



## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. INDIVIDUAZIONI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI E DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. ATTIVITÀ SVOLTE</b> .....	<b>5</b>
<b>4. ATMOSFERA</b> .....	<b>6</b>
4.1.1. Introduzione .....	6
4.1.2. Inquinamento atmosferico .....	7
4.1.3. Gli agenti inquinanti.....	8
4.2. Validazione modello .....	9
4.2.1. Il cantiere di Manzano, S.R. 56, km 14+830.....	9
4.2.2. Principali lavorazioni.....	10
4.2.3. Emissioni generate.....	11
4.2.4. Parametri della simulazione screen 3.....	12
4.3. Scenario originale di validazione .....	12
4.4. Scenario effettivo di validazione .....	15
4.5. Simulazione del cantiere <i>ex post</i> .....	16
4.6. Analisi dei dati sperimentali della campagna di rilevamento .....	17
4.7. Proposta critica di una metodologia di validazione.....	20
4.8. Conclusioni validazione modello .....	22
4.9. Confronto tra i monitoraggio ante e post operam – intersezione al km 14+830 in comune di Manzano.....	23
4.9.1. Conclusioni monitoraggio ante-post .....	31
<b>5. RUMORE</b> .....	<b>36</b>
5.1. Note generali.....	36
5.2. Monitoraggio in fase di cantiere .....	36
5.2.1. Prestazione di monitoraggio.....	36
5.2.2. Strumentazione .....	37
5.2.3. Analisi acustica.....	37
5.2.4. Risultati monitoraggi.....	38
5.3. Monitoraggio ante e post operam.....	40
5.3.1. Tecnica di rilievo.....	40
5.3.2. Considerazioni conclusive sull’impatto rumore.....	45
<b>6. Vibrazioni</b> .....	<b>46</b>
6.1. Risultati delle misure .....	48
6.2. Conclusioni monitoraggio vibrazioni .....	50



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

## 1. PREMESSA

Il presente documento illustra i risultati del monitoraggio realizzato secondo la prescrizione del Servizio valutazione impatto ambientale Decreto n° 2227 del 17/09/2010 e sulla base delle indicazioni fornite da ARPA FVG, in corrispondenza delle intersezioni ai km 8+500, 9+750, 10+600, 11+510, 14+830, 16+900 e 17+300 lungo la SR 56 "di Gorizia". Si rileva che il suddetto decreto inseriva nell'elenco di cui sopra anche la rotonda al km 17+700 che tuttavia non è stata realizzata né si ritiene possa essere cantierata nell'immediato futuro; pertanto il presente studio non contempla tale intersezione di cui si riserva eventualmente l'integrazione.

L'ARPA FVG ha approvato in data 11 febbraio 2011 (Prot. 1242/2011/DS/73) il Piano di Monitoraggio (PM) presentato dallo scrivente, inserendo alcune prescrizione che sono state poi rigorosamente osservate nella fase di progettazione ed elaborazione delle indagini condotte.

Al fine di fornire, inoltre, un dato completo con una verifica puntuale delle variazioni ambientali prodotte dall'inserimento delle rotonde lungo la SR 56, il Commissario Delegato per l'emergenza della mobilità ha inteso proseguire il monitoraggio anche nella fase "post opera" incaricando lo scrivente per l'effettuazione di ulteriori indagini a campione sia della qualità dell'aria che dell'inquinamento acustico.

Per le valutazioni tecniche, oltre al prezioso contributo fornito dai tecnici di ARPA FVG ci si è avvalsi della collaborazione degli uffici di Direzione Lavori e del laboratorio di indagini ambientali "Chelab" di Resana (TV). Per l'analisi del flusso traffico è stato possibile inoltre utilizzare i dati forniti da FVG Strade relativi ad un portale presente lungo la SR 56 all'altezza del comune di San Giovanni al Natisone.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

## 2. INDIVIDUAZIONI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI E DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Il Monitoraggio Ambientale ha inteso perseguire i seguenti obiettivi generali:

- garantire, durante la costruzione, il pieno controllo della situazione ambientale;
- fornire gli elementi di verifica necessari per la corretta esecuzione delle procedure di monitoraggio;
- effettuare, nelle fasi di costruzione, gli opportuni controlli sull'esatto adempimento dei contenuti del progetto definitivo e delle eventuali prescrizioni e raccomandazioni formulate in fase di approvazione.
- correlare gli stati *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*, al fine di valutare l'evolversi della situazione;

Per ciascuna componente ambientale oggetto delle attività di monitoraggio sono stati altresì definiti gli obiettivi specifici di seguito sinteticamente riportati.

### Atmosfera

Il monitoraggio della componente atmosfera si è posto l'obiettivo di valutare la qualità dell'aria nelle aree interessate dalle future infrastrutture al fine di verificare gli eventuali incrementi che portino ai superamenti dei limiti di legge nel livello di concentrazione delle sostanze inquinanti aerodisperse derivanti dalla realizzazione dell'opera stessa.

### Rumore

Il monitoraggio ha avuto come obiettivo di caratterizzare, dal punto di vista acustico, l'ambito territoriale interessato dalla realizzazione delle infrastrutture di progetto. In particolare ha inteso testimoniare lo stato dei luoghi e le caratteristiche dell'ambiente naturale ed antropico esistenti precedentemente all'apertura, nella fase operativa dei cantieri, per consentire di verificare la corretta progettazione e messa in opera degli interventi di mitigazione e di orientare opportunamente gli eventuali interventi aggiuntivi, qualora si fossero resi necessari. Per alcuni siti è stato inoltre possibile effettuare un monitoraggio anche *post operam* al fine di verificare eventuali effetti migliorativi e/o peggiorativi sul clima acustico.

### Vibrazioni

Il monitoraggio ambientale delle vibrazioni ha inteso come obiettivo verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano soggetti a livelli vibrazionali in linea con le previsioni progettuali e con gli standard di riferimento. Le attività di monitoraggio permettono di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea per ridurre al minimo possibile l'impatto sui ricettori interessati durante le fasi costruttive.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

### 3. ATTIVITÀ SVOLTE

Le attività di monitoraggio si sono svolte secondo il Piano di Monitoraggio approvato da ARPA FVG seguendo una scaletta cronologica dettata dai tempi di cantierizzazione dei vari progetti in funzione dell'esaurimento dei vari iter autorizzativi. Unica eccezione è stata fatta per il monitoraggio delle vibrazioni ove per motivi contingenti relativi ad una criticità ambientale manifestatasi presso il cantiere di Lovaria al km 8+500, si è deciso, previa comunicazione ed autorizzazione dell'ufficio Gestione Attività Centralizzate di ARPA FVG, di spostare nel suddetto cantiere le indagini previste in quello di Manzano (km 14+830).

Sono stati dunque effettuati le seguenti indagini:

ROTATORIA	MONITORAGGIO		
	ACUSTICO	ATMOSFERA	VIBRAZIONI
<b>PRADAMANO km 8+500</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	NO	SI nella fase di vibrocompattazione del rilevato stradale
<b>BUTTRIO km 9+750</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	NO	NO
<b>BUTTRIO km 10+600</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	NO	NO
<b>BUTTRIO km 11+510</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	NO	NO
<b>MANZANO km 14+830</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	SI' sia nella fase ante operam per un periodo di 15 gg sia durante le lavorazioni standard per n° 5 gg consecutivi in n° 2 punti di misura sia nella fase post operam per altri n° 15 gg consecutivi	NO
<b>km 16+900 SAN GIOVANNI AL NATISONE</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	NO	NO
<b>km 17+300 SAN GIOVANNI AL NATISONE</b>	SI' in concomitanza con le operazioni di scavo	NO	NO



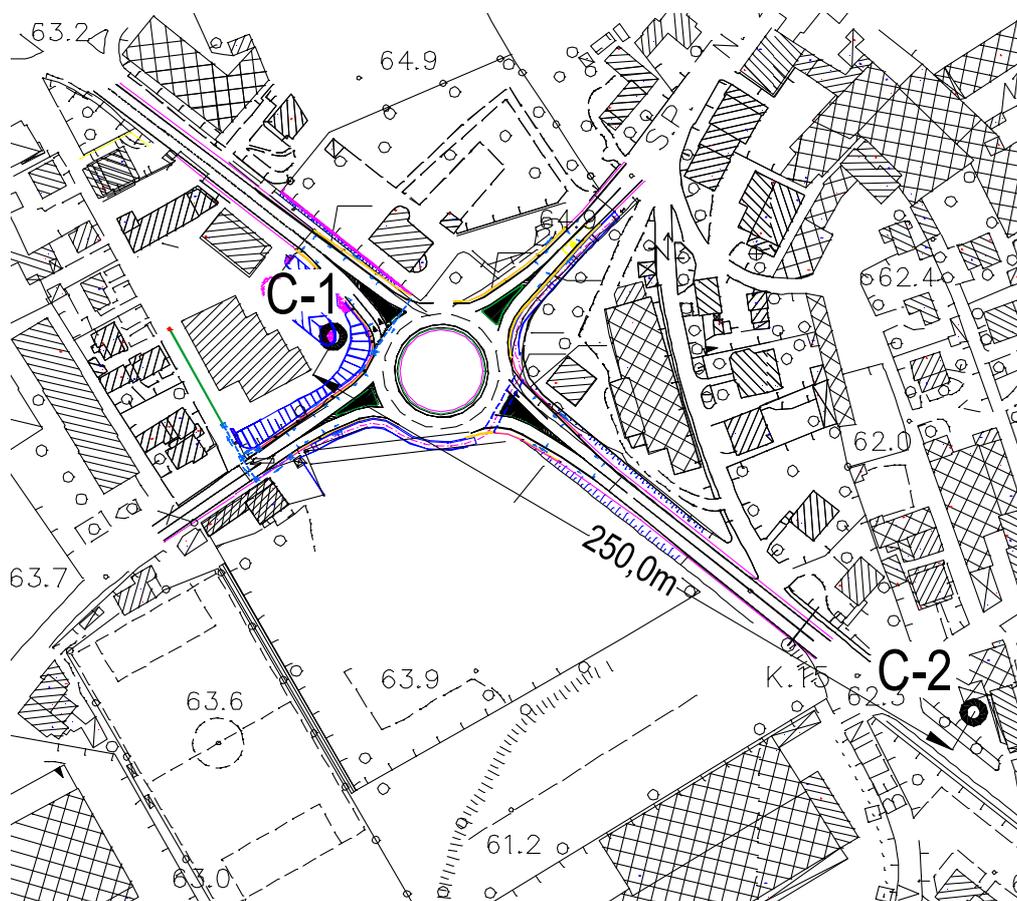
## 4. ATMOSFERA

### 4.1.1. Introduzione

Nell'ambito PM approvato è stata fatta una stima per ogni cantiere mediante l'utilizzo della modellistica, con lo scopo di quantificare gli impatti in una dimensione sia spaziale che temporale. I valori ottenuti sono stati confrontati con i limiti di legge, previsti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, n.155, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

La simulazione modellistica è stata validata tramite misure eseguite in un cantiere tipo (MANZANO) sulle zone maggiormente interessate dalle attività di cantiere.

A tale scopo è stato necessario installare n° 2 centraline per il rilevamento del PM10 (Mod. SKYPOST PM HV della Chelab ) sia nella fase ante operam che in quella di cantiere utilizzando una postazione prossima all'area di cantiere (C-1) ed un'altra alla distanza di ca. 250,0 m in direzione Gorizia (C-2). Successivamente si è provveduto a monitorare gli effetti della infrastruttura realizzata sulla qualità dell'aria utilizzando le medesime metodologie di indagine con un campionamento della durata di n° 15 gg con un'unica centralina situata in corrispondenza della posizione C-1.



**Planimetria con ubicazione centraline monitoraggio PM10 - Rotatoria Manzano**



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Tabella periodi di monitoraggio :

<b>Acquisizione ante operam</b>	<b>Dal 1 al 9 giugno e dall'11 al 18 giugno 2012</b>
<b>Acquisizione in fase di cantiere</b>	<b>Dal 7 al 13 novembre 2012</b>
<b>Acquisizione post operam</b>	<b>Dal 7 al 17 novembre 2013</b>

Lo studio si è articolato nella successione delle seguenti fasi operative:

- Valutazione delle emissioni inquinanti generate dai lavori di costruzione,
- Valutazione delle emissioni inquinanti prodotte dai mezzi d'opera,
- Studio ed elaborazione dei parametri meteorologici e delle concentrazioni inquinanti di "fondo" fornite dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia,
- Implementazione di un modello di dispersione in atmosfera degli inquinanti emessi (SCREEN3 dell'US-EPA),
- Confronto tra i valori ottenuti e i limiti di legge in corrispondenza dei recettori sensibili,
- Individuazione della tecnica di validazione del modello simulato,
- Individuazione degli interventi di mitigazione e gestione emergenze.

#### **4.1.2. Inquinamento atmosferico**

L'inquinamento atmosferico prodotto dal sistema delle infrastrutture viarie, soprattutto dal trasporto su gomma, costituisce uno dei principali impatti sull'ambiente, sia per la sua netta predominanza sulle altre modalità di trasporto sia per il fatto che l'emissione di sostanze inquinanti è diffusa sul territorio ed in particolare all'interno delle aree urbane. Il problema dell'emissione nell'atmosfera di sostanze inquinanti con caratteristiche tossiche e nocive non sembra essere limitato solo ai grandi agglomerati urbani, poiché anche in città di dimensioni relativamente modeste possono verificarsi situazioni a rischio di tossicità per l'uomo e la vegetazione. La rilevanza del problema è ampiamente riconosciuta dalla Legislazione vigente, che esercita un'attività di controllo a priori sulle emissioni dei veicoli e a posteriori sulla concentrazione massima accettabile di alcuni inquinanti nell'aria. In condizioni meteorologiche particolari, che possono verificarsi più volte nel corso dell'anno, le concentrazioni degli inquinanti superano le soglie di accettabilità e ciò rende necessaria l'adozione di provvedimenti di emergenza, quali la chiusura totale o parziale delle città al traffico privato. Degno di nota è l'obbligo riservato per legge ai Comuni o agli Enti competenti di realizzare una rete di monitoraggio, con l'ausilio di centraline automatiche dislocate in punti critici della città, in risposta all'esigenza di controllare sistematicamente i livelli di inquinamento dell'atmosfera urbana, per quindi documentarne il rispetto, ovvero, il superamento degli standard di qualità dell'aria nel territorio interessato. Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

condotto con questi strumenti permette di conoscere in maniera molto precisa la concentrazione delle sostanze prese in considerazione e di effettuare confronti tra stazioni anche lontane tra loro. Inoltre, per loro natura, le reti non sono in grado di fornire informazioni relative a tutte le aree in cui non sono disponibili i misuratori o di stimare l'approssimarsi dell'evento critico. Per un approccio più completo e sintetico della valutazione dello stato di degrado ambientale risulta particolarmente utile affiancare, alle reti suddette, strumenti di simulazione (modelli), che siano in grado di riprodurre l'emissione, il trasporto e la diffusione degli inquinanti in atmosfera. Le due tecniche di valutazione, la misurazione diretta in punti fissi opportunamente scelti e i modelli di simulazione, si integrano a vicenda e forniscono, se ben usate, una visione più completa e più utile ai fini operativi.

#### 4.1.3. Gli agenti inquinanti

Gli inquinanti prodotti dal sistema dei trasporti possono essere classificati secondo molteplici criteri. A seconda della genesi, essi possono essere distinti in:

- *primari*, direttamente immessi nell'atmosfera
- *secondari*, sono il prodotto delle reazioni degli inquinanti con gli altri componenti dell'atmosfera.

In relazione agli aspetti normativi, gli inquinanti si distinguono in regolamentati e non, a seconda che l'entità delle emissioni da parte dei veicoli e da altre sorgenti civili e industriali, e le relative concentrazioni nell'atmosfera, siano soggetti o meno a limiti di legge. Gli effetti negativi degli inquinanti sono dovuti alla loro concentrazione nell'aria, che può essere misurata in unità di densità, ad esempio in microgrammi di inquinante per metro cubo di aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), oppure in unità di volume, cioè in parti di inquinante in un milione di parti in aria (ppm) o in un miliardo di parti in aria (ppb). La prima unità di misura può essere utilizzata sia per gli inquinanti gassosi, che per quelli dispersi in atmosfera sotto forma di particelle (particolato); la seconda è usata solo per i gas. Non è possibile misurare né prevedere le concentrazioni istantanee degli inquinanti, poiché esse fluttuano rapidamente in modo caotico come conseguenza delle collisioni molecolari e delle variazioni casuali della velocità e della direzione del vento. Comunque non è necessario misurare o prevedere le concentrazioni istantanee, poiché esse non causano effetti dannosi, che sono invece prodotti dalle medie delle concentrazioni su lunghi periodi di tempo. I principali componenti delle emissioni dei veicoli a motore sono costituiti da:

- Vapore acqueo  $\text{H}_2\text{O}$ ,
- Azoto  $\text{N}$ ,
- Anidride carbonica  $\text{CO}_2$ ,
- Monossido di carbonio  $\text{CO}$ ,
- Piombo  $\text{Pb}$ ,
- Anidride solforosa  $\text{SO}_2$ ,
- Ossidi di azoto  $\text{NO}_x$ ,
- polveri o particolato  $\text{PM}_{10}$ ,
- Idrocarburi incombusti  $\text{HC}$  (BTEX – Benzene, Toluene, Etilbenzene e Xileni),



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

I primi tre componenti non sono considerati inquinanti (a parte gli effetti a lungo termine sul clima da parte del CO<sub>2</sub>), le altre sostanze sono ritenute causa di effetti nocivi, ovvero, sono considerate sostanze inquinanti. Ovviamente la presenza nell'atmosfera di tali sostanze non è dovuta esclusivamente al traffico veicolare, anche se quest'ultimo gioca un ruolo sicuramente centrale, soprattutto in ambito urbano.

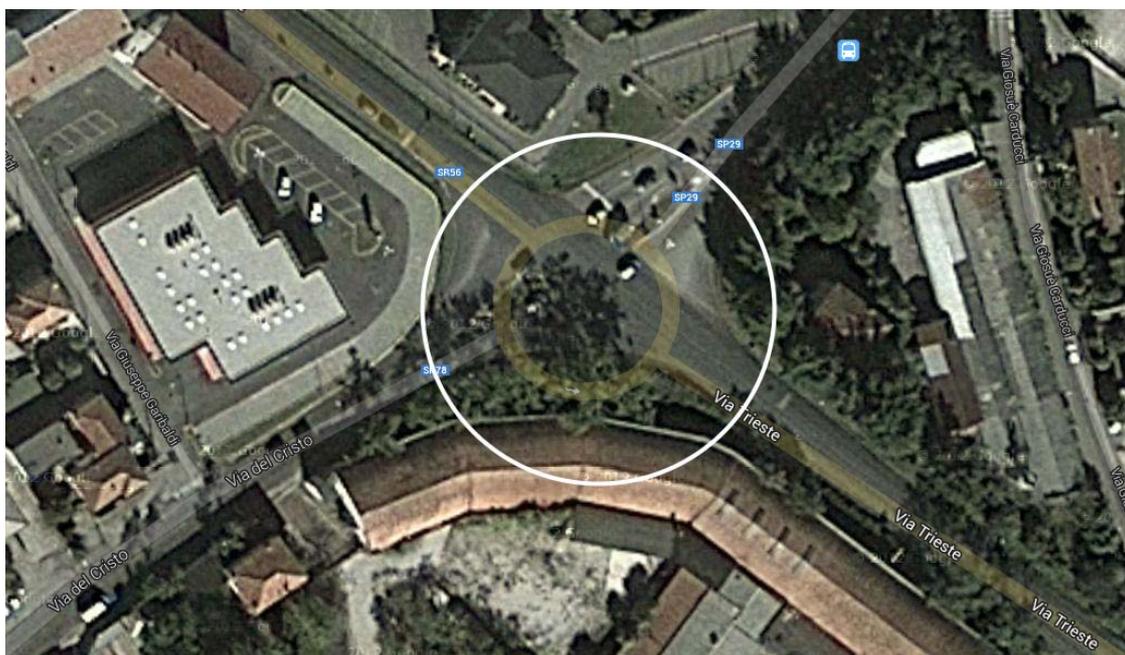
## 4.2. VALIDAZIONE MODELLO

Il Piano di Monitoraggio citato, oltre all'analisi di impatto ambientale per le sette intersezioni realizzate, prevede la validazione del modello di dispersione degli inquinanti utilizzato, tramite la realizzazione di una campagna di rilevazione delle concentrazioni dei fattori inquinanti individuati da effettuarsi *ante operam* ed in corso d'opera. Il sito precedentemente scelto per la campagna di monitoraggio è quello costituito dall'intersezione ubicata in comune di Manzano, S.R. 56, km 14+830 (*Sito E* nel documento *Piano di Monitoraggio Ambientale*).

Lo studio si sviluppa offrendo un iniziale richiamo delle caratteristiche del cantiere, passando successivamente alla descrizione delle condizioni in cui si è svolto il monitoraggio. All'esposizione critica dei valori misurati segue l'illustrazione dei criteri metodologici utilizzati per la validazione. Viene proposta – infine – un'interpretazione del confronto tra i valori simulati e quelli effettivamente riscontrati.

### 4.2.1. Il cantiere di Manzano, S.R. 56, km 14+830

L'area di interesse è ubicata in comune di Manzano, presso il raccordo tra via del Cristo e via Trieste, dove l'intersezione semaforica precedentemente esistente è stata sostituita da una rotatoria. L'area di intervento è individuata nell'ortofoto seguente.





COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Il modello utilizzato per la previsione della dispersione delle emissioni dovute ai lavori di realizzazione della rotatoria è *Screen3* sviluppato dall'*US-EPA*.

*Screen3* implementa un modello stazionario gaussiano di dispersione degli inquinanti e prende in considerazione un ampio numero di fattori: geometria e caratteristiche fisiche della sorgente inquinante; disposizione dei recettori sensibili; conformazione del terreno; caratteristiche meteorologiche quali vento e temperatura.

Nella fase precedente si è stabilito di considerare il solo PM10 in quanto, conseguentemente alle caratteristiche di cantiere, risulta essere l' agente inquinante più critico. Per determinare le condizioni meteorologiche di riferimento (velocità ed eventuale direzione prevalente del vento) sono stati presi come riferimento i valori dei due punti più vicini al sito secondo il modello fornito da ARPA FVG. Per informazioni dettagliate sulle scelte operate in fase di simulazione si rimanda al citato documento del Piano di Monitoraggio Ambientale.

Di seguito sono riportate le principali attività del cantiere studiato e le relative emissioni generate dai lavori e dai mezzi d'opera. Da quest'ultime e dalle caratteristiche atmosferiche individuate per il sito conseguono i parametri utilizzati in sede di simulazione.

#### 4.2.2. Principali lavorazioni

<b>NOME SITO</b>	<b>SCAVO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>SCARICO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>CARICO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PRODUZIONE GIORNALIERA SQUADRA TIPO</b>	<b>gg DI LAVORAZIONE</b>
MANZANO	2897	4373	869	300 m <sup>3</sup> /gg	15

<b><u>SCOTICO &amp; SBANCAMENTO MATERIALE SUPERFICIALE</u></b>		
TERRENO RIMOSSO (Q)	50	m <sup>3</sup> / h
VELOCITÀ OPERATIVA DELL'ESCAVATORE	25	m/h
FATTORE DI EMISSIONE	5,7	Kg/Km
PM <sub>10</sub> (60% PTS)	3,42	Kg/Km
<b>EMISSIONE ORARIA</b>	<b>85</b>	<b>g/h</b>

<b><u>EROSIONE DEL VENTO DAI MUCCHI DI MATERIALE</u></b>		
VOLUME MATERIALE	16,00	m <sup>3</sup>
DENSITÀ TERRA	1,60	Mg/m <sup>3</sup>
I POTIZZANDO h cumulo	2,00	m
I POTIZZANDO Diametro cumulo	5,60	m
RAGGIO	2,80	m
a	3,44	
SUPERFICIE LATERALE	30,25	
FATTORE DI EMISSIONE (da tab)	0,00001	
<b>EMISSIONE ORARIA</b>	<b>0,11</b>	<b>g/h</b>



**COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA**

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

<u>TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON PAVIMENTATE</u>			<b>CON MITIGAZIONE (20 %)</b>
LUNGHEZZA MEDIA (PISTA)	35	m	
LIMO SU PISTA (S)	12	%	
P <sub>DUMPER</sub> VUOTO	16	Mg	
P DEL CARICO MAX	40	Mg	
P MEDIO TRASPORTO (W)	28	Mg	
FATTORE DI EMISSIONE	1,156	Kg/Km	
FATTORE DI EMISSIONE g/Km	1156	g/Km	231
PRODUZIONE SQUADRA TIPO	300	m <sup>3</sup> /gg	
CARICO AUTOCARRO PER VIAGGIO	12	m <sup>3</sup> /viag.	
NUMERO VIAGGI GIORNO	25	Viaggi / g	
VIAGGI ALL'ORA (6 ore lavorative)	4.2	Viaggi / h	
LUNGHEZZA MEDIA VIAGGIO (andata/ ritorno)	70	m	
Km PERCORSI ORA	0.29	Km	
<b>EMISSIONE ORARIA</b>	<b>337</b>	<b>g/h</b>	<b>67</b>

<u>SCARICO MATERIALE SUPERFICIALE</u>		
FATTORE DI EMISSIONE	0,5	g/Mg
QUANTITA' TERRA DA SCARICARE	18	Mg
<b>EMISSIONE ORARIA</b>	<b>9</b>	<b>g/h</b>

#### 4.2.3. Emissioni generate

FASE	EMISSIONE ORARIA MEDIA (g/h)	EMISSIONE ORARIA MEDIA CON MITIGAZIONE	
		%	g/h
SCOTICO & SBANCAMENTO MATERIALE SUPERFICIALE	85	20%	17
EROSIONE DEL VENTO DAI MUCCHI DI MATERIALE	0.11	100%	0.11
TRANSITO DI MEZZI SU STRADE NON PAVIMENTATE (CON MITIGAZIONE)	67	100%	67
SCARICO MATERIALE SUPERFICIALE	9	20%	1.8
MEZZI D'OPERA	42	100%	42
<b>TOTALE</b>	<b>203.5</b>	<b>62.8%</b>	<b>128</b>



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

#### 4.2.4. Parametri della simulazione screen 3

SOURCE TYPE	AREA
EMISSION RATE (g/s/m <sup>2</sup> ) $E_{sf} = E_{tot} / 3600 * A$	0.000022
SOURCE HEIGHT (m)	1.0
LENGTH OF LARGER SIDE (m)	50
LENGTH OF SMALLER SIDE (m)	50
AREA m <sup>2</sup> (A)	2500
RECEPTOR HEIGHT (m)	0 (TERRENO)
URBAN/RURAL OPTION	URBAN
STABILITY CLASS	D - NEUTRAL
WIND SPEED (m/s)	1.90
THE REGULATORY (DEFAULT) MIXING HEIGHT OPTION WAS SELECTED	
THE REGULATORY (DEFAULT) ANEMOMETER HEIGHT OF 10.0 METERS WAS ENTERED.	
ANGLE RELATIVE TO LONG AXIS	0

#### 4.3. SCENARIO ORIGINALE DI VALIDAZIONE

Nel Piano di Monitoraggio è prescritto il rilevamento delle concentrazioni di inquinanti in due punti, aventi rispettivamente massima e minima esposizione alle emissioni del cantiere. Le misurazioni devono essere effettuate in due periodi distinti: *ante operam* ed in corso d'opera, per poter valutare l'impatto delle attività del cantiere sulle concentrazioni atmosferiche degli inquinanti.

I punti di massima e minima esposizione sono individuati con A e B rispettivamente nella planimetria che segue. Il punto A coincide con l'ubicazione del recettore più sensibile ed è situato a circa 50 metri dal centro dell'area individuata come cantiere; il punto B si trova ai margini della zona di influenza del cantiere, a una distanza di circa 200 metri dal centro dell'area di cantiere.

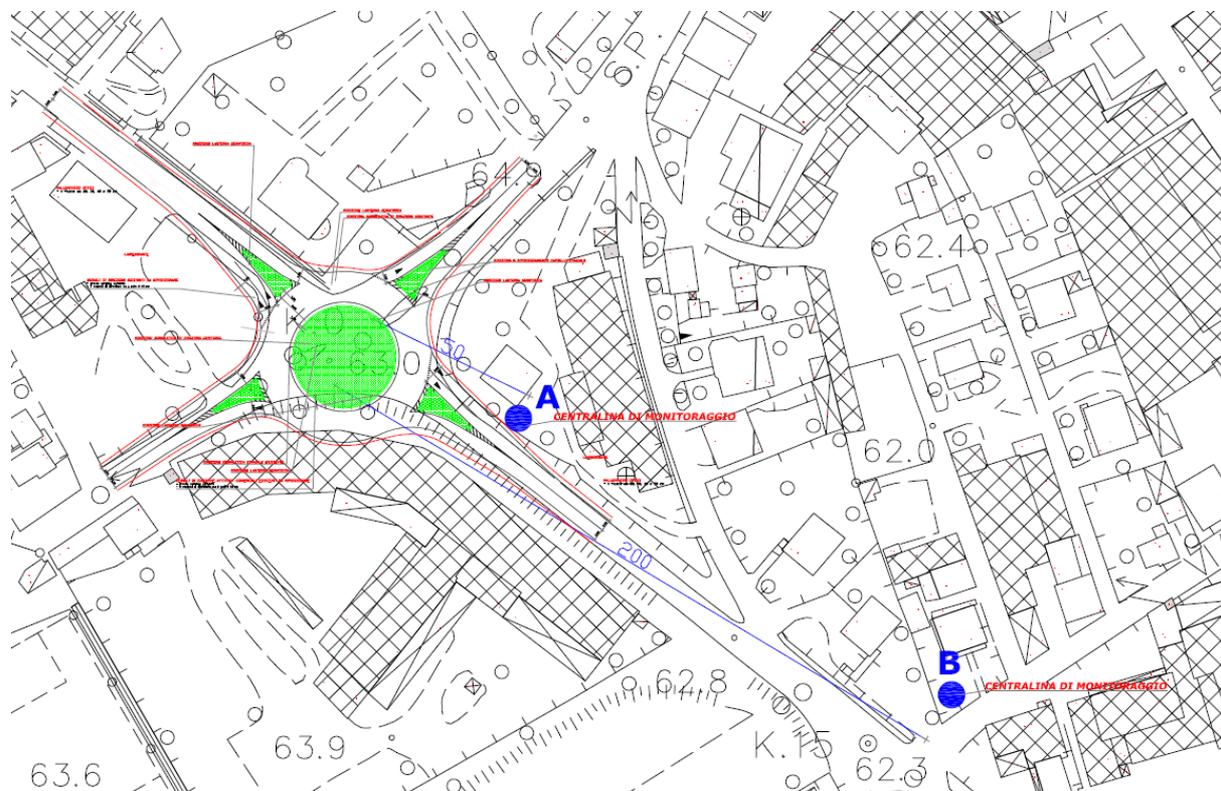
In funzione di considerazioni che verranno in seguito sviluppate, è interessante notare come entrambi i punti si trovino egualmente esposti al traffico della direttrice principale e siano orientati allo stesso modo rispetto all'eventuale direzione del vento incidente il centro della rotatoria.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



La tabella successiva riporta sinteticamente i valori di concentrazione media giornaliera di PM<sub>10</sub> previsti dalla simulazione effettuata a priori per i due punti individuati durante in concomitanza all'esecuzione dei lavori.

PUNTI DI MISURA	VALORE PM <sub>10</sub> ATTESO (CONCENTRAZIONE ORARIA)	VALORE PM <sub>10</sub> ATTESO (CONCENTRAZIONE GIORNALIERA)
A	70 µg/m <sup>3</sup>	17.5
B	10 µg/m <sup>3</sup>	2.5

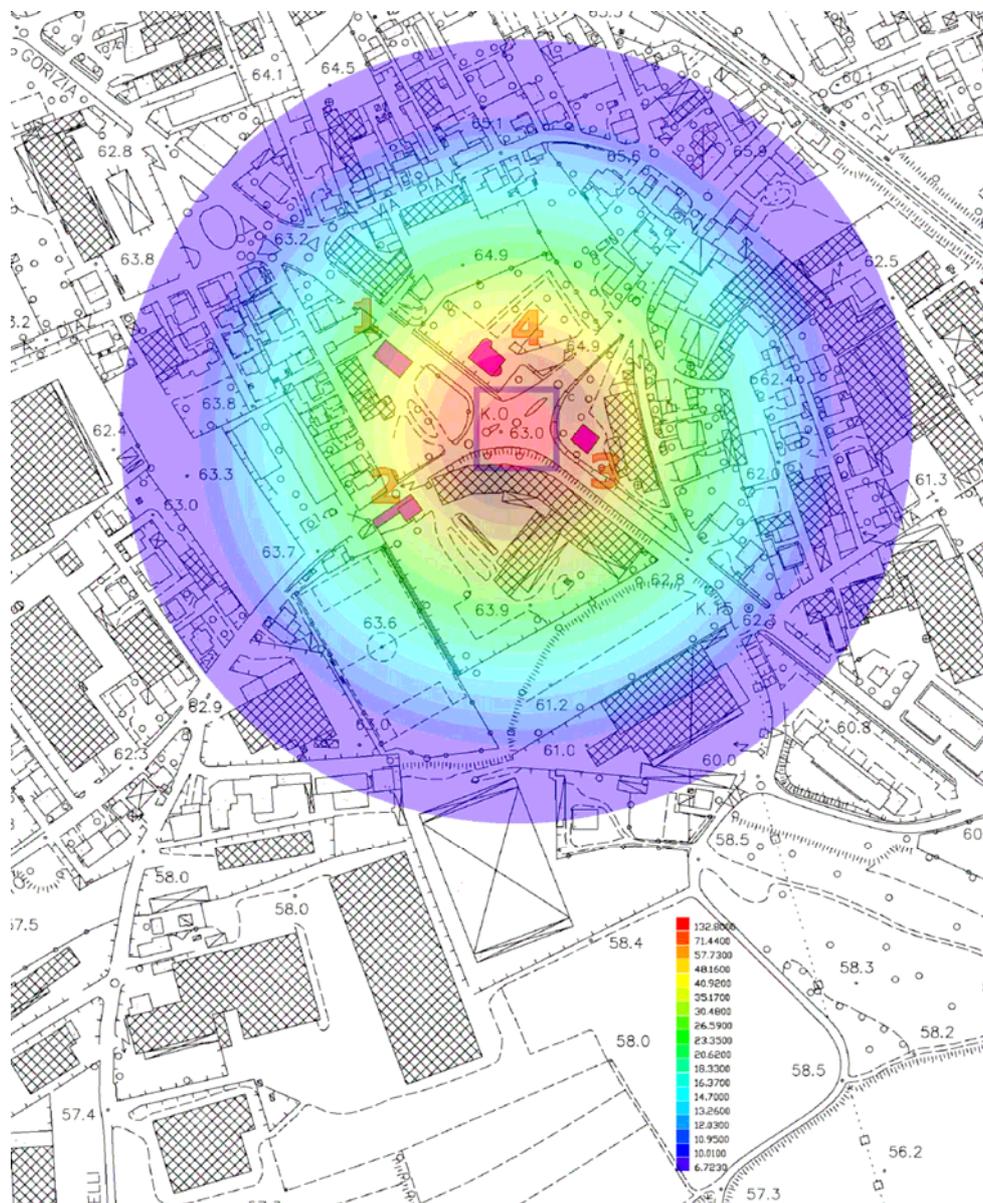
Allo scopo di rendere immediatamente comprensibili al lettore le caratteristiche del modello, si riporta anche il grafico relativo alla diffusione della concentrazione (al suolo) in pianta.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



Dalla figura precedente si può notare immediatamente che il modello, nonostante utilizzi l'angolo di incidenza della direzione del vento produce come risultato una distribuzione a simmetria centrale rispetto al centro dell'area di cantiere. La concentrazione prevista è dunque funzione della sola distanza dal centro della sorgente emissiva e non dalla posizione dei recettori nei confronti della direzione incidente del vento. Il modello infatti applica sempre il caso pessimo in termini di orientamento rispetto alla direzione del vento. Una proprietà fondamentale di questa tipologia di modelli è che due punti equidistanti dalla sorgente emissiva avranno sempre la stessa concentrazione (la direzione del vento può influire sul valore della concentrazione ad una data distanza ma non sull'equivalenza della concentrazione tra due punti diversi aventi la stessa distanza dalla sorgente inquinante. ).

Il grafico finale rappresenta la curva di distribuzione della concentrazione di inquinante in funzione della distanza. La funzione è un ramo di gaussiana.



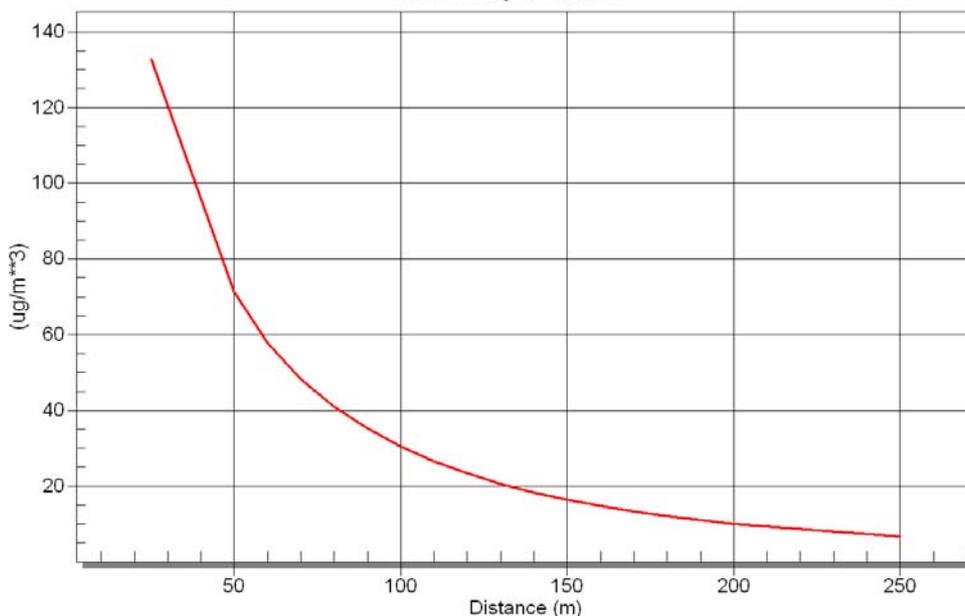
COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

### Discrete Distance Vs. Concentration

Terrain Height = 0,00 m.



#### 4.4. SCENARIO EFFETTIVO DI VALIDAZIONE

La campagna di misure per la validazione si è svolta in condizioni operative diverse da quelle inizialmente ipotizzate in fase di simulazione dell'impatto inquinante del cantiere. Due sono le differenze riscontrate più significative ai fini della valutazione dei risultati prodotti dal modello di dispersione utilizzato:

1. La diversa disposizione dei punti di misura rispetto alle ipotesi preliminari;
2. La diversa geometria del cantiere;

Mentre per il punto di misurazione a *minimo impatto stimato*<sup>2</sup> si è potuto rispettare l'ipotesi iniziale, collocando lo strumento in prossimità del sito previsto, per motivi logistici non è stato possibile procedere allo stesso modo per il punto di misurazione associato al recettore *maggiormente sensibile*.

La centralina di monitoraggio associata al punto di maggior impatto del cantiere è stata collocata nel parcheggio adiacente l'intersezione, situato a sud di via Udine. In relazione alla validazione della simulazione, la conseguenza principale dello spostamento del punto di rilevazione è l'aumento della distanza dal centro del cantiere rispetto a quanto inizialmente previsto. Tale aumento è particolarmente significativo, passando la distanza della centralina dai 50 metri previsti ai 70 metri effettivi.

Un ulteriore conseguenza dello spostamento del punto di rilevamento è costituita dal fatto che mentre nell'ipotesi iniziale tale punto si trova *sopravvento* rispetto al cantiere, essendo la direzione prevalente di provenienza del vento NE, nella campagna di



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

misurazione per la validazione il sito di installazione della centralina si trova *sottovento*, e quindi risulta soggetto ad una maggiore sensibilità agli inquinanti emessi dalle lavorazioni di cantiere. Conseguentemente i punti A e B non si trovano più nelle stesse condizioni di dispersione dell'ipotesi iniziale.

Per quanto riguarda la seconda differenza segnalata, ovvero la diversa geometria del cantiere, è necessario considerare che in sede di simulazione è stata sopravvalutata la dimensione del cantiere, stimata in 50 per 50 metri, area che ricopre sostanzialmente tutta la rotatoria. Durante la campagna di simulazione, invece, la viabilità è stata modificata ma non interrotta, e la circolazione permessa in un solo senso di marcia. Ciò comporta che l'area effettiva di cantiere durante i lavori fosse sensibilmente inferiore a quanto stimato, essendo il cantiere operativo su circa metà rotatoria.

Si portano infine in evidenza ulteriori fattori di diversità tra gli scenari di validazione previsti ed effettivi:

- nella simulazione originale i valori di concentrazione del fattore inquinante sono riferiti al livello del suolo, mentre nella misurazione effettiva lo strumento aspira l'aria a circa 1,5 metri di altezza;
- la simulazione non tiene in considerazione la modifica del piano strada conseguente la realizzazione della rotatoria;

Poiché da test effettuati l'influenza di questi parametri sui valori simulati risulta del tutto marginale rispetto agli altri fattori, le due variabili non verranno discusse ulteriormente nel presente studio.

#### 4.5. SIMULAZIONE DEL CANTIERE EX POST

Alla luce delle considerazioni svolte nel paragrafo precedente, si ritiene di fondamentale utilità effettuare una simulazione del cantiere con le condizioni riscontrate durante la campagna di validazione. Confrontando i dati ottenuti dalla simulazione originale e quelli prodotti dalla simulazione *ex post*, sarà possibile discutere in modo più articolato la validità del modello di simulazione.

Seguendo questo proposito è stata effettuata una simulazione della dispersione degli inquinanti emessi che considera la mutata geometria del cantiere mantenendo invariati tutti gli altri parametri.

Le variazioni rispetto ai valori della simulazione *Screen 3* originaria consistono in:

- distanza del punto di rilevamento A (recettore maggiormente sensibile) portata a 70 metri da 50 metri;
- dimensione del cantiere corretta in 50 per 30 metri anziché 50 per 50 metri come inizialmente previsto.

La tabella che segue riporta sinteticamente i risultati della simulazione *ex post*.

	Sito di rilevamento A	Sito di rilevamento B
Concentrazione giornaliera di PM <sub>10</sub> stimata media	10,2 µg m <sup>-3</sup>	1,6 µg m <sup>-3</sup>



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Le concentrazioni calcolate risultano sensibilmente inferiori rispetto a quelle della simulazione iniziale, rispettivamente  $17,5 \mu\text{g m}^{-3}$  per il punto A e  $2,5 \mu\text{g m}^{-3}$  per il punto B. Si noti come non solo il valore simulato per il punto A sia inferiore in seguito all'allontanamento rispetto al centro del cantiere, ma anche che il valore della concentrazione in B risulta notevolmente inferiore, a dimostrazione dell'influenza della dimensione del cantiere.

#### 4.6. ANALISI DEI DATI SPERIMENTALI DELLA CAMPAGNA DI RILEVAMENTO

Come premesso, la validazione del modello di previsione della dispersione delle emissioni inquinanti prodotte dai lavori di realizzazione della rotatoria prevedeva due distinte campagne di rilevamento dei valori delle concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$ , da effettuarsi sul campo con centraline di misurazione dislocate nei punti A e B già descritti.

La prima campagna - *ante operam* - è stata effettuata dal 01/06/2012 al 17/06/2012, prima dell'inizio dei lavori.

La seconda campagna di rilevamento si è svolta dal 07/11/2012 al 13/11/2012, *durante* l'esecuzione dei lavori.

I valori medi giornalieri delle concentrazioni di  $\text{PM}_{10}$  rilevate sono riportati nelle tabelle seguenti.

Campagna di rilevamento <i>ante operam</i>			
		Sito A ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Sito B ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
01/06/2012	Venerdì	27	5
02/06/2012	Sabato	22	3
03/06/2012	Domenica	24	23
04/06/2012	Lunedì	23	26
05/06/2012	Martedì	31	28
06/06/2012	Mercoledì	15	15
07/06/2012	Giovedì	8	18
08/06/2012	Venerdì	24	20
09/06/2012	Sabato	Non rilevato	Non rilevato
10/06/2012	Domenica	Non rilevato	Non rilevato
11/06/2012	Lunedì	17	18
12/06/2012	Martedì	18	14
13/06/2012	Mercoledì	17	11
14/06/2012	Giovedì	19	19
15/06/2012	Venerdì	27	31
16/06/2012	Sabato	30	29
17/06/2012	Domenica	34	31
<b>MEDIA</b>		<b>22,4</b>	<b>19,4</b>
<b>Superamenti legislativo concentrazione giornaliera (50 )</b>	<b>limite</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Campagna di rilevamento <i>durante</i> i lavori			
		Sito A ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Sito B ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
07/11/2012	Mercoledì	42,6	51,1
08/11/2012	Giovedì	54,4	21,4
09/11/2012	Venerdì	25,7	15,9
10/11/2012	Sabato	Non rilevato	Non rilevato
11/11/2012	Domenica	Non rilevato	Non rilevato
12/11/2012	Lunedì	18,4	15,8
13/11/2012	Martedì	17,5	15,2
<b>MEDIA</b>		<b>31,7</b>	<b>23,9</b>
<b>Superamenti legislativo concentrazione giornaliera (50 )</b>	<b>limite</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

In rosso sono evidenziati i superamenti del limite di legge per le concentrazioni giornaliere di particolato, solo uno per sito durante i lavori di cantiere.

Si può immediatamente notare come le due campagne di misura effettuate siano disomogenee:

- la prima campagna ricomprende un periodo di circa due settimane a fronte della durata di cinque giorni lavorativi della seconda;
- la campagna *ante operam* presenta misurazioni in giorni non lavorativi a differenza della campagna effettuata durante i lavori;

Per i motivi sopra esposti, propedeuticamente alla discussione dei dati, si ritiene opportuno procedere ad una normalizzazione delle due serie di dati, prendendo in considerazione le sole misure effettuate nei giorni lavorativi; ciò anche alla luce del fatto che le condizioni di traffico sono diverse nei giorni lavorativi e festivi-prefestivi, costituendo potenziali fattori discorsivi.

La tabella seguente illustra sinteticamente i valori medi misurati nei due siti in funzione dei diversi contesti.

Concentrazioni medie giornaliere di $\text{PM}_{10}$ riscontrate nei giorni lavorativi, espresse in ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )		
	Sito A	Sito B
Ante operam	20,6	18,6
In corso d'opera	31,7	23,9

Sui dati sperimentali rilevati, si possono svolgere alcune considerazioni significative.

Innanzitutto si nota che la concentrazione rilevata al Sito A è in entrambi i casi maggiore alla concentrazione rilevata nel sito B; in termini ridotti nel caso *ante operam*, decisamente più significativi con la presenza del cantiere. La differenza marcata delle concentrazioni misurate in corso d'opera trova facile spiegazione nella maggiore distanza del sito B dal cantiere, mentre la differenza che si riscontra *ante operam* può essere imputata a due fattori distinti, ossia:

- il sito B si trova *sopravvento* rispetto al cantiere secondo la direzione prevalente del vento, mentre il sito A è collocato *sottovento*, e di conseguenza più influenzato dalle emissioni del cantiere;
- il sito A è adiacente ad un'intersezione semaforica (oggetto di trasformazione in intersezione a rotatoria), e quindi subisce l'insistenza delle maggiori emissioni dovute alle caratteristiche del traffico (soste a motori accesi e ripartenze da fermo).



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Risulta difficile, se non impossibile, quantificare il contributo delle due cause. Tuttavia, ai fini della discussione critica dei risultati, è utile prendere atto dell'esistenza di una differenza di fondo tra i valori delle concentrazioni nei due punti, imputabile a cause esogene e non formalizzabili nel modello di previsione. Tale differenza, secondo le risultanze sperimentali, è quantificabile in circa  $2 \mu\text{g m}^{-3}$ .

I dati confermano inoltre quello che ci si può intuitivamente aspettare, ovvero che le concentrazioni a in corso d'opera siano superiori a quelle *ante operam*. Tuttavia è necessario considerare anche un fatto che riveste un'importanza di prim'ordine, ovvero che le rilevazioni si svolgono in mesi diversi - giugno e novembre - che presentano caratteristiche molto diverse in termini di concentrazioni medie di fondo di  $\text{Pm}_{10}$ , come riportato nella tabella seguente, basata su elaborazioni dei dati forniti dal modello ARPA FVG riferito all'anno 2005 citato nel documento del Piano di Monitoraggio.

Concentrazioni medie mensili di $\text{PM}_{10}$ per il sito di riferimento, espresse in ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	
giugno	novembre
9,52	29,62

Si può notare come i valori medi riscontrati nella campagna *ante operam* di giugno ( $19,6 \mu\text{g m}^{-3}$ ), siano significativamente superiori ( $10,1 \mu\text{g m}^{-3}$ ) alla media del periodo ( $9,5 \mu\text{g m}^{-3}$ ), mentre quelli rilevati in corso d'opera ( $29,8 \mu\text{g m}^{-3}$ ) sono sostanzialmente in linea con i valori di riferimento ( $29,6 \mu\text{g m}^{-3}$ ), nonostante la presenza del cantiere sia indiscutibilmente sensibile come dimostra il notevole aumento della differenza delle concentrazioni tra il sito A ed il sito B, che passa da  $2 \mu\text{g m}^{-3}$  a  $7,82 \mu\text{g m}^{-3}$ .

Dalle considerazioni sopra effettuate possiamo affermare che la differenza di concentrazioni di fondo dovute a cause contingenti - come ad esempio il verificarsi di condizioni meteorologiche diverse in concomitanza alle campagne di rilevamento - può risultare notevole ed essere di entità paragonabile alla concentrazione generata dalla presenza del cantiere.

In conclusione, ridurre la validazione del modello al semplice confronto tra i valori rilevati *ante operam* addizionati delle concentrazioni simulate da una parte, ed i valori misurati in corso d'opera, risulta limitante e potenzialmente scorretto.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

#### 4.7. PROPOSTA CRITICA DI UNA METODOLOGIA DI VALIDAZIONE

A conclusione del paragrafo precedente è stata evidenziata l'inefficacia dell'adozione di un approccio *naïve* alla validazione del modello di previsione utilizzato.

La tabella che segue permette di mettere in evidenza le problematiche derivanti dall'adozione dell'intuitiva metodologia di validazione accennata in precedenza, ovvero confrontare per i due siti rilevati i valori di concentrazione dovuti al cantiere stimati dal modello con la differenza tra i valori rilevati ante ed in corso d'opera. Il confronto è proposto per le simulazioni effettuate con entrambe i modelli, originario e *ex post*. Per completezza viene valutato anche l'effetto dell'introduzione dei valori delle concentrazioni di fondo mensili. I contributi di fondo e cantiere possono essere considerati in prima analisi additivi, trattandosi di particolato e non di gas reagenti.

<b>Modello di simulazione originale</b>							
		Valori rilevati ante operam	Contributo stimato cantiere	Contributo fondo (Delta novembre – giugno)	Valore atteso in corso d'opera	Valore rilevato in corso d'opera	Delta valore atteso – valore rilevato
Solo valori sperimentali	Sito A	20.6	17.5	0	38.1	31.6	6.5
	Sito B	18.6	2.5	0	21.1	23.9	-2.8
Con fondo	Sito A	20.6	17.5	20.1	58.2	31.6	26.6
	Sito B	18.6	2.5	20.1	41.2	23.9	17.3

<b>Modello di simulazione ex post</b>							
		Valori rilevati ante operam	Contributo stimato cantiere	Contributo fondo (Delta novembre – giugno)	Valore atteso in corso d'opera	Valore rilevato in corso d'opera	Delta valore atteso – valore rilevato
Solo valori sperimentali	Sito A	20.6	10.2	0	30.8	31.6	-0.8
	Sito B	18.6	1.6	0	20.2	23.9	-3.7
Con fondo	Sito A	20.6	10.2	20.1	50.9	31.6	19.3
	Sito B	18.6	1.6	20.1	40.3	23.9	16.4

Si nota come l'introduzione del fondo modifichi completamente i risultati, rendendo i valori attesi molto lontani da quelli effettivamente rilevati dagli strumenti. Tuttavia anche non prenderli in considerazione comporta una valutazione parziale. Inoltre, se nel caso della campagna *ante operam* possiamo dedurre che le concentrazioni nel periodo di misurazione risultano molto più alte della media, non possiamo trarre conclusioni sulla campagna in corso d'opera proprio perché le condizioni sono diverse essendo presente il contributo ignoto del cantiere.

La mancanza di centraline ARPA per il rilevamento della concentrazione di PM<sub>10</sub> situate a distanze accettabili preclude infine la possibilità di stimare l'effettiva concentrazione di fondo.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Altra considerazione che si può svolgere è che il modello *ex post* risulta decisamente più accurato. Ciò non è scontato, in quanto le modifiche apportate non sono dipendenti dalle misurazioni effettuate ma solo da osservazioni svolte in campagna di misura.

Infine è importante notare che il modello originale produce valori attesi statisticamente superiori a quelli sperimentalmente rilevati, e dunque risulta conservativo (pessimistico) in relazione alla concentrazione di inquinante.

Per superare le problematiche sopra discusse, si propone una metodo di validazione del modello che permette di eliminare la variabile della concentrazione di fondo, la quale muta in modo indeterminabile tra una campagna di misura e l'altra.

La metodologia proposta prende spunto da una semplice considerazione: i punti in cui sono collocate le due centraline di rilevamento distano meno di trecento metri: è pertanto assolutamente plausibile dedurre che i valori di fondo nei due punti siano identici, e differiscano al più per il diverso apporto del contesto viario. L'ipotesi avanzata è suffragata pienamente dalle misure effettuate *ante operam*. Aniché valutare la bontà del modello per mezzo degli scostamenti tra i valori *ante operam* ed a lavori in corso, si può procedere alla valutazione della differenza delle misurazioni, stimate e misurate sperimentalmente, nei due punti A e B. In questo modo l'effetto della concentrazione di fondo, ignota, viene annullato, essendo le concentrazioni nei due punti strettamente correlate in ogni istante.

Si adotta infine l'ipotesi semplificativa che la differenza di concentrazione tra A e B sia costante e pari al valore medio rilevato durante la prima campagna di rilevamento, in condizioni di assenza di cantiere e traffico feriale.

La tabella seguente evidenzia l'applicazione dalla metodologia suggerita. Nella colonna *stima modellistica* viene riportata la somma tra il valore previsto dal modello e la differenza di concentrazione di fondo tra A e B precedentemente descritta. Il valore previsto dal modello è la differenza tra le concentrazioni simulate in A e B. Tutti i valori sono espressi in  $\mu\text{g m}^{-3}$  e ricavati dalle tabelle precedenti.

Modello originale				
	Sito A	Sito B	Misura sperimentale Delta A-B	Stima modellistica Delta A-B
<i>Ante operam</i>	20.6	18.6	2.0	2.0
In corso d'opera	31.6	23.9	7.7	17.5

Modello <i>ex post</i>				
	Sito A	Sito B	Misura sperimentale Delta A-B	Stima modellistica Delta A-B
<i>Ante operam</i>	20.6	18.6	2.0	2.0
In corso d'opera	31.6	23.9	7.7	10.6

Il confronto tra la misura sperimentale della differenza di concentrazione di  $\text{PM}_{10}$  nei punti A e B e la stima simulata risulta marcata ( $>10 \mu\text{g m}^{-3}$ ) nel caso del modello originale, ridotta ( $< 3 \mu\text{g m}^{-3}$ ) per il modello *ex-post*. E' però importante ricordare che il modello originale prevede il recettore A alla distanza di 50 m dal centro convenzionale dell'area di



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

lavoro, mentre nella realtà tale distanza si rivela nettamente superiore (circa 70 m). La distanza del recettore dal cantiere rappresenta sicuramente il parametro più significativo e impattante sui valori stimati, per cui si può affermare che il modello originale è molto più accurato di quanto espresso dai dati tabellari.

Costante delle due simulazioni è la sopravvalutazione dell'impatto del cantiere, fatto che va ritenuto positivo perché i modelli valutano per eccesso l'inquinamento prodotto dal cantiere, e dunque si rivelano conservativi. Infatti, se la differenza stimata tra le concentrazioni di due punti è inferiore al valore rilevato, anche le concentrazioni, in termini di valori assoluti, sono inferiori, essendo la curva della concentrazione in funzione della distanza stimata dal modello *Screen 3* un ramo di gaussiana.

L'errore del modello *ex post* può essere infine ritenuto lusinghiero in termini assoluti (2,9  $3 \mu\text{g m}^{-3}$ ), e almeno soddisfacente in termini relativi (circa 27%); comunque meno influente rispetto alle variazioni delle condizioni climatiche osservabili *in situ*.

#### 4.8. CONCLUSIONI VALIDAZIONE MODELLO

Il presente lavoro, dopo un breve richiamo sulla natura del modello di simulazione utilizzato per stimare le dispersioni di inquinanti in fase d'opera e sul cantiere oggetto di studio, espone criticamente i dati sperimentali ottenuti dalle campagne di rilevamento effettuate. I risultati vengono confrontati sia con le stime ottenute in sede progettuale sia con una variante del modello di dispersione che incorpora mutazioni delle condizioni di cantiere e di misura non prevedibili a priori. Nella simulazione *ex ante* non sono introdotte ulteriori variazioni dei parametri oltre a quelle osservabili durante l'esecuzione della campagna di misurazione dei valori di concentrazione di  $\text{PM}_{10}$ ; in particolare non sono stati variati dei parametri in funzione dei valori di concentrazioni misurati sperimentalmente.

In sede di validazione sono state illustrate alcune problematiche inerenti al procedimento di validazione, con particolare enfasi alla problematicità della valutazione dei valori di concentrazione del fondo tra le diverse campagne di misurazione.

Per ovviare all'inconveniente esposto è stato proposto un metodo di validazione dei modelli basato sulla differenza delle concentrazioni rilevate nei due diversi punti di monitoraggio. La procedura suggerita permette di annullare il contributo incognito del valore di fondo e, data la natura del modello matematico sottostante al modello di previsione delle dispersioni, permette anche di trarre conclusioni sul valore assoluto delle emissioni in funzione della differenza tra i valori rilevati nei due punti di misurazione.

Il confronto tra i dati sperimentali e i valori simulati dai modelli, permette infine di affermare che:

- I. tutti i modelli sviluppati sovrastimano la dispersione di inquinante imputabile alle emissioni delle lavorazioni di cantiere
- II. il modello *ex ante* ottiene una precisione più che soddisfacente per quanto riguarda la stima delle concentrazioni nei due diversi punti di monitoraggio;
- III. i valori stimati sono inferiori alle variazioni che possono verificarsi nei valori di fondo a distanze temporali dell'ordine della durata del cantiere.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

#### 4.9. CONFRONTO TRA I MONITORAGGIO ANTE E POST OPERAM – INTERSEZIONE AL KM 14+830 IN COMUNE DI MANZANO

##### Dati da monitoraggio

Nel mese di settembre c.a. si è provveduto ad effettuare il monitoraggio post operam nel sito di Manzano posizionando la centralina di rilevamento PM10 nello stesso sito utilizzato per i precedenti rilievi. Secondo le norme di riferimento UNI EN 12341 la sonda è stata posizionata ad un'altezza compresa tra 1,80 e 4,0 m rispetto al piano viario e nella fattispecie si è cercato di fissarla alla medesima quota rispetto al piano campagna in tutte e tre le fasi di acquisizione (+2.50 m) . I due monitoraggi sono stati eseguiti in anni successivi e mesi differenti (giugno 2012 e settembre 2013) che risultano tuttavia periodi confrontabili per quanto riguarda il peso del carico di inquinante associato al flusso di traffico. Si tratta infatti di mesi dell'anno in cui non è presente l'apporto determinante alle concentrazioni di fondo della combustione domestica.

Di seguito vengono riassunti in dati registrati nella fase ante e post :

##### FASE ANTE OPERAM

DATA		PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
01/06/2012	VENERDI	27
02/06/2012	SABATO	22
03/06/2012	DOMENICA	24
04/06/2012	LUNEDI	23
05/06/2012	MARTEDI	31
06/06/2012	MERCOLEDI	15
07/06/2012	GIOVEDI	8
08/06/2012	VENERDI	24
11/06/2012	LUNEDI	17
12/06/2012	MARTEDI	18
13/06/2012	MERCOLEDI	17
14/06/2012	GIOVEDI	19
15/06/2012	VENERDI	27
16/06/2012	SABATO	30
17/06/2012	DOMENICA	34

Il monitoraggio dunque non ha presentato superamenti dei livelli di soglia previsti in riferimento al valore limite di 24 ore stabilito per le PM10 dal D.lgs155/2010 e pari a  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( si ricorda che tale limite non deve essere superato più di 35 volte in un anno).  
Altresì non vi è stato alcun superamento nella fase post operam :



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

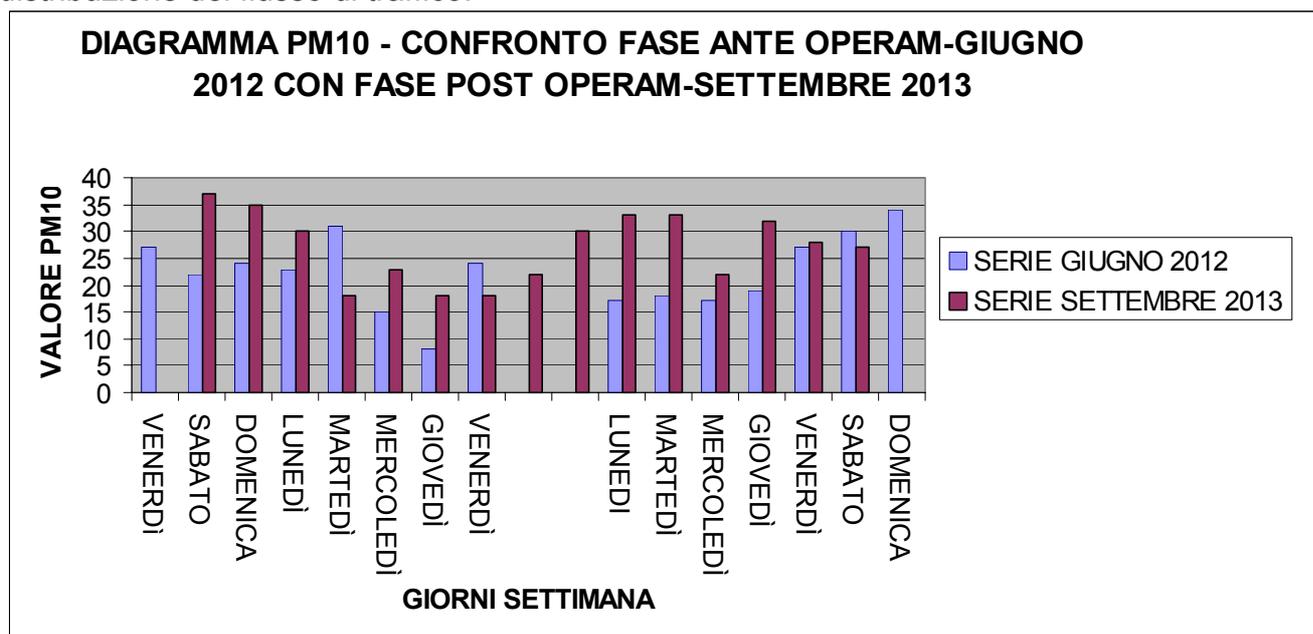
Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

### FASE POST OPERAM

DATA		PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
07/09/2013	SABATO	37
08/09/2013	DOMENICA	35
09/09/2013	LUNEDI	30
10/09/2013	MARTEDI	18
11/09/2013	MERCOLEDI	23
12/09/2013	GIOVEDI	18
13/09/2013	VENERDI	18
14/09/2013	SABATO	22
15/09/2013	DOMENICA	30
16/09/2013	LUNEDI	33
17/09/2013	MARTEDI	33
18/09/2013	MERCOLEDI	22
19/09/2013	GIOVEDI	32
20/09/2013	VENERDI	28
21/09/2013	SABATO	27

Di seguito viene illustrato un grafico di sintesi per un confronto diretto tra i due monitoraggi. Per il confronto si è ritenuto utile far coincidere le varie giornate lavorative considerando significativa tale comparazione così come dimostrato anche dalla distribuzione del flusso di traffico:





COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Ora		TGM	V_media	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Moto/altro
01/06/2012	VENERDÌ	12162	74	10877	837	448
02/06/2012	SABATO	8907	76	8586	80	241
03/06/2012	DOMENICA	7927	77	7575	58	294
04/06/2012	LUNEDÌ	10477	74	8699	712	1066
05/06/2012	MARTEDÌ	10957	75	9814	720	423
06/06/2012	MERCOLEDÌ	11224	75	10077	737	410
07/06/2012	GIOVEDÌ	11642	75	10398	823	421
08/06/2012	VENERDÌ	11728	74	10402	813	513
09/06/2012		9703	75	9218	140	345
10/06/2012		7614	76	7230	52	332
11/06/2012	LUNEDI	10476	74	9233	697	546
12/06/2012	MARTEDÌ	10864	74	9440	745	679
13/06/2012	MERCOLEDÌ	11114	74	9731	728	655
14/06/2012	GIOVEDÌ	11073	75	9908	700	465
15/06/2012	VENERDÌ	11764	75	10502	725	537
16/06/2012	SABATO	9176	77	8530	120	526
17/06/2012	DOMENICA	7401	77	6816	57	528

Ora		TGM	V_media	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Moto/altro
07/09/2013	SABATO	10690	75	9699	184	807
08/09/2013	DOMENICA	8990	75	8242	74	674
09/09/2013	LUNEDI	11452	73	10104	724	624
10/09/2013	MARTEDI	11955	72	10430	753	772
11/09/2013	MERCOLEDI	12358	73	11229	686	443
12/09/2013	GIOVEDI	12600	74	11292	740	568
13/09/2013	VENERDI	13348	73	11916	866	566
14/09/2013	SABATO	11932	74	11153	165	614
15/09/2013	DOMENICA	10477	75	9879	73	525
16/09/2013	LUNEDI	11703	74	10419	746	538
17/09/2013	MARTEDI	11956	73	10148	737	1071
18/09/2013	MERCOLEDI	12235	74	11033	771	431
19/09/2013	GIOVEDI	12251	74	10878	828	545
20/09/2013	VENERDI	13102	73	11640	879	583
21/09/2013	SABATO	10949	74	10190	184	575

**Tabella dati di flusso traffico con composizione sulle 24 h da portale installato lungo la SR56 in comune di San Giovanni al Natisone per i due periodi di monitoraggio**



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



*Panoramica intersezione "ante opera" con in evidenza punto monitoraggio*



*Panoramica intersezione "post opera" con in evidenza punto monitoraggio*



*Particolare centralina per monitoraggio PM10*



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

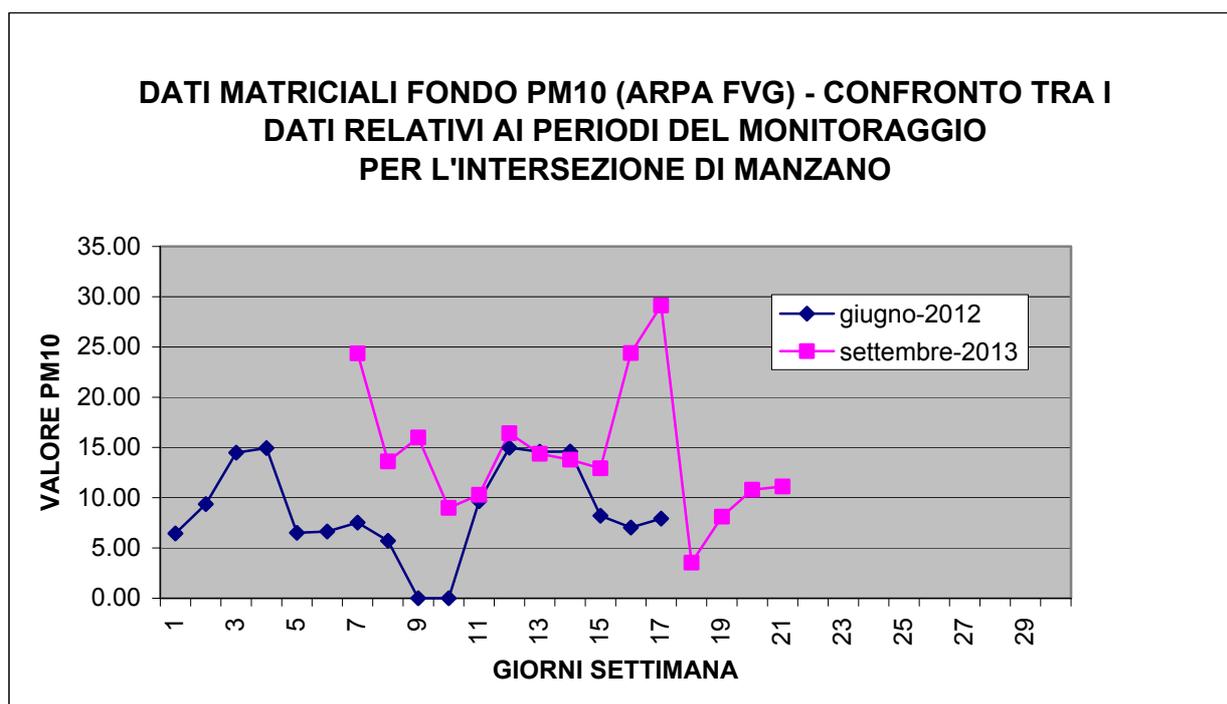
UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Si rileva che i dati di traffico pur essendo relativi ad un portale installato in comune di San Giovanni al Natisone sono da considerarsi sostanzialmente congrui con i dati attesi per l'intersezione di Manzano. Il contributo principale di traffico è infatti associato al flusso lungo la SR 56 mentre il contributo dalla viabilità secondaria viene considerato pressoché equivalente tra i due siti.

Dal confronto tra le concentrazioni di PM10 si rileva che:

1. la media totale delle concentrazioni per il monitoraggio di giugno 2012 (fase ante) è di  $22,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre per il mese di settembre 2013 (fase post) risulta pari a  $27,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si rileva dunque un delta di valori pari a  $4,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2. se si effettua la media considerando solo le giornate lavorative (operazione che si ritiene più corretta in considerazione della maggiore variabilità del dato TGM nelle giornate festive) si ottiene un delta minore pari a  $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
3. se si considerano i dati medi sulle giornate lavorative della prima settimana di giugno ante operam, si nota una sostanziale omogeneità con quelli della prima settimana di settembre mentre il delta sale considerando il confronto tra le due settimane successive

I confronti effettuati con i valori di fondo a livello regionale considerando le centraline a disposizione di ARPA FVG appaiono contrastanti. I valori infatti relativi alle concentrazioni medie di PM<sub>10</sub> nel comune di Manzano estrapolati dal modello FARM (Costa et al., 2009) indicano valori di fondo superiori per il mese di settembre rispetto a quelli del mese di giugno per un delta medio di  $4,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valore che andrebbe a colmare proprio la differenza calcolata nei due monitoraggi (ante e post):



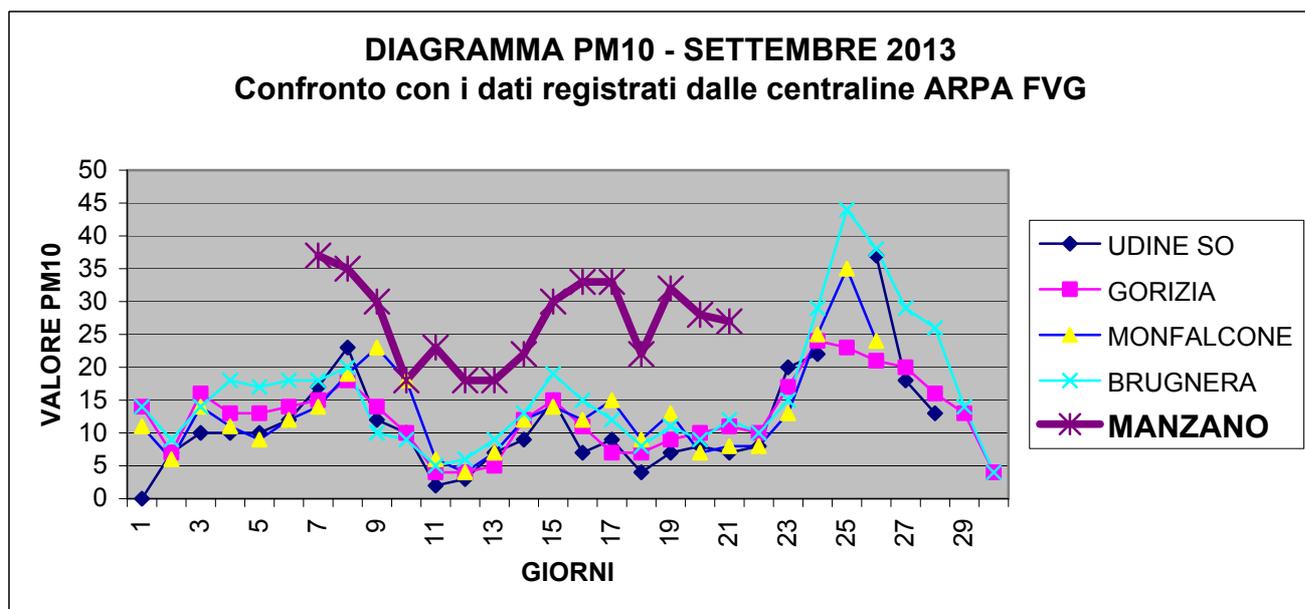
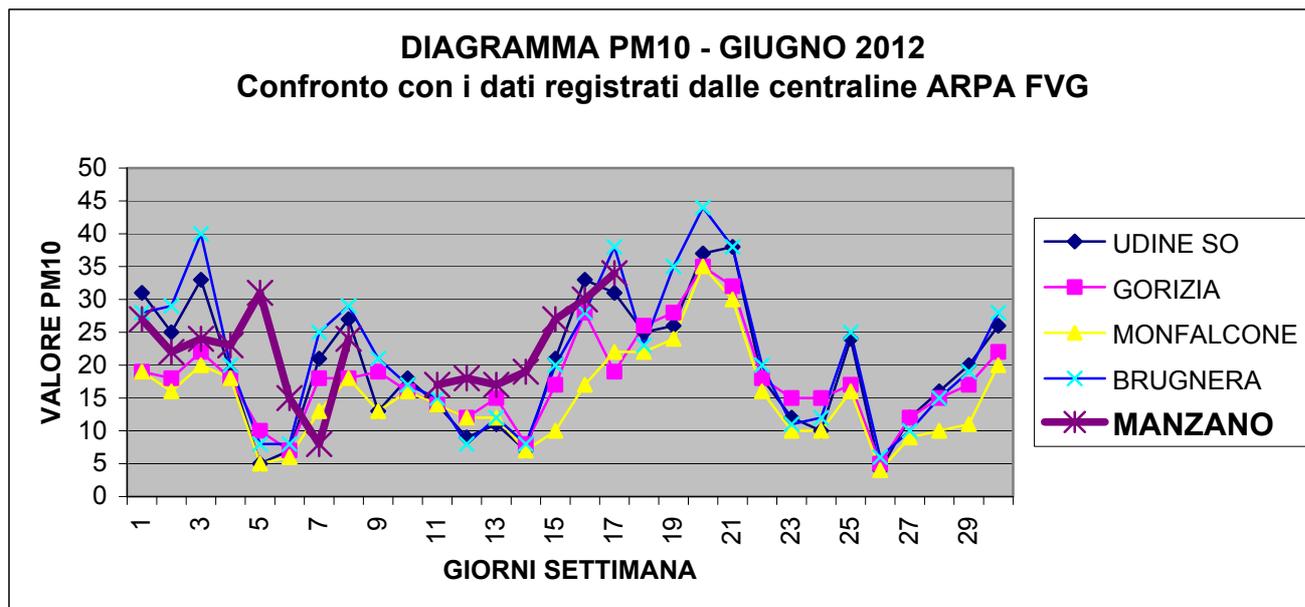


COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Altresì appaiono invece in controtendenza le risultanze dei confronti effettuati considerando i valori registrati dalle centraline regionali nei periodi di monitoraggio (ante-post) dove in particolare per il mese di settembre si evidenzia per il sito di Manzano un delta positivo rispetto ai valori a livello regionale :



Si rileva tuttavia come anche il dato nel mese di giugno non risulti congruo con l'andamento a livello regionale il che induce a considerare i valori dell'intersezione di Manzano difficilmente confrontabili con quelli a livello regionale.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

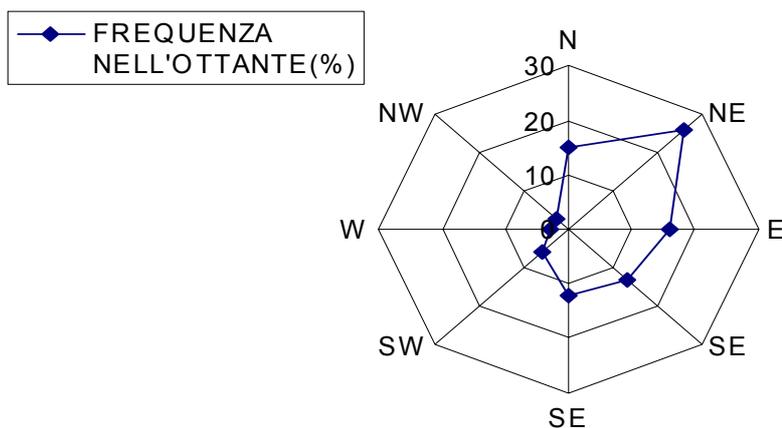
Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

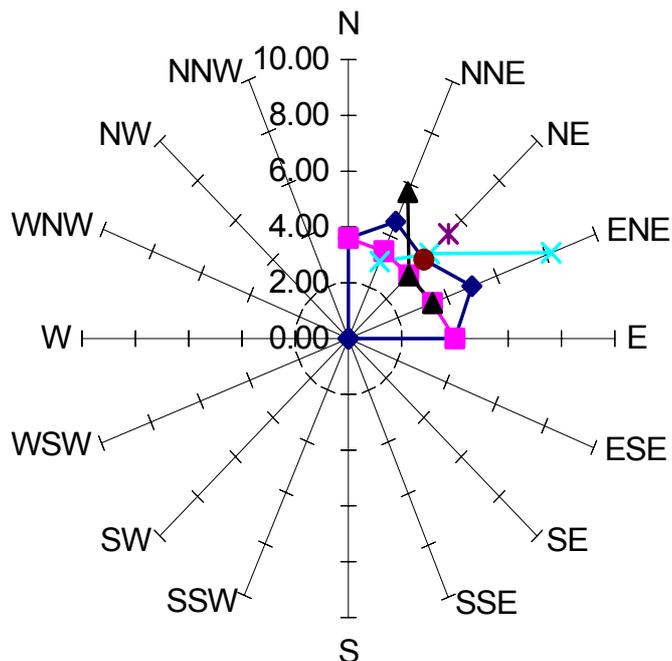
Di seguito vengono anche riportati i dati di:

1. vento relativo al giugno 2012 ed al settembre 2013, dai quali si evince una marcata prevalenza della direzione di provenienza NE :

**FREQUENZA DELLA DIREZIONE DEL VENTO NELL'OTTANTE (%)**  
**PERIODO MONITORAGGIO GIUGNO 2012**



**INTENSITA' MEDIA (NODI) E DIREZIONE PREVALENTE DEL VENTO**  
**PERIODO MONITORAGGIO SETTEMBRE 2013**



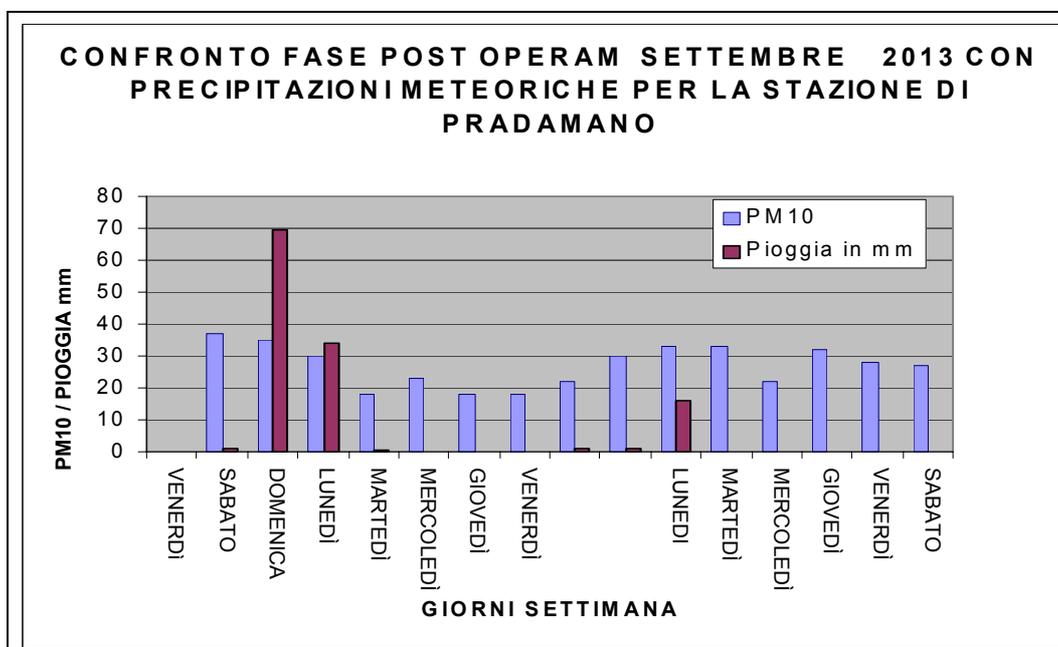
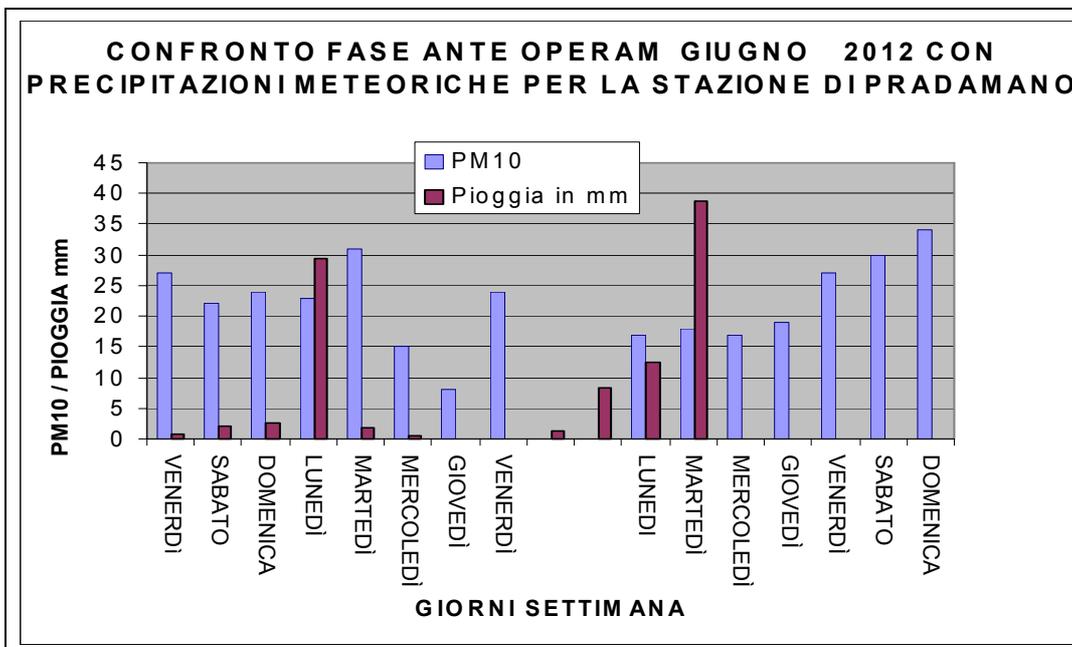


COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

2. precipitazione meteorica relativa alle due fasi di monitoraggio. Sono stati utilizzati i dati meteo provenienti dalla stazione di rilevamento di Pradamano (UD) considerata la più significativa tra quelle più prossime al sito di Manzano



Quello che si può rilevare dalla comparazione concentrazione  $PM_{10}$  / Pioggia è un modesto calo delle concentrazioni a seguito di giornate con precipitazioni significative. Tale fenomeno si ritiene essere associato per lo più alla componente di  $PM_{10}$  relativa al fenomeno del "risollevamento delle polveri" che con le strade bagnate e/o umide può risultare parzialmente contenuto.



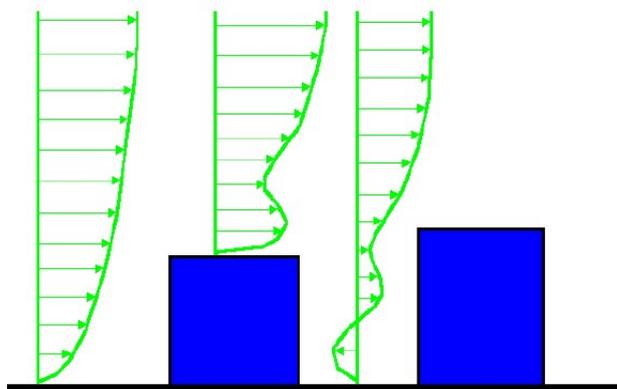
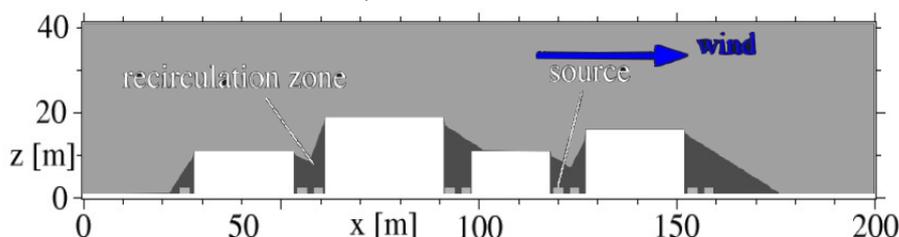
#### 4.9.1. Conclusioni monitoraggio ante-post

A fronte dunque di un leggero incremento delle concentrazioni medie registrate per il PM10 nella fase post operam vanno fatte alcune considerazioni in merito alle mutate condizioni del flusso di traffico ed alle modifiche apportate alle geometrie dell'assetto viario.

In particolare si vuole rilevare come dal confronto tra i dati TGM si rilevi un aumento medio del 15% di traffico nel periodo del monitoraggio fase post operam rispetto alla fase ante operam, con prevalenza della componente relativa ai veicoli leggeri.

Altresì è importante evidenziare che :

- i lavori di realizzazione della rotatoria hanno comportato una modifica sostanziale delle geometrie delle strade con conseguente avvicinamento al punto di misurazione della carreggiata più prossima.
- Il centro dell'intersezione della nuova rotatoria è stato alzato di +1,30 m, portando il piano viario a coincidere con il piano del parcheggio ove è stata installata la centralina. Si è avuto dunque uno stravolgimento delle geometrie stradali con conseguente annullamento del preesistente fattore "street canyon" che comporta una riduzione delle condizioni di naturale ventilazione e dunque un maggior ristagno delle polveri sottili. Tale fenomeno si amplifica soprattutto con vento perpendicolare all'asse strada e cioè proprio nelle condizioni fisiche che hanno caratterizzato le due fasi di monitoraggio (vento prevalente d NE con asse viario secondo una direttrice NW-SE)



**Schema dello sviluppo del fenomeno di "Street Canyon"**

Con l'obiettivo di indagare l'impatto dei fattori sopra rilevati sulla componente di concentrazioni imputabili al traffico veicolare, sono state realizzate delle simulazioni



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

mediante il software Caline4. Caline4, sviluppato dal California Department of Transportation, implementa un modello matematico gaussiano stazionario di dispersione dell'inquinamento atmosferico; la sua applicazione è molto diffusa nella valutazione degli effetti da emissioni da traffico; infatti simula la dispersione delle emissioni di sorgenti lineari a *plume*, alle quali sono facilmente assimilabili i tratti stradali.

Si è scelto di sondare inizialmente un modello viario approssimativo al fine di esplorare le potenzialità e le eventuali criticità dell'approccio, riservandosi di articolare e dettagliare il modello successivamente.

Sono stati dunque simulati i contributi inquinanti della viabilità, con i valori di traffico rilevati ante e post realizzazione dei lavori, variando via via alcuni parametri potenzialmente impattanti ai fini della simulazione (come la modifica del piano strada e la conseguente scomparsa della depressione dell'intersezione semaforica rispetto alla zona circostante).

Di seguito sono riportati i parametri più significativi utilizzati nelle simulazioni modellistiche effettuate:

- Viabilità semplificata tramite singolo tratto rettilineo principale su cui viene concentrato tutto il traffico (diretrice Udine - Gorizia);
- Recettore collocato a 15 metri dalla sede stradale;
- Fattore di Emissione calcolato sul parco circolante secondo gli annuari Anas 2009 e mediato con le composizioni del traffico (veicoli leggeri / pesanti) deducibili dai rilievi disponibili;
- Velocità media del vento: 1.9 m/s;
- Classe di stabilità atmosferica: D;
- Direzione del vento: ricerca automatica del caso pessimo (la simulazione è calcolata su base oraria; in orari diversi si rilevano direzioni prevalenti assai diverse da quella statistica complessiva);
- Deviazione Standard della direzione del vento: 15° (valore convenzionale accettabile su un'estensione temporale oraria);
- *Surface Roughness*: 50 cm (contesto suburbano - rurale);
- Traffico: 435 veicoli / ora (ante), 489 veicoli /ora (post);

Le simulazioni effettuate forniscono valori tipici delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> di 2,3 µg m<sup>-3</sup> e 2,5 µg m<sup>-3</sup> per i casi ante e post rispettivamente. I valori della simulazione del caso ante, inoltre, risultano sottostimati poiché il software non permette di applicare i correttivi per il maggior consumo nei tratti ad intersezione per inquinanti diversi da CO. Anche l'introduzione nel modello dei tracciati in depressione non modifica sensibilmente i risultati.

I valori espressi dalla simulazione sembrano troppo bassi per essere considerati realistici, anche aggiungendo eventuali contributi dovuti al fenomeno di risollevarimento delle polveri.

Inoltre emerge indiscutibilmente che le differenze tra le concentrazioni (inferiori in tutti i casi simulati ai 0,3 µg m<sup>-3</sup>) non sono minimamente in grado di giustificare lo scostamento rilevato in sede di monitoraggio. Per questi motivi si è ritenuto inutile approfondire ulteriormente l'indagine attraverso uno studio modellistico maggiormente dettagliato e articolato.



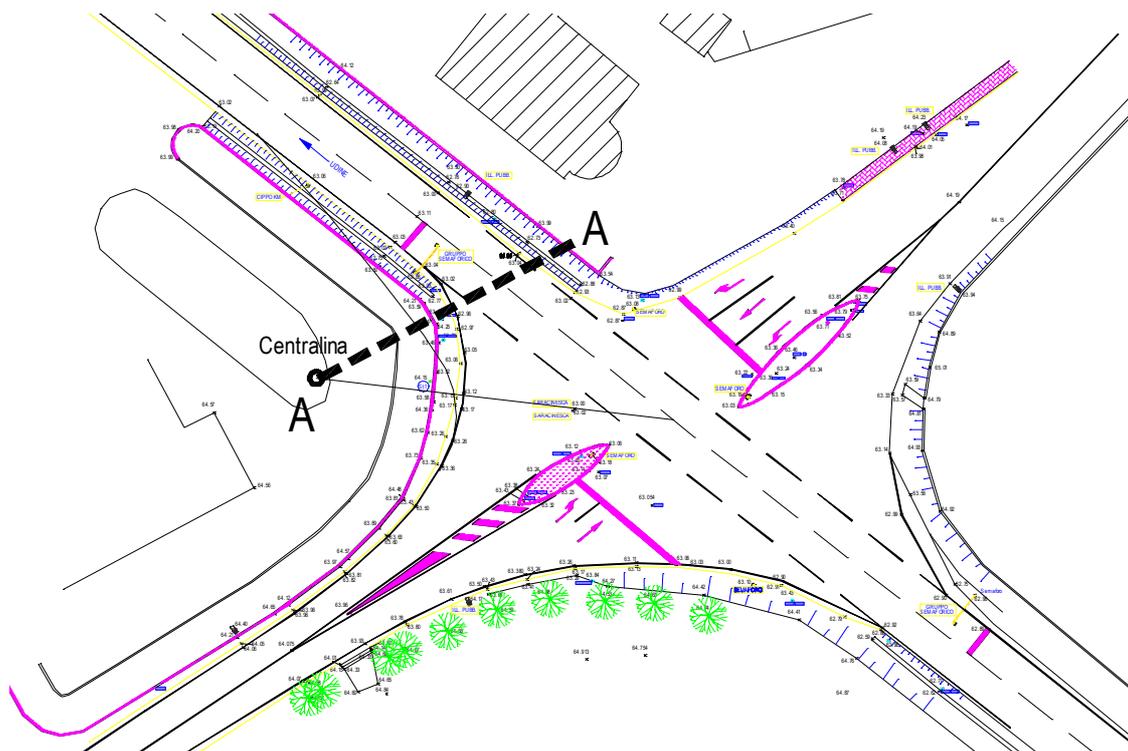
COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

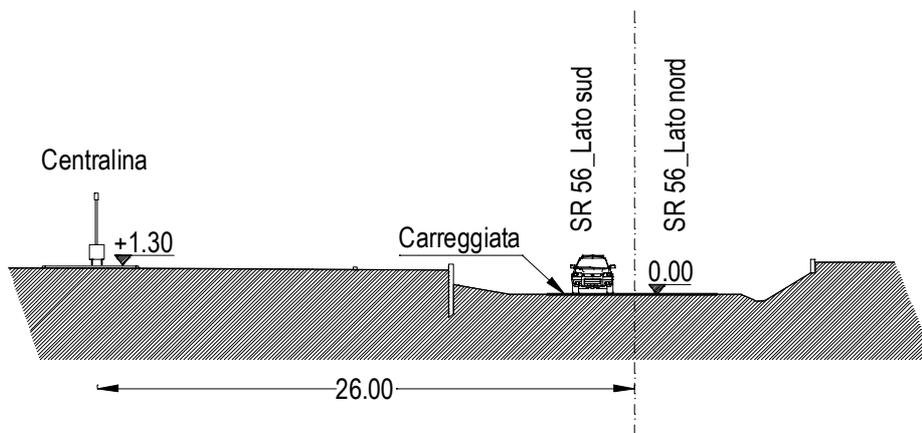
Di seguito si illustra con planimetrie e sezioni l'entità delle modifiche effettuate:

**SR 56 INTERSEZIONE AL KM 14+830 – COMUNE DI MANZANO**



**Planimetria ante operam con ubicazione centralina monitoraggio (C-1)**

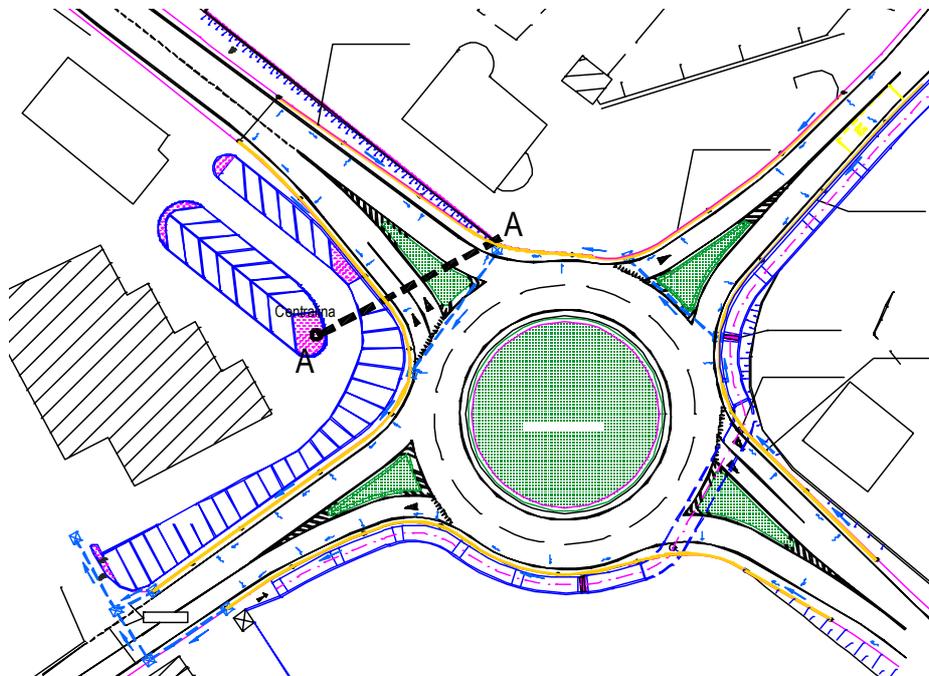
Monitoraggio fase ante opera



**Sezione AA con centralina**

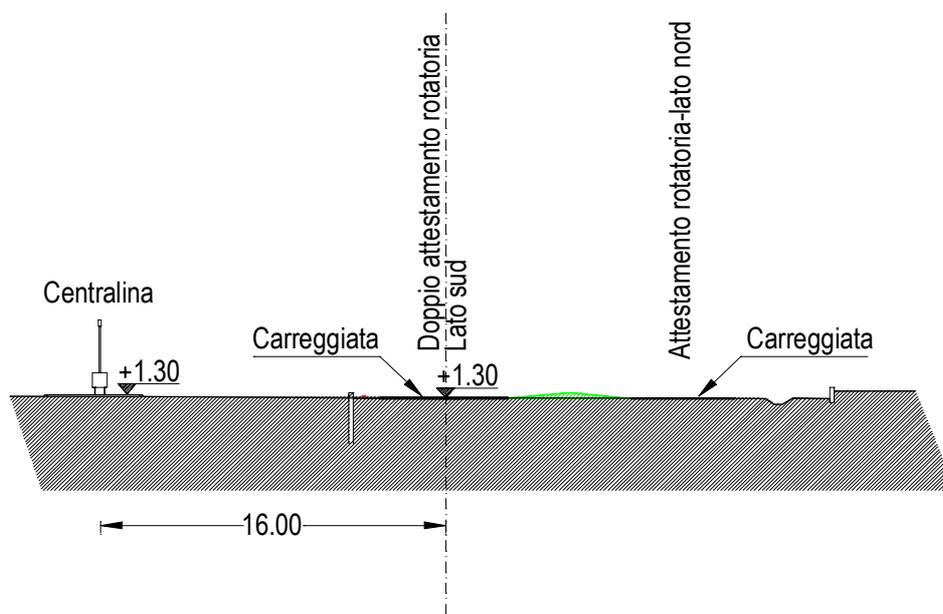


**SR 56 INTERSEZIONE AL KM 14+830 – COMUNE DI MANZANO**



**Planimetria post operam con ubicazione centralina monitoraggio (C-1)**

Monitoraggio fase post opera



**Sezione AA con centralina**



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



*Panoramica intersezione al km 14+830 ante operam*



*Panoramica intersezione al km 14+830 post operam*

Sulla base dunque delle indicazioni fornite dai monitoraggi ante e post operam sulle concentrazioni di PM<sub>10</sub> si ritiene in conclusione che :

- I valori di PM<sub>10</sub> registrati nella fase post operam indicano che la realizzazione della rotonda non ha sostanzialmente modificato i valori di riferimento della concentrazione delle polveri sottili.
- Un leggero miglioramento atteso dei valori di fondo, in considerazione della maggiore fluidificazione del traffico, si ritiene possa essere stato annullato dalle mutate condizioni di riferimento del monitoraggio stesso. Si considerano infatti determinanti due fattori principali ai quali si attribuisce anche il leggero incremento dei valori medi di concentrazione:
  - l'aumento del Traffico Giornaliero Medio (ordine del 15%)
  - le modifiche sostanziali alle geometrie dell'intersezione con in evidenza l'innalzamento delle quote assolute del piano di scorrimento della sede stradale e la minor distanza dalla carreggiata della SR 56, della centralina nel monitoraggio post operam rispetto a quella precedente.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

## 5. RUMORE

Sulla base delle indicazioni fornite nel PM approvato da ARPA FVG sono state effettuate alcune campagne di misurazione acustica presso tutti i cantieri in concomitanza con le lavorazioni ritenute più impattanti.

È stata inoltre progettata una campagna di monitoraggio per le intersezioni di Lovaria (km 8+500) e San Giovanni al Natisone (km 16+900) al fine di verificare le modificazioni del clima acustico a seguito della realizzazione delle rotatorie.

### 5.1. NOTE GENERALI

Con riferimento alla componente ambientale Rumore, le operazioni e le lavorazioni eseguite all'interno dei cantieri edili, quali: movimentazione terra e pietrisco, scavi, demolizioni, getti di calcestruzzo, asfaltature e finiture, generalmente superano i valori limite fissati dalla normativa vigente, sia per tipologia di lavorazione che per tipologia di macchine e attrezzature utilizzate. Tuttavia per le sorgenti connesse con attività temporanee, ossia che si esauriscono in periodi di tempo limitati e che possono essere legate ad ubicazioni variabili, la legge quadro 447/95 prevede la possibilità di deroga al superamento dei limiti al comune di competenza. Laddove, quindi, le previsioni di impatto acustico effettuate per un cantiere determinino un superamento dei limiti vigenti, nonché risultino non sufficienti gli interventi di mitigazioni proposti, è stato possibile chiedere l'autorizzazione in deroga al comune presentando apposita domanda, corredata da documentazione descrittiva del progetto (secondo le linee guida ARPA FVG), come previsto dalla recente legge regionale 18 giugno 2007, n. 16. All'articolo 20, comma 6, infatti, confermando quanto disposto dalla legge statale, demanda al Comune la competenza al rilascio dell'autorizzazione succitata, rinviando la definizione di modalità e prescrizioni a specifici regolamenti comunali

### 5.2. MONITORAGGIO IN FASE DI CANTIERE

#### 5.2.1. Prestazione di monitoraggio

Per ogni intersezione è stata condotta nella fase di cantiere, una campagna di misura nel periodo di riferimento diurno, cioè all'interno dell'orario lavorativo verso il recettore ritenuto più impattato dalla lavorazione individuata.

Per ogni campagna di misura è stato rilevato il rumore residuo (in assenza di sorgente disturbante) e il rumore ambientale (in presenza di sorgente disturbante).

Ad ogni campagna di misura è stato esteso il monitoraggio individuando su una planimetria il cantiere, il recettore e la posizione di misura. Nelle relazioni tecniche sono stati allegati i grafici di misura, la nomina di tecnico competente in acustica, i reperti fotografici ritenuti significativi, la taratura del fonometro e una relazione con l'esposizione delle misure in relazione a quanto previsto dalla normativa vigente.

Il monitoraggio è stato infine inoltrato via mail all'ufficio Attività centralizzate dell'ARPA FVG ([attivita.centralizzate@arpa.fvg.it](mailto:attivita.centralizzate@arpa.fvg.it)) e alla relativa casella di Posta Certificata.



### 5.2.2. Strumentazione

Le misurazioni sono state effettuate dallo Studio dell'ing. Piccin di Udine con la collaborazione dello scrivente per le valutazioni tecniche utilizzando un Fonometro integratore di classe 1 dotato di idoneo calibratore.

Lo strumento ed il calibratore risultano conformi alle norme vigenti (IEC 60651/1993 e IEC 60804/1993, draft IEC 1672 e ANSI S1.4-1985) e possiedono regolare taratura effettuata con cadenza annuale.

### 5.2.3. Analisi acustica

Il punto di partenza dell'analisi acustica consiste nella stima della potenza sonora dei singoli macchinari impiegati; questo passaggio generalmente costituisce un serio problema laddove non esiste, a livello nazionale, una banca dati specifica per tipologia di mezzi e non sono disponibili, almeno in questa fase, le schede dei macchinari che saranno utilizzati con il livello di potenza sonora dichiarato dal produttore. Tale difficoltà è sperimentata sia dal tecnico, che deve effettuare ipotesi semplificative e spesso poco applicabili alla situazione in esame, sia dagli enti competenti, che dovranno valutare la stima di impatto e non hanno a disposizione elementi di confronto. In questo contesto qui si propone uno schema di analisi delle sorgenti sonore utilizzando i livelli di potenza sonora dei macchinari tratti da dati bibliografici o derivanti da rilievi fonometrici.

Tra le principali fonti individuate come ausilio nella caratterizzazione delle sorgenti si possono citare:

- la norma tecnica inglese *British Standard* BS-5228 del 1997, che riporta i livelli di potenza sonora dei principali macchinari da cantiere in funzione della potenza (kW) e del tipo di attività svolta (preparazione delle aree, trivellazione, carico e scarico materiali, ecc.);
- le tabelle del rumore della Suva, un'azienda autonoma di diritto pubblico nel campo dell'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni in Svizzera, che ha redatto degli elenchi in cui sono riportati i livelli equivalenti dell'ambiente di lavoro secondo la tipologia di industria o di lavorazione nel campo dell'edilizia. Sono valori che si riferiscono alla valutazione del rumore ai fini della sicurezza dei lavoratori ma che però possono al contempo essere utili per la ricostruzione dei livelli di potenza sonora di alcuni macchinari;
- le linee guida dell'ISPESL (2004 e 2005) relative alla sicurezza dei luoghi di lavoro;
- i dati empirici derivanti da misure fonometriche dirette di macchinari durante le specifiche lavorazioni (escavatore con martello demolitore, impianto di frantumazione mobile, escavatore con benna mordente, ecc.), che possono essere interpolati con la formula di attenuazione geometrica in funzione della distanza.

Di seguito si riportano le indicazioni fornite dalla SUVA per "carichi fonici caratteristici associati a fonti di rumore, zone e attività" con riferimento alle tipologie di mezzi d'opera che si ritiene verranno impiegati nei cantieri in oggetto



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

	Leq dB(A)
<b>DEMOLITORI</b>	<b>100</b>
<b>MACCHINA PER LA VIBROINFISSIONE PALANCOLE</b>	<b>90</b>
<b>ESCAVATORI</b>	<b>83</b>
<b>RULLI VIBRATORI</b>	<b>86</b>
<b>SONDE PERFORATRICI</b>	<b>90</b>
<b>MOTOCOMPRESSORI</b>	<b>90</b>
<b>CAMION</b>	<b>83</b>
<b>BETONAGGIO</b>	<b>86</b>

Nelle relazioni conclusive sono stata fornita documentazione relativa a:

- informazioni dettagliate delle singole fasi di lavoro con riferimento alla durata dei lavori;
- elenco dei macchinari rumorosi utilizzati per i quali la normativa prescrive l'obbligo di certificazione acustica con i livelli di emissione sonora;
- planimetrie dettagliate delle aree interessate con identificazione di edifici, e ricettori sensibili;

#### **5.2.4. Risultati monitoraggi**

In premessa si rileva che prima di iniziare i cantieri le imprese aggiudicatarie degli appalti sono state invitate dalla Uffici della Direzione Lavori a presentare presso il comune di riferimento apposita domanda di deroga ai limiti acustici.

Pertanto i risultati dei monitoraggi effettuati hanno avuto unicamente il fine di apprestare eventuali soluzioni tecniche per mitigare l'inquinamento acustico laddove questo risultasse significativo.

Tutti i monitoraggi sono stati programmati previa regolare comunicazione all'ufficio Gestione Attività Centralizzate della ARPA FVG



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

Nel quadro sinottico seguente vengono indicati i monitoraggi eseguiti con i risultati delle misurazioni:

<b>MONITORAGGIO ACUSTICO</b>		
	<b>Data</b>	<b>Risultato</b>
<b>PRADAMANO</b>	<b>07/11/2012</b>	<b>Accettabilità del rumore non verificata</b>
<b>km 8+500</b>		
<b>BUTTRIO</b>	<b>16/04/2012</b>	<b>Accettabilità del rumore non verificata</b>
<b>km 9+750</b>		
<b>BUTTRIO</b>	<b>08/06/2011</b>	<b>Accettabilità del rumore non verificata</b>
<b>km 10+600</b>		
<b>BUTTRIO</b>	<b>08/07/2011</b>	<b>Accettabilità del rumore non verificata</b>
<b>km 11+510</b>		
<b>MANZANO</b>	<b>07/11/2012</b>	<b>Accettabilità del rumore verificata</b>
<b>km 14+830</b>		
<b>km 16+900</b>	<b>07/11/2012</b>	<b>Accettabilità del rumore non verificata</b>
<b>SAN GIOVANNI AL NATISONE</b>		
<b>km 17+300</b>	<b>09/12/2011</b>	<b>Accettabilità del rumore non verificata</b>
<b>SAN GIOVANNI AL NATISONE</b>		

Dunque per i recettori ritenuti più sensibili si è verificato un superamento dei limiti di legge per tutti i cantieri con l'unica eccezione dell'intersezione di Manzano (km 14+830)

A seguito delle verifiche condotte di comune accordo con la Direzione Lavori e l'impresa aggiudicataria sono state adottate alcune misure mitigative soprattutto per quanto riguarda la sovrapposizione temporale di operazioni di cantiere particolarmente impattanti.



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

### 5.3. MONITORAGGIO ANTE E POST OPERAM

#### 5.3.1. Tecnica di rilievo

Per una verifica delle modificazioni apportate al clima acustico dalla realizzazione di n° 2 rotatorie a campione sono state eseguite ante e post operam alcuni rilevamenti acustici in corrispondenza delle intersezioni al km 8+500 (comune di Pradamano) e km 16+300 (comune di San Giovanni al Natisone).

Le misurazioni sono state effettuate dalla Digicorp Ingegneria di Udine con la collaborazione dello scrivente per le valutazioni tecniche.

Le misurazioni sono state effettuate nel rispetto delle seguenti normative:

DM 16.03.98 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" (in particolare All. C p.to 2.) DL 19.08.2005 n. 194, Allegati 1 e 2.

Il sistema di misura soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN60651/1994 e EN 60804/1994. Le misure di livello equivalente dovranno essere effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994.

Il microfono utilizzato è conforme alle norme EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995. La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, è stato controllato con un calibratore di classe 1 (conforme alle norme CEI 29-4), secondo la norma IEC 942:1988.

I rilievi sono stati effettuati su un arco temporale di una settimana. In tale periodo è stato rilevato il livello continuo equivalente ponderato per ogni quarto d'ora su tutto l'arco temporale di rilievo.

Il microfono utilizzato è dotato di adeguata protezione per misure di lungo periodo in esterno.

Le condizioni meteorologiche nel corso della misura sono state acquisite con opportuna strumentazione; nel caso in cui le suddette condizioni abbiano invalidato uno o più periodi di misura, questi sono stati scartati.

In entrambi i casi il contesto sonoro di misura è di tipo "stradale", ovvero la fonte principale di inquinamento acustico è il traffico veicolare nella zona prospiciente al recettore individuato; non sono presenti, in un congruo intorno del punto di misura, eventuali altre fonti di rumore particolari.

La postazione di misura è stata scelta in entrambi i casi considerando la presenza di ricettori in un congruo intorno dell'intersezione. Di conseguenza sono state selezionate postazioni di rilievo in facciata degli edifici esposti al rumore. In particolare lo strumento è stato posto ad 1 metro di distanza dalla facciata stessa e ad un'altezza di  $4 \pm 0,2$  metri dal terreno.

I descrittori acustici utilizzati nelle successive tabelle di sintesi sono i seguenti:

$L_{diurno}$ : relativo al periodo diurno, dalle 06:00 alle 22:00;

$L_{day}$ : relativo al periodo "strettamente" diurno, dalle 06:00 alle 20:00;

$L_{evening}$ : relativo al periodo serale dalle 20:00 alle 22:00;

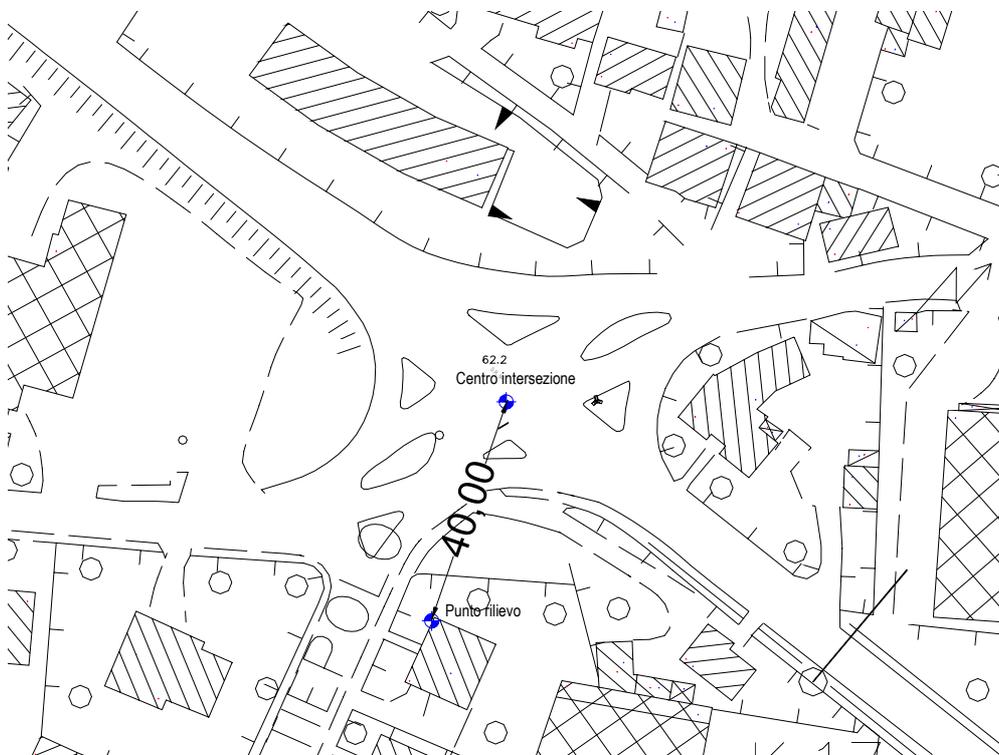
$L_{night}$ : relativo al periodo notturno dalle 22:00 alle 06:00



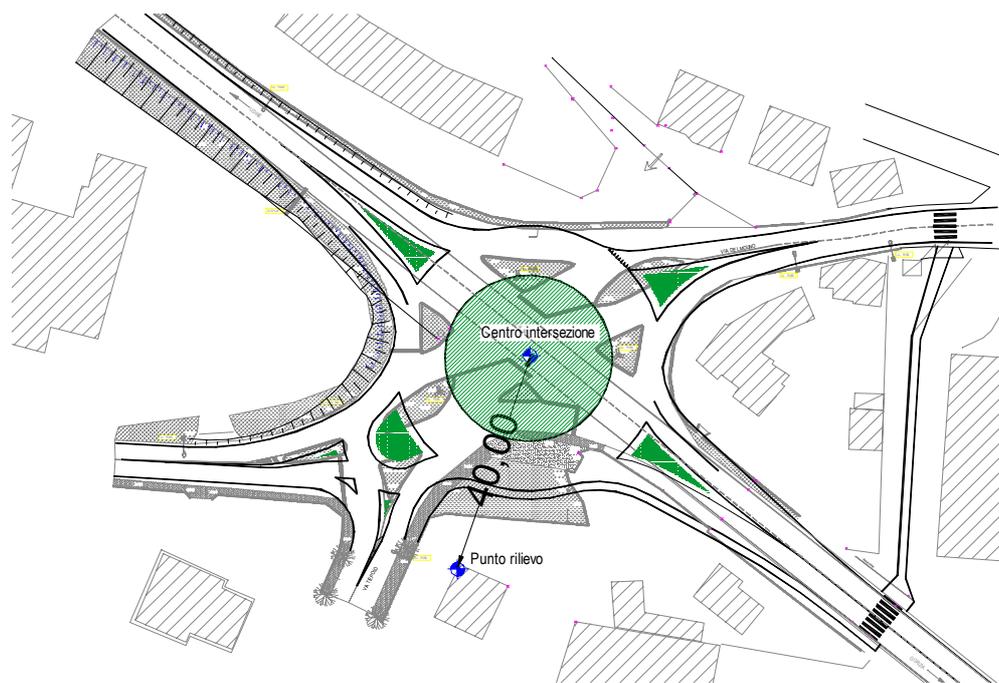
COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



**Situazione "Ante operam" San Giovanni al Natisone km 16+300**  
**Planimetria di inquadramento del punto di rilievo e distanza dal centro dell'intersezione**



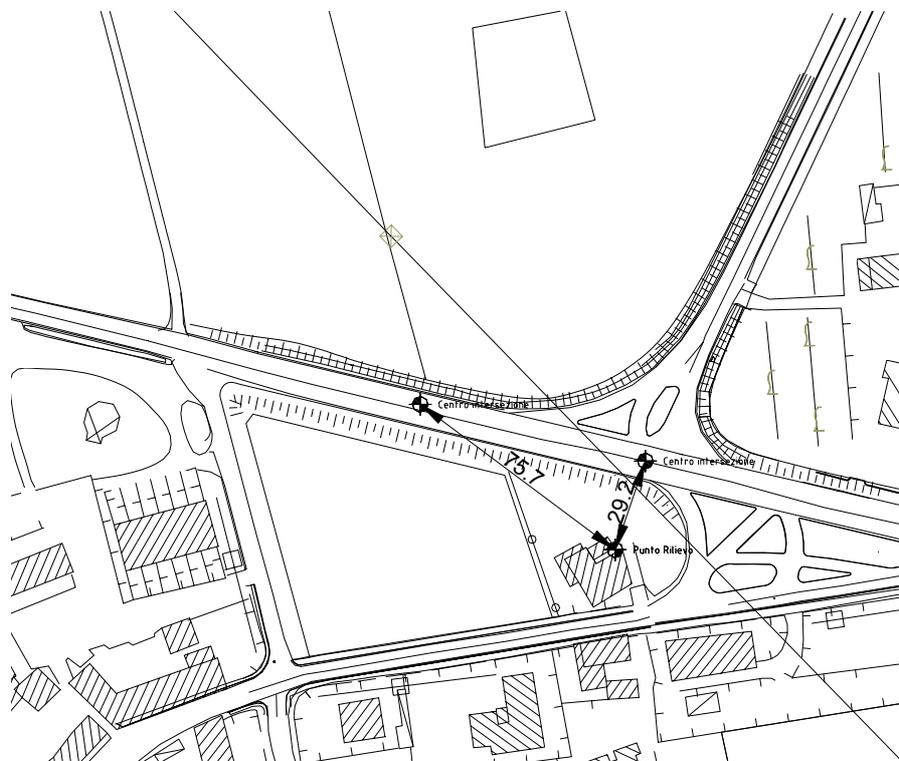
**Situazione "Post operam" San Giovanni al Natisone km 16+300**  
**Planimetria di inquadramento del punto di rilievo e distanza dal centro dell'intersezione**



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE



**Situazione "Ante operam" Lovaria – Pradamano km 8+500**  
**Planimetria di inquadramento del punto di rilievo e distanza dal centro dell'intersezione**



**Situazione "post operam" Lovaria – Pradamano km 8+500**  
**Planimetria di inquadramento del punto di rilievo e distanza dal centro dell'intersezione**



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

**Dati rilevati – Sito 1 (S. Giovanni Natisone, km 16+300)**

Giorno	Data	L <sub>diurno</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>
Lunedì					
Martedì	11/9/12			55.3	52.4
Mercoledì	12/9/12	60.2	60.6	56.1	52.1
Giovedì	13/9/12	60.5	60.8	57.1	51.7
Venerdì	14/9/12	60.4	60.8	57.0	52.7
Sabato	15/9/12	59.3	59.3	59.6	52.5
Domenica	16/9/12				

Lunedì - 2	17/9/12	62.4	62.9	57.6	52.1
Martedì - 2	18/9/12	61.5	61.9	57.5	51.8

Media settimana		60.7	61.0	57.2	52.2
Media feriale		61.0	61.4	56.8	52.1
Media week-end		59.3	59.3	59.6	52.5

Giorno	Data	L <sub>diurno</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>
Lunedì	23/9/13	58.0	58.5	53.5	47.2
Martedì	24/9/13	58.1	58.4	56.0	48.0
Mercoledì	25/9/13	57.8	58.2	53.6	48.2
Giovedì	26/9/13	58.1	58.4	54.9	47.7
Venerdì	27/9/13	58.3	58.7	54.1	49.2
Sabato	28/9/13	57.3	57.1	58.3	49.4
Domenica	29/9/13				

Lunedì - 2	30/9/13			52.9	48.8
Martedì - 2					

Media settimana		57.9	58.2	54.8	48.4
Media feriale		58.1	58.4	54.2	48.2
Media week-end		57.3	57.1	58.3	49.4



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA  
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA-TRIESTE)  
ED IL RACCORDO VILLESSE-GORIZIA

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri  
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

**Dati rilevati – Sito 2 (Pradamano, Loc. Lovaria km 8+500)**

Giorno	Data	L <sub>diurno</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>
Lunedì					
Martedì	24/7/12	64.1	64.4	61.1	58.2
Mercoledì	25/7/12	63.6	63.8	60.9	57.9
Giovedì	26/7/12	63.5	63.7	61.4	58.9
Venerdì	27/7/12	63.2	63.5	60.6	59.2
Sabato	28/7/12	62.3	62.5	61.4	58.7
Domenica	29/7/12	61.2	61.1	61.9	60.1

Lunedì - 2	30/7/12	63.9	64.2	60.7	58.7
Martedì - 2	31/7/12	63.8	64.1	61.5	59.2
Mercoledì - 2	1/8/12	65.1	65.4	62.4	58.8
Giovedì - 2	2/8/12	63.8	64.0	61.6	59.7
Venerdì - 2	3/8/12	63.8	64.0	62.7	54.7
Sabato - 2					
Domenica - 2					

Media settimana		63.5	63.7	61.5	58.6
Media feriale		63.9	64.1	61.4	58.4
Media week-end		61.8	61.8	61.6	59.4

Giorno	Data	L <sub>diurno</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>
Lunedì	2/9/13	58.8	59.0	56.3	52.7
Martedì	3/9/13	58.5	58.8	55.8	52.3
Mercoledì	4/9/13	58.7	58.8	57.1	52.1
Giovedì	5/9/13	59.0	59.3	55.1	52.4
Venerdì	6/9/13	60.2	60.5	57.5	53.8
Sabato	7/9/13	57.3	57.4	56.9	52.7
Domenica	8/9/13	57.0	57.1	55.7	51.3

Lunedì - 2	9/9/13				
Martedì - 2	10/9/13	60.2	60.5	56.8	52.0
Mercoledì - 2					
Giovedì - 2					
Venerdì - 2	30/8/13	60.7	61.0	57.9	53.9
Sabato - 2	31/8/13	57.7	57.7	58.0	52.5
Domenica - 2	1/9/13	56.5	56.6	55.6	51.9

Media settimana		58.8	59.0	56.7	52.6
Media feriale		59.0	59.3	56.2	52.3
Media week-end		59.0	59.1	57.6	53.2



## Sintesi dei dati rilevati e comparazione ante-post

			Medie dati rilevati				Differenze Before-After			
			L <sub>diurno</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>	L <sub>diurno</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>
<b>Sito 1</b> <b>S. Giovanni Natisone</b> <b>Loc. Bolzano</b>	Settimana	Before	60.7	61.0	57.2	52.2	-2.8	-2.8	-2.4	-3.8
		After	57.9	58.2	54.8	48.4				
	Feriale	Before	61.0	61.4	56.8	52.1	<b>-2.9</b>	<b>-3.0</b>	<b>-2.6</b>	<b>-4.0</b>
		After	58.1	58.4	54.2	48.2				
	Week-end	Before	59.3	59.3	59.6	52.5	-2.0	-2.2	-1.3	-3.1
		After	57.3	57.1	58.3	49.4				
<b>Sito 2</b> <b>Pradamano</b> <b>Loc. Lovaria</b>	Settimana	Before	63.5	63.7	61.5	58.6	-4.7	-4.7	-4.8	-6.0
		After	58.8	59.0	56.7	52.6				
	Feriale	Before	63.9	64.1	61.4	58.4	<b>-4.8</b>	<b>-4.8</b>	<b>-5.2</b>	<b>-6.1</b>
		After	59.0	59.3	56.2	52.3				
	Week-end	Before	61.8	61.8	61.6	59.4	-2.8	-2.7	-4.1	-6.2
		After	59.0	59.1	57.6	53.2				

**5.3.2. Considerazioni conclusive sull'impatto rumore**

Sulla base dunque dei dati acquisiti si conclude che le due rotatorie monitorate forniscono chiare indicazioni di un miglioramento complessivo del clima acustico con riferimento a quei recettori considerati quali maggiormente sensibili nella fase di cantiere.

Le differenze tra i due monitoraggi appaiono leggermente inferiori per il sito di San Giovanni al Natisone dove tuttavia il centro dell'intersezione è rimasto pressoché il medesimo a seguito della realizzazione della rotatoria. A Lovaria, invece, il nuovo assetto stradale presenta un centro dell'intersezione ad una distanza superiore, rispetto alla precedente, dal recettore utilizzato.

Si riporta infine un paragrafo già inserito nel PM approvato a cura del prof. Salvatore Leonardi docente di infrastrutture viarie ed urbane dell'Università di Catania che fornisce un valido contributo alla discussione sull'utilità della realizzazione di rotatorie con particolare riferimento all'impatto acustico prodotto dal traffico viario.

In questo paragrafo riportiamo una parte delle conclusioni ove si legge :

*“I motivi che inducono le Amministrazioni comunali a scegliere di realizzare una rotatoria, in sostituzione di un'intersezione a raso tradizionale, sono legati*



*prevalentemente alla fluidificazione della circolazione e al miglioramento delle condizioni di sicurezza (riduzione dei punti di conflitto, diminuzione delle velocità di approccio).*

*Esistono però altri effetti positivi indotti dalle intersezioni a circolazione rotatoria; tra questi, la riduzione delle emissioni inquinanti sia atmosferiche che acustiche.*

*Con il presente studio, l'autore, a seguito di una campagna di rilevamenti acustici condotta su una serie di intersezioni presenti in ambito suburbano, ha voluto mettere in evidenza come le rotatorie inducano ad un guadagno acustico, rispetto agli incroci a raso canonici, compreso tra 3 e 4 dB.”*

**Tali valori appaiono dunque congruenti con i risultati ottenuti nel monitoraggio acustici realizzati lungo la SR 56 “di Gorizia”**

## 6. VIBRAZIONI

Il Piano di Monitoraggio prevedeva quale sito di riferimento per le analisi vibrazionale l'intersezione di Manzano dove tuttavia le modifiche progettuali apportate in corso d'opera, con l'esclusione delle operazioni di infissione palancole, avevano fatto venire meno i requisiti originali che avevano portato a questa selezione.

Sulla base dunque di una precisa richiesta della Direzione Lavori del cantiere Lovaria-Pradamano, a seguito di una segnalazione di un privato cittadino, e previa comunicazione all'ARPA FVG si è ritenuto di effettuare lo spostamento del monitoraggio nella suddetta rotatoria.

In data 07/11/2012 lo Studio Rigo-Perricone di Cividale del Friuli ha eseguito un'indagine geofisica finalizzata all'analisi delle vibrazioni indotte da rullo vibrante, nell'ambito dei *lavori per la realizzazione della intersezione a rotatoria al km 8+500 in Comune di Pradamano.*

L'analisi vibrazionale è stata condotta posizionando il tromometro all'interno dell'area di cantiere, in corrispondenza dell'angolo di sud-ovest; il tromometro è stato accoppiato al terreno naturale “in posto” per meglio simulare l'effetto delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni sugli edifici residenziali siti in prossimità del cantiere stesso. In particolare, i dati sono stati acquisiti durante le fasi di operatività del rullo vibrante (condizioni statiche e dinamiche, modello CAT CS76 XT da 20 ton) utilizzato per la compattazione superficiale dei terreni granulari.

I valori delle velocità di vibrazione registrati, espressi in mm/s, sono stati comparati con quelli previsti dalle norme DIN 4150.



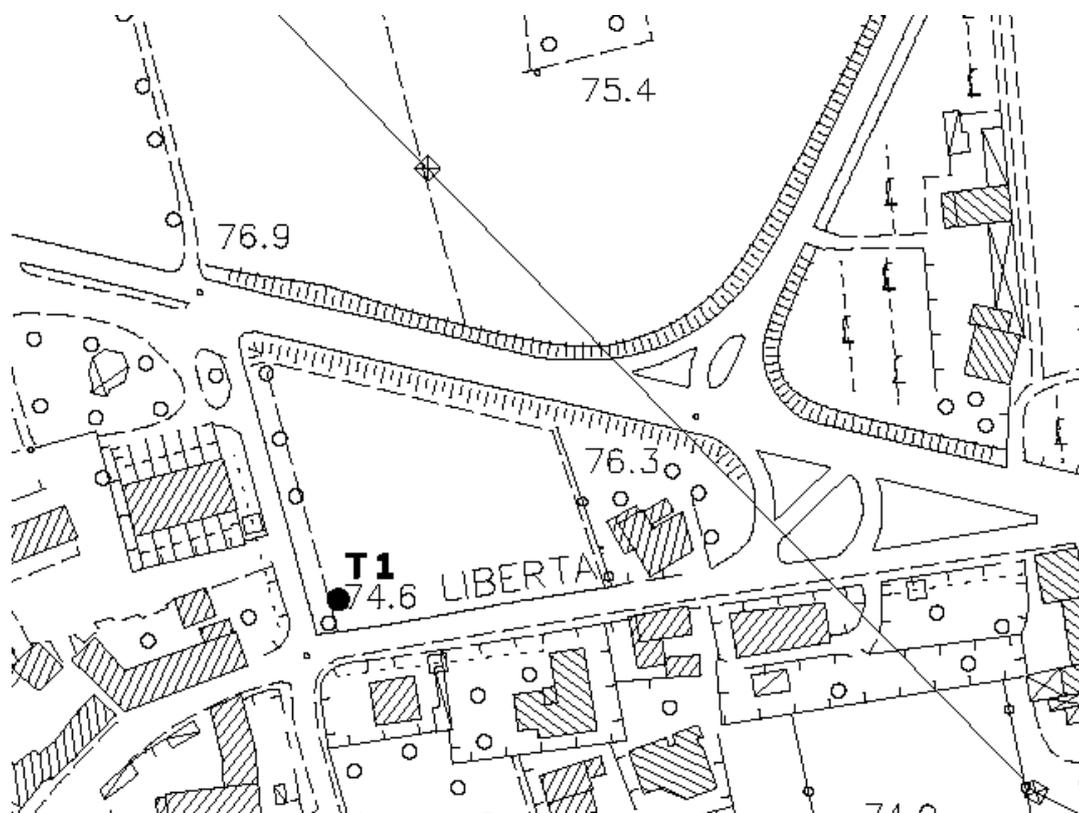
STUDIO TECNICO **CAPRONI**

Via Piazza D'Armi 64 – 33100 Udine  
Tel./Fax 0432/282782

Piano di monitoraggio  
e gestione emergenze

**S.R. 56 "Di Gorizia"**  
**Realizzazione di intersezioni a rotatoria**

doc. SPA\_01  
Rev.0-  
Pagina 47 di 50



***Planimetria generale con ubicazione stazione di monitoraggio***



***Operazioni di lavorazione con rullo vibrante durante la fase di registrazione***



La registrazione è stata ottenuta tramite tromometro digitale della ditta “Micromed srl”, rispondente ai seguenti parametri di acquisizione:

- Tempo di registrazione (s): ~ 600
- Tipologia di misura: velocità, espressa in *mm/s*
- Frequenza di campionamento (Hz): 512
- Intervallo di frequenza in registrazione (Hz): 0-256
- Guadagno: alto (+/- 1,2 *mm/s*) e basso (+/- 46,8 *mm/s*)
- Orientazione dei velocimetri: Nord-Sud (NS), Est-Ovest (EW), Verticale (Z)

## 6.1. RISULTATI DELLE MISURE

Per i risultati delle analisi delle vibrazioni ci si è basati sulle direttive contenute nelle norme DIN 4150, associando le strutture prossime all'area del cantiere alla categoria 2 “Edifici residenziali e simili” secondo le indicazioni della suddetta norma

Categoria	Tipi di strutture	Velocità di vibrazione in <i>mm/s</i> *			
		Misura alla fondazione			Misura al pavimento ultimo piano
		Campi di frequenza (Hz)			Frequenze diverse
		<10	10-50	50-100**	
1	Edifici utilizzati per scopi commerciali ed edifici industriali e simili	20	20-40	40-50	40
2	Edifici residenziali e simili	5	5-15	15-20	15
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3-8	8-10	8

\* Si intende la massima delle tre componenti della velocità nel punto di misura.  
\*\* Per frequenze maggiori di 100 Hz possono applicarsi i valori riportati in questa colonna.

### **Valori indicativi relativi alla velocità per valutare l'effetto delle vibrazioni di breve durata sugli edifici**

Durante la registrazione le lavorazioni di cantiere sono state eseguite con rullo vibrante modello CAT CS76 XT; l'effetto compattante si è ottenuto attraverso distinte azioni della macchina operatrice:

1. *azione statica*: la compattazione viene esercitata attraverso la pressione verticale statica grazie al peso proprio del mezzo;
2. *azione dinamica (o vibrante)*: coppie di masse eccentriche posizionate all'interno del rullo con velocità angolare uguale, ma con verso opposto, producono un moto sinusoidale del rullo che mette in vibrazione il terreno. Il modello in esame produce



due diverse ampiezze di vibrazione (definite nel seguito come *bassa azione dinamica* e *alta azione dinamica*).

Nella tabella che segue vengono indicati:

- i valori di picco delle velocità di vibrazione registrate, secondo le tre componenti del moto (Nord-Sud NS, Est-Ovest EW, Verticale Z) e in funzione del guadagno (alto e basso);
- le relative frequenze di vibrazione;
- eventuali valori fuori dal campo di ammissibilità della norma citata, in funzione della frequenza;
- l'intervallo di velocità limite indicato dalle norme DIN 4150, in funzione della categoria di edificio e della frequenza di vibrazione;
- l'ammissibilità o meno della velocità di vibrazione registrata rispetto ai termini posti dalle norme DIN 4150.

I grafici che seguono presentano l'andamento delle velocità vibrazionali in funzione del tempo di registrazione (~ 600 secondi), per tre componenti del moto e per i due livelli di guadagno. Per l'estrazione dei dati si è posta una soglia limite per valori di velocità inferiori a 0,5 mm/s.

Analisi vibrazionale (*distanza dalla sorgente non inferiore a 15 m*)

Guadagno	Componente	Velocità (mm/s)	Frequenza (Hz)	Limite velocità (mm/s) ammesso da DIN 4150	Velocità registrata ammissibile
Alto	NS	5,28761	24,5	15	si
	EW	6,8515	19	15	si
	EW	6,53142	1,5	5	no
	Z	5,25004	19,5	15	si
Basso	NS	6,13652	18	15	si
	EW	4,76354	20	15	si
	Z	5,61118	19,5	15	si

***Velocità di picco registrate e velocità non ammissibili e relative frequenze per ciascuna componente del moto***

	<p>STUDIO TECNICO <b>CAPRONI</b></p> <p>Via Piazza D'Armi 64 – 33100 Udine Tel./Fax 0432/282782</p>	<p>Piano di monitoraggio e gestione emergenze</p> <p><b>S.R. 56 “Di Gorizia”</b> <b>Realizzazione di intersezioni a rotatoria</b></p>	<p>doc. SPA_01 Rev.0- Pagina 50 di 50</p>
--	---	---	---

## 6.2. Conclusioni monitoraggio vibrazioni

Secondo le conclusioni della relazione tecnica redatta dallo Studio Rigo-Perricone tranne che per un'unica epoca tutti i valori di velocità sono risultati inferiori a quelli riportati nelle norme DIN 4150, in riferimento alla categoria 2 “Edifici residenziali e simili”.

Nel documento redatto si aggiunge inoltre che :*”Sebbene si sia riscontrato un unico evento impulsivo di superamento dei limiti, imputabile alla fase di innesto e partenza dell'azione dinamica del rullo vibrante, si consiglia, durante le operazioni di lavorazione, di procedere all'inizio dell'azione dinamica (bassa e alta) nelle aree del cantiere più distanti dalle abitazioni circostanti e comunque ad una distanza non inferiore a 40 m. Laddove non si possa fare altrimenti, si consiglia di limitare l'utilizzo del rullo vibrante alle operazioni meccaniche di bassa azione dinamica.”*

A tal fine la Direzione Lavori ha provveduto a raccomandare alla ditte operatrici l'osservanza delle indicazioni fornite dal monitoraggio, risolvendo in tal modo il problema delle significative vibrazioni indotte dall'azione dei rulli compressori in un'abitazione prossima all'area cantiere.

Udine 18 ottobre 2013

Il coordinatore  
dott. Francesco CAPRONI