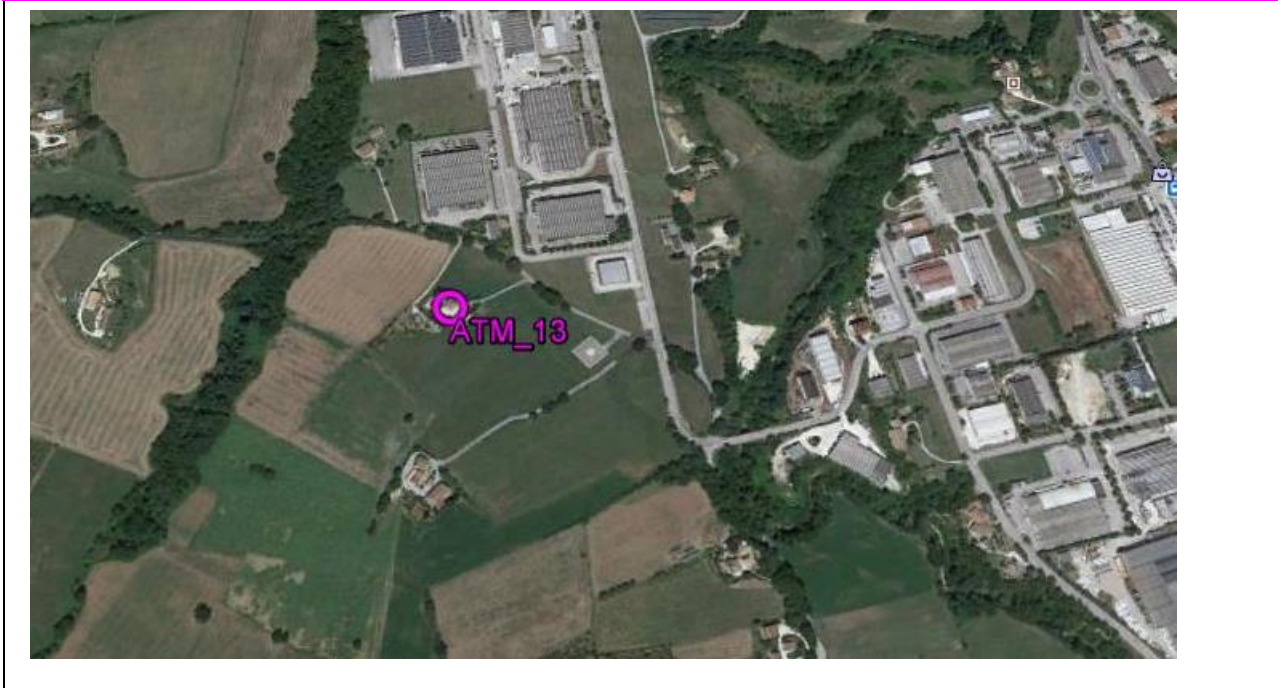
 edificio storico/area pregio naturale



AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000



ORTOFOTO



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**

<b>CODICE PUNTO MISURA:</b> ATM 14
<b>PROGR. (KM):</b> 1+500
<b>DENOMINAZIONE:</b> SAN VENANZO

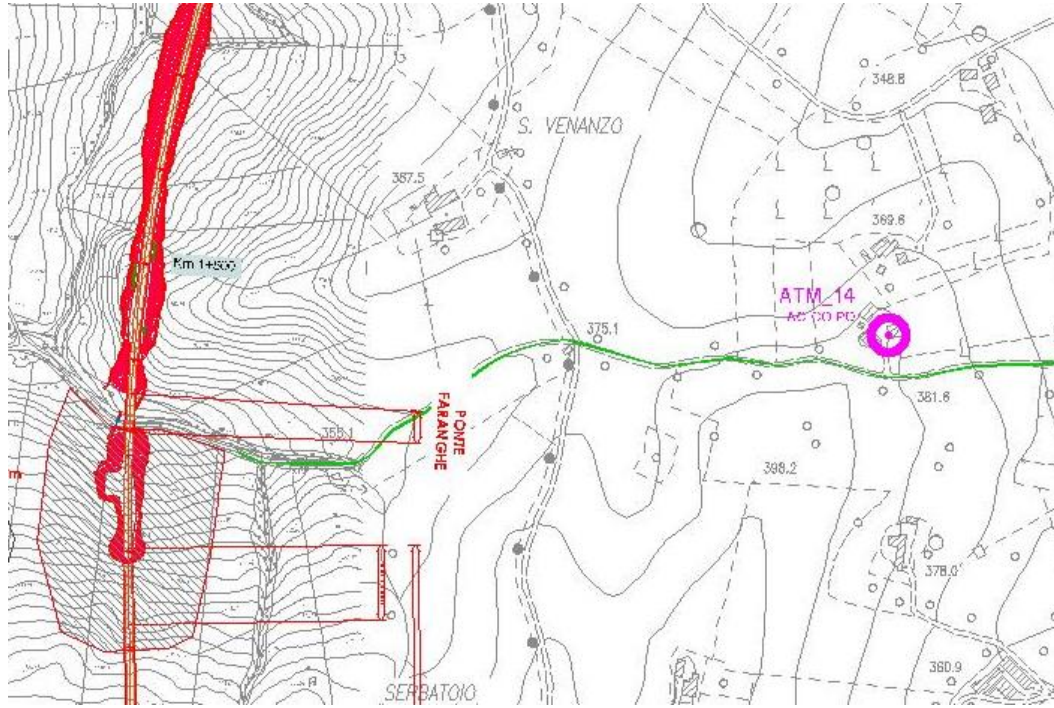
<b>LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA</b>
Comune: <b>Matelica</b>
Provincia: <b>Ancona</b>
Regione: <b>Marche</b>
Località:
Coordinate geografiche: <b>43° 15.834'N 12° 59.777'E</b>

<b>CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA</b>
TIPOLOGIA DI OPERA: <input checked="" type="checkbox"/> RILEVATO <input type="checkbox"/> TRINCEA <input type="checkbox"/> RASO <input type="checkbox"/> VIADOTTO <input type="checkbox"/> GALLERIA NATURALE <input type="checkbox"/> GALLERIA ARTIFICIALE

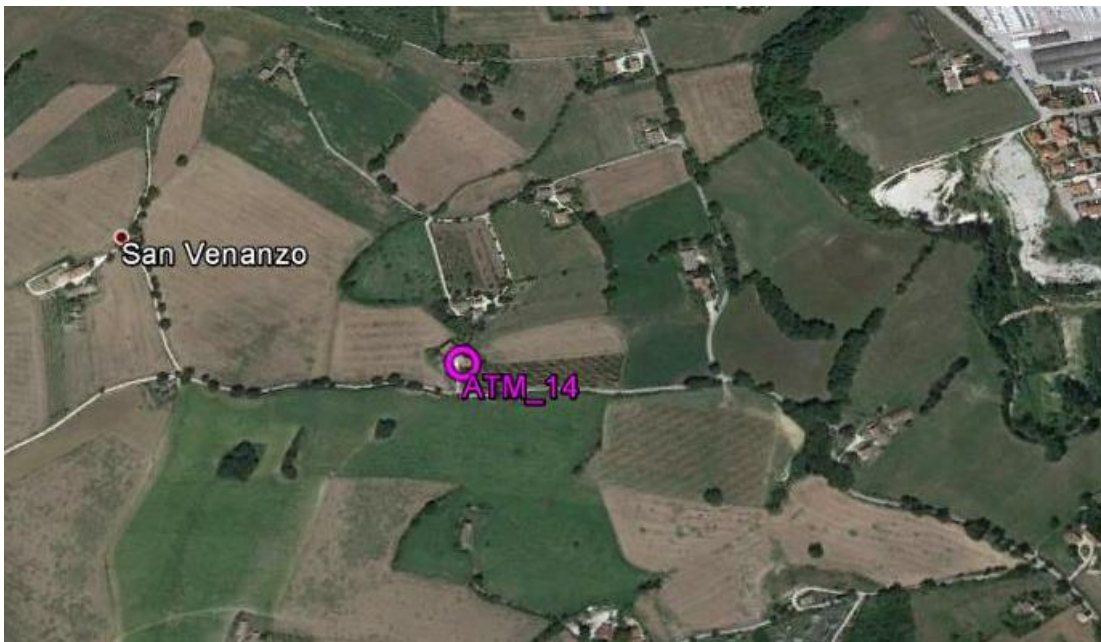
<b>CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO</b>			
DISTANZA DAL TRACCIATO: 30,00 m			
POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST <input type="checkbox"/> OVEST <input checked="" type="checkbox"/> NORD <input type="checkbox"/> SUD <input type="checkbox"/> A CAVALLO <input type="checkbox"/>			
ALTEZZA DEL RICETTORE		M 11	DISTANZA DAL PUNTO ..... M
ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA			
<input checked="" type="checkbox"/>	parallelo	<input type="checkbox"/>	ruotato
Tipologia			
<input type="checkbox"/>	<u>scuola</u>	<input type="checkbox"/>	ospedale
<input checked="" type="checkbox"/>	<u>residenziale isolato</u>	<input type="checkbox"/>	residenziale agglomerato
<input type="checkbox"/>	<u>pertinenza FS</u>	<input type="checkbox"/>	rudere/assimilabile
<input type="checkbox"/>	<u>edificio storico/area pregio naturale</u>		



AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000



ORTOFOTO



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 15

**PROGR. (KM):** 2+450

**DENOMINAZIONE:** GALLERIA NATURALE CROCE DI CALLE

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Ancona**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43°15'29.06"N 12°59'6.85"E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 100,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 7

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

parallelo

ruotato

Tipologia

scuola

ospedale

residenziale isolato

residenziale agglomerato

pertinenza FS

rudere/assimilabile

edificio storico/area pregio naturale



**AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000**



**ORTOFOTO**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**





**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 16

**PROGR. (KM):** 3+400

**DENOMINAZIONE:** GALLERIA NATURALE CROCE DI CALLE

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Ancona**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43° 14.834'N 12° 59.165'E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 100,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 15

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

parallelo

ruotato

Tipologia

scuola

ospedale

residenziale isolato

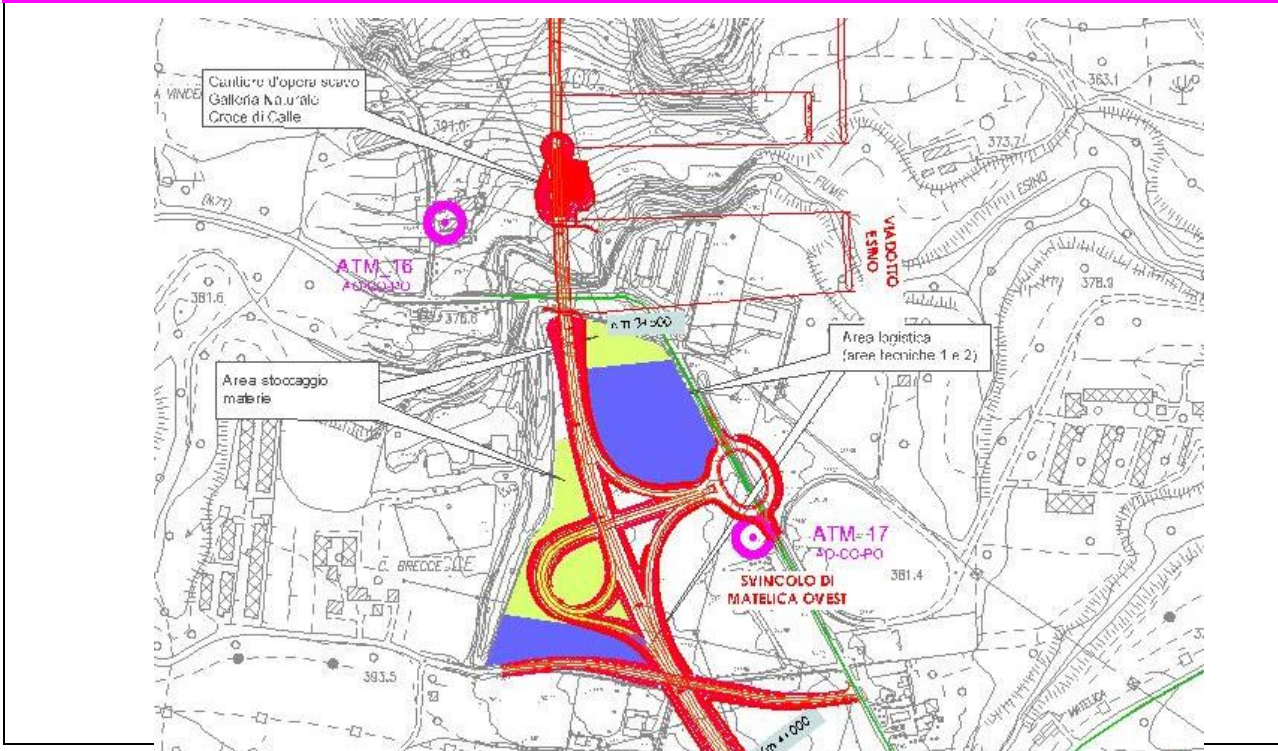
residenziale agglomerato

pertinenza FS

rudere/assimilabile

edificio storico/area pregio naturale

AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000



ORTOFOTO





**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 17

**PROGR. (KM):** 3+800

**DENOMINAZIONE:** IMPIANTO DI BETONAGGIO

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Ancona**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43° 14.633'N 12° 59.405'E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 120 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 7

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

parallelo

ruotato

Tipologia

scuola

ospedale

residenziale isolato

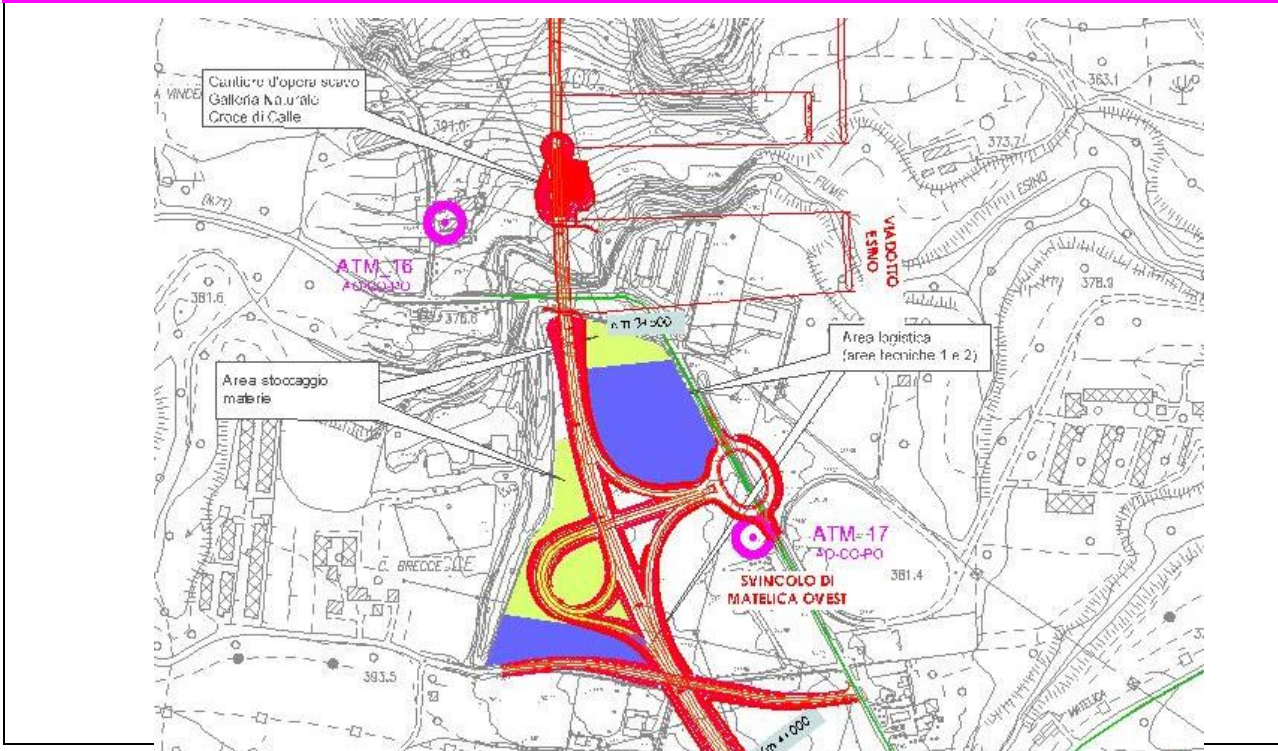
residenziale agglomerato

pertinenza FS

rudere/assimilabile

edificio storico/area pregio naturale

**AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000**



**ORTOFOTO**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**





**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 18

**PROGR. (KM):** 3+800

**DENOMINAZIONE:** GALLERIA NATURALE MISTRANIELLO

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Ancona**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43° 14.365'N 13° 0.361'E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 100,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 9

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

parallelo

ruotato

Tipologia

scuola

ospedale

residenziale isolato

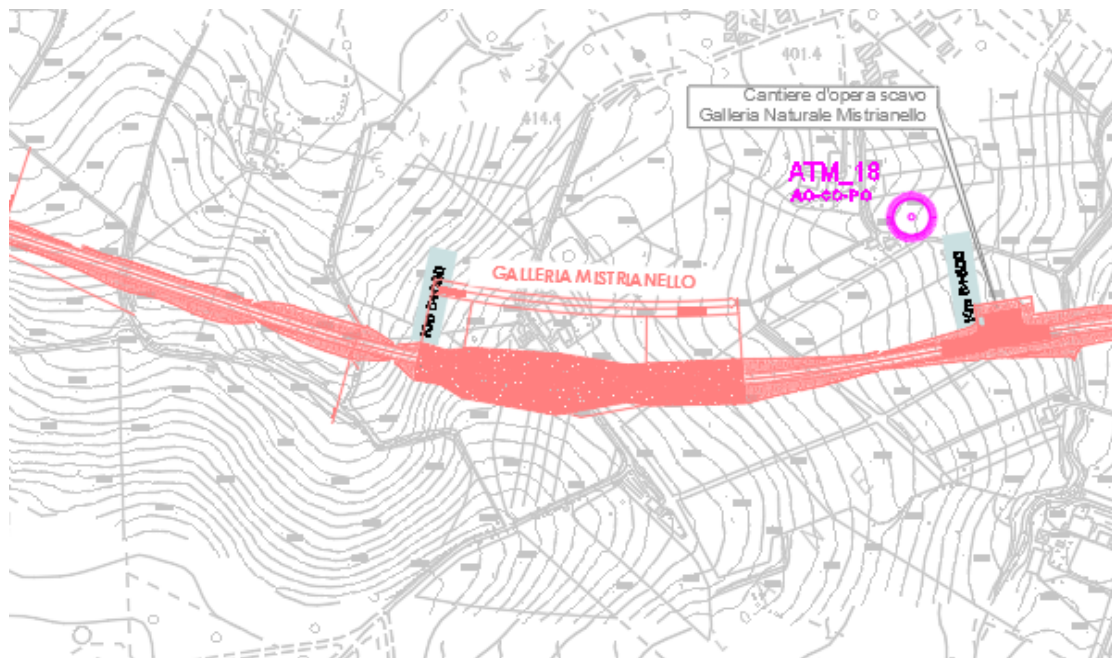
residenziale agglomerato

pertinenza FS

rudere/assimilabile

edificio storico/area pregio naturale

**AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000**



**ORTOFOTO**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 19

**PROGR. (KM):** 6+500

**DENOMINAZIONE:** CAMPO BASE

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Ancona**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43° 14.145'N 13° 0.986'E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 40,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 12

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

parallelo

ruotato

Tipologia

scuola

ospedale

residenziale isolato

residenziale agglomerato

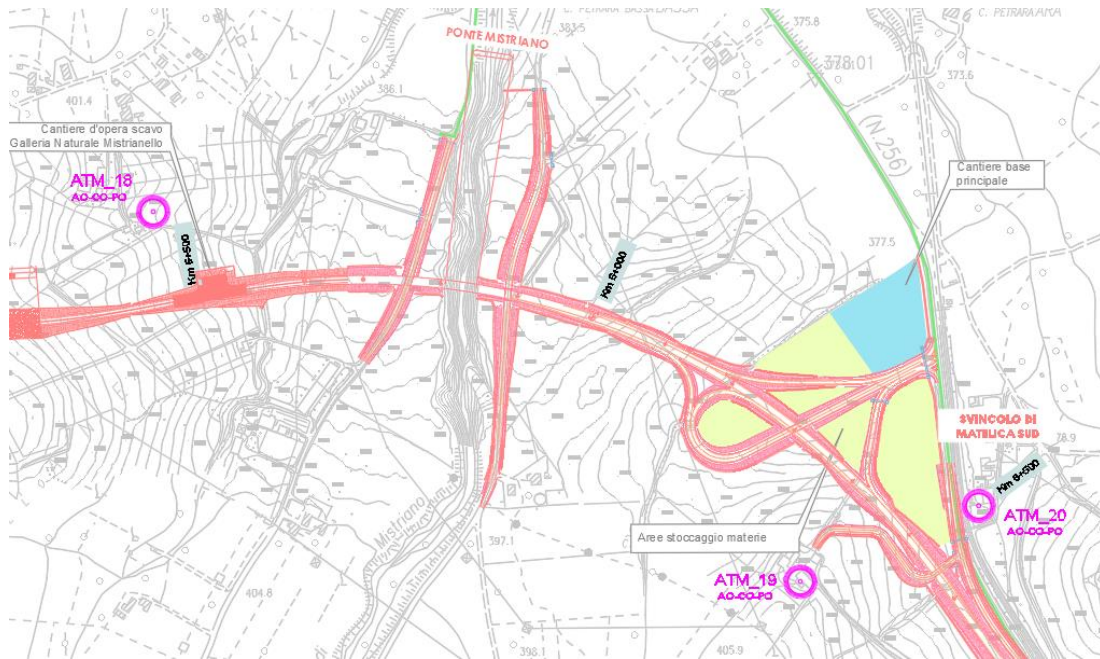
pertinenza FS

rudere/assimilabile

edificio storico/area pregio naturale



**AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000**



**ORTOFOTO**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 20

**PROGR. (KM):** 6+500

**DENOMINAZIONE:** SVINCOLO DI MATELICA

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Macerata**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43°14'12.08"N 13° 1'8.78"E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 20,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 10

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA

parallelo

ruotato

Tipologia

scuola

ospedale

residenziale isolato

residenziale agglomerato

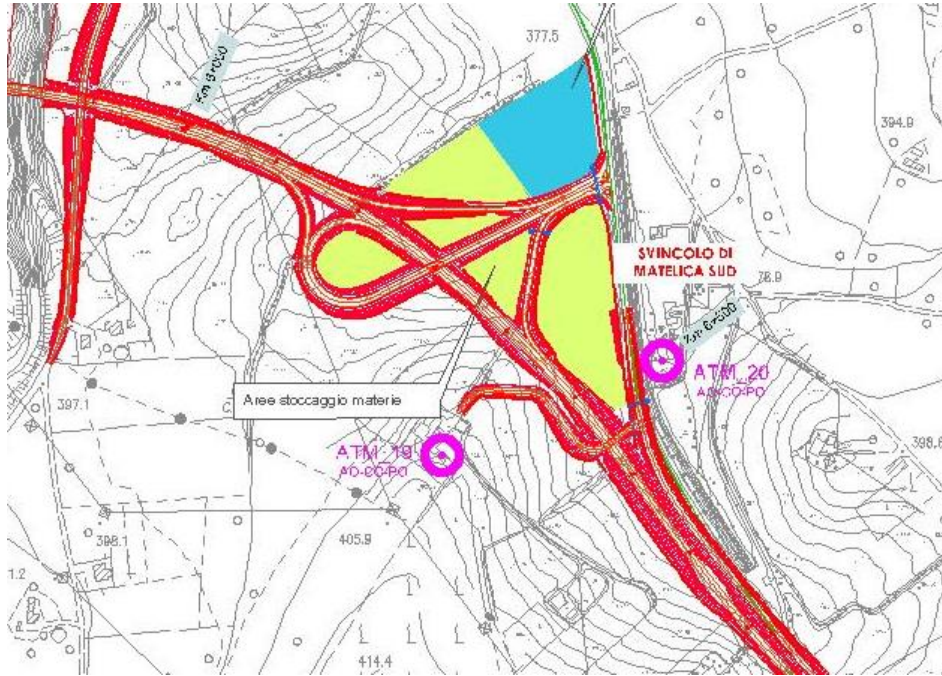
pertinenza FS

rudere/assimilabile

edificio storico/area pregio naturale



**AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000**



**ORTOFOTO**





**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 21

**PROGR. (KM):** 7+750

**DENOMINAZIONE:** SVINCOLO DI MATELICA NORD ZONA INDUSTRIALE

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Macerata**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43° 13.775'N 13° 1.797'E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 70,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 10

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA



parallelo



ruotato

Tipologia



scuola



ospedale



residenziale isolato



residenziale agglomerato



pertinenza FS



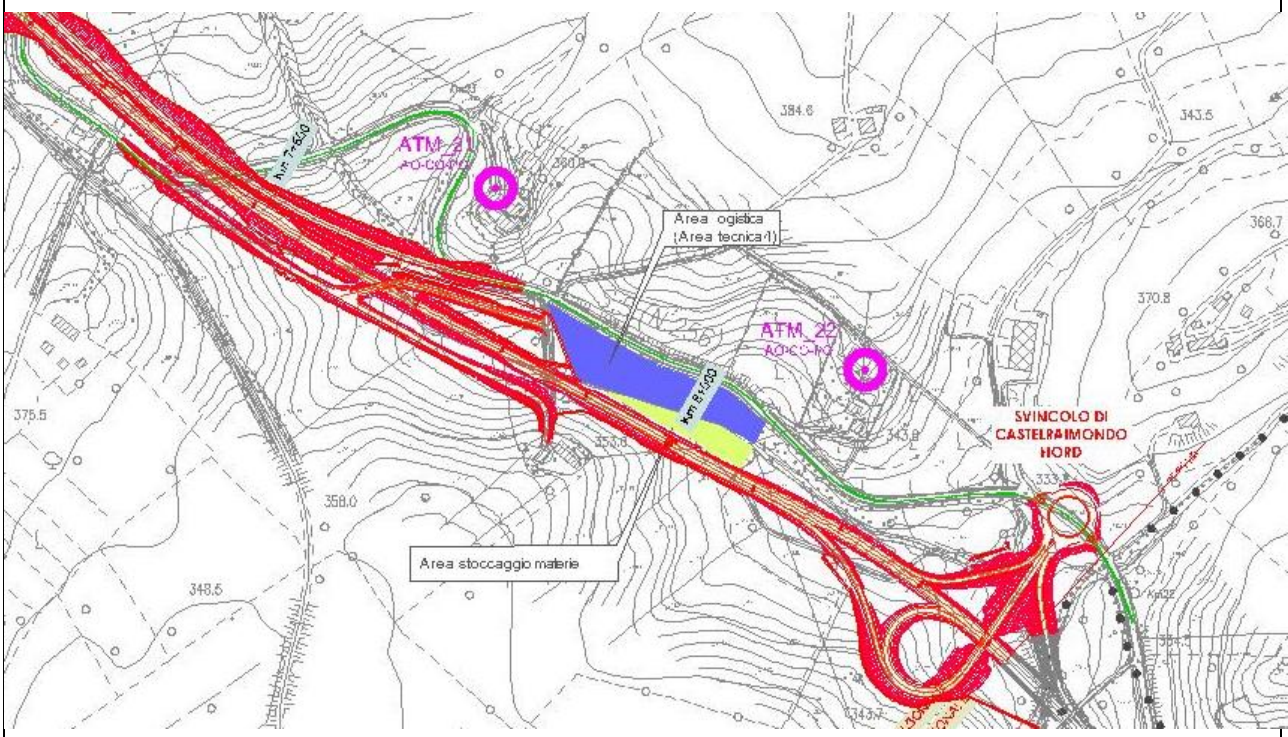
rudere/assimilabile



edificio storico/area pregio naturale



**AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000**



**ORTOFOTO**



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**SCHEDA DI CAMPIONAMENTO ATMOSFERA**
**CODICE PUNTO MISURA:** ATM 22

**PROGR. (KM):** 8+150

**DENOMINAZIONE:** SVINCOLO CASTEL RAIMONDO

**LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA**

 Comune: **Matelica**

 Provincia: **Macerata**

 Regione: **Marche**

Località:

 Coordinate geografiche: **43°13'41.21"N 13° 2'4.92"E**
**CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA**

 TIPOLOGIA DI OPERA:  RILEVATO  TRINCEA  RASO  VIADOTTO  GALLERIA NATURALE  GALLERIA ARTIFICIALE

**CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO**

DISTANZA DAL TRACCIATO: 120,00 m

 POSIZIONE RISPETTO ALL'ASSE DEL TRACCIATO: EST  OVEST  NORD  SUD  A CAVALLO 

ALTEZZA DEL RICETTORE M 12

DISTANZA DAL PUNTO ..... M

ORIENTAMENTO DELLA FACCIATA INTERESSATA DALLA MISURA RISPETTO ALLA STRADA



parallelo



ruotato

Tipologia


scuola


ospedale


residenziale isolato


residenziale agglomerato

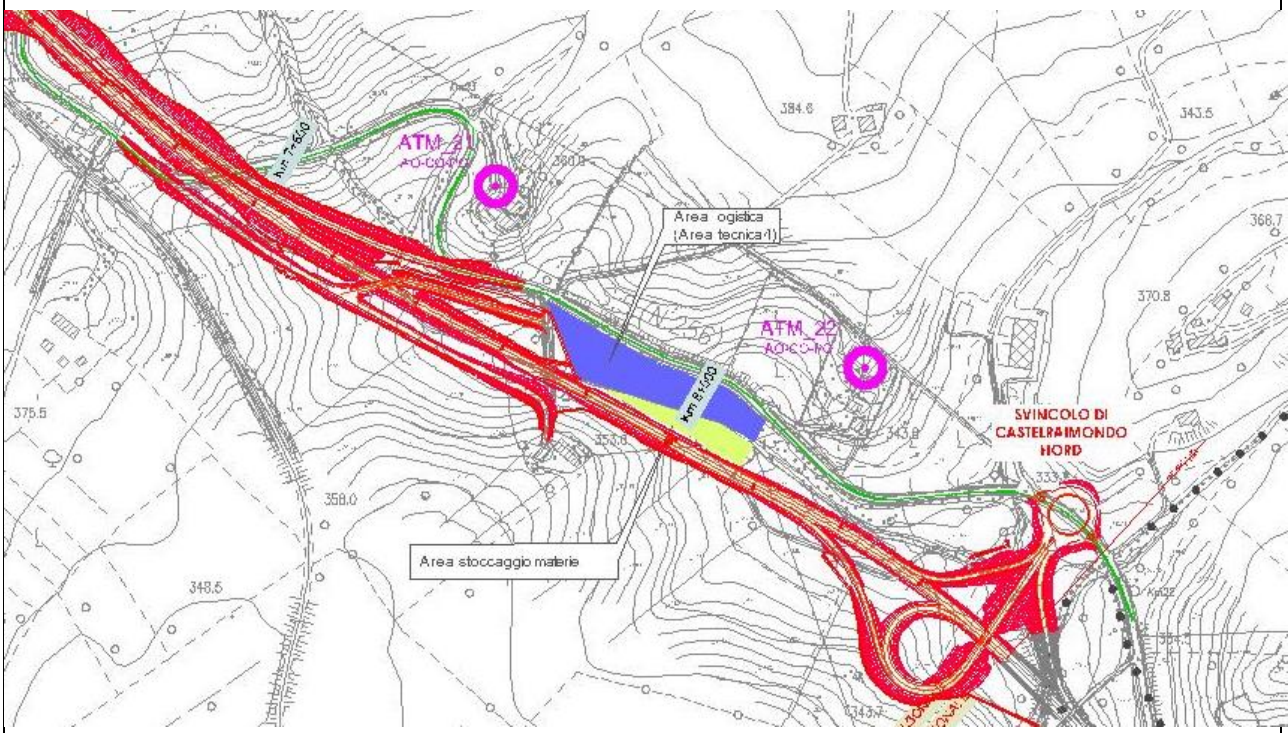

pertinenza FS


rudere/assimilabile


edificio storico/area pregio naturale



AEROFOTOGRAMMETRIA – SCALA 1:10.000



ORTOFOTO





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**11.2. Allegato 2 – Scheda di monitoraggio tipo**

<b>SCHEDA DI MONITORAGGIO ATMOSFERA</b>
<b>CODICE PUNTO MISURA:</b>
<b>PROGR. (KM):</b>
<b>DENOMINAZIONE:</b>
<b>FASE DI MONITORAGGIO:</b>
<b>DATA:</b>

<b>LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA</b>
Comune:
Provincia:
Regione
Località:
Coordinate geografiche:

<b>CARATTERISTICA DELL'INFRASTRUTTURA</b>
TIPOLOGIA DI OPERA: <input checked="" type="checkbox"/> RILEVATO <input type="checkbox"/> TRINCEA <input type="checkbox"/> RASO <input type="checkbox"/> VIADOTTO <input type="checkbox"/> GALLERIA NATURALE <input type="checkbox"/> GALLERIA ARTIFICIALE

<b>CARATTERISTICA DEL PUNTO DI MONITORAGGIO</b>			
Distanza dal tracciato: ...M			
Posizione rispetto all'asse del tracciato: EST <input type="checkbox"/> OVEST <input type="checkbox"/> NORD <input type="checkbox"/> SUD <input type="checkbox"/> A CAVALLO <input checked="" type="checkbox"/>			
Altezza del ricettore	M	Distanza dal punto .....	M
Orientamento della facciata interessata dalla misura rispetto alla strada			
<input type="checkbox"/>	parallelo	<input type="checkbox"/>	ruotato
<b>Tipologia</b>			
<input type="checkbox"/>	scuola	<input type="checkbox"/>	ospedale
<input type="checkbox"/>	residenziale isolato	<input type="checkbox"/>	residenziale agglomerato
<input type="checkbox"/>	pertinenza FS	<input type="checkbox"/>	rudere/assimilabile
<input type="checkbox"/>	edificio storico/area pregio naturale		



**PRINCIPALI SORGENTI INQUINANTI**

(viene indicata la distanza dal ricettore)

<input type="checkbox"/>	linea ferroviaria	m:	<input type="checkbox"/>	strada vicinale	m:
<input type="checkbox"/>	industrie	m:	<input type="checkbox"/>	infrastrutture aeroportuali	m:
<input type="checkbox"/>	cantieri	m:	<input type="checkbox"/>	fermata mezzi pubblici (autobus)	m:
<input checked="" type="checkbox"/>	parcheggio	m:	<input type="checkbox"/>	fermata mezzi pubblici (filobus)	m:

**POSIZIONE DEL PUNTO DI MISURAZIONE RISPETTO AL RICETTORE**

<input type="checkbox"/>	fronte	m:	<input type="checkbox"/>	lato sinistro	m:
<input type="checkbox"/>	Lato destro	m:			

**POSIZIONE DELLA TORRETTA DI CAMPIONAMENTO**

Altezza sul piano della strada	m:			
<u>Descrizione</u>				
<input type="checkbox"/>	cantieri	m:	<input type="checkbox"/>	fermata mezzi pubblici (autobus) m:
<input checked="" type="checkbox"/>	parcheggio	m:	<input type="checkbox"/>	fermata mezzi pubblici (filobus) m:

**CARATTERISTICHE DEL TRAFFICO SULLA STRADA PIÙ VICINA**

<input type="checkbox"/>	leggero	<input type="checkbox"/>	scorrevole
<input checked="" type="checkbox"/>	medio	<input checked="" type="checkbox"/>	pulsante
<input checked="" type="checkbox"/>	pesante	<input type="checkbox"/>	a blocchi temporanei

<b>STRUMENTAZIONE DI MISURA</b>	
<b>TIPO</b>	
<b>RESPONSABILE MISURE :</b>	
<b>TECNICO RILEVATORE :</b>	
<b>ANNOTAZIONI</b>	
<b>CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO CIRCOSTANTE IL PUNTO DI MISURA:</b>	
<b>NOTE ALLE MISURAZIONI:</b>	

**AEROFOTOGRAMMETRIA – scala 1:10.000**

Stralcio planimetrico 1:10.000  
Con ubicazione dei punti di vista fotografici

**ORTOFOTO – scala 1:10.000**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

**ELABORAZIONI GRAFICHE PARAMETRI METEOCLIMATICI**