

## **GRUPPO DI LAVORO**

### **Responsabile progettazione SIA**

Arch. Fatima Alagna  
Ordine Architetti Pianificatori e Paesaggisti  
della Provincia di Modena, n.40

### **Coordinamento generale SIA**

Ing. Claudia Aguzzoli  
Ordine Ingegneri della Provincia di  
Reggio Emilia, n. 1168  
Dott. Renzo Pavignani  
Ordine Architetti Pianificatori e Paesaggisti  
della Provincia di Modena, n.614

### **Programmazione e Pianificazione urbanistica**

Dott. Renzo Pavignani  
Ordine Architetti Pianificatori e Paesaggisti  
della Provincia di Modena, n.614

### **Studio trasportistico**

Ing. Franco Righetti  
Ordine Ingegneri della Provincia di  
Bologna, n. 4773

### **Analisi Costi e benefici**

Ing. Fabio Serrau  
Ordine Ingegneri della Provincia di  
Bologna, n.6007

### **Cantierizzazione**

Ing. Stefano Tronconi  
Ordine Ingegneri della Provincia di  
Bologna, n.5833

### **Componente Atmosfera**

Dott.ssa Alessandra Ronchi  
Albo Professionale dei Chimici della Provincia di Bologna, n° 1375

### **Componente Ambiente Idrico, Componente suolo e sottosuolo**

Dott. Andrea Rondinara  
Albo Professionale dei Geologi della Regione Lazio, n° 921  
Dott. ssa Alessia Bravo

### **Componente Vegetazione, Flora e Fauna e Componente Ecosistemi**

Dott.ssa Elisa Gerundino  
Albo Professionale dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali delle Provincie di Pisa, Lucca e Massa  
Carrara, n° 584

### **Componente rumore**

Ing. Micheladolfo Bianchi  
Albo degli Ingegneri della Provincia di Roma, n° 21311, Albo ASSOACUSTICI, n° 92  
1° Elenco dei Tecnici Acustici Abilitati della Regione Lazio, n° 13.  
Ing. Vincenzo Navigari

### **Componente paesaggio**

Arch. Silvana Ares

### **Studio archeologico**

Dott.ssa Barbara Ciarrocchi  
laureata in Lettere con successiva Scuola di Specializzazione in Archeologia

### **Rilievi ambientali**

Ing. Vincenzo Navigari  
Dott. Andrea Del Cimmuto  
Dott.ssa Tiziana Pacione

### **Elaborazione grafica**

Arch. Donata Bori, Geom. Massimiliano Losacco, Geom. Simone Ghenga  
Arch. Silvana Ares

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
 Progetto Preliminare  
 Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

INDICE			
		4.5	Effetti in fase di costruzione 49
		4.6	Effetti in fase di esercizio 51
		4.7	Interventi di mitigazione 51
1	PREMESSA	V	
2	CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE INTERESSATO DALL'INTERVENTO	6	5 AMBIENTE IDRICO 52
2.1	Caratteristiche geografiche	6	5.1 Area di studio e ricettori interessati 52
2.2	Caratteristiche ambientali d'insieme	6	5.2 Riferimenti normativi 52
2.3	Aree d'influenza degli impatti	7	5.3 Caratterizzazione dello stato di fatto 53
3	ATMOSFERA	8	5.4 Aree sensibili 56
3.1	Gli inquinanti	8	5.5 Effetti previsti in fase di costruzione 57
3.2	La normativa	15	5.6 Effetti previsti in fase di esercizio 58
3.3	Caratterizzazione meteorologica dell'area di interesse	20	5.7 Interventi di mitigazione 58
3.4	Caratterizzazione e quantificazione delle sorgenti inquinanti	22	6 VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA 59
3.5	Scelta del modello di diffusione atmosferica degli inquinanti	30	6.1 Vegetazione - Caratterizzazione dello stato di fatto 59
3.6	Effetti in fase di costruzione	34	6.2 Fauna - Caratterizzazione dello stato di fatto 65
4	SUOLO E SOTTOSUOLO	37	6.3 Aree sensibili 69
4.1	Area di studio e ricettori interessati	37	6.4 Effetti in fase di costruzione 69
4.2	Riferimenti normativi	37	6.5 Mitigazioni 76
4.3	Caratterizzazione dello stato di fatto	38	6.6 Effetti in fase di esercizio 76
4.4	Aree sensibili	47	6.7 Mitigazioni 86

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
 Progetto Preliminare  
 Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

<b>7 ECOSISTEMI</b>	<b>87</b>	<b>9.7 Effetti in fase di esercizio</b>	<b>145</b>
7.1 Caratterizzazione dello stato di fatto	87	<b>10. VIBRAZIONI</b>	<b>147</b>
7.2 Aree sensibili	91	10.1 Area di studio e ricettori interessati	147
7.3 Effetti in fase di costruzione	94	10.2 Normativa di riferimento	147
7.4 Mitigazioni	95	10.3 Caratterizzazione dello stato di fatto	157
7.5 Effetti in fase di esercizio	95	10.4 Aree sensibili	159
7.6 Mitigazioni	96	10.5 Effetti previsti in fase di costruzione	159
<b>8. VALUTAZIONE DI INCIDENZA AMBIENTALE DEL PSIC RIO S. CROCE (IT6040024)</b>	<b>97</b>	10.6 Effetti previsti in fase di esercizio	<b>160</b>
8.1 Premessa	97	<b>11. SALUTE PUBBLICA</b>	<b>161</b>
8.2 Caratteristiche del sito	97	11.1 Area di studio e ricettori interessati	161
8.3 Tipi di habitat presenti nel sito	98	11.2 Stato attuale	161
8.4 Applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale I.F.F.	98	11.3 Aree sensibili	162
<b>9. RUMORE</b>	<b>110</b>	11.4 Effetti previsti in fase di costruzione	162
9.1 Normativa di riferimento	111	11.5 Effetti previsti in fase di esercizio	162
9.2 Misura dell'impatto acustico	124	<b>12. PAESAGGIO</b>	<b>164</b>
9.3 Definizione dei ricettori acustici	130	12.1 Area di studio e ricettori interessati	164
9.4 Caratterizzazione acustica ante - operam	133	12.2 Stato attuale	164
9.5 Il Modello di simulazione Soundplan	137	12.3 Aree sensibili	169
9.6 Effetti in fase di costruzione	140	12.4 Effetti previsti in fase di costruzione	170

12.5	Effetti previsti in fase di esercizio	171
13.	<b>SINTESI DELLE INTERFERENZE OPERA/AMBIENTE E STIMA DEGLI IMPATTI</b>	<b>172</b>
13.1	Atmosfera	172
13.2	Suolo e sottosuolo	173
13.3	Ambiente idrico	174
13.4	Vegetazione e fauna	175
13.5	Rumore e vibrazioni	178
13.6	Salute pubblica	179
13.7	Aspetti percettivi, paesaggio, sistema antropico	180
13.8	Matrici impatti potenziali /azioni	183
14.	<b>ALLEGATI GRAFICI</b>	<b>189</b>

## 1 PREMESSA

Il Quadro di riferimento Ambientale contiene l'analisi dei sistemi ambientali interessati dal progetto, sia direttamente sia indirettamente, rispetto ai quali è da presumere possano manifestarsi effetti significativi.

L'individuazione del contesto ambientale oggetto delle analisi di dettaglio (l'area nella quale si trovano i recettori sensibili), potenzialmente interessato da interferenze significative, avviene all'inizio attraverso la definizione di fasce di territorio circostanti l'opera in progetto, aventi un'ampiezza pari ad 1,0 Km dall'infrastruttura stradale.

In merito all'individuazione delle componenti e dei fattori ambientali e alle relative analisi si fa riferimento agli allegati I e II del DPCM 27/12/1988.

Il Quadro di riferimento ambientale è costituito da una serie di monografie relative alle singole componenti e fattori ambientali:

- atmosfera: qualità dell'aria e caratterizzazione meteorologica;
- ambiente idrico: acque sotterranee e superficiali;
- suolo e sottosuolo: geologia, geomorfologia;
- vegetazione, flora, fauna: qualità delle formazioni vegetali e associazioni animali, equilibri naturali;
- ecosistemi: caratterizzazione, funzionamento e qualità del sistema ambientale nelle sue unità ecosistemiche;
- rumore e vibrazioni: caratterizzazione della situazione attuale;
- campi elettromagnetici
- paesaggio: aspetti storico-testimoniali e culturali; condizioni naturali ed antropiche che hanno determinato l'evoluzione del paesaggio; aspetti insediativi e socioeconomici.

Ciascuna Monografia si articola secondo il seguente percorso logico:

- 1) Analisi mirate ad esplicitare i caratteri attuali del contesto ambientale potenzialmente interessato dall'intervento, con il ricorso anche a cartografie tematiche riferite alle singole componenti naturali biotiche ed abiotiche, alle componenti antropiche, agli aspetti paesaggistici;
- 2) Valutazione della qualità attuale delle componenti ambientali considerate;
- 3) Individuazione e stima degli impatti

- 4) Esplicitazione sintetica delle possibili misure di mitigazione che sono trattate in modo approfondito nel Quadro di Riferimento Progettuale.

Il progetto viene considerato secondo i cinque tratti omogenei identificati all'interno del Quadro Progettuale in relazione alla tipologia delle opere previste cui fanno riscontro altrettante specifiche situazioni del contesto ambientale.

Tutte le rilevazioni ambientali sono state eseguite utilizzando come base cartografica la cartografia in scala 1:5.000 del Comune di Formia: per alcuni tematismi è stata mantenuta la scala originale (1:5.000) per altri invece si è preferito riportare le informazioni sulla stessa cartografia in scala ridotta (1:10.000).

Inoltre per alcune componenti ambientali si è fatto ricorso alla fotointerpretezione attraverso la consultazione delle foto aeree del volo Italia 2000 i dati derivanti da tali fotointerpretazioni sono stati successivamente verificati attraverso mirati sopralluoghi in campo che hanno permesso di controllare ed approfondire quanto rilevato.

Sulla base degli elementi analizzati nelle diverse monografie tematiche di componente e degli incontri in forma seminariale del gruppo di lavoro (Specialisti ambientali e Progettisti) vengono valutati in modo integrato gli impatti al fine di pervenire ad una valutazione complessiva degli impatti settoriali e delle mitigazioni da inserire nel progetto.

L'esito di questo lavoro è contenuto nell'ultimo capitolo della presente relazione e trova una sua rappresentazione sintetica nelle matrici di valutazione degli impatti e nelle matrici delle mitigazioni.

## 2 Caratteristiche dell'ambiente interessato dall'intervento

### 2.1 Caratteristiche geografiche

L'area di inserimento della nuova variante della SS7 Appia è collocata in corrispondenza della zona di raccordo tra la fascia costiera di Formia ed i retrostanti rilievi calcarei.

Geograficamente il corridoio di inserimento progettuale inizia nell'ambito della depressione valliva che separa i rilievi di Monte Lauro (a sud) e Costamezza (a nord), al confine tra i Comuni di Itri, Formia e Gaeta, per poi svilupparsi nell'ambito dei rilievi di Costamezza, appunto, Monte Santa Maria e Monte di Mola, caratterizzati rispettivamente da altezze di 400, 578 e 487 m s.l.m.. Ad ovest dell'ultimo rilievo la nuova arteria stradale entra nel sistema vallivo articolato tra le incisioni estreme di F.so Bonaluto (ad ovest) ed Acqualonga (ad est), per poi andare a ricongiungersi planimetricamente con l'attuale tracciato della variante della SS7 Appia.

Nel complesso, questo settore territoriale appare caratterizzato dalla presenza di appezzamenti agrari, soprattutto adibiti ad uliveti, intercalati ed interconnessi in maniera diffusa ed abbastanza omogenea ad un tessuto urbanistico costituito da edifici isolati o raggruppati in piccoli nuclei abitativi.

A valle di questa fascia, verso la linea di costa, la tipologia insediativa prevalente diventa quella dell'urbanizzato intensivo, mentre più all'interno il territorio a forte connotazione agraria lascia il posto a paesaggi dominati da coperture vegetali naturali, soprattutto a spiccata componente orizzontale, quale risultano essere quelli caratterizzati dalla presenza di gariga e pseudosteppa mediterranea.

### 2.2 Caratteristiche ambientali d'insieme

L'area interessata dalle opere in progetto non risulta caratterizzata da valenze ambientali particolarmente elevate. Questa situazione è sicuramente dovuta al notevole grado di antropizzazione del territorio che, come già accennato, è diffusamente interessato da coltivazioni agrarie e da insediamenti antropici a carattere non intensivo.

Nell'ambito del sistema antropico, prevalente sugli altri, i ricettori maggiormente significativi risultano coincidere con gli edifici, residenziali e non, posti lungo il corridoio di inserimento progettuale. Si tratta di edifici prevalentemente strutturati su uno o due piani, di età variabile, ma mai dotati di intrinseche rilevanze architettonico-testimoniali.

Anche le opere infrastrutturali presenti sul territorio, ad eccezione della SS7 Appia e della linea ferroviaria Roma-Napoli, risultano di recente realizzazione e privi di particolari valori testimoniali.

Per quanto riguarda il sistema naturale, questo risulta assai più marginale rispetto al precedente. All'interno di un territorio sostanzialmente privo di comunità vegetazionali significative (ad eccezione della sughereta di Costamezza presente marginalmente in corrispondenza del tratto iniziale della variante stradale), caratterizzato da corsi d'acqua di limitata estensione longitudinale ed a spiccato comportamento stagionale, non è infatti possibile individuare unità ecosistemiche di particolare pregio naturalistico, essendo tutto mascherato dalla preponderante valenza agraria. Solo in corrispondenza dei fianchi dei rilievi calcarei la naturalità del territorio riesce a prendere il sopravvento, anche se le condizioni litologiche e climatiche, oltre ad un'avvenuto eccessivo sfruttamento silvo-pastorale, hanno consentito l'instaurarsi, o meglio il mantenersi prevalentemente di gariga e pseudosteppa mediterranea che solo a luoghi lasciano il passo a formazioni boschive a prevalenza di roverelle o sughere (sul versante settentrionale del rilievo di Costamezza). In un unico caso, sul fianco meridionale di Costamezza, infine, è presente una pineta chiaramente reimpiantata.

Anche dal punto di vista del sistema fisico non sono individuabili motivi di particolare interesse. La ripartizione del substrato litologico in un dominio litoide (prima metà del tracciato) ed in altro granulare (metà orientale del tracciato) avviene senza che si individuino particolari elementi di interesse idrogeologico ad eccezione della presenza di una falda acquifera molto estesa all'interno dei rilievi carbonatici che drena verso la Sorgente Mazzoccolo.

Relativamente agli aspetti geologici gli elementi maggiormente significativi lungo il tracciato sono rappresentati dalle famiglie di faglie che dislocano gli affioramenti calcarei e che vanno a costituire specificità in grado di condizionare le modalità di perforazione della galleria naturale ed i relativi tempi di esecuzione, dalle forme carsiche in grado di

favorire il recapito di inquinanti verso la falda sotterranea che alimenta la Sorgente Mazzoccolo.

### 2.3 Aree d'influenza degli impatti

Le aree di risentimento degli impatti indotti dalle diverse azioni di progetto sui ricettori ambientali risultano avere ampiezze ed estensioni direttamente dipendenti dalle peculiarità dei singoli ricettori in relazione agli effetti puntualmente inducibili dalle stesse azioni di progetto.

Ferma restando questa impostazione puntuale del problema è comunque possibile suddividere gli effetti attesi in tre classi caratterizzate da aree di influenza lineari, areali o diffuse.

Alla classe degli effetti a spiccata connotazione lineare appartengono tutti quegli impatti caratterizzati da limitatezza delle capacità di propagazione laterale e che pertanto si conformano come un involuppo delle aree di risentimento a carattere fortemente unidirezionale in direzione parallela rispetto all'opera in progetto.

Appartengono a questa classe gli impatti acustico-vibrazionali (afferenti ai ricettori all'interno di fasce territoriali allineate con l'infrastruttura e non estese più di alcune decine - vibrazioni - o poche centinaia - rumore - di metri dal margine dell'opera in esercizio), quelli connessi con l'interferenza fisica con la vegetazione (le cui aree di influenza coincidono con le aree di cantiere lungo il tracciato stesso) o l'alterazione delle caratteristiche dei terreni (direttamente, o quasi, coincidenti con la sezione stradale in costruzione).

Alla classe degli effetti a valenza areale appartengono invece quegli impatti le cui ricadute vanno ad influenzare un'area ad ampiezza variabile rispetto al margine rappresentato dal ciglio stradale. Tali aree, inoltre, possono svilupparsi su uno o entrambi i lati del corridoio di inserimento progettuale.

Appartengono a questa classe di effetti tutti quegli impatti tipicamente valutabili alla scala di "bacino" (alterazioni chimico-fisiche nei bacini idrici ed idrogeologici, quindi, ma anche intrusioni visive all'interno dei bacini visuali ed alterazione delle caratteristiche delle unità paesaggistiche all'interno dei relativi sistemi di relazione territoriale) ed anche quelli per i quali il complicato sistema di interrelazioni non può che esplicarsi nell'ambito di aree che

dalla nuova infrastruttura vengono attraversate (si pensi alle unità ecosistemiche o alle aree di influenza dei processi morfogenetici).

All'ultima classe di effetti, quelli a valenza diffusa, appartengono infine quegli effetti le cui ricadute interessano un'area largamente eccedente rispetto all'intorno del corridoio infrastrutturale, ma i cui limiti non risultano definibili in maniera univoca.

Tipici esempi di questa natura possono essere considerati tutti quegli effetti indotti dalla costruzione della nuova strada sull'assetto socioeconomico del territorio interessato o sulle condizioni generali di salute pubblica delle popolazioni che su di esso risiedono. E' infatti evidente come in entrambi i casi risulti difficile, per non dire impossibile, procedere ad una rigida perimetrazione delle relative aree di risentimento.

Sulla planimetria degli impatti prodotta nell'ambito del presente Studio le singole aree di influenza per gli effetti progettualmente più significativi risultano puntualmente definite e perimetrate in quanto questo è un passaggio necessario per una successiva corretta ed esaustiva definizione dei relativi interventi di mitigazione.

### 3 Atmosfera

Lo studio, realizzato tramite l'uso di idoneo software previsionale, ha permesso di stimare, con il grado di approssimazione consentito dal modello, le concentrazioni degli inquinanti presso i ricettori e di realizzare carte tematiche di concentrazione degli inquinanti emessi dai veicoli transitanti sulla variante della S.S. n. 7 Appia, oggetto dello studio.

Lo studio si articola in:

- definizione dello stato dei luoghi attraverso sopralluoghi lungo le aste viarie per la caratterizzazione dei ricettori con individuazione di quelli sensibili;
- assunzione dei flussi di traffico futuri
- valutazione del contributo alla qualità dell'aria dovuto al traffico veicolare mediante l'utilizzo di un modello di simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera (MISKAM).

Di seguito viene fornito un maggiore dettaglio dei suddetti passi operativi.

#### *Definizione dello stato dei luoghi*

Sono state effettuate delle indagini dirette per la conoscenza dei luoghi, sia sotto il profilo morfologico e urbanistico, sia sotto il profilo della caratterizzazione delle sorgenti di inquinanti atmosferici.

Si è poi proceduto all'individuazione dei ricettori sensibili con l'ausilio di sopralluoghi, nel corso dei quali sono stati caratterizzati tutti gli edifici prossimi alla viabilità in progetto.

#### *Individuazione dei flussi di traffico da assumere a base delle simulazioni atmosferiche*

I dati derivano dallo studio trasportistico e possono essere riassunti come di seguito descritto.

I dati di traffico utilizzati per le simulazioni derivano dallo studio trasportistico riportato all'interno del Quadro di Riferimento Progettuale. I dati utilizzati nelle simulazioni sono quelli riferiti a 10 anni dall'entrata in funzione del nuovo tracciato stradale e fanno quindi riferimento al 2020. I dati possono essere riassunti come di seguito descritto.

<b>TGM veicoli leggeri =</b>	<b>23.862 (bidirezionali medi)</b>
<b>TGM veicoli pesanti =</b>	<b>5.634 (19,10% dei totali - bidirezionali medi)</b>
<b>TGM veicoli totali effettivi =</b>	<b>29.496 (bidirezionali medi)</b>
<b>TGM equivalenti =</b>	<b>35129 veicoli equivalenti (bidirezionali medi)</b>

Il traffico notturno (tra le 22 e le 6) è stimabile in un 10% rispetto al diurno con una percentuale di traffico pesante pari al 40% del totale.

#### *Stima dei coefficienti di emissione da utilizzare come dati di input per il modello*

Per il calcolo dei fattori di emissioni necessari al modello si è fatto riferimento alla versione più aggiornata del programma di calcolo COPERT II (1997).

#### *Simulazioni della qualità dell'aria*

Per stimare le concentrazioni degli inquinanti generate dai flussi di traffico transitanti sulla nuova SS 7 Appia, sono state effettuate delle simulazioni.

Il software scelto per questo tipo di simulazione è il MISKAM che permette una visione della simulazione caratterizzata da una scala cromatica associata alle concentrazioni dei vari inquinanti modellizzati.

Il modello richiede i seguenti dati di input:

- parametri atmosferici
- coefficienti di emissione per ogni asta viaria interessata dai transiti dei mezzi di cantiere.

### 3.1 Gli inquinanti

Al fine di caratterizzare l'impatto sulla qualità dell'aria delle attività oggetto di studio è necessario preliminarmente individuare e caratterizzare le sorgenti di inquinanti.

### 3.1.1 Gli ossidi di azoto

Per ossidi di azoto si intende generalmente l'insieme di ossido e biossido di azoto anche se in realtà costituiscono una miscela più complessa come viene riepilogato in tabella 10.1.1.

**Costituenti gli ossidi di azoto**

Composto	Formula
Ossido di diazoto	N <sub>2</sub> O
Ossido di azoto	NO
Triossido di diazoto (Anidride nitrosa)	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Biossido di azoto	NO <sub>2</sub>
Tetrossido di diazoto	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Pentossido di diazoto (Anidride nitrica)	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

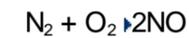
Il monossido di azoto si forma in qualsiasi combustione ad elevata temperatura, insieme ad una piccola percentuale di biossido (circa il 5 % del totale). Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse da processi di combustione civili ed industriali e dai trasporti autoveicolari (l'ossido rappresenta il 95 % del totale) anche se ne esiste una quantità di origine naturale (fulmini, incendi, eruzioni vulcaniche ed azione di alcuni batteri presenti nel suolo come i Nitrosomonas ed i Nitrobacter).

A temperatura ambiente il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore mentre il biossido di azoto è rossastro e di odore forte e pungente.

Il biossido di azoto è un inquinante secondario poiché non viene emesso direttamente dallo scarico o dai fumi industriali ma deriva generalmente dalla trasformazione in atmosfera consistente nell'ossidazione dell'ossido. Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e vengono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

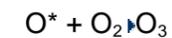
Gli ossidi di azoto si formano durante le reazioni di combustione ad elevate temperature (1200°) il monossido di azoto si produce in quantità maggiori del biossido in dipendenza della temperatura di combustione e della quantità di ossigeno libero.

Le reazioni che avvengono sono:



Il biossido di azoto, oltre che dalla seconda reazione, si forma anche dalle reazioni fotochimiche secondarie che avvengono in atmosfera.

Il biossido di azoto entra quindi in un giro di reazioni favorite dalle radiazioni ultraviolette nelle quali interviene anche l'ozono troposferico:



Tale ciclo viene alterato in presenza di idrocarburi incombusti presenti in atmosfera in quanto reagiscono con il radicale OH formando altri due radicali RO<sub>2</sub>\* e HO<sub>2</sub>\* i quali reagiscono con l'ossido di azoto convertendolo in NO<sub>2</sub>:



In tal modo l'ozono non può più reagire con l'NO (reazione 1) e quindi si accumula negli strati bassi dell'atmosfera. I radicali RO<sub>2</sub> e HO<sub>2</sub>, inoltre, ad elevate concentrazioni di NO<sub>x</sub> reagiscono per formare i perossiacetilnitrati (tra i quali il più importante è l'acido perossiacetilnitroso o PAN) gli alchilnitrati e gli idroperossidi.

I livelli naturali di biossido di azoto oscillano tra 1 e 9 µg/m<sup>3</sup> inoltre le medie annuali nelle città europee non vanno oltre i 40 µg/m<sup>3</sup>. Nei paesi industrializzati i livelli sono compresi fra 20 e 90 µg/m<sup>3</sup>.

Il biossido di azoto è quattro volte più tossico del monossido; a concentrazioni di circa 13 ppm (circa 4,4 mg/m<sup>3</sup>) esso procura irritazione alle mucose degli occhi e del naso mentre l'NO può portare alla paralisi del sistema nervoso centrale delle cavie sottoposte per 12 minuti a circa 2500 ppm (circa 3075 mg/m<sup>3</sup>).

Il livello più basso al quale è stato osservato un effetto sulla funzione polmonare nell'uomo dovuto all'esposizione al biossido di azoto, dopo una esposizione di 30 minuti, è pari a  $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; per questo l'Organizzazione Mondiale per la Sanità raccomanda per l' $\text{NO}_2$  un limite guida di 1 ora pari a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ed un limite per la media annua pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Oltre agli effetti dannosi sulla salute dell'uomo, gli ossidi di azoto producono danni alle piante, riducendo la loro crescita, e ai beni materiali: corrosione dei metalli e scolorimento dei tessuti.

Sulle piante, l'esposizione al biossido di azoto induce la comparsa di macchie sulle foglie mentre il monossido rallenta il processo di fotosintesi.

Entrambi inoltre contribuiscono alla acidificazione delle precipitazioni con conseguente deterioramento degli edifici e delle opere d'arte.

### 3.1.2 Il Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore ed inodore emesso da fonti naturali ed antropiche (tra queste il 90 % deriva dagli scarichi automobilistici).

Una quota considerevole di CO deriva dall'ossidazione atmosferica di metano e di altri idrocarburi normalmente emessi nell'atmosfera, da emissioni da oceani e paludi, da incendi forestali, da acqua piovana e da tempeste elettriche.

L'origine antropica di tale inquinante, come detto, avviene principalmente tramite la combustione incompleta dei carburanti usati negli autoveicoli. In tal caso le emissioni di CO sono maggiori in un veicolo con motore al minimo o in fase di decelerazione, diminuiscono alla velocità media di 60-110 Km/h per poi aumentare nuovamente alle alte velocità.

La concentrazione media di CO nell'atmosfera oscilla tra 0.06 e 0.4 ppm nell'emisfero nordico, mentre nelle città italiane la concentrazione di CO è dell'ordine di 1 - 4 ppm come media annuale.

L'alto tempo medio di residenza del CO in atmosfera (circa quattro mesi), presuppone il suo utilizzo come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

Il monossido di carbonio viene assorbito rapidamente negli alveoli polmonari. Nel sangue compete con l'ossigeno nel legarsi all'atomo bivalente del ferro dell'emoglobina, formando carbossiemoglobina.

Tra le sorgenti antropiche un ruolo importante spetta anche al fumo di tabacco: il suo contenuto di CO può arrivare a 700-800 ppm e il livello di carbossiemoglobina (composto formato dall'unione del CO con l'emoglobina del sangue) in un fumatore raggiunge il 7% contro lo 0,5% di un non fumatore che vive in un'aria pulita.

Il monossido di carbonio va considerato inquinante primario a causa della sua lunga permanenza in atmosfera, che può raggiungere i sei mesi. Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili mentre quelli sull'uomo sono estremamente pericolosi.

La concentrazione di monossido di carbonio nelle città, a causa del traffico, è ben superiore a 0,1 ppm che costituisce il valore normale di un'aria non inquinata, e non sono rare medie di 30-40 ppm nei centri cittadini, raggiungendo, per qualche secondo, valori di 150-200 ppm in zone dove barriere architettoniche (sottopassi o gallerie) impediscono la libera circolazione dell'aria.

### 3.1.3 Il Monossido di carbonio

Gli idrocarburi sono composti organici a base di carbonio ed idrogeno di natura alifatica (catena lineare o ramificata tra i quali il capostipite è il metano) o aromatica (catene cicliche tra i quali il capostipite è il benzene).

Tra questi rivestono importanza i VOC (Composti organici volatili) cioè un insieme di composti di natura organica caratterizzate da basse pressioni di vapore a temperatura ambiente, che si trovano quindi in atmosfera principalmente in fase gassosa.

Il numero dei composti organici volatili osservati in atmosfera, sia in aree urbane sia remote, è estremamente alto e comprende oltre agli idrocarburi volatili semplici anche specie ossigenate quali chetoni, aldeidi, alcoli, acidi ed esteri.

Le emissioni naturali dei VOC provengono dalla vegetazione e dalla degradazione del materiale organico; le emissioni antropiche, invece, sono principalmente dovute alla combustione incompleta degli idrocarburi ed all'evaporazione di solventi e carburanti.

Il principale ruolo atmosferico dei composti organici volatili è connesso alla formazione di inquinanti secondari. In particolare, di maggiore interesse in campo atmosferico a causa del loro importante ruolo nella formazione di specie ossidanti, è la classe degli alcheni, fra cui l'isoprene e i monoterpeni, composti particolarmente reattivi emessi naturalmente dalle piante.

I composti organici volatili rivestono un ruolo fondamentale nella formazione degli inquinanti è connesso alla formazione di inquinanti secondari. In particolare, di maggiore interesse in campo atmosferico a causa del loro importante ruolo nella formazione di specie ossidanti, è la classe degli alcheni, fra cui l'isoprene e i monoterpeni, composti particolarmente reattivi emessi naturalmente dalle piante.

I veicoli a benzina contribuiscono più degli altri alle emissioni di idrocarburi, essendo la benzina una miscela di idrocarburi semplici e molto volatili.

Negli autoveicoli le emissioni maggiori si hanno a velocità basse, mentre quelle minori a velocità comprese tra i 70 ed i 100 Km/h.

Gli idrocarburi interferiscono sui processi respiratori ed irritano gli occhi, mentre alcuni tra gli idrocarburi policiclici aromatici sono cancerogeni.

Il solo idrocarburo che eserciti un effetto dannoso sulle piante è l'etilene: esso rallenta la loro crescita interferendo con gli ormoni che ne regolano il metabolismo.

### 3.1.4 Il Benzene

Il Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) è un idrocarburo volatile aromatico di odore caratteristico che viene immesso nell'aria principalmente per effetto delle emissioni autoveicolari e per le perdite durante le fasi di rifornimento.

Le concentrazioni medie di benzene oscillano fra 5 e 573 µg/m<sup>3</sup> (WHO 1999) anche se presso le stazioni di rifornimento di carburanti si raggiungono i 10.000 µg/m<sup>3</sup> (WHO 1987).

Gli effetti a breve termine sull'uomo agiscono sul sistema nervoso mentre quelli a lungo termine producono una riduzione progressiva delle piastrine nel sangue.

Per la sua tossicità il benzene è stato inserito dalla IARC (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo I, insieme alle sostanze con un accertato potere cancerogeno sull'uomo.

### 3.1.5 Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

Gli IPA (Idrocarburi policiclici aromatici) sono composti organici costituiti da più anelli benzenici che si formano dalla combustione incompleta del carbone, olio, legno ed altri materiali organici soprattutto da fonti fisse. Nell'atmosfera sono stati identificati più di cento specie di IPA a partire dal naftalene presente in fase gassosa fino a composti con sette o più anelli, presenti adsorbiti sul particolato. Essi si formano dagli idrocarburi a catena piccola attraverso un processo chiamato pirosintesi.

In presenza di luce solare gli IPA possono produrre composti a volte più tossici di quelli originali come succede per i nitro-IPA, formatasi dalla reazione con acido nitrico oppure per gli IPA ossidati derivanti dalla reazione con l'ozono.

### 3.1.6 Il Particolato

Per particolato atmosferico si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide con diametro compreso fra 0,1 e 100 micron. Le particelle più grandi generalmente raggiungono il suolo in tempi piuttosto brevi e causano fenomeni di inquinamento su scala molto ristretta.

L'esperienza comune insegna che ciò che va in alto deve poi ricadere e ciò vale certamente anche per le particelle solide o liquide sospese nell'aria. Tuttavia l'aria esercita un effetto ritardante con una forza verso l'alto che è proporzionale alla velocità di caduta ed al raggio delle particelle. Inoltre il tempo di permanenza nell'aria dipenderà dalla natura dei venti e dalle precipitazioni. Le particelle più piccole possono rimanere nell'aria per molto tempo; alla fine gli urti casuali e la reciproca attrazione fanno ingrossare le stesse al punto da far loro raggiungere una velocità di caduta sufficiente a farle depositare al suolo. Oltre a questo meccanismo di deposizione a secco l'eliminazione dall'atmosfera avviene anche per effetto della pioggia.

Il particolato si origina generalmente sia da fonti antropiche che da fonti naturali.

Sia quelle antropiche che quelle naturali possono dar luogo a particolato primario (emesso direttamente nell'atmosfera) o secondario (formatasi in atmosfera attraverso reazioni chimiche) come viene riassunto in tabella 10.1.2 per il particolato fine ed in tabella 10.1.3 per quello grossolano.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

		di piante ed insetti	
--	--	----------------------	--

Tabella 10.1.2 - Sorgenti di Particolato Fine

Sorgenti antropiche		Sorgenti naturali	
Primario	Secondario	Primario	Secondario
Uso di combustibili fossili	Ossidazione di SO <sub>2</sub>	Spray marino	Ossidazione di SO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> S emessi da incendi e vulcani
Emissioni di autoveicoli	Ossidazione di NOx	Erosione di rocce	Ossidazione di NOx prodotto da suolo e luce
Polveri volatili	Emissione di NH <sub>3</sub> da agricoltura e allevamento	Incendi boschivi	Emissione di NH <sub>3</sub> da animali selvatici
Usura di pneumatici e freni	Ossidazione di idrocarburi emessi dagli autoveicoli		Ossidazione di idrocarburi emessi dalla vegetazione (terpeni)

Come si vede dalla tabella 10.1.3 il particolato grossolano è tutto primario.

Esistono vari modi per classificare il particolato atmosferico e tra questi i più usati sono basati su:

- Distribuzione dimensionale
- Taglio
- Dosimetria

Per caratterizzare la distribuzione dimensionale delle particelle si distinguono tre modi diversi (distribuzione trimodale): il modo più piccolo corrisponde alle particelle inferiori a 0,1 micron (modo di nucleazione) derivanti da combustioni e trasformazioni gas-particella, il modo centrale comprende particelle da 0,1 a 1 micron (modo di accumulazione) derivanti dalla coagulazione di particelle più piccole infine il modo più grande contiene le particelle con diametro aerodinamico compreso fra 2 e 100 micron (modo grossolano).

Una caratterizzazione meno rigorosa identifica la frazione fine (diametro compreso fra 1 e 3 micron) da quella grossolana.

La classificazione rispetto al taglio si basa sui sistemi di prelievo intendendo per PM<sub>x</sub> la frazione di particelle prelevata mediante un sistema di separazione inerziale la cui efficienza di campionamento, per la particelle con diametro minore di x micron, è uguale al 50 %. In tal modo si considera il PM<sub>2,5</sub> come frazione fine e l'intervallo PM<sub>10</sub> - PM<sub>2,5</sub> alla frazione grossolana.

La classificazione dosimetria si basa sulla capacità, da parte delle particelle, di penetrare nell'apparato respiratorio e suddivide il materiale particolato in frazione inalabile (entra nelle vie respiratorie), frazione toracica (raggiunge i polmoni), frazione respirabile (raggiunge gli alveoli). In tale classificazione la frazione toracica corrisponde al PM<sub>10</sub>.

Le particelle possono essere identificate da una distribuzione trimodale con un minimo compreso fra 1 e 3 micron. La frazione più grande è detta "grossolana" mentre quella più piccola viene chiamata "fine". La frazione fine deriva principalmente da processi di combustione (primario) e da prodotti di reazione dei gas (secondario) mentre quella grossolana prende origine generalmente da processi meccanici.

Tabella 10.1.3 - Sorgenti di Particolato Grossolano

Sorgenti antropiche		Sorgenti naturali	
Primario	Secondario	Primario	Secondario
Polveri volatili da agricoltura		Erosione rocce	
Spargimento di sale		Spray marino	
Usura asfalto		Frammenti	

La composizione del particolato dipende dalla tipologia dello stesso e quindi dall'area e dalla tipologia della sorgente di emissione come si può vedere nella figura 4.1.

Figura 10.1.1 - Composizione del Materiale Particolato

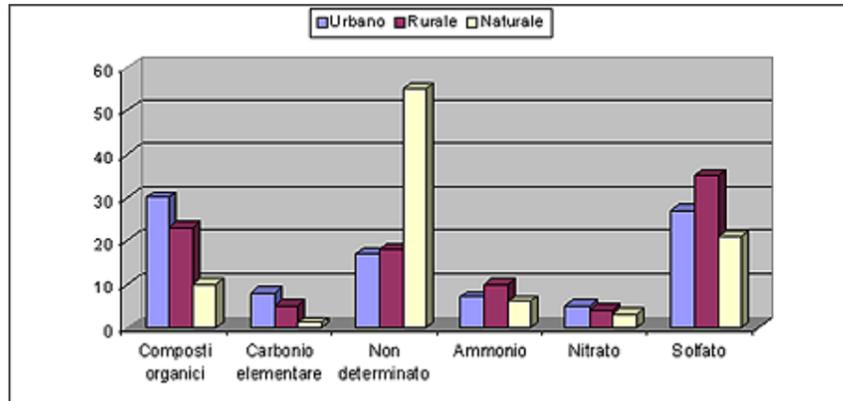
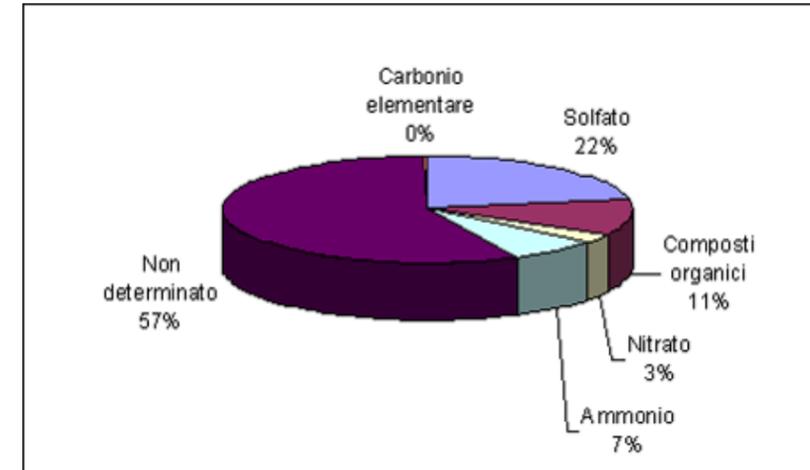


Figura 10.1.3 - Materiale particolato di origine naturale



Nei tre grafici seguenti viene evidenziata la composizione percentuale del particolato di origine urbana, naturale e rurale. L'origine urbana riguarda prevalentemente le aree marine remote.

Figura 10.1.2 - Materiale particolato di origine urbana

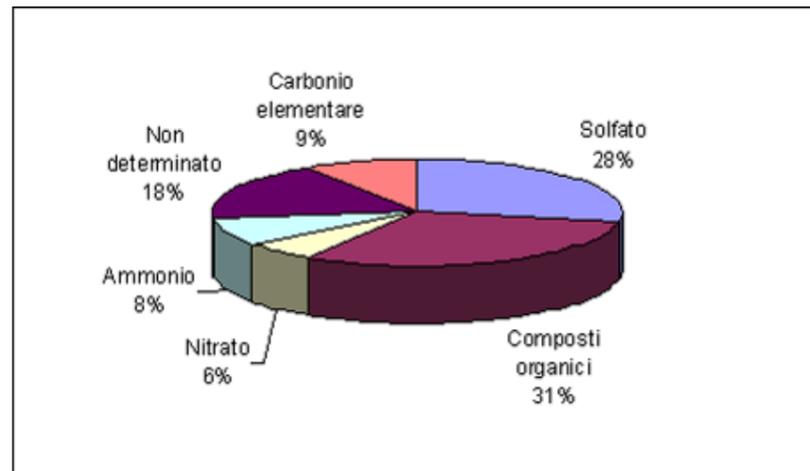
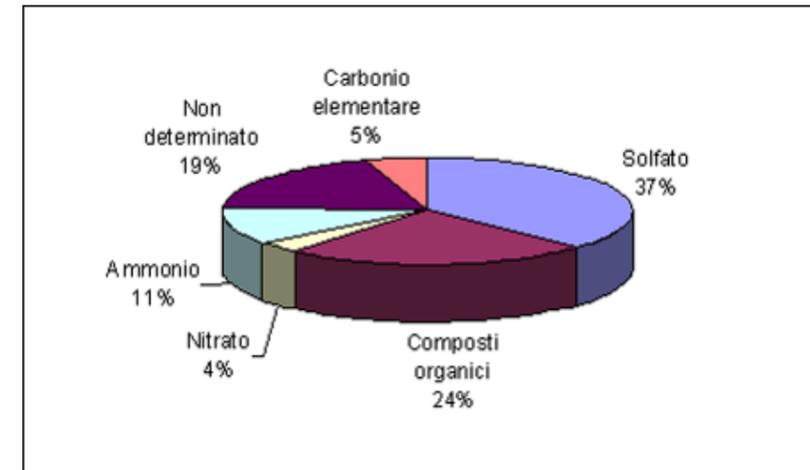


Figura 10.1.4 - Materiale particolato di origine rurale



Il particolato atmosferico può diffondere la luce del sole assorbendola e riemettendola in tutte le direzioni; il risultato è che una quantità minore di luce raggiunge la superficie della Terra. Questo fenomeno può determinare effetti locali (temporanea diminuzione della visibilità) e globali (possibili influenze sul clima).

Inoltre la presenza di particolato favorisce la formazione delle nebbie, perché le particelle forniscono alle microscopiche goccioline che formano la nebbia nuclei intorno ai quali condensarsi.

Il particolato provoca danni ai materiali, come la corrosione dei metalli, danneggiamento ai circuiti elettrici ed elettronici, sia per azione chimica che meccanica, insudiciamento di edifici e opere d'arte, ridotta durata dei tessuti.

La polvere (per esempio quella dei cementifici) può provocare sulle piante delle incrostazioni che interferiscono con il processo di fotosintesi, in quanto intercettano la radiazione solare.

Esse possono provocare aggravamenti di malattie asmatiche, aumento di tosse e persino convulsioni, oltre agli effetti tossici diretti sui bronchi e sugli alveoli polmonari.

### 3.2 La normativa

Principale riferimento per valutare la qualità dell'ambiente atmosferico sono gli standard di qualità dell'aria, che le legislazioni europea ed italiana hanno fissato negli anni più recenti, in particolare:

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 marzo 1983

Limiti di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria in ambiente esterno.

Avviso di rettifica del Ministero della Sanità al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 28.03.83 "Limiti di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria in ambiente esterno"

Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203

Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di tutela della qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16.04.1987 n. 183.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 20 maggio 1991

Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria.

Decreto del Presidente della Repubblica 10 gennaio 1992

Atto di indirizzo e coordinamento in materia di sistemi di rilevazione dell'inquinamento urbano.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 6 maggio 1992

Definizioni del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 15 aprile 1994

Norme tecniche in materia di livelli e stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del D.P.R. 24.05.1988 n. 203 e dell'art. 9 del D.M. 20.05.1991.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 25 novembre 1994

Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al D.M. 15.04.1994.

Circolare Ministero dell'Ambiente 28 aprile 1995, n. 9699/95/UL

Individuazione dei livelli provinciali e regionali del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio, di cui al D.M. 6.5.1992, e autorizzazione dei soggetti pubblici e privati allo svolgimento di alcune funzioni previste dall'articolo 5 dello stesso decreto 6.5.1992.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 16 maggio 1996

Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 4 agosto 1999 n.351

Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

Decreto del Ministero dell'Ambiente 2 aprile 2002, n.60

Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

Con riferimento a tale legislazione gli inquinanti normati sono i seguenti:

- Biossido di zolfo espresso come SO<sub>2</sub>
- Biossido di azoto espresso come NO<sub>2</sub>
- Ozono espresso come O<sub>3</sub>
- Monossido di Carbonio espresso come CO

- Piombo (Pb)
- Fluoro (F)
- Particelle Sospese Totali (PST)
- Idrocarburi totali (HC) escluso il metano espressi come C
- Benzene (B)
- Idrocarburi policiclici aromatici con riferimento al benzo(a)pirene (BP)
- Frazione respirabile delle particelle sospese (PM10)

La normativa individua per i vari composti inquinanti degli standard di qualità, generalmente sotto forma di soglie di superamento o livelli massimi, relativamente sia al lungo periodo che ad episodi critici in alcuni casi distinti per popolazione umana ed ecosistemi. In particolare vengono introdotte le seguenti definizioni:

Valori limite di qualità dell'aria: limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno ( DPR 203 del 24/05/88);

Valori guida di qualità dell'aria: limiti delle concentrazioni e limiti di esposizione relativi ad inquinanti nell'ambiente esterno destinati:

- a) alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente;
- b) a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria (DPR 203 del 24/05/88);

Obiettivi di qualità: individuano il valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare a partire da una determinata data (DM del 25/11/94). Questi standard, così come i livelli di protezione per la salute e per gli ecosistemi, vengono generalmente definiti attraverso indicatori di lungo periodo (medie annuali, esposizioni accumulate, ecc) e quindi individuano le condizioni medie di non pericolosità dei diversi composti inquinanti che possono essere presenti in atmosfera. Come evidenziato nelle definizioni stesse, alcuni di questi standard non rappresentano vincoli immediati da rispettare, quanto condizioni di riferimento a cui tendere.

Stato di attenzione: situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina il rischio che si raggiunga lo stato di allarme (DM 15/04/94).

Stato di allarme: situazione di inquinamento atmosferico che, se persistente, determina una potenziale condizione di superamento dei limiti massimi di accettabilità e di rischio sanitario per la popolazione (DM 15/04/94).

Livelli di attenzione e di allarme: le concentrazioni di inquinanti atmosferici che determinano lo stato di attenzione e lo stato di allarme (DM 15/04/94). I livelli di attenzione e di allarme fanno riferimento ad indicatori di breve periodo (medie orarie e giornaliere) e vengono utilizzati per identificare situazioni critiche di carattere episodico.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

**Nella tabella 2.1: Indicatori per le concentrazioni di SO<sub>2</sub> in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
VALORE LIMITE	80	MEDIANA	DPR 203/88	MEDIANA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE DI 24 ORE NELL'ARCO DI 1 ANNO (1 APRILE – 31 MARZO)
	250	98° PERCENTILE	DPR 203/88	98° PERCENTILE DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE DI 24 ORE RILEVATE NELL'ARCO DI 1 ANNO (1 APRILE – 31 MARZO)
	130	MEDIANA	DPR 203/88	MEDIANA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE DI 24 ORE RILEVATE DURANTE L'INVERNO (1 OTTOBRE–31 MARZO)
VALORE GUIDA	DA 40 A 60	MEDIA ARITMETICA	DPR 203/88	MEDIA ARITMETICA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE DI 24 ORE RILEVATE NELL'ARCO DI 1 ANNO (1 APRILE – 31 MARZO)
	DA 100 A 150	VALORE MEDIO DELLE 24 ORE	DPR 203/88	IL PERIODO DI RIFERIMENTO È DALLE 00 ALLE 24 DI CIASCUN GIORNO
VALORE LIMITE ORARIO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	350	MEDIA ORARIA	D.M. 60/02	DA NON SUPERARE PIÙ DI 24 VOLTE PER ANNO CIVILE. IL MARGINE DI TOLLERANZA È STABILITO NELLA MISURA DEL 42,9% DEL VALORE LIMITE, PARI A 150 µG/M <sup>3</sup> , ALL'ENTRATA IN VIGORE DELLA DIRETTIVA 99/30/CE (19/7/99). TALE VALORE È RIDOTTO IL 1° GENNAIO 2001, E SUCCESSIVAMENTE OGNI 12 MESI, SECONDO UNA PERCENTUALE ANNUA COSTANTE, PER RAGGIUNGERE LO 0% AL 1° GENNAIO 2005

VALORE LIMITE DI 24 ORE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA	125	MEDIA GIORNALIERA	D.M. 60/02	DA NON SUPERARE PIÙ DI 3 VOLTE PER ANNO CIVILE.
VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI	20	MEDIA ANNUALE (ANNO CIVILE) E INVERNALE (1 OTTOBRE-31 MARZO)	D.M. 60/02	
LIVELLO DI ATTENZIONE	125	MEDIA GIORNALIERA	DM 25.11.94	EPISODI ACUTI DI ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE
LIVELLO DI ALLARME	250	MEDIA GIORNALIERA	DM 25.11.94	EPISODI ACUTI DI ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE
SOGLIA DI ALLARME	500	MEDIA ORARIA	D.M. 60/02	IL SUPERAMENTO DEVE ESSERE MISURATO SU TRE ORE CONSECUTIVE IN UN SITO RAPPRESENTATIVO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DI UN'AREA DI ALMENO 100 KM <sup>2</sup> OPPURE IN UNA INTERA ZONA O UN INTERO AGGLOMERATO, NEL CASO SIANO MENO ESTESI

**Nella tabella 2.2: Indicatori per le concentrazioni di NO<sub>2</sub> in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
Valore limite (NO <sub>2</sub> )	200	98° percentile	DPR 203/88	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno (1 gennaio – 31 dicembre)
Valore guida (NO <sub>2</sub> )	50	Mediana	DPR 203/88	50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno (1 gennaio – 31 dicembre)

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

	135	98° percentile	DPR 203/88	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate durante l'anno (1 gennaio – 31 dicembre)
Valore limite orario per la protezione della salute umana (NO <sub>2</sub> )	200	Media oraria	D.M. 60/02	Da non superare più di 18 volte per anno civile. Il margine di tolleranza è stabilito nella misura del 50% del valore limite, pari a 100 µg/m <sup>3</sup> , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana (NO <sub>2</sub> )	40	Media annuale	D.M. 60/02	Il margine di tolleranza è stabilito nella misura del 50% del valore limite, pari a 20 µg/m <sup>3</sup> , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione (NO <sub>x</sub> )	30	Media annuale	D.M. 60/02	
Livello di attenzione (NO <sub>2</sub> )	200	Media oraria	DM 25.11.94	Episodi acuti di esposizione della popolazione
Livello di allarme (NO <sub>2</sub> )	400	Media oraria	DM 25.11.94	Episodi acuti di esposizione della popolazione
Soglia di allarme (NO <sub>2</sub> )	400	Media oraria	D.M. 60/02	Il superamento della soglia deve essere misurato su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 km <sup>2</sup> oppure in una intera zona o un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi

**Nella tabella 2.3: Indicatori per le concentrazioni di idrocarburi non metanici in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
Valore limite	200	Media su 3 ore	DPCM 28.3.83	Concentrazione media di 3 ore consecutive in periodo del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti Da adottarsi solo in aree e periodi corrispondenti a superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono

**Tabella 2.4: Indicatori per le concentrazioni di O<sub>3</sub> in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
Valore limite	200	Media oraria	DPCM 28/03/83	Da non raggiungere più di 1 volta in un mese
Livello per la protezione della salute	110	Media su 8 ore	DM 16/05/96	Media mobile trascinata, calcolata ogni ora sulla base degli 8 valori relativi agli intervalli h/h-8 Deve essere assicurato al minimo il calcolo di medie mobili, con parziale sovrapposizione, calcolata 4 volte al giorno sulla base degli 8 valori orari relativi agli intervalli 00 – 08, 08 – 16, 12 – 20, 16 – 24 (ore solari)
Livello per la protezione della vegetazione	200	Media oraria	DM 16/05/96	
	65	Media su 24 ore	DM 16/05/96	
Livello di attenzione	180	Media oraria	DM 25/11/94 e DM 16/05/96	
Livello di allarme	360	Media oraria	DM 25/11/94 e DM 16/05/96	
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	120	Media massima giornaliera su 8 ore	Direttiva 2002/3/CE	La media massima giornaliera su 8 ore sarà determinata esaminando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce. Il valore bersaglio non deve essere

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
				superato per più di 25 giorni per anno civile. La rispondenza con il valore bersaglio viene verificata come media su 3 anni. Se non è possibile calcolare la media di 3 anni, i dati annuali minimi necessari sono i dati validi relativi a 1 anno.
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	18 000 µg/m <sup>3</sup> -h	AOT40	Direttiva 2002/3/CE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio. La rispondenza con il valore bersaglio viene verificata come media su 5 anni. Se non è possibile calcolare la media di 5 anni, i dati annuali minimi necessari sono i dati relativi a 3 anni.
Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana	120	Media massima giornaliera su 8 ore nell'arco di un anno civile	Direttiva 2002/3/CE	
Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione	6 000 µg/m <sup>3</sup> -h	AOT40	Direttiva 2002/3/CE	AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio.
Soglia di informazione	180	Media oraria	Direttiva 2002/3/CE	
Soglia di allarme	240	Media oraria	Direttiva 2002/3/CE	Il superamento della soglia va misurato per 3 ore consecutive

**Nella tabella 2.5: Indicatori per le concentrazioni di CO in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
Valore limite	40	Media oraria	DPCM 28/03/83	
	10	Media su 8 ore	DPCM 28/03/83	

Valore limite per la protezione della salute umana	10	Media massima giornaliera su 8 ore	D.M. 60/02	La media massima giornaliera su 8 ore viene individuata esaminando le medie mobili su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale finisce. Il margine di tolleranza è stabilito pari a 6 mg/m <sup>3</sup> all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2003, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005
Livello di attenzione	15	Media oraria	DM 25.11.94	Episodi acuti di esposizione della popolazione
Livello di allarme	30	Media oraria	DM 25.11.94	Episodi acuti di esposizione della popolazione

**Nella tabella 2.6: Indicatori per le concentrazioni di PTS in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
Valore limite	150	Media aritmetica	DPCM 28/03/83	Media aritmetica di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno
	300	98° percentile	DPCM 28/03/83	98° percentile di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate nell'arco di 1 anno
Livello di attenzione	150	Media giornaliera	DM 25.11.94	Episodi acuti di esposizione della popolazione
Livello di allarme	300	Media giornaliera	DM 25.11.94	Episodi acuti di esposizione della popolazione

**Nella tabella 2.7: Indicatori per le concentrazioni di PM<sub>10</sub> in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite mg/m <sup>3</sup>	Indice	Rif. Legisl.	Note
Obiettivo di qualità	40	Valore annuale	DM 25.11.94	Il valore annuale è dato dalla media mobile dei valori giornalieri registrati

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

Indicatore	Limite $mg/m^3$	Indice	Rif. Legisl.	Note
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana - FASE 1	50	Media su 24 ore	D.M. 60/02	Da non superare più di 35 volte per anno civile Il margine di tolleranza è stabilito nella misura del 50% del valore limite, pari a $25 \mu g/m^3$ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005
Valore limite annuale per la protezione della salute umana - FASE 1	40	Media annuale (anno civile)	D.M. 60/02	Il margine di tolleranza è stabilito nella misura del 20% del valore limite, pari a $8 \mu g/m^3$ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 1° gennaio 2001, e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2005
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana - FASE 2	50	Media su 24 ore	D.M. 60/02	Da non superare più di 7 volte l'anno Il margine di tolleranza è da stabilire in base ai dati, in modo che sia equivalente al valore limite della fase 1
Valore limite annuale per la protezione della salute umana - FASE 2	20	Media annuale (anno civile)	D.M. 60/02	Il margine di tolleranza è stabilito pari a $10 \mu g/m^3$ al 1° gennaio 2005 con riduzione ogni 12 mesi successivi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 1° gennaio 2010

**Tabella 2.8: Indicatori per le concentrazioni di Benzene in Italia e nella Comunità europea**

Indicatore	Limite $mg/m^3$	Indice	Rif. Legisl.	Note
Obiettivo di qualità	10	Media annuale	DM 25.11.94	Calcolata come media mobile della media giornaliera
Livello di protezione per la salute	5	Media annuale	DM 2.04.2002, n.60	

### 3.3 Caratterizzazione meteorologica dell'area di interesse

La definizione della qualità dell'aria di un'area non può prescindere dalla caratterizzazione della stessa anche da un punto di vista meteorologico.

In particolare, ai fini dello studio delle variazioni climatiche è necessario disporre di dati sufficientemente estesi nel tempo per definire in modo statisticamente rilevante l'andamento nella località. Le indagini e le ricerche bibliografiche relative alla zona oggetto dello studio non hanno rilevato l'esistenza di tali serie storiche pertanto, nel caso specifico ci si limiterà ad una disamina più generale del clima dell'area meridionale della Provincia di Latina, confinante ad ovest con il Mar Tirreno ed ad est con le prime propaggini dell'appennino. Data la complessa orografia della zona è possibile affermare che il clima dell'area è di tipo temperato, con valori particolarmente miti sulle coste, e moderatamente freddo, soprattutto d'inverno nelle zone più interne.

La sezione seguente analizzerà stagione per stagione l'andamento climatico dell'area.

#### **PRIMAVERA**

Questa stagione assume caratteri di estrema variabilità. La forte instabilità dell'aria dà quindi origini a fenomeni intensi e localmente temporaleschi. La prevalenza dei venti occidentali inizialmente foriera di tempo perturbato, con il progredire della stagione assume una componente sempre più anticiclonica. La parte iniziale che ancora risente della coda invernale può presentare situazioni di tempo perturbato, con frequenti

avvenzioni di aria fredda con direttrice prevalente da Nord. Nei mesi successivi si assiste ad un tipo di tempo fortemente variabile, causato dal continuo passaggio di veloci perturbazioni atlantiche con direttrice Nord-Ovest Sud-Est. Nel mese di Maggio il tempo tende generalmente a stabilizzarsi, con possibili onde di calore e giornate serene, intervallate però verso la fine della primavera e l'inizio dell'estate da piogge e locali temporali. Notevoli, soprattutto nella fase iniziale, le escursioni termiche che possono raggiungere nella città anche i 20 gradi.

### **ESTATE**

L'inizio della stagione estiva è spesso disturbato da frequenti irruzioni di aria più fredda che venendo a contatto con l'aria più calda del vicino Tirreno danno origine a manifestazioni temporalesche piuttosto violente che si verificano principalmente nel mese di Giugno. Da Luglio in poi si assiste ad un generale livellamento verso l'alto della pressione e all'insediamento dell'anticiclone delle Azzorre che garantisce tempo stabile, notevole soleggiamento, e calma di venti. L'alta pressione infatti oltre a garantire un elevato numero di ore di soleggiamento e quindi un conseguente innalzamento della temperatura dell'aria (che tuttavia non viene riscaldata direttamente dai raggi solari, ma tramite conduzione con il suolo) provoca un effetto di avvitemento e compressione dell'aria stessa negli strati più bassi. Questo porta ad un ulteriore aumento della temperatura. In più sempre a causa della circolazione anticiclonica, l'aria ristagna nei bassi strati, si arricchisce di vapore acqueo ed aumenta la percentuale di umidità. La persistenza di tale situazione aggrava sensibilmente il disagio dell'afa presente soprattutto nella parte più interna e meno in quella costiera, mitigata dalla brezza marina.

### **AUTUNNO**

Alla fine della stagione estiva, nel mese di Settembre, la circolazione atmosferica assume una spiccata instabilità. Frequenti le perturbazioni atlantiche umide e cariche di pioggia e precedute da venti a carattere prevalentemente meridionale (libeccio e scirocco) In questa situazione la zona è interessata da un intenso peggioramento, seguito poi, con l'andare della stagione da una progressiva diminuzione della pressione ed un aumento significativo delle precipitazioni con un massimo nel mese di novembre (112 mm). Le temperature minime aumentano di alcuni gradi ed è presente un certo livellamento

termico con livelli di escursione molto bassi. A stagione avanzata e principalmente verso la fine di Novembre e inizio di Dicembre l'area è esposta più frequentemente ad irruzioni di aria fredda, prevalentemente da Nord/Nord Est, che apportano una diminuzione consistente della temperatura, forti venti e cielo prevalentemente sereno.

### **INVERNO**

Nell' inizio della stagione frequenti e intense sono le depressioni che hanno origine sul golfo ligure e che influenzano il clima. Col progredire della stagione queste si attenuano progressivamente con un minimo nel mese di gennaio, dove prevale un certo livellamento di alte pressioni. Il mese successivo, Febbraio, è spesso caratterizzato dal dominio dell'alta pressione Russo - Siberiana con conseguente forti irruzioni di aria fredda, una conseguente diminuzione della temperatura, venti molto sostenuti, ma cielo sereno o poco nuvoloso. In questa situazione, l'Appennino riveste un ruolo determinante, poiché divide nettamente il versante tirrenico da quello adriatico, apportando come detto sul primo, un forte vento freddo con cielo sereno, e sul secondo forti precipitazioni a prevalente carattere nevose anche in pianura e sulle zone litoranee per effetto dello Stau. In generale gli apporti nevosi non sono molto significativi e limitati al verificarsi di una serie di situazioni bariche difficili da aversi (irruzione da Nord-Nord-Est di aria molto fredda con conseguente richiamo di aria calda che scorre sul cuscinetto freddo e dà origine a nevicata)

Per quanto riguarda la termometria, i valori della temperatura media mensile sono compresi fra i 3 gradi centigradi in gennaio sui rilievi ed i 26 gradi centigradi in luglio nella piana; per l'intera area di studio si hanno come valori mensili medi della temperatura media 7 gradi centigradi in febbraio e 24 gradi centigradi in luglio; la media annua delle temperature medie è compresa tra i 10 gradi centigradi sui rilievi ed i 17 °C nella piana.

In generale, i valori delle temperature nelle varie stazioni sono decrescenti con le altitudini e con la distanza dal mare; complessivamente in tutte le stazioni le escursioni termiche hanno valori minori nei mesi invernali e maggiori nei mesi estivi.

Da questo dato si può concludere che da un punto di vista termico l'area di interesse presenta un clima mediterraneo temperato caldo con prolungamento della stagione estiva e con inverno mite.

La piovosità mensile presenta un massimo autunnale (novembre) ed un minimo estivo (luglio). In novembre cadono mediamente 150 mm di pioggia, in luglio circa 20 mm.

L'andamento della piovosità mostra una continua diminuzione da dicembre a luglio, un lievissimo aumento ad agosto, un costante e forte aumento da agosto a novembre ed infine una lieve diminuzione a dicembre.

Le precipitazioni medie annue, in generale, vanno aumentando dalla linea di costa (meno di 700 mm nella zona Anzio-Nettuno; fra 700 e 800 mm nella restante fascia costiera tranne al Circeo e a Gaeta, dove si possono superare i 1000 mm) verso l'interno e verso i rilievi (1200 mm circa sui Colli Albani, 1800 mm sui Lepini e 1500 mm sugli Ausoni-Aurunci).

La precipitazione media annua su tutto il bacino è di oltre 1000 mm.

Dell'intero afflusso medio annuo, il 58% in media è restituito all'atmosfera per evapotraspirazione: il ruscellamento in superficie e l'alimentazione delle falde sotterranee rispondono del restante 42%, tenendo presente che l'alimentazione avviene soltanto fra novembre ed aprile.

L'evapotraspirazione potenziale è però notevolmente superiore nella parte pianeggiante, dove può superare il 70% delle precipitazioni.

### 3.4 Caratterizzazione e quantificazione delle sorgenti inquinanti

Al fine di caratterizzare l'impatto sulla qualità dell'aria è necessario preliminarmente individuare e caratterizzare le sorgenti di inquinanti, quantificando i fattori di emissioni delle varie sorgenti che saranno di seguito utilizzati come input nel modello previsionale.

#### 3.4.1 Emissioni da traffico

##### 3.4.1.1 Caratterizzazione delle emissioni da traffico veicolare

Le emissioni atmosferiche da traffico autoveicolare possono suddividersi in tre distinte tipologie: le emissioni allo scarico, le evaporative e quelle derivanti dal consumo di materiali (pneumatici e freni).

Le prime, quantitativamente più rilevanti, sono una diretta conseguenza del processo di combustione e, come tali, risultano dipendenti, in maniera molto complessa e di difficile valutazione pratica, da una serie di fattori legati al tipo di veicolo, al ciclo di funzionamento ed alla configurazione del motore, al suo regime di utilizzo e stato di usura ed infine al carburante utilizzato. Le presenze più consistenti (macroinquinanti) sono quelle tipiche della combustione (monossido di carbonio, ossidi di azoto, composti organici volatili (COV), materiale particolato, anidride solforosa). La caratterizzazione chimica dei COV e del particolato evidenzia sostanze di interesse per la particolare tossicità e, rispettivamente, nei COV: benzene, 1,3-butadiene, aldeidi e nel particolato: IPA (idrocarburi policiclici aromatici).

Le emissioni evaporative si giustificano con la volatilità del combustibile, e risultano così costituite unicamente dalla frazione leggera degli idrocarburi presenti nel carburante. Esse si verificano sia durante la marcia che nelle soste a motore spento e mostrano, oltre ad un'ovvia correlazione con il tipo di combustibile e con le condizioni ambientali esterne, dipendenze piuttosto complesse anche con la configurazione del motore ed il suo regime di utilizzazione.

Contributi al particolato atmosferico provengono dal consumo di pneumatici e freni, nonché dalla polvere risospesa dal suolo in seguito al movimento del veicolo.

#### Emissioni allo scarico

I principali inquinanti presenti allo scarico dei motori a combustione interna sono il monossido di carbonio (CO), composti organici volatili (COV), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>, miscela di NO e NO<sub>2</sub>) e, particolarmente per i motori diesel, anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e materiale particolato, quest'ultimo di granulometria inferiore a 10 µm (PM10), costituito in prevalenza da particelle carboniose e da idrocarburi pesanti adsorbiti.

L'emissione di CO, COV ed NO<sub>x</sub> è conseguenza diretta del processo di combustione e delle condizioni in cui esso si sviluppa. L'equilibrio termodinamico delle numerose reazioni coinvolte nell'ossidazione stechiometrica con aria del carburante prevede che, nelle condizioni di temperatura e pressione allo scarico del motore, i gas siano costituiti unicamente da CO<sub>2</sub> ed H<sub>2</sub>O, prodotti dalla combustione, e da N<sub>2</sub> ed altri componenti inerti contenuti nell'aria comburente. Tuttavia, lo studio della combustione all'interno dei cilindri di un motore mette in evidenza come, nelle distinte fasi che ne caratterizzano il ciclo di

funzionamento (aspirazione, compressione, accensione ed espansione, scarico) si verificano variazioni locali di temperatura molto intense, con velocità tali da non garantire tempi di permanenza sufficienti al raggiungimento dell'equilibrio. Anche se possibile dal punto di vista termodinamico, la completezza della combustione non viene in pratica mai raggiunta all'interno del motore per motivi di ordine cinetico: la composizione delle miscele gassose prodotte risulta dal "congelamento" degli equilibri chimici a temperature superiori a quelle di scarico.

All'incompletezza delle reazioni attivate dal processo di combustione, dovuta al brusco raffreddamento dei gas durante l'espansione e lo scarico della miscela dai cilindri, sono da imputarsi le emissioni di CO e idrocarburi, tipici prodotti di ossidazione solo parziali.

Per gli idrocarburi incombusti, la cui ossidazione procede piuttosto rapidamente entro ampi intervalli di temperatura, secondo meccanismi di ossidazione a catena che coinvolgono atomi e radicali liberi estremamente attivi, l'ipotesi del blocco cinetico non è tuttavia sufficiente a spiegarne da sola l'emissione. L'arresto della combustione da cui essi traggono la loro origine è prevalentemente da attribuirsi agli intensi gradienti di temperatura che si verificano in zone di spessore limitato lungo le pareti del cilindro (zona di "quenching") o all'interno di microfessure presenti sulla parete stessa, in corrispondenza delle quali si verificano brusche riduzioni locali della temperatura.

Un ulteriore fattore legato alle modalità di combustione nel motore che esercita una notevole influenza sulle emissioni è costituito dal rapporto A/F fra l'aria ed il carburante alimentato nei cilindri. In condizioni stechiometriche, tale rapporto vale, in termini di peso e per i carburanti di più comune utilizzo (benzina e gasolio), tra 14,5 e 15: valori inferiori danno luogo ad un eccesso di carburante rispetto all'aria (miscele ricche) mentre valori superiori indicano un eccesso d'aria rispetto a quella richiesta dalla stechiometria della combustione (miscele povere). La carenza di ossigeno che si verifica nelle miscele ricche favorisce la presenza di CO ed idrocarburi, prodotti di incompleta combustione, mentre riduce quella degli NO<sub>x</sub>, la cui formazione è strettamente dipendente dalla disponibilità dell'ossigeno stesso. Per miscele prossime ai rapporti stechiometrici, le emissioni di CO ed idrocarburi si riducono sensibilmente mentre gli NO<sub>x</sub> raggiungono le massime concentrazioni, in virtù della presenza di O<sub>2</sub> e delle alte temperature caratteristiche della combustione in tali condizioni.

Per miscele povere, l'ampia disponibilità di O<sub>2</sub> minimizza le concentrazioni di CO e quelle di idrocarburi che, tuttavia, presentano un successivo incremento per miscele estremamente povere, in seguito alle difficoltà di combustione per la massiccia presenza di aria; le concentrazioni di NO<sub>x</sub> subiscono invece una costante riduzione, in funzione della progressiva diminuzione di temperatura con l'impoverimento della miscela, legata all'effetto diluente dell'aria in eccesso.

Contrariamente al caso dei composti sin qui considerati, la presenza o meno di SO<sub>2</sub> e particolato nelle emissioni dei motori risulta fortemente dipendente dal tipo di carburante utilizzato.

L'SO<sub>2</sub> deriva totalmente dall'ossidazione dello zolfo contenuto nel carburante, mentre il materiale particolato è legato alle difficoltà di combustione dei carburanti contenenti frazioni idrocarburiche pesanti: ambedue i composti sono pertanto caratteristici dei gas di scarico dei motori alimentati a gasolio, e risultano praticamente assenti in quelli a benzina.

L'entità e le caratteristiche qualitative delle emissioni dagli autoveicoli risultano pertanto determinate dalle modalità di combustione e dal tipo di carburante, diverso a seconda del tipo di motore utilizzato: benzina nei motori ad accensione comandata (ciclo Otto) o gasolio in quelli ad accensione spontanea (Ciclo Diesel). I due tipi di motori presentano anche condizioni di combustione assai diverse, che risultano inoltre variabili con il regime di funzionamento del motore stesso, con la sua età e con il suo stato di manutenzione. I principali fattori che intervengono nel definire l'emissione allo scarico possono così riassumersi nei seguenti:

- Tipo di motorizzazione;
- Regime di funzionamento del motore (velocità, accelerazione, folle, condizioni di carico, percorrenze a freddo);
- Età e manutenzione del veicolo.

#### **Emissioni per evaporazione**

A causa dell'apprezzabile volatilità, una parte del carburante può essere emessa in atmosfera allo stato di vapore dal serbatoio o lungo la linea di alimentazione del motore. Tali emissioni possono ritenersi trascurabili per i veicoli diesel data la bassa volatilità del gasolio.

Le perdite di carburante si sviluppano dal sistema serbatoio – motore sia quando il veicolo è in movimento ("running losses"), sia quando è fermo ma con il sistema serbatoio-motore caldo ("hot-soak losses"), ma anche con il veicolo fermo e freddo, essenzialmente a causa dell'escursione termica giornaliera ("diurnal losses"). Inoltre un'importante perdita si localizza nella fase di rifornimento allorché il carburante alimentato sposta verso l'esterno i vapori di benzina che satura la parte vuota del serbatoio.

Le tecniche per ridurre tali emissioni si avvalgono di cartucce di carbone attivo installate sul veicolo per l'adsorbimento dei vapori di benzina e di aspiratori installati presso l'area di rifornimento. Un'altra possibilità di attenuare le perdite risiede nella riduzione della volatilità del combustibile, normalmente espressa in termini di RVP (Reid Vapor Pressure).

In considerazione della tipologia di lavorazioni è plausibile ritenere che la principale fonte di inquinamento atmosferico sia rappresentata dagli scarichi dei mezzi in transito all'interno dei cantieri e lungo la viabilità.

#### 3.4.1.2 Caratterizzazione delle emissioni da traffico veicolare

Per la stima delle emissioni dal settore dei trasporti su strada, nell'ambito del progetto europeo CORINAIR (COoRdination INformation AIR), è stato messo a punto un programma di calcolo, che viene periodicamente implementato, denominato COPERT II (Computer Programme for calculating Emissions from Road Traffic).

Il metodo di calcolo delle emissioni si basa sul concetto di "fattore di emissione" definito come quantità in grammi di inquinante emessa per chilometro percorso da ciascuna tipologia di veicolo esaminata.

Per il calcolo dei fattori di emissioni necessari al modello si è fatto riferimento alla versione più aggiornata del programma di calcolo COPERT II (1997), che si descrive brevemente per il calcolo dei fattori di emissioni dei veicoli.

Per determinare i fattori di emissione risulta necessario innanzitutto definire la composizione del parco veicolare circolante lungo l'infrastruttura stradale esaminata disaggregato per:

- tipo di alimentazione ( benzina, diesel, GPL);

- cilindrata;
- anzianità.

L'anzianità dei veicoli viene presa in considerazione perché nel corso degli anni si sono succedute una serie di normative europee che hanno imposto delle restrizioni via via più severe alle emissioni dei veicoli.

Per tutte le categorie di veicoli (eccetto i ciclomotori e i veicoli pesanti a benzina) i fattori di emissione degli inquinanti principali (monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), composti organici volatili non metanici (NMVOC), particolato (PM)) vengono definiti in funzione della velocità di percorrenza.

Inoltre per tutte le categorie di veicoli vengono distinti tre tipi di percorsi:

- percorso urbano
- percorso extraurbano
- percorso autostradale

Secondo la metodologia che sta alla base del programma di calcolo, le emissioni da traffico veicolare vengono suddivise in tre tipi:

- emissioni a caldo
- emissioni a freddo
- emissioni evaporative.

Le emissioni a caldo (temperatura dell'acqua del radiatore maggiore di 70° C) sono quelle generate dai motori a combustione interna quando la temperatura del motore ha raggiunto il normale regime di funzionamento.

Le emissioni a freddo sono quelle che si verificano quando il motore opera ad una temperatura inferiore a quella di regime. Ciò provoca da un lato un extra-consumo di combustibile e dall'altro una diversa modalità di combustione; ambedue i fenomeni provocano un aumento delle emissioni per tutti i tipi di veicoli e per tutte le modalità di guida, ma è preponderante nei percorsi urbani.

Esistono infine le emissioni evaporative di composti organici volatili non metanici (COVNM), rilevanti soprattutto per gli autoveicoli a benzina.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

Pertanto il calcolo dei fattori di emissione per ogni singolo inquinante richiede la conoscenza dei parametri di input:

- categoria di veicolo (alimentazione, cilindrata)
- anno di produzione
- velocità media (tipologia di strada percorsa)

Nella Tabella 2.9 è riportato l'elenco delle varie categorie di veicoli che il programma considera e le relative normative di riferimento.

Tab.2.9 - Categorie dei veicoli secondo la classificazione CORINAIR

Categoria veicolo	Classificazione	Legislazione	Categoria veicolo	Classificazione	Legislazione
	Benzina <1,4 l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)	Veicoli commerciali leggeri	Benzina < 3,5 t	Convenzionale e 93/59/EEC EC Proposal II (96/69/EEC)
	Benzina 1,4 – 2,0 l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02		Diesel < 3,5 t	Convenzionale e 93/59/EEC EC Proposal II (96/69/EEC)

Autovetture	Benzina 2,0 l	ECE 15/03 ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)	Veicoli commerciali pesanti	Benzina >3,5 t	Convenzionale e
		PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		Diesel <7,5 t	Convenzionale e 91/542/Stage I
		PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		Diesel 7,5 – 16 t	91/542/Stage II
		PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		Diesel 16 – 32 t	Convenzionale e 91/542/Stage I
		PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		Diesel >32 t	91/542/Stage II
	Diesel <2,0 l	Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		Convenzionale e 91/542/Stage I	
		Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		91/542/Stage II	
		Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		Convenzionale e 91/542/Stage I	
	Diesel >2,0 l	Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (Post 2000)		91/542/Stage I	
		Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC		91/542/Stage II	
LPG	Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC		91/542/Stage II		

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

	2-Stroke	EC Proposal I (Post 2000)  Convenzionale	Autobus	Autobus urbani	Convenzionale 91/542/Stage I
				Autobus extraurbani	91/542/Stage II
					Convenzionale 91/542/Stage I 91/542/Stage II
			Ciclomotori	<50 cm <sup>3</sup>	ECE 47 97/24/EC
			Motocicli	2 tempi >50 cm <sup>3</sup> 4 tempi 50 – 250 cm <sup>3</sup> 250-750 cm <sup>3</sup> >750 cm <sup>3</sup>	ECE 40/01 97/24/EC

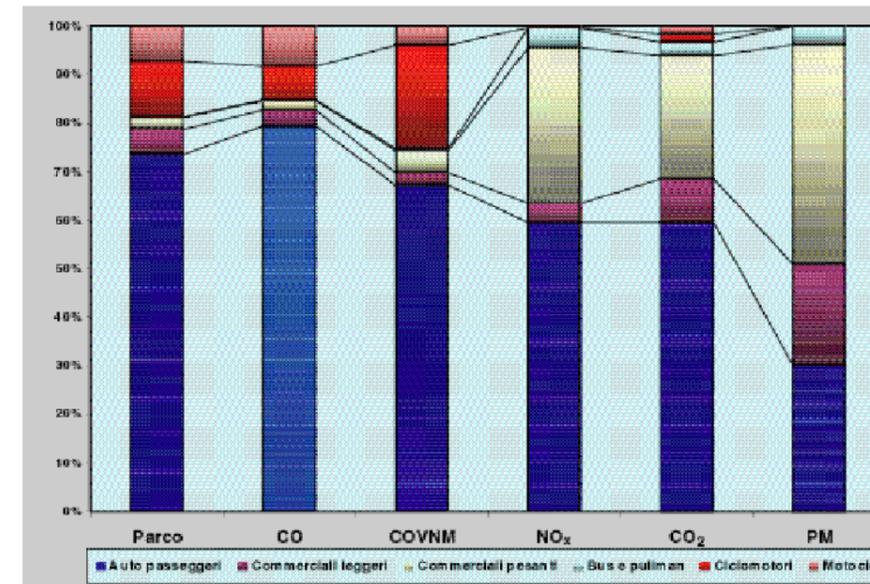
### 3.4.1.3 Stima delle emissioni in funzione del parco circolante

A partire dalla specifica composizione del parco circolante transitante su ciascun tratto stradale analizzato sono stati determinati i fattori di emissione "a caldo" proposti dalla metodologia CORINAIR.

Le tipologie di veicoli prese in esame per il calcolo dei fattori di emissione sono le seguenti:

- autovetture alimentate a benzina;
- autovetture alimentate a diesel;
- veicoli commerciali leggeri diesel;
- veicoli commerciali pesanti diesel 7,5t <P<16 t;
- veicoli commerciali pesanti diesel 16 t < P< 32 t.

Per avere un'idea del peso di ciascuna classe di veicoli sia in termini di emissioni che di composizione del parco, a titolo di esempio si possono riportare i dati ottenuti dalla elaborazione di dati di base effettuata con il modello COPERT relativi al parco circolante italiano nel 1997.



I risultati che si osservano sono i seguenti:

- le emissioni di NO<sub>x</sub>, PM e CO<sub>2</sub> dei mezzi commerciali pesanti hanno un peso relativo nettamente superiore rispetto alle emissioni globali emesse dalla categoria di veicoli pesanti
- le autovetture passeggeri (sia diesel, che benzina, che GPL) che costituiscono circa 75,80% dell'intero parco circolante hanno un peso relativo maggiore nelle emissioni di CO, NO<sub>x</sub> e COVNM.

Negli ultimi anni la normativa sulle emissioni ha mostrato una continua evoluzione verso la riduzione delle emissioni stesse. Queste norme hanno un carattere internazionale, non interessano un solo paese sia per favorire la libera circolazione e vendita di veicoli sia per limitare l'inquinamento transfrontaliero.

Nelle tabelle successive sono riportate le varie normative che definiscono la classe di età per ciascuna tipologia di veicolo considerato; come caso esemplificativo, possiamo

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
 Progetto Preliminare  
 Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

osservare che per le autovetture alimentate a benzina le sigle ECE 15/04, 91/441/EEC, 94/12/EEC, ecc., individuano, rispettivamente, le autovetture conformi alle normative entrate in vigore in Italia a partire da gennaio 1985, da gennaio 1993, ecc. I periodi di riferimento per la conformità dei veicoli alle varie norme sono quelli riportati in Tabella 2.11.

Tab.2.10 – Parco circolante secondo la normativa della Comunità Europea

Categoria di veicoli	Classificazione	Legislazione
Autovetture a benzina	1,4 ÷ 2,0 l	ECE 15/04 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (post 2000)
Autovetture diesel	< 2,0 l	Convenzionale 91/441/EEC 94/12/EEC EC Proposal I (post 2000)
Veicoli commerciali leggeri diesel	< 3,5 t	Convenzionale 93/59/EEC EC Proposal II (96/69/EEC)
Veicoli commerciali pesanti diesel	7,5 ÷ 16 t	Convenzionale 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II
	16 ÷ 32 t	Convenzionale 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II

Tab. 2.11 – Periodi di riferimento per la conformità dei veicoli

Classe di età	Periodo di riferimento
<b>Autovetture a benzina</b>	
ECE 15/04	fino al 31/12/92
91/441/EEC	dal 1/193 al 31/12/96
94/12/EEC	dal 1/1/97 al 31/12/00
EC Proposal I	dal 1/1/01 al 31/12/04
EC Proposal II	dal 1/1/05
<b>Autovetture a gasolio</b>	
<b>Convenzionale</b>	
91/441/EEC	fino al 30/06/94
94/12/EEC	dal 1/7/94 al 31/12/96
94/12/EEC	dal 1/1/97 al 31/12/00
EC Proposal I	dal 1/1/01 al 31/12/04
EC Proposal II	dal 1/1/05
<b>Veicoli commerciali leggeri diesel</b>	
<b>Convenzionali</b>	
93/59/EEC	fino al 30/9/94
96/69/EEC	dal 1/10/94 al 30/9/98
EC Proposal II/EURO3	dal 1/10/98 al 31/12/00
EC Proposal II/EURO3	dal 1/1/01 al 31/12/04
EC Proposal II/EURO3	dal 1/1/05
<b>Veicoli commerciali pesanti diesel 7.5- 16 t</b>	
<b>Convenzionali</b>	
91/542/EEC Stage I	Fino al 30/9/93
91/542/EEC Stage II	Dal 1/10/93 al 30/9/96
91/542/EEC Stage II	Dal 1/10/97
<b>Veicoli commerciali pesanti diesel 16- 32 t</b>	
<b>Convenzionali</b>	
91/542/EEC Stage I	fino al 30/9/93
91/542/EEC Stage II	dal 1/10/93 al 30/9/96
91/542/EEC Stage II	dal 1/10/97

Dalle tabelle sottoriportate si può vedere l'evoluzione dei valori limite alle emissioni per le varie tipologie di veicoli in funzione delle normative di riferimento.

Ad esempio nel caso delle autovetture che sono oggetto di normativa da più tempo si osserva una drastica riduzione di emissioni dal 1980 al 1990; nel 2000 l'introduzione della partenza a freddo nel ciclo ha fatto sì che il valore limite del CO sia addirittura

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

aumentato, mentre nelle prove su strada le emissioni si riducono del 40% circa, con l'adozione dei nuovi limiti di emissione.

Nel caso dei veicoli commerciali pesanti vi è una particolarità dovuta al fatto che le emissioni regolamentate si riferiscono alla potenza sviluppata del motore, espressa in KW/h, e non ai chilometri percorsi, come già sottolineato precedentemente. Questo trova riscontro nell'uso di queste macchine in cui il regime del motore è meno legato alla velocità del veicolo e più sensibile al carico trasportato.

Tab. 2.12 Evoluzione dei valori limite alle emissioni per le auto passeggeri in g/Km

Date	1978	1980	1987	1990	1993	1997	2001	2006
Normativa					EURO I	EURO II	EURO III	EURO IV
<b>AUTOVETTURE</b>								
<b>Benzina</b>								
CO	33.3	27.1	21.2	11.1	2.72	2.2	2.3	1
HC	22.2	1.9					0.2	0.1
NOx	3.61	3.03					0.15	0.08
HC+NOx			5.8	3.7	0.97	0.5		
<b>Diesel</b>								
CO	33.3	27.1	21.2	11.1	2.72	1	0.64	0.5
HC	22.2	1.9						
NOx	3.61	3.03					0.5	0.25
HC+NOx			5.8	3.7	0.97	0.7	0.56	0.3
PTS			0.3		0.14	0.08		

Tab. 2.13 Evoluzione dei valori limite alle emissioni per i veicoli commerciali in g/Km

Date	1978	1980	1987	1995	1998	2001	2006
Normativa				EURO I	EURO II	EURO III	EURO IV
<b>VEICOLI COMMERCIALI LEGGERI</b>							
<b>Benzina</b>							
CO	76.8	62.4	47.9	6.9	5	5.2	2.3
HC	4.9	4.4					
NOx	7.5	6.4				0.2	0.1
HC+NOx			12.7	1.7	0.7		
<b>Diesel</b>							
CO	76.8	62.4	47.9	6.9	1.5	1	0.7
HC	4.9	4.4				0.3	0.2
NOx	7.5	6.4				0.8	0.4
HC+NOx			12.7	1.7	0.7		0.5
PTS				0.3	0.2	0.11	0.06

Tab. 2.14 Evoluzione dei valori limite alle emissioni per i veicoli commerciali in g/KWh

Date	1988	1993	1997	2000	2001	2003	2006
Normativa		EURO I	EURO II		EURO III		EURO IV
<b>VEICOLI COMMERCIALI PESANTI</b>							
CO	11.2	4.5	4		2.1		1.5
HC	2.4	1.1	1.1		0.66		0.46
NOx	14.4	8	7		5		3.5
HC+NOx		0.36	0.15		0.1		0.02

#### 3.4.1.4 Stima del parco circolante

I dati relativi al parco circolante costituiscono la base per la determinazione dei coefficienti di emissione.

La fonte di riferimento ufficiale in Italia è l'ACI (Automobile Club d'Italia) che fornisce i dati sui veicoli secondo la suddivisione in categorie di cilindrata e/o portata e data di immatricolazione necessarie per costituire la base dati del calcolo.

Di seguito sono stati confrontati 4 scenari (1994, 2000, 2005 e 2010) in cui per ciascuna categoria di veicoli esaminata, è stata considerata la percentuale di veicoli immatricolati in corrispondenza di una determinata normativa omologativa vigente, ovviamente i dati relativi agli anni 1994 e 2000 derivano effettivamente dai veicoli immatricolati mentre i dati 2005 e 2010 sono frutto di estrapolazioni (fonte di riferimento è l'ACI). Per tali scenari si è evidenziato un impoverimento delle classi più vecchie ed un corrispondente arricchimento di quelle più recenti: per le autovetture a benzina si osserva ad esempio che le classi di veicoli più vecchie (ECE 15/04) finiscono per rappresentare nel 2000, 2005, 2010 rispettivamente circa il 45%, 25% e lo 0%. Questo dà luogo ad un consistente rinnovo del parco veicoli leggeri con conseguente riduzione dei fattori di emissione.

Nello stesso arco temporale 1994, 2010, a fronte di un consistente rinnovo del parco veicoli leggeri, meno incidente risulta invece il rinnovo del parco veicoli commerciali pesanti.

Per il periodo che va dal 1994 al 2010 le Tab.2.15 e Tab.2.16 mostrano l'evoluzione della composizione del parco circolante rispettivamente per la categoria di veicoli leggeri

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

(comprendente autovetture a benzina e Diesel, veicoli commerciali leggeri Diesel), e per la categoria di veicoli commerciali pesanti (comprendente i veicoli pesanti diesel 7,5 t < P < 16 t e 16 t < P < 32 t).

Nella tabella 2.17 sono riportati i coefficienti di emissione calcolati per i quattro scenari di parco circolante ad una velocità di riferimento pari a 30 Km/h.

Tab. 2.15: Composizione del parco circolante per i veicoli leggeri

<b>PARCO CIRCOLANTE VEICOLI LEGGERI</b>								
	1994		2000		2005		2010	
Autovetture	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina	Diesel
ECE 15/04	50%	15%	45%	10%	25%	3%	0%	0%
91/441/EEC	25%	5%	15%	5%	10%	3%	5%	1%
94/12/EEC	0%	0%	15%	5%	25%	6%	15%	5%
EC Proposal	0%	0%	0%	0%	15%	8%	55%	14%
Veicoli commerciali leggeri diesel	1994		2000		2005		2010	
Convenzionale	5%		3%		1%		0%	
93/59/EEC	0%		2%		2%		1%	
EC Proposal	0%		0%		2%		4%	
<b>TOTALE</b>	<b>100%</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>	

Tab. 2.16 Composizione del parco circolante per i veicoli commerciali pesanti

<b>PARCO CIRCOLANTE VEICOLI COMMERCIALI PESANTI DIESEL</b>				
Veicoli pesanti	1994	2000	2005	2010
<b>7,5 t &lt; P &lt; 16 t</b>				
Convenzionale	80%	68%	56%	56%
91/542/EEC - Stage I	0%	12%	5%	4%
91/542/EEC - Stage II	0%	0%	19%	20%
<b>Veicoli pesanti</b>	<b>1994</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>
<b>16 t &lt; P &lt; 32 t</b>				
Convenzionale	20%	17%	14%	14%
91/542/EEC - Stage I	0%	3%	1.2%	1%
91/542/EEC - Stage II	0%	0%	4.8%	5%
<b>TOTALE</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tab. 2.17 Fattori di emissione calcolato a v = 30 Km/h per i vari scenari di composizione di parco veicolare

<b>EMISSIONE VEICOLI LEGGERI</b>				
	1994	2000	2005	2010
<b>CO</b>	6.52	5.91	3.71	1.00

<b>NO<sub>x</sub></b>	1.22	1.08	0.65	0.14
<b>PTS</b>	0.0525	0.0387	0.0185	0.0085
<b>EMISSIONE VEICOLI PESANTI</b>				
	<b>1994</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>
<b>CO</b>	3.51	3.28	3.02	3.02
<b>NO<sub>x</sub></b>	8.75	8.47	7.77	7.77
<b>PTS</b>	0.84	0.80	0.696	0.696

Come è prevedibile si osserva una riduzione dei coefficienti di emissione soprattutto per i veicoli leggeri (comprendono, come già detto, i veicoli leggeri a benzina, quelli leggeri Diesel e i veicoli commerciali leggeri Diesel), le emissioni si riducono del 40% circa, con l'adozione dei nuovi limiti di emissione.

Nel caso dei veicoli commerciali pesanti non si osserva una riduzione sostanziale dei coefficienti di emissione, infatti nel periodo 2000 – 2005 la riduzione è di circa l'8%.

Non avendo dati ufficiali relativamente alla composizione del parco circolante nel Comune di Formia sono stati utilizzati per il calcolo previsionale i dati dell'ACI.

Poiché l'attività di realizzazione della strada si articola su un arco temporale di sette anni l'esercizio dell'infrastruttura è prevedibile al 2010, in cui è evidente ritenere che si avrà un cambiamento del parco circolante e un non trascurabile abbattimento delle emissioni previsto dalle normative che regolamentano le emissioni dei veicoli, si è scelto, come riferimento per il calcolo dei fattori di emissione utilizzato per la modellizzazione della fase post operam, lo scenario cautelativo relativo al 2005.

In conclusione si riporta la sintesi dei principali passi logici seguiti nella individuazione dei fattori di emissione da assumere a base delle simulazioni.

Per la caratterizzazione dello stato post operam:

- Per ogni asta viaria è stato calcolato il coefficiente di emissione. Tale coefficiente di emissione, come già detto, dipende dai seguenti parametri: numero dei veicoli transitanti, tipologia dei veicoli transitanti, velocità di percorrenza. I veicoli leggeri e i veicoli pesanti sono stati ripartiti in base alla composizione del parco veicolare previsto nel 2005.

- In base alle considerazioni suddette, gli scenari di emissione per i veicoli leggeri e per quelli pesanti sono quelli riportati nelle Tabb. 2.18 e 2.19.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

Si sottolinea che nei veicoli leggeri si comprendono le autovetture a benzina e diesel e i veicoli commerciali leggeri diesel mediati secondo le proporzioni della composizione del parco circolante mentre nei veicoli commerciali pesanti sono compresi quelli con peso 7,5<t <16 e 16 <t <32.

I dati sotto riportati sono stati assunti nelle simulazioni per le determinazioni degli inquinanti.

Tab.2.18 Fattori emissioni di input del modello veicoli leggeri

Velocità (Km/h)	CO g/Km	NO g/Km	PTS g/Km	Benzene g/Km
10	9.61	0.65	0.029	1,72
20	5.38	0.65	0.023	0,97
30	3.71	0.65	0.019	0,67
40	2.78	0.66	0.016	0,51
50	2.24	0.69	0.013	0,41
60	1.93	0.73	0.012	0,35
70	1.69	0.77	0.011	0,30
80	1.78	0.84	0.012	0,31
90	2.04	0.91	0.013	0,35
100	2.47	0.99	0.015	0,40

Tab.2.19 Fattori emissioni di input del modello veicoli pesanti

Velocità (Km/h)	CO g/Km	NO g/Km	PTS g/Km	VOC g/Km
10	6.49	16.81	1.54	4.58
20	4.01	10.33	0.98	2.60
30	3.03	7.78	0.69	1.76
40	2.48	6.36	0.56	1.36
50	2.12	5.44	0.48	1.11
60	1.87	4.79	0.42	0.95

70	1.68	4.40	0.37	0.84
80	1.53	4.26	0.34	0.73
90	1.41	4.23	0.31	0.67
100	1.31	4.30	0.29	0.60

### 3.4.2 Valutazione delle emissioni della canna di ventilazione

Discorso a parte meritano le emissioni della canna di ventilazione della galleria Costamezza. Tale opera è stata concepita come elemento di sicurezza per l'evacuazione dei fumi in galleria in caso di incidente grave con conseguente incendio. Proprio per tale sua funzione (si precisa che la canna di ventilazione viene attivata solamente in caso di incidente con conseguente incendio e quindi normalmente non è attiva) non sono definibili i parametri di emissione in quanto le concentrazioni e le tipologie di inquinanti emessi variano in funzione del tipo di incidente e del tipo di veicoli coinvolti, di conseguenza non sarà possibile effettuare delle simulazioni. Va comunque sottolineato che la posizione dell'uscita esterna della canna di ventilazione, molto lontana dall'abitato di Formia e quindi dai possibili ricettori, ad una quota di circa 260 m s.l.m., e la sua ridotta funzionalità legata ai soli eventi accidentali fa sì che le ricadute legate all'inquinamento atmosferico siano solo di carattere temporaneo, limitato nel tempo e con frequenze ridottissime.

### 3.5 Scelta del modello di diffusione atmosferica degli inquinanti

Nell'ambito degli studi di impatto sull'atmosfera la valutazione modellistica dei livelli di inquinamento, generati da una infrastruttura stradale, riveste un ruolo fondamentale di sostegno alle decisioni, anche se la molteplicità ed eterogeneità dei fenomeni atmosferici coinvolti e la complessità della loro interazione (talvolta sinergica), rendono i risultati di difficile interpretazione. I risultati della valutazione modellistica costituiscono, comunque, una stima sufficientemente adeguata e determinante delle reali concentrazioni di inquinanti dell'atmosfera.

L'obiettivo primario dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

I recenti progressi in questo campo hanno portato alla messa a punto di una grande varietà di modelli matematici di simulazione atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera e indicati come modelli di dispersione.

Un tipo di classificazione dei modelli matematici di dispersione è quello relativo alla natura dei sistemi di riferimento adoperati. La descrizione matematica del fenomeno della dispersione può essere condotta secondo due principali approcci, corrispondenti all'uso di due diversi sistemi di riferimento spaziale; il primo, denominato euleriano, consiste nel descrivere il comportamento di una determinata sostanza presente nell'atmosfera attraverso un sistema di assi coordinati fissi.

Il secondo approccio, quello lagrangiano, riferisce invece la descrizione del fenomeno a un sistema di riferimento mobile e solidale con la sostanza in moto.

Tutti e due gli approcci teorici, quello euleriano e quello lagrangiano, possono poi portare, ammettendo determinate ipotesi semplificative, a modelli che per la loro particolare forma matematica vengono detti gaussiani. Essi sono fra i modelli di dispersione maggiormente usati nella pratica a causa della loro semplicità di impiego.

Il codice di calcolo utilizzato per eseguire la simulazione è il MISKAM che si basa su un modello matematico euleriano-gaussiano per la determinazione degli inquinanti.

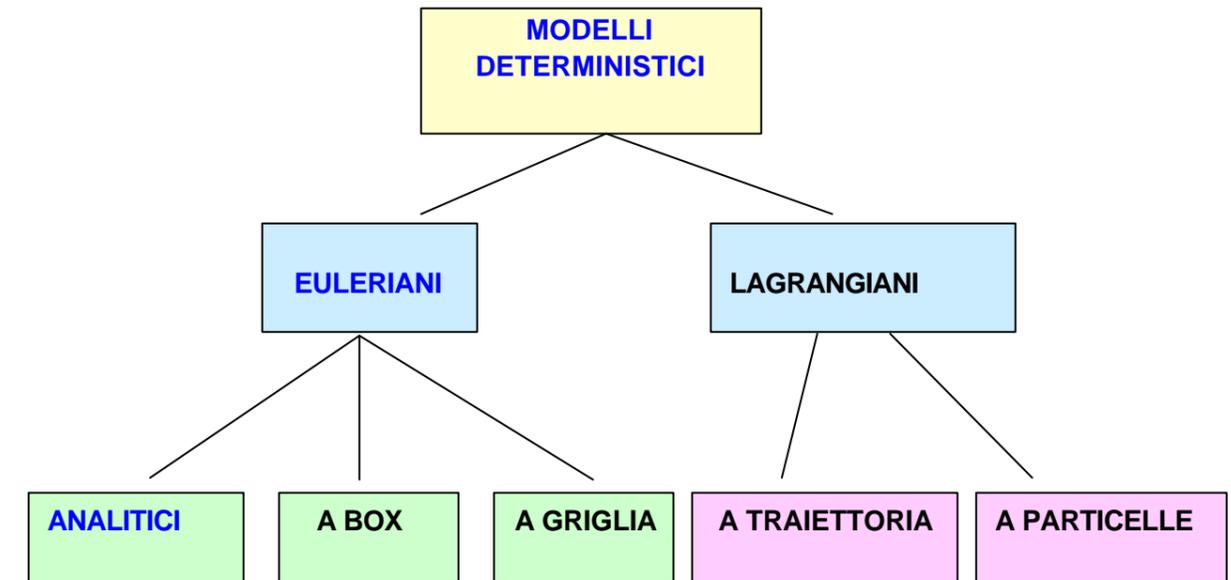
Il modello è stato studiato e realizzato dall'Istituto di Fisica dell'Atmosfera dell'Università tedesca di Mainz.

Si tratta di un complesso modello fisico per la simulazione su piccola scala degli inquinanti dell'aria utilizzato per la ricostruzione del campo di vento e la dispersione al suolo degli inquinanti.

Date le caratteristiche è molto utile per indagare sia la dispersione al suolo dovuto a sorgenti puntiformi quali sorgenti industriali, sia per determinare gli effetti del traffico generato da una infrastruttura.

### 3.5.1 Scelta del modello

I modelli matematici per lo studio degli inquinanti si classificano come di seguito riportato:



La scelta dello strumento modellistico da utilizzare deve tenere conto delle specificità del problema che si intende affrontare, in particolare le principali caratteristiche che concorrono alla definizione del problema sono:

- Scala spaziale
- Scala temporale
- Dominio
- Inquinante
- Meteorologia
- Sorgenti emissive
- Regime

Un tipo di classificazione dei modelli matematici di dispersione è quello relativo alla natura dei sistemi di riferimento adoperati. La descrizione matematica del fenomeno della dispersione può essere condotta secondo due principali approcci, corrispondenti all'uso di due diversi sistemi di riferimento spaziale; il primo, denominato lagrangiano, riferisce

invece la descrizione del fenomeno a un sistema di riferimento mobile e solidale con la sostanza in moto.

I modelli euleriani, invece, fanno riferimento ad un sistema di coordinate fisse; sono basati sull'integrazione dell'equazione differenziale di diffusione che viene ricavata dal bilancio di massa esteso ad un volumetto d'aria infinitesimo sotto determinate ipotesi (fluido incompressibile, diffusività molecolare trascurabile rispetto alla turbolenza, coefficiente di diffusività turbolenta orizzontale costante lungo le coordinate x e y).

In questo ambito, in particolare si è scelto un modello gaussiano.

Il modello *gaussiano* appartiene alla famiglia dei modelli analitici, così chiamati perché basati sull'integrazione in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione.

Sono modelli in grado di descrivere l'andamento al suolo della concentrazione sottovento di una sorgente continua puntiforme.

Le ipotesi sotto cui viene risolta l'equazione di diffusione sono:

- stazionarietà ed omogeneità delle condizioni meteorologiche,
- velocità del vento non nulla,
- assenza di trasformazioni chimiche e fenomeni di rimozione,
- terreno piatto.

Nei modelli gaussiani si suppone che il pennacchio venga trasportato secondo la direzione del vento e diffuso nelle direzioni trasversali. L'effetto del trasporto è quantificato attraverso la velocità del vento. La dispersione è descritta per mezzo di coefficienti empirici che esprimono il grado di apertura dei pennacchi in funzione della stabilità atmosferica e della distanza sottovento della sorgente.

Partendo dall'equazione generale di trasporto e diffusione, nell'ipotesi di fluido incompressibile ( $\text{div } V=0$ ), ponendo a zero il termine di rimozione di inquinante ( $R=0$ ) e trascurando i termini di diffusione molecolare ( $D\Delta C=0$ ) si ottiene la seguente equazione:

$$\frac{dC}{dt} + V_x \frac{dC}{dx} + V_y \frac{dC}{dy} + V_z \frac{dC}{dz} = \frac{d\left[K_{xx} \frac{dC}{dx}\right]}{dx} + \frac{d\left[K_{yy} \frac{dC}{dy}\right]}{dy} + \frac{d\left[K_{zz} \frac{dC}{dz}\right]}{dz} + S(x, y, z, t)$$

dove:

$C(x,y,z,t)$  è la concentrazione di inquinante in un generico punto di coordinate  $(x,y,z)$  al tempo  $t$ .

$V_i$  è la velocità del vento nella direzione  $i$  ( $i=x,y,z$ )

$K_{ij}$  è il coefficiente di diffusione turbolenta ( $ij=xx,yy,zz$ )

$S(x,y,z,t)$  eventuale sorgente inquinante

Assumendo che:

- il processo sia stazionario cioè che sia  $\delta C/\delta t = 0$
  - il dominio sia omogeneo e caratterizzato dalla presenza di terreno piano;
  - le caratteristiche meteorologiche dell'area permangano costanti nel tempo e nello spazio ed in particolare la velocità del vento sia agente solo in direzione
- $$V_y = V_z = 0$$
- $$V_x = V = \text{cost}$$
- il trasporto di inquinante dovuto alla turbolenza, nella direzione  $x$  sia trascurabile rispetto al trasporto dovuto al vento. Sia cioè:

$$K_{xx} \frac{d^2 C}{dx^2} \ll V_x \frac{dC}{dx}$$

- i coefficienti di diffusione  $K_{yy}$  e  $K_{zz}$  siano costanti in  $y$  e  $z$ ;
- il termine di sorgente sia indipendente dal tempo, valga  $Q$  nel punto di coordinate  $(0,0,0)$  e sia nullo in tutti gli altri punti dello spazio. Questa ipotesi è espressa dalla funzione  $\delta$  di Dirac:

Dirac:

$$S(x,y,z) = Q \delta(x) \delta(y) \delta(z)$$

- l'inquinante non sia reattivo.

L'equazione diviene:

$$V_x \frac{dC}{dx} = K_{yy} \frac{d^2 C}{dy^2} + K_{zz} \frac{d^2 C}{dz^2} + S(x, y, z) \quad (1)$$

Assumendo inoltre le seguenti condizioni al contorno:

$$C(0,y,z) = C_f$$

$$C(x,y,z) = C_f$$

Dove  $C_f$  è la concentrazione di fondo, ovvero quantità di inquinante presente in atmosfera già prima della emissione che si considera.

La soluzione analitica dell'equazione 1 è del tipo:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{4px(K_{yy}K_{zz})^{\frac{1}{2}}} \exp\left[-\left(\frac{V}{4x}\right)\left(\frac{y^2}{K_{yy}} + \frac{z^2}{K_{zz}}\right)\right] + C_f$$

Ponendo:

$$s_y^2 = 2K_{yy} \frac{x}{V}$$

$$s_z^2 = 2K_{zz} \frac{x}{V}$$

si ottiene:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2pV(s_y s_z)} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{s_y^2} + \frac{z^2}{s_z^2}\right)\right] + C_f \quad (2)$$

che è l'equazione di una gaussiana doppia con deviazioni standard  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$  (coefficienti di dispersione del modello).

E' importante notare che, fissato lo scenario meteorologico in termini di  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$  e  $V$ , la funzione  $C(x,y,z)$  dipende linearmente dalla emissione  $Q$ .

Considerando ora di avere a che fare con sorgenti puntiformi elevate

$$S(x,y,z)=Q \delta(x) \delta(y) \delta(z-H)$$

e che:

$$K_{zz} \frac{dC}{dz} = 0 \quad \text{a} \quad z=0$$

cioè che il suolo sia completamente riflettente nei confronti delle particelle di inquinante, la 2 assume la seguente forma:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2pV(s_y s_z)} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{y^2}{s_y^2}\right] \left[ \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z-H_e)^2}{s_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(z+H_e)^2}{s_z^2}\right) \right] + C_f$$

dove  $H_e$  è l'altezza effettiva della sorgente.

Con l'equazione soprascritta è possibile calcolare la concentrazione in un qualsiasi punto  $P(x,y,z)$  di un pennacchio livellato ad altezza  $H_e$ , e con origine nel punto  $(0,0,H_e)$  in un sistema ortogonale con asse  $X$  orientato lungo la direzione media di trasporto del vento.

### 3.5.2 Input del modello

Il modello ha richiesto la definizione di due parametri di ingresso:

- Parametri meteorologici: ai fini della determinazione degli inquinanti sono state scelte le condizioni peggiori per la dispersione degli inquinanti, ossia stabilità atmosferica. I parametri utilizzati sono:

Direzione del vento: Campo di vento isotropo

Velocità del vento (m/s): 0,5

Classe di Pasquill (A=1 a G=7): G=7

- Parametri relativi alle sorgenti

I dati di traffico utilizzati per le simulazioni derivano dallo studio trasportistico riportato all'interno del Quadro di Riferimento Progettuale. I dati utilizzati nelle simulazioni sono quelli riferiti a 10 anni dall'entrata in funzione del nuovo tracciato stradale e fanno quindi riferimento al 2020. I dati possono essere riassunti come di seguito descritto.

<b>TGM veicoli leggeri =</b>	<b>23.862 (bidirezionali medi)</b>
<b>TGM veicoli pesanti =</b>	<b>5.634 (19,10% dei totali - bidirezionali medi)</b>
<b>TGM veicoli totali effettivi =</b>	<b>29.496 (bidirezionali medi)</b>

<b>TGM equivalenti =</b>	<b>35129 veicoli equivalenti (bidirezionali medi)</b>
--------------------------	---

Il traffico notturno (tra le 22 e le 6) è stimabile in un 10% rispetto al diurno con una percentuale di traffico pesante pari al 40% del totale.

- Coefficienti di emissione calcolati con la metodologia CORINAIR relativamente al parco veicolare del 2005 come descritto nei paragrafi precedenti per i quattro inquinanti caratteristici CO, NO<sub>2</sub>, PTS, Benzene.

### 3.5.3 Risultati delle simulazioni

Il modello di simulazione fornisce come output mappe di isoconcentrazione per i quattro inquinanti simulati: monossido di carbonio, biossido di azoto, particolato totale e benzene all'altezza di 1 metro da terra.

Come si osserva dai risultati delle simulazioni i valori di concentrazione per tutti gli inquinanti sono abbondantemente al di sotto dei limiti normativi.

Il Monossido di Carbonio (CO) presenta concentrazioni intorno all'infrastruttura inferiori a 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Le concentrazioni risultano notevolmente inferiori rispetto allo standard di qualità dell'aria di 10 mg/m<sup>3</sup> prevista dal DPCM 28 marzo 1983.

Analoghi risultati si ottengono considerando le Particelle Totali Sospese (PTS). La loro concentrazione in condizioni sfavorevoli alla dispersione raggiunge al massimo 25 µg/m<sup>3</sup>, valore decisamente inferiore ai 150 µg/m<sup>3</sup>, standard di qualità dell'aria previsto dal DPCM del 28/03/83. Con tale modello di simulazione non è possibile stimare il valore del PM10, di conseguenza, non conoscendo la distribuzione dimensionale del particolato non è possibile fare considerazioni sulle concentrazioni di tale inquinante.

Per il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) si può osservare il rispetto dei limiti legislativi. Infatti, anche in condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti, ed in condizioni di traffico massimo, sono state calcolate concentrazioni massime pari a circa 45 µg/m<sup>3</sup> inferiori ai 200 µg/m<sup>3</sup>, standard di qualità previsto dalla normativa.

La concentrazione di benzene per il quale il DM 02/04/2000 prevede come limite per la salute umana da raggiungere entro il 2010 i 5.0 µg/m<sup>3</sup>. Dalla simulazione si ottengono valori che si attestano intorno ai 4,5-5 µg/m<sup>3</sup>, appena entro i limiti normativi. Tale risultato deriva assumendo un parco veicolare peggiorativo, dal punto di vista dei coefficienti di emissione, relativo al 2005 pertanto è prevedibile ritenere un rispetto dei limiti normativi per lo scenario al 2010.

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni di dispersione degli inquinanti, è possibile evidenziare che l'esercizio della variante alla SS N.7 Appia non porta a situazioni critiche per quanto riguarda la qualità dell'aria.

### 3.6 Effetti in fase di costruzione

In considerazione della tipologia dell'opera in progetto (per la descrizione approfondita delle attività di cantiere si rimanda allo studio della cantierizzazione parte integrante del progetto e riportato in sintesi nel Quadro di Riferimento progettuale), gli impatti sulla componente atmosfera riferibili all'area indagata sono riconducibili principalmente ad un problema d'immissione di polveri nei bassi strati dell'atmosfera, di deposizione al suolo e di emissioni dei mezzi d'opera correlati ai lavori.

Ai primi deve essere attribuito l'aumento delle concentrazioni dei prodotti di combustione del carburante, quali il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto, il benzene ed il particolato, mentre ai secondi si deve l'aumento delle concentrazioni di polveri in atmosfera. Particolarmente sentito risulta il problema delle polveri in prossimità delle attività di cantiere, polveri prodotte soprattutto dalla frantumazione, smarino e dal trasporto dei materiali. La natura delle polveri e di conseguenza la loro pericolosità per l'essere umano dipendono dalla tipologia dei materiali trattati: in questo caso si tratterà essenzialmente di minuscoli frammenti di materiale inerte proiettati in atmosfera dalle suddette attività.

La diffusione di polveri che si verifica nell'ambiente esterno in conseguenza delle attività di scavo e movimentazione di materiali rappresenta un problema molto sentito dalle comunità locali per due ordini di considerazioni:

- gli ambiti spaziali interessati dai fenomeni di dispersione e di sedimentazione del materiale particolato sono rappresentati da aree urbanizzate o coltivate, con possibile insorgere di problemi sanitari o di danni materiali;
- la dispersione e sedimentazione di polveri hanno effetti vistosi e immediatamente rilevabili dalla popolazione, trattandosi di fenomeni visibili anche a distanza (nubi di polveri) e che hanno la possibilità di arrecare disturbi diretti agli abitanti (deposito di polvere sui balconi, sui prati, sulle piante da frutto, sulle aree coltivate, etc.).

### 3.6.1 Previsione di impatti sui ricettori prodotti dai cantieri

Poiché nei tre cantieri operativi, proprio per ridurre al minimo l'inquinamento atmosferico prodotto dalle attività e dai mezzi di cantiere, si è definito un attento lay-out di cantiere che tiene conto del posizionamento delle fonti di emissioni atmosferiche impattanti, dell'utilizzo di barriere antipolvere o pannellature metalliche e dell'adozione di impianti e mezzi d'opera incapsulati e dotati di sistemi di abbattimento delle polveri, non si è ritenuto opportuno simulare l'impatto di tali cantieri sulla qualità dell'aria, in quanto si ritengono le azioni di mitigazione sufficienti a contenere i ricettori più vicini entro i limiti di legge. Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza le azioni di mitigazione integrative.

Al di fuori delle aree di stretta lavorazione, si è ritenuto invece opportuno valutare, anche numericamente, l'incremento di inquinamento atmosferico generato dal transito dei mezzi d'opera sulle strade circostanti l'area di lavorazione per mantenere sotto controllo i livelli di concentrazione dei vari inquinanti.

Lo studio è stato realizzato tramite l'uso del software previsionale Miskam che ha permesso di quantificare le concentrazioni degli inquinanti immesse presso i ricettori.

I transiti considerati nelle simulazioni derivano dallo studio di cantierizzazione, al quale si rimanda per eventuali approfondimenti, e possono essere sintetizzati nelle tabelle delle pagine successive.

A partire dai transiti dei mezzi pesanti sono stati calcolati, con la metodologia CORINAIR precedentemente descritta, i coefficienti di emissione da inserire come input nelle simulazioni.

Le simulazioni effettuate evidenziano incrementi ridotti di concentrazione degli inquinanti considerati. Queste concentrazioni sommate alla concentrazione di fondo rilevabili sono sicuramente trascurabili.

Iniziando da Piano di Piroli, la via di cantiere è costituita dal tracciato attuale dell'Appia ove i valori di transito attuale sono molto sostenuti (traffico intenso ed elevata velocità dei veicoli) e di conseguenza è presumibile che le concentrazioni attuali degli inquinanti siano elevati e gli incrementi dovuti ai transiti dei mezzi possono essere considerati trascurabili.



Un primo percorso interessato dal passaggio dei mezzi di cantiere, a servizio del Cantiere "Balzorile" si distacca perpendicolarmente dal tracciato attuale dell'Appia in Via Olivastro, gira perpendicolarmente su Via castagneto passando davanti al cimitero, per riconnettersi su Via Rotabile percorrendola fino all'incrocio con la strada di progetto per portarsi all'uscita della galleria Costamezza (tre ricettori residenziali impattati), in corrispondenza dell'area di cantiere. Il cimitero essendo perimetrato da un muro dell'altezza minima di tre mt. si ritiene non impattato.

La zona attorno a via Olivastro è una zona ad intensa attività umana (numerosi edifici industriali, commerciali, uno spazio espositivo per la vendita ambulante e la caserma

della polizia) la carreggiata è larga ed è attualmente interessata da medio-elevato transito di veicoli leggeri e pesanti; le zone successivamente incontrate sono caratterizzate dalla rada presenza di edifici a destinazione prevalentemente residenziale, l'unica zona densamente edificata è quella in prossimità dell'incrocio tra Via Rotabile e Via Pientime.

Un secondo percorso interessato dal passaggio dei mezzi di cantiere si trova più a sud, fuori dal centro abitato di Formia, nella zona del torrente Acquatraversa e connette l'area del Cantiere Base "Acquatraversa" con l'attuale var. SS 7 A; Il territorio attorno a questa seconda viabilità di cantiere è prevalentemente rurale con una limitata presenza di edifici abitativi.

In questa zona la viabilità di cantiere contribuisce in maniera ridotta all'innalzamento dei livelli di concentrazione degli inquinanti: la var. SS 7 A è infatti soggetta nell'intero arco della giornata a intensi flussi di traffico (leggero e pesante) che inducono elevati livelli di concentrazioni degli inquinanti.

## 4 Suolo e sottosuolo

### 4.1 Area di studio e ricettori interessati

L'analisi della componente suolo e sottosuolo ha preso in esame una porzione di territorio più vasta rispetto alla ristretta zona di inserimento progettuale al fine di valutare con accuratezza i potenziali elementi in condizione di interagire con il grado di inseribilità ambientale dell'opera, pur se da essa distanti.

L'area di studio è stata pertanto ampliata fino a comprendere tutto il settore meridionale dei rilievi carbonatici rappresentanti le estreme propaggini dei Monti Aurunci e la fascia terrigena sviluppata a valle (fino quasi alla fascia costiera) ed ad oriente degli stessi.

Nell'ambito di tale settore di analisi sono quindi stati ricercati quei ricettori (litotipi di fondazione, elementi tettonici interferiti o lambiti, morfologie significative) in grado di interagire con il progetto stesso. Relativamente alla componente suolo e sottosuolo la valenza dei ricettori è da considerarsi biunivoca, in quanto la loro rilevanza va ricercata sia dal punto di vista dei vincoli e dei condizionamenti che essi possono indurre sull'opera in progetto (è questo il caso della possibile presenza di dissesti o della presenza di terreni geotecnicalemente scadenti sui quali fondare alcune opere d'arte), sia delle modificazioni che essi possono subire a seguito della realizzazione delle opere stesse (ad esempio il rischio di innesco di decrementi delle qualità geotecniche di un terreno, oppure il danneggiamento di morfologie di rilevante interesse scientifico).

All'interno dell'area in esame, in particolare, sono stati individuati ricettori di entrambi i tipi: lineazioni tettoniche ed aree soggette a crollo, come elementi in grado di determinare impatti sul progetto, forme carsiche e terreni potenzialmente a rischio di modificazione delle caratteristiche geotecniche, come elementi potenzialmente in grado di essere alterati dalle azioni di progetto.

### 4.2 Riferimenti normativi

I principali riferimenti normativi da considerare a livello nazionale sono rappresentati da:

- Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n° 36 "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti".
  - Circolare Ministeriale LL.PP. 16 dicembre 1999, n° 349/stc - Decreto del Presidente della Repubblica n° 246 del 21 aprile 1993, art.8, comma 6 - Concessioni ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni e sulle rocce ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali.
  - Decreto Ministeriale 25 ottobre 1999, n° 471 - Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art.17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997 n° 22, e successive modificazioni.
  - Legge 9 dicembre 1998, n° 426 - Nuovi interventi in campo ambientale.
  - Decreto Ministeriale LL.PP. 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
  - Ord. P.C.M. n° 3316 del 2 Ottobre 2003 recante "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003" (l'Ordinanza riporta modifiche ed integrazioni alle Norme Tecniche per le costruzioni in zona sismica di cui agli allegati 2, 3 e 4 dell'Ordinanza n° 3274/03).
  - Ord. P.C.M. 20 marzo 2003 n° 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la Classificazione Sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
  - Legge 10 dicembre 1981 n° 741 pianificazione urbanistica in zone sismiche.
  - Legge 2 febbraio 1974 n° 64 pianificazione urbanistica in zone sismiche.
- 
- Delibera Giunta Regionale 01 agosto 2003, n° 766; Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003. Prime disposizioni.
  - L.R. 11 dicembre 1998, n° 53; Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della legge 18 maggio 1989, n°183.
  - Delibera Giunta Regionale 29 luglio 1998, n° 3888; Delega delle funzioni agli enti locali e direttive per l'esercizio delle funzioni in materia di difesa del suolo di cui agli artt. 17 punto h) e 34 delle leggi regionali del 05/03/1997 n° 4 e n° 5.

- Delibera Giunta Regionale 30 luglio 1996, n° 6215; Modificazione alla deliberazione della Giunta Regionale 04 luglio 1995 n° 5746 concernente: regio decreto-legge n° 3267/23 e successive modificazioni ed integrazioni e regio decreto n° 1126/26. Vincolo idrogeologico. Adozione delle determinazioni relative alle autorizzazioni a norma dell'art.7 del Regio decreto-legge n°3267/23 e degli articoli 20 e 21 del regio decreto 1126/26.
- L.R. 5 gennaio 1985, n° 4; Prime norme per l' esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Snellimento delle procedure.
- Circolare: Assessorato LL.PP. n° 769 del 23/11/1982: parere in base all'art. 13 della Legge 02/02/1974, n° 64. Modifiche alla circolare del 29/10/1980, n° 3317.
- Circolare: Assessorato LL.PP. Edilizia in zona sismica – parere in base all'art. 13 della Legge 02/02/1974, n° 64.

### 4.3 Caratterizzazione dello stato di fatto

L'area rilevata, ubicata nel settore nord-occidentale del Foglio n° 171 "Gaeta" della Carta geologica d'Italia, risulta inserita nel settore meridionale del Complessi dei Monti Aurunci, costituito da circa 4000 m di carbonati mesozoici in facies di piattaforma carbonatica laziale-abruzzese. Tale successione si interrompe nel Senoniano (circa 80 M.a. fa) per riprendere, nel Miocene con la deposizione dell'Unità dei "Calcari a briozoi e litotamni", non riscontrata nel settore in esame. Circa 10 M.a. fa, nel Messiniano-Tortoniano superiore si ha la deposizione delle Unità terrigene: "Flysch argilloso-arenaceo" (Valle Latina e Valle dell'Ausente) e delle "Argille con gessi" (Piana di Formia).

La successione prosegue, poi, con limitate placche ("Argille caotiche") di materiale alloctono (Aquitaniense-Oligocene) riconducibile ad unità Liguridi esterne. In discordanza con queste ultime, nonché con i carbonati mesozoici, vi sono i depositi ruditici di ambiente neritico riferibili al Pliocene inferiore. Sovrapposte in discordanza e a completamento della stratigrafia sopra descritta restano le unità quaternarie costituite da terre rosse, aree limitate di brecce continentali, detriti di falda, depositi fluviali e di spiaggia.

#### 4.3.1 Geomorfologia locale

Geomorfologicamente, il tracciato in progetto, attraversa due settori caratterizzati sostanzialmente dalla presenza, in affioramento, di due litotipi a differente evoluzione geo-morfologica: i depositi carbonatici e i depositi argillosi.

Il primo settore si estende dal Piano di Piroli fino alla località "La Fonte" a nord dell'abitato di Formia (circa a metà del territorio di studio). La morfologia di tale settore è condizionata essenzialmente dalla presenza in affioramento di coltri detritiche eterogenee (carbonati mesozoici) con terre rosse che ricoprono unità carbonatiche a tratti affioranti (Unità di Monte Petrella), la cui distinta resistenza all'erosione ha determinato la genesi di morfologie articolate, generalmente risalenti in quota verso nord-est, con angoli di pendio variabili intorno ai 15°-25°. In particolare sono presenti microfrane e macrofrane legate ad un modellamento carsico sia superficiale (lapiez, vaschette da dissoluzione a luoghi riempite da materiale residuale, marmitte di erosione, polye, doline), sia profondo (inghiottitoi e grotte)

Determinante, per lo sviluppo della fenomenologia carsica sono stati gli eventi deformativi di tipo fragile, sia compressivi che distensivi, che hanno interessato gli Aurunci occidentali dal Miocene all'Attuale. Essi, infatti, hanno prodotto un complesso reticolo di faglie e fratture lungo le quali si è potuta esplicare l'azione dissolutrice delle acque meteoriche; in particolare la dissoluzione è risultata più intensa lungo le principali linee di faglia e nei punti d'incrocio a maggior grado di fatturazione. Grotte di dimensioni rilevanti si osservano a S. Maria della Noce e a Costamezza. Inoltre, in tutta l'area di affioramento dei carbonati litoidi, si osservano microforme carsiche epigee e per quanto riguarda la morfogenesi dei versanti carbonatici, il loro andamento (valori medi dell'angolo di pendio compresi tra i 25° ed i 30°circa) deriva da una serie di processi erosionali di tipo areale, operati dagli agenti esogeni durante le fasi climatiche del Pleistocene. L'intensa fase erosionale di tale periodo ha prodotto un conseguente accumulo alla base dei materiali erosi (falde detritiche); mentre in epoca recente (Olocene) si sono avuti modesti accumuli di terre rosse anche in corrispondenza di vallecicole e più raramente lungo i pendii.

Il secondo settore si sviluppa tra la località "La Fonte" e la porzione di territorio che si estende fino a fine intervento. Tale settore presenta una morfologia condizionata

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

essenzialmente dalla presenza in affioramento di coltri detritiche o di unità argillose, "Argille con gessi" e "Argille caotiche", la cui resistenza media all'erosione ha determinato morfologie dolci, generalmente risalenti in quota verso nord, con angoli di pendio mediamente inferiori ai 10-15° o addirittura sub-orizzontali (tratto Acqualonga-S.Croce). Le pendenze risultano più accentuate (30°-40°) in corrispondenza delle sponde torrentizie (Fosso di Balzorile) o lungo le pendici di M. Campese ove affiorano i conglomerati pliocenici. Quest'ultimi, essendo di natura prevalentemente carbonatica e sovente fagliati, mostrano a luoghi forme carsiche come inghiottitoi e pozzi carsici.

I valori di pendenza del settore in esame, precedentemente indicati, sono legati alla già citata media erodibilità ed alle buone qualità tecniche delle Argille con gessi. Infatti, i versanti raramente sono soggetti a scorrimenti e colamenti, evolvendo piuttosto per lenti movimenti di creep o per eluvione delle coltri superficiali. Anche le aree dove affiorano le "Argille caotiche" sono caratterizzate da acclività mediamente inferiori ai 15° e sono state oggetto, sia in passato (terrazzamenti per scopi agricoli), sia in epoca recente (espansione urbanistica e viabilità) ad un discreto intervento antropico che in qualche caso ha creato le premesse a fenomeni di instabilità (frana di Via Solaro). In generale, tuttavia, le discrete qualità tecniche delle argille non dovrebbero consentire evoluzioni accelerate dei pendii legate alla sola azione della gravità.

Si evidenzia inoltre la discreta stabilità generale sia dei depositi detritici e sia dei conglomerati. A questi ultimi può solo ascriversi la potenziale deiezione di alcuni massi o blocchi ubicati lungo le pendici.

In particolare dal punto di vista geomorfologico, il tracciato progettuale attraversa, da occidente (lato Itri) la piana del Rio d'Itri, per poi entrare in galleria ed attraversare i rilievi dei Monti Aurunci che sulle sommità e su alcuni versanti presentano inghiottitoi e/o grotte, i quali potrebbero indicare l'esistenza di un reticolo carsico, la cui esistenza e/o sviluppo al momento si ignora. Proseguendo, in direzione di Minturno, l'infrastruttura attraverserà due conoidi detritico-alluvionali presenti una a nord dell'abitato di Formia (pro parte) e l'altra ad est di Monte Campese ("troncandola" all'incirca a metà del suo sviluppo longitudinale).

Sempre procedendo verso est (direzione Minturno), il tracciato si sviluppa lungo le pendici meridionali di Monte Campese, caratterizzate da rotture di pendenza, terrazzamenti, ma soprattutto dalla presenza di massi, blocchi che posti a contatto nella

porzione superficiale più alterata potrebbero mettersi in movimento in relazione alle fasi di scavo.

Di seguito viene riportato uno stralcio della scheda del Catasto della Provincia di Latina con l'elenco dei dissesti geomorfologici nel comune di Formia (aggiornato al 1998):

Codice	Tipo	Comune	Toponimo	Bacino	Stato evolutivo	Area	Litologia
F580	Crollo	FORMIA	R.Cia Laolatra	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0689	Calcari
F581	Crollo	FORMIA	R.Cia Spaccata	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,3195	Calcari
F582	Crollo	FORMIA	Pagliarello	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0221	Calcari
F583	Crollo	FORMIA	Pagliarello	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0200	Calcari
F584	Crollo	FORMIA	M. S. Angelo	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0856	Calcari
F585	Crollo	FORMIA	M. Vomero	rio s. croce	PALEO	0,1505	Calcari
F587	Crollo	FORMIA	Il Redentore	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0874	Calcari
F588	Crollo	FORMIA	Campo Dei Felci	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,1353	Calcari
F589	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0312	Calcari
F590	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	QUIES	0,1539	Calcari
F591	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0198	Calcari
F592	Crollo	FORMIA	Il Redentore	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0460	Calcari
F593	Crollo	FORMIA	Il Redentore	tra rio di itri e	PALEO	0,0296	Calcari

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

				rio s. croce			
F594	Crollo	FORMIA	C.Sta Carpine	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0337	Calcari
F595	Crollo	FORMIA	M. Sorgenza	rio s. croce	PALEO	0,0208	Calcari
F596	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0165	Calcari
F600	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0198	Calcari
F601	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0118	Calcari
F602	Crollo	FORMIA	Canale Dei Gradini	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0089	Calcari
F606	Crollo	FORMIA	Canale Sorgenza	rio s. croce	ATTIVA	0,1261	Calcari
F607	Crollo	FORMIA	Canale Bocca Di Rio	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0240	Calcari
F608	Crollo	FORMIA	Canale Bocca Di Rio	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0286	Calcari
F613	Crollo	FORMIA	C.Sta Capodino	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0548	Calcari
F615	Crollo	FORMIA	Fossato Termini	rio di itri	PALEO	0,0414	Calcari
F616	Colamento	FORMIA	C.Le Lenitro	rio s. croce	PALEO	0,0298	Sabbie E Ghiaie Fluviali
F617	Crollo	FORMIA	Forc.La Della Giaricheta	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0421	Calcari
F624	Crollo	FORMIA	M. S. Maria	tra rio di itri e rio s. croce	ATTIVA	0,0427	Calcari
F625	Scorrimento	FORMIA	Balzorile	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0585	Sabbie e Ghiaie

F627	Crollo	FORMIA	M. S. Maria	tra rio di itri e rio s. croce	PALEO	0,0583	Calcari

Da tale elenco si evince che la tipologia più diffusa è il crollo, che interessa i calcari, mentre notevolmente meno diffusi risultano essere i fenomeni di colamento e scorrimento (peraltro non più attivi). Molte di tali aree di dissesto sono fuori del territorio in esame, ma nell'elaborato grafico "Indirizzi di tutela derivanti dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) – rischio idraulico e rischio geologico" si può osservare come l'Autorità di Bacino estenda alla quasi totalità dei rilievi di Formia l'area di attenzione per pericolo di frana, confermando sostanzialmente il lungo elenco sopra riportato e la caratteristica di predisposizione al crollo/frana dei rilievi del territorio formiano.

Ricapitolando, gli elementi morfologici riscontrati nell'area evidenziano un quadro morfologico dominato generalmente da processi dovuti alla forza di gravità (crolli, scarpate di degradazione), subordinatamente, a fenomeni legati alle acque di superficie (alvei in approfondimento, conoidi alluvionali), senza dimenticare la presenza di inghiottitoi e grotte (carsismo). Le forme ed i processi relativi sono stati riportati in carta mediante opportune simbologie.

#### 4.3.2 Geologia locale

Nell'area in esame è possibile riconoscere in superficie almeno sette unità litostratigrafiche distinte:

- Unità di Monte Petrella (Dogger – Paleocene)
- Unità di Montuaccio (Creta superiore – Paleocene)
- Unità delle Liguridi esterne – "Argille caotiche" (Aquitano – Oligocene)
- Unità delle "Argille con gessi" (Messiniano – Tortoniano superiore)
- Unità dei "Conglomerati neritici" (Pliocene inferiore)
- Unità dei Depositi alluvio-colluviali (Olocene)
- Unità dei depositi fluviali "Alluvioni recenti" (Olocene)

Partendo dal più recente al più antico, nell'elaborato grafico allegato “Carta geologica”, alcune delle sopra descritte unità sono state “semplificate/accorpate” con i seguenti termini:

- Alluvioni recenti (*Olocene*);
- Depositi alluvio-colluviali (*Olocene*);
- Conglomerati neritici (*Pliocene inferiore*);
- Argille con gessi (*Messiniano – Tortoniano superiore*);
- Argilliti grigie, nere, verdi con siltiti grigio-gialle (*Aquitaniense – Oligocene*);
- Unità di Montuaccio (*Creta superiore – Paleocene*);
- Unità di Monte Petrella (*Dogger – Paleocene*).

Pertanto, per la descrizione di dettaglio delle singole formazioni si rimanda allo Studio Geologico-geotecnico di dettaglio (soc. Geoter srl) allegato al Progetto.

Di seguito viene riportata una breve descrizione delle litologie presenti nell'area con cui l'opera in esame dovrà interagire:

#### UNITA' DI MONTE PETRELLA

Comprende le strutture carbonatiche della scaglia più esterna, che sono costituite da *mudstones* e *wackstones* a peloidi e foraminiferi bentonici; *mudstones* dolomitici laminati con strutture inter-sopratidali (loferiti); *mudstones* stromatolitici; *mudstones* sterili o con ostracodi e Characee; *mudstones* e *wackstones* con fossili interi (Calcarei a Requienie, Calcarei a Perne); *packstones* e *grainstones* a peloidi e intraclasti con foraminiferi bentonici e alghe dasycladacee; *rudstones* e *floatstones* litoclastici di riempimento di canali tidali; livelli verdastri marnoso-argillosi a Orbitolina; *packstones* e *grainstones* oolitici o bioclastici di spiaggia e barra di laguna. I limiti con le altre unità sono di natura tettonica, tranne quelli con le unità quaternarie che sono di trasgressione. La sua età va dal Dogger al Paleocene.

#### UNITA' DI MONTUACCIO

Comprende le strutture carbonatiche della scaglia più interna, sovrascorsa sulla unità di M. Petrella, che sono costituite da *packstones* e *grainstones* con foraminiferi bentonici (Cuneoline, Orbitoline, Dicycline e Alveoline), alghe verdi e frammenti di rudiste; *mudstones* e *wackstones* a peloidi, a volte dolomitici, sterili o scarsamente fossiliferi (Miliolidi, Ostracodi, Rotaline, Characee, piccoli Gasteropodi); banchi fangosi a rudiste

(Radiolitidi) spesso in posizione di vita; *mudstones* dolomitici laminati e bioturbati con strutture intersopracotidali. I limiti con le altre unità sono di natura tettonica, tranne quelli con le unità quaternarie che sono di trasgressione. La sua età va dal Cretaceo superiore al Paleocene.

#### UNITÀ DELLE LIGURIDI ESTERNE – “ARGILLE CAOTICHE”

È rappresentata da sedimenti pelagici costituiti da argilliti grigie, nere, verdi e rosse e siltiti grigie e gialle, caoticizzate e tettonizzate (clivaggio pervasivo e piani di taglio), inglobanti blocchi lapidei estremamente eterogenei, sia come litologia che come dimensioni e note in letteratura come “Argille Varicolori” ed “Argille Caotiche”. Sono stati riconosciuti secondo gli autori elementi di “Pietra paesina” e di Pietraforte, di “Scaglia rossa”, di calcari marnosi verdastri, calcari silicei e calcareniti a macroforaminiferi (CIVITELLI & CORDA, 1988). Sono state osservate frequenti patine manganesifere, attribuibili a sedimentazione emipelagica in bacini più interni. I limiti con le altre unità sono di natura tettonica. In località Pietime è coperta in trasgressione dalla unità delle “Argille con gessi”. L'età della sua messa in posto in falda è attribuibile all'Aquitaniense-Oligocene.

#### “ARGILLE CON GESSI”

È costituita da argille siltose e sabbie argillose plumbee, sottilmente stratificate e laminate, spesso bituminose, molto micacee, a cui si intercalano cristalli, lenti e banchi di gesso selenitico, gessoareniti e laminiti gessifere. I limiti con le altre unità sono di natura tettonica e trasgressiva. A Pietime-Rave Rosse poggia in trasgressione sulla unità delle Liguridi esterne ed è coperta in trasgressione dai Conglomerati neritici di Colle S. Antonio. La presenza di gessi fa riferire questa unità al “ciclo messiniano”, con sedimentazione in ambiente infralitorale-salmastro. Le faune presenti in alcuni livelli sono caratterizzate da piccoli globigerinidi distrofici (*Globorotalia globorotaloidea*, *G. incompta*, *G. mayeri*, *G. pseudopachyderma*, *G. scitula*, *Globigerina quinqueloba*, etc.), bulimine degenerate (*B. echinata*) e altri bentonici (BERGOMI *et al.*, 1969). La sua età è riferibile al Messiniano-Tortoniano superiore.

#### CONGLOMERATI NERITICI

È prevalentemente conglomeratica, con puddinghe e breccie poligeniche cementate. Gli elementi che le compongono, non classati e con diametri centimetrici a pluridecimetrici, sono rappresentati da calcari, arenarie, marne e calcari marnosi verdastri. Talora si osservano, intercalati nei conglomerati, calcareniti giallastre, arenarie grigie e argille sabbiose grigio-verdastre. Poggia in trasgressione sulle unità più recenti sottostanti. L'ambiente di deposizione è quello marino infralitorale. Nelle intercalazioni argilloso-sabbiose secondo gli autori si trovano abbondanti foraminiferi bentonici (*Cibicidoides italicus*, *Lenticulina clerici*, *Marginulina costata*, *M. hirsuta*, *Orthomorphina bassanii*, etc.) e, meno frequenti, planctonici (*Globorotalia bononiensis*, *G. puncticolata*) (CATENACCI & MOLINARI, 1965). La sua età è riferibile al Pliocene inferiore.

#### DEPOSITI ALLUVIO-COLLUVIALI

In questa sono stati inclusi le breccie di pendio cementate, i depositi di conoide alluvionale, i detriti di falda, terre rosse e suoli nonché i depositi alluvionali dei fossi le porzioni superficiali più alterate delle formazioni argillose affioranti. Le breccie di pendio si presentano in banchi e strati più o meno tenaci. La matrice, più o meno abbondante, è sabbioso-limoso-terrosa ed il cemento è calcareo. I clasti, di dimensioni molto variabili da centimetriche a pluridecimetriche, sono carbonatici; il loro grado di elaborazione è scarso o nullo. Le breccie affioranti a Fossatello Bonaluro, Rialto e La Fornace-Le Fosse sono ossidate e ferrettizzate con spessore massimo in affioramento di circa alcuni metri. Sono stati osservati scarsi resti di gasteropodi continentali (*Cepaea nemoralis*, *Pomatias elegans*, etc.). I detriti di falda compaiono lungo i bordi S e W dell'area studiata, coprendo in affioramento le porzioni inferiori dei versanti. Sono costituiti da clasti eterometrici e carbonatici, generalmente sciolti, con matrice terrosa che a volte può essere abbondante; raggiungono spessori massimi di pochi metri. Le terre rosse compaiono in maniera significativa nella porzione E (Piano di Piroli, Campitello) dell'area studiata e lungo il bordo S dove si uniscono ai detriti e ai suoli. Esse sono legate alla dissoluzione dei carbonati. Depositi di terre rosse di spessore variabile/esiguo e discontinui sono stati osservati all'interno dei rilievi carbonatici e soprattutto lungo il versante N di Costamezza, dove riempiono microforme carsiche. I depositi alluvionali/colluviali a prevalente componente coesiva sono stati individuati localmente nelle arree del Piano di Piroli a Balzorile ed Acqualonga. La sua età è riferibile all'Olocene.

#### ALLUVIONI RECENTI

Comprende limi e sabbie con abbondante frazione argillosa, talora prevalente, spesso alternati con depositi ghiaiosi poligenici. Sovente, sono abbondanti le intercalazioni di detrito di falda. I rapporti con le altre unità quaternarie sono di eteropia di facies, laterale e verticale. La sua età è riferibile all'Olocene.

Per la caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi e delle terre presenti nell'area in esame si rimanda alla Relazione geologico-tecnica prima citata ed allegata al presente Progetto.

Per quanto concerne l'assetto strutturale dei Monti Aurunci, attraversati dall'infrastruttura di progetto, essa è il risultato di eventi deformativi di tipo fragile, sia compressivi, sia distensivi, a cui si sovrappongono le "Argille caotiche". Dopo queste ultime si ha la deposizione del *flysch* in bacini (Valle Latina, Valle dell'Ausente e parte della Piana di Formia) che circondano il settore carbonatico rimasto emerso (lacuna). Lungo il margine meridionale dell'area emersa (Piana di Formia) si depongono, invece, in *facies* sopralitorale-salmastra, le "Argille con gessi" in prevalenza sulle argilliti varicolori. L'intera catena aurunca viene successivamente investita da ulteriori eventi deformativi che finiscono per coinvolgere parte delle "Argille caotiche" e dei depositi torbiditici. Nell'area di studio si evidenzia una struttura sostanzialmente a falde embricata con diverse famiglie di faglie: trascorrenti destre e dirette N-S; trascorrenti sinistre NE-SW; trascorrenti dirette NW-SE; trascorrenti destre ENE-WSW; dirette E-W. Infine, alla tettonica in fase orogenica, si somma quella deistensiva del margine tirrenico che interessa l'area dal Pliocene all'Attuale e si esplica riutilizzando zone precedentemente tettonizzate, tra le quali la faglia a direzione E-W (da Maranola a Campodivivo) che separa la struttura carbonatica dalla piana terrigena.

In particolare, il tracciato progettuale nella sua porzione più occidentale (lato Itri) in località Piano di Piroli si sviluppa prevalentemente su una coltre alluvio-colluviale (con prevalenza di terre rosse), argillosa ed alterata relativamente spessa, e subordinatamente sulle alluvioni (con clasti calcarei localmente abbondanti) del Rio d'Itri.

Al di sotto dei sedimenti sopra citati è molto probabile (mancano sondaggi in loco) l'intercettazione dei depositi calcarei dei Monti Aurunci e l'avvicinamento al rilievo di Costa Mezza vede diminuire progressivamente lo spessore dei termini di copertura ed aumentare la presenza dei calcari e delle dolomie della cateana aurunca. Pertanto, eccezion fatta per un breve tratto iniziale, in cui la galleria “Costamezza” sarà realizzata nei depositi alluvio-colluviali, la maggior parte dello sviluppo della stessa avverrà prevalentemente all'interno dei calcari e calcari dolomitici del settore meridionale dei Monti Aurunci, caratterizzati da valori dell'Indice RMR (Bieniawski, 1989) che assimilano tali ammassi rocciosi mediamente alla classe II: Roccia buona. Verso la sezione 206 le litologie attraversate dalla galleria cambiano e l'opera passerà attraverso i conglomerati neritici, tornando all'aperto nelle “Argille caotiche” (imbocco est). La caratteristica peculiare dell'attraversamento in tali litologie è la presenza di fasce milonitiche, in corrispondenza di faglie, ove le rocce perdono i loro caratteri originari. Tali fasce si ritrovano almeno in sette punti di cui i più importanti si riscontrano durante lo sviluppo della galleria “Costamezza” e successivamente in altri due punti al passaggio con le altre litologie che si appoggiano in trasgressione sui calcari mesozoici.

Successivamente il tracciato si sviluppa all'aperto per circa 350 m alternando tratti allo scoperto ed in galleria che presumibilmente saranno fondati sulle argille. Al di sotto di una esigua copertura argilloso-detritica potrebbero riscontrarsi le “Argille caotiche”, le quali nella porzione più superficiale risultano alterate e pertanto possono ritenersi geotecnicamente scadenti per spessori esigui. All'approssimarsi dell'intercettazione con Monte Campese il terreno di imposta potrebbe essere costituito dalle “Argille con gessi”, le quali seppure differenti dal punto di vista strettamente litologico e stratigrafico rispetto alle “Argille caotiche” assumono comportamenti geotecnici simili negli strati superficiali, mentre con l'aumento della profondità migliorano decisamente i parametri di resistenza a rottura. Le carreggiate progettuali proseguono poi, sempre nelle argille e per un buon tratto sia la galleria artificiale “Monte Campese 1°”, sia una buona parte della galleria artificiale “Monte Campese 2°” si troveranno all'interno delle “Argille caotiche” dalle mediocri caratteristiche geotecniche; la restante porzione di galleria “Monte Campese 2°” poi continuerà a svilupparsi all'interno dei Conglomerati neritici fino all'imbocco est. Successivamente il tracciato progettuale si sviluppa al passaggio tra i conglomerati e la copertura argillosa alluvio-colluviale al di sotto della quale si ritrovano le “Argille

caotiche”. Da notare che i conglomerati dal punto di vista geomeccanico possono essere assimilati a terre granulari da addensate a molto addensate, eccezion fatta per le porzioni più superficiali alterate.

Il resto del tracciato si svilupperà sui termini argillosi e per una quota parte sui depositi superficiali alluvio-colluviali (caratteristiche geotecniche scadenti), all'interno dei quali, a luoghi, si possono riscontrare falde sospese.

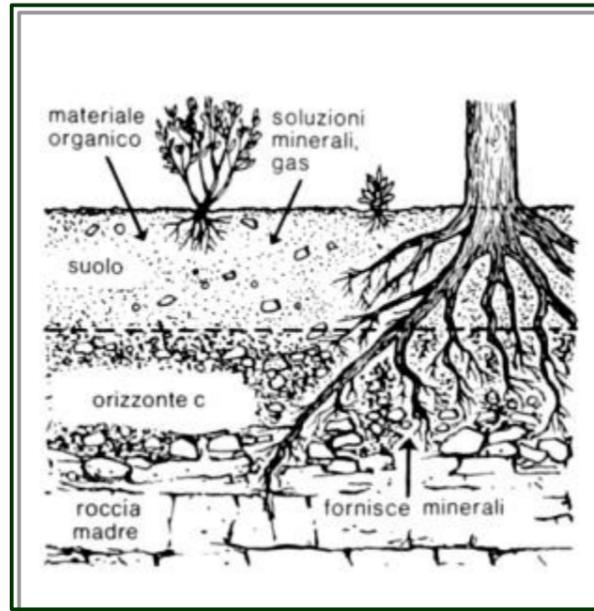
#### **4.3.3 Caratterizzazione pedologica e di uso del suolo dell'area progettuale**

Il suolo è quel corpo naturale con determinate caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche attraverso il quale si esplicano le funzioni di nutrizione e supporto per le piante. Esso è uno strato relativamente sottile che costituisce la parte superiore della crosta terrestre ed è il prodotto della disgregazione chimico-fisica delle rocce sotto l'effetto combinato delle condizioni atmosferiche e dei micro e macro-organismi. Tale processo è influenzato dalla morfologia, dalle acque superficiali e sotterranee e, sempre più negli ultimi tempi, dall'attività umana.

Importante e fondamentale è la differenza tra *suolo naturale* e *suolo agrario* (lavorato).

Il *suolo naturale* si origina per azione di agenti fisici, chimici e biologici, cioè la roccia madre (substrato geologico), gli elementi del clima (calore solare ed acqua), la morfologia e gli organismi vegetali ed animali, in un arco di tempo mediamente lungo: esso ospita associazioni vegetali naturali (spontanee).

Il *suolo agrario* è il risultato, oltre che dei suddetti fattori pedogenetici, dell'attività dell'uomo; pertanto tali suoli sono modificati dall'uomo allo scopo di ottenere la massima produttività.



La figura sopra riportata mostra un profilo-tipo del suolo e dei suoi principali orizzonti, poiché non tutti i suoli hanno tutti i suddetti orizzonti, ma ogni suolo ne ha qualcuno. Quando si forma un suolo si ha un susseguirsi di processi di alterazione. La prima serie di questi interessa la *roccia madre* e dà origine ad un materiale detto substrato *pedogenetico*; questo subisce a sua volta varie trasformazioni per cui si differenziano in esso alcuni orizzonti, il cui numero dipende dal grado di evoluzione del profilo: solo a questo stadio si può parlare di suolo. Gli orizzonti A e B, che si sono originati dai processi della pedogenesi, costituiscono il suolo vero e proprio o *solum*, mentre il substrato pedogenetico C è derivato quasi esclusivamente dai processi geologici di alterazione chimica e fisica. L'orizzonte superiore A è quello più ricco di humus che viene impregnato dalle acque di pioggia; nell'orizzonte B si accumula una parte delle sostanze dilavate dall'orizzonte soprastante A.

È uso comune, in caso di realizzazione di fabbricati e/o infrastrutture ed in generale di costruzioni, che le loro fondazioni di norma poggino (o si spingano in profondità) direttamente sulla roccia madre, in quanto quest'ultima offre, rispetto al suolo, maggiore

resistenza alla compressione. In tali casi la roccia madre costituisce il terreno di fondazione ed il suolo viene asportato/decorticato.

Suolo naturale (non coltivato)	Suolo (terreno) agrario
Orizzonte A (suolo propriamente detto o "solum")	Strato attivo o arabile o lavorato (fino a 40/60 cm di profondità)
Orizzonte B	Strato inerte
Substrato pedogenetico C	Sottosuolo
Roccia madre R (sinonimi: substrato geologico, roccia inalterata, sottosuolo, roccia in posto)	

Nel caso specifico, in base ai dati e allo studio della Provincia di Latina redatto dalla Dott.ssa Antonia Arnoldus-Huyzendveld (pedologa), è stato possibile allegare al presente Studio, due elaborati grafici concernenti uno la ripartizione dei diversi tipi di suolo afferenti al corridoio di indagine e l'altro la capacità d'uso dei suoli, nello stesso corridoio. Per ciò che concerne il panorama provinciale di Latina, sono state raggruppate 147 Unità Pedologiche riconosciute in una legenda semplificata di 100 voci; mentre per quanto riguarda lo stato di fatto del corridoio infrastrutturale esaminato nel presente Studio, le voci di legenda della "Carta dei suoli" sono dodici e le Classi di capacità d'uso della Carta omonima sono cinque, contro le otto totali presenti nella Classificazione della *Land Capability*. Per una trattazione più ampia e dettagliata si riporta una legenda omnicomprensiva delle due non accorpate che compaiono sulle carte: "Carta dei suoli" e "Carta della capacità d'uso dei suoli".

CARTA DEI SUOLI		CARTA DELLA CAPACITÀ D'USO DEI SUOLI		
CODICE	Tipo di suolo	Roccia madre	Classi di capacità d'uso	Sottoclassi di Capacità d'Uso / limitazioni
A2	Suoli molto profondi, a tessitura fine, leggermente pietrosi	Alluvioni di fondovalle	II: suoli che presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo
C1	Suoli mediamente profondi, a tessitura media, leggermente pietrosi	Conoidi alluvionali subpianeggianti	III: suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo w: limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua nel profilo
D4	Suoli profondi a tessitura fine	Alluvioni di fondovalle	III: suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo
F2	Suoli profondi, a tessitura fine, leggermente inclinati	Depositi colluviali calcarei	II: suoli che presentano moderate limitazioni che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo
F5	Suoli mediamente profondi, a tessitura fine, pietrosi, con crosta calcarea, inclinati o moderatamente ripidi	Depositi colluviali calcarei	IV: suoli che presentano limitazioni molto severe, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo w: limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua nel profilo
I1	Suoli poco profondi o sottili a tessitura fine, pietrosi, inclinati o moderatamente ripidi	Conglomerati	IV: suoli che presentano limitazioni molto severe, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo w: limitazioni legate all'abbondante presenza di acqua nel profilo
L1	Suoli poco profondi, a tessitura medio-fine, moderatamente ripidi	Argille	IV: suoli che presentano limitazioni molto severe, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo

			coltivazione	
L2	Suoli mediamente profondi, a tessitura medio-fine, inclinati	Argille	III: suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative	e: limitazioni legate al rischio di erosione s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo
L3	Suoli mediamente profondi, talvolta poco profondi a tessitura medio-fine, moderatamente ripidi	Argille con detrito carbonatico	III: suoli che presentano severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative	e: limitazioni legate al rischio di erosione s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo
M1b	Suoli sottili o poco profondi, a tessitura fine, moderatamente pietrosi o pietrosi, ripidi	Calcari	VII: suoli che presentano limitazioni severissime, tali da mostrare difficoltà anche per l'uso silvo-pastorale	s: limitazioni legate a caratteristiche negative del suolo
M1c	Suoli poco profondi o sottili, a tessitura fine, moderatamente pietrosi o pietrosi ripidi	Calcari	VI: suoli che presentano limitazioni severe, tali da renderli inadatti alla coltivazione e da restringere l'uso, seppur con qualche ostacolo, al pascolo, alla forestazione o come habitat naturale	e: limitazioni legate al rischio di erosione
M1g	Suoli mediamente o poco profondi, a tessitura medio-grossolana o medio fine, leggermente o non pietrosi, ripidi	Calcari	VI: suoli che presentano limitazioni severe, tali da renderli inadatti alla coltivazione e da restringere l'uso, seppur con qualche ostacolo, al pascolo, alla forestazione o come habitat naturale	e: limitazioni legate al rischio di erosione

In particolare, lungo il tracciato, dal lato Itri, la porzione settentrionale della rampa dello Svincolo "Itri" è situata su un suolo mediamente profondo, pietroso, con limitazioni molto severe per quanto riguarda l'utilizzo in agricoltura a causa della pietrosità elevata e dell'abbondante presenza di acqua nel profilo. Tale suolo "accompagna" anche la porzione di tracciato fino all'imbocco Ovest della Galleria "Costamezza" e risulta essere in buona parte anche il costituente del terreno su cui si andrà ad impiantare il Cantiere Industriale Itri. Quest'ultimo, nella porzione più occidentale, verso il Rio d'Itri, poggia su un suolo profondo che però presenta severe limitazioni per la scelta delle colture da impiantare a causa della tessitura argillosa dell'orizzonte superficiale, con cambiamenti pronunciati nel volume in correlazione con i cambiamenti nell'umidità.

A dispetto della descrizione non molto positiva dei suoli sopra riportati, la "Carta dell'uso del suolo" riporta, per le aree sopra citate, un uso a seminativi e colture ortensi, pertanto se ne deduce che con un buon sistema di irrigazione (presenza di una captazione della falda sottostante) ed i moderni sistemi di concimazione e lavorazione agrari le caratteristiche del suolo volgono ad un costante miglioramento.

Dalla sezione 15 fino alla 205 circa, proseguendo verso est, il tracciato entra in galleria, ma sulla verticale a notevole distanza dalla livelletta dell'opera, i suoli presenti in superficie sono sostanzialmente derivati dall'alterazione di rocce calcaree, pertanto sono poco profondi, più o meno pietrosi e suddivisi alternativamente in classe VI e VII, cioè adatti sostanzialmente al pascolo ed alla forestazione con limitazioni legate al rischio dell'erosione ed alle caratteristiche negative del suolo stesso, poiché essenzialmente dotati di scarsa profondità utile. Infatti, dalla "Carta dell'uso del suolo", tale porzione di territorio possiede una copertura boschiva e subordinatamente arbustiva di origine sia naturale, sia seminaturale.

Sempre dall'elaborato grafico dell'uso del suolo, dalla sezione 205 fino a fine intervento, il territorio formiano è organizzato ad uliveti e subordinatamente a seminati e/o colture ortensi, a luoghi con rare aree boscate, concentrate lungo i corsi d'acqua. Tale assetto è molto positivo, considerato che i suoli di imposta non posseggono caratteristiche eccellenti. Infatti, sempre, procedendo in galleria, sulla verticale del tracciato, dopo la sezione 205, il suolo (L3) che si riscontra fino all'imbocco est della Galleria Costamezza (sezioni: 225-230) è mediamente profondo, talvolta poco profondo, impostato su una roccia madre prevalentemente argillosa e che risulta adatto all'agricoltura con severe limitazioni, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative, poiché caratterizzato anche dal rischio moderato di erosione e da una profondità utile limitata.

Caratteristiche simili si riscontrano anche dalla sezione 230 circa fino alla 255 (L1), ma con limitazioni di un grado più severo (IV classe), poiché la profondità utile è molto limitata.

Dalla sezione 250 alla sezione 270 circa, il suolo assume proprietà leggermente migliori (III classe), si approfondisce un po' ed aumenta il contenuto in acqua nel profilo, anche se quest'ultimo aspetto ne limita, in maniera moderata, la capacità d'uso. Da notare, però, che in quest'ultimo tratto il tracciato progettuale è in larga parte in galleria,

esattamente con la galleria artificiale "Balzorile 2°", tuttavia, l'interferenza è legata proprio alla tipologia costruttiva che vede uno scavo a cielo aperto con asportazione del suolo precedentemente descritto.

Proseguendo, l'infrastruttura stradale attraversa, dalla sezione 270 alla sezione 315 circa, un suolo (L2) caratterizzato da una profondità media con severe limitazioni riguardo all'uso per l'agricoltura, legate ad un moderato rischio di erosione idrica e ad una profondità utile limitata.

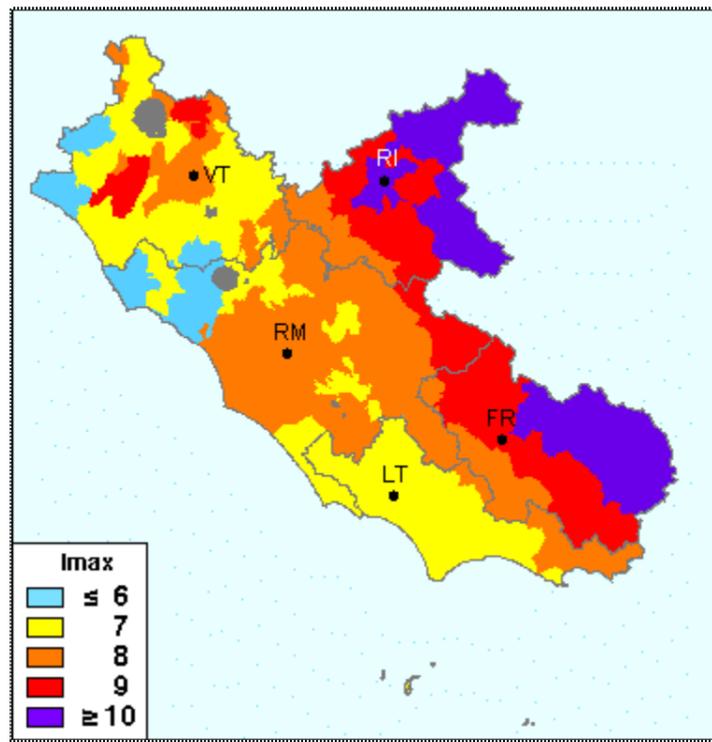
Infine, dalla sezione 315 fino a fine intervento, il suolo su cui passa l'infrastruttura è classificato come C1, ovvero con caratteristiche di media profondità e leggermente pietroso e con severe limitazioni legate sia alle caratteristiche negative del suolo, sia alla rilevante presenza di acqua nel profilo.

Per ciò che concerne l'Alternativa di tracciato posta tra le sezioni 230 e 390 circa, dei tratti all'aperto (considerato che il tratto in galleria è naturale) l'attraversamento, per la porzione orientale, è caratterizzato da suoli (L1, classe IV, s) derivanti da rocce prevalentemente argillose, mentre per la restante porzione all'aperto, occidentale, il suolo deriva da conoidi alluvionali subpianeggianti (C1, classe III, s, w).

Dall'analisi dei dati e del panorama formiano finora esposti, si evince che, complessivamente, il territorio viene utilizzato al meglio delle sue possibilità, pertanto al fine di mantenere e ricostituire gli equilibri finora raggiunti si ritiene opportuno adottare soluzioni di ripristino che mantengano e/o preservino tali equilibri.

#### **4.3.4 Caratterizzazione sismica dell'area**

Il Comune di Formia è classificato tra i comuni sismici di II categoria (Zona 2) sia in base alla classificazione del D.M. 7/3/1981, sia in base alla nuova normativa Ordinanza della PCM n. 3274 / 2003. Pertanto il grado di sismicità è  $S = 9$  e coefficiente di intensità sismica pari a  $C = 0.07$ , con valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ ) pari a valori compresi tra 0,15 e 0,25.



Per ciò che concerne la massima intensità macrosismica osservata, per il Comune di Formia il valore 8 è medio-alto, ma non risultano esservi stati epicentri localizzati nel territorio comunale, né in prossimità. Va altresì ricordato che la vicinanza con le strutture appenniniche subito a monte e ad oriente contribuisce ad alimentare eventuali risentimenti anche a Formia e dintorni.

#### 4.4 Aree sensibili

Ai fini della definizione degli impatti il tracciato è stato suddiviso in cinque tratti, ed è stata inoltre considerata l'Alternativa di Progetto:

1. TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza;
2. TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza
3. TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2°
4. TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2° a inizio sottopasso Via Appia;

5. TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto;
6. ALTERNATIVA DI TRACCIATO: dalla sezione 230 alla 390 circa

##### 4.4.1 Suolo

###### TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza

In tale porzione di territorio, il tracciato progettuale attraversa in massima parte una porzione di suolo (F5) con caratteristiche scarsamente buone, data la insufficiente profondità utile e l'elevata pietrosità. Leggermente migliore è invece il suolo (D4) su cui insiste la porzione minore dell'infrastruttura ed una quota parte del Cantiere Industriale "Itri". Tale suolo, infatti, proviene dall'alterazione delle alluvioni di fondovalle del fiume Itri ed in generale i suoli che si originano da tali terreni sono porosi, permeabili, sciolti ed anche profondi; le capacità idriche di ritenuta sono piuttosto elevate e proporzionate alla composizione granulometrica. Riguardo ai caratteri chimici, la dotazione in elementi nutritivi è discreta ed il contenuto di humus ha valori medi che oscillano dal 2 al 4%. In particolare, quelli afferenti alla zona in esame, possono presentano il carattere tipico dei "vertisuoli", cioè prevalentemente argillosi e con limitazioni rappresentate dalle difficoltà di drenaggio superficiale. Pertanto l'area maggiormente sensibile potrebbe essere relegata al solo attraversamento del suolo D4.

Tuttavia occorre precisare, che in tali suoli, pur non essendo particolarmente favorevoli per l'uso agricolo, attraverso lo sfruttamento delle risorse idriche sottostanti, l'uomo è riuscito ad impiantare colture ortensi e seminativi.

###### TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza

Tale tratto essendo in galleria (imbocchi esclusi, poiché compresi negli altri tratti) non sarà trattato per questo aspetto, vista la non interferenza con il suolo.

###### TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2

Il tracciato di progetto attraversa, complessivamente due "famiglie" di suoli: L1 - L2 - L3 e C1. Di questi due accorpamenti, il suolo che presenta limitazioni molto severe è L1 (classe IV); mentre i restanti appartengono alla classe III, che comunque presenta aspre limitazioni. Inoltre, tutti i suoli sopra citati, senza alcuna eccezione, sono classificati con

sottoclasse **s**, cioè con limitazioni dovute alle caratteristiche in generale negative del suolo, ma mentre L2 ed L3 sono anche legati ad un moderato rischio di erosione idrica (direttamente proporzionale all'acclività dei versanti), il suolo C1 (su conoide alluvionale) possiede anche una capacità idrica di ritenuta molto bassa. Pertanto le aree sensibili, ove la risorsa suolo è da preservare di più rispetto alle altre, comprendono per una buona percentuale, quasi tutto il Tratto 3, eccezion fatta per la porzione che si estende dalla sezione 230 alla 255 circa. Leggermente diverso è il discorso per quanto riguarda l'ubicazione del Cantiere Industriale "Balzorile", poiché esso di fatto viene a trovarsi per una parte su suolo L3 (classe III, sottoclassi e ed s) e per un'altra su suolo L1 (classe IV, sottoclasse s); quindi la parte afferente al suolo L3 sarà più sensibile rispetto alla porzione relativa al suolo L1. Ricordando inoltre che in quest'area, come nel proseguo del tracciato di progetto, insistono su tali suoli delle coperture estese di uliveti, si ritiene che la sensibilità vada comunque estesa a tutto il tratto, con un grado più elevato nella zona coincidente con il suolo L3.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

In tali tratti l'infrastruttura stradale percorre sempre la stessa porzione di territorio caratterizzata dal suolo C1 (classe IV, sottoclassi s e w). La roccia madre è ascrivibile ad una conoide alluvionale subpianeggiante e tali suoli sono mediamente pietrosi e mediamente spessi; la capacità idrica di ritenuta è molto bassa (sottoclasse w, infatti) e la profondità utile limitata. Tuttavia, data la modestissima pendenza e la stabilità del detrito, ormai, tale porzione di territorio ospita colture come uliveti, seminativi e colture ortensi; inoltre, lungo le sponde del torrente Acquatraversa ed il fosso di Marmorano si è sviluppata una abbondante vegetazione igrofila e nell'area golenale afferente al torrente Acquatraversa si è impiantata una vegetazione igrofila più evoluta. Pertanto, la sensibilità di tali tratti è comunque mediamente elevata.

**Alternativa di tracciato**

Se per il tratto in galleria, l'interferenza si riduce a nulla, restano i tratti all'aperto che si attestano rispettivamente su L1, ad oriente e C1 ad occidente. Entrambi i suoli

attraversati possiedono limitazioni legate alle proprietà scadenti del suolo stesso, tuttavia ambedue attualmente sono sede di coltivazioni ad uliveti.

**4.4.2 Sottosuolo**

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

In tale tratto, dalla rampa di monte dello svincolo (sezione 1) fino alla sez. 15 circa, diversi rilevati e trincee (anche di dimensioni rilevanti) insistono su depositi recenti non consolidati e di natura prevalentemente argillosa. Pertanto in coincidenza con tali opere vi sarà una alterazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati, che si risolve nel tempo con cedimenti e angoli di riposo delle scarpate delle trincee, che andranno adeguatamente dimensionati. Tale impatto, catalogabile come irreversibile, tuttavia non pregiudica l'opera dal punto di vista strutturale, né tanto meno ha effetti sulle aree circostanti.

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

La galleria naturale "Costamezza" attraversa in quasi tutta la sua interezza l'Unità carbonatica dei Monti Aurunci, in questo tratto costituita dai rilievi di Costamezza, Monte S. Antonio e Monte di Nola, tutti intensamente tettonizzati e carsificati.

Le principali aree sensibili sono individuabili proprio in corrispondenza del settore maggiormente tettonizzato della struttura carbonatica e, quindi in corrispondenza delle fasce milonitiche (sez.: 95, 140÷145, 195, 200÷205, 210 e 215), ove le rocce perdono i loro caratteri originari ed oltre ad avere differenti proprietà geomeccaniche possono anche essere sede di cadute piezometriche anche rilevanti (trattate nel paragrafo dedicato).

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In tale area il tracciato si dispone alternativamente con tratti all'aperto e con tratti in galleria artificiale e la zona più sensibile e più rilevante è situata in corrispondenza del versante meridionale del Monte Campese (sez.: 300÷315), ove è stata accertata l'individuazione di condizioni di instabilità geomorfologica dovute alla predisposizione al

crollo di blocchi lapidei, anche di alcuni mc, riscontrata nell'ambito della formazione dei conglomerati neritici.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Nel tratto in variante (località Acqualonga), il rilevato che servirà per l'appoggio delle carreggiate poste a mezza costa sulle pendici di Monte Campese è di notevoli dimensioni e poggiate al passaggio tra diversi litotipi con comportamento meccanico diverso: le argille con gessi (+ i depositi alluvio colluviali) ed i conglomerati calcarei neritici (sez.: 315-330). Un'ulteriore area è stata localizzata in coincidenza con il sottovia "Acquatrasversa" (sez.: 365 circa), poiché data la natura dei sedimenti attraversati, in fase di costruzione sarà necessario prevedere opportune opere di sostegno per le notevoli spinte che si determineranno sulle pareti, durante la fase di scavo.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Nella restante porzione di tracciato è stata evidenziata una piccola area in corrispondenza del sottopasso sulla Via Appia (sez.: 390 circa), ove i litotipi attraversati possiedono scadenti caratteristiche geotecniche, ma anche in quest'area come nelle precedenti sopra descritte (eccezion fatta per l'attraversamento dei carbonati e dei conglomerati) pur essendo definite ad impatto irreversibile (causa cedimenti che si rifletteranno sull'opera), non sono tali da vanificare la realizzazione dell'infrastruttura, poiché tale impatto non avrà effetti né sul progetto, né sulle aree circostanti.

**Alternativa di tracciato**

Per ciò che concerne l'alternativa di tracciato, l'area maggiormente sensibile è quella dell'imbocco orientale della galleria (pendici di Monte Campese e con riferimento alla soluzione prescelta le sezioni indicativamente sono dalla 320 alla 330) ove si trovano scarpate, rotture di pendenza e possibile caduta di blocchi dalla formazione dei Conglomerati neritici.

## 4.5 Effetti in fase di costruzione

### 4.5.1 Suolo e uso del suolo

Nell'ambito più generale di tutta l'area in esame, il tracciato progettuale interferisce sempre con terreni adibiti a pratiche agricole ormai già ben avviate (uliveti, colture ortensi, ecc..., vd. "Carta dell'uso del suolo"), nonostante la capacità d'uso dei suoli interferiti non sia elevata. Pertanto, consapevoli che attualmente, la risorsa "suolo" riveste ormai una grande importanza e notevoli costi di approvvigionamento, in fase di realizzazione dell'infrastruttura, soprattutto nelle aree di cantiere, l'occupazione temporanea di suolo dovrà essere affrontata in maniera tale da garantire il massimo recupero possibile dei luoghi a fine lavori. Inoltre, nelle aree con suoli soggetti a limitazioni legate al rischio di erosione (L2 ed L3; Tratto3), andrà posta particolare attenzione al fine di adottare tutte le misure di cautela e di salvaguardia per attenuare il più possibile effetti di erosione accelerata e/o degradazione connessi con l'asportazione di copertura del binomio suolo-vegetazione.

#### 4.5.1.1 Rischio di inquinamento del suolo

Per inquinamento del suolo si intende l'alterazione delle sue caratteristiche chimico-fisiche causato dall'apporto di sostanze estranee; il risultato di tale processo risulta essere la riduzione di fertilità e della capacità di autodepurazione, la predisposizione all'erosione accelerata e, soprattutto, la possibilità che dette sostanze estranee si introducano nelle "catene alimentari".

A seguito di uno sversamento di sostanze inquinanti, le concentrazioni nel sottosuolo di tali sostanze variano con la profondità in quanto la capacità autodepurante del terreno tende ad abbattere la concentrazione delle sostanze inquinanti man mano che si procede verso il basso.

L'entità di tale depurazione dipende, oltre che dalla degradabilità o meno dei diversi elementi contaminanti, dalle caratteristiche del mezzo litologico attraversato ed in particolare dalla permeabilità, dalla reattività e dallo spessore.

Tra questi fattori, quello più importante è sicuramente costituito dalla permeabilità in quanto con l'aumentare dei tempi di migrazione degli inquinanti cresce il tempo di

attuazione dei processi autodepurativi operanti all'interno dello strato aerato soprastante le falde idriche.

La permeabilità verticale dei suoli affioranti appare molto elevata, soprattutto nelle aree prossime ai carbonati e quelle coincidenti con gli stessi; inoltre lo spessore dello strato pedologico risulta mediamente troppo ridotto per poter rappresentare un serio ostacolo ai moti di filtrazione delle sostanze inquinanti verso il basso.

Sulla base di tali elementi si ritiene di poter considerare elevata la capacità di propagazione verticale nel suolo delle sostanze inquinanti potenzialmente sversate, con conseguente elevato rischio di inquinamento specifico.

#### **4.5.2 Sottosuolo**

##### **TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

In corrispondenza dei sedimenti argillosi interessati dagli scavi per la realizzazione dei tratti stradali in rilevato ed in corrispondenza di opere d'arte quali i sottovia si potrebbe avere un decremento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione (i sedimenti di natura argillosa sono comprimibili), mentre per i tratti in trincea oltre alla modifica delle proprietà meccaniche delle terre, un aumento dell'angolo di pendio superiore all'angolo limite di equilibrio delle argille potrebbe generare un conseguente possibile innesco di instabilità delle pareti di scavo, soprattutto nei tratti in cui le opere in trincea risultano maggiormente profonde. Tale effetto, tutto sommato è relegato alla sola fase costruttiva, potendosi considerare trascurabile/nullo in fase di esercizio.

##### **TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Il problema, in tale tratto, sorge con la costruzione effettiva della galleria all'interno dei rilievi calcarei a seguito della presenza di fasce milonitiche e cataclasiche di notevole ampiezza, in quanto tali zone di intensa fratturazione determinano un aumento dei rischi di crollo rispetto agli ambienti limitrofi dove le rocce sono integre. Inoltre, in tali punti la roccia ha subito delle alterazioni/modifiche nelle sue proprietà geomeccaniche. A queste osservazioni va aggiunto che anche i possibili scorrimenti traslativi degli strati calcarei disposti a franapoggio rappresentano un pericolo durante le fasi di scavo della galleria.

##### **TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In tale porzione del tracciato progettuale, in fase di costruzione potrebbe esservi una attivazione accidentale di crolli superficiali presso il versante meridionale di Monte Campese (conglomerati calcarei) che sarà interessato dalle opere di scavo necessarie per la realizzazione dei tratti in galleria artificiale ("Campese 2").

##### **TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Il problema dell'impatto irreversibile (località Acqualonga) è superabile già dalla fase di progettazione, ove sarà calcolata opportunamente l'entità dei cedimenti del rilevato che poggerà su terreni a comportamento meccanico diverso. Sostanzialmente si possono accomunare le argille con gessi ed i depositi alluvio-colluviali, poiché per ambedue è prevedibile una effettiva alterazione delle proprietà geomeccaniche; mentre per l'altro deposito, costituito dai conglomerati neritici, ci si può basare sull'assunzione che tali sedimenti possono considerarsi assimilabili a terre granulari da addensate a molto addensate, (eccezion fatta per le porzioni più superficiali, generalmente alterate). Pertanto quest'ultimi possono considerarsi geotecnicamente come terreni di fondazione medio-buoni.

Per l'area localizzata in coincidenza con il sottovia "Acquatrasversa", data la natura dei sedimenti attraversati, in fase di progettazione sarà opportuno tener conto che al di sotto dello spessore dei sedimenti più recenti, si possono incontrare le Argille con gessi, le cui caratteristiche geotecniche tendono a migliorare con la profondità, ma superficialmente sono molto alterate.

##### **TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Anche in tale porzione del tracciato si riscontrano gli stessi litotipi del tratto precedente, ovvero il sottopasso sarà incassato in terreni che possiedono scadenti caratteristiche geotecniche, ma anche in quest'area come nelle precedenti sopra descritte (cedimenti che si rifletteranno sull'opera) non sono tali da vanificare la realizzazione dell'infrastruttura, poiché tale impatto non avrà effetti né sul progetto, né sulle aree circostanti.

#### **Alternativa di tracciato**

Per ciò che concerne l'alternativa di tracciato, in fase di realizzazione, presso l'area dell'imbocco est della galleria, potrebbero verificarsi accidentali attivazioni di caduta di massi o blocchi calcarei, considerando anche che si interviene su un versante già morfologicamente alterato con terrazzamenti, scarpate e rotture di pendenza.

#### **4.6 Effetti in fase di esercizio**

Una volta realizzata l'opera, tutte le problematiche connesse con il decadimento delle condizioni geotecniche e geomorfologiche delle diverse aree attraversate risulteranno sostanzialmente esaurite. L'unica "attenzione" residua sarà focalizzata al sollecito ripristino dei manti vegetali sia a monte dell'opera, sia presso gli imbocchi delle gallerie. I primi soprattutto in corrispondenza dei citati suoli L2 ed L3, i secondi per contribuire al fattore stabilità dei versanti. La soluzione di tale aspetto, comunque, non può che avvenire tramite un'attenta ed oculata definizione degli interventi a livello di progettazione esecutiva. Per quanto concerne, invece la problematica di sversamenti accidentali per cause di incidenti stradali, la corretta ubicazione di sistemi di raccolta, drenaggio e disinquinamento assicura che anche tale problematica può considerarsi risolta.

Infine, gli unici elementi geologici ancora in grado di determinare impatti sulle opere realizzate potranno manifestarsi in corrispondenza delle zone di lineazione tettonica e debolezza strutturale che possono fungere da amplificatori delle onde sismiche. La soluzione di tale aspetto, comunque, non può che avvenire tramite un'attenta ed oculata definizione degli interventi a livello di progettazione esecutiva.

#### **4.7 Interventi di mitigazione**

Riguardo alla risorsa "suolo" ed alla sua salvaguardia, tale obiettivo non potrà che avvenire mediante lo stoccaggio ed il riutilizzo del suolo decorticato e la successiva messa a verde. Particolare attenzione dovrà essere posta nei tratti di sbancamento (Tratto 3, Tratto 4 e Tratto 5), poiché posti su suoli argillosi e/o colluviali che anche con esigue pendenze tendono ad andare incontro a dissesti e/o fenomeni franosi; pertanto, in

generale, saranno da salvaguardare le colture attualmente in loco (uliveti, ad esempio) e da prediligere interventi di messa a verde, con il duplice risultato del mantenimento della risorsa suolo e dell'attenuazione dell'insorgere di fenomeni di erosione accelerata/instabilità che potrebbero instaurarsi al seguito di trascuratezza ed abbandono del territorio.

Per l'impatto irreversibile dovuto all'alterazione delle proprietà geomeccaniche dei terreni (principalmente argillosi) su cui saranno fondate alcune delle opere in progetto (rilevati, sottovia) non sono previste opere di mitigazione poiché con il passar del tempo tale effetto tende ad attenuarsi fino a scomparire. Il discorso è diverso per il rischio di attivazione dissesti, poiché tale eventualità si presenterà soprattutto in fase di costruzione e sarà opportuno prevedere opere di sistemazione delle pareti più a rischio con eventuale disgiungimento dei massi/blocchi più pericolosi.

Per ciò che concerne l'attraversamento in galleria di rocce cataclamate e fasce milonitiche, anche tale eventualità può essere risolta già in fase di costruzione, durante la realizzazione della galleria (armature, spritz-beton, ecc...).

Infine, durante la fase esecutiva, prima di procedere alle operazioni di scavo e/o sbancamento, il manto vegetale esistente lungo il tracciato dovrà essere asportato e correttamente stoccato allo scopo di essere reimpiegato per rinaturalizzare le scarpate delle trincee e dei rilevati.

## 5 Ambiente idrico

### 5.1 Area di studio e ricettori interessati

Gli impatti maggiormente significativi che possono essere determinati sul sistema idrico dalla realizzazione di lavori come quelli in esame sono sostanzialmente riconducibili all'alterazione degli equilibri naturali e all'induzione di inquinamento, sia relativamente delle acque di superficie e sia delle acque sotterranee.

A tale tipologia appartengono gli effetti di inquinamento sull'ambiente idrico derivanti, durante la fase di cantierizzazione, dai lavori di costruzione delle opere, mentre in fase di esercizio dall'eventuale rischio del verificarsi eventi accidentali che coinvolgano lo sversamento di sostanze inquinanti. Relativamente all'ambiente idrico possono quindi considerarsi ricettori sensibili quegli elementi o quelle aree che potenzialmente possono subire un'alterazione dei naturali equilibri idraulici e dello stato di qualità delle acque che attualmente li caratterizzano.

In particolare, la porzione di territorio investigata corrisponde all'estremo settore meridionale dei Monti Aurunci ed i depositi terrigeni che lo delimitano fino alla costa tirrenica.

Al fine di analizzare ed interpretare le relazioni tra gli interventi in progetto e la circolazione idrica, superficiale e sotterranea, nell'area di pertinenza progettuale, sono stati esaminati i fattori principali che regolano tale circolazione: l'idrologia di superficie e la idrogeologia regionale e locale.

Nell'area di studio, poi, sono stati individuati i ricettori che potenzialmente possono subire un'alterazione dei naturali equilibri idraulici ed idrogeologici preesistenti e sono stati analizzati sia dal punto di vista delle possibili interferenze che l'ambiente idrogeologico può esercitare nei confronti dell'opera in progetto, sia delle possibili modificazioni chimico-fisiche che l'opera può loro apportare.

Infatti, nell'area in esame sono state riscontrate entrambe queste valenze; la prima ha maggiori possibilità di verificarsi soprattutto nella fase di realizzazione della galleria naturale in prossimità di discontinuità tettoniche e condotti carsici, mentre la seconda potrebbe presentarsi in presenza di falde superficiali e di sorgenti.

### 5.2 Riferimenti normativi

I principali riferimenti normativi da considerare sono rappresentati da:

- D.lvo 29 ottobre 1999, n.490: Testo Unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'articolo 1 della legge 8 ottobre, n.352.
- Legge Merli, del 10 maggio 1976, n.319 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento", integrata e modificata dalla L. 24 dicembre 1979, n.650, che ha come oggetto:
  - la disciplina di scarichi pubblici e privati, diretti e indiretti, in tutte le acque superficiali e sotterranee, interne e marine, pubbliche e private, nonché in fognature sul suolo e nel sottosuolo
  - la formulazione dei criteri generali per l'utilizzazione e lo scarico delle acque, l'organizzazione dei pubblici servizi di acquedotto, fognature e depurazione
  - la redazione di un piano generale di risanamento delle acque
  - l'organizzazione di un sistema di rilevamento sistematico delle caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici.
- La Legge 24 dicembre 1979 n. 650 modifiche alle legge Merli.
- Direttiva CEE del 21 maggio 1991, n.271 concernente il trattamento delle acque reflue urbane, ovvero la tipologia di trattamento che devono subire le acque reflue che confluiscono in reti fognarie prima dello scarico.
- La legge 17 maggio 1995 n. 172 "Modifiche alla disciplina delle pubbliche fognature e degli insediamenti civili che non recapitano in pubbliche fognature" (Modifiche alla Legge Merli).
- La legge 8 agosto 1985, n. 431 (legge Galasso) "Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale, che estende in modo automatico il vincolo paesaggistico di cui alla legge 1497/39 ai fiumi, i torrenti, e ai corsi d'acqua iscritti negli elenchi contenuti nel testo unico di legge sulle acque e impianti elettrici approvato con RD 11/12/1933, n. 1775": artt. 1 *ter* ed 1 quinquies.
- Legge n.183 del 1989 sulla protezione del suolo che istituisce le Autorità di Bacino ed introduce la programmazione integrata a livello dei bacini idrografici per la gestione ottimale delle risorse e la protezione dell'ambiente e del territorio.

- La legge 5 gennaio 1994 n. 36 "Disposizioni in materia di risorse idriche" (Legge Galli).
- Il DPCM 4 marzo 1996 "Disposizioni in materia di risorse idriche".

Per quanto concerne gli scarichi di talune sostanze considerate pericolose sono da considerare i decreti legislativi 27 gennaio 1992 n.132 e 133 di recepimento delle direttive comunitarie sull'inquinamento da sostanze industriali.

Le più recenti disposizioni di legge sono contenute nel Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152, recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento in definito recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Infine per la regolamentazione degli standard di qualità chimico microbiologica dell'acqua sono da considerare:

- il DPR n. 515/82 sulle acque potabili;
- il Decreto del Ministero della Sanità del 15 febbraio 1983 e la delibera del 28 gennaio 1983 del Comitato Internazionale per la tutela delle acque dall'inquinamento che rispondono a quanto dettato dall'art.2, ultimo capoverso del DPR n.515/82;
- il Decreto Legislativo n.130/92 sulla vita acquatica che regola la qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci;
- il Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n° 258, recante " Disposizione sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE e della direttiva 91/676/CEE".

A livello regionale, i principali riferimenti normativi da considerare sono rappresentati da:

- Legge Regionale 88/80 "Norme in materia di opere e lavori pubblici".
- Legge Regionale 48/90 "Primi interventi a tutela delle risorse idropotabili. Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n.236".
- Legge Regionale del 7 ottobre 1996, n.39 istituzione dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio con compiti e funzioni, organizzazione e modalità operative.

## 5.3 Caratterizzazione dello stato di fatto

### 5.3.1 Idrologia di superficie nell'area di studio

Per quanto riguarda la rete idrica superficiale dell'area in esame, questa è legata prevalentemente ad una serie di piccoli fossi ed incisioni che si originano alle quote maggiori dei monti che dominano Formia e, marginalmente ai due corsi d'acqua più importanti che sono il Rio d'Itri e il Rio Santa Croce; tutti i corsi d'acqua posseggono una caratteristica comune che è quella di essere dotati di un regime fluviale torrentizio.

Tutti i corsi d'acqua, dell'area in esame, pur presentando portate generalmente assai ridotte e a luoghi del tutto nulle, sono caratterizzati da massimi stagionali di notevole rilevanza. La presenza di elementi litoidi di notevole pezzatura all'interno di più sezioni idrauliche della rete idrografica, infine, testimonia l'elevato carico solido e, conseguentemente conferma la rilevanza delle punte idrauliche, cui possono giungere questi fossi apparentemente poco rilevanti.

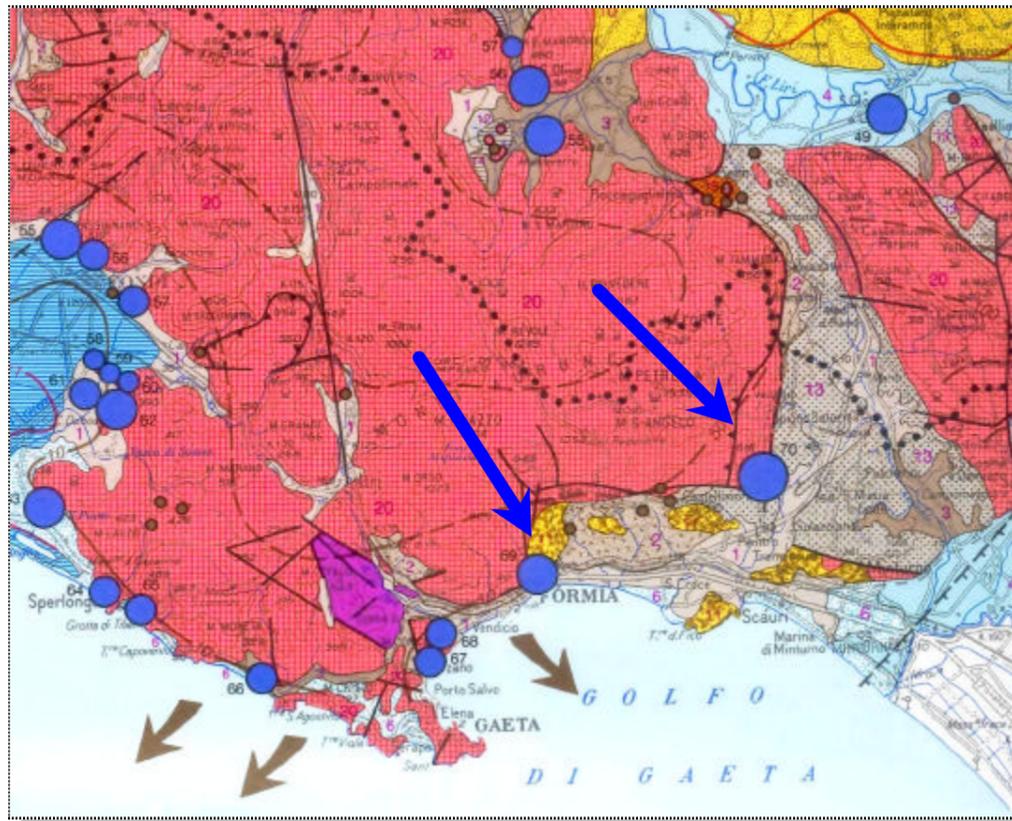
Il corso d'acqua di maggiori dimensioni presente al margine della zona sud-occidentale del territorio di indagine, e sfiorato dal tracciato di progetto, è il Rio d'Itri. Tale elemento idrografico, originatosi nel settore centro-meridionale dei monti Aurunci, lambisce la base del versante sud-occidentale del M.Orso, un rilievo dai cui versanti le acque di ruscellamento superficiale s'inlveano anche verso le incisioni del Fossato Termini, del Fosso della Pirla e del Fosso di Costamezza.

Soltanto nell'area ad est dei monti Costamezza, Di Mola e S.Antonio il reticolo idrografico appare maggiormente sviluppato e gerarchizzato grazie alla presenza del complesso argilloso, il quale essendo quasi totalmente impermeabile, impedisce l'infiltrazione a favore del ruscellamento delle acque che s'incanalano in fossi ed incisioni aventi come recapito finale il Fosso Balzorile che raggiunge il mare dopo aver attraversato il centro abitato di Formia.

Nella parte orientale dell'area in esame il corso d'acqua di maggiore lunghezza è il torrente Acquatraversa. Quest'ultimo, insieme al Fosso Balzorile, proviene dalle pendici dei monti Ruazzo e S. Angelo, situati a nord dell'area in analisi, laddove il complesso calcareo viene parzialmente tamponato dal complesso detritico favorendo così la venuta a giorno delle acque sotterranee, analogamente a quanto avviene immediatamente a Sud dell'abitato di Maranola.

Infine, nell'estremo settore orientale del territorio in analisi scorre il Rio S. Croce, il cui nome appartiene al tratto immediatamente a sud della confluenza tra il torrente Petroso ed il rio Capo d'Acqua, il quale dopo aver raccolto anche le acque del torrente La Marmorana e del Fosso di Marmorano, termina in mare nei pressi della periferia orientale di Formia. Tale corso d'acqua, alimentato dalle sorgenti di Capo d'Acqua (comune di Spigno Saturnia) è uno dei pochi fiumi perenni della zona.

### 5.3.2 Idrogeologia nell'area di studio



Stralcio della "Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio", 1988 (fuori scala).

I cerchi azzurri sono le sorgenti puntuali, il cui diametro è proporzionale alla portata media, le frecce marroni indicano le sorgenti sottomarine.

Dallo stralcio cartografico sopra riportato, si può dedurre il contesto idrogeologico regionale che caratterizza anche l'area in esame. Da tale documento risulta evidente che

le principali sorgenti sono distribuite al margine meridionale del rilievo dei Monti Aurunci e che proprio la dorsale carbonatica è sede di un esteso acquifero d'importanza regionale.

Per quanto concerne le sorgenti più importanti, nell'area strettamente progettuale è presente la sorgente Mazzoccolo, mentre poco distanti e rispettivamente a sud-ovest e a nord-est vi sono la Sorgente di Santa Maria di Conca (alle pendici di Monte Conca) e la Sorgente Capo D'Acqua di Spigno (nel Comune di Spigno Saturnia). Per le sorgenti con portata media inferiore ai 20 l/sec, vi sono alcune emergenze a nord del centro abitato, verso le località Maranola, Trivio e Castellonorato, ma alcuni apporti dell'acquifero dei Monti Aurunci finiscono anche per alimentare alcune sorgenti sottomarine (nei pressi di Vendicio, ad esempio).

Da uno studio idrogeologico appositamente condotto per la realizzazione della galleria di "Costamezza" (vd. monografia "Studio Idrogeologico Sorgente Mazzoccolo" del Prof. Boni; allegata al Progetto) si evince che l'estensione del bacino di alimentazione della sorgente Mazzoccolo (8,5 m s.l.m. circa) e delle perdite a mare risulta indicativamente di circa 60 Km<sup>2</sup>, capace di alimentare una portata media di circa 1500 l/sec e che il bacino idrogeologico di alimentazione della sorgente si estende inequivocabilmente nella dorsale carbonatica aurunca, in un'area interessata da un carsismo particolarmente sviluppato, con forme evolute che consentono la pressoché totale e rapida infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica, per valori prossimi a i 1000 mm/a.

Nell'area di studio, oltre al complesso idrogeologico carbonatico (calcereo-dolomitico) dei Monti Aurunci, sono stati individuati altri tre complessi idrogeologici:

- Il complesso argilloso;
- Il complesso dei conglomerati neritici;
- Il complesso detritico-alluvionale.

Il complesso idrogeologico dei Monti Aurunci è costituito da calcari, calcari dolomitici e dolomie in facies di piattaforma carbonatica ristretta ed è limitato ad W dalla faglia di Itri, a direzione nord-sud, mentre i limiti N ed E sono marcati dall'accavallamento tettonico del massiccio sui sedimenti silicoclastici delle Valli del Liri e dell'Ausente. A sud, invece, il contatto tra la struttura carbonatica ed i depositi terigeni (Argille con gessi, Argille caotiche e Flysch argilloso-arenaceo) avviene per faglia diretta; lungo lo stesso margine meridionale la struttura viene a contatto con sedimenti molto permeabili, costituiti da

conglomerati pliocenici e da depositi detritico-alluvionali piuttosto grossolani (piana di Formia). Nell'area di Monte Campese, tale complesso è presente in profondità ed affiora solo in località Trivio (a nord) e S. Rocco (a ovest).

La permeabilità è elevata ed è secondaria, cioè legata alla fratturazione ed al carsismo.

I dati di bilancio idrologico esistenti in letteratura indicano che un 70% circa delle acque meteoriche che cadono sull'idrostruttura aurunca si infiltra attraverso fratture e condotti carsici per raggiungere con deflusso relativamente veloce, in profondità la falda di base; tale velocità è strettamente dipendente dal grado di fratturazione ed dalla frequenza ed ampiezza dei condotti carsici. In situazioni strutturali, localizzate, particolarmente articolate non è da escludere, in corrispondenza di fasce cataclastiche e milonitiche spesso presenti lungo le faglie principali, la presenza di barriere di permeabilità per le acque di infiltrazione defluenti in fratture e/o condotti carsici che possono condizionare il deflusso delle acque verso la falda di base.

Per quanto riguarda l'andamento della superficie piezometrica della falda di base che definisce la zona satura, dalle letture effettuate nel periodo giugno-settembre 1999 in pozzi piezometrici e sorgenti esistenti nell'area, è stato possibile ricostruire l'andamento delle isopieze che risultano essere in buon accordo con l'andamento teorico delle falde acquifere nei massicci carbonatici laziali e campani caratterizzate da un gradiente idraulico calcolato pari a 45 ‰. Tale gradiente può risultare localmente di valore più elevato in prossimità di emergenze sorgentizie ed al passaggio verso litotipi meno permeabili. Dallo studio appositamente condotto nell'area con prospezioni e misurazioni all'interno di pozzi (giugno-settembre 1999) è stata calcolata della superficie piezometrica basale in asse al tracciato della galleria (la quota assoluta di progetto varia da circa 95 m s.l.m. all'imbocco ovest a circa 114 m s.l.m. all'altezza di S.Maria della Noce e circa 84 m s.l.m. per l'imbocco est) che varia da circa 12 a 16 m s.l.m. andando da ovest verso est. Infine, dai risultati della prospezione geoelettrica si evince che i calcari e le dolomie asciutti si rinvencono almeno fino alla quota di 30 m s.l.m.. Maggiore attenzione, invece, va posta al quadro fessurativo locale che interessa il massiccio carbonatico a vari livelli e che, sommato alla probabile presenza di condotti carsici a prevalente sviluppo verticale, si potrebbe intercettare in galleria con manifestazioni di venute d'acqua che non si possono escludere.

Il complesso idrogeologico argilloso è costituito dalle "Argille caotiche" e dalle "Argille con gessi". Ambedue le formazioni sono caratterizzate nel complesso da una scarsa permeabilità, ma se le argille gessifere sono sovraconsolidate, a luoghi fessurate e quindi virtualmente impermeabili, altrettanto non si può affermare delle "argille caotiche" le quali sono invece condizionate dalla notevole eterogeneità litologica e dalla giacitura caotica dei vari termini. Pertanto la matrice argilloso-siltosa è dotata di scarsa permeabilità, mentre le infiltrazioni si esplicano unicamente all'interno dei blocchi lapidei (olistoliti) fratturati a permeabilità medio-bassa.

Inoltre, le "Argille caotiche", in genere, si ritrovano in appoggio sulle strutture carbonatiche e risultano in alcune zone, essere state coinvolte in profondità dalla tettonica: probabilmente ciò si è verificato in parte lungo le faglie NS e NW-SE che bordano rispettivamente i versanti E ed W di M. Mola, ove è possibile la presenza in profondità di lembi strizzati di Argille Caotiche. Pertanto, in corrispondenza di tali condizioni non si escludono innalzamenti localizzati della piezometrica.

Le "Argille con gessi", il cui spessore varia da alcune decine a qualche centinaia di metri, poggiano in trasgressione sulle Argille caotiche, costituendo il substrato impermeabile della Piana di Formia ed andando a "tamponare" lateralmente i rilievi carbonatici prospicienti la Piana, costituendo così una cintura impermeabile, nei cui punti topograficamente più bassi si verifica lo sfioro della falda circolante nei carbonati (gruppo sorgivo di Mazzoccolo).

Il complesso idrogeologico dei conglomerati neritici è composto da conglomerati poligenici cementati, aventi un elevato grado di permeabilità per fratturazione e carsismo. Laddove poggiano sul complesso impermeabile, originano piccole emergenze sorgive (a sud di Maranola ed al piede del versante sud di Monte Campese) per la maggior parte legate al deflusso superficiale. Lo spessore massimo in affioramento nell'area studiata varia da alcune a diverse decine di metri.

L'affioramento più esteso è localizzato presso Monte Campese, ove i conglomerati poggiano sull'Unità delle Liguridi esterne ("Argille caotiche") a sud e su l'Unità delle Argille con gessi a nord; inferiormente si rinvencono i litotipi carbonatici dell'Unità di Montuaccio (affioranti a nord e ad ovest).

La funzione di roccia serbatoio assolta dai conglomerati di Monte Campese ed il ruolo di impermeabile relativo operato dai depositi argillosi sottostanti risulta evidente lungo il bordo SE del rilievo in esame, in cui si ha l'emergenza della sorgente di Acqualonga, sorgente a carattere perenne con una portata media pari a circa 0,35 l/sec ed alcune sorgenti stagionali (alla quota di 40 m circa s.l.m.).

Il complesso idrogeologico detritico-alluvionale comprende le unità quaternarie (depositi alluvio-colluviali, fluviali...) caratterizzate da permeabilità per porosità variabile con la granulometria e grado di cementazione e comunque complessivamente scarsa o nulla. Inoltre, contribuisce a tamponare l'acquifero carbonatico poggiando sul complesso argilloso e parte delle acque di tale acquifero giungono fino al mare, proprio attraverso il complesso detritico-alluvionale.

Infine, da una campagna di monitoraggio eseguita da uno studio appositamente dedicato per l'intervento progettuale in esame, ha evidenziato l'assenza di falde superficiali significative nel tratto compreso tra Balzorile ed il Fosso Acquatraversa, ad esclusione di locali falde sospese all'interno della conoide. I livelli piezometrici misurati sono da riferirsi prevalentemente al livello di attestazione delle acque di una piccola falda sospesa effimera, cioè di acque d'infiltrazione superficiali in depositi poco o nulla permeabili. Nel tratto più ad ovest (Piano di Piroli) una circolazione idrica carsica sotterranea, al di sotto delle coperture, potrebbe attestarsi intorno ai 15 m s.l.m. circa.

#### 5.4 Aree sensibili

Ai fini della definizione degli impatti il tracciato è stato suddiviso in cinque tratti, ed è stata inoltre considerata l'Alternativa di Progetto:

1. TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza;
2. TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza
3. TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2°
4. TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2° a inizio sottopasso Via Appia;
5. TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto;

6. ALTERNATIVA DI TRACCIATO: dalla sezione 230 alla 390 circa

##### **TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

In tale tratto, a sensibilità non elevata, non esistono aree ben delimitate, ma vi è diffusamente un cospicuo numero di pozzi; quindi l'area è soggetta a captazione, pur non essendo stata accertata una falda superficiale molto vicina al piano campagna. Pertanto, lavori e/o aree di cantiere saranno da organizzarsi specificatamente in modo tale da limitare il più possibile il rischio di interazione con le risorse idriche della zona.

##### **TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

L'intera area che sottende la galleria naturale "Costamezza" è molto sensibile, poiché i rilievi attraversati da tutto il tracciato (Costa Mezza, Monte S. Antonio e Monte Di Mola) appartengono al complesso calcareo fortemente tettonizzato e carsificato, dove, proprio in corrispondenza di elementi morfostrutturali, quali inghiottitoi e faglie, si registrano le maggiori problematiche.

Infatti, alcuni dei lineamenti tettonici rilevati in quest'area sono caratterizzati da spesse fasce cataclasiche e milonitiche in grado di tamponare efficacemente la falda profonda, provocando perdite di carico concentrate anche di notevole entità. Oltre a ciò, l'altro elemento di particolare criticità è rappresentato dalle numerose forme carsiche rilevate in superficie, tra cui diverse grotte ed inghiottitoi, che fanno supporre la presenza di un reticolo carsico ben svillupato all'interno della formazione carbonatica; tale reticolo potrebbe infatti essere intercettato durante la fase di realizzazione della galleria, almeno in due punti, ad ovest di Monte di Mola e sulla sommità dello stesso.

Uno studio appositamente condotto dal Prof. Boni "Studio Idrogeologico della Sorgente Mazzoccolo" (monografia allegata alla presente relazione) porta ad escludere che le opere di scavo della galleria possano interessare il settore perennemente saturo dell'acquifero regionale che alimenta la Sorgente Mazzoccolo.

Pertanto la sensibilità dell'area è dovuta essenzialmente alle venute d'acqua in galleria e/o possibili crolli (vd. componente suolo e sottosuolo) ed al rischio di alterazione della qualità delle acque sotterranee, in concomitanza con sversamenti accidentali.

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In una buona parte del territorio di questo tratto, la sensibilità è la stessa del primo tratto, poiché anche in quest'area vi è una elevata captazione. Inoltre, la presenza di alcune modeste falde idriche sospese, non sembra comportare rischi eccessivi, tuttavia va mantenuta la salvaguardia della qualità delle acque.

Per la restante porzione, dalla sez. 300 alla sez. 315, il tracciato potrebbe interferire con la falda contenuta all'interno dei conglomerati neritici calcarei e che viene a giorno con la Sorgente di Acqualonga. Pertanto, in quest'area vi è il rischio di alterazione della qualità delle acque di falda, oltre ad un loro possibile intercettamento durante lo scavo della galleria artificiale "Campese 2°" e "Campese 1°" p.p.. Rimane da evidenziare, come le gallerie artificiali sopra citate non sono perpendicolari alla linea di deflusso che convoglia verso la sorgente; quindi il rischio di interruzione del *continuum* idraulico può dirsi scongiurato.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Nel tratto in variante va ricordato soprattutto il rischio di alterazione della qualità delle acque di falda, coincidente con la porzione di tracciato che si sviluppa tra le sezioni 315 – 325, poiché poco più a valle dell'infrastruttura vi è la Sorgente di Acqualonga. Tale rischio è relegato anche all'eventuale caso di sversamenti accidentali. Dalla sezione 340 circa in poi, invece, il tracciato attraversa un'area di captazione per cui il rischio è minore ed è relegato all'eventuale alterazione della qualità delle acque superficiali contenute all'interno dei sedimenti della conoide alluvionale.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Tale area moderatamente sensibile è estesa lungo tutto il segmento di tracciato, ma valgono le considerazioni del tratto precedente, ovvero resta il rischio di alterazione della qualità delle falde superficiali, soprattutto qualora durante le fasi di scavo si dovessero riscontrare falde sospese all'interno dei sedimenti alluvio-colluviali.

**Alternativa di tracciato**

Le aree sensibili inerenti l'alternativa di progetto sono relegate ai tratti all'aperto poiché attraversano entrambi aree di captazione della falda superficiale. Anche qui valgono le stesse considerazioni degli altri tratti, con l'aggravio che la tipologia in trincea potrebbe interrompere il *continuum* idraulico sub-superficiale. Infine, l'attraversamento per un notevole tratto del "serbatoio" della Sorgente Acqualonga (cioè Monte Campese), pone maggiormente a rischio l'eventualità di inquinare la qualità delle acque di falda; acque a cui i piccoli e medi fondi agricoli fanno ricorso per le loro pratiche di irrigazione.

In generale, un'ultima osservazione può essere fatta sulla natura idrologica dei corsi d'acqua dell'area in esame, poiché tutti quelli attraversati, sono a carattere torrentizio. Purtroppo l'eventuale presenza di elementi litoidi di notevole pezzatura, all'interno di sezioni idrauliche non sufficientemente ampie, provoca un elevato carico solido (con rilevanti punte idrauliche). Anche tale eventualità è stata tenuta in conto dai Progettisti che hanno dimensionato opportunamente le luci dei ponti che saranno realizzati.

## 5.5 Effetti previsti in fase di costruzione

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

In tale tratto vanno considerate attentamente tutte le attività connesse con scavi e/o movimentazione di mezzi di cantiere. Per ciò che concerne gli scavi, l'intercettamento di acque di falda superficiale sarebbe causa di rischio per la qualità dell'acqua stessa. Stesso rischio si potrebbe presentare in caso di sversamenti accidentali di olii e/o lubrificanti, durante la fase di cantierizzazione.

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Nelle aree precedentemente descritte, le maggiori criticità in fase di realizzazione si avranno per le venute d'acqua in galleria; pertanto onde evitare anche l'alterazione della qualità delle acque vista l'elevata permeabilità dell'ammasso carbonatico, sarà opportuno adottare misure di salvaguardia idonee.

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In questo tratto valgono sostanzialmente le considerazioni del Tratto 1, poiché in fase di realizzazione dell'opera andrà tutelata la qualità delle acque di superficie eventualmente intercettate. Soprattutto qualora si verifichi l'impossibilità di non usare altro che fanghi bentonitici per la realizzazione delle pile dei ponti, poiché questi ultimi, potrebbero determinare l'insorgere di un rischio di veicolazione di tali lubrificanti nella falda con conseguente alterazione chimica delle acque.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

La sensibilità più elevata è nel tratto compreso tra le sezioni 315 e 325, pertanto maggiore sarà il rischio in fase di scavo/sbancamento, durante la fase di cantierizzazione, ma soprattutto qualora si dovessero verificare sversamenti accidentali di sostanze inquinanti. Dalla sezione 340 circa in poi, invece, il rischio si attenua, ma valgono le stesse considerazioni poc'anzi espresse.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Anche per questa porzione di tracciato valgono le stesse considerazioni dei tratti all'aperto, precedentemente descritti, per il rischio di intercettamento di falde sospese a poca distanza dal piano campagna. Inoltre, la realizzazione di ponti, sposta l'attenzione sull'uso di sostanze lubrificanti polimeriche o bentonitiche con un aggravio di rischio di alterazione della qualità delle acque della zona.

**Alternativa di tracciato**

In fase di cantiere, i rischi sono relegati all'alterazione della qualità delle acque che si potrebbero intercettare; sia superficiali (tratti all'aperto), sia profonde (galleria).

## **5.6 Effetti previsti in fase di esercizio**

Una volta realizzata l'opera, la maggior parte degli impatti sopra descritti si considerano sostanzialmente esauriti; mentre in fase di esercizio, l'area circostante la sorgente di Monte Campese (Acqualonga) ed il serbatoio idrico della Sorgente Mazzoccolo (i Monti Aurunci) restano le aree potenzialmente a rischio ambientale per il verificarsi accidentale

di sversamenti di sostanze inquinanti. Pertanto, nello Studio Idrogeologico relativo alla costruzione della galleria stradale "Costamezza", allegato al Progetto, sono stati previsti e progettati dei provvedimenti ed opere preposte alla salvaguardia dell'acquifero più importante contenuto all'interno dei Monti Aurunci.

Subordinatamente, lo stesso rischio potrebbe verificarsi per i tratti stradali all'aperto che attraversano terreni con falda superficiale e che, pertanto, rappresentano aree potenzialmente a rischio ambientale. Pertanto saranno previste adeguate opere di salvaguardia.

## **5.7 Interventi di mitigazione**

Per ciò che concerne il probabile intercettamento di falde durante la fase di realizzazione dell'opera, vale in generale la prescrizione dell'aggottamento e dell'allontanamento di tali acque nei corsi d'acqua esistenti/fognature, previo accertamento del grado di qualità. Qualora risultassero inquinate sarà opportuno provvedere ad un trattamento per riportarle ad una qualità entro i parametri di legge, prima di reimmetterle in circolazione.

Le stesse prescrizioni sulla qualità delle acque valgono anche per il caso di sversamenti accidentali durante le fasi di lavoro.

Di particolare rilevanza sono gli interventi di mitigazione e monitoraggio previsti dallo Studio monografico redatto dal Prof. Boni "Studio Idrogeologico della Sorgente Mazzoccolo" (monografia allegata al Progetto), recepiti dal presente Studio di Impatto: in particolare sono stati previsti pozzi piezometrici finalizzati alla verifica dell'effettivo livello piezometrico sia durante le fasi di lavoro sia durante le successive fasi di esercizio, al prelievo di campioni d'acqua dall'acquifero basale, al monitoraggio in continuo di specifici caratteri chimico-fisici attraverso l'utilizzo di apposite sonde, a garantire la tempestiva individuazione di eventuali fenomeni di inquinamento che potrebbero innescarsi durante le fasi realizzative della Galleria Costamezza. Oltre ai pozzi piezometrici è stata prevista la realizzazione di due canali di raccolta ed allontanamento delle acque eventualmente intercettate durante le fasi di scavo ed eventualmente inquinate da sostanze tossiche o nocive disperse durante le fasi di scavo. I due canali verranno mantenuti attivi anche durante le successive fasi di esercizio dell'infrastruttura stradale e le acque drenate

verranno recapitate (anche in fase di cantiere) ad apposite vasche di trattamento ubicate al di fuori delle due canne della Galleria.

## 6 Vegetazione, flora e fauna

L'analisi relativa a questa componente ha come obiettivi l'individuazione degli elementi o associazioni vegetali naturali che caratterizzano il territorio interessato dal progetto in esame, al fine di evidenziarne sia gli eventuali elementi di unicità e pregio, che le problematiche legate ad interferenze di tipo diretto o indiretto con la realizzazione dell'opera.

Relativamente alla fauna si è partiti dal presupposto che lo studio della vegetazione e delle singole biocenosi consenta l'individuazione degli habitat animali, rivelando quindi anche il grado di complessità ecologica delle singole zone.

L'area di studio presenta i segni dello sfruttamento attuale e passato compiuto dall'uomo, che ha alterato sensibilmente e in molti casi irreversibilmente, l'assetto vegetazionale originario, compromettendo anche le comunità animali presenti.

Nel caso della valutazione degli impatti attesi sui ricettori vegetazionali, le azioni di progetto sono potenzialmente in grado di determinare interferenze, dirette ed indirette, in un intorno circoscrivibile all'area di cantierizzazione dell'opera, mentre nel caso del disturbo potenzialmente inducibile sulla fauna, la trattazione deve essere estesa ad un areale maggiore, per poter tenere correttamente conto degli eventuali corridoi di spostamento faunistico e delle possibili interferenze ad essi provocate dalle diverse azioni di progetto, tanto in fase di costruzione, quanto di esercizio.

### 6.1 Vegetazione - Caratterizzazione dello stato di fatto

#### 6.1.1 Vegetazione potenziale

L'area oggetto di studio è inquadrabile, dal punto di vista climatico, in due fasce: la fascia mediterranea temperata o mesomediterranea e la fascia mediterranea arida o termomediterranea. La prima si localizza alle quote maggiori, verso l'interno, mentre la seconda è diffusa verso la costa. Sono entrambe caratterizzate da piovosità soprattutto autunnale, che diminuisce in primavera e scende a livelli molto bassi a luglio-agosto, per

risalire in autunno e in inverno. Si differenziano per il diverso grado di siccità estiva e per le temperature medie, fattori che si presentano con valori maggiori nella fascia termomediterranea.

Secondo la classificazione del Pavari l'area appartiene alla zona fitoclimatica del *Lauretum*, nelle sue sottozone calda, media e fredda.

La vegetazione "climax", per quanto concerne le zone ascrivibili al clima mesomediterraneo, dovrebbe essere costituita soprattutto dalle sclerofille sempreverdi. Essendo in genere l'ammontare delle precipitazioni sufficiente alla crescita degli alberi, gran parte della superficie di queste zone, in origine era occupata da formazioni a Leccio (*Quercus ilex* L.) e Sughera (*Quercus suber* L.). In particolare il Leccio è la specie climacica della fascia mesomediterranea. Quasi tutte le leccete (rimaste) del bacino del Mediterraneo appartengono all'associazione *Viburno (tini)-Quercetum ilicis*, che fa parte dell'Alleanza del *Quercion ilicis*, dell'Ordine *Quercetalia ilicis*, della Classe *Quercetea ilicis*.

Il Viburno-tino (*Viburnum tinus* L.) è una specie stenomediterranea che è relativamente sciafila e quindi si accompagna bene con l'ombra fitta delle leccete mature. Specie caratteristiche di questa associazione sono l'Ilatro comune (*Phyllirea latifolia* L.), il Ciclamino primaverile (*Cyclamen repandum* S. et S.), pianta del sottobosco che denota come questo ambiente della lecceta sia ombreggiato, il Caprifoglio mediterraneo (*Lonicera implexa* Aiton), specie lianosa sempreverde e la Clematide fiammola (*Clematis flammula* L.), anch'essa sempreverde.

La vegetazione "climax" della fascia termomediterranea dovrebbe invece essere costituita dagli oleo-lentisceti con Olivo selvatico (*Olea europaea* L. var. *sylvestris*), Lentisco (*Pistacia lentiscus* L.) e Carrubo (*Ceratonia siliqua* L.). Dal punto di vista fitosociologico questo tipo di vegetazione si identifica nell'Associazione dell'*Oleo-lentiscetum*, facente parte dell'Alleanza *Oleo-Ceratonion*, dell'Ordine *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*, della classe *Quercetea ilicis*.

Comunemente la lecceta e l'oleo-lentisceto vengono identificate rispettivamente come FORESTA MEDITERRANEA SEMPREVERDE e MACCHIA MEDITERRANEA.

In realtà l'oleo-lentisceto è solo uno dei possibili tipi di macchia. Con questo termine si indica infatti una comunità di specie arbustive molto densa e con una composizione

floristica simile a quella della foresta mediterranea sempreverde, ma senza gli individui arborei.

Si può originare dalla foresta sempreverde a seguito di azioni di disturbo antropico, come l'incendio ripetuto e i tagli frequenti e in questo caso si parla di “macchia secondaria” o può essere il risultato di una combinazione di fattori climatici (ad esempio il vento) ed edafici molto difficili, che mantengono la cenosi in una condizione di “paraclimax”, impedendone l'evoluzione verso strutture propriamente forestali e prende il nome di “macchia primaria”.

La macchia mediterranea si differenzia poi in numerose categorie, in base all'altezza, per cui si distinguono la “macchia alta” (da 2 a 6 m) e la “macchia bassa” (minore di 2 m), alla densità e alla composizione specifica.

L'Oleo-lentisceto rappresenta un tipo di macchia primaria, formazione molto termofila, un tempo diffusa nelle zone litoranee, oggi ridotta a piccoli frammenti, dove l'uomo non ha causato eccessive alterazioni.

Una delle forme più degradate della macchia è la GARIGA, caratterizzata da vegetazione bassa e sporadica, con larghi tratti di terreno nudo affiorante.

Ulteriori stadi di degradazione della gariga conducono alla steppa, meglio definita come PSEUDO-STEPPE MEDITERRANEA, con un soprassuolo erbaceo a prevalenza di Graminacee.

L'involuzione della vegetazione mediterranea da foresta sempreverde a pseudo-steppa può essere schematizzata così:

**FORESTA SEMPREVERDE → MACCHIA → GARIGA → PSEUDO-STEPPE → SUOLO NUDO**

In Italia la vegetazione mediterranea si presenta spesso nelle sue forme di degradazione. I motivi di questa situazione sono da ricercarsi nella fragilità intrinseca degli ecosistemi mediterranei, nei cambiamenti climatici, ma anche nello sfruttamento eccessivo del territorio da parte dell'uomo attraverso incendi, sovrappascolamento e tagli indiscriminati.

### **6.1.2 Motivi di interesse della vegetazione mediterranea**

In condizioni di clima mediterraneo si origina una vegetazione molto eterogenea e questo costituisce di per sé un motivo di valorizzazione, in quanto dall'eterogeneità discende la biodiversità, di cui gli ambienti mediterranei costituiscono una riserva.

La flora mediterranea è inoltre composta da specie dotate di particolari adattamenti per superare l'aridità estiva, lo studio dei quali è di notevole interesse scientifico. Le strategie di adattamento ambientale possono essere di “resistenza” e di “tolleranza”. Le prime consistono nell'insieme dei meccanismi che la pianta attiva per evitare l'insorgere di stress; le strategie di “tolleranza”, invece, permettono alla pianta di svolgere normalmente le sue funzioni vitali anche in situazioni di carenza idrica.

Strategie di “resistenza” sono, ad esempio, la caduta delle foglie, la riduzione dell'apparato vegetativo e la riduzione della traspirazione per mezzo della chiusura stomatica. La chiusura degli stomi avviene nelle ore più calde della giornata. Tuttavia, quando la carenza idrica è molto prolungata si può avere una vera e propria condizione di “riposo” estivo.

Fra le strategie di “tolleranza” vanno annoverati, invece, vari meccanismi di opposizione alla disidratazione, attraverso l'attivazione di proprietà protoplasmatiche non ancora completamente chiare.

Il denominatore comune delle specie appartenenti alle diverse associazioni che vegetano nel Mediterraneo è il carattere perenne delle foglie, che è in accordo con la mitezza della stagione invernale. Un importante fattore limitante del clima mediterraneo è costituito dalla siccità estiva, da cui deriva uno dei più interessanti e a lungo studiati adattamenti al clima mediterraneo che va sotto il nome di “sclerofillia”. Essa consiste nella modificazione delle foglie, generalmente piccole, che si presentano coriacee, con cuticole spesse e mesofillo molto denso, formato da più strati di tessuto a palizzata. In tal modo gli spazi intercellulari sono scarsi e questo implica una certa difficoltà negli scambi gassosi. Ciò protegge la foglia da un'eccessiva traspirazione ma, allo stesso tempo, ne riduce l'efficienza fotosintetica e, in ultima analisi, la capacità di crescita.

Le piante mediterranee, inoltre, sviluppano spesso un apparato radicale molto esteso e profondo, che consente di assorbire acqua dal suolo anche in situazioni di forte aridità, cosicché esse riescono a svolgere la fotosintesi in presenza di potenziali idrici nelle foglie

fortemente negativi, sebbene in queste condizioni siano soggette ad un forte consumo delle riserve di amido.

L'importanza della vegetazione mediterranea è notevole non solo per i suoi caratteri di interesse scientifico, ma anche dal punto di vista estetico-turistico e protettivo e nella lotta contro l'erosione e la desertificazione, al cui rischio il Lazio, come altre regioni del Mediterraneo, è soggetto.

### 6.1.3 Vegetazione attuale

Da una prima analisi di planimetrie e foto aeree il territorio appare diversificato tra una zona costiera con stabilimenti industriali e centri urbani e una zona più interna, a morfologia collinare, con coltivi, boschi e praterie aride. In occasione dei sopralluoghi effettuati nel settembre 2003 è stato possibile descrivere l'assetto vegetazionale attuale e ricostruire la storia evolutiva del patrimonio forestale locale. In alcuni tratti è presente la vegetazione dell'oleo-lentisceto, a tratti più e meno fitta, tanto da configurarsi alternativamente come macchia e come gariga. Le leccete sono scomparse o profondamente alterate. In particolare è da segnalare l'abbondanza della Sughera in alcune aree collinari, mentre gli altri boschi sono dominati dalla Roverella. Questo è probabilmente dovuto all'influenza antropica che, col passare del tempo, potrebbe aver eliminato il Leccio e favorito la Sughera, comportando, tra gli altri effetti, l'ingresso della Roverella (*Quercus pubescens* Willd.). Bisogna poi aggiungere l'alta frequenza degli incendi, che costituiscono un importante fattore di alterazione dei soprassuoli.

Volendo tracciare un quadro evolutivo dell'area in esame, si può ipotizzare che le originarie formazioni a foresta sempreverde, fatte oggetto di disboscamenti, tagli di selezione, pascoli e incendi, abbiano in alcuni casi originato la macchia secondaria, mentre in altri, a causa dell'invasione della Roverella, specie della fascia basale, abbiano dato luogo a boschi del tutto particolari, con una discrepanza tra soprassuolo arboreo e arbustivo, appartenenti non solo ad associazioni vegetali diverse, ma addirittura a differenti fasce climatiche.

Altre aree sono invece occupate dalla gariga, come forma di degradazione sia della macchia primaria originaria, che di quella secondaria e in alcuni tratti la degradazione è spinta al punto di dar luogo alla pseudo-steppa mediterranea.

A queste formazioni se ne aggiungono altre di origine decisamente antropica, come i coltivi, i rimboschimenti e la vegetazione prospiciente gli insediamenti e la viabilità, contenente specie infestanti, spesso esotiche.

I corsi d'acqua, quando le portate e le conformazioni degli alvei lo consentono, ospitano la vegetazione igrofila.

All'interno del corridoio di studio sono state individuate alcune categorie vegetazionali riportate nella Carta della Vegetazione:

- Rimboschimenti a Pino domestico
- Boschi a prevalenza di Roverella
- Boschi a prevalenza di Sughera
- Vegetazione igrofila
- Gariga
- Pseudo-steppa mediterranea
- Seminativi e colture ortensi
- Uliveti
- Vegetazione sinantropica
- Boschi a prevalenza di Leccio

#### Rimboschimenti a Pino domestico

Una parte del territorio è occupata da boschi di origine artificiale. Questi si localizzano prevalentemente sul medio versante del Monte di Mola che dà sull'abitato di Formia.

È probabile che un tempo la diffusione fosse maggiore ma, come è capitato spesso nel passato in ambiente mediterraneo, incendi, siccità ed errate scelte selvicolturali, hanno portato al fallimento dei rimboschimenti.

In questo caso si tratta di popolamenti puri coetanei di Pino domestico (*Pinus pinea* L.) il cui impianto risale agli anni passati, dal dopoguerra in poi, quando il Lazio, così come il resto d'Italia, fu interessato da un'imponente azione di rimboschimento. Il fine di tale opera era principalmente antierosivo e occupazionale.

La scelta del Pino domestico come specie da rimboschimento per l'Italia centrale appare giustificata dal punto di vista dell'autoecologia della specie, anche se non convince pienamente se si ragiona in termini di rinaturalizzazione del paesaggio vegetale, dato che

non è una specie autoctona. La questione del luogo d'origine del Pino domestico è in realtà ancora aperta, e le stazioni di indigenato oggi ritenute più probabili sono la Penisola Iberica meridionale e il Libano. Ciò non toglie che il Lazio, così come tutta la costa tirrenica a sud dell'Arno, facciano parte dell'areale di questa specie che, seppure in misura minore rispetto al Pino d'Aleppo, mostra adattamenti importanti al clima mediterraneo, quali la maturazione triennale del seme, imposta da pause sia invernali che estive dello sviluppo del grosso gametofito femminile e la ridotta temperatura ottima di germinazione (17-19°C), con cui evita la nascita di semenzali nella stagione calda e siccitosa. A questi adattamenti bisogna però aggiungere altri aspetti della sua autoecologia, che gli conferiscono anche un'impronta atlantica. I ritmi di accrescimento, ad esempio, sono quelli caratteristici delle specie medioeuropee, cioè con un solo getto di allungamento e con un solo flusso di attività cambiale. Allo stesso tempo la resistenza al freddo è limitata, tanto da far sì che il Pino domestico vegeti male nella zona del *Castanetum*. Per quanto concerne l'aridità, raggiunge i limiti di tolleranza del Pino d'Aleppo, ma l'ottimo di sviluppo e un'adeguata probabilità di longevità si trovano solo su stazioni con oltre 800 mm di pioggia, oppure su terreni ben riforniti di acqua. Dal punto di vista pedologico non si segnalano particolari esigenze anche se l'ottimo di sviluppo si rileva su suoli silicatici, sabbiosi e ricchi di sostanza organica.

Dalle caratteristiche sopraelencate risulta che il Pino domestico può vivere alle condizioni presenti nell'area di studio, ma di certo non si trova nell'optimum e difficilmente può dar luogo a cenosi stabili, tanto da innescare una dinamica vegetazionale. La formazione del sottobosco, così come la rinnovazione, sono rese particolarmente difficili dal fatto che l'ombra fitta delle chiome impedisce il processo di alterazione della lettiera, che tende così ad accumularsi, dando origine ad una spessa coltre di aghi indecomposti.

Se a questi argomenti si aggiunge la facilità con cui nella zona si verificano incendi, il quadro delle motivazioni del mancato successo dei rimboschimenti risulta più completo.

#### Boschi a prevalenza di Roverella

La specie arborea maggiormente rappresentata nel corridoio di studio è la Roverella che, come riportato in precedenza, non sarebbe di pertinenza della fascia climatica mediterranea, essendo invece più tipica della fascia basale. Tuttavia le particolari caratteristiche anatomiche, fisiologiche ed autoecologiche le permettono di competere

con specie più strettamente mediterranee come il Leccio, fino a sostituirlo nelle stazioni disturbate dall'uomo.

Tra gli adattamenti anatomici si ricorda la pubescenza della pagina inferiore delle foglie, mentre dal punto di vista fisiologico, la specie tende ad eludere l'aridità estiva con la fioritura e l'entrata in vegetazione più precoci di quelle del Leccio, con l'emissione di getti autunnali e con accenni di comportamento semisempreverde.

Inoltre la tolleranza verso suoli anche superficiali, derivanti da substrati carbonatici o argillosi, consente un massimo di frequenza in ambienti sfavorevoli per i concorrenti.

Questa specie è stata inoltre spesso favorita dall'uomo per ottenere soprattutto legna da ardere.

Nell'ambito di questi boschi, in sede di sopralluogo è stata rilevata la presenza del Leccio, anche se in misura subordinata rispetto alla Roverella. Essa prevale anche dal punto di vista della rinnovazione, che occupa tutti gli spazi disponibili, lasciando intravedere il perdurare della presenza della stessa.

Lo spessore ridotto della lettiera, unito alle rocce affioranti e ai segni che testimoniano il passaggio del fuoco, portano a ipotizzare dinamiche biogeochimiche piuttosto rapide, per cui il calore e l'umidità portati dal clima e accentuati dalla copertura vegetale, uniti alla luce che nei boschi di caducifoglie con chiome leggere come quella della Roverella filtra abbondantemente, favoriscono i processi di alterazione ma, allo stesso tempo, i fenomeni erosivi che seguono gli incendi portano alla perdita di suolo.

Il sottobosco di queste formazioni è dominato dagli arbusti della macchia mediterranea, in particolare Lentisco, Carrubo e Mirto (*Myrtus communis* L.). A questi si accompagna il Biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.), arbusto correlato alle querce caducifoglie e quindi tipico della fascia basale e specie comuni a entrambe le fasce come Ginestra (*Spartium junceum* L.) e Albero di Giuda (*Cercis siliquastrum* L.).

Tra le erbacee è da segnalare la presenza del Tagliamani (*Ampelodesmos mauritanicus* (Poiret) Dur. et Sch.), specie caratteristica della pseudo-steppe mediterranea, il Ciclamino napoletano (*Cyclamen hederifolium* Aiton), tipico sia delle leccete che dei boschi caducifogli e due eurimediterranee degli incolti come Enula cepittoni (*Inula viscosa* (L.) Aiton) e Menta a foglie rotonde (*Mentha suaveolens* Ehrh), quest'ultima abbondante soprattutto in presenza di chiarie e vicino ai fossi.

In alcune aree sono presenti segni che indicano il pascolamento, quali recinzioni ed escrementi.

Lo strato arboreo è dunque dominato dalla Roverella, con presenza di Leccio, mentre lo strato arbustivo presenta caratteri spiccatamente mediterranei, ma al tempo stesso ospita anche specie della fascia basale. Questo quadro permette dunque di definire i boschi a prevalenza di Roverella presenti nell'area di studio come cenosi di confine a metà tra il querceto e la lecceta, con scambi di soprassuoli, tali da rendere interessante l'osservazione della loro evoluzione nel corso degli anni.

#### Boschi a prevalenza di Sughera

Una fitta formazione boschiva a prevalenza di Sughera è presente nell'area indicata anche dal toponimo di "Sughereta".

La Sughera è una quercia sempreverde originaria del Mediterraneo occidentale, di cui in origine costituiva, assieme al Leccio una componente importante. È stata sempre coltivata con pratiche semplici e non ha dato luogo a significative introduzioni fuori areale, anche per la sua scarsa ampiezza ecologica. Necessita infatti di climi con inverno mite, ma nei confronti dell'aridità è meno tollerante del Leccio. Rispetto a quest'ultimo è meno competitiva, dato che è eliofila, esercita una debole copertura ed è strettamente collegata ai suoli silicatici, carbonatici decalcificati o dolomie. Lo spessore della scorza è un adattamento "pirofito passivo" cioè, grazie ad uno specifico mezzo di resistenza, supera gli incendi per poi potersi rinnovare in temporanea assenza di concorrenti.

La preminenza della Sughera in alcuni boschi del corridoio di studio è da ascrivere essenzialmente all'azione dell'uomo che, dato il suo interesse economico, nel tempo l'ha favorita eliminando le concorrenti, per darle spazio. Su molti esemplari si notano i segni della demaschiatura, che testimoniano l'attuale utilizzo della specie.

Assieme alla Sughera è presente anche la Roverella e per entrambe si nota abbondante rinnovazione.

Anche il Leccio, seppur più sporadico, fa la sua comparsa.

Lo strato arbustivo è costituito dagli arbusti-alberetti sclerofilli mediterranei quali il Lentisco, il Carrubo, il Mirto, il Corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) e dall'Erica arborea (*Erica arborea* L.), molto frequente nei boschi di sclerofille, che diventa ancora più abbondante con la degradazione.

A questi elementi si aggiungono specie sempreverdi non mediterranee, che tuttavia hanno una relativa ampiezza rispetto alla fascia di vegetazione di appartenenza, come il Biancospino, l'Edera (*Hedera helix* L.) e il Pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.). Quest'ultimo in particolare è estremamente rustico, adattabile a tutti i tipi di terreno e a tutti gli ambienti, prediligendo esposizioni soleggiate o a mezz'ombra. Sono poi da segnalare il Tagliamani, la Ginestra e l'Asparago selvatico (*Asparagus tenuifolius* L.). Altre specie presenti sono il Tamaro (*Tamus communis* L.) e la Clematide fiammola, liane che, assieme agli arbusti, rendono il bosco quasi impenetrabile.

Tra le specie rilevate, il Leccio, la Sughera, il Viburno-tino e la Clematide fiammola, sono elementi molto importanti, che riconducono alla Foresta mediterranea sempreverde delle origini, conferendo a queste formazioni un ruolo importante dal punto di vista floristico, ecosistemico e paesaggistico.

#### Vegetazione igrofila

L'area di studio è attraversata da numerosi corsi d'acqua che, sulle loro sponde, danno luogo a formazioni vegetali caratteristiche di questi habitat.

Le specie presenti sono il Pioppo bianco (*Populus alba* L.), specie tipica di stazioni umide o inondate, caratterizzato dalla capacità di emettere abbondanti polloni radicali, l'Equiseto massimo (*Equisetum telmateja* Ehrh), amante dell'ombra e dei luoghi umidi e la Canna domestica (*Arundo donax* L.), centroasiatica, coltivata per siepi e vari usi agricoli e spontaneizzata. A queste specie se ne accompagnano altre di più larga diffusione, come la Carota selvatica (*Daucus carota* L.) e il Rovo (*Rubus ulmifolius* Schott), tipico anche di siepi, incolti e cedui, che si trova in tutto il territorio, nella zona submediterranea e mediterranea.

La vegetazione igrofila si colloca, nella dinamica vegetazionale, tra il canneto e la vegetazione ripariale. Essa riveste dunque un ruolo importante come elemento di una successione vegetazionale, accentuato dal fatto di collocarsi in zona umida, territorio sempre interessante dal punto di vista naturalistico perché ospita elementi dotati di particolari adattamenti alle condizioni di questo ambiente.

#### Gariga

Una fetta consistente del territorio presenta vegetazione costituita da sclerofille a portamento arboreo e arbustivo.

In alcuni punti la copertura vegetale è più consistente, mentre in altri prevale la vegetazione erbacea e addirittura la roccia affiorante.

In sede di sopralluogo è stata rilevata l'abbondante presenza di Carrubo, Lentisco e Mirto, accompagnati da Alloro (*Laurus nobilis* L.) e Biancospino, questi ultimi provenienti dal sottobosco dei boschi circostanti. Tali formazioni sono stadi di degradazione della macchia preesistente, sia primaria che secondaria, nei quali, in alcune stazioni favorevoli si sono inseriti elementi più mesofili, come contaminazione dalle aree vicine. L'Alloro proviene anche dai giardini delle abitazioni, in quanto è spesso usato come ornamentale. Sia gli alberi che gli arbusti sono bassi, con portamento contorto, presentano copertura discontinua e la massiccia presenza del Tagliamani è particolarmente indicativa del frequente passaggio del fuoco.

In base ai rilievi eseguiti, la vegetazione presente può essere ascritta alla gariga e a forme di transizione con la pseudo-steppa mediterranea.

#### Pseudo-steppa mediterranea

La pseudo-steppa mediterranea rappresenta l'ultimo stadio di degradazione della macchia. Questa formazione è tipica delle aree in cui i fenomeni di degrado si protraggono per lungo tempo, in maniera continuativa e con intensità crescente, per cui si assiste all'involuzione delle associazioni vegetali originarie.

La pseudo-steppa è caratterizzata dall'aspetto quasi desertico e dalla presenza pressoché esclusiva di specie erbacee. Essa trae origine dall'azione millenaria dell'uomo, essendo il risultato dell'azione combinata del disboscamento, del successivo dilavamento meteorico del substrato, della forte siccità estiva e della scarsa capacità di ritenzione idrica del substrato. Le piante delle steppe si adattano a condizioni di vita spesso estreme, determinate dallo scarso apporto idrico e dalla forte insolazione.

La pseudo-steppa rappresenta un momento molto delicato della dinamica vegetazionale. Dopo di essa infatti, ulteriori forme di degrado possono portare al suolo nudo, la cui comparsa rappresenta un grosso problema ambientale, essendo foriera di erosione, frane, scorrimento selvaggio delle acque e portare alla desertificazione.

La specie più tipica della pseudo-steppa mediterranea è il Tagliamani, graminacea perenne, formante grossi cespi da cui si dipartono fusti eretti e robusti e foglie tenaci, è pioniera e resiste agli incendi, in quanto le sue radici non muoiono.

Altra specie delle praterie steppiche xeroterme, anche se più sporadica della precedente, è il Barbone (*Andropogon distachyus* L.), il quale vegeta anche sulle rupi soleggiate.

Raramente si trova qualche esemplare di Lentisco, relitto di formazioni vegetali del passato, così come la Ginestra, rustica e di facile coltivazione.

La pseudo-steppa mediterranea, si colloca ad un livello molto basso della dinamica vegetazionale, tuttavia è di interesse scientifico, proprio come anello di una successione ed essendo l'ultima fase di una serie involutiva cui segue il suolo nudo, merita attenzione, anche in relazione alla particolarità e instabilità del clima mediterraneo.

#### Uliveti, seminativi e colture ortensi

La coltivazione dell'Olivo (*Olea europaea* L. var. domestica) caratterizza una consistente porzione di territorio.

Ottenuta per coltura dall'Oleastro, questa specie è stata estesa entro tutta l'area della lecceta, che costituisce il suo miglior habitat. Teme invece l'eccessiva aridità e per questo la sua coltivazione è indicata nella sottozona fredda del *Lauretum*, le cui temperature medie sono più basse, le precipitazioni più alte e il periodo secco più breve. Viene coltivato per la produzione della drupa (oliva), che può essere spremuta in frantoio per ottenere l'olio, oppure, per le cultivar di grossa pezzatura, può essere destinata al consumo diretto. I residui della spremitura (bucette e sanse di oliva) sono destinati all'alimentazione zootecnica o come combustibile. Il legno, molto apprezzato, robusto e di colore bruno rossastro, si presta all'impiego in falegnameria e alla produzione di piccoli oggetti di artigianato.

Le varietà coltivate nelle campagne di Formia sono la *Carboncello*, la *Rosciola*, entrambe varietà di pregio e la *Gaetana*, varietà da mensa. La *Carboncello* ha portamento assurgente, buon sviluppo e produttività, dà frutti medi, con resa e olio ottimi; la *Gaetana* è tardiva, dotata di grande sviluppo, caratterizzata da frutto di media grossezza, ottima per la conservazione allo stato maturo in salamoia (olive nere); la *Rosciola* è di sviluppo modesto, con rami patenti, frutto medio, giallo rossastro, buona produttività e resa e olio buoni.

Un'altra pianta coltivata nell'area in esame è la Vite (*Vitis vinifera* L.), pianta arborea a portamento rampicante, adatta ai climi caldi non troppo umidi. Tollera infatti estremi termici notevoli in senso caldo, meno in senso freddo e nei riguardi dell'umidità teme più l'eccesso che il difetto. La Vite prospera in terreni d'origine e natura molto diverse; solo terreni decisamente umidi o troppo ricchi di sostanza organica non sono adatti.

Tra le colture arboree è da segnalare la presenza del Pero (*Pyrus communis* L.) e tra le ortensi è presente il Carciofo (*Cynara cardunculus* L. subsp. *scolymus*), di cui il Lazio è uno dei maggiori produttori in Italia. Questa specie ama il clima temperato, resiste al vento e alla salsedine ed è largamente coltivata nell'area dell'Olivo.

La varietà maggiormente presente è il *Carciofo di Roma* o *Romanesco* nel tipo di *Campagnano*, di forma rotondeggiante, talvolta leggermente allungata, brattee serrate, verde grigiastre o violette con riflessi rossastri. Nelle colture classiche dell'Agro romano e pontino le piante, dopo i frutti grandi, producono frutti piccoli, della grandezza dall'uovo alla noce. Questi vengono utilizzati in fabbrica per la preparazione di carciofini all'olio.

#### Vegetazione sinantropica

Le aree prossime alle vie di comunicazione, alle abitazioni, o ai margini dei coltivi, ospitano formazioni vegetali piuttosto eterogenee, in cui fanno la loro comparsa specie esotiche, infestanti o specie sfuggite alle colture. Tra queste si segnala la presenza della Robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), tipica di scarpate, incolti e siepi. Fu introdotta in Italia nel XVII secolo ed ora è completamente spontaneizzata in tutto il territorio, nei luoghi abbandonati, siepi, argini, però sempre sinantropica. Pianta rustica, preferisce posizioni esposte al sole, soffre la carenza idrica e resiste ai rigori invernali. Tollera egregiamente capitozzature e interventi di potatura, ricacciando abbondantemente. È in grado di colonizzare dagli ambienti fresco-umidi a clima oceanico, a quelli caldo-aridi di clima mediterraneo. Preferisce suoli ricchi e profondi che arricchisce in humus col degrado della sua lettiera.

Alla fine dell'800 fu impiegata per la costruzione della ferrovia e si diffuse su ogni superficie degradata. I fiori sono apprezzati dagli insetti melliferi e sono importanti per la produzione di mieli (miele d'Acacia).

Un'altra specie presente è il Fico comune (*Ficus carica* L.), coltivato come albero da frutto, da ombra e ornamentale, sfugge facilmente a coltura e si adatta agli ambienti più

diversi. È una specie mediterranea, anche delle zone desertiche e subdesertiche fino all'Asia centrale. Sopporta siccità prolungate, inverni relativamente rigidi ed estati umide.

Sono presenti inoltre il Rovo e la Dulcamara (*Solanum dulcamara* L.); quest'ultima è una specie paleotemperata, di boschi umidi, incolti ed ambienti ombrosi.

Si rilevano poi le specie provenienti dalle aree circostanti quali Tagliamani, Lentisco, Ginestra e Albero di Giuda.

#### Boschi a prevalenza di Leccio

A sud dello Svincolo di Itri sono presenti alcune formazioni arboree in cui domina il Leccio nelle sue forme arborea e arbustiva. Si tratta di cenosi piuttosto fitte ed inestricabili, con sottobosco caratterizzato da Corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), Erica arborea (*Erica arborea* L.), Mirto (*Myrtus communis* L.) e Rovo (*Rubus ulmifolius* Schott gr.).

Gli elementi vegetazionali rilevati danno origine ad una buona copertura del terreno, con alberi e arbusti di notevoli dimensioni, per cui questa formazione può essere riconducibile ad una forma di degradazione della foresta sempreverde meno spinta rispetto alle formazioni viste in precedenza.

## **6.2 Fauna - Caratterizzazione dello stato di fatto**

### **6.2.1 Inquadramento generale**

Il territorio in esame appartiene alla Provincia Faunistica Appenninica, corrispondente al territorio peninsulare che ha come asse la catena appenninica. Questa regione durante il Miocene era frammentata in una serie di isole, fiancheggiate da territori di più antica emersione: la Dinaride e l'Egeide a est e la Tirrenide a ovest. Gli Appennini ebbero così la possibilità di essere colonizzati da elementi delle antiche faune balcaniche e tirreniche i cui resti, analogamente alle Alpi, si trovano oggi nelle grotte o nel suolo, pur non mancando neppure tra gli invertebrati petrofilii e anche tra quelli fitofagi. Sullo stock faunistico paleomediterraneo relitto, percentualmente più ricco e diversificato rispetto alle Alpi, si è sovrapposta, durante le crisi climatiche del Quaternario, una fauna d'origine settentrionale, costituita da elementi alpini, europei, eurasiatici ed eurosibirici, che hanno raggiunto l'estremo sud della penisola e la Sicilia. Tale fauna fredda, in seguito al

miglioramento climatico verificatosi durante l'ultima glaciazione wurmiana, ha subito una forte contrazione, con una diminuzione percentuale delle specie d'origine settentrionale e contemporaneamente un loro accantonamento a quote sempre più elevate procedendo da nord a sud e, per contro, un aumento degli elementi mediterranei in senso inverso.

Nella provincia appenninica è possibile distinguere tre settori faunistici.

Il settore settentrionale, dalle regioni collinari delle Langhe, del Monferrato e dell'Oltrepò pavese fino alle valli dell'Ombrone e del Foglia, è caratterizzato da un'alta percentuale di elementi di origine settentrionale.

Il settore centrale, dall'Appennino umbro-marchigiano fino alle valli del Volturno e del Fortore, che conta le cime più elevate di tutta la catena e nel quale è presente un piano eualpino, quasi ovunque assente negli altri due settori; per tale ragione la percentuale di specie appartenenti a corotipi settentrionali è ancora elevata, i pochi borealpini appenninici sono tutti presenti nel settore centrale ed è più ricca la rappresentanza delle specie strettamente appenniniche, con numerosi invertebrati endemici centro-appenninici d'origine tirrenica o balcanica.

Il settore appenninico meridionale, invece, si chiude in Aspromonte e comprende poche vette superiori ai 2000 metri; decisamente più scarse sono le specie d'origine settentrionale, concentrate soprattutto nei boschi più umidi e freschi tra 1400 e 1700 metri, mentre un forte rilievo acquista in questo settore la componente mediterranea, che, con numerose specie xerotermofile, sale fino a quote elevate, conferendo un carattere di mediterraneismo a questo settore appenninico, via via più accentuato con il diminuire della latitudine. Per quanto concerne i vertebrati, la provincia appenninica è caratterizzata dalla presenza di specie assenti nella provincia alpina, come i geotritoni del genere *Hydromantes* e la Salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*), la Vipera dell'Orsini (*Vipera ursinii*), il Picchio dorsobianco (*Picoides leucotos*), l'Istrice (*Hystrix cristata*) e il Camoscio d'Abruzzo (*Rupicapra pirenaica ornata*), affine al Camoscio dei Pirenei.

Per quello che riguarda l'area di più stretto interesse progettuale, la descrizione delle potenziali presenze faunistiche, dedotta essenzialmente da dati bibliografici, integrate dalle osservazioni eseguite nel corso dei sopralluoghi effettuati specificatamente per il presente lavoro, viene illustrata per ambiti ecosistemici, direttamente ricondotti alle principali formazioni vegetazionali viste in precedenza.

### 6.2.2 Presenze faunistiche all'interno dell'area di studio

L'urbanizzazione della costa e lo sfruttamento a vario titolo delle aree collinari interne ha da tempo determinato modificazioni ambientali di entità tale da influenzarne sia tipologicamente che quantitativamente la fauna. L'urbanizzazione ha comportato la frammentazione delle aree naturali, causando varie forme di disturbo, che si sono espresse con un generalizzato impoverimento rispetto alle potenzialità esistenti.

Tuttavia, mentre la componente ornitica, capace di rapidi spostamenti, ha risentito e risente in maniera relativa di tali influenze, altrettanto non è possibile affermare per gli anfibi, i rettili ed i mammiferi, per i quali si è verificata una sostanziale rarefazione delle presenze, con popolazioni piuttosto disperse ed in parte isolate, facenti capo alle specie più adattabili.

#### MAMMIFERI

Tra gli Insettivori Erinaceidi è presente il Riccio europeo (*Erinaceus europaeus*) animale abituato alla convivenza con l'uomo, che può vivere anche in aree coltivate, parchi, giardini urbani e zone aperte, purché con nascondigli.

Tra gli Insettivori Soricidi si segnalano il Toporagno nano (*Sorex minutus*), il Mustiolo (*Suncus etruscus*), la Crocidura a ventre bianco (*Crocidura leucodon*) e la Crocidura rossiccia (*Crocidura russula*). Il Toporagno nano è tipico dei margini delle foreste miste decidue, ma anche di prati incolti, sterpaglie e cespugli, dalle aree collinari fino a 2000 m, il Mustiolo e la Crocidura a ventre bianco sono tipici dei climi caldo-aridi, mentre la Crocidura rossiccia è euriecia e antropofila.

L'area in esame presenta un certo numero di ambienti adatti alla Talpa europea (*Talpa europaea*), come prati, aree boscate, pascoli, coltivi, orti e giardini. In particolare essa è favorita dall'assenza di zone umide e di estese aree ad agricoltura intensiva.

Altre specie da segnalare sono, tra i Chiroteri Vespertilionidi, il Vespertilio maggiore (*Myotis myotis*) e l'Orecchione grigio (*Plecotus austriacus*). Il Vespertilio maggiore è una specie termofila, che predilige località temperate e calde di pianura e di collina, dove frequenta gli ambienti più vari, ivi compresi quelli fortemente antropizzati. Nella buona stagione si rifugia, anche per la riproduzione, nei fabbricati, ove può sopportare temperature elevate (fino a 45°C) e in ambienti sotterranei, naturali o artificiali (cantine,

grotte, miniere, ecc.). Preda soprattutto Artropodi terragnoli, in netta prevalenza Coleotteri Carabidi, in zone dove il suolo è facilmente raggiungibile, preferendo cacciare in corrispondenza di prati rasati di fresco, pascoli degradati, frutteti con ampie radure e boschi misti o pinete prive o povere di sottobosco, evitando per esempio le aree coperte da ricca vegetazione erbacea e i boschi con fitto sottobosco. L'Orecchione grigio (*Plecotus austriacus*) è una specie fortemente antropofila, che predilige gli ambienti agrari, evitando le aree boschive più estese, ma frequenta comunemente la macchia mediterranea e le leccete. Nella buona stagione i rifugi sono rappresentati nella maggior parte dei casi, dai sottotetti. Entrambe le specie sono state segnalate nella Lista Rossa dei Vertebrati italiani, pubblicata dal WWF Italia nel 1997. Inquinamento a parte, il maggior pericolo è rappresentato dall'azione di disturbo da parte dell'uomo, che non tollera la presenza dei rifugi nelle costruzioni e taglia i vecchi alberi cavi.

Tra i Lagomorfi trovano un habitat favorevole il Coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*) e la Lepre comune (*Lepus europaeus*). Il Coniglio selvatico era originariamente tipico della macchia mediterranea ma, per la sua elevata capacità di adattamento, ha colonizzato gli ambienti più vari. Per la necessità di scavare rifugi sotterranei, ha preferenze per i terreni asciutti e ben drenati, sabbiosi e moderatamente argillosi, ricchi di bassi cespugli, macchia, gariga, ecc. La Lepre comune o europea predilige gli ambienti aperti, come praterie e steppa ma, in seguito alla messa a coltura delle terre, ha trovato una condizione ideale nelle zone coltivate, dove ci sono disponibilità alimentari in ogni periodo dell'anno. Preferisce quindi gli ambienti caratterizzati da buona diversità ambientale con colture in rotazione, boschetti e terreno ben drenato e fertile. In conseguenza della sua ampia valenza ecologica frequenta comunque una grande varietà di ambienti, tra cui anche i boschi, prediligendo quelli di latifoglie, ricchi di sottobosco, evitando però le fitte boscaglie, le foreste troppo estese e le pendici ombrose.

Tra i Carnivori si può segnalare la presenza della Puzza (*Mustela putorius*), la quale può vivere in habitat molto diversi, dagli ambienti umidi alle aree montane forestali e a quelle agricole, fino ad ambienti antropizzati, dove a volte utilizza le abitazioni umane come rifugi diurni. Caratteristica di questa specie sembra comunque essere una generale preferenza per gli ambienti umidi, le rive dei fiumi, dei fossi e degli specchi d'acqua.

Uno dei Carnivori ecologicamente più adattabili e flessibili è la Faina (*Martes faina*), frequentatrice di zone forestali, cespugliate e ambienti rurali, ma anche dei villaggi e delle periferie dei centri abitati, mentre evita le vaste aree aperte.

Sempre per quanto concerne l'Ordine dei Carnivori, l'habitat è favorevole alla vita del Tasso (*Meles meles*), specie tipicamente forestale, che preferisce i boschi sia di montagna che di pianura, preferendo quelli di latifoglie o misti, anche di limitata estensione, alternati a zone aperte, cespugliate, sassose e incolte. Si tratta comunque di una specie ecologicamente piuttosto adattabile e proprio per questo può abitare anche aree agricole, dove siano presenti limitate estensioni di vegetazione naturale, che possano offrirgli protezione ed ambienti di macchia densa, anche nelle aree costiere.

Tra i Carnivori Felidi, il Gatto selvatico (*Felis sylvestris*) è legato agli habitat forestali, in particolare di latifoglie, soprattutto per la protezione offerta dalla vegetazione. È considerato specie a rischio di estinzione.

L'ambiente presenta condizioni favorevoli per l'Arvicola di Savi (*Microtus savii*), roditore che ama gli ambienti aperti, quali praterie, incolti e zone coltivate. In particolare nelle colture ortive e nei frutteti trova spesso le condizioni adatte per pullulare, raggiungendo talvolta densità elevatissime. Non è infrequente trovarla anche all'interno di boschi, per quanto ciò avvenga sempre in prossimità di zone aperte o in ampie radure.

Un altro roditore potenzialmente presente è l'Arvicola terrestre (*Arvicola terrestris*), strettamente associata a fossi, canali irrigui, fiumi, stagni delle pianure e dei fondovalle umidi, rive dei laghi, specchi d'acqua dolce e salmastra, purché provvisti di abbondante vegetazione erbacea e ripariale.

#### UCCELLI

Tra i Columbiformi sono presenti la Tortora dal collare orientale (*Streptopelia decaocto*) e il Piccione selvatico (*Columba livia*). La Tortora dal collare orientale è una specie di clima arido, che in Italia è localizzata principalmente in parchi urbani e suburbani, dove nidifica spesso sulle palme o sui manufatti. Il Piccione selvatico predilige, per la nidificazione, grotte e crepacci, per cui frequenta ambienti rocciosi, carsici ed anfrattuosissimi, interni o dei litorali. Per l'alimentazione si sposta in ambienti agrari o steppici con regolari voli di foraggiamento ed abbeverata, spesso di molti chilometri. Sfrutta la gariga e la macchia

mediterranea per cibarsi dei frutti del Lentisco e di altri arbusti. È inserito nella Lista Rossa dei Vertebrati italiani come specie vulnerabile.

Tra gli Strigiformi l'habitat è favorevole al Gufo comune (*Asio otus*) che in collina e in montagna si insedia frequentemente in boschi maturi misti, ricchi di radure. Per la caccia, che avviene in volo o da posatoio, utilizza gli spazi aperti, perlustrando soprattutto gli ambienti di margine tra le coltivazioni.

È possibile avvistare anche il Cuculo (*Cuculus canorus*), appartenente all'ordine dei Cuculiformi. Specie ubiquitaria, si osserva in tutti gli habitat forestali, ma anche in campagne alberate, arbusteti, canneti e altri tipi di zone umide. Le foreste di caducifoglie rappresentano l'habitat di elezione. È assente nelle aree molto urbanizzate, ma comune nei grandi parchi urbani.

Tra gli Apodiformi si segnalano il Rondone (*Apus apus*) e il Rondone pallido (*Apus pallidus*), specie che si sono adattate a sfruttare le costruzioni murarie, utilizzando i fori e le cavità presenti sugli edifici dei centri abitati, su palazzi, chiese e torri dei centri storici e sovente anche le cavità lasciate nei tetti sotto le tegole. Per la ricerca del cibo gli adulti sorvolano gli ambienti agricoli o naturali circostanti i centri abitati.

Tra i Coraciiformi si segnalano il Martin pescatore (*Alcedo atthis*), il Gruccione (*Merops apiaster*) e la Ghiandaia marina (*Coracias garrulus*). Il Martin pescatore è legato alle zone umide, anche di piccole dimensioni, quali canali, fiumi, laghi di pianura e bassa collina, lagune e stagni salmastri e anche spiagge marine. Nidifica preferibilmente negli ambienti d'acqua dolce, più scarsamente in quelli d'acqua salmastra e comunque laddove può reperire cavità in argini e pareti sabbiose e terrose in cui deporre le uova. Il Gruccione frequenta ambienti aperti e assolati, con vegetazione arborea e arbustiva scarsa o discontinua, di pianura e bassa collina, dove caccia attivamente grossi insetti volanti, come Imenotteri, Odonati, Ortotteri e Lepidotteri. La Ghiandaia marina frequenta zone aperte xerofile di pianura e bassa collina, come incolti e praterie steppose, boschetti di querce e pinete con frequenti radure, oliveti e coltivi, con alberi sparsi e macchie di vegetazione arborea. Non costruisce un nido proprio, ma utilizza cavità naturali in alberi, pareti sabbiose o terrose o artificiali in ruderi o altri edifici abbandonati.

Tra i Piciformi è da segnalare il Picchio rosso maggiore (*Dendrocopos major*), specie forestale ad ampia valenza ecologica, che ama i boschi, ma può occupare con successo ambienti artificiali o antropizzati, come parchi cittadini, alberature campestri, purché trovi

risorse trofiche sufficienti e piante di diametro adatto alla nidificazione (indicativamente superiore ai 20 cm). La presenza di legno secco o di piante stramature rende gli habitat forestali più attraenti per la specie e può giustificare la maggiore densità osservabile in boschi non gestiti unicamente a scopo produttivo. L'alimentazione si basa soprattutto su forme adulte e larvali di Artropodi forestali, soprattutto corticicoli e fillofagi e anche xilofagi, ma può essere ampiamente integrata con semi e frutti, in funzione della disponibilità stagionale.

I diversi ambiti ecosistemici individuati nell'area di studio sono stati classificati in base al VALORE FAUNISTICO, inteso come capacità di ospitare una maggiore o minore varietà di specie animali e come importanza naturalistica delle stesse. Quest'ultima è data dalla fisiologia dell'animale, dai suoi cicli e dalle sue abitudini. Una specie che si adatta facilmente a molti ambienti, compresi quelli fortemente antropizzati, è sicuramente più diffusa e meno a rischio di una che ha esigenze specifiche, legate ad un ambiente particolare. La prima sarà dunque considerata di minor valore rispetto alla seconda.

Aree urbanizzate, aree industriali, cave e discariche costituiscono l'ecosistema urbano, caratterizzato da scarso valore faunistico, in quanto frequentato da specie ad ampia valenza ecologica, in grado di adattarsi anche agli ambienti antropizzati, utilizzando come rifugi gli edifici urbani e nutrendosi di diversi tipi di alimenti reperibili in ambito urbano, tra cui anche i rifiuti. Alcune specie (soprattutto uccelli) fanno la spola tra città e campagna, nidificando nella prima e cercando il nutrimento nella seconda.

Uliveti, seminativi, colture ortensi e aree coperte da vegetazione sinantropica fanno parte dell'agroecosistema e presentano un valore faunistico medio. In questi ambienti è largamente rappresentato l'ordine degli Insettivori, particolarmente favoriti dove l'agricoltura non fa largo impiego di prodotti chimici. Trovano una situazione favorevole anche erbivori, carnivori e roditori, grazie alla varietà di alimenti reperibili.

Queste aree hanno un maggior valore rispetto alle precedenti perché, anche se alcune specie sono in comune con l'ecosistema urbano, altre sono strettamente legate all'agricoltura tradizionale. Questa, qualora dovesse essere soppiantata dalle tecniche moderne, non assicurerebbe più le stesse condizioni di vita. Le nuove aziende agricole sono infatti molto più igieniche rispetto al passato, con condizioni climatiche controllate, e non offrono più quegli anfratti in cui gli animali potevano vivere indisturbati, di cui ha

bisogno, ad esempio, l'Orecchione grigio. A questo bisogna aggiungere che molti pesticidi sono velenosi per gli animali selvatici, sia per il rischio di essere ingeriti, sia perché eliminano insetti ed erbe che costituiscono il loro nutrimento.

Boschi e aree a gariga e pseudo-steppa sono connotate come aree ad elevato valore faunistico. Esse sono frequentate anche dagli animali degli altri ambiti ma, per loro natura, sono adatte ad ospitare specie più esigenti in fatto di alimentazione e di habitat, con necessità specifiche che possono essere soddisfatte solo in particolari condizioni. È il caso, ad esempio, di numerosi uccelli, che hanno bisogno degli alberi per nidificare, attività possibile solo in bosco e per l'alimentazione necessitano degli insetti che vivono sugli alberi e nella lettiera da essi prodotta, habitat non ricostituibile artificialmente. Gli arbusti dal canto loro forniscono frutti e riparo dai predatori e la pseudo-steppa rappresenta un importante terreno di caccia, dato che vi possono trovare nutrimento gli erbivori, gli insettivori e i carnivori.

L'ecosistema dei corsi d'acqua si connota come ambito a valore faunistico molto elevato, sia per la biodiversità che in esso si può riscontrare, sia perché questi ambienti stanno scomparendo e la conservazione delle zone umide è argomento attuale e prioritario degli interventi di tutela ambientale.

A tal proposito, vista l'elevata valenza ambientale rivestita da tali zone quali punti di riferimento per le migrazioni dei volatili, l'indagine sulla eventuale presenza di corridoi migratori ha verificato l'esistenza di una corrente migratoria che partendo dall'Africa, attraversa lo stretto di Messina e passa davanti alla costa tirrenica, senza però interessare in modo diretto il nostro corridoio di studio.

### **6.3 Aree sensibili**

L'individuazione delle situazioni di particolare sensibilità vegetazionale e faunistica, dovuta alle interferenze di tipo diretto o indiretto con elementi della vegetazione e della fauna presenti, è funzione in primo luogo della qualità intrinseca dell'elemento o unità interessata, ma anche delle caratteristiche tipologiche del progetto.

Il territorio in esame presenta alcuni aspetti di particolare pregio naturalistico, quali i boschi a prevalenza di Roverella, di Sughera e di Leccio e le formazioni igrofile lungo i corsi d'acqua. A queste si aggiungono le aree coperte da gariga e pseudo-steppa

mediterranea che, quali forme di degradazione, si pongono come momenti delicati della dinamica vegetazionale, meritevoli dunque di studio e tutela. È inoltre importante sottolineare che queste aree sono elementi di diversificazione del paesaggio, utili alla fauna come luoghi di ricerca di cibo.

L'intervento proposto interessa soprattutto aree agricole le quali, dal punto di vista ambientale, sono di per sé già alterate dall'azione antropica e quindi meno sensibili delle aree coperte da vegetazione naturale o seminaturale. In particolare le zone interessate da colture annuali possono essere ripristinate con facilità e in breve tempo.

Il sistema agricolo è chiaramente soggetto ad altri tipi di impatto, che devono essere opportunamente segnalati e tenuti in considerazione, perché nonostante siano apparentemente separati dalle problematiche di tipo naturalistico, hanno comunque una ricaduta su di esse, come si vedrà nel paragrafo dedicato alla sottrazione di suolo e vegetazione agricola.

Ai fini della definizione degli impatti il tracciato di base è stato suddiviso in cinque tratti, ai quali va ad aggiungersi l'analisi degli impatti legati all'alternativa di tracciato:

1. TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza
2. TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza
3. TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2
4. TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia
5. TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto
6. ALTERNATIVA DI TRACCIATO: dalla sezione 230 alla 390 circa

### **6.4 Effetti in fase di costruzione**

Durante la fase di cantiere si possono determinare, in corrispondenza delle aree di lavorazione, diverse tipologie di effetti, in alcuni casi a carattere temporaneo, mentre in altri a carattere permanente.

Occorre infatti distinguere le alterazioni permanenti indotte alla vegetazione e alla fauna a causa della presenza delle nuove opere d'arte, dalle interferenze a carattere temporaneo determinate dalle aree di cantiere e dalle attività di lavorazione.

Le prime, per loro natura, si configurano come alterazioni di tipo irreversibile, mentre le seconde, qualora accompagnate da idonei interventi di ripristino, possono essere considerate reversibili.

In funzione delle caratteristiche e delle valenze del territorio di inserimento progettuale, delle tipologie di intervento e delle relative azioni di progetto necessarie per la realizzazione di opere e manufatti, la lista degli impatti potenziali indotti, per la componente "Vegetazione, Flora e Fauna", in fase di costruzione risulta essere la seguente:

- ✓ Sottrazione di suolo e vegetazione agricola reversibile
- ✓ Sottrazione di suolo e vegetazione agricola irreversibile
- ✓ Sottrazione di vegetazione seminaturale reversibile
- ✓ Sottrazione di vegetazione seminaturale irreversibile
- ✓ Sottrazione di vegetazione arborea reversibile
- ✓ Sottrazione di vegetazione arborea irreversibile
- ✓ Alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali reversibile
- ✓ Alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali irreversibile
- ✓ Disturbo alla fauna reversibile
- ✓ Interruzione dei corridoi di spostamento faunistico reversibile

#### **6.4.1 Sottrazione di suolo e vegetazione agricola**

La realizzazione di un'opera viaria comporta, tra gli altri effetti, la sottrazione di suolo, conseguenza grave e inevitabile al tempo stesso. Il suolo è, infatti, assieme al clima, l'elemento più importante all'interno di tutti gli ecosistemi. Esso si sviluppa dalla roccia madre in seguito al processo di pedogenesi e, col passare del tempo, subisce ulteriori alterazioni di natura chimica e fisica, tali da creare una materia unica e irriproducibile.

La durata della pedogenesi è diversa a seconda di tanti parametri, tra cui la natura della roccia madre e il clima e in ogni caso è più lenta rispetto alle attività umane.

Dunque sottrazione di suolo significa perdita di un elemento naturale indispensabile alla vita delle piante e di tutto l'ecosistema, dato che le piante sono produttori primari. La gravità di questo tipo di impatto appare ancora più evidente se si pensa ai tempi necessari per la ricostituzione di questa risorsa.

I terreni coltivati poi presentano una specifica attitudine, spesso indotta dall'uomo per renderli atti all'esercizio dell'agricoltura. Essi quando sono lavorati correttamente acquisiscono particolari caratteristiche di struttura, tessitura, profondità, fertilità, dotazione in acqua, sostanza organica e sali minerali tali, da acquisire valore in funzione dei redditi che potranno produrre. La diminuzione di questo capitale, definito tale in quanto produttore di interessi, comporta dunque una perdita per la collettività, soprattutto laddove l'agricoltura è un comparto trainante.

A questi effetti bisogna poi aggiungere quelli derivanti dall'interruzione della continuità fondiaria, per cui alcuni terreni attraversati dall'opera non possono più essere lavorati in modo economicamente conveniente, per cui vengono abbandonati.

Intendendo l'agricoltura come una forma di "manutenzione" del territorio si può capire il legame che esiste tra il mondo rurale e quello naturale.

Se è infatti vero che l'agricoltura ha profondamente e spesso irrimediabilmente modificato l'assetto naturale, è anche vero che la cessazione improvvisa di ogni attività non porterebbe alla graduale scomparsa di questo sistema artificiale, ma piuttosto ad un tracollo dello stesso, con danni ambientali gravissimi. Le specie infestanti prenderebbero il sopravvento, i terreni lavorati e non più saldi sarebbero soggetti all'erosione, lo stesso regime idrico, modificato dalle pratiche agronomiche, ne sarebbe sconvolto. Questo e molti altri aspetti devono indurre a rispettare il più possibile le superfici coltivate, evitando di frazionarle in particelle di dimensioni tali da non consentire un'organizzazione economica della coltura, cercando, ovunque possibile, di ripristinare le colture preesistenti e agevolando sempre gli agricoltori nell'accesso alle proprietà.

La negatività dell'impatto nel comparto agricolo è tanto maggiore quanto più il fondo in questione ospita colture arboree.

Esse costituiscono un elemento importante del sistema naturale, soprattutto quando si tratta dell'Olivo, pianta coltivata da sempre nel Mediterraneo, tanto da essersi inserita perfettamente nelle dinamiche vegetazionali e negli ecosistemi naturali.

Inoltre l'olivicoltura è attività piuttosto redditizia, soprattutto quando coinvolge, come in questo caso, varietà locali, dato che la difesa e la valorizzazione dei prodotti tipici è probabilmente la maggiore risorsa dell'ambiente rurale in Italia.

Oltre a ciò è importante sottolineare che l'Olivo, in quanto albero, presenta un valore in sé, dato dalla lunghezza del suo ciclo di vita e dal fatto che gli alberi sono, per tutto

l'ecosistema, come dei magazzini viventi di riserve nutritive. Essi infatti, per la costruzione dei propri organi utilizzano le risorse naturali e, data la loro lunga vita, queste risorse vengono rilasciate al sistema solo dopo molto tempo, sfuggendo così al rischio del dilavamento. Questa funzione è svolta in particolare dai fusti degli alberi, che assicurano agli ecosistemi la conservazione e la protezione di elementi fondamentali per la vita. In questi termini l'impatto è maggiore quando l'abbattimento coinvolge esemplari vecchi, perché porta a perdere una quantità di risorse accumulate dal lavoro della natura di molti anni e non ricostituibile in tempi brevi.

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

La porzione di territorio occupata dallo Svincolo di Itri è interamente coltivata a seminativi e colture ortensi. Si prevede un impatto di tipo irreversibile lungo tutta la sagoma dello svincolo, sulla viabilità di supporto e relativamente agli imbocchi della Galleria naturale di Costamezza, ad eccezione del tratto iniziale in artificiale, nel quale le colture potranno essere ripristinate alla fine dei lavori.

Le attività del campo base "Piano di Piroli" e del Cantiere Industriale "Itri" comporteranno un effetto analogo, ma reversibile, dato che le colture potranno essere ripristinate alla fine dei lavori.

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti sul suolo e sulla vegetazione agricola.

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

Dall'imbocco est della Galleria naturale di Costamezza fino all'imbocco ovest della Galleria artificiale Balzorile 1 la sottrazione di suolo e vegetazione agricola riguarda in modo irreversibile soprattutto uliveti e, solo in piccola parte, i seminativi e le colture ortensi, per tutta la sagoma del tracciato, ad eccezione degli attraversamenti del Canale di Valle e del corso d'acqua a ovest dello stesso. Nel tratto in artificiale degli imbocchi est della Galleria naturale di Costamezza lo stesso tipo di impatto si configura come reversibile, così come in corrispondenza della Galleria artificiale Balzorile 1; diventa irreversibile dall'imbocco est della stessa fino all'imbocco ovest della Galleria artificiale

Balzorile 2, in corrispondenza della quale diventa nuovamente reversibile, coinvolgendo prevalentemente uliveti. L'impatto è reversibile anche in corrispondenza del ponte n. 6 tra la Galleria artificiale Balzorile 1 e la Galleria artificiale Balzorile 2.

Da questo punto e fino alla fine del Tratto 3 l'interferenza riguarda esclusivamente gli uliveti.

Dall'imbocco est della Galleria artificiale Balzorile 2 fino all'imbocco ovest della Galleria artificiale Campese 1 l'impatto si configura come irreversibile, ad eccezione dell'area attraversata dal ponte n. 7 in cui è reversibile.

In corrispondenza della Galleria artificiale Campese 1 l'impatto diventa reversibile poi, dall'imbocco est della stessa galleria all'imbocco ovest della Galleria Campese 2 l'impatto diventa irreversibile e, lungo la Galleria artificiale Campese 2 l'impatto caratterizza in modo reversibile i primi 50 m della carreggiata nord e circa 150 m della carreggiata sud.

Tutta la viabilità di supporto interferisce in modo irreversibile con il comparto agricolo, in misura diversa a seconda che modifichi infrastrutture preesistenti o che si sviluppi ex-novo.

L'attività del Cantiere industriale "Balzorile" danneggia in modo reversibile un'area coltivata ad uliveti.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

In questo tratto si ha sottrazione irreversibile di suolo e vegetazione agricola a partire da circa 100 m dagli imbocchi est della Galleria artificiale Campese 2 e fino al ponte n. 10, che attraversa un'area golenale, ad esclusione dei primi 10 m che invece interessano in modo reversibile un'area agricola. Oltre quest'area si ha di nuovo lo stesso tipo di impatto fino al ponte n. 11 e da lì fino all'inizio del tratto successivo.

La viabilità di supporto interferisce in modo irreversibile con il suolo e la vegetazione agricola, anche in questo caso in misura diversa a seconda che modifichi infrastrutture preesistenti o che si sviluppi ex-novo.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

La sottrazione di suolo e vegetazione agricola interessa quasi tutto il tratto, ad eccezione della carreggiata sud, nel punto in cui in corrispondenza delle sezioni 415 e 420, attraversa una zona urbanizzata nei pressi del Centro commerciale.

#### **Alternativa di tracciato**

Il primo tratto dell'alternativa di progetto, dall'inizio fino agli imbocchi ovest della galleria, si sviluppa all'aperto, per cui comporta sottrazione irreversibile di suolo e vegetazione agricola, per tutto il suo sviluppo ad eccezione degli attraversamenti dei corsi d'acqua. L'impatto diventa reversibile nel tratto in artificiale degli imbocchi ovest della galleria.

Per quanto riguarda gli imbocchi est della galleria comportano entrambi sottrazione di suolo e vegetazione agricola in corrispondenza dei fori, mentre per il tratto in artificiale dell'imbocco della carreggiata sud l'impatto si configura come reversibile.

Dagli imbocchi est e fino alla fine dell'alternativa di tracciato si ripropone l'impatto di sottrazione irreversibile di suolo e vegetazione agricola, ad eccezione del tratto in cui vengono attraversati il Torrente dell'Acquatrasversa e il Fosso di Marmorano. L'impatto sull'agricoltura è reversibile anche in corrispondenza del tratto in cui il Ponte sul Torrente dell'Acquatrasversa passa sopra una zona coltivata con uliveti.

#### **6.4.2 Sottrazione di vegetazione seminaturale ed arborea**

L'impianto del cantiere comporta inevitabilmente la sottrazione di specie vegetali, effetto che potrebbe facilitare il fenomeno dell'erosione del suolo. La superficie del terreno, infatti, privata della biomassa vegetale, è esposta all'impatto dei venti, della radiazione solare e delle precipitazioni che la colpiscono direttamente, determinando una combinazione di stress fisici, quali una più alta velocità del vento, una più bassa umidità, temperature più elevate, una maggior velocità di evaporazione e una maggiore escursione termica tra il giorno e la notte.

L'erosione inizia a piccola scala, su terreni non protetti, per il rimbalzare delle gocce di pioggia. Le particelle di terreno schizzano lontano anche due metri, interrando la superficie del suolo. Questo ne riduce la capacità di assorbimento, favorendo il ruscellamento dell'acqua in superficie.

Nel deterioramento della struttura fisica e chimico-fisica del suolo gioca un ruolo fondamentale anche l'uso dei pesanti macchinari usati in edilizia.

Questi comprimono, deformano e producono vibrazioni, che provocano effetti dannosi soprattutto su terreni con scarse capacità di drenaggio. Sotto la pressione dei macchinari i terreni diventano aggregati plastici, che creano uno strato impermeabile all'acqua e allo sviluppo delle radici.

Per sottolineare la gravità del fenomeno dell'erosione è importante sottolineare che questo non solo comporta la diminuzione di fertilità e quindi di produttività dei terreni ma, favorendo il ruscellamento dell'acqua in superficie, aumenta il rischio di alluvioni. Inoltre l'erosione del suolo rientra nelle cause del processo di desertificazione, al cui rischio il Lazio, così come tutte le regioni mediterranee, è sottoposto.

Le piante svolgono inoltre un'importante azione come fissatori dei gas tossici e come produttori di ossigeno, prodotto intermedio della fotosintesi, che si libera nella fase luminosa, in seguito alla fotolisi dell'acqua.

La fase di costruzione dell'opera comporterebbe eliminazione di vegetazione igrofila e seminaturale arbustiva, per cui si prevede una stessa tipologia di impatto, ma quantificabile in modo diverso. Se infatti erbe, arbusti e alberi, svolgono tutti la funzione di protezione del suolo, fissazione dei gas tossici, produzione di ossigeno e immagazzinamento di elementi nutritivi, gli alberi, per conformazione anatomica e durata del ciclo di vita si collocano come elementi di maggior rilievo, degni quindi di particolare attenzione.

#### **TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti sulla vegetazione seminaturale e arborea.

#### **TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti sulla vegetazione seminaturale e arborea.

#### **TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

Si prevede sottrazione irreversibile di vegetazione arborea di tipo igrofilo in corrispondenza dello scolaro sul corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, mentre nel caso dell'attraversamento del Canale di Valle, lo stesso tipo di impatto si configura come reversibile, così come nell'area sottostante il viadotto a tre campate a nord di esso.

Lungo la Galleria artificiale Campese 2 si ha sottrazione reversibile di vegetazione seminaturale arbustiva, a 50 m dall'imbocco ovest della carreggiata nord e a 150 m dall'imbocco ovest della carreggiata sud.

Il Cantiere industriale "Balzorile" porta poi alla sottrazione reversibile di un lembo di forma triangolare di vegetazione sinantropica.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Si prevede sottrazione irreversibile di vegetazione seminaturale arbustiva per i primi 100 m a partire dagli imbocchi est della Galleria artificiale Campese 2. Il ponte n. 10 attraversa l'area golenale del Torrente dell'Acquatrasversa interferendo in modo reversibile con la vegetazione arborea igrofila che, per un tratto di circa 20 m a partire dalla spalla est del ponte stesso, subisce invece un impatto di tipo irreversibile. Anche il ponte n. 11 interferisce in modo reversibile con la vegetazione igrofila del Fosso di Marmorano.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Non si prevedono impatti sulla vegetazione seminaturale e arborea.

**Alternativa di tracciato**

Si ha sottrazione irreversibile di vegetazione arborea igrofila in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle. Lo stesso tipo di impatto diventa reversibile nell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta sottrazione reversibile di vegetazione arborea.

Il tratto in artificiale dell'imbocco est della galleria della carreggiata nord comporta sottrazione reversibile di vegetazione seminaturale arbustiva.

L'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa determina sottrazione reversibile di vegetazione arborea igrofila, impatto che diventa irreversibile per il tratto in cui il tracciato passa dentro l'area golenale, che si sviluppa ad est della spalla del ponte.

Lo stesso tipo di impatto, ma reversibile lo si ravvisa per l'attraversamento del Fosso di Marmorano.

**6.4.3 Alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali**

La fase di cantiere determina occupazione temporanea di suolo, modifica della morfologia dei luoghi e, come già sottolineato, sottrazione di vegetazione.

Tutto questo altera, interrompe o addirittura azzerà la dinamica vegetazionale per la quale, in assenza di interferenze, si assiste su uno stesso territorio a una successione di specie che, partendo dal suolo nudo, porta dalle pioniere alle definitive, come conseguenza del progressivo arricchimento del suolo.

A volte questo processo evolutivo è "fermo" per cause naturali, come capita in seguito a una frana, oppure nelle zone soggette a periodiche inondazioni, altre volte la causa è antropica. Sottraendo la vegetazione e occupando il suolo, si interferisce nella dinamica vegetazionale che, in assenza di interventi di ripristino, dovrà ripartire dal suolo nudo. Questo effetto è deleterio, perché si ritarda la comparsa delle specie definitive, di maggior valore naturalistico ed ecologico.

Bisogna poi aggiungere la propagazione nell'aria di sostanze inquinanti portate dai mezzi gommati, per cui si possono verificare stress da inquinamento e carenze nutrizionali a causa dell'ozono e delle emissioni di metalli pesanti da parte dei veicoli, in particolare Cadmio, Nichel, Zinco e Piombo, che a sua volta può indurre una modifica nella composizione specifica delle cenosi vegetali.

Per questo tipo di impatto riveste un ruolo fondamentale la fase di mitigazione dello stesso perché può e deve diventare occasione di ripristino, ma anche di "spinta" nei confronti della dinamica vegetazionale, o può addirittura costituire il salto di qualità verso fasi più evolute, che col normale corso degli eventi si realizzerebbero in tempi più lunghi.

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevede alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevede alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle si prevede l'alterazione irreversibile dell'evoluzione della vegetazione tra gli scolarici delle due carreggiate, mentre il medesimo tipo di impatto si configura come reversibile tra i due ponti dell'attraversamento del Canale di Valle e sotto il viadotto a tre campate a nord di esso.

Non si ritiene invece significativa l'interferenza nei confronti della vegetazione arbustiva intaccata dalla Galleria artificiale Campese 2, perché si tratta solo di un lembo marginale di gariga, lontano dai boschi di Roverella, nei pressi dei quali si presuppone che i processi evolutivi siano più accentuati, mentre la zona in questione è più vicina ai coltivi, per cui è più facile che sia interessata più da processi di degrado e di ingresso di specie infestanti, che da processi evolutivi veri e propri.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Si prevede alterazione reversibile dell'evoluzione delle serie vegetazionali in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasera, impatto che diventa invece irreversibile per circa 20 m a partire dalla spalla est del ponte n. 10 e nell'area a nord che viene attraversata e tagliata dalla viabilità di supporto.

Si segnala infine alterazione di tipo reversibile dell'evoluzione della vegetazione igrofila del Fosso di Marmorano, attraversato dal ponte n. 11.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Non si prevede alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali

**Alternativa di tracciato**

Si ha alterazione irreversibile dell'evoluzione delle serie vegetazionali in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle. Lo stesso tipo di impatto diventa reversibile nell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta alterazione reversibile dell'evoluzione delle serie vegetazionali.

L'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasera determina alterazione reversibile dell'evoluzione delle serie vegetazionali, impatto che diventa irreversibile per il tratto in cui il tracciato passa dentro l'area golenale, che si sviluppa ad est della spalla del ponte. Lo stesso tipo di impatto, ma reversibile, lo si ravvisa per l'attraversamento del Fosso di Marmorano.

**6.4.4 Disturbo alla fauna**

Le emissioni gassose ed acustiche, nonché l'operare da parte dei mezzi d'opera atti alla realizzazione delle opere in progetto possono determinare fenomeni di disturbo alla fauna presente nelle strette adiacenze delle aree di lavorazione.

La presenza dell'uomo durante le fasi di costruzione dell'opera, accompagnata dall'uso di macchinari grandi e rumorosi, arreca disturbo alla fauna. Per gli animali si tratta infatti di un improvviso e inspiegabile stravolgimento del loro habitat.

Inevitabilmente durante i lavori si distruggeranno dei rifugi e si arrecherà disturbo alle quotidiane attività di riposo, accoppiamento, ricerca di cibo, ecc. Tale disturbo sarebbe amplificato se i lavori si svolgessero durante il periodo primaverile, in cui la maggior parte degli animali si dedica alla ricerca del partner. Allo stesso modo l'estate vede, per molte specie, la nascita dei piccoli e dunque anche questo si configura come un periodo delicato. Del resto per molti animali l'autunno è una stagione importante ai fini dell'accumulo delle scorte fondamentali per superare l'inverno.

Anche la stagione fredda sarebbe sconsigliabile in quanto costituisce un periodo di per sé difficile per gli animali, per quel che riguarda la ricerca di cibo e di rifugi ma, in ultima analisi si rivela comunque la stagione meno peggiore dal punto di vista faunistico per l'esecuzione dei lavori, data anche l'assenza dei migratori e di coloro che optano per il letargo.

L'impatto legato al disturbo alla fauna in fase di cantiere si configura sempre come reversibile, in quanto destinato a cessare con l'allontanamento del cantiere.

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati al disturbo alla fauna

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati al disturbo alla fauna

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

Si prevede che potrà essere indotto disturbo di tipo reversibile alla fauna del Canale di Valle in corrispondenza del ponte n. 5 e del viadotto a tre campate a nord di esso. Si ritiene di poter altresì trascurare il disturbo alla fauna della zona interessata dalla Galleria artificiale Campese 2, poiché si tratta di una zona marginale appartenente ad un'area vasta, per cui è lecito pensare che gli animali possano evitare con facilità le aree di lavorazione.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

In questo tratto si prevede disturbo alla fauna di tipo reversibile in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasera e del Fosso di Marmorano.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Non si prevedono impatti legati al disturbo alla fauna

**Alternativa di tracciato**

Si ha disturbo alla fauna di tipo reversibile in corrispondenza dell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta lo stesso tipo di impatto, così come l'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasera e del Fosso di Marmorano.

**6.4.5 Interruzione dei corridoi di spostamento faunistico**

I corridoi faunistici sono letteralmente delle corsie preferenziali attraverso cui si spostano gli animali, soprattutto negli ambienti in cui la matrice dominante è marcatamente ostile, come le aree urbanizzate, coltivate in modo intensivo o attraversate da molte infrastrutture viarie. In questi contesti la fauna si sposta seguendo dei corridoi, solitamente rappresentati dalla vegetazione che cresce sulle sponde dei corsi d'acqua, dalle siepi divisorie dei campi e da altre formazioni vegetali lineari.

Al contrario le infrastrutture viarie rappresentano un ostacolo insormontabile per la maggior parte degli animali. Solo gli uccelli riescono infatti ad attraversarle senza difficoltà. Per gli altri è molto difficile, pericoloso, o anche impossibile.

Organismi troppo piccoli non hanno la forza o la possibilità di superare l'ostacolo, altri rimangono letteralmente paralizzati dalla paura e altri ancora, qualora riuscissero a raggiungere la sede stradale, scavalcando o aggirando le recinzioni, correrebbero l'elevatissimo rischio di essere investiti.

Il fatto che alcune specie si ritrovino così relegate da una parte o dall'altra dell'infrastruttura, costituisce un effetto con conseguenze importanti e deleterie su tutte le popolazioni animali, che vedono ridotti i loro territori e le relative risorse.

In alcuni ambienti dunque lo spostamento e quindi la sopravvivenza di determinati organismi e popolazioni dipendono dall'agibilità di questi corridoi ed è quindi opportuno verificare che le nuove opere non ne minino la funzionalità.

Nel caso in esame l'effetto di interruzione dei corridoi faunistici è particolarmente rilevante laddove l'opera interessa i corsi d'acqua, unici corridoi presenti, cui fanno riferimento moltissimi esseri viventi appartenenti a diversi regni. Basti pensare al trasporto di semi e piccoli animali operato dalla corrente, cui bisogna aggiungere il ruolo svolto dalla circostante vegetazione igrofila, che permette a molti animali di seguire il corso d'acqua in tutta la sua lunghezza, trovando allo stesso tempo rifugio e nutrimento.

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati all'interruzione dei corridoi di spostamento faunistico

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati all'interruzione dei corridoi di spostamento faunistico

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In questo tratto solo l'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, può costituire un'interferenza nei confronti dello spostamento della fauna. Tale impatto si configura come reversibile perché, nonostante l'alterazione indotta dallo scapolare, la funzione dopo un po' di tempo potrà essere ripresa.

Lo stesso tipo di impatto lo si ravvisa per il Canale di Valle, nell'attraversamento tramite il viadotto a tre campate, mentre non è presente nel tratto attraversato dal ponte n. 5, poiché in quel punto la vegetazione delle sponde non prosegue oltre.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

In questo tratto si prevede interruzione reversibile dei corridoi di spostamento faunistico nel corso della costruzione dell'attraversamento del Fosso di Marmorano e dell'area golenale del Torrente dell'Acquatrasversa.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Non si prevedono impatti legati all'interruzione dei corridoi di spostamento faunistico

**Alternativa di tracciato**

Si ha interruzione reversibile dei corridoi di spostamento faunistico in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, mentre non si segnalano interferenze con il Canale di Valle e con il fosso di Balzorile, perché entrambi interessati in una porzione terminale della vegetazione spondale.

L'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa determina interruzione reversibile dei corridoi faunistici e lo stesso tipo di impatto, ma reversibile lo si ravvisa per l'attraversamento del Fosso di Marmorano.

## 6.5 Mitigazioni

Per quanto riguarda l'impatto di sottrazione di vegetazione, si prevedono inerbimenti diffusi su tutte le scarpate stradali, con funzione anche antierosiva ed estetica. Sempre come forma di mitigazione dell'impatto legato alla sottrazione di vegetazione, ma anche di quello di alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali si realizzeranno formazioni arboree con specie autoctone arboree e arbustive, utilizzando le aree di svincolo e le aree intercluse. La sottrazione di suolo e vegetazione agricola verrà risarcita ripristinando il suolo agrario e le colture ovunque possibile. Per quanto riguarda l'interruzione dei corridoi di spostamento faunistico e il disturbo alla fauna, poiché questi

tipi di impatto si localizzano in prossimità dei corsi d'acqua si interverrà ripristinando la vegetazione spondale.

## 6.6 Effetti in fase di esercizio

La fase di esercizio è costituita dalla fruizione dell'infrastruttura viaria da parte delle automobili, che si presume continua e regolare durante tutto l'arco di vita dell'opera, per cui gli impatti da essa indotti, si configurano tutti come irreversibili. In particolare gli effetti prevedibili per il comparto "Vegetazione, flora e fauna" sono:

- ✓ Disturbo alla fauna irreversibile

### 6.6.1 Disturbo alla fauna

Per questo tipo di impatto vale quanto esposto relativamente al disturbo indotto alla fauna dalla fase di cantiere, con la differenza dell'irreversibilità dell'impatto nella fase di esercizio.

Solitamente alcune specie sono in grado di adattarsi alle nuove condizioni, ma per molte altre la nuova situazione può rivelarsi insostenibile e queste possono soccombere o decidere di allontanarsi dall'area per cercare luoghi più favorevoli. È sicuramente il caso delle specie più tipiche degli ambiti forestali, solitamente elusive e riservate, che mal si adatterebbero alla convivenza con una struttura viaria.

Un forte impatto potrebbe poi riguardare le specie che popolano i corsi d'acqua, soprattutto quando questi ultimi sono interessati dalla costruzione di sciolari. Quest'operazione di fatto stravolge l'essenza stessa dell'habitat in questione, artificializzando e dunque azzerando le componenti dell'ecosistema. Basti pensare al fatto che la cementificazione dell'alveo porta ad aumentare la velocità della corrente ed annulla tutte le irregolarità del fondo, caratteristiche irrinunciabili per le comunità biotiche. Di conseguenza il sito non presenta più le caratteristiche atte ad ospitare la vita in esso.

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati al disturbo irreversibile alla fauna

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati al disturbo irreversibile alla fauna

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

Si prevede che potrà essere indotto disturbo di tipo irreversibile alla fauna del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, a causa della presenza degli scatolari che modificheranno il letto del corso d'acqua e le sue sponde, per cui l'ambiente in quel punto potrebbe diventare ostile per gli animali strettamente legati a quel tipo di habitat.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Non si prevedono impatti legati al disturbo irreversibile alla fauna

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Non si prevedono impatti legati al disturbo irreversibile alla fauna

**Alternativa di tracciato**

Si prevede disturbo irreversibile nei confronti della fauna in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua ad ovest del Canale di Valle, a causa della presenza degli scatolari.

**6.6.2 interventi di mitigazione mediante l'impianto di essenze arboreo arbustive.**

Nella progettazione degli interventi di mitigazione a verde del progetto della Variante alla S. S. 7 "Appia" in Comune di Formia occorre considerare che in primo luogo il tracciato interessa soprattutto aree agricole.

Si è così deciso di limitare le opere a verde alle sole aree sicuramente non più coltivabili e, ovunque possibile, si è optato per il ripristino delle colture preesistenti il progetto.

Oltre al rispetto dell'agricoltura, il secondo criterio che ha dovrebbe ispirato la progettazione degli interventi di mitigazione a verde risulta essere il richiamo alla

vegetazione dei dintorni, nella convinzione che le forme e i colori naturalmente propri di un territorio siano il suo miglior decoro.

Analizzati i principi ispiratori della progettazione, il passo successivo è consistito nel fare una riflessione circa le finalità da perseguire e per valutarle è stato necessario soffermarsi sulle caratteristiche dell'utenza.

La zona in esame si configura come un luogo di passaggio per gli utenti della viabilità in progetto, per i quali la sistemazione a verde acquisirebbe una funzione principalmente estetica, mentre per gli abitanti delle aree attraversate sarebbero prioritarie le funzioni igienica, climatica e psicologica.

Il momento della scelta delle specie è fondamentale nella progettazione del verde, perché da esso dipende la riuscita dell'intervento.

Prima di effettuare questo passaggio è però opportuno porsi altre domande relative al periodo dell'anno in cui avverrà la fruizione dell'area e alla compatibilità tecnica, ecologica e paesaggistica con le caratteristiche del sito.

Per quello che riguarda il periodo di utilizzo, questo si estende all'intero corso dell'anno, sia per gli utenti della viabilità in progetto sia, ovviamente, per gli abitanti del luogo, per cui si ritiene opportuno inserire anche specie a foglie persistenti.

Per quello che riguarda la riuscita dell'intervento, questa è assicurata dall'utilizzo di specie autoctone e tipiche dei singoli habitat, nonché dall'adozione delle opportune tecniche di messa a dimora e di manutenzione.

Il fattore più importante è rappresentato dall'origine volutamente autoctona delle specie. L'indigenato come primo vantaggio assicura la riuscita dell'intervento, in quanto gli individui sono più adatti alle condizioni ecologiche e geneticamente più resistenti agli agenti patogeni locali, inoltre il loro costo è minore rispetto alle specie esotiche, non inquinano geneticamente il patrimonio floristico locale e si inseriscono in modo migliore nel paesaggio.

Le specie suggerite per gli interventi di ripristino e di sistemazione a verde che si propongono per il progetto della Variante alla S. S. 7 "Appia" in Comune di Formia sono di seguito elencate e descritte:

- 1) OLIVO
- 2) LENTISCO
- 3) CARRUBO
- 4) SUGHERA
- 5) LECCIO
- 6) CORBEZZOLO
- 7) MIRTO
- 8) CAPRAGGINE
- 9) ROVERELLA
- 10) BIANCOSPINO
- 11) CANNUCCIA DI PALUDE
- 12) TIFA
- 13) PIOPPO BIANCO
- 14) SALICE BIANCO
- 15) SALICONE
- 16) GINESTRA
- 17) COTONEASTER

**OLIVO (*Olea europaea* L.)**

L'Olivo è originario del bacino del Mediterraneo ed è presente in Italia in quasi tutte le regioni, nelle loro fasce climatiche più miti.

Raggiunge l'altezza di 10 metri, il tronco è molto contorto e irregolare e nelle piante adulte tende a fessurarsi sino a formare delle cavità. Le foglie sono sempreverdi, con lamina coriacea, la pagina fogliare superiore si presenta nel caratteristico colore verde oliva, mentre quella inferiore è ruvida e di colore grigio argentato. I fiori sono di colore biancastro e compaiono, in relazione alla zona, tra aprile e giugno, mentre i frutti sono rappresentati da drupe ovaliformi.

L'utilizzo dell'Olivo nelle opere a verde è particolarmente indicato in quanto nella zona sono presenti numerosi uliveti, per cui l'inserimento di questa specie potrebbe costituire un elemento di continuità col paesaggio rurale.



*Olea europaea* L.

**LENTISCO (*Pistacia lentiscus* L.)**

Originario del bacino del Mediterraneo, in Italia è diffuso lungo i litorali delle regioni centro-meridionali e della Liguria, fino a 700 m di altitudine.

Si tratta di un arbusto di dimensioni fino a 3-4 m, con chioma globosa, irregolare e fitta, che emana odore di resina. È una tipica essenza della macchia mediterranea, sempreverde, ma non completamente sclerofilla. Presenta caratteristici fiori rossastri o giallastri, riuniti in pannocchie all'ascella delle foglie. La fioritura si prolunga da marzo a maggio e l'infruttescenza è formata da piccole drupe. Sembrerebbe una delle sclerofille più resistenti al gelo; l'aumento di vigore in senso caldo è da attribuirsi, quindi, alle necessità di fotosintesi invernale. È poco infiammabile e a combustione lenta e per questo viene usato anche ai margini di strade o di viali parafuoco.



*Pistacia lentiscus* L.

**CARRUBO (*Ceratonia siliqua* L.)**

Originario delle regioni orientali del bacino del Mediterraneo e dell'Asia minore, in Italia è diffuso soprattutto sulle coste delle regioni tirreniche, ioniche e del basso Adriatico, fino a 500 m di altitudine.

Difficilmente supera l'altezza di 10 metri, può avere forma arbustiva, ma è più frequente incontrarlo in quella arborea. Possiede una chioma tondeggiante molto sviluppata, fitta ed espansa. Il tronco è massiccio, spesso sinuoso e tortuoso, le ramificazioni si originano vicino al piede o nel terzo inferiore, la corteccia è verde brunastro e tende a solcarsi sempre più con l'età. Le foglie sono sempreverdi, composte, paripennate, coriacee, smarginate all'apice e brevemente peduncolate, il colore è verde intenso nella pagina superiore e in quella inferiore è bianco-verdastro, con tendenza a incurirsi con l'avanzare delle stagioni.

I fiori sono di piccole dimensioni, di colore verde-giallastro, riuniti in brevi grappoli penduli all'ascella delle foglie, mentre il frutto è costituito da un legume di notevoli dimensioni, di colore bruno, schiacciato e leggermente incurvato.

In consociazione con l'Olivo dà luogo a formazioni di notevole effetto estetico, grazie ai colori contrastanti delle chiome.

Cresce bene in terreni esposti al sole, calcarei, dove non si verifichi mai ristagno idrico, al quale è molto sensibile; tollera molto bene la siccità, ma teme i freddi intensi e le gelate.

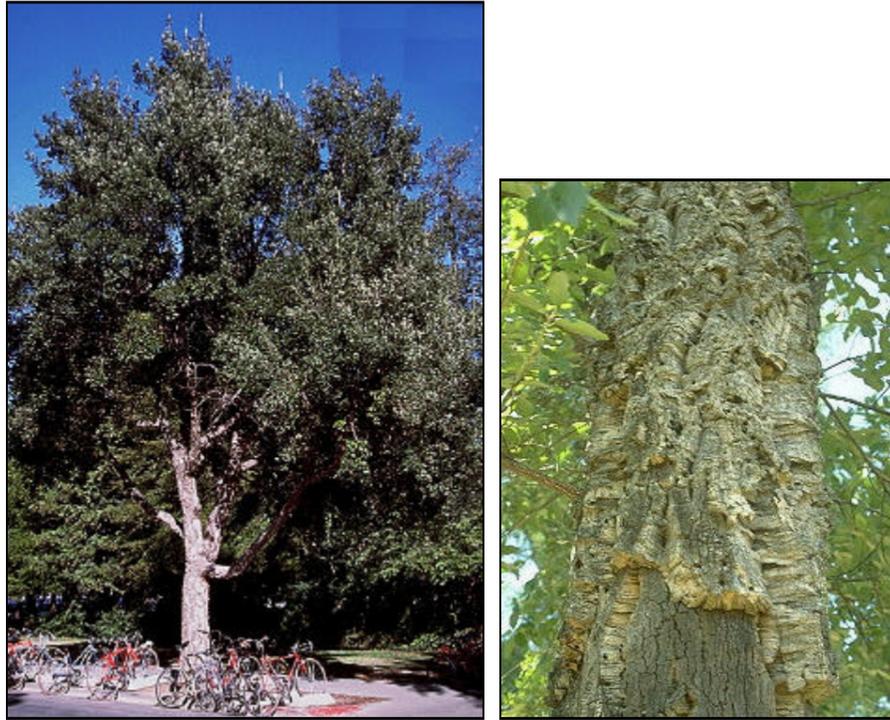


*Ceratonia siliqua* L.

**SUGHERA (*Quercus suber* L.)**

La Sughera è una pianta mediterranea, originaria delle zone costiere tirreniche dell'Italia centro-meridionale, della Sicilia, della Sardegna, della penisola iberica e delle zone costiere mediterranee del nord Africa.

Presenta portamento arboreo, con chioma più o meno globosa, rada e piuttosto irregolare e raggiunge altezze di 10-20 metri. Il fusto può essere diritto o tortuoso, diviso nella parte medio-alta e ramificato irregolarmente. La scorza negli esemplari adulti è spessa e tuberosa, di color grigio-ocraceo con sfumature chiare e risulta molto solcata, con costolature longitudinali in rilievo. Le foglie sono semipersistenti, di tipo semplice, con lamina coriacea e forma ovoidale, acuta e lanceolata, il margine è dentato e spinoso, mentre la nervatura centrale è piuttosto sinuosa, sono di colore verde scuro e lucide nella pagina superiore, bianco-grigiastro e tomentose in quella inferiore. I fiori maschili sono riuniti in infiorescenze ad amento, quelli femminili sono singoli o riuniti in piccoli gruppi all'ascella delle foglie o all'apice dei rametti, le ghiande sono ovoidali, con apice molto breve e con cupola conica che avvolge per 1/2 o 1/3 le ghiande, con squame in rilievo e punta leggermente ricurva.



*Quercus suber* L.

#### **LECCIO (*Quercus ilex* L.)**

Il Leccio, per la statura e per il potere di dominanza, è la specie più qualificante della vegetazione del Mediterraneo occidentale e ha il suo massimo di frequenza nella fascia meso-mediterranea. Pianta originaria dell'Europa meridionale e del nord Africa, in Italia è tipica delle regioni centro-meridionali, dove forma macchie o associazioni boschive fino a 1000-1200 m di quota. Il portamento è generalmente arboreo o arbustivo, con fusto a volte diviso alla base. Nella forma arborea il tronco rimane indiviso, formando una chioma a cappello globosa di un verde molto scuro, densa e largamente espansa, di spettacolare effetto negli esemplari monumentali.

Raggiunge altezze variabili, da pochi metri fino a 15-20 m. L'attitudine del Leccio al clima mediterraneo è dimostrata dall'anatomia fogliare nettamente sclerofilla e dall'abito sempreverde ben definito con foglie che, in condizioni normali, durano fino a 4-5 anni. Nell'Italia centro-meridionale si trova nelle zone costiere o nelle zone interne fino a 1000-

1200 m, come esemplare singolo o in associazioni boschive e a macchia, sia come albero, che nelle sue forme cespugliose. È la sclerofilla mediterranea più resistente al gelo, con danni alle foglie a  $-25^{\circ}\text{C}$  e con danni al cambio del fusto a  $-28^{\circ}\text{C}$ . L'ottimo di vegetazione rispetto all'umidità si colloca con almeno 800 mm di pioggia all'anno.

Si tratta di una specie rustica, di lenta crescita, ma longeva, predilige terreni acidi o subacidi e le condizioni climatiche miti, per cui non sopporta geli intensi e prolungati. Vegeta sia in condizioni di elevata luminosità, che di parziale ombreggiamento.

Il Leccio è una pianta abbastanza resistente alle avversità e ai danni da inquinamento, per cui può essere utilizzato anche a scopo ornamentale e paesaggistico nel verde urbano degli areali mediterranei.



*Quercus ilex* L.

#### **CORBEZZOLO (*Arbutus unedo* L.)**

Pianta originaria dell'Europa meridionale, delle coste mediterranee del nord Africa e dell'Asia occidentale, il Corbezzolo può avere portamento arboreo o arbustivo-cespuglioso, con chioma rada, persistente, molto irregolare e di forma varia. Raggiunge altezze variabili da 1-2 m fino a 8-10 m. Presenta fusto contorto, ramificato in modo irregolare, spesso fin dalla base, dai caratteristici frutti, costituiti da capsule rotonde color arancione, che pendono dai rami. I fiori bianco-giallastri sono riuniti in infiorescenze pendule e i frutti sono rappresentati da capsule di color giallo-arancio.

Il Corbezzolo è spontaneo negli areali del centro-sud Italia, dove fa parte della macchia mediterranea, associato anche ad alberi e arbusti, in particolare al Leccio. Può essere utilizzato anche come pianta ornamentale negli ambienti a clima caldo e temperato.

Si adatta a molti tipi di substrato, prediligendo però quelli tendenzialmente sciolti e subacidi ed esposizioni soleggiate o parzialmente ombreggiate. Manifesta in ogni caso una discreta tolleranza al calcare e agli agenti inquinanti. È mediamente resistente al gelo e le alte temperature, così come l'aridità, ne rallentano lo sviluppo e per questo gravita nella fascia meso-mediterranea. È esigente di luce, ma elude la concorrenza con lo sviluppo giovanile particolarmente rapido e, soprattutto, con la capacità di emettere polloni radicali che scaturiscono da ligno-tuberi, anche distanti dalla pianta e sufficientemente profondi per essere protetti dal fuoco.



*Arbutus unedo* L.

#### **MIRTO (*Myrtus communis* L.)**

È una pianta originaria delle regioni mediterranee europee, nordafricane e dell'Asia occidentale, dal portamento arbustivo-cespuglioso, con chioma globosa, irregolare, espansa e larga nelle parti superiori. Il fusto è molto ridotto, diviso e ramificato fin dalla base, con chioma densa e intrecciata. Le foglie sono persistenti, coriacee, di color verde scuro e molto aromatiche. I fiori sono di colore biancastro con sfumature giallastre, mentre il frutto è costituito da una bacca più o meno tondeggiante, di color rosso-violaceo o nerastra.

È una pianta tipicamente termofila, che viene danneggiata dai freddi intensi e dalle gelate, è abbastanza indifferente al substrato, tollera molto bene la siccità e, pur essendo una specie eliofila, si adatta a esposizioni a mezz'ombra.



*Myrtus communis* L.

#### **CAPRAGGINE (*Galega officinalis* L.)**

Leguminosa resistentissima alla siccità, non teme il freddo ed è adatta per terreni argillosi. La radice fittonante migliora le caratteristiche fisiche del terreno e lo consolida.



*Galega officinalis* L.

### **ROVERELLA (*Quercus pubescens* Willd.)**

Pianta di origine europea, con estensione dall'Europa centro-meridionale ad alcune regioni caucasiche dell'Asia minore, presenta portamento arboreo, con chioma espansa e globosa. Il fusto è generalmente diritto e ramificato nelle parti medio-alte, forma una chioma più o meno regolare negli esemplari singoli e piuttosto irregolare in quelli consociati. La scorza è di colore grigiastro più o meno intenso, rugosa, con profonde incisioni e costolature longitudinali.

Le foglie sono caduche, di tipo semplice, con lamina di forma ovoidale-allungata, lobata con margini dei lobi arrotondati. La parte basale della lamina è spiovente e stretta a cuneo, i piccioli fogliari sono lunghi e la pagina inferiore delle foglie è tipicamente pubescente.

È una pianta monoica, con fiori unisessuali, spesso riuniti in infiorescenze. I fiori maschili sono riuniti in amenti penduli, mentre quelli femminili sono solitari, a piccoli gruppi terminali, o posti lungo il ramo, all'ascella delle foglie, in modo sessile o su un piccolissimo peduncolo. Il frutto è costituito da una ghianda ovoidale allungata.

La Roverella è una quercia rustica, che predilige ambienti a clima caldo non troppo umido, adattandosi a molti tipi di substrato. Non sopporta i ristagni idrici e le gelate intense e prolungate.



*Quercus pubescens* Willd.

### **BIANCOSPINO (*Crataegus monogyna* Jacq.)**

Pianta originaria dell'Europa, con un areale che si estende dalla Scandinavia alle regioni mediterranee, in Italia è diffusa in tutte le regioni, dalle zone pianeggianti fino a 1500 m di quota, in relazione al clima.

Presenta portamento arbustivo, con chioma irregolare e scorza brunastra o rosso-ocracea, che si sfalda a placche nei vecchi esemplari, mentre nelle piante giovani è grigiastra e liscia.

Il Biancospino è una pianta a foglia caduca, semplice, con lamina ovoidale, profondamente lobata e incisa. Le foglie sono picciolate, di color verde chiaro e lucido nella pagina superiore, verde-grigiastro e glabre o leggermente tomentose in quella inferiore. I fiori sono ermafroditi, biancastri, riuniti in gruppi e sono abbastanza profumati. La fioritura avviene generalmente nel mese di maggio. I frutti sono costituiti da piccoli "pomi" ovoidali o sub-globosi, rossi a maturità e contenenti un solo seme.

È una specie eliofila, anche se sopporta un parziale ombreggiamento, è molto rustica e si adatta a molti tipi di clima e di terreno, con predilezione per quelli argillosi e calcarei, mediamente profondi.

Per la sua resistenza alle condizioni avverse è particolarmente indicata per gli interventi di riedificazione ambientale.



*Crataegus monogyna* Jacq.

**CANNUCCIA DI PALUDE (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.)**

E' la specie dominante del canneto, la formazione vegetale più frequente e diffusa negli ambienti d'acqua dolce e moderatamente salmastra. Non cresce mai isolata e quando ha raggiunto un certo sviluppo appare riconoscibile per il caratteristico colore verde glauco delle foglie. Pianta molto vigorosa, capace di accrescimenti sorprendenti (con steli che possono superare i 5 metri di altezza) negli ambienti più favorevoli, ma anche di insediarsi e resistere in ambienti poco adatti, con popolamenti stentati, che talvolta non superano il metro di altezza. Si propaga essenzialmente per via vegetativa, sviluppando lunghi rizomi, dagli internodi ingrossati e cavi, da cui si originano numerosi nuovi getti. Cresce in condizioni di semisommersione (spingendosi fino a 1,5 metri di profondità), in formazioni galleggianti e risulta generalmente dominante negli ambienti in avanzato stato di interrimento. Lungo i corsi d'acqua a lento scorrimento si comporta da pianta di sponda.



*Phragmites australis* (Cav.) Trin.

**TIFA (*Typha latifolia* L.)**

Note per la caratteristica infiorescenza cilindrica vellutata, le tife sono uno dei simboli degli ambienti umidi d'acqua dolce. I fusti eretti raggiungono un'altezza variabile tra 1 e 3 m. La parte ipogea della pianta è costituita da un rizoma squamoso perenne che, sviluppandosi in senso orizzontale, provvede alla propagazione per via vegetativa della specie. Le notevoli capacità di resistere a condizioni di elevato inquinamento biologico e chimico delle acque fanno della Tifa una delle poche specie in grado di colonizzare perfino le fogne a cielo aperto. Per tale motivo sono ampiamente utilizzate nei moderni impianti di fitodepurazione.



*Typha latifolia* L.

**PIOPPO BIANCO (*Populus alba* L.)**

È una pianta originaria dell'Europa centrale e meridionale, delle limitrofe regioni asiatiche e delle regioni africane del bacino del Mediterraneo. In Italia è diffusa in tutte le regioni fino a 1000 m di quota.

È un albero a rapido accrescimento può svilupparsi fino a 30 m di altezza e presentarsi sotto forma arbustiva, ma soprattutto arborea, con tronco diritto e regolare, corteccia chiara e chioma piuttosto globosa. Le foglie sono caduche, con la pagina superiore color verde intenso e quella inferiore biancastra.

Il Pioppo bianco è una pianta diffusa in un areale estremamente ampio, si può facilmente reperire lungo corsi d'acqua, come esemplare isolato, o può formare boschetti misti unitamente ad ontani, frassini, salici e ornielli. Predilige luoghi esposti al sole e caldi, terreni freschi, profondi e ben areati e drenati, anche se tollera bene i suoli argillosi e quelli calcarei. Ama l'acqua, ma teme il ristagno idrico prolungato e le situazioni di asfissia in generale. Ha una notevole capacità pollonifera e le foglie che si originano sui polloni hanno dimensioni maggiori delle altre. Per la particolarità del fogliame, della corteccia e dei giovani rametti, molto chiari e tomentosi, è di notevole effetto estetico e decorativo. Si

moltiplica facilmente per talea legnosa di fusto o di ramo. L'epoca migliore per il prelievo è la fine dell'inverno e comunque quando i tessuti sono ben induriti.



*Populus alba* L.

**SALICE BIANCO (*Salix alba* L.)**

L'areale di origine è estremamente vasto, estendendosi dall'Europa all'Africa meridionale, fino alle regioni settentrionali dell'Asia. In Italia è diffuso ovunque, fin oltre i 1000 m di altitudine.

Raggiunge l'altezza di 13-18 m, il tronco è eretto e i rami hanno andamento verticale ed aprendosi formano una chioma espansa che può avere un diametro superiore ai 10 m.

Le foglie sono decidue, con la pagina superiore grigio-verdastra e quella inferiore bianco-argentea.

Il Salice bianco è una specie igrofila e allo stato naturale si trova frequentemente lungo i corsi d'acqua, formando dei boschetti puri o misti col Pioppo. In Italia è uno dei salici più comuni nella fascia basale, sia allo stato spontaneo che coltivato. Si moltiplica facilmente per talea legnosa, con facilità di radicazione superiore a quella dei pioppi: anche pezzi di fusto o di ramo piuttosto grossi o lunghi radicano bene.

La stagione migliore per il prelievo delle talee per le sistemazioni spondali è l'inverno, quindi si dispongono orizzontalmente nel terreno.

Cresce bene nei terreni freschi e profondi, ma anche in quelli umidi e argillosi, sopportando bene la sommersione. Viene anche impiegata per consolidare scarpate e rive di corsi d'acqua.



*Salix alba* L.

#### **SALICONE (*Salix caprea* L.)**

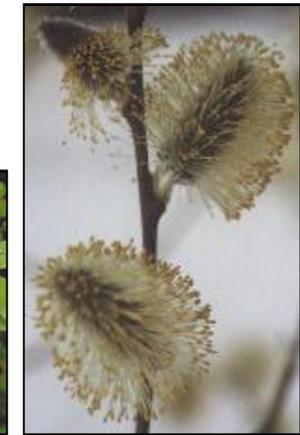
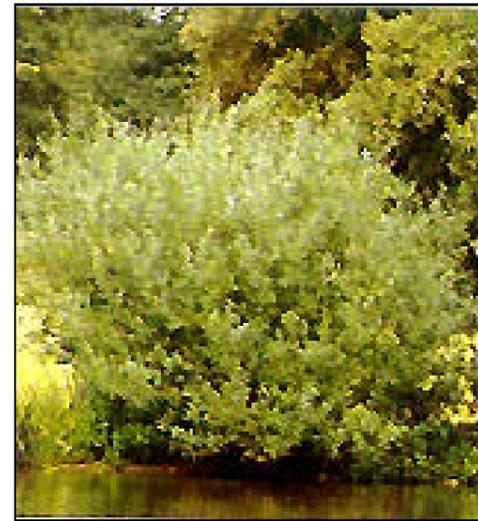
Originario dell'Asia e dell'Europa, è diffuso ovunque in questi due continenti, ad eccezione delle propaggini più settentrionali e più meridionali. In Italia è presente dalle zone pianeggianti fin oltre i 1500 m di altitudine.

Generalmente non supera i 10-12 m di altezza e può presentarsi sia sotto forma arborea che arbustiva. Quest'ultima è la più diffusa: la sua chioma presenta i rami che si aprono alla base per poi assumere un andamento decisamente verticale.

Le foglie caduche presentano la pagina superiore di colore verde intenso, mentre quella inferiore è più chiara.

Come tutti i salici è una pianta dioica con infiorescenze maschili e femminili separate, su piante diverse.

Il Salicone si adatta a tutti i tipi di terreno, anche quelli più poveri e franosi e per questo motivo, unitamente alle caratteristiche del suo apparato radicale, viene impiegato per il consolidamento di scarpate. Tollera i substrati argillosi con ristagno d'acqua e per la facilità di insediamento è da considerarsi specie pioniera.



*Salix caprea* L.

#### **GINESTRA (*Spartium junceum* L.)**

Originaria del bacino mediterraneo, in Italia è diffusa in tutte le regioni.

Può diventare alta fino a 3 m e ha sempre portamento arbustivo. Si ramifica notevolmente fin dalla base, con una chioma larga ed irregolare dal diametro massimo di oltre 2 m. I fusti sono molto robusti, elastici e sottili e hanno un andamento disordinato. Le foglie sono poco numerose e nel periodo della fioritura cadono. I fiori, di colore giallo brillante, debolmente profumati, sono riuniti in racemo e sono presenti da maggio e per tutta l'estate. Il frutto è rappresentato da un legume che rimane eretto.

La Ginestra è un arbusto molto diffuso allo stato naturale su scarpate e terreni difficili, secchi, sabbiosi o rocciosi, con esposizione al sole, costituendo macchie importanti per l'assetto dei suoli in pendenza e di notevole bellezza durante la fioritura. La Ginestra è apprezzata anche come pianta ornamentale per la rusticità e facilità di coltivazione, soprattutto nei climi miti ed esposizioni in pieno sole, necessitando comunque di potature per contenere l'espansione della chioma. Tollera substrati calcarei e argillosi ed è molto resistente agli agenti inquinanti. La Ginestra è inoltre molto adatta alla riedificazione ambientale e alla colonizzazione di aree marginali in pendio.



*Spartium junceum* L.



*Cotoneaster horizontalis* Decne

#### **COTONEASTER (*Cotoneaster horizontalis* Decne)**

Il Cotoneaster è un'essenza a portamento arbustivo e prostrato, con rami disposti in modo orizzontale. Il fusto è breve, i rami sono leggermente pubescenti, di colore grigiastro. Le foglie sono caduche o semipersistenti, con lamina coriacea, di forma tondeggianti o ellittica, brevemente picciolate, di colore verde scuro e lucide superiormente, con la tendenza ad arrossare in autunno. I fiori, di colore rosa più o meno intenso, sono ermafroditi, portati in modo singolo o a coppie, lungo i rami, all'ascella delle foglie, mentre i frutti sono costituiti da bacche di forma sferica, di colore rossastro. Resistono mediamente a lungo sui rami, con notevole effetto estetico e decorativo in autunno e in inverno.

Il Cotoneaster, contrariamente alle altre specie non è autoctona, ma è originario della Cina occidentale e diffuso in Italia, dove è utilizzato a scopo decorativo e ornamentale. Se ne prevede l'utilizzo in quanto per le sistemazioni in ambito urbano, date le particolari condizioni climatiche che si verificano in questi contesti, non sempre tra le specie autoctone si rinvengono elementi in grado di soddisfare tutte le esigenze, così si può ripiegare sulle esotiche. Nel caso del Cotoneaster è importante sottolineare che, pur essendo esotica e largamente coltivata nei giardini e lungo le strade, non mostra tendenza a rendersi spontaneo.

#### **6.7 Mitigazioni**

Il disturbo irreversibile alla fauna potrà essere compensato dal miglioramento delle sponde del corso d'acqua interessato.

## 7 Ecosistemi

Nell'ambito dell'area in esame è presente una serie di tipologie ecosistemiche con caratteristiche suddivisibili in base alle interazioni presenti.

Il termine “ecosistema” indica infatti l'insieme delle componenti biotiche e abiotiche di una porzione di territorio e delle loro interazioni e dinamiche evolutive. Più precisamente si tratta di un'unità che include tutti gli organismi che in una certa area interagiscono con l'ambiente fisico, in modo tale che un flusso di energia porti ad una ben definita struttura trofica, con una ciclizzazione della materia all'interno del sistema.

Pertanto si tratta di entità in un equilibrio che in realtà è piuttosto difficile riscontrare in aree antropizzate, in quanto l'uomo, anche se non direttamente, è sempre in grado di influenzare lo sviluppo naturale, anche delle aree immediatamente esterne a quelle di sua competenza.

L'analisi degli aspetti vegetazionali, floristici e faunistici, di uso del suolo e, naturalmente, morfologici ed antropici, ha permesso di individuare le unità omogenee relativamente ai caratteri ecologici.

### 7.1 Caratterizzazione dello stato di fatto

Gli ecosistemi presenti nell'area esaminata sono raggruppabili in tipologie principali, riconducibili a diversi gradi di naturalità e a differenti tipologie di relazioni presenti al loro interno. Essi sono classificabili in relazione alle modalità di rapporto con l'uomo, con decrescente grado di “artificialità”:

- Ecosistema urbano
- Agroecosistema
- Ecosistema delle praterie e dei cespuglieti
- Ecosistema delle foreste
- Ecosistema dei corsi d'acqua

Se l'ecosistema delle aree urbanizzate è connotato, ovviamente, da un elevatissimo grado di artificialità, quello dei corsi d'acqua, laddove presenti la sua vegetazione tipica, è il più naturale. L'ecosistema agricolo presenta caratteristiche intermedie, così come le formazioni seminaturali a gariga e pseudo-steppa mediterranea. L'ecosistema forestale si

avvicina ad un sistema naturale, con differente grado di naturalità, a seconda che derivi da rimboschimenti, sia il risultato della degradazione, o dell'opera della natura.

#### 7.1.1 Ecosistema urbano

Per ecosistema urbano si intende l'ecosistema prodotto dai distretti urbani nel loro complesso, comprendente quindi anche le aree residenziali o industriali poste al di fuori dei limiti dei centri abitati, oltre che cave e discariche.

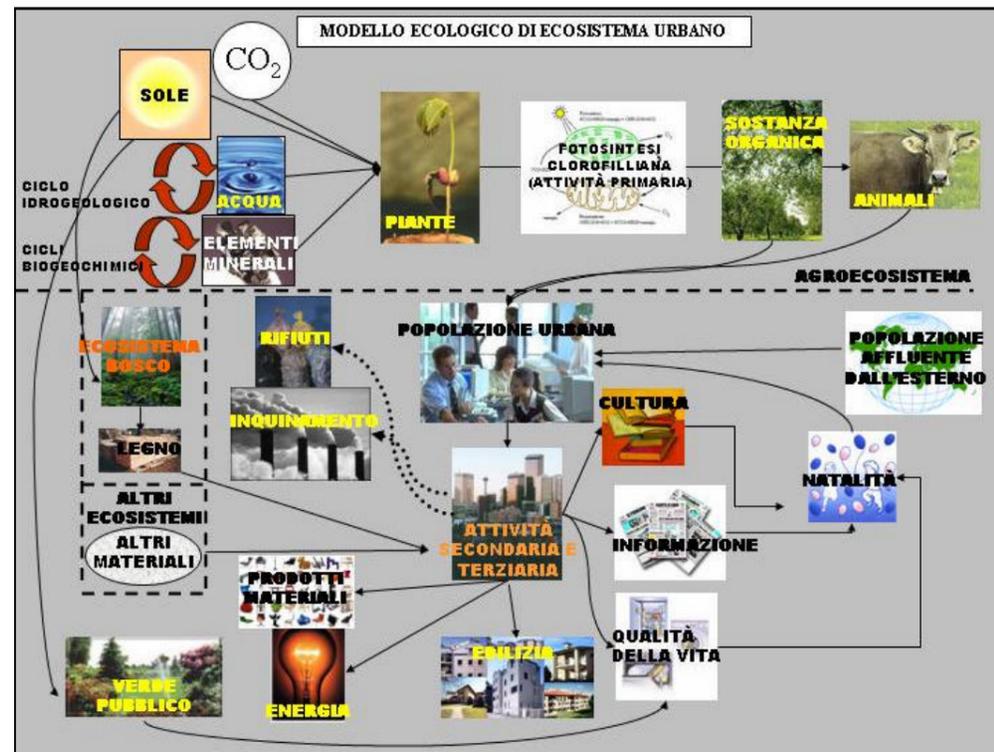
L'ecosistema delle aree urbanizzate si configura come un sistema incompleto, eterotrofo, che dipende per la sussistenza (materia ed energia), da ampie aree, anche geograficamente lontane, determinando un'ingente uscita di sostanze di rifiuto e manifesta una crescita squilibrata, spesso di tipo invasivo, nei confronti degli ecosistemi limitrofi.

Gli organismi autotrofi, pur presenti e costituiti, ad esempio, dal verde pubblico e dalla flora spontanea, svolgono un ruolo fortemente accessorio (mitigazione degli estremi termici, dell'inquinamento atmosferico, del rumore), mentre è del tutto aleatorio il ruolo da essi svolto come produttori di sostanza organica.

L'ecosistema urbano manifesta rilevanti squilibri a livello energetico e trofico, infatti i flussi di energia e materia provengono in gran parte da sistemi esterni e l'entità dei flussi di cataboliti è rilevante.

Al suo interno i principali cicli della biosfera risultano alterati; in particolare l'infiltrazione e la percolazione di acqua sono fortemente impediti, a causa dell'impermeabilizzazione dei suoli.

Nella figura successiva è riportato un modello ecologico di ecosistema urbano.



### 7.1.2 Agroecosistema

Una fetta consistente del territorio in esame è destinata all'uso agricolo. Le coltivazioni sono rappresentate da uliveti, seminativi e colture ortensi, cui si aggiungono le aree coperte da vegetazione sinantropica. Queste ultime sono strettamente legate ai coltivi, poiché le specie vegetali in esse presenti sono spesso le infestanti, che non riescono a penetrare nei terreni coltivati a causa delle pratiche di difesa messe in atto dall'uomo, ma tendono comunque a seguire quest'ultimo, ricavandosi spazio nelle aree marginali. Queste stesse aree costituiscono, per alcuni animali, il rifugio da cui partire per effettuare ricognizioni nei campi alla ricerca di cibo.

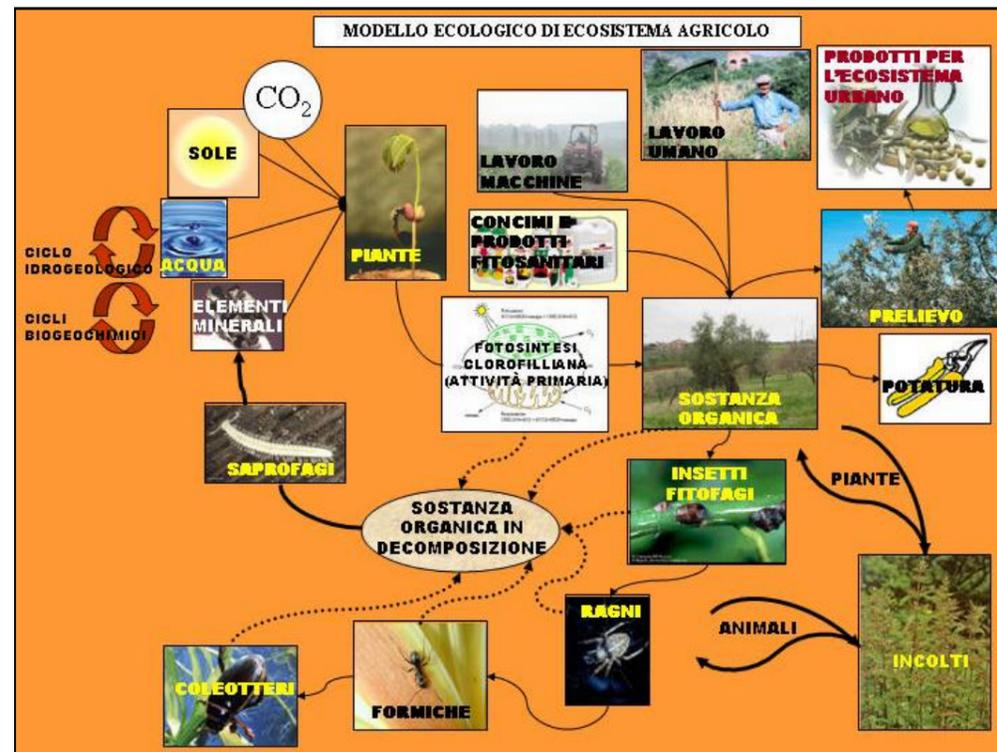
Dove il territorio assume una destinazione spiccatamente agricola si instaura un equilibrio fra i più semplici e contemporaneamente il più artificiale, per cui nonostante le colture non possano essere definite formazioni vegetali naturali, costituiscono a loro modo un ecosistema, meglio definibile come agroecosistema. Quest'ultimo è caratterizzato dalla scarsa diversità biologica, situazione voluta dall'uomo per massimizzare la produzione.

La vegetazione presente in queste coltivazioni è rappresentata dalla specie dominante coltivata e da altre specie, diverse a seconda dei terreni, delle pratiche agricole e del periodo dell'anno.

Nella figura successiva è riportato un modello ecologico di ecosistema agricolo.

La fonte principale di energia è il sole che dà vita agli organismi autotrofi, i quali rappresentano i produttori primari, di cui si nutrono gli animali. Negli agroecosistemi si producono vegetali e animali che andranno a costituire il nutrimento per la popolazione urbana, la quale svolge attività secondaria e terziaria. Quest'ultima è possibile grazie ai materiali provenienti da altri ecosistemi, come ad esempio il legno dal bosco. L'attività della popolazione urbana produce, tra le altre cose, inquinamento e rifiuti, ma anche edilizia, prodotti materiali, energia, cultura, informazione e qualità della vita. Gli ultimi tre elementi influenzano, assieme ad altri fattori, la natalità che, con la popolazione affluente dall'esterno, alimenta numericamente la popolazione urbana. Il verde pubblico ha un ruolo nel miglioramento della qualità della vita.

Quella proposta è ovviamente una semplificazione di un sistema, in realtà molto più complesso, in cui i legami sono più articolati e i rapporti causa-effetto talvolta sono più sfumati e coinvolgono altre componenti non citate, ma è utile perché permette il confronto con gli altri ecosistemi, evidenziandone così il grado di naturalità, da cui poi consegue il livello di dipendenza dall'esterno.



### 7.1.3 Ecosistema delle praterie e dei cespuglieti

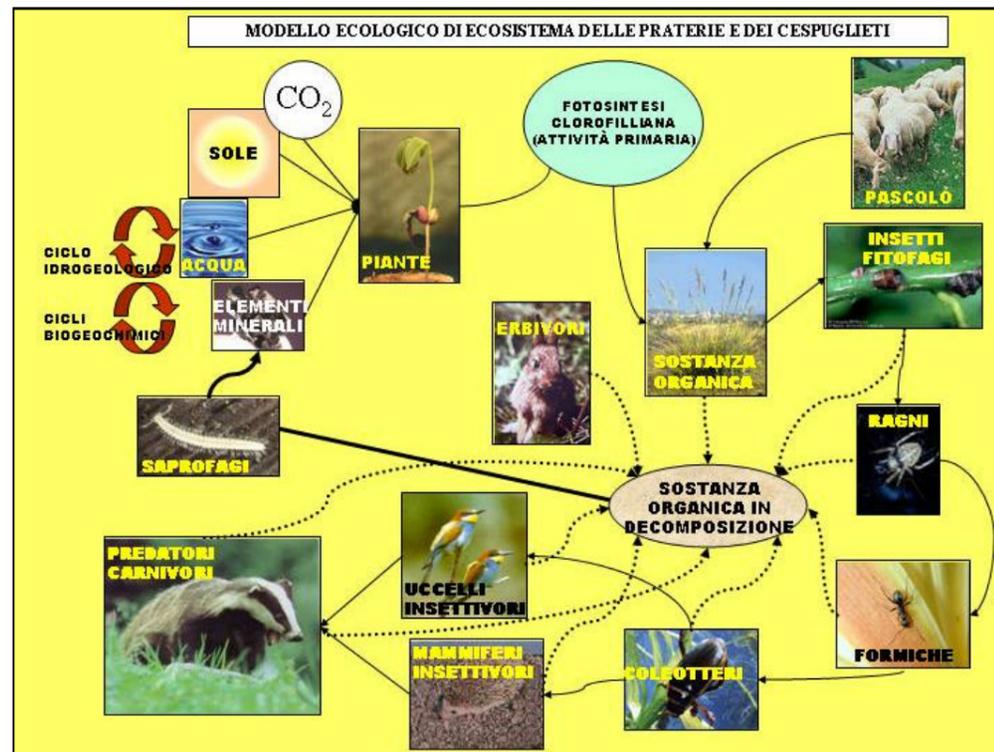
Nelle aree coperte dalla gariga e dalla pseudo-steppe mediterranea, le relazioni tra le varie componenti sono piuttosto complesse, seppur ancora influenzate dall'attività umana, tanto da poterle connotare come ecosistemi seminaturali. Questo termine indica quelle realtà in cui gran parte delle componenti floristiche rinvenibili è di origine spontanea, benché la fisionomia dell'ecosistema originario sia alterata. L'esistenza stessa della formazione vegetale a pseudo-steppe o a gariga è un frutto dell'attività umana che ne influenza tuttora il dinamismo, anche se in modo diverso rispetto al passato. Il pascolo, ad esempio, è una realtà molto più modesta, ridotta a pochi allevamenti, tale da non poter essere considerata un fattore determinante. Nel complesso si rileva una generale tendenza all'abbandono, per cui i cicli naturali, seppur compromessi da secoli di sfruttamento umano, sono comunque attivi.

Si determina così un flusso energetico abbastanza vicino a quello naturale, sostanzialmente chiuso, con cicli completi; da un lato all'interno dell'ecosistema si ha restituzione di sostanze organiche al suolo, così come appare libera la competizione inter ed intraspecifica, dall'altro possono giungere dalle aree vicine elementi del tutto artificiali. Il carattere di seminaturalità di questo sistema è direttamente riconducibile alla presenza delle attività umane, soprattutto il pascolo e la vicinanza dei centri abitati.

Nella figura successiva è riportato un modello ecologico di ecosistema seminaturale.

Le piante rappresentano il primo anello della catena alimentare, sono cioè i produttori che, con la fotosintesi, producono sostanza organica a partire da energia solare, acqua ed elementi minerali. I consumatori sono gli animali e principalmente gli Artropodi come gli insetti fitofagi seguiti, nella catena alimentare, da ragni, formiche e coleotteri e all'ultimo posto si trovano i microrganismi saprofiti (batteri, attinomiceti, alghe, funghi e protozoi) che, nutrendosi di sostanza organica in decomposizione, sia vegetale (fitosaprofiti) che animale, (zoosaprofiti), liberano di nuovo gli elementi minerali indispensabili per la ripresa del ciclo. Altri animali provenienti dai vicini incolti entrano a far parte della catena alimentare.

Dal punto di vista energetico le entrate sono rappresentate ancora una volta dal lavoro di fotosintesi delle piante, cui si accompagna il lavoro umano, quello delle macchine e l'energia apportata da concimi e prodotti fitosanitari, mentre le uscite sono costituite dal prelievo del frutto e dalla potatura.



Le piante producono come sempre sostanza organica partendo da luce solare, elementi minerali e acqua, cui si aggiunge, nel caso del pascolo, la sostanza organica, il calpestio e l'asportazione di specie apportata dagli animali, fattori che inducono la selezione dei popolamenti vegetali. Anche in questo caso ai produttori primari seguono i consumatori e cioè gli insetti fitofagi, i ragni, le formiche e i coleotteri e quindi uccelli e mammiferi insettivori, a loro volta fonte di nutrimento per i carnivori. Il ciclo si chiude sempre con i saprofiti, che liberano gli elementi minerali dalla sostanza organica in decomposizione.

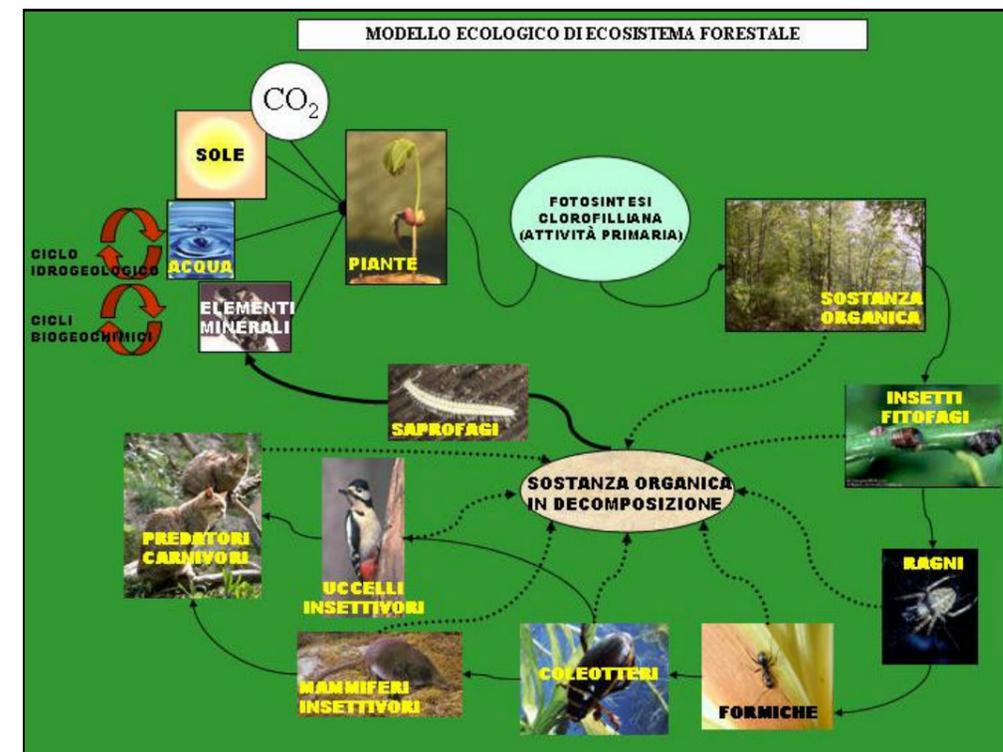
#### 7.1.4 Ecosistema delle foreste

I rimboschimenti e le altre formazioni arboree costituiscono un ecosistema forestale. Questi, seppur in parte compromesso nella composizione specifica dalle attività umane, presenta dimensioni e struttura tali da consentire l'instaurarsi di numerose e complesse relazioni tra componenti biotiche ed abiotiche.

Nei rimboschimenti gli esemplari arborei mostrano spesso diametri e chiome notevolmente sviluppati, adatti alla vita della fauna ornitica, inoltre lo spesso strato di lettiera favorisce il proliferare di varie specie di invertebrati.

Le altre formazioni arboree mostrano maggiore stratificazione rispetto ai rimboschimenti, fornendo rifugi e nutrimento per gli animali. La presenza di legno morto, tipico indicatore di naturalità nei boschi, favorisce la presenza di numerosi organismi saprofiti, fondamentali per innescare il processo di decomposizione della lettiera.

Nella figura successiva è riportato un modello ecologico di ecosistema forestale.



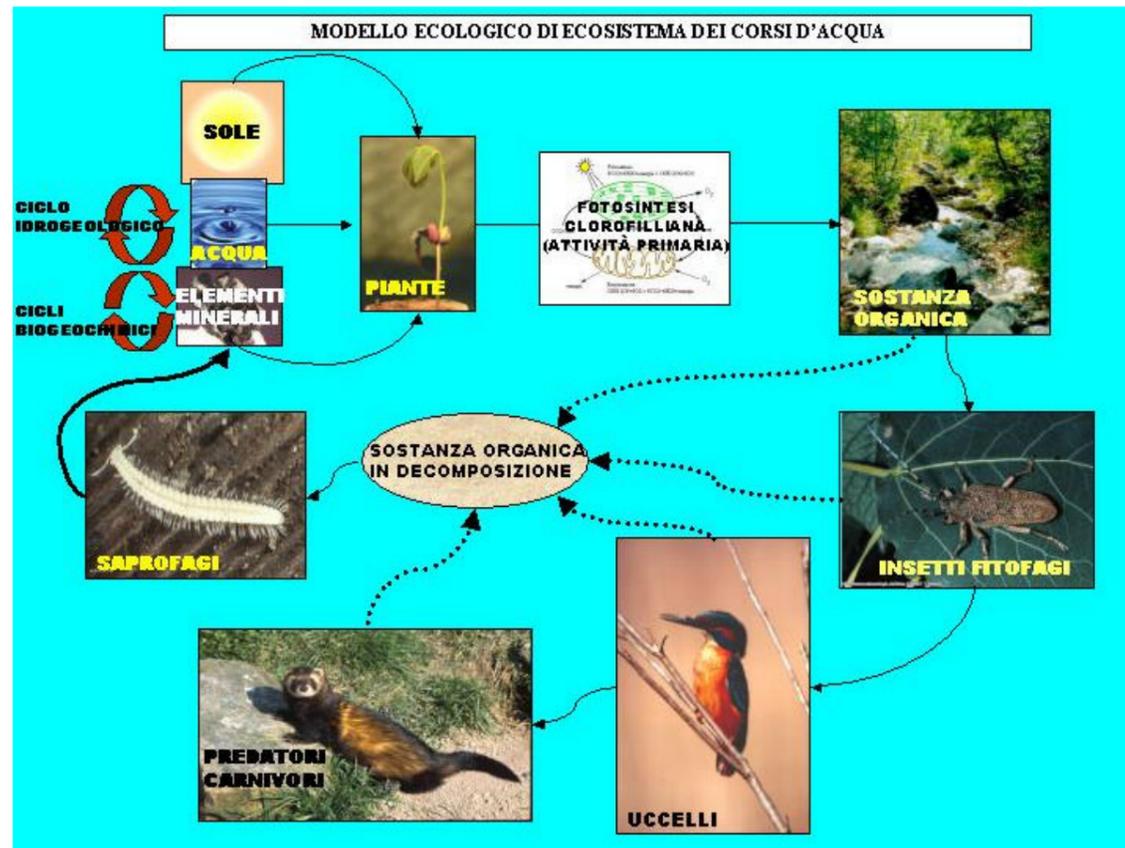
Le piante producono come sempre sostanza organica partendo da luce solare, elementi minerali e acqua, costituendo nutrimento e rifugio per insetti fitofagi e altri vertebrati. Tutta la sostanza organica rientra infine nel ciclo, passando attraverso i saprofiti.

### 7.1.5 Ecosistema dei corsi d'acqua

La presenza di un corso d'acqua rappresenta un motivo di grande interesse dal punto di vista ecologico. L'elemento idrico è una componente determinante, cui si aggiunge la morfologia dell'alveo e la ricchezza della vegetazione, tutti elementi che complicano le relazioni tra i fattori ecologici.

A diverse profondità dell'alveo corrispondono infatti differenti temperature e correnti, che comportano una stratificazione delle comunità biotiche. Lo stesso si può dire per la morfologia dell'alveo. Tutto questo influenza la vegetazione, che si dispone in modo caratteristico sulle sponde. Ai numerosi organismi che vivono nella zona umida si devono poi aggiungere tutti quelli che, provenienti da altri ecosistemi, la frequentano per sfamarsi e dissetarsi, in un complesso intreccio di relazioni.

L'ecosistema dei corsi d'acqua si rivela così un habitat unico, per le condizioni chimiche, fisiche, trofiche e, di conseguenza è una vera e propria riserva di biodiversità vegetale e animale il cui mantenimento è da considerarsi prioritario.



Sole, acqua ed elementi minerali innescano il processo della fotosintesi clorofilliana, il cui risultato è la produzione della sostanza organica, che si colloca alla base della piramide alimentare. Come sempre seguono i fitofagi, gli insettivori e i carnivori. Alla fine della vita tutta la materia organica va in decomposizione, diventando cibo per i saprofagi, i quali permettono la ripresa del ciclo.

### 7.2 Aree sensibili

Il grado di sensibilità e la valenza ecosistemica degli ambiti individuati è naturalmente da attribuire a seconda del grado di artificialità proprio delle singole unità, quindi è direttamente relazionabile a questo fattore.

Pertanto le aree di maggior pregio ecosistemico sono sicuramente da ricondurre alle zone contrassegnate come ecosistemi forestali e dei corsi d'acqua, in quanto dotate di caratteri di naturalità, e sedi di interazioni più complesse rispetto agli altri ambiti. Una posizione intermedia è occupata dall'ecosistema delle praterie e dei cespuglieti, in quanto le sue componenti sono in molti casi di origine spontanea, ma influenzata dalle azioni dell'uomo.

Gli ecosistemi agricolo ed urbano si rivelano invece fortemente artificializzati e quindi di valenza ecosistemica inferiore. Per suffragare quest'ultima affermazione si riportano di seguito quali sono i problemi ecologici che affliggono questi ecosistemi e sono di fatto insiti nella loro natura, per cui difficilmente rimuovibili, se non stravolgendone completamente i principi ispiratori e di esistenza.

Segue la trattazione degli effetti in fase di costruzione e di esercizio sugli ecosistemi presenti nell'area di studio.

Ai fini della definizione degli impatti il tracciato di base è stato suddiviso in cinque tratti, ai quali va ad aggiungersi l'analisi degli impatti legati all'alternativa di tracciato:

1. TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza
2. TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza
3. TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2
4. TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia

5. TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto

**7.2.1 Problemi ecologici dell'ecosistema agricolo**

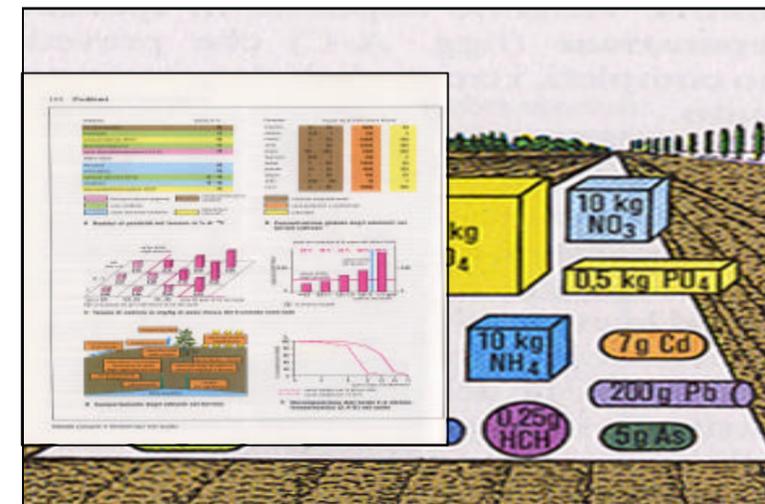
Allo stato naturale il suolo è la base per la produzione di alimenti e foraggio e di materie prime organiche, è una riserva per le sostanze nutritive delle piante e per l'acqua piovana che raccoglie. Esso funziona da filtro, tampone, produttore e depuratore delle acque sotterranee. Dopo l'inizio dello sfruttamento agricolo l'erosione del suolo è comparsa nei terreni in pendio. Le grandi superfici riunite e gli ambienti rurali, "ripuliti" da siepi e alberature dopo la ricomposizione fondiaria, sono esposti maggiormente all'influenza del clima. Attualmente in Europa la perdita annuale di suolo supera la formazione annuale di nuovi suoli di ben 50-100 volte. L'erosione del terreno causa perdite di sostanze nutritive e di humus con diminuzione della produttività.

Il compattamento del suolo dovuto al passaggio dei mezzi agricoli arriva fino a 60 cm di profondità, per cui il volume dei pori, particolarmente di quelli più grandi, diminuisce, come il volume dell'aria e acqua in essi contenuti. Questo influenza l'insieme delle funzioni del suolo.

La lavorazione con le macchine agricole altera la struttura del suolo. Il terreno arato presenta, dopo 5 anni di coltivazione, una struttura laminare a blocchi angolari con il 50% di materiale organico non decomposto e basso contenuto di radici. La situazione è migliore per i terreni lavorati con l'erpice.

Un altro problema è rappresentato dall'apporto di sostanze al suolo. Si devono distinguere due forme di immissione di sostanze nei terreni agricoli: l'apporto volontario per un determinato scopo (concimi, fitofarmaci) e la ricaduta accidentale di diverse emissioni antropiche trasportate dall'atmosfera, che non dipendono dalla coltivazione del terreno.

Per aumentare il rendimento esistono diversi metodi di concimazione, attraverso i fertilizzanti minerali o la concimazione organica.



Depositi annuali medi nelle campagne per ha

Nei sistemi agricoli intensivi è notevole anche l'impiego di fitofarmaci. Nel terreno i pesticidi vengono assorbiti dalle particelle di suolo, si accumulano negli organismi, vengono decomposti chimicamente o biologicamente e passano nelle acque sotterranee per dilavamento. La parte dei residui agglomerati al suolo è rilevante.

Le conseguenze dei fitofarmaci sugli esseri viventi del suolo sono diverse a seconda dei principi attivi e delle specie di organismi.

Gli animali del suolo vengono a contatto con i prodotti agrochimici direttamente, durante il cosparsamento, o per l'assunzione dell'erbicida assieme al loro nutrimento, oppure di sostanze volatili tramite gli organi della respirazione, o ancora attraverso l'acqua capillare del suolo che discioglie gli erbicidi. Ragni, formiche, scarabei e carabidi, essendo predatori, vengono maggiormente a contatto diretto con le sostanze tossiche. Gli insetticidi danneggiano e distruggono anche le popolazioni di lombrichi.

L'ecosistema agricolo, soprattutto nell'ambito di una concezione "industriale" dell'agricoltura, appare quindi di per sé molto alterato, per cui l'intervento dell'uomo non ne stravolge l'equilibrio e non apporta grandi cambiamenti alle sue componenti, se non un ulteriore incentivo all'erosione e al compattamento del suolo, oltre che una maggiore immissione di inquinanti.

### 7.2.2 Problemi ecologici dell'ecosistema urbano

Le zone densamente popolate degli insediamenti urbani sono considerate ecosistemi estremi. Esse sono caratterizzate da continui problemi ambientali. Questi ultimi sono direttamente visibili nell'eccessiva edificazione sulle grandi superfici e nell'utilizzazione degli ambienti ai confini della città, per l'espansione delle abitazioni e delle vie di comunicazione.

I carichi che pesano sull'ambiente possono essere osservati nell'interpenetrazione immediata della città e dei suoi dintorni: incorporazione delle zone verdi adiacenti, eliminazione dei rifiuti (acque reflue, spazzatura, aria inquinata), migrazione delle specie e altro.

Le città sono costituite di mezzi tecnici come edifici, reti stradali, canalizzazioni, macchine e suppellettili. Esse differiscono dunque in tutti i loro elementi biotici o abiotici dall'ecosistema dell'ambiente che le circonda.

Le cause sono da ricercare nelle progressive coperture delle superfici (asfalto, lastrico), nel compattamento del terreno, nelle emissioni delle industrie e degli impianti che producono energia, nelle grandi quantità di gas di scarico e nei piani di occupazione dei suoli.

Le caratteristiche ecologiche delle città possono essere esaminate facendo il confronto con un ecosistema naturale:

PARAMETRO		CONFRONTO CON LO STESSO PARAMETRO IN UN ECOSISTEMA NATURALE
Irradiazione totale		-20%
Irradiazione UV	in inverno	da -70% a -100%
	in estate	da -10% a -30%
Annvolamento		da +5% a +10%
Nebbia dovuta agli aerosol	in inverno	+100%
	in estate	da +20% a +30%
Precipitazioni annuali		da +5% a +10%
Rugiada		-65%
Neve		da -5% a -10%
Temperatura annuale		da +0,5% a +1%
Temperatura minima invernale		da +1°C a +3°C
Durata dei periodi di gelo		-25%
Giorni di gelo e ghiaccio		-45%
Evaporazione annuale		da -30% a -60%
Umidità relativa		-6%
Velocità del vento		da -20% a -30%
Periodo vegetativo		da +8 a +10 giorni

Si ha la tendenza alla riduzione dei produttori. Poiché dall'esterno l'uomo porta energia ai consumatori, i produttori non possono fornire loro una nutrizione sufficiente e non possono quindi condurre a termine il loro compito di fornire energia all'ecosistema. Per questo la relazione naturale produttori/consumatori si inverte nella piramide alimentare, a favore di una prevalenza di consumatori (uomini e animali). Il territorio cittadino agisce selettivamente a causa dell'alta densità di popolazione umana e dei suoi interventi intensivi e aritmici.

Si sviluppano una flora e una fauna cittadine particolari che, con l'esclusione degli animali domestici e delle piante da giardino, talvolta anche degli uccelli, sono più povere di specie della campagna circostante e possiedono associazioni di specie caratteristiche. Per la copertura dei terreni e la presenza di detriti artificiali difficilmente riutilizzabili, i decompositori non portano a termine i loro compiti di demolizione e reintroduzione di sostanze nutritive. I rifiuti devono perciò essere portati nelle discariche. Siccome anche i consumatori non possono svolgere totalmente il loro ruolo, gli ecosistemi antropici sono privi di autoregolazione, contrariamente agli ecosistemi naturali.

Da queste considerazioni emerge che anche l'ecosistema urbano, così come quello legato all'agricoltura intensiva, essendo già per sua natura fortemente alterato, non

risente di particolari effetti collaterali dovuti alla realizzazione del progetto in esame, se non un aumento del carico di inquinanti e un'ulteriore diminuzione dei produttori.

### 7.3 Effetti in fase di costruzione

In funzione delle caratteristiche e delle valenze del territorio di inserimento progettuale, delle tipologie di intervento e delle relative azioni di progetto necessarie per la realizzazione delle opere e dei manufatti, il maggior impatto potenzialmente inducibile, per la componente "Ecosistemi", in fase di costruzione risulta essere il seguente :

- ✓ Eliminazione o alterazione di habitat reversibile
- ✓ Eliminazione o alterazione di habitat irreversibile
- ✓ Alterazione delle componenti biologiche di connessione reversibile

#### 7.3.1 Eliminazione o alterazione di habitat

Durante la fase di costruzione dell'opera possono essere condotte azioni la cui conseguenza diretta o indiretta potrebbe essere la compromissione di alcuni habitat. Con questo termine si intende l'insieme delle condizioni fisiche e chimiche che caratterizzano un ambiente e lo rendono adatto ad ospitare esseri viventi.

Negli ecosistemi dunque si può riconoscere l'esistenza di ambienti meno estesi e molto specializzati che sono indicati col nome di habitat: ad esempio, nelle foreste habitat particolari sono la lettiera, i tronchi e rami caduti e marcescenti, le radure, la chioma degli alberi, le cappelle di alcune specie di funghi.

Nel caso in esame l'habitat di maggior interesse è quello dei corsi d'acqua. Basti pensare alle particolari condizioni fisiche e chimiche degli alvei e delle correnti che, in fase di costruzione verrebbero compromesse, per tornare allo stato originario al termine dei lavori. Questo non vale per i casi in cui i corpi idrici vengono attraversati facendo uso di scatolari. Queste strutture infatti sostituiscono agli elementi del letto del corpo idrico (ciottoli di varie dimensioni), una superficie liscia e artificiale, eliminando così i piccoli vortici e le nicchie, importanti per alcune specie animali, soprattutto invertebrati. Inoltre la corrente all'interno degli scatolari è più veloce e non ha le particolari caratteristiche (come ad esempio la temperatura) che hanno le correnti che scorrono su fondo naturale,

a pelo libero e anche questo cambiamento può essere avvertito da alcune specie animali, come insetti e microrganismi.

L'attraversamento dei corsi d'acqua con i ponti elimina di fatto questi problemi, perché il fondo e le correnti non vengono modificati, se non per il tempo necessario alle attività dei cantieri.

#### TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza

Non si prevedono impatti legati all'eliminazione o alterazione di habitat

#### TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza

Non si prevedono impatti legati all'eliminazione o alterazione di habitat

#### TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2

In questo tratto la compromissione maggiore riguarda l'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, l'habitat del quale potrebbe risultare compromesso in modo irreversibile nei punti in cui sono previsti gli scatolari, mentre nel caso dell'attraversamento del Canale di Valle, la costruzione del ponte rende tale impatto reversibile, cos' come nel viadotto a tre campate a nord di esso.

#### TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia

Si prevede alterazione reversibile di habitat in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente dell'Acquatraversa e del Fosso di Marmorano. Lo stesso tipo di impatto si configura come irreversibile nell'area che rimane tagliata dalla viabilità accessoria.

#### TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto

Non si prevedono impatti legati all'alterazione di habitat

#### Alternativa di tracciato

Si ha alterazione irreversibile di habitat in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle. Lo stesso tipo di impatto diventa reversibile

nell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta l'alterazione reversibile dell'habitat, così come l'attraversamento del Torrente dell'Acquatraversa e del Fosso di Marmorano.

### 7.3.2 Alterazione delle componenti biologiche di connessione

Il concetto di componente biologica di connessione è riconducibile a quello di corridoio faunistico, in un'accezione più ampia, non limitata alla sola componente animale, ma relativa a tutti gli elementi dell'ecosistema.

Si considerano dunque tutte le formazioni vegetali di tipo lineare connesse ai corsi d'acqua e si valutano le possibili alterazioni conseguenti alla fase di realizzazione dell'opera, che possano interferire con la fauna, la vegetazione o il sistema fisico, in modo da alterarne la funzionalità.

#### TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza

Non si prevedono impatti legati all'alterazione delle componenti biologiche di connessione.

#### TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza

Non si prevedono impatti legati all'alterazione delle componenti biologiche di connessione.

#### TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2

Non si ravvisa alterazione della capacità connettiva del Canale di Valle, in quanto il suo attraversamento avviene in un punto in cui la vegetazione delle sponde non prosegue oltre, mentre un'alterazione di tipo reversibile può essere segnalata nel tratto a nord, attraversato dal viadotto a tre campate.

#### TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia

Nel tratto 4 la costruzione degli attraversamenti del Torrente dell'Acquatraversa e del Fosso di Marmorano, potrebbe comprometterne la funzione di collegamento, ma alla fine dei lavori la situazione dovrebbe tornare allo stato originario.

#### TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto

Non si prevedono impatti legati all'alterazione delle componenti biologiche di connessione.

#### Alternativa di tracciato

Si ha alterazione reversibile delle componenti biologiche di connessione in corrispondenza degli attraversamenti del Torrente dell'Acquatraversa e del Fosso di Marmorano. Come già sottolineato si ritiene di poter trascurare la capacità connettiva del Canale di Valle e del Fosso di Balzorile, in quanto l'interferenza si localizza in una zona terminale della vegetazione spondale.

## 7.4 Mitigazioni

Poiché gli impatti a livello di ecosistema riguardano solo i corsi d'acqua potranno essere mitigati dalla ricostituzione degli habitat fluviali, attraverso la sistemazione delle sponde e degli alvei, in modo da ricostituire l'habitat e ripristinare la funzione connettiva.

## 7.5 Effetti in fase di esercizio

L'esistenza dell'infrastruttura viaria in progetto potrebbe indurre effetti di carattere irreversibile sugli ecosistemi e in particolare:

- ✓ Alterazione delle componenti biologiche di connessione irreversibile

### 7.5.1 Alterazione delle componenti biologiche di connessione

In fase di esercizio l'impatto di alterazione delle componenti biologiche di connessione si configura come irreversibile. Si ricorda che si tratta comunque di un'alterazione e non di un'eliminazione, per cui la componente, pur alterata, mantiene la sua funzionalità.

**TRATTO 1: da Svincolo di Itri a imbocco ovest Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati all'alterazione irreversibile delle componenti biologiche di connessione.

**TRATTO 2: Galleria naturale di Costamezza**

Non si prevedono impatti legati all'alterazione irreversibile delle componenti biologiche di connessione.

**TRATTO 3: da imbocco est Galleria naturale di Costamezza a imbocco est Galleria artificiale Campese 2**

In questo tratto l'unica componente biologica di connessione che potrebbe essere interferita in modo irreversibile è il corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, che è in collegamento con un'area piuttosto vasta coperta da vegetazione sinantropica. Si tratterebbe di un'alterazione di tipo irreversibile che comunque non comprometterebbe la funzionalità complessiva della componente.

**TRATTO 4: da imbocco est Galleria artificiale Campese 2 a inizio sottopasso Via Appia**

Non si prevedono impatti legati all'alterazione irreversibile delle componenti biologiche di connessione.

**TRATTO 5: da inizio sottopasso Via Appia a fine progetto**

Non si prevedono impatti legati all'alterazione irreversibile delle componenti biologiche di connessione.

**Alternativa di tracciato**

Si ha alterazione irreversibile delle componenti biologiche di connessione in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua ad ovest del Canale di Valle.

## 7.6 Mitigazioni

Come già sottolineato, a livello ecosistemico gli impatti riguardano essenzialmente i corsi d'acqua, per cui si mitigheranno migliorando la vegetazione spondale e l'alveo vicino al luogo dell'impatto.

## 8. Valutazione di incidenza ambientale del pSIC Rio

### S. Croce (IT6040024)

#### 8.1 Premessa

Il presente paragrafo si pone come obiettivo l'individuazione di eventuali fattori di incidenza determinati dalla realizzazione e dall'esercizio delle opere di progetto sugli habitat e sulle specie vegetali ed animali individuate nel proposto Sito di Importanza Comunitaria denominato "Rio Santa Croce" (IT6040024). L'opera in progetto, pur non intercettando direttamente il pSIC, è causa di una possibile interferenza con esso, in seguito all'apporto di acque di piattaforma, connesse alla fase di esercizio dell'opera in questione.

#### 8.2 Caratteristiche del sito

Il tratto di corso d'acqua interessato dall'opera in progetto, ovvero quello compreso tra la S.S. 7 "Appia" e la foce, si inserisce in un contesto costituito prevalentemente da aree agricole estensive con sporadici nuclei abitativi.

Il paesaggio vegetale originario, è stato totalmente alterato, ed è a tutt'oggi costituito principalmente da specie colturali legnose ed erbacee.

All'interno dei nuclei abitativi la vegetazione è costituita dalle tipiche associazioni delle aree calpestate, dei muri e delle aiuole, dominate da specie sinantropiche e in genere nitrofile quali *Hordeum* sp. (orzo), *Malva sylvestris* (malva), *Parietaria diffusa* (parietaria), *Urtica* sp. (ortica), *Oxalis pes-caprae* (acetosella gialla). In questi ambienti sono inoltre molto diffuse le specie esotiche avventizie o sfuggite alla coltura.

Il pSIC "Rio S. Croce", appartenente alla provincia di Latina, presenta una superficie di circa 140 ettari, tutti ascrivibili alla regione biogeografia mediterranea. Risulta localizzato in prossimità della costa tirrenica a pochi chilometri dal confine campano, immediatamente a monte del Parco suburbano di Gianola e Monte di Scauri (area proposta come SIC-ZPS) e a sud del Parco Naturale dei Monti Aurunci.

Il tratto interessato dall'opera in progetto è caratterizzato dalla presenza di un'esigua e discontinua fascia di vegetazione ripariale con specie tipicamente igrofile quali *Populus*

*alba* (pioppo bianco), *P. tremula* (pioppo tremulo), *P. nigra* (pioppo nero), *Salix alba* (salice bianco), *S. purpurea* (salice rosso), *Fraxinus excelsior* (frassino maggiore), *Ficus carica* (fico selvatico), e piccoli nuclei di *Arundo donax* (canna domestica). Si rinvencono inoltre specie ubiquiste e quindi non strettamente legate agli ambienti acquatici tra cui *Fumaria officinalis* (fumaria), *Tilia* sp. (tiglio), *Laurus nobilis* (alloro), *Rubus ulmifolius* (rovo), *Allium* sp., *Oxalis pes-caprae* (acetosella gialla).

La vegetazione sopra descritta risulta costituita da nuclei più o meno grandi, alternati a tratti con rive nude a causa della presenza di lavori di regimazione idraulica realizzati con gabbionate, blocchi non cementati e opere di ingegneria naturalistica.

La fauna presente nell'area è quella tipica delle zone coltivate, in cui predominano specie nettamente sinantropiche e a largo spettro trofico. Non sono presenti specie di particolare rilievo conservazionistico, eccezion fatta per le classi dei pesci e dei ciclostomi, qui rappresentate da *Rutilus rubilio* (rovella), *Salmo* (trutta) *macrostigma* (trota macrostigma), *Lampetra planeri* (lampreda di ruscello), tutte specie incluse nell'allegato II della Direttiva 92/43/CEE.

I canali irrigui adiacenti all'asta fluviale ospitano popolazioni di *Rana bergeri* (rana verde di Berger) e *Rana kl. hispanica* (rana verde di Uzzell), mentre lungo le rive del rio è possibile rinvenire *Natrix natrix* (biscia dal collare), *Coluber viridiflavus* (biacco), *Lacerta bilineata* (ramarro) e *Podarcis sicula* (lucertola campestre).

La comunità ornitica è dominata dall'ordine dei passeriformi tipici degli ambienti rurali come *Alauda arvensis* (allodola), *Parus major* (cinciallegra), *Serinus serinus* (verzellino), *Corvus corone cornix* (cornacchia grigia), *Turdus merula* (merlo), *Hirundo rustica* (rondine), *Delichon urbica* (balestruccio) e da specie spesso associate ad ambienti ripariali come *Cettia cetti* (usignolo di fiume) e *Motacilla cinerea* (ballerina gialla).

Alla terofauna appartengono specie ad ampia valenza ecologica tra cui è da citare la presenza di *Vulpes vulpes* (volpe), *Pipistrellus savii* (pipistrello di Savi), *Rattus norvegicus* (ratto delle chiaviche). Tra i mammiferi insettivori troviamo *Arvicola terrestris* (arvicola terrestre) e *Erinaceus europaeus* (riccio).

### 8.3 Tipi di habitat presenti nel sito

In base alla documentazione nota per il pSIC, sono rinvenibili all'interno dell'area indagata tre diversi tipi di habitat inclusi in allegato I della Direttiva 92/43/CEE, denominato: "Tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione".

Vengono qui di seguito riportate le caratteristiche relative a ciascuno di essi.

#### 8.3.1 (3140) Acque fortemente oligo-mesotrofiche con vegetazione bentonica di Chara spp

Descrizione generale della vegetazione, sintaxa, caratteristiche abiotiche: laghi e pozze con acque abbastanza ricche in basi disciolte (pH 6-7) o con acque povere di nutrienti, molto pulite, che vanno per lo più dal blu al verdognolo, ricche di basi (pH > 7,5). I fondali di questi corpi d'acqua incontaminati sono coperti da tappeti algali di cariofite Chara e Nitella. Nell'emisfero boreale questo tipo di habitat include piccole pozze calcaree e oligo-mesotrofiche con dense coperture di Chara (specie dominante C. strigosa), spesso circondate da paludi eutrofiche e acquitrini.

Specie caratteristiche e specie chiave: Chara spp., Nitella spp.

Grado di conservazione: media o ridotta

Copertura percentuale: 2%

#### 8.3.2 (3260) Corsi d'acqua di pianura e montagna con vegetazione a Ranunculion fluitantis e Callitricho-Batrachion

Corsi d'acqua di pianura e montagna con vegetazione sommersa o fluttuante del Ranunculion fluitantis e Callitricho-Batrachion (basso livello dell'acqua durante l'estate) o muschi acquatici.

Specie caratteristiche e specie chiave: Ranunculus saniculifolius, R. tricophyllus, R. fluitans, R. peltatus, R. penicillatus spp. penicillatus, R. penicillatus spp. pseudofluitantis,

R. aquatilis, Myriophyllum spp., Callitriche spp., Sium erectum, Zannichellia palustris, Potamogeton spp., Fontinalis antypiretica.

Questo habitat è a volte associato a comunità di Butomus umbellatus.

Grado di conservazione: media o ridotta

Copertura percentuale: 5%

#### 8.3.3 (3280) Fiumi mediterranei a corrente costante con specie appartenenti al Paspalo-Agrostidion e galleria a Salix e Populus alba

Vegetazione erbacea nitrofila annuale e perenne e cariceti dei sedimenti alluvionali di grandi fiumi, con Paspalum paspaloides, P. vaginatum, Polypogon viridis (= Agrostis semiverticillata), Cyperus fuscus e gallerie di Salix spp e Populus alba.

Specie caratteristiche e specie chiave: Paspalum paspaloides, P. vaginatum, Polypogon viridis (= Agrostis semiverticillata), Cyperus fuscus, Salix spp e Populus alba.

Grado di conservazione: media o ridotta

Copertura percentuale: 10%

### 8.4 Applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale I.F.F.

Al fine di ottenere una valutazione complessiva dell'attuale stato ambientale e di fornire alcune considerazioni sui possibili effetti dell'opera in progetto sull'ecosistema del pSIC è stato effettuato uno studio della funzionalità fluviale di un breve tratto del Rio Santa Croce.

Per la valutazione della funzionalità ecologica del corso d'acqua indagato, è stato applicato l'indice I.F.F. (Indice di Funzionalità Fluviale) (ANPA, 2000).

#### **8.4.1 L'indice I.F.F.**

L'Indice di Funzionalità Fluviale I.F.F., che deriva dal RCE-2 (Riparian Channel Environmental Inventory), rappresenta un nuovo strumento di valutazione ambientale, sperimentato e adottato in Italia nel tentativo di rispondere ad una serie di obiettivi di indagine degli ecosistemi fluviali.

L'indice I.F.F. fornisce un'informazione esclusiva rispetto ai consolidati metodi di monitoraggio/controllo ambientale, basati su indicatori di tipo chimico, microbiologico o biologico (come l'Indice Biotico Esteso I.B.E.) in quanto, con un innovativo approccio olistico, considera l'ecosistema fluviale nella sua globalità, comprese le sue interrelazioni con l'ambiente terrestre circostante.

Esso è basato sulla raccolta e sulla lettura critica delle informazioni relative alle principali caratteristiche (morfologiche, strutturali e biotiche) dell'ecosistema fluviale e l'eventuale grado di allontanamento dalla condizione di massima funzionalità.

Proprio per l'immediatezza di rappresentare la funzionalità di singoli tratti fluviali, l'I.F.F. trova una vasta applicazione sia per predisporre o verificare l'efficacia di interventi di riqualificazione fluviale, sia per valutare l'impatto di determinate opere, sia ancora per individuare i tratti fluviali ad alta naturalità da sottoporre a vincoli di tutela.

L'indice I.F.F. può essere utilizzato in qualunque ambiente di acque lotiche, sia di montagna che di pianura, sia in ambienti alpini che appenninici, insulari e mediterranei in genere.

Esistono però tre casi in cui non può essere applicato: 1) acque ferme (laghi, stagni, lagune, lanche, ecc.); 2) ambienti di transizione e di foce; 3) tratti fluviali a quote molto elevate.

Il periodo di rilevamento più idoneo per un'applicazione corretta è quello compreso tra il regime idrologico di morbida e di magra e comunque in un periodo di attività vegetativa.

#### **8.4.2 Struttura della scheda**

La scheda I.F.F. si compone di una parte iniziale relativa alle informazioni ambientali di corredo e di 14 domande che riguardano i principali fattori ecologici di un corso d'acqua: condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante (domande 1-4), morfologia dell'alveo (domande 5 e 6), struttura dell'alveo (domande 7-11) e caratteristiche

biologiche (domande 12-14); per ogni domanda è possibile esprimere una sola delle quattro risposte predefinite (Tab. 1).

Il valore I.F.F. si ottiene sommando i punteggi parziali di ogni domanda e può avere un valore minimo di 14 e un valore massimo di 300.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

SCHEDA I.F.F.	Scheda n° .....		
Bacino: .....	Corso d'acqua .....		
Località .....	Tratto. (metri) .....		
Data .....	Operatori .....		
	<b>Sponda</b>	<b>Sx</b>	<b>Dx</b>
<b>1) Stato del territorio circostante</b>			
-Foreste e boschi		25	25
-Prati, pascoli, boschi, pochi arativi e incolti		20	20
-Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti; urbanizzazione rada		5	5
-Aree urbanizzate		1	1
<b>2) Vegetazione presente nella fascia perfluviale primaria</b>			
-Formazioni arboree riparie		30	30
-Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto		25	25
-Formazioni arboree non riparie		10	10
-Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente		1	1
<b>2 bis) Vegetazione presente nella fascia perfluviale secondaria</b>			
-Formazioni arboree riparie		20	20
-Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto		15	15
-Formazioni arboree non riparie		5	5
-Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente		1	1
<b>3) Ampiezza della fascia di vegetazione perfluviale arborea e arbustiva</b>			
-Fascia di vegetazione perfluviale >30 mt		20	20
-Fascia di vegetazione perfluviale 5 - 30 mt		15	15
-Fascia di vegetazione perfluviale 1 -5 mt		5	5
-Fascia di vegetazione perfluviale assente		1	1
<b>4) Continuità della fascia di vegetazione perfluviale arborea e arbustiva</b>			
-Senza interruzioni		20	20
-Con interruzioni		10	10
-Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata		5	5
-Suolo nudo o vegetazione erbacea rada		1	1
<b>5) Condizioni idriche dell'alveo</b>			
-Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		20	
-Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato (fluttuazioni di portata stagionali)		15	
-Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata frequenti		5	
-Alveo bagnato molto ridotto o quasi inesistente (o impermeabilizzazioni del fondo)		1	
<b>6) Conformazione delle rive</b>			
-Con vegetazione arborea e/o massi		25	25
-Con erbe e arbusti		15	15
-Con sottile strato erboso		5	5
-Rive nude		1	1
<b>7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
-Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto o idrofite		25	
-Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento (o canneto o idrofite rade e poco estese)		15	
-Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e di idrofite)		5	
-Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	

<b>8) Erosione</b>			
- Poco evidente e non rilevante		20	20
- Solamente nelle curve e/o nelle strettoie		15	15
- Frequente con scavo delle rive e delle radici		5	5
- Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali		1	1
<b>9) Sezione trasversale</b>			
- Naturale			15
- Naturale con lievi interventi artificiali			10
- Artificiale con qualche elemento naturale			5
- Artificiale			1
<b>10) Struttura del fondo dell'alveo</b>			
- Diversificato e stabile			25
- A tratti mobile			15
- Facilmente mobile			5
- Artificiale o cementato			1
<b>11) Raschi e pozze o meandri</b>			
- Ben distinti e ricorrenti			25
- Presenti a distanze diverse e con successione irregolare			20
- Lunghie pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri			5
- Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato			1
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento</b>			
- Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite			15
- Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofita limitata			10
- Periphyton discreto, o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite			5
- Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite			1
<b>12 bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare</b>			
- Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti			15
- Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato con limitata copertura di macrofite tolleranti			10
- Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti			5
- Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti			1
<b>13) Detrito</b>			
- Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi			15
- Frammenti vegetali fibrosi e polposi			10
- Frammenti polposi			5
- Detrito anaerobico			1
<b>14) Comunità macrobentonica</b>			
- Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale			20
- Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso			10
- Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento			5
- Assenza di una comunità strutturata; di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento			1
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>			
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>			

**Tabella 1. Scheda I.F.F.**

### 8.4.3 Livelli e rappresentazione cartografica della funzionalità

I valori I.F.F. vengono tradotti in 5 livelli di funzionalità, espressi con numeri romani, ai quali corrispondono i relativi giudizi di funzionalità; sono inoltre previsti livelli intermedi, al fine di meglio graduare il passaggio da un livello a un altro.

Per rappresentare su base cartografica il livello di funzionalità di un corso d'acqua (mappatura) vengono utilizzati colori convenzionali (Tab. 2).

VALORE DI I.F.F.	LIVELLO DI FUNZIONALITÀ	GIUDIZIO DI FUNZIONALITÀ'	COLORE DI RIFERIMENTO PER RAPPRESENTAZIONI CARTOGRAFICHE
261-300	I	elevato	
251-260	I-II	elevato-buono	
201-250	II	buono	
181-200	II-III	buono-mediocre	
121-180	III	mediocre	
101-120	III-IV	mediocre-scadente	
61-100	IV	scadente	
51-60	IV-V	scadente-pessimo	
14-50	V	pessimo	

**Tabella 2. Livelli di funzionalità, relativi giudizi e colori di riferimento**

### 8.4.4 Area di studio

Il Rio Santa Croce è un corso d'acqua perenne, di circa 9 km di lunghezza, situato nel settore meridionale dei Monti Aurunci (Lazio meridionale). Esso attraversa il territorio dei comuni di Formia, Minturno e Spigno Saturnia e il suo tratto terminale, marcatamente

meandriforme, costituisce il limite nord-occidentale del Promontorio di Gianola e Monte di Scauri. Sfocia nel Golfo di Gaeta, ad est di Formia.

Il suo bacino idrografico è caratterizzato da differenti litologie: nella parte più montana predominano i calcari fortemente fratturati e carsificati in facies di piattaforma carbonatica (che vanno costituire complessi idrogeologici altamente permeabili, sede di importanti acquiferi); in una piccola porzione del medio corso è presente il complesso dei flysch marnoso-arenacei, povero di acque sotterranee; nel settore medio-vallivo affiorano i terreni di copertura recente (sedimenti alluvionali) che contengono esigue falde locali di potenzialità limitata (Boni, Bono & Capelli).

La presenza di alcune importanti sorgenti alimentate dagli acquiferi carsici dei Monti Aurunci determinano un flusso d'acqua perenne, sostenuto nei mesi estivi da un flusso di base costante.

Per la presenza di habitat e specie animali di importanza comunitaria, gran parte del Rio Santa Croce è stato designato come Sito della Rete Natura 2000, pSIC Rio Santa Croce (IT6040024), posto in continuità ambientale con il pSIC-ZPS Promontorio di Gianola e Monte di Scauri (IT6040023) (Agliata et al., 2002).

### 8.4.5 Materiali e metodi

L'applicazione del metodo I.F.F. ha seguito rigorosamente le indicazioni riportate nell'apposito protocollo (ANPA, 2000). È stata eseguita un'indagine preliminare del Rio S. Croce su base cartografica in scala 1:10.000, facendo anche ricorso alle foto aeree per inquadrare il corso d'acqua nel suo più ampio contesto territoriale.

L'indagine in situ è stata svolta in data 22/04/2004 ed ha interessato esclusivamente il tratto fluviale compreso tra la S.S. 7 Appia e il promontorio di Gianola e Monte di Scauri (Fig. 1). L'asta fluviale è stata per lo più percorsa a piedi identificando tratti con caratteristiche ambientali sufficientemente omogenee, sempre di lunghezza superiori al T.M.R. (tratto minimo rilevabile). Per ciascuno di essi è stata compilata una scheda. In tutto il tratto indagato sono state compilate un totale di 4 schede (corrispondenti cioè a 4 tratti omogenei).



**Fig. 1. Stralcio (non in scala) della Carta Tecnica Regionale (416090-Minturno) comprendente il tratto indagato del Rio Santa Croce (riquadro in rosso).**

Per il rilievo delle caratteristiche morfologiche dell'alveo e la misura dell'ampiezza della vegetazione è stato necessario l'utilizzo di una corda metrica.

La raccolta del macrozoobenthos è stata effettuata con una draga a mano di dimensioni 30 x 30 cm (rete di maglia pari a 250 ?m); direttamente in situ, si è proceduto ad un sommario riconoscimento dei taxa mediante le chiavi dicotomiche di Campaioli et al. (1994/1999).

#### **8.4.6 Risultati dell'indagine**

L'analisi svolta ha rilevato differenze di funzionalità ecologica sia tra i diversi tratti sia tra le due sponde.

La situazione è leggermente peggiore in sponda destra per la maggiore pressione antropica (zone più densamente urbanizzate, piccoli insediamenti industriali, maggior numero di strade di servizio).

I valori espressi dall'indice I.F.F. mettono in evidenza un giudizio di funzionalità fluviale buono (corrispondente al II livello di funzionalità) o buono-mediocre (corrispondente al II-III livello di funzionalità) nel 85% (1150 m su 1350 m complessivi) dell'intero tratto indagato. Nei due tratti di soli 100 m ciascuno (tratti 1 e 3), la funzionalità risulta compromessa per la presenza di lavori di sistemazione idraulica (tuttora in corso): il giudizio globale di funzionalità varia tra scadente-mediocre (III-IV livello) e scadente (IV livello).

Nella Tabella 3 sono riportati i valori dell'indice, il giudizio e il livello di funzionalità dei 4 tratti. La Figura 2 consente invece di avere una visione immediata della variazione di funzionalità lungo il corso d'acqua.

Per interpretare i risultati ottenuti dall'applicazione dell'indice ed evidenziare quei fattori che concorrono a ridurre la funzionalità di alcuni tratti, è necessario esaminare e commentare le informazioni ottenute sui diversi fattori ecologici del corso d'acqua:

#### **A) condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante (domande 1-4)**

L'intero tratto indagato si inserisce in un contesto territoriale di urbanizzazione rada, con alternanza di orti, frutteti e vigneti. La trasformazione del territorio circostante al corso d'acqua aumenta l'influenza sullo stesso (inquinamento diffuso e puntiforme) e ne riduce per questo la funzionalità (Schede 1,2,3,4 - domanda 1: punteggio parziale pari a 5).

La vegetazione della fascia perfluviale primaria è costituita per lo più da formazioni arboree riparie (in prevalenza *Populus tremula* e *Salix alba*), ben strutturate ma ridotte in alcuni casi a un'esigua fascia di pochi metri. In alcuni tratti è sostituita dal canneto (*Arundo donax*) o interrotta da manufatti o da vegetazione arbustiva o erbacea. Fanno eccezione i tratti 1 e 3, dove gli interventi di consolidamento delle rive hanno comportato l'eliminazione totale della preesistente vegetazione ripariale (Schede 1, 3 - domande 2, 3 e 4: punteggio parziale pari a 1).

#### **B) morfologia dell'alveo (domande 5 e 6)**

Dal rilevamento in situ appare evidente che il Rio Santa Croce presenti una portata relativamente costante durante l'anno cosicché l'intero alveo di morbida è costantemente bagnato (Schede 1,2,3,4 - domanda 5: punteggio parziale pari a 20). Bisogna tuttavia considerare che, in alcuni tratti fluviali, le sistemazioni idrauliche (passate e recenti) costringono l'acqua in un alveo ristretto.

Nei tratti 2 e 4, la stabilità delle rive costituisce un elemento che aumenta la funzionalità fluviale (Schede 2 e 4 - domanda 6: punteggio parziale pari a 25). Nel tratto 1, le rive appaiono consolidate con tecniche di ingegneria naturalistica (palificate e materiale vegetale vivo-talee); nel tratto 3, le rive sono stabilizzate con blocchi di travertino. Entrambi gli interventi di consolidamento delle rive determinano un basso valore del punteggio parziale (Schede 1 e 3 - domanda 6: punteggio parziale pari a 1)

**C) struttura dell'alveo (domande 7-11)**

L'analisi sull'intero tratto indagato ha evidenziato sintomi di alterazione di qualche o di molti parametri strutturali dell'alveo.

Nel tratto 1, il corso appare canalizzato, meno eterogeneo e dominato dai substrati medio fini che non garantiscono la ritenzione di sostanza organica (Scheda 1 - domanda 7: punteggio parziale pari a 5; domanda 11: punteggio parziale pari a 1).

Nei tratti 2, 3 e 4 l'alveo è costituito in prevalenza da ciottoli e ghiaie con una buona efficacia ritentiva (Schede 2,3 e 4 - domanda 7: punteggio parziale pari a 15). Questi tre tratti sono comunque caratterizzati da una scarsa eterogeneità morfologica con una monotona predominanza di correntini (runs) (Schede 2,3 e 4 - domanda 11: punteggio parziale pari a 5).

L'erosione delle rive è minima nei tratti consolidati da opere di difesa spondale mentre è ben visibile altrove.

Solo nel tratto 4 la sezione è per lo più naturale con qualche elemento artificiale (Scheda 4 - domanda 9: punteggio parziale pari a 10) e questo concorre a una maggiore funzionalità dell'ecosistema fluviale (maggiore diversità biologica e capacità di tollerare gli stress antropici).

**D) caratteristiche biologiche (domande 12-14)**

L'intero tratto indagato è caratterizzato da una buona qualità biologica delle acque. Dai rilevamenti in situ della comunità macrozoobentonica, dello spessore del periphyton e della composizione del detrito organico, si può ragionevolmente affermare che le acque sono ben ossigenate e povere di nutrienti.

Il periphyton è scarsamente sviluppato (Schede 1,2,3,4 - domanda 12: punteggio parziale pari a 15) e la sostanza organica (detrito fogliare in prevalenza) è costituito da frammenti fibrosi la cui origine è facilmente riconoscibile (Schede 1,2,3,4 - domanda 13: punteggio parziale pari a 15). Ciò dimostra l'assenza di fenomeni di eutrofizzazione e lo scarso carico organico delle acque.

La comunità di macroinvertebrati bentonici è ben diversificata e costituita principalmente da insetti Efemerotteri, Ditteri e Tricotteri. Questa composizione identifica una condizione lievemente alterata (Schede 1,2,3,4 - domanda 14: punteggio parziale pari a 10). Questo conferma i dati ricavati da un campionamento biologico nel medesimo tratto del Rio Santa Croce, effettuato nel 1999 e riportato nella Carta della qualità biologica dei corsi d'acqua della regione Lazio (Mancini e Arcà, 2000).

SCHEDA N°	TRATTO (METRI)	VALORE I.F.F.		LIVELLO DI FUNZIONALITA'		GIUDIZIO DI FUNZIONALITA'		COLORE	
		SX	DX	SX	DX	SX	DX	SX	DX
<b>1</b>	100	96	96	IV	IV	SCADENTE	SCADENTE		
<b>2</b>	400	210	195	II	II-III	BUONO	BUONO-MEDIOCRE		
<b>3</b>	100	114	114	III-IV	III-IV	MEDIOCRE-SCADENTE	MEDIOCRE-SCADENTE		
<b>4</b>	750	205	200	II	II-III	BUONO	BUONO-MEDIOCRE		

**Tabella 3. Valori, livelli e giudizi di funzionalità (e rispettivi colori di riferimento) dei 4 tratti. Sx = sponda idrografica sinistra; Dx = sponda idrografica destra.**



Fig. 2. Mappa della funzionalità fluviale del Rio Santa Croce (in rosso è indicato il numero della scheda I.F.F.)

#### 8.4.7 Effetti dell'immissione di inquinanti nell'ecosistema

La fase di esercizio dell'opera in progetto prevede l'immissione delle acque di piattaforma nei fossi confluenti, in destra idrografica, nel Rio S. Croce. Tali acque derivano dal dilavamento dei suoli stradali ad opera delle piogge e possono, in taluni casi, trasportare direttamente olii e carburanti o metalli pesanti negli ambienti acquatici. I microinquinanti di natura idrocarburica non danno luogo a fenomeni di alterazione degli ecosistemi particolarmente evidenti (schiume, morie di pesci, acque torbide, ecc.), ma non per questo sono meno nocivi. Per "microinquinante" si intende una sostanza presente a bassi livelli di concentrazione che penetra lentamente nell'ecosistema, producendo a volte effetti disastrosi. La sua tossicità è legata a diversi fattori quali: struttura chimica, solubilità in acqua, volatilità, fotodegradazione, accumulo negli organismi viventi e interazione con il particolato organico e inorganico presente in sospensione nell'acqua. Si sottolinea che il particolato, dopo aver adsorbito il microinquinante, sedimenta sul fondo generando un fenomeno di accumulo della sostanza tossica.

La risposta degli organismi acquatici è varia e le specie che maggiormente ne risentono sono quelle ittiche. Le larve di *Lampetra planeri* (lampreda di ruscello), specie presente nel Rio S. Croce, vivono per molti anni infossate nella sabbia o nel fango, nutrendosi per filtrazione di alghe e altri microorganismi. Questa specie risentirebbe quindi dell'immissione di microinquinanti che si accumulano nei sedimenti fluviali (Zerunian, 2002). A risentirne potrebbe essere anche la comunità macrobentonica con la scomparsa dei taxa maggiormente sensibili ed un'alterazione degli equilibri della rete trofica.

Un eventuale inquinamento delle acque potrebbe inoltre danneggiare le popolazioni indigene di *Salmo (trutta) macrostigma* (trota macrostigma) presenti nel rio.

La presenza di olii e carburanti sulla superficie delle acque genera invece un microfilm che riduce notevolmente la penetrazione della luce, con conseguente diminuzione del tasso di fotosintesi della componente vegetale acquatica.

Dal punto di vista della funzionalità fluviale il tratto terminale del Rio S. Croce, appare già in parte alterato (canalizzazione ed assottigliamento della fascia ripariale) e pertanto

minore è la sua capacità di autodepurazione. L'immissione di inquinanti andrebbe quindi a costituire un ulteriore fattore di degrado a carico del sistema fluviale.

In base a quanto appena descritto si ritiene necessaria la predisposizione di sistemi di trattamento delle acque di piattaforma, da localizzare prima dell'immissione delle acque di piattaforma negli affluenti del Rio S. Croce.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

**SCHEDA DI RILIEVO I.F.F. N° 1**

Bacino: <b>Rio Santa Croce - Capodacqua</b> Corso d'acqua <b>Rio Santa Croce</b>			
Località <b>a valle del ponte strada interna (X=388792.7; Y=4568353.2)</b> Tratto (metri) <b>100</b>			
Data <b>22 aprile 2004</b> Operatori <b>Tiziana Pacione</b>			
	Sponda	Sx	Dx
<b>1) Stato del territorio circostante</b>			
- Foreste e boschi	25		25
- Prati, pascoli, boschi, pochi arativi e incolti	20		20
- Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti; urbanizzazione rada	5	<input checked="" type="checkbox"/>	5
- Aree urbanizzate	1		1
<b>2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	30		30
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	25		25
- Formazioni arboree non riparie	10		10
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1
<b>2 bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	20		20
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	15		15
- Formazioni arboree non riparie	5		5
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1		1
<b>3) Ampiezza della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Fascia di vegetazione perifluviale >30 mt	20		20
- Fascia di vegetazione perifluviale 5 - 30 mt	15		15
- Fascia di vegetazione perifluviale 1 - 5 mt	5		5
- Fascia di vegetazione perifluviale assente	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1
<b>4) Continuità della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Senza interruzioni	20		20
- Con interruzioni	10		10
- Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata	5		5
- Suolo nudo o vegetazione erbacea rada	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1
<b>5) Condizioni idriche dell'alveo</b>			
- Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		<input checked="" type="checkbox"/>	25
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato (fluttuazioni di portata stagionali)			15
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata frequenti			5
- Alveo bagnato molto ridotto o quasi inesistente (o impermeabilizzazioni del fondo)			1
<b>6) Conformazione delle rive</b>			
- Con vegetazione arborea e/o massi	25		25
- Con erbe e arbusti	15		15
- Con sottile strato erboso	5		5
- Rive nude	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1
<b>7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
- Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto o idrofite			25
- Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento (o canneto o idrofite rade e poco estese)			15
- Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e di idrofite)		<input checked="" type="checkbox"/>	5
- Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme			1
<b>8) Erosione</b>			
- Poco evidente e non rilevante	20		20
- Solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15		15
- Frequente con scavo delle rive e delle radici	5		5
- Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1
<b>9) Sezione trasversale</b>			
- Naturale			15
- Naturale con lievi interventi artificiali		<input checked="" type="checkbox"/>	10
- Artificiale con qualche elemento naturale			5
- Artificiale			1
<b>10) Struttura del fondo dell'alveo</b>			
- Diversificato e stabile		<input checked="" type="checkbox"/>	25
- A tratti mobile			5
- Facilmente mobile			5
- Artificiale o cementato			1

<b>11) Raschi e pozze o meandri</b>			
- Ben distinti e ricorrenti			25
- Presenti a distanze diverse e con successione irregolare			20
- Lunghie pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri			5
- Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato		<input checked="" type="checkbox"/>	1
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento</b>			
- Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite		<input checked="" type="checkbox"/>	1
- Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofittica limitata			10
- Periphyton discreto, o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite			5
- Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite			1
<b>12 bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare</b>			
- Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti			15
- Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato con limitata copertura di macrofite			10
- Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti			5
- Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti			1
<b>13) Detrito</b>			
- Frammenti vegetali riconoscibili e friabili		<input checked="" type="checkbox"/>	1
- Frammenti vegetali fibrosi e polposi			10
- Frammenti polposi			5
- Detrito anaerobico			1
<b>14) Comunità macrobentonica</b>			
- Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale			20
- Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso		<input checked="" type="checkbox"/>	15
- Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento			5
- Assenza di una comunità strutturata: di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento			1
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>		<b>96</b>	<b>96</b>
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>		<b>IV</b>	<b>IV</b>

**SCHEDA DI RILIEVO I.F.F. N° 2**

Bacino: <b>Rio Santa Croce - Capodacqua</b>	Corso d'acqua: <b>Rio Santa Croce</b>		
Località: <b>a monte della confluenza dell'ultimo affluente in riva dex Tratto. (metri) 400</b>			
Data: <b>22 aprile 2004</b>	Operatori: <b>Tiziana Pacione</b>		
	Sponda	Sx	Dx
<b>1) Stato del territorio circostante</b>			
- Foreste e boschi	25		25
- Prati, pascoli, boschi, pochi arativi e incolti	20		20
- Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti; urbanizzazione rada	5	X	5
- Aree urbanizzate	1		1
<b>2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	X		30
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	25		X
- Formazioni arboree non riparie	10		10
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1		1
<b>2 bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	20		20
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	15		15
- Formazioni arboree non riparie	5		5
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1		1
<b>3) Ampiezza della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Fascia di vegetazione perifluviale >30 mt	20		20
- Fascia di vegetazione perifluviale 5 - 30 mt	15		15
- Fascia di vegetazione perifluviale 1 -5 mt	5	X	5
- Fascia di vegetazione perifluviale assente	1		1
<b>4) Continuità della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Senza interruzioni	X		20
- Con interruzioni	10		X
- Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata	5		5
- Suolo nudo o vegetazione erbacea rada	1		1
<b>5) Condizioni idriche dell'alveo</b>			
- Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		X	
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato (fluttuazioni di portata stagionali)		15	
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata frequenti		5	
- Alveo bagnato molto ridotto o quasi inesistente (o impermeabilizzazioni del fondo)		1	
<b>6) Conformazione delle rive</b>			
- Con vegetazione arborea e/o massi	25	X	25
- Con erbe e arbusti	15		15
- Con sottile strato erboso	5		5
- Rive nude	1		1
<b>7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
- Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto o idrofite		25	
- Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento (o canneto o idrofite rade e poco estese)		X	
- Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e di idrofite)		5	
- Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sacomature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Erosione</b>			
- Poco evidente e non rilevante	20		20
- Solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15	X	15
- Frequente con scavo delle rive e delle radici	5		5
- Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>			
- Naturale		15	
- Naturale con lievi interventi artificiali		10	
- Artificiale con qualche elemento naturale		X	
- Artificiale		1	
<b>10) Struttura del fondo dell'alveo</b>			
- Diversificato e stabile		X	
- A tratti mobile		15	
- Facilmente mobile		5	
- Artificiale o cementato		1	

<b>11) Raschi e pozze o meandri</b>			
- Ben distinti e ricorrenti		25	
- Presenti a distanze diverse e con successione irregolare		20	
- Lunghe pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri		X	
- Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento</b>			
- Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite		X	
- Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofitica limitata		10	
- Periphyton discreto, o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite		5	
- Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite		1	
<b>12 bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare</b>			
- Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
- Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato con limitata copertura di macrofite		10	
- Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti		5	
- Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>			
- Frammenti vegetali riconoscibili e fribrosi		X	
- Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
- Frammenti polposi		5	
- Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>			
- Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
- Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso		X	
- Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento		5	
- Assenza di una comunità strutturata: di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento		1	
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>		<b>210</b>	<b>195</b>
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>		<b>II</b>	<b>II/III</b>

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

**SCHEDA DI RILIEVO I.F.F. N° 3**

Bacino: <b>Rio Santa Croce - Capodaqua</b>	Corso d'acqua: <b>Rio Santa Croce</b>		
Località: <b>meandro caratterizzato da interventi di sistemazione idraulica</b>	Tratto: (metri) <b>100</b>		
Data: <b>22 aprile 2004</b>	Operatori: <b>Tiziana Pacione</b>		
	Sponda Sx Dx		
<b>1) Stato del territorio circostante</b>			
- Foreste e boschi	25		25
- Prati, pascoli, boschi, pochi arativi e incolti	20		20
- Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti; urbanizzazione rada	5	X	5
- Aree urbanizzate	1		1
<b>2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	30		30
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	25		25
- Formazioni arboree non riparie	10		10
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1	X	1
<b>2 bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	20		20
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	15		15
- Formazioni arboree non riparie	5		5
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1		1
<b>3) Ampiezza della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Fascia di vegetazione perifluviale >30 mt	20		20
- Fascia di vegetazione perifluviale 5 - 30 mt	15		15
- Fascia di vegetazione perifluviale 1 - 5 mt	5		5
- Fascia di vegetazione perifluviale assente	1	X	1
<b>4) Continuità della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Senza interruzioni	20		20
- Con interruzioni	10		10
- Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata	5		5
- Suolo nudo o vegetazione erbacea rada	1	X	1
<b>5) Condizioni idriche dell'alveo</b>			
- Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato		X	
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato (fluttuazioni di portata stagionali)		15	
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata frequenti		5	
- Alveo bagnato molto ridotto o quasi inesistente (o impermeabilizzazioni del fondo)		1	
<b>6) Conformazione delle rive</b>			
- Con vegetazione arborea e/o massi	25		25
- Con erbe e arbusti	15		15
- Con sottile strato erboso	5		5
- Rive nude	1	X	1
<b>7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
- Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto o idrofite		25	
- Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento (o canneto o idrofite rade e poco estese)		X	
- Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e di idrofite)		5	
- Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sacature artificiali lisce a corrente uniforme		1	
<b>8) Erosione</b>			
- Poco evidente e non rilevante	20		20
- Solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15		15
- Frequente con scavo delle rive e delle radici	5	X	5
- Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1		1
<b>9) Sezione trasversale</b>			
- Naturale		15	
- Naturale con lievi interventi artificiali		10	
- Artificiale con qualche elemento naturale		X	
- Artificiale		1	
<b>10) Struttura del fondo dell'alveo</b>			
- Diversificato e stabile		25	
- A tratti mobile		X	
- Facilmente mobile		5	
- Artificiale o cementato		1	

<b>11) Raschi e pozze o meandri</b>			
- Ben distinti e ricorrenti		25	
- Presenti a distanze diverse e con successione irregolare		20	
- Lunghie pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri		X	
- Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato		1	
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento</b>			
- Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite		X	
- Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofite limitata		10	
- Periphyton discreto, o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite		5	
- Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite		1	
<b>12 bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare</b>			
- Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti		15	
- Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato con limitata copertura di macrofite		10	
- Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti		5	
- Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti		1	
<b>13) Detrito</b>			
- Frammenti vegetali riconoscibili e friabili		X	
- Frammenti vegetali fibrosi e polposi		10	
- Frammenti polposi		5	
- Detrito anaerobico		1	
<b>14) Comunità macrobentonica</b>			
- Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20	
- Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso		X	
- Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento		5	
- Assenza di una comunità strutturata: di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento		1	
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>		<b>114</b>	<b>114</b>
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>		<b>III/IV</b>	<b>III/IV</b>

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

**SCHEDA DI RILIEVO I.F.F. N° 4**

Bacino: <b>Rio Santa Croce - Capodacqua</b>	Corso d'acqua: <b>Rio Santa Croce</b>		
Località: <b>compreso tra Tratto Scheda 3 e Ponte S.S. 7 Appia</b>	Tratto: <b>(metri) 750</b>		
Data: <b>22 aprile 2004</b>	Operatori: <b>Tiziana Pacione</b>		
	Sponda	Sx	Dx
<b>1) Stato del territorio circostante</b>			
- Foreste e boschi	25	25	
- Prati, pascoli, boschi, pochi arativi e incolti	20	20	
- Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti; urbanizzazione rada	5	<del>5</del>	
- Aree urbanizzate	1	1	
<b>2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	<del>25</del>	30	
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	25	<del>25</del>	
- Formazioni arboree non riparie	10	10	
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1	1	
<b>2 bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria</b>			
- Formazioni arboree riparie	20	20	
- Formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto	15	15	
- Formazioni arboree non riparie	5	5	
- Vegetazione arbustiva non riparia o erbacea o assente	1	1	
<b>3) Ampiezza della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Fascia di vegetazione perifluviale >30 mt	20	20	
- Fascia di vegetazione perifluviale 5 - 30 mt	15	<del>15</del>	
- Fascia di vegetazione perifluviale 1 - 5 mt	5	5	
- Fascia di vegetazione perifluviale assente	1	1	
<b>4) Continuità della fascia di vegetazione perifluviale arborea e arbustiva</b>			
- Senza interruzioni	20	20	
- Con interruzioni	10	<del>10</del>	
- Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata	5	5	
- Suolo nudo o vegetazione erbacea rada	1	1	
<b>5) Condizioni idriche dell'alveo</b>			
- Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato	<del>25</del>		
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato (fluttuazioni di portata stagionali)	15		
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata frequenti	5		
- Alveo bagnato molto ridotto o quasi inesistente (o impermeabilizzazioni del fondo)	1		
<b>6) Conformazione delle rive</b>			
- Con vegetazione arborea e/o massi	25	<del>25</del>	
- Con erbe e arbusti	15	15	
- Con sottile strato erboso	5	5	
- Rive nude	1	1	
<b>7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
- Alveo con grossi massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto o idrofite	<del>25</del>		
- Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento (o canneto o idrofite rade e poco estese)	5		
- Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene (o assenza di canneto e di idrofite)	1		
- Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme	1		
<b>8) Erosione</b>			
- Poco evidente e non rilevante	20	20	
- Solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15	<del>15</del>	
- Frequente con scavo delle rive e delle radici	5	5	
- Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1	1	
<b>9) Sezione trasversale</b>			
- Naturale	15		
- Naturale con lievi interventi artificiali	<del>5</del>		
- Artificiale con qualche elemento naturale	5		
- Artificiale	1		
<b>10) Struttura del fondo dell'alveo</b>			
- Diversificato e stabile	25		
- A tratti mobile	<del>5</del>		
- Facilmente mobile	5		
- Artificiale o cementato	1		

<b>11) Raschi e pozze o meandri</b>			
- Ben distinti e ricorrenti	25		
- Presenti a distanze diverse e con successione irregolare	20		
- Lunghe pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri	<del>5</del>		
- Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato	1		
<b>12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento</b>			
- Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite	<del>10</del>		
- Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofita limitata	10		
- Periphyton discreto, o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite	5		
- Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite	1		
<b>12 bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare</b>			
- Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti	15		
- Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato con limitata copertura di macrofite	10		
- Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti	5		
- Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti	1		
<b>13) Detrito</b>			
- Frammenti vegetali riconoscibili e friabili	<del>10</del>		
- Frammenti vegetali fibrosi e polposi	10		
- Frammenti polposi	5		
- Detrito anaerobico	1		
<b>14) Comunità macrobentonica</b>			
- Ben strutturata e diversificata adeguata alla tipologia fluviale	20		
- Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso	<del>10</del>		
- Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento	5		
- Assenza di una comunità strutturata; di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento	1		
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>		<b>205</b>	<b>200</b>
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>		<b>II</b>	<b>II/III</b>

## 9. Rumore

Lo studio della componente rumore relativo alla realizzazione della Variante alla SS 7 "Appia" in Comune di Formia è stato impostato attraverso la caratterizzazione dello stato acustico ante operam mediante opportuna campagna di indagine fonometrica e attraverso una caratterizzazione dello stato acustico futuro e di cantiere realizzato tramite l'uso di idoneo software previsionale che ha permesso di quantificare il rumore immesso presso i ricettori e di realizzare carte tematiche sia per la fase di corso d'opera sia per la fase di post operam. In dettaglio, i passi operativi svolti sono i seguenti:

*- Analisi acustica del territorio interessato dal progetto e individuazione dei ricettori sensibili*

Sono state effettuate delle indagini dirette di conoscenza dei luoghi, sia sotto il profilo morfologico e antropico, sia sotto il profilo della caratterizzazione delle sorgenti acustiche attualmente presenti. Si è così proceduto all'individuazione dei ricettori, con particolare riferimento a quelli sensibili con l'ausilio delle indagini in situ, durante le quali sono stati caratterizzati gli edifici prossimi all'infrastruttura.

*- Individuazione dei livelli sonori di riferimento*

All'interno dell'area in esame non è stata effettuata la zonizzazione acustica, per cui si farà riferimento alle zone di cui al DPCM 1° marzo 1991, che a sua volta fa riferimento al D.M. 02/04/1968 n° 1444.

Le zone interessate, attualmente di vario tipo, residenziale, artigianale, rurale, sono attualmente da considerarsi parte in zona "B" e parte in zona "Tutto il territorio Nazionale" ai fini del DPCM 1 marzo 1991 (art.6) ancora in vigore per quanto riguarda i limiti massimi di pressione sonora.

Valori dei limiti max del livello sonoro equivalente relativi alle classi di destinazione d' uso del territorio di riferimento, in mancanza di zonizzazione acustica secondo art. 2 D.M. 02/04/1968 n° 1444			
Classi di destinazione d' uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno ( 6-22)	notturno (22-6)
<b>Zona A</b>	Parti del territorio edificate che rivestono carattere storico, artistico	65	55
<b>Zona B</b>	Aree totalmente o parzialmente edificate in cui la superficie coperta è superiore ad 1/8 della sup. fondiaria della zona e la densità territoriale è superiore a 1,5 mc./mq.	60	50
<b>Zona esclusivamente industriale</b>		70	70
<b>Tutto il territorio nazionale</b>		70	60

*- Scelta e taratura del modello di simulazione*

Per definire i valori del clima acustico nella situazione futura è stato necessario effettuare delle simulazioni. Il modello di previsione scelto per questo tipo di analisi è il software commerciale SoundPLAN che permette una visione della simulazione caratterizzata da una scala cromatica associata ai livelli di rumore e di ottenere tabelle numeriche con i livelli di rumore previsti ai vari piani dei singoli edifici ricettori.

Con questo software di simulazione è stato possibile evidenziare per tutti i ricettori considerati l'andamento dei livelli sonori sia diurno che notturno. Ciò costituisce la base di progettazione per sviluppare le eventuali ipotesi di interventi antirumore.

*- Caratterizzazione del clima acustico post operam*

Lo scopo della metodologia utilizzata è quello di calcolare per ciascun ricettore sensibile indagato un livello equivalente diurno e notturno riferito al traffico medio giornaliero e verificare che i valori rispettino i limiti previsti della normativa di riferimento.

*- Valutazione delle tipologie di interventi di mitigazione acustica.*

In funzione dei risultati ottenuti con le simulazioni post operam, laddove i livelli acustici superavano i livelli normativi, sono stati inseriti degli interventi di mitigazione (barriere acustiche) e valutati i livelli post mitigazione.

## 9.1 Normativa di riferimento

### **D.P.C.M. 1° marzo 1991**

Il DPCM 1/3/91 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" si proponeva di stabilire "limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e della esposizione urbana al rumore, in attesa dell'approvazione dei decreti attuativi della legge quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico, che fissi i limiti adeguati al progresso tecnologico ed alle esigenze emerse in sede di prima applicazione del presente decreto".

Con l'approvazione della legge quadro 447/95 tale decreto è stato parzialmente abrogato, ma alcune definizioni sono state riprese dai provvedimenti successivi e restano pertanto valide.

I limiti ammissibili in ambiente esterno vengono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, sulla base di indicatori di natura urbanistica (densità di popolazione, presenza di attività produttive, presenza di infrastrutture di trasporto, ecc.) suddividono il proprio territorio in zone diversamente "sensibili". A tali zone, caratterizzate in termini descrittivi nella Tabella 1 del DPCM (ripresa nella Tabella A del DPCM 14/11/97) sono associati dei valori di livello di rumore limite diurno e notturno espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A (ripresi nella Tabella C del DPCM 14/11/97), corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali. Tale valore è definito livello di rumore ambientale corretto, mentre il livello di fondo in assenza della specifica sorgente è detto livello di rumore residuo.

L'accettabilità del rumore si basa sul rispetto di due criteri distinti: il criterio differenziale e quello assoluto.

**Valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalente (Leq A) relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento. (DPCM 1 marzo 1991)**

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno	Notturmo
I Aree particolarmente protette	50	40
II Aree prevalentemente residenziali	55	45
III Aree di tipo misto	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

### **Criterio differenziale**

E' riferito agli ambienti confinati, per il quale la differenza tra livello di rumore ambientale corretto e livello di rumore residuo non deve superare 5 dBA nel periodo diurno (ore 6:00-22:00) e 3 dBA nel periodo notturno (ore 22:00-6:00). Le misure si intendono effettuate all'interno del locale disturbato a finestre aperte. Il rumore ambientale non deve comunque superare i valori di 60 dBA nel periodo diurno e 45 dBA nel periodo notturno a finestre chiuse. Il rumore ambientale è sempre accettabile se, a finestre chiuse, non si superano i valori di 40 dBA di giorno e 30 dBA di notte.

Non si applica alle infrastrutture lineari di trasporto.

### **Criterio assoluto**

E' riferito agli ambienti esterni, per il quale è necessario verificare che il livello di rumore ambientale corretto non superi i limiti assoluti stabiliti in funzione della destinazione d'uso del territorio e della fascia oraria.

In attesa della zonizzazione del territorio comunale, si applicano per le sorgenti sonore fisse i limiti di accettabilità riportati in Tabella 2.1.2, dove:

- con zona territoriale omogenea «A» il D.M. 1444/68 intende le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale;
- con zona territoriale omogenea «B» il D.M. 1444/68 intende le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate diverse dalle zone A (si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta degli edifici esistenti non sia inferiore al 12.5 % - un ottavo - della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore a 1.5 mc/mq).

**Valori limite di immissione in dB(A) (ex Art. 6 DPCM 1/3/91)**

Classi di destinazione d'uso del territorio	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	diurno (6.00 -22.00)	notturno (22.00 - 6.00)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (ex D.M. 1444/68)	65	55
Zona B (ex D.M. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

**Legge quadro sull'inquinamento acustico**

La legge quadro sull'inquinamento acustico, denominata Legge 26 ottobre 1995, n° 447, non è ancora entrata nella sua piena operatività perché non sono stati completamente pubblicati i regolamenti attuativi.

È la prima legge sul rumore emessa in Italia su iniziativa nazionale, senza il dover aderire ad una direttiva della Unione Europea.

È una legge quadro, ossia senza voler addentrarsi nei particolari giuridici affronta in termini esaustivi un singolo argomento esaurendolo completamente.

Stabilisce in primo luogo le competenze dei vari organi della pubblica amministrazione (Stato, Regioni, Comuni), delinea la figura del tecnico competente, affronta il problema del trasporto pubblico e privato, da sempre escluso dalle varie legislazioni succedutesi negli anni.

Il primo articolo, brevissimo illustra le finalità della legge:

“La presente legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 117 della costituzione.”

Con il secondo si affrontano le definizioni legate alla materia: sono citate solamente quelle nuove o modificate, per le altre si rimanda al D.P.C.M. 1° marzo 1991; è inoltre presente un riferimento al D.Lgs. 277 del 1991 che regola tra l'altro l'esposizione al rumore in ambiente di lavoro.

Infine si fissa la figura del tecnico competente, si dispone la creazione di albi regionali e si fissa il principio della separazione delle attività: chi effettua i controlli non può anche svolgere le attività sulle quali deve essere effettuato il controllo.

**Le competenze dello Stato**

Fra le competenze centrali, un ruolo propulsivo è assegnato al Ministero dell'Ambiente, in raccordo con altri Ministeri tramite lo strumento del “concerto”.

L'art. 3 espone le competenze dello Stato, tra cui:

- La determinazione dei valori definiti nell'articolo 2,
- La definizione della normativa tecnica e della sua applicazione per quanto riguarda i nuovi prodotti,
- La determinazione delle tecniche di rilevamento del rumore,
- Il coordinamento dell'attività di ricerca,
- La determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore e dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti,
- L'indicazione dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti,
- La determinazione dei requisiti dei sistemi di allarme ed antifurto,
- La determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di pubblico intrattenimento,
- l'adozione di piani pluriennali per il contenimento delle emissioni sonore prodotte per lo svolgimento di servizi pubblici essenziali,
- La determinazione dei criteri di misurazione del rumore emesso da aeromobili e imbarcazioni,

- La determinazione dei criteri per la classificazione degli aeroporti, l'adozione di misure per il controllo e la riduzione del rumore, l'individuazione delle aree di rispetto urbanistico, la progettazione e la gestione dei sistemi di monitoraggio,

Tutto ciò doveva essere effettuato entro diciotto mesi dalla data di entrata in vigore della legge con decreti armonizzati con le direttive della U.E. riconosciute dallo Stato italiano.

In particolare, a 7 anni dall'entrata in vigore della L. 447/95 la situazione è la seguente:

- iter avviato e concluso per quindici decreti attuativi, e precisamente:
  1. D. Min. Ambiente 11/12/1996 "Applicazione del criteri differenziale per gli impianti di ciclo continuo"
  2. D.P.C.M. 18/9/1997: "Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante"
  3. D. Min. Ambiente 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale"
  4. D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"
  5. D.P.C.M. 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"
  6. D.P.R. 11/12/1997 n. 496 "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili"
  7. D.P.C.M. 19/12/1997 "Proroga dei termini per l'acquisizione e l'installazione delle apparecchiature di controllo e registrazione nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 settembre 1997.
  8. D. Min. Amb. 16/3/1998 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico"
  9. D.P.C.M. 31/03/1998 "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della legge 26 ottobre 1995, n. 447 «Legge quadro sull'inquinamento acustico»".
  10. D.P.R. 18/11/1998 n. 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'Articolo 11 della L. 447 del 26/10/95 in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario
  11. D.P.C.M. 16/04/1999 n.215 "Regolamento recante norme per la determinazione

dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi".

12. D. Min. Amb. 20/5/1999 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico".
  13. D. Min. Amb. 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".
  14. D.P.R. 3/04/2001 n.304 "Regolamento recante disciplina delle emissioni sonore prodotte nello svolgimento delle attività motoristiche, a norma dell'articolo 11 della legge 26 novembre 1995, n. 447".
  15. D. Min. Amb. 23/11/2001 "Modifiche dell'allegato 2 del decreto ministeriale 29 novembre 2000 - Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore".
- iter avviato dal Ministero Ambiente e in via di conclusione (concerto con il Min. LL.PP.) per il decreto in materia di inquinamento acustico derivante da traffico stradale.

#### **Le competenze delle Regioni**

La legge quadro attribuisce alle regioni una competenza legislativa in materia: le normative regionali, finalizzate a dettare criteri generali e a specificare modalità necessarie per l'esercizio dell'attività amministrativa che costituiscono la base delle zonizzazioni acustiche del territorio e delle analisi previsionali di impatto acustico per le aree a rischio ed i nuovi insediamenti e/o sorgenti di rumore.

L'art. 4 imponeva alle regioni entro il termine di un anno (30 dicembre 1996) di definire con legge:

- I criteri con cui i comuni procedono alla classificazione del proprio territorio prevedendo piani di risanamento nel caso di non omogeneità tra aree confinanti di comuni limitrofi e poteri sostitutivi in caso di inerzia o conflitto tra gli stessi prevedendo inoltre scadenze e sanzioni,

- Le modalità di controllo del rispetto della normativa per la tutela dall'inquinamento acustico all'atto del rilascio di concessioni edilizie e licenze relative a nuovi impianti ed infrastrutture relativi ad attività produttive, sportive, ricreative e "postazioni di servizi commerciali polifunzionali",
- I criteri per l'introduzione da parte dei comuni il cui territorio presenti un rilevante interesse paesaggistico-ambientale e turistico di valori inferiori a quelli validi su tutto il territorio nazionale,
- Le modalità di rilascio delle autorizzazioni comunali per lo svolgimento di attività o manifestazioni temporanee in luogo pubblico o aperto al pubblico qualora queste prevedano macchinari od impianti rumorosi,
- Le competenze delle province,
- L'organizzazione nell'ambito del territorio regionale dei servizi di controllo
- I criteri da seguire per la stesura della documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, modifica o al potenziamento delle opere che ne abbisognano (elencate all'art. 8),
- I criteri per la identificazione delle priorità temporali degli interventi di bonifica acustica del territorio.
- Compito delle regioni è anche la stesura di un piano regionale triennale di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico.

Attualmente non tutte le regioni hanno pubblicato le leggi regionali previste.

#### **Le competenze delle Province**

Sono di competenza delle province (art. 5):

- Funzioni amministrative previste dalla legge per l'ordinamento delle autonomie locali,
- Funzioni eventualmente loro affidate dalle regioni,
- Funzioni di controllo e vigilanza tramite l'agenzia regionale.

#### **Le competenze dei Comuni**

Ai Comuni è stato attribuito il ruolo di ente di riferimento per la prevenzione e il risanamento dell'inquinamento acustico. In base all'art. 6 sono di competenza dei comuni, secondo le leggi statali e regionali e i rispettivi statuti:

- La classificazione del territorio comunale,
- L'adozione dei piani di risanamento di cui all'art. 7,
- Il controllo del rispetto della normativa per la tutela dall'inquinamento acustico all'atto del rilascio di concessioni edilizie e licenze relative a nuovi impianti ed infrastrutture relativi ad attività produttive, sportive, ricreative e "postazioni di servizi commerciali polifunzionali",
- L'adozione di regolamenti per l'attuazione della disciplina statale e regionale per la tutela dall'inquinamento acustico,
- La rilevazione ed il controllo delle emissioni sonore prodotte dai veicoli,
- Le autorizzazioni comunali per lo svolgimento di attività o manifestazioni temporanee in luogo pubblico o aperto al pubblico qualora queste prevedano macchinari od impianti rumorosi.

Inoltre entro un anno i comuni devono adeguare i regolamenti locali di igiene e sanità o di polizia municipale con particolare riferimento al controllo, al contenimento ed all'abbattimento delle emissioni sonore derivanti dalla circolazione degli autoveicoli.

I comuni il cui territorio presenti un rilevante interesse paesaggistico-ambientale e turistico hanno facoltà di introdurre valori inferiori a quelli validi su tutto il territorio nazionale.

Sono fatte salve le azioni espletate dai comuni ai sensi del D.P.C.M. 1° marzo 1991 prima della data di entrata in vigore della presente legge, così come gli interventi di risanamento eseguiti dalle imprese; qualora questi ultimi risultassero inadeguati rispetto ai limiti previsti dalla classificazione del territorio comunale viene concesso il tempo necessario per l'adeguamento.

La zonizzazione del territorio comunale è senza dubbio l'adempimento di maggior rilievo tra quelli previsti, e costituisce la condizione di base per tutti gli adempimenti successivi. I valori limite introdotti dal D.P.C.M. 14/11/97, ad es., sono applicabili esclusivamente in presenza della classificazione del territorio comunale.

#### **Il piano di risanamento acustico**

Nel caso di superamento dei valori di attenzione o di impossibilità di armonizzare aree contigue di comuni limitrofi i comuni provvedono all'adozione di piani di risanamento

acustico, assicurando il coordinamento con il piano urbano del traffico (D.L. 285/1992) e con i piani previsti dalla vigente legislazione in materia ambientale.

I piani di risanamento acustico devono contenere:

- L'individuazione della tipologia ed entità dei rumori presenti, incluse le sorgenti mobili, nelle zone da risanare.
- L'individuazione dei soggetti a cui compete l'intervento.
- L'indicazione delle priorità, delle modalità e dei tempi per il risanamento.
- La stima degli oneri finanziari e dei mezzi necessari.
- Le eventuali misure cautelari a carattere d'urgenza per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

In caso di inerzia del comune ed in presenza di gravi e particolari problemi di inquinamento acustico si provvede all'adozione del piano a cura della regione.

Il piano di risanamento può essere adottato da comuni diversi da quello in cui ha sede la fonte di rumore.

Nei comuni con oltre cinquantamila abitanti la giunta comunale deve presentare al consiglio comunale una relazione biennale sullo stato acustico del comune.

#### **Disposizioni in materia di impatto acustico**

I progetti sottoposti a valutazione dell'impatto ambientale devono essere redatti in conformità alle esigenze di tutela dall'inquinamento acustico delle popolazioni interessate.

Su richiesta dei comuni i soggetti titolari dei progetti o delle opere devono predisporre una documentazione di impatto acustico relativa alla realizzazione, alla modifica o al potenziamento di:

- aeroporti, aviosuperfici, eliporti.
- autostrade, strade extraurbane principali e secondarie, strade urbane di scorrimento e di quartiere, strade locali.
- discoteche.
- circoli privati e pubblici esercizi ove sono installati macchinari o impianti rumorosi.
- impianti sportivi e ricreativi.
- ferrovie ed altri sistemi di trasporto collettivo su rotaia.

È fatto obbligo di produrre una valutazione previsionale del clima acustico delle aree interessate alla realizzazione delle seguenti tipologie di insediamenti:

- scuole ed asili nido.
- ospedali.
- case di cura e di riposo.
- parchi pubblici urbani ed extraurbani.
- nuovi insediamenti residenziali prossimi alle opere di cui alla lista precedente.

Le domande per il rilascio di concessioni edilizie e licenze relative a nuovi impianti ed infrastrutture relativi ad attività produttive, sportive, ricreative e “postazioni di servizi commerciali polifunzionali” devono contenere una documentazione di previsione di impatto acustico.

La domanda di licenza o autorizzazione all'esercizio di attività di cui al punto precedente che si prevede che possano produrre valori di emissione superiori a quelli considerati accettabili dalla presente legge deve contenere l'indicazione delle misure previste per ridurre o eliminare le emissioni sonore causate dall'attività o dagli impianti; la relativa documentazione deve essere inviata all'ufficio competente per l'ambiente del comune ai fini del rilascio del relativo nullaosta.

#### **Ordinanze urgenti**

Qualora sia richiesto da eccezionali ed urgenti necessità di tutela della salute pubblica o dell'ambiente il sindaco, il presidente della provincia, il presidente della giunta regionale, il prefetto, il Ministro dell'ambiente, e il presidente del consiglio dei ministri nell'ambito delle loro rispettive competenze, con provvedimento motivato possono ordinare il ricorso temporaneo a speciali forme di contenimento o di abbattimento delle emissioni sonore, inclusa l'inibitoria parziale o totale di determinate attività.

Nel caso di servizi pubblici essenziali tale facoltà è riservata unicamente al presidente del consiglio dei ministri.

Restano salvi i poteri degli organi dello stato preposti, in base alle leggi vigenti alla tutela della sicurezza pubblica.

#### **Sanzioni amministrative**

Nell'art. 10 si legge: "Fatto salvo quanto previsto dall'art. 659 del codice penale, chiunque non ottempera al provvedimento legittimamente adottato dall'autorità competente è punito con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da L. 2.000.000 a L. 20.000.000".

Chiunque supera i valori limite di emissione e immissione è punito con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da L. 1.000.000 a L. 10.000.000.

La violazione dei regolamenti è punita con la sanzione amministrativa del pagamento di una somma da L. 500.000 a L. 20.000.000.

I gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture ivi comprese le autostrade in caso di superamento dei valori limite hanno l'obbligo di predisporre e presentare al comune entro un anno piani di contenimento ed abbattimento del rumore e sono obbligati ad impegnare una quota non inferiore al 5 per cento dei fondi per la manutenzione ed il potenziamento delle infrastrutture; per l'ANAS questa quota è ridotta all'1,5 per cento.

#### **Regolamenti di attuazione**

Entro un anno dall'entrata in vigore della legge dovevano essere emanati regolamenti di esecuzione, distinti per sorgente sonora relativamente al traffico veicolare marittimo ed aereo e loro infrastrutture.

I regolamenti saranno armonizzati con le direttive U.E. recepite dallo Stato.

Le attività militari sono regolate da comitati misti.

Durante le trasmissioni TV è vietato trasmettere pubblicità a volume più alto dei programmi.

Le regioni possono concedere contributi ai comuni, con precedenza per quelli che hanno presentato il piano di risanamento.

Fino all'adozione dei provvedimenti e regolamenti di competenza statale si applicano, per quanto non in contrasto con la presente legge, le disposizioni contenute nel D.P.C.M. 1° marzo 1991 fatta eccezione per le infrastrutture dei trasporti.

Le imprese devono entro sei mesi dalla classificazione del territorio comunale presentare il piano di risanamento; altrimenti devono adeguarsi ai limiti fissati.

Entro 90 giorni dall'entrata in vigore della legge, inoltre doveva essere emanato un apposito regolamento nel quale fossero individuati gli atti normativi incompatibili con la

legge 447 da ritenersi abrogati con effetto dalla data di entrata in vigore del regolamento medesimo.

#### **D.P.C.M. 14 Novembre 1997**

Il DPCM del 14/11/97 «Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore», pubblicato sulla G.U. n. 280 del 1/12/97, in attuazione alla Legge Quadro sul rumore (Art. 3 Comma 1, lettera a), definisce per ogni classe di destinazione d'uso del territorio (Tabella 1.2.1):

- Valori limite di emissione
- Valori limite di immissione
- Valori di attenzione
- Valori di qualità

Con riferimento alle varie classi di destinazione d'uso vengono individuati i **valori limite di emissione** riportati in Tabella 2.3.2, che fissano il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.

I valori limite si applicano a tutte le aree del territorio circostanti la sorgente di rumore secondo le rispettive classificazioni in zone, non viene specificato l'ambito spaziale di applicabilità del limite essendo evidentemente correlato alla magnitudo della fonte di emissione e alla tipologia di territorio circostante. I rilevamenti e le verifiche sono effettuate in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità.

I limiti indicati non sono applicabili alle fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto in corrispondenza delle quali è compito dei Decreti Attuativi fornire indicazioni.

Per ogni classe di destinazione d'uso del territorio vengono individuati i **valori limite di immissione** riportati in Tabella 2.3.3, cioè il valore massimo assoluto di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente esterno, misurato in prossimità del ricettore.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

Nel caso di infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali e di tutte le altre sorgenti regolate da Regolamenti di Esecuzione di cui all'Art. 11 della 447/95, i limiti non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza. All'esterno delle fasce di rispetto tali sorgenti concorrono viceversa al raggiungimento dei limiti assoluti di rumore.

I **valori limite differenziali di immissione** sono determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo e vengono fissati all'interno degli ambienti abitativi in ragione di

- 5 dB per il periodo diurno (6.00-22.00);
- 3 dB per il periodo notturno (22.00-6.00).

Tali valori non si applicano

- nelle aree classificate nella classe VI;
- se il rumore ambientale a finestre aperte sia inferiore a 50 dBA di giorno e 40 dBA di notte;
- se il rumore ambientale a finestre chiuse sia inferiore a 35 dBA di giorno e 25 dBA di notte;
- al rumore da infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;
- al rumore da attività da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;
- al rumore da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

Il rumore ambientale è il livello equivalente continuo di pressione sonora ponderato A prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. In pratica è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalla specifica sorgente disturbante.

Il rumore residuo è il livello equivalente continuo di pressione sonora ponderato A che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti.

**Classi di zonizzazione acustica del territorio (ex Art. 1 DPCM 14/11/97 - Tab. A)**

<b>CLASSE I</b> <b>Aree particolarmente protette</b>
Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
<b>CLASSE II</b> <b>Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale</b>
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali
<b>CLASSE III</b> <b>Aree di tipo misto</b>
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici
<b>CLASSE IV</b> <b>Aree di intensa attività umana</b>
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.
<b>CLASSE V</b> <b>Aree prevalentemente industriali</b>
Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
<b>CLASSE VI</b> <b>Aree esclusivamente industriali</b>
Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
 Progetto Preliminare  
 Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

**Valori limite di emissione in dB(A) (ex Art. 2 DPCM 14/11/97 - Tab. B)**

Classe di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	diurno (6.00 -22.00)	notturno (22.00 -6.00)
I: aree particolarmente protette	45	35
II: aree prevalentemente residenziali	50	40
III: aree di tipo misto	55	45
IV: aree di intensa attività umana	60	50
V: aree prevalentemente industriali	65	55
VI: aree esclusivamente industriali	65	65

**Valori limite di immissione in dB(A) (ex Art. 3 DPCM 14/11/97 - Tab. C)**

Classe di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	diurno (6.00 -22.00)	notturno (22.00 - 6.00)
I: aree particolarmente protette	50	40
II: aree prevalentemente residenziali	55	45
III: aree di tipo misto	60	50
IV: aree di intensa attività umana	65	55
V: aree prevalentemente industriali	70	60
VI: aree esclusivamente industriali	70	70

I **valori di attenzione** rappresentano il livello di rumore che segnala la presenza di un potenziale di rischio per la salute umana o per l'ambiente:

- se riferiti a 1 ora sono uguali ai valori di immissione aumentati di 10 dB(A) per il giorno e di 5 dB(A) per la notte;
- se relativi all'intero tempo di riferimento sono uguali ai valori di immissione.

I valori di attenzione non si applicano alle fasce territoriali di pertinenza delle infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime e aeroportuali.

Con riferimento alle varie classi di destinazione d'uso vengono infine individuati i **valori di qualità** riportati in Tabella 2.3.4. Essi rappresentano i livelli di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla Legge Quadro.

**Valori di qualità in dB(A) (ex Art. 7 DPCM 14/11/97 - Tab. D)**

Classe di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	diurno (6.00 -22.00)	notturno (22.00 -6.00)
I: aree particolarmente protette	47	37
II: aree prevalentemente residenziali	52	42
III: aree di tipo misto	57	47
IV: aree di intensa attività umana	62	52
V: aree prevalentemente industriali	67	57
VI: aree esclusivamente industriali	70	70

In attesa che i comuni provvedano alla zonizzazione acustica e all'adozione del piano di risanamento (e agli altri adempimenti previsti dall'Art. 6 L.447/95), l'Art. 8 Comma 1 del DPCM 14/11/97 conferma l'applicabilità dei limiti di cui all'Art. 6 del DPCM 1/3/91 (Tabella 2.1.2).

**DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 30 marzo 2004, n. 142**

**Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.**

Articolo 1 (Definizioni)

1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto si intende per:

- a) infrastruttura stradale: l'insieme della superficie stradale, delle strutture e degli impianti di competenza dell'ente proprietario, concessionario o gestore necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza della strada stessa;
- b) infrastruttura stradale esistente: quella effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale è stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- c) infrastruttura stradale di nuova realizzazione: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del presente decreto e comunque non ricadente nella lettera b);
- d) ampliamento in sede di infrastruttura stradale in esercizio: la costruzione di una o più corsie in affiancamento a quelle esistenti, ove destinate al traffico veicolare;
- e) affiancamento di infrastrutture stradali di nuova realizzazione a infrastrutture stradali esistenti: realizzazione di infrastrutture parallele a infrastrutture esistenti o confluenti, tra le quali non esistono aree intercluse non di pertinenza delle infrastrutture stradali stesse;
- f) confine stradale: limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato; in mancanza, il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, ove esistenti, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea, secondo quanto disposto dall'articolo 3 del decreto legislativo n. 285 del 1992 e successive modificazioni;
- g) sede stradale: superficie compresa entro i confini stradali, secondo quanto disposto dall'articolo 3 del decreto legislativo n. 285 del 1992 e successive modificazioni;
- h) variante: costruzione di un nuovo tratto stradale in sostituzione di uno esistente, fuori sede, con uno sviluppo complessivo inferiore a 5 km per autostrade e strade extraurbane principali, 2 km per strade extraurbane secondarie ed 1 km per le tratte autostradali di attraversamento urbano, le tangenziali e le strade urbane di scorrimento;

i) ambiente abitativo: ogni ambiente interno, ad un edificio, destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al decreto legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne a locali in cui si svolgono le attività produttive;

l) ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera b), ovvero vigenti alla, data di entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera a);

m) centro abitato: insieme di edifici, delimitato lungo le vie d'accesso dagli appositi segnali di inizio e fine. Per insieme di edifici si intende un raggruppamento continuo, ancorché intervallato da strade, piazze, giardini o simili, costituito da non meno di venticinque fabbricati e da aree di uso pubblico con accessi veicolari o pedonali sulla strada, secondo quanto disposto dall'articolo 3 del decreto legislativo n. 285 del 1992 e successive modificazioni;

n) fascia di pertinenza acustica: striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale, per ciascun lato dell'infrastruttura, a partire dal confine stradale, per la quale il presente decreto stabilisce i limiti di immissione del rumore.

Articolo 2 (Campo di applicazione)

1. Il presente decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture stradali di cui al comma 2.

2. Le infrastrutture stradali sono definite dall'articolo 2 del decreto legislativo del 30 aprile 1992, n. 285, e successive modifiche, nonché dall'allegato 1 al presente decreto:

- A. autostrade;
- B. strade extraurbane principali;
- C. strade extraurbane secondarie;

D. strade urbane di scorrimento;

E. strade urbane di quartiere;

F. strade locali.

3. Le disposizioni di cui al presente decreto si applicano:

a) alle infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;

b) alle infrastrutture di nuova realizzazione.

4. Alle infrastrutture di cui al comma 2 non si applica il disposto degli articoli 2, 6 e 7 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997.

5. I valori limite di immissione stabiliti dal presente decreto sono verificati, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione, in conformità a quanto disposto dal decreto del Ministro dell'ambiente del 16 marzo 1998 e devono essere riferiti al solo rumore prodotto dalle infrastrutture stradali.

#### Articolo 3 (Fascia di pertinenza acustica)

1. Per le infrastrutture stradali di tipo A, B, C, D, E ed F, le rispettive fasce territoriali di pertinenza acustica sono fissate come dall'allegato 1. tabelle 1 e 2.

2. Nel caso di fasce divise in due parti si dovrà considerare una prima parte più vicina all'infrastruttura denominata fascia A ed una seconda più distante denominata fascia B.

3. Nel caso di realizzazione di nuove infrastrutture, in affiancamento ad una esistente, la fascia di pertinenza acustica si calcola a partire dal confine dell'infrastruttura preesistente.

#### Articolo 4 (Limiti di immissione per infrastrutture stradali di nuova realizzazione)

1. Il presente articolo si applica alle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, lettera b).

2. Per le infrastrutture di cui al comma 1 il proponente individua i corridoi progettuali che possano garantire la migliore tutela dei ricettori presenti all'interno della fascia di studio di ampiezza pari a quella di pertinenza, estesa ad una dimensione doppia in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo.

3. Le infrastrutture di cui al comma 1, rispettano i valori limite di immissione fissati dall'allegato 1, tabella I.

#### Articolo 5 (Limiti di immissione per infrastrutture stradali esistenti)

1. Il presente articolo si applica alle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, lettera a), per le quali si applicano i valori fissati dall'allegato 1, tabella 2.

2. I valori limite di immissione di cui al comma 1, devono essere conseguiti mediante l'attività pluriennale di risanamento di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 29 novembre 2000, con l'esclusione delle infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento di infrastrutture esistenti e delle varianti di infrastrutture esistenti per le quali tali valori limite si applicano a partire dalla data di entrata in vigore del presente decreto, fermo restando che il relativo impegno economico per le opere di mitigazione è da computarsi nell'insieme degli interventi effettuati nell'anno di riferimento del gestore.

3. In via prioritaria l'attività pluriennale di risanamento dovrà essere attuata all'interno dell'intera fascia di pertinenza acustica per quanto riguarda scuole, ospedali, case di cura e case di riposo e, per quanto riguarda tutti gli altri ricettori, all'interno della fascia più vicina all'infrastruttura, con le modalità di cui all'articolo 3, comma 1, lettera i), e dall'articolo 10, comma 5, della legge 26 ottobre 1995, n. 447. All'esterno della fascia più vicina all'infrastruttura, le rimanenti attività di risanamento dovranno essere armonizzate con i piani di cui all'articolo 7 della legge n. 447 del 1995.

#### Articolo 6 (Interventi per il rispetto dei limiti)

1. Per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, il rispetto dei valori riportati dall'allegato 1 e, al di fuori della fascia di pertinenza acustica, il rispetto dei valori stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, è verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori.

2. Qualora i valori limite per le infrastrutture di cui al comma 1, ed i valori limite al di fuori della fascia di pertinenza, stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

a) 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;

b) 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;

c) 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

3. I valori di cui al comma 2 sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento.

4. Per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica di cui all'articolo 3, devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

#### Articolo 7 (Interventi diretti sul ricettore)

1. Per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, gli interventi di cui all'articolo 6, comma 2, sono attuati sulla base di linee guida predisposte dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con i Ministri della salute e delle infrastrutture e dei trasporti.

#### Articolo 8 (Interventi di risanamento acustico a carico del titolare)

1. In caso di infrastrutture di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), gli interventi per il rispetto dei limiti di cui agli articoli 5 e 6 sono a carico del titolare della concessione edilizia o del permesso di costruire, se rilasciata dopo la data di entrata in vigore del presente decreto.

2. In caso di infrastrutture di cui all'articolo 1, comma 1, lettere c), d), e) ed h), gli interventi per il rispetto dei propri limiti di cui agli articoli 4, 5 e 6 sono a carico del titolare della concessione edilizia o del permesso di costruire, se rilasciata dopo la data di approvazione del progetto definitivo dell'infrastruttura stradale per la parte eccedente l'intervento di mitigazione previsto a salvaguardia di eventuali aree territoriali edificabili di cui all'articolo 1 comma 1, lettera l), necessario ad assicurare il rispetto dei limiti di immissione ad una altezza di 4 metri dal piano di campagna.

#### Articolo 9 (Verifica dei limiti di emissione degli autoveicoli)

1. Fermo restando quanto stabilito dalle norme nazionali e comunitarie in materia di sicurezza e di emissioni sonore, gli autoveicoli sono sottoposti a verifica, secondo le disposizioni di cui all'articolo 80 del decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285, e

successive modifiche, per accertarne la rispondenza alla certificazione di omologazione ai fini acustici.

#### Articolo 10 (Monitoraggio)

1. I sistemi di monitoraggio per il rilevamento dell'inquinamento da rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stradali devono essere realizzati in conformità alle direttive impartite dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, sentito il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ai sensi dell'articolo 227 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285.

2. Per i sistemi di cui al comma 1, i gestori provvederanno sulla base dei compiti istituzionali avvalendosi degli ordinari stanziamenti di bilancio.

#### Articolo 11 (Disposizioni finali)

1. Ai fini della valutazione degli interventi di risanamento di cui all'allegato 1 del decreto del Ministro dell'ambiente del 29 novembre 2000, sono da considerare anche gli interventi di risanamento acustico effettuati alla data di entrata in vigore del presente decreto.

2. Sono fatte salve le prescrizioni inserite nei provvedimenti di approvazione di progetti definitivi, qualora più restrittive dei limiti previsti, antecedenti alla data di entrata in vigore del presente decreto.

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
 Progetto Preliminare  
 Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

**Allegato 1**  
**Tab. 1**  
(strade di nuova realizzazione)

TIPO DI STRADA (secondo Codice della Strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo D.M. 8.11.91- Norme funz. e geom. per la costruzione delle strade)	Amplezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
A - autostrada		250	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 5, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995.			
F - locale		30				

\* per le scuole vale il solo limite diurno

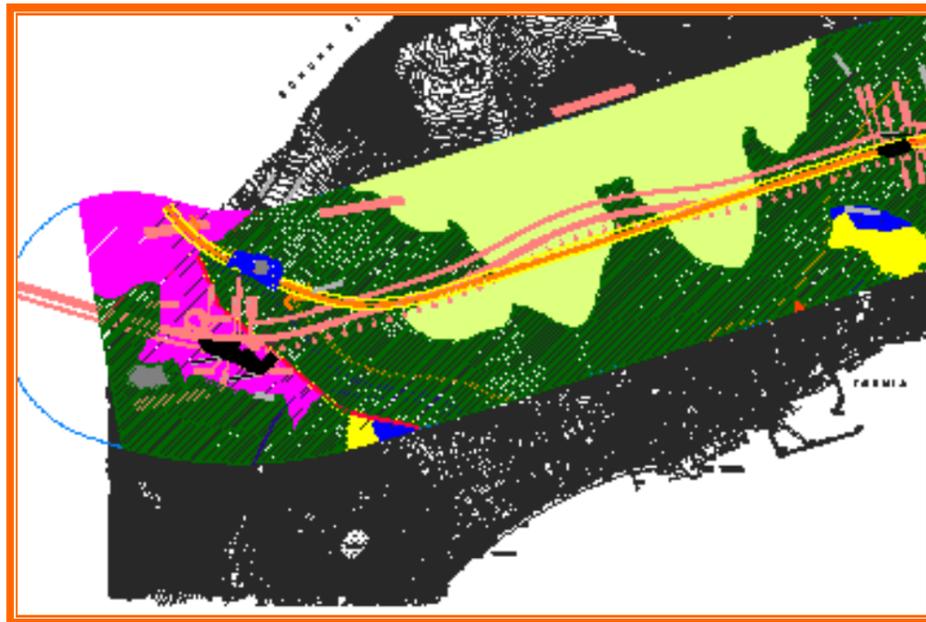
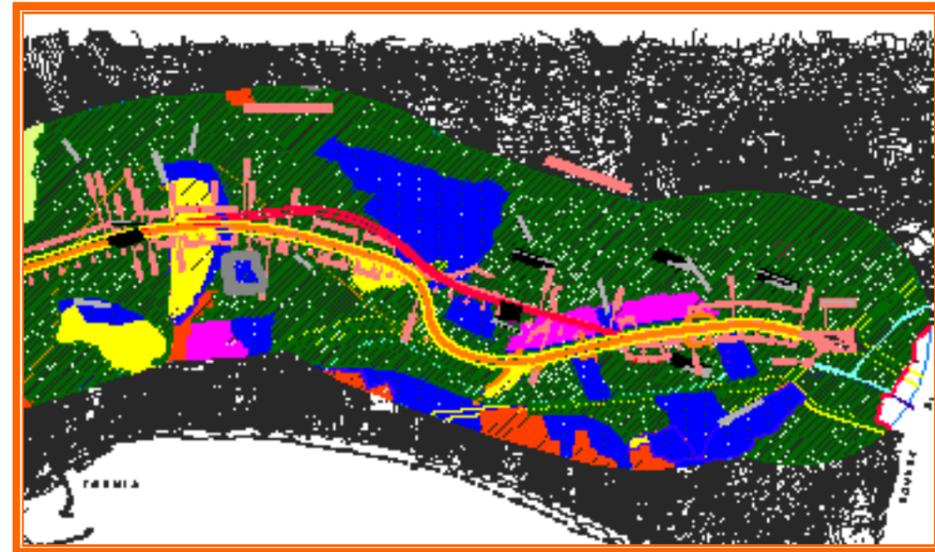
**Tab. 2**  
(STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI)  
(ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti)

TIPO DI STRADA (secondo Codice della Strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo Norme CNR 1980 e direttive PUT)	Amplezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E - urbana di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995.			
F - locale		30				

\* per le scuole vale il solo limite diurno

Di seguito si riportano degli stralci planimetrici della Carta del mosaico dei piani regolatori comunali dai quali si possono evincere i limiti normativi previsti, in attesa di zonizzazione acustica. Per eventuali approfondimenti sull’assetto pianificato del territorio è possibile consultare le tavole del Mosaico dei Piani Regolatori allegate al Quadro di Riferimento Programmatico.

LEGENDA	
	ZONA A – Centro storico
	ZONA B – Residenziale di completamento
	ZONA C – Residenziale di espansione
	ZONA D – Insediamenti industriali
	ZONA E – Area agricole
	ZONA F – Sante
	PERIMETRO PIANO PARTICOLAREGGIATO
	PIANO DI ZONA
	PRUSST
	COMPENDIO SILVO-PASTORALE
	ZONA SOGGETTA A VINCOLO ARCHEOLOGICO
	PERTINENZA FERROVIARIA
	RISPETTO STRADALE
	METROPOLITANA
	VARIANTE DI PROGETTO (DA PRG)
	VARIANTE DI PROGETTO DA PRG (Progetto Variante Appia 1988 con fascia di rispetto 50 m)
RISPETTO CIMITERIALE	
	CIMITERO ESISTENTE
	AREA DI RISPETTO CIMITERIALE
	CIMITERO PREVISTO DA P.U.C.
	CONFINE COMUNALE
	CORRIDOIO DI STUDIO (2 KM)
	TRACCIATO DI PROGETTO
	ALTERNATIVA DI TRACCIATO
	CANTIERI BASE E CANTIERI INDUSTRIALI



## 9.2 Misura dell'impatto acustico

### 9.2.1 La misura del rumore

I fenomeni sonori possono dividersi in suoni propriamente detti e rumori. Possiamo definire i suoni come i fenomeni acustici gradevoli, mentre per rumori si intendono quelli fastidiosi e pericolosi. Sia i suoni che i rumori sono prodotti dalle vibrazioni dei corpi (sorgenti sonore), che si trasmettono ad un mezzo elastico e che possono essere rilevate da un ricevitore. La sensazione sonora è provocata da una serie di variazioni di pressione atmosferica che si verificano con velocità sufficiente perché possano essere percepite dall'orecchio.

Il numero di variazioni di pressione in 1 secondo è detto frequenza del rumore e si misura in Hertz (Hz) (Hz = n° di variazioni di pressione/s).

Nel caso dell'orecchio la superficie ricevente è il timpano costituito essenzialmente da una membrana, le cui vibrazioni vengono trasmesse al cervello che le traduce in "sensazione uditiva".

Affinché un suono possa essere udito dall'uomo bisogna che abbia due prerogative:

- L'energia sonora deve avere un livello di intensità compreso tra un minimo, al quale si dà il nome di soglia di udibilità, ed un massimo, oltre il quale la troppa intensità sonora produce una sensazione dolorosa detta soglia del dolore.
- La sua frequenza deve essere compresa fra due frequenze limite: quella inferiore pari a 16 Hz e quella superiore di 16.000 Hz. Oltre tali frequenze si hanno gli ultrasuoni, per i quali l'orecchio umano non è sensibile, mentre al di sotto dei 16 Hz non esiste suono udibile ma "infrasuoni" o vibrazioni meccaniche.

Il comportamento dell'orecchio umano nei riguardi del suono non è lineare; infatti la sensazione sonora varia con la frequenza con cui il suono viene emesso e la variabilità dipende inoltre dal livello della pressione sonora. Si può affermare, anche se in maniera approssimativa, che l'orecchio umano è poco sensibile ai suoni di basse frequenze (inferiori a 200 Hz) e più sensibile ai suoni di frequenze medie (1.000÷4.000 Hz).

Il campo dinamico dell'udito umano è molto ampio; infatti il rapporto tra l'intensità sonora della soglia del dolore e l'intensità della soglia di udibilità è pari a 10<sup>14</sup>:1. Quindi, per la valutazione dell'intensità sonora, poiché l'impiego di una scala così ampia non è facile e poiché l'orecchio umano non ha una risposta acustica lineare, è stata introdotta una scala logaritmica: la scala in deciBel (dB).

Il deciBel è definito come:

$$dB = 20 \log_{10} \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

dove:

P= è il valore della pressione sonora, Pascal;

P<sub>0</sub>= è il valore di riferimento, convenzionalmente fissato a 20 µPa, ed è il valore più piccolo della pressione in grado di produrre, alla frequenza di 1.000 Hz, una sensazione sonora in un orecchio normale.

Un evento sonoro viene caratterizzato dallo spettro acustico, che costituisce l'insieme dei dati che rappresentano la distribuzione del livello di pressione acustica fra le diverse componenti sonore alle differenti frequenze. Si ricorre alla rappresentazione grafica, riportando in ascisse, in scala logaritmica, le frequenze delle singole componenti parziali della sorgente sonora, e in ordinate il livello di pressione acustica.

I rumori possono essere continui quando il fenomeno sonoro si prolunga nel tempo, discontinui se subisce interruzione.

In funzione delle variazioni nel tempo del livello sonoro, i rumori possono essere distinti in:

- Rumore stazionario: rumore che presenta fluttuazioni trascurabili durante il periodo di osservazione (< ± 2.5 dB(A));
- Rumore non stazionario: rumore che presenta sensibili fluttuazioni durante il periodo di osservazione (> ± 2.5 dB(A));
- Rumore fluttuante (non stazionario): rumore il cui livello varia in modo continuo durante il periodo di osservazione e non presenta carattere impulsivo;
- Rumore intermittente (non stazionario): rumore il cui livello diminuisce bruscamente fino a raggiungere il livello del rumore di fondo e questo più volte durante il periodo di osservazione;
- Rumore impulsivo (non stazionario): rumore consistente in uno o più impulsi di energia sonora, ogni impulso avendo una durata minore di circa 1 s.

La misura del rumore viene effettuata con uno strumento di precisione, le cui caratteristiche corrispondono a norme nazionali ed internazionali (in Italia le norme CEI 29/xx), chiamato fonometro.

Il fonometro è lo strumento più utilizzato per la misura dell'ampiezza dei suoni in maniera obiettiva e riproducibile; il nome dello strumento non deve trarre in inganno, non si tratta infatti di un misuratore di Phon, che è l'unità di misura del livello della sonorità (loudness level), ma di un misuratore del livello di pressione sonora come spiega più efficacemente il suo nome in inglese: Sound Level Meter.

Il fonometro può essere di due tipi, analogico o digitale; oggi si producono unicamente fonometri digitali, ma essendo questo tipo di strumenti affidabile nel tempo e costoso da sostituire è comune trovare ancora in uso strumentazione completamente analogica.

Ogni fonometro è composto da un microfono, un preamplificatore, un circuito di pesatura dove sono inserite delle curve di ponderazione definite da standard internazionali da applicare al segnale in ingresso, un filtro (od un banco di filtri nei fonometri più recenti e

costosi) per dividere il segnale in bande di frequenza più o meno strette, un amplificatore, un rivelatore di valore efficace (RMS) cui fa capo un circuito contenente più costanti di tempo ed infine le uscite: una o più uscite propriamente dette, un circuito di memorizzazione ed un display alfanumerico. Dal punto di vista metrologico i fonometri devono attenersi a determinate normative, tra queste le principali sono la IEC 651-1979, la IEC 804-1985 e la ANSI S1.4-1983.

Queste stabiliscono differenti classi di precisione:

Classe 0 Strumenti da laboratorio.

Classe 1 Strumenti di precisione (per misure in campo ed in laboratorio).

Classe 2 Strumenti idonei a misure in campo generiche.

Classe 3 strumenti per monitoraggio (esiste solo per IEC 651).

Il fonometro fornisce una misura oggettiva del valore delle variazioni di pressione acustica rispetto alla pressione ambientale indisturbata e non può valutare direttamente il grado di disturbo soggettivo di differenti rumori o dello stesso rumore rispetto a differenti osservatori.

Per far ciò si utilizza un circuito elettronico dove la sensibilità varia con la frequenza simulando il comportamento dell'orecchio umano normale: una curva di ponderazione.

Esistono più curve di ponderazione stabilite dallo I.E.C., tre di esse, le curve A B C riproducono le differenti risposte dell'orecchio a segnali di differente ampiezza: da 0 a 45 dB per la A, da 45 a 75 per la B, ed oltre 75 dB per la C.

Dato che la loro applicazione modifica fortemente il segnale trasmesso, si può comprendere facilmente la grande difficoltà di applicazione che esse presentano.

Con gli anni e la necessità di far condurre misure di rumore anche a personale non particolarmente addestrato, due di esse, quelle relative ai segnali di ampiezza più elevata (B e C) sono cadute in disuso per cui ora si adopera in ogni caso la sola curva A commettendo un errore di approssimazione crescente con il crescere del livello del segnale in ingresso, principalmente nelle basse frequenze.

Oltre a queste curve esistono anche la curva LIN, che è una curva "All pass" che viene utilizzata quando non interessa conoscere il segnale udibile, ma quello effettivamente presente ove si effettua la misura; e la curva D che è stata creata con l'intento di

riprodurre il fastidio delle persone per il rumore dei jet e viene utilizzata per misure di valutazione del rumore aeroportuale.

Il fonometro fornisce livelli della pressione sonora se utilizzato in posizione Lin, mentre fornisce livelli sonori se utilizzato con una curva di pesatura, nella fattispecie la curva A.

Nella maggior parte dei casi il rumore inteso come segnale che si deve misurare non è costante, ma fluttuante.

Al fine di misurarne il valore correttamente, le variazioni devono essere seguite il più fedelmente possibile; a tal fine occorre poter variare la risposta dello strumento.

Il rivelatore di RMS ha generalmente quattro costanti di tempo integrate il cui utilizzo è regolato dalle normative sulle modalità di misura:

la costante SLOW (1 secondo) è la più adoperata in quanto consentiva sugli strumenti con indicazione ad ago di riuscire, interpretando le oscillazioni dello stesso a stabilire il valore del livello di uscita con minori ambiguità.

La costante FAST (125 millisecondi) che sugli strumenti ad ago dava oscillazioni esagerate ed impediva sovente una lettura agevole, sui moderni fonometri integratori consente una maggiore precisione nell'analisi automatica del segnale, coincide con il tempo di integrazione dell'orecchio umano che è di circa 100 millisecondi, fornendo così un'informazione dell'evolversi della sonorità secondo l'esperienza soggettiva.

La costante IMPULSE ha la caratteristica di avere un tempo di salita estremamente rapido, (35 ms, il tempo tipico di uno sparo) ed un lungo decadimento, caratterizzato da una velocità di 3 dB/s per poter rappresentare l'effetto dei rumori impulsivi sull'orecchio umano che non è adeguatamente mostrato dalle costanti SLOW e FAST.

Questo avviene perché un suono di breve durata viene percepito a livello di sensazione sonora come più basso di uno, analogo come livello, ma di durata più lunga; pur essendo invece, più pericoloso non avendo il tempo l'organismo di approntare le necessarie difese interne.

La costante PEAK (35 ms) dà il valore massimo raggiunto dal segnale nel periodo di misura e lo mantiene memorizzato per una successiva lettura.

Essendo quella sonora una forma di energia, il suo potenziale nocivo non risiede solo nel suo livello, ma anche nella sua durata.

In presenza di suoni variabili nel tempo, il suono può essere campionato durante un periodo di tempo detto intervallo di campionamento, in maniera sistematica e continuativa.

Dall'analisi di questi campioni effettuata in opportuni fonometri detti fonometri integratori si ottiene come risultato un valore unico che tiene conto di tutto ciò che è avvenuto dal punto di vista acustico durante l'intervallo di campionamento.

Questo valore prende il nome di livello (acustico) continuo equivalente o  $Leq$  ed ha il medesimo contenuto di energia e conseguentemente il medesimo potenziale nocivo per l'udito del livello acustico fluttuante.

Il  $Leq$  viene utilizzato ogniqualvolta è necessario conoscere il livello di rumore in un determinato punto di misura: è diventato praticamente indispensabile per poter effettuare misure affidabili ed è definito dalla seguente formula:

$$Leq = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \left[ \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt \right]$$

Dove  $P(t)$  è la pressione istantanea,  $P_0$  è la pressione di riferimento,  $20 \mu Pa$ ,  $T$  è il tempo di misura.

Un altro parametro generato dal circuito integratore è il SEL, o livello di esposizione sonora, che è un parametro in grado di tenere conto oltre che della variabilità in livello di un segnale anche della sua durata temporale, permettendo così di confrontare fenomeni di durata diversa e con diversi livelli e di ottenerne una valutazione univoca della pericolosità.

Il SEL è definito dalla seguente formula:

$$SEL = 10 \log_{10} \frac{1}{T_0} \left[ \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt \right]$$

dove i termini hanno il medesimo significato di quelli dell'equazione precedente a parte  $T_0$  che è il tempo standard pari ad un secondo.

Alcuni fonometri dispongono inoltre di un analizzatore statistico, questo apparato fornisce una analisi statistica delle variazioni del livello sonoro.

Questa appare come una serie, generalmente definibile dall'utente (almeno parzialmente) di valori indicati con  $L_n$  o livelli percentili, dove  $n$  è un numero da 1 a 99 e

sta ad indicare la percentuale temporale del periodo di misura durante la quale un determinato valore è stato superato: ad esempio avere un  $L_{50}$  di 75,4 dBA vuol dire che il valore superato per il 50% del tempo di misura.

I livelli percentili hanno importanza in quanto vengono utilizzati come indicatori di fenomeni acustici: ad esempio il percentile  $L_{10}$  viene utilizzato come indicatore del rumore da traffico ferroviario, in quanto è strettamente correlato con il livello equivalente generato dal traffico da tale sorgente, il percentile  $L_{50}$  viene utilizzato come indicatore del rumore da traffico veicolare, in quanto è analogamente strettamente correlato con il livello equivalente generato dal traffico veicolare.

### 9.2.2 Caratterizzazione acustica del rumore da traffico veicolare

Il rumore da traffico è il risultato del contributo di diverse sorgenti sonore, i veicoli. In particolare si possono distinguere rumori prodotti da:

- motore;
- impianto di aspirazione e scarico;
- trasmissione;
- impianto di raffreddamento;
- contatto ruota - pavimentazione;
- moto del veicolo in marcia (rollio, vibrazioni).

La rumorosità prodotta dal motore è composta dal rumore di combustione (componente principale nei motori diesel, mentre di solito non è rilevante nei motori a benzina) e dal rumore meccanico, dovuto agli organi di distribuzione, manovellismo ed in generale al movimento delle parti, e dipende quindi dalle caratteristiche costruttive del motore.

Il rumore di aspirazione e di scarico è provocato dal passaggio intermittente di gas nei relativi condotti e dalle perturbazioni che ne seguono; occorre osservare che la rumorosità dello scarico in genere non è rilevante, poiché è agevole per i costruttori ridurla mediante adeguati silenziatori (marmitta).

Il rumore prodotto dalla trasmissione non è in genere di rilevante importanza fatta eccezione per i veicoli dotati di motori molto silenziosi, oppure nel caso di organi di trasmissione usurati o con notevoli difetti di ingranamento.

La rumorosità dell'impianto di raffreddamento è usualmente avvertibile all'interno dell'abitacolo ma non all'esterno durante il passaggio del veicolo; diviene rilevante

soltanto nel caso di veicoli incolonnati in ingorgo, nel qual caso lo spettro di rumorosità si incrementa soprattutto alle alte frequenze.

Il rumore di rotolamento dei pneumatici diviene la fonte di rumorosità principale alle alte velocità (eccetto per i grandi automezzi pesanti) e cresce in genere con l'usura. Anche il tipo e le condizioni della pavimentazione influenzano notevolmente il rumore da rotolamento: la presenza di acqua sull'asfalto ad esempio porta ad un notevole incremento di rumorosità, soprattutto alle alte frequenze.

In generale si può affermare che a bassa velocità prevale il rumore del motore, mentre ad alta velocità diviene importante anche il rotolamento.

Le condizioni di circolazione possono modificare notevolmente la forma dello spettro del rumore da traffico stradale, dominato comunque dalle basse frequenze.

La rumorosità indotta in un sito dal traffico stradale, espressa in Livello Equivalente Continuo Ponderato A, dipende da due classi di parametri: la distribuzione temporale dei veicoli (nelle varie ore del giorno e al variare del giorno della settimana) e le caratteristiche di circolazione del luogo (rettilineo, curva, presenza di incroci o semafori, pendenza della strada, ecc.). In sostanza il Livello Equivalente è correlato alla portata oraria della strada ed alla velocità media dei veicoli. Inoltre per ogni tipo di strada esiste una correlazione fra velocità e portata oraria: la velocità generalmente decresce al crescere della portata oraria fino alla saturazione (portata massima) dopodiché si verifica una proporzionalità diretta fra portata e velocità (in queste condizioni la distanza fra i veicoli diviene costante).

Una distinzione immediata per caratterizzare le sorgenti di rumore si può fare in base al peso, definendo traffico leggero quello causato da veicoli di peso fino a 3500 Kg e traffico pesante quello caratterizzato da un peso superiore.

Gli spettri di emissione di queste sorgenti sono piuttosto differenti: in tutti e due gli spettri si riscontra la presenza di una doppia dominante, ma c'è una prevalenza di basse frequenze nel traffico pesante e di alte nel traffico leggero.

In quest'ultimo caso, infatti assume particolare importanza oltre al rumore del motore, anche il rumore causato dal rotolamento dei pneumatici sull'asfalto ed il rumore aerodinamico legato all'attrito dell'aria contro le superfici del veicolo, in special modo le parti superiori del cofano e dell'abitacolo e gli specchietti retrovisori esterni.

Il rumore complessivamente emesso dalla strada verso le zone laterali dipende quindi in maniera rilevante dalla composizione veicolare del traffico: bastano percentuali basse di veicoli pesanti per far sì che il loro rumore domini completamente lo spettro.

Occorre aggiungere che le componenti in alta frequenza risultano meno importanti nell'analisi del rumore da traffico perché decadono più rapidamente con la distanza rispetto alle basse frequenze.

Ulteriori elementi di valutazione sono: la velocità di avanzamento dei veicoli che influenza in maniera lineare i livelli di rumore, la scorrevolezza del traffico ed infine lo stile di guida dei mezzi.

Nel percorso stradale quest'ultimo fattore si manifesta particolarmente nel caso di variazioni altimetriche e/o di percorsi tortuosi.

### 9.2.3 Cenni sulla propagazione

Nella propagazione del suono avvengono più fenomeni che contemporaneamente provocano l'abbassamento del livello di pressione sonora e la modifica dello spettro in frequenza.

Principale responsabile dell'abbassamento del livello di pressione sonora è la divergenza del campo acustico, che porta in campo libero (propagazione sferica) ad una riduzione di un fattore quattro dell'intensità sonora (energia per secondo per unità di area) per ogni raddoppio della distanza.

Di minore importanza, ma capace di grandi effetti su grandi distanze, è l'assorbimento dovuto all'aria, che dipende però fortemente dalla frequenza e dalle condizioni meteorologiche (principalmente dalla temperatura e dall'umidità).

Vi sono poi da considerare l'assorbimento da parte del terreno, differente a seconda della morfologia (suolo, copertura vegetativa e altimetria) dell'area in analisi, inoltre l'effetto dei gradienti di temperatura, della velocità del vento ed effetti schermanti vari causati da strutture naturali e create dall'uomo.

La differente attenuazione delle varie frequenze costituenti il rumore da parte dei fattori citati e la contemporanea tendenza all'equipartizione dell'energia sonora tra le stesse portano ad una modifica dello spettro sonoro "continua" all'aumentare della distanza da una sorgente, specialmente se questa è complessa ed estesa come una struttura stradale.

#### 9.2.4 Influenza dell'orografia sulla propagazione sonora

La presenza di ostacoli modifica la propagazione teorica delle onde sonore generando sia un effetto di schermo e riflessione, sia un effetto di diffrazione, ovvero di instaurazione di una sorgente secondaria.

Quindi, come è nell'esperienza di tutti, colli o, in alcuni casi, semplici dossi o trincee sono in grado di limitare sensibilmente la propagazione del rumore, o comunque di variarne le caratteristiche.

Tale attenuazione aumenta al crescere della dimensione dell'ostacolo e del rapporto tra dimensione dell'ostacolo e la distanza di questo dal ricettore; in particolare le metodologie di analisi più diffuse utilizzano il cosiddetto "numero di Fresnel" che prende in considerazione come parametri la lunghezza d'onda del suono e la differenza del cammino percorso dall'onda sonora in presenza o meno dell'ostacolo.

Infine si segnala tra gli altri, il fenomeno della concentrazione dell'energia sonora che può essere determinato da riflessioni multiple su ostacoli poco fonoassorbenti.

Tipicamente tale fenomeno può creare un effetto di amplificazione con le sorgenti poste nelle gole.

#### 9.2.5 Effetti del rumore sulla popolazione

Numerose ricerche hanno evidenziato che il rumore prodotto dai mezzi di trasporto può avere effetti negativi non solo sugli operatori e sugli utenti, ma anche sulle popolazioni che vivono in prossimità di strade, ferrovie, aeroporti.

Il confine che separa effetti propriamente sanitari (danno) ed effetti di natura socio-psicologica (disturbo, annoyance) non è nettamente stabilito, anche se studi condotti da Cosa e Nicoli (cfr. M. COSA, "Il rumore urbano e industriale", Istituto italiano di medicina sociale, 1980), definiscono una scala di lesività in cui sono caratterizzati 6 campi di intensità sonora:

0 ÷ 35 dB(A): rumore che non arreca fastidio né danno.

36 ÷ 65 dB(A): rumore fastidioso e molesto che può disturbare il sonno e il riposo.

66 ÷ 85 dB(A): rumore che disturba e affatica, capace di provocare danno psichico e neuro-vegetativo e in alcuni casi danno uditivo.

86 ÷ 115 dB(A): rumore che produce danno psichico e neurovegetativo e può indurre malattia psicosomatica.

116 ÷ 130 dB(A): rumore pericoloso: prevalgono gli effetti specifici su quelli psichici e neurovegetativi.

131 ÷ 150 dB(A): rumore molto pericoloso: impossibile da sopportare senza adeguata protezione; insorgenza immediata o rapida del danno.

Gli autori hanno inoltre codificato una gerarchia di effetti sull'uomo attribuibili al rumore:

- danno a carico dell'organo uditivo (specifico);
- danno a carico di altri organi e sistemi o della psiche (non specifico);
- disturbo del sonno e del riposo;
- interferenza sulla comprensione delle parole o di altri segnali acustici;
- interferenza sul rendimento, sull'efficienza, sull'attenzione e sull'apprendimento;
- sensazione generica di fastidio (annoyance).

Mentre esiste una letteratura molto vasta sui rischi di danno uditivo ed extra-uditivo negli ambienti di lavoro, non altrettanto si può dire per quanto riguarda il rumore ambientale non confinato. Non esiste, allo stato attuale delle conoscenze, alcuna evidenza che i danni all'apparato uditivo possano essere attribuiti al rumore da traffico, se non per categorie molto particolari di soggetti esposti (ad esempio lavoratori aeroportuali). Più in generale la rilevanza sanitaria del rumore ambientale, ed in particolare del rumore da traffico, è argomento assai controverso per cui di fatto le normative e le politiche di controllo del rumore ambientale sono sostanzialmente finalizzate alla prevenzione del disturbo e dell'annoyance.

Oltre al volume citato di M. COSA, gli studi specifici disponibili in letteratura a cui si è fatto riferimento sono quelli condotti da P. Borsky (Università Columbia U.S.A.), da Griffiths (Università Surrey Inghilterra), da Aubree (Centre Scientifique et technique du Batiment), da Vernet.

Frequentemente il disturbo del rumore da traffico sulle comunità viene studiato attraverso statistiche a campione, in cui si chiede agli intervistati di esprimere un giudizio soggettivo sul grado di insoddisfazione, tenuto conto di fattori quali il tipo di disturbo (effetti sul sonno, interferenza con la comprensione e con il lavoro), le caratteristiche sociali e ambientali dell'habitat, la presenza di altri fattori concomitanti di disturbo. Obiettivo di tali indagini è correlare la valutazione soggettiva del disturbo con indicatori acustici oggettivi e misurabili. Da tali indagini risulta, in generale, che l'indice soggettivo di disturbo è ben correlato alla dose di rumore percepito, misurata dal Leq.

Numerosi studi hanno peraltro evidenziato che, a parità di Leq, il rumore ferroviario viene valutato meno negativamente del rumore stradale tanto che, a parità di disturbo, il Leq del rumore ferroviario può mediamente essere di 4÷5 dB(A) superiore al Leq del rumore stradale.

Questo fatto è probabilmente attribuibile alla diversa composizione spettrale del rumore ferroviario e di quello stradale: essendo più ricco di toni gravi, il rumore stradale presenta un maggiore contenuto energetico, ovvero un più alto livello sonoro lineare. Nel rumore ferroviario, inoltre, sono scarsamente presenti le componenti impulsive.

La migliore accettabilità del rumore ferroviario è legata parzialmente anche a fattori fisiopsicologici, quali la migliore "immagine" sociale della ferrovia e la maggiore costanza e "prevedibilità" del segnale acustico. Il rumore ferroviario ha invece un maggiore impatto sulla comprensione del parlato rispetto al rumore stradale: ciò è dovuto alla maggiore presenza, nello spettro del rumore di un treno, di componenti tonali di frequenza medio-alta, da cui soprattutto dipende l'intelligibilità del linguaggio.

L'interferenza del rumore con il sonno dipende sia dal livello sonoro massimo, sia dalla durata del rumore, sia ancora dal clima acustico della località.

Uno studio effettuato in Francia sulle reazioni istantanee al passaggio di veicoli (treni, vetture o autocarri) ha permesso di stabilire i seguenti risultati. Sebbene l'adattamento fisiologico al rumore non sia migliore per il traffico ferroviario rispetto quello stradale, i treni causano un minore disturbo sul sonno in quanto, a parità di Leq, risulta minore il numero di eventi disturbanti.

Bisogna infine tenere presente che, per l'effetto della ponderazione in curva A utilizzata in tutte le misure di rumore che si propongono di prevedere i possibili effetti sull'uomo, le

basse frequenze "pesano" in misura limitata sullo spettro complessivo in emissione dai convogli.

Il rumore di natura aerodinamica dunque, caratterizzato sostanzialmente da basse frequenze, influisce in misura ridotta sul livello equivalente, che rappresenta il contenuto energetico sonoro riferito alla sensazione umana.

Si possono formulare in conclusione tre ordini di considerazioni.

- Il rumore ferroviario ha un impatto sulla popolazione complessivamente minore di quello stradale.
- Non si ha alcuna evidenza che il rumore ambientale (e quello ferroviario in particolare) abbia conseguenze di rilevanza sanitaria, anche se il disturbo sulle popolazioni può essere molto significativo, soprattutto per l'interferenza con la comprensione del linguaggio.
- L'indicatore di rumore livello equivalente continuo utilizzato per la previsione di impatto del progetto e il successivo dimensionamento delle opere di mitigazione è rappresentativo del disturbo della popolazione.

### **9.3 Definizione dei ricettori acustici**

La progettazione degli interventi di mitigazione del rumore ha richiesto la preventiva definizione e classificazione del sistema ricettore, al fine di poter successivamente applicare gli obiettivi di mitigazione con criteri omogenei e ripetibili.

Sono definiti ricettori, ai sensi del DPR del 18/11/98 n° 459, tutti gli edifici adibiti ad ambiente abitativo, comprese le relative aree esterne di pertinenza ove, per ambiente abitativo, si intende ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fermo restando che per gli ambienti destinati ad attività produttive vale la disciplina di cui al decreto legislativo 15/8/91 n° 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive.

Sono inoltre definiti ricettori tutti gli edifici adibiti ad attività lavorativa o ricreativa, le aree naturalistiche vincolate, i parchi pubblici, le aree esterne destinate ad attività ricreativa e

allo svolgimento della vita sociale della collettività, le aree territoriali edificabili (aree di espansione) già individuate dai vigenti PRG.

La ricerca e la catalogazione dei ricettori è stata effettuata in base ad uno specifico sopralluogo nella zona di studio nei giorni 17-18 settembre e 20 ottobre 2003, prima dell'uscita del nuovo Decreto Strade: i ricettori censiti quindi sono rappresentati da quelli ricadenti all'interno delle fasce di 250 metri ai lati della strada di progetto oltre a quelli sensibili (scuole, ospedali, etc.) ricadenti all'interno delle fasce di 500 metri. Le simulazioni del post-operam e del post-mitigazioni però sono state effettuate esclusivamente sui ricettori compresi all'interno della fascia dei 250 metri.

### **9.3.1 Descrizione del territorio**

Le zone prese in esame per lo studio acustico appartengono all'area urbana ed extraurbana del comune di Formia in cui si osserva un'alternanza di territori urbanizzati e agricoli con prevalenza di questi ultimi.

Partendo dalla progressiva iniziale, la Nuova SS 7 termina in corrispondenza dell'innesto con il nuovo asse autostradale Fiumicino – Formia, ancora in fase di progettazione raccordandosi con quella attuale con uno svincolo nella località Piano di Piroli a ridosso del confine comunale di Itri.

La zona che circonda l'asse di progetto è in parte agricola e in parte industriale con sporadica presenza di ricettori residenziali di 1-2 piani e grossi edifici industriali. Gli edifici presenti sono in discreto stato di conservazione.

In questa zona è forte l'impatto acustico della ferrovia (asse Roma-Napoli) che, essendo molto trafficata, costituisce una sorgente di rumore altamente invasiva, in più si rileva la presenza di una cava.



Ferrovia Roma-Napoli nei pressi del tracciato di progetto



Cava nella zona di piano di Piroli

Proseguendo, l'asse di progetto si interra nella galleria naturale di Costamezza per poi riuscire nei pressi di strada Pintime in vicinanza del Cimitero Castagneto. Il tracciato di progetto si estende su un breve tratto in viadotto e rientra nuovamente, 200 mt. più avanti all'altezza del torrente Balzorile, in galleria. Gli edifici presenti in questa zona sono residenziali di 1-2 massimo 3 piani in buono stato di conservazione.



Singole abitazioni in prossimità del cimitero

L'asse di progetto prosegue per un tratto in una galleria artificiale interrotta da un breve tratto all'aperto per poi riuscire definitivamente ai piedi del Monte Campese.

Il territorio circostante è in prevalenza agricolo con fitta presenza di serre ed uliveti, gli edifici presenti sono abitazioni in medio stato di conservazione a limitato sviluppo verticale.



Uliveti ed abitazioni ai piedi del Monte Campese

Proseguendo lungo il tracciato di progetto, dopo il torrente Acquatraversa gli edifici si fanno sempre più numerosi e il territorio passa gradualmente da agricolo ad intensa

attività umana (presenza di edificati a destinazione d'uso residenziale, produttiva, industriale, commerciale).

Dalla progressiva 400 alla progressiva 410 alla distanza di circa 350-400 mt. dal tracciato di progetto si trovano rispettivamente un istituto tecnico per geometri (ricettore sensibile) e un depuratore (sorgente di rumore).



Scuola e depuratore nei pressi del torrente Acquatraversa

Da questo punto, fino alla fine del tracciato di progetto, si osservano zone in fase di espansione con presenza di parecchi cantieri edili.



Edifici in fase di costruzione nella parte finale del tracciato di progetto

Gli edifici presenti lungo il tracciato di progetto sono per la maggior parte residenziali: sia singole abitazioni che piccoli condomini di 2-3 piani con sporadica presenza di edifici a più piani.

La zona è interessata da numerose attività produttive (vivai ed attività commerciali) e il traffico sul tracciato attuale della SS 7 Appia si intensifica per la presenza di numerosi ingressi/uscite da cancelli e vie secondarie.

Nella parte conclusiva il tracciato di progetto si raccorda con la SS Appia attuale (svincolo Santa Croce), gli edifici presenti a ridosso della strada sono a destinazione commerciale, nei fronti successivi al primo troviamo edifici a destinazione residenziale di limitato sviluppo verticale.

Tra le progressive 436 e 446 si trova, a breve distanza dal tracciato, un centro commerciale di grandi proporzioni con notevoli movimenti di traffico automobilistico.



Centro commerciale Itaca e distributore all'interno del parcheggio del centro commerciale

## 9.4 Caratterizzazione acustica ante - operam

### 9.4.1 Campagna di monitoraggio acustico

Lo scopo delle campagne di monitoraggio acustico effettuate nell'area in cui sarà realizzata l'infrastruttura è stato quello di caratterizzare la situazione attuale, al fine di individuare l'entità e le caratteristiche delle situazioni critiche. La considerazione di eventuali criticità è indispensabile per progettare e valutare qualsiasi intervento di adeguamento.

Gli obiettivi delle campagne di monitoraggio sono stati mirati alla definizione dei livelli sonori ante operam in campo esterno in corrispondenza di alcune postazioni site al piano campagna nell'ambito dell'area di inferenza acustica prossima al tracciato di progetto.

Le misure hanno riguardato sostanzialmente i seguenti aspetti:

- L'analisi dell'ambiente acustico, per poter determinare livelli di rumore da considerare rappresentativi delle aree in prossimità dell'infrastruttura oggetto di studio. Sono stati scelti i punti di maggior criticità, in funzione sia della densità di ricettori presenti, sia del grado di sensibilità degli stessi ricettori e comunque in corrispondenza di punti e/o zone la cui disposizione rispetto alla strada possa dare una caratterizzazione generale di tutte le situazioni urbanistico-insediative presenti. La scelta della localizzazione dei punti di misura è stata comunque effettuata con il duplice scopo di caratterizzare in maniera significativa il clima acustico dell'ambito territoriale di intervento e di poter tarare il modello previsionale di calcolo (SoundPLAN) adottato per la determinazione dei livelli sonori post-operam e post-mitigazione.
- Il rilievo simultaneo e correlato dei livelli e dei flussi di traffico, al fine di tarare le correlazioni tra rumore e traffico da utilizzare nei modelli di simulazione.

### RISPETTO DELLE PROCEDURE

La caratterizzazione acustica di un ambiente o di una sorgente richiede la definizione di una serie di indicatori fisici (Leq, Ln, Lmax, composizione spettrale, etc.) per mezzo dei quali "etichettare" il fenomeno osservato.

Tale caratterizzazione, ottenuta con strumentazione conforme alle prescrizioni contenute nelle direttive comunitarie/leggi nazionali, o fornite in sede di regolamentazione tecnica delle misure del rumore, deve riguardare le condizioni di esercizio o di funzionamento in cui può normalmente operare la sorgente o il mix di sorgenti di emissione presenti nell'area.

Il monitoraggio del rumore ante operam è stato svolto con metodiche e strumentazione unificate, in grado di fornire le necessarie garanzie di riproducibilità e di attendibilità al variare dell'ambiente di riferimento e del contesto emissivo.

In questo modo è stato possibile garantire:

- - Uno svolgimento omogeneo e sinergico delle attività di monitoraggio su tutta l'area di studio prossima al tratto interessato dal progetto;
- - La ripetibilità delle misure.

La strumentazione impiegata e le metodiche di misura rispettano i riferimenti di legge nazionali e gli standard nazionali (UNI) ed internazionali (norme EN, ISO), in particolare:

EN 60651-1994	Class 1 Sound Level Meters (CEI 29-1)
EN 60804-1994	Class 1 Integrating- averaging Sound Level Meters
EN 61094/1-1994	Measurements microphones – Part 1
EN 61094/2-1993	Measurements microphones – Part 2
EN 61094/4-1995	Measurements microphones – Part 3
EN 61260-1995	Measurements microphones – Part 4
IEC 942-1988	Octave band and fractional octave band filters (CEI 29-4)
ISO 226-1987	Electroacoustics _ Sound Calibrators (CEI 29-14)
UNI 9884-1991	Acoustics – Normal equal – loudness level contours
DPCM 1/03/1991	Caratterizzazione acustica del territorio (rumore ambientale)
Legge 447-95	Legge quadro sull'inquinamento acustico
DPCM 14/11/1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
DM 16/03/1998	Tecniche di rilevamento dell'inquinamento acustico

Le metodiche di misura rispettano le prescrizioni di legge relative alle condizioni meteorologiche, alla calibrazione ed al rumore di fondo.

In particolare, per quanto riguarda le condizioni meteorologiche, le misure sono state eseguite tenendo conto dell'assenza di condizioni meteorologiche quali: gelo, suolo coperto da strato di neve, nevicata, pioggia persistente, e velocità del vento superiore a 8 m/s ; inoltre, sono stati evitati periodi caratterizzati da elevata instabilità atmosferica.

Per la calibrazione degli strumenti, si è proceduto a calibrare il fonometro, all'inizio ed alla fine di ogni serie di misurazioni, con strumento di Classe 1, secondo le indicazioni del costruttore.

Tutte le misure effettuate sono state ritenute valide, in quanto i livelli di pressione sonora, rilevati con calibratore prima e dopo le misure, non hanno evidenziato variazioni maggiori di  $\pm 0.1$  dBA.

In relazione al rumore di fondo, nel corso dei rilievi di sorgenti specifiche, il livello sonoro ponderato A, prodotto da sorgenti di rumore diverse da quelle oggetto dell'indagine, ed il

livello sonoro che risulta dall'effetto del vento, sono risultati inferiori di almeno 10 dB rispetto al livello sonoro misurato.

#### 9.4.2 Sorgenti di rumore, ricettori e scelta dei punti di misura

La campagna di monitoraggio dei livelli sonori che attualmente caratterizzano l'ambito territoriale interessato dalla viabilità di progetto è stata effettuata in corrispondenza di 16 differenti postazioni di misura localizzate intorno alla viabilità di progetto ed illustrate nella planimetria allegata.

Ogni singola misura acustica è stata legata ad una contemporanea rilevazione, della medesima durata temporale, dei valori del traffico sulla strada più prossima alla postazione di misura onde consentire l'analisi dei flussi di traffico.

Per un maggior dettaglio di quanto analizzato si rimanda alle tabelle delle postazioni di misura riportate nel presente paragrafo e agli output strumentali delle misurazioni effettuate allegate al presente studio.

La principale sorgente di rumore attualmente presente nell'area è il traffico veicolare circolante sulla SS 7 Appia il cui tracciato attuale, è fiancheggiato lungo pressoché tutto il percorso da ricettori.

La scelta dei punti di misura ha privilegiato la descrizione del clima acustico presso i ricettori oltre l'analisi della sorgente di rumore rappresentata dalla statale.

In quest'ottica sono state eseguite diverse misure lungo tutto il tracciato esistente per un tempo relativamente lungo nell'arco della giornata allo scopo di verificare la costanza dei traffici nell'arco del tempo.

In particolare nella tabella sottostante si riporta il dettaglio dei transiti osservati nelle varie postazioni di misura.

#### Postazioni di misura e transiti rilevati

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
Progetto Preliminare  
Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

Numerazione Misura	Località	Transiti leggeri	Transiti furgoni	Transiti pesanti	Transiti moto	Transiti treni	Altro
1	Formia SS 7 Appia	203	15	29	12	0	0
2	Formia SS 7 Appia	212	8	36	9	0	0
3	Formia - strada locale in zona agricola	0	0	0	0	0	0
4	Formia - strada locale in zona agricola	0	0	0	0	0	0
5	Formia - strada locale Pintime	1	0	0	1	0	0
6	Formia - strada locale	4	0	0	0	0	0
7	Strada Vitralla	0	0	1	0	0	0
8	25 Ponti	109	5	10	5	0	0
9	Via Appia	110	12	14	13	3	0
10	Itri	2	0	0	0	1	0
11	Stazione di Itri	4	0	0	0	2	0
12	Piroli	1	0	0	0	0	0
13	Limite comunale Itri	5	0	0	0	3	0
14	Limite comunale Fondi	0	0	0	0	0	0
15	Trivio	2	0	0	2	0	0
16	Formia SS 7 Appia	274	9	19	11	0	0
17	Via Appia – verso Itri	132	2	17	2	0	0
18	Formia-via Acqualonga	2	0	0	0	0	0
19	Formia Via Funno	17	0	1	0	0	0
20	Formia – SS 7 Variante Appia	290	20	15	2	0	0

#### 9.4.3 Modalità di svolgimento dei rilievi e strumentazione utilizzata

Le indagini fonometriche sono state svolte in giorni feriali non interessati da eventi anomali in grado di modificare significativamente i flussi autoveicolari (18-19 settembre 2003 e 10 marzo 2004), secondo gli standard previsti per il rispetto delle procedure di monitoraggio.

Le misure di clima acustico sono state effettuate con i seguenti strumenti:

- analizzatore digitale LARSON DAVIS LD 824 s.n. 1434 conforme alle prescrizioni della norma IEC 651-1979 classe 1, IEC 804-1985 classe 1, IEC 225 e ANSI S 1.4-1983 classe 1, dotato di preamplificatore LARSON DAVIS mod. 900B, microfono di precisione a condensatore LARSON DAVIS mod. 2541, schermo antivento BRÜEL & KJAER UA 0237, e corredato di un calibratore acustico LARSON DAVIS tipo CAL200 conforme alle prescrizioni della norma IEC 942-1988 classe 1L e ANSI S 1.40-1984.

#### 9.4.4 Misurazioni eseguite

Il microfono è stato posizionato su di un treppiede ad una altezza dal terreno di 4 metri, collegato allo strumento attraverso un cavo di prolunga ed in quella condizione è stata eseguita la necessaria calibrazione della strumentazione.

Sono state eseguite misure di clima acustico il cui scopo principale è stato quello di stabilire la situazione acustica attualmente presente nei ricettori esaminati.

Il tempo di misura adottato per le rilevazioni del clima acustico è stato di 600 secondi, cioè 10 minuti.

Nel corso delle misure sono stati rilevati, il livello sonoro equivalente globale (LEQ), con scala di ponderazione A (LAEQ), ed i livelli di pressione sonora parziali rilevati nelle bande di 1/3 di ottava.

Nel presente studio sono contenuti i verbali di misura ricavati dai dati memorizzati dall'analizzatore utilizzato per le misure.

Nei verbali in alto è posizionato un grafico riportante lo spettro dei principali livelli percentili visualizzati tramite sei curve di differente colore.

La rappresentazione delle curve è la seguente: le curve illustranti i vari parametri sono indicate a partire dall'alto in basso nelle didascalie in ordine decrescente di livello complessivo come appaiono nel grafico.

Al di sotto è presente il grafico con lo spettro della rumorosità

Al suo interno sono inserite due curve: la curva a tratto blu (in alto) rappresenta lo spettro in frequenza del rumore presente (LEQ) come rilevato dallo strumento applicando la curva di pesatura LIN (all pass), la curva a tratto rosso (in basso) rappresenta invece la componente udibile risultante dall'applicazione in sede di elaborazione della curva di

pesatura A, nella parte destra del grafico sono riportate quattro barre rappresentanti il livello di pressione sonora del rumore misurato, globale (LIN) e udibile (A).

Al di sotto del grafico vi è una tabella riepilogativa dei principali dati e parametri della misura

In particolare, i principali parametri acustici rilevati sono stati i seguenti:

- Livello equivalente continuo (Leq)
- Livello massimo (Lmax),
- Livelli statistici, percentile 1, 5, 10, 50, 90, 95 ( $L_1, L_5, L_{10}, L_{50}, L_{90}, L_{95}$ ).

Le grandezze acustiche sono state integrate con il rilevamento, nel medesimo intervallo corrispondente ai rilievi fonometrici, del flusso veicolare distinto per tipologia (veicoli leggeri, pesanti, moto), in corrispondenza delle strade che potessero influire sui risultati della misura stessa, nonché delle altre sorgenti di volta in volta individuate.

#### **Livello equivalente (Leq)**

L'indicatore ambientale primario per la caratterizzazione acustica di un ricettore è fornito dal livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A" definito dalla relazione analitica:

$$L_{AEQ} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \left[ \int_0^T \frac{P_A(t)^2}{P_0^2} dt \right]$$

dove:

$p_A(t)$ : valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma I.E.C. n. 651)

$p_0$ : valore della pressione sonora di riferimento assunta uguale a 20 micropascal in condizioni standard

T: intervallo di tempo di integrazione.

Il livello equivalente di rumore esprime il livello energetico medio della pressione sonora ponderato in curva A ed è utilizzato dal DPCM 1/3/1991 e dalle successive normative per la definizione dei limiti di accettabilità.

La scelta di tale indicatore di rumore, se da un lato è imposta dalla necessità di verificare il rispetto della normativa di settore vigente in Italia, ha comunque ampi riscontri negli studi di socio-acustica svolti a livello internazionale.

Il livello equivalente continuo di pressione sonora ponderato A, utilizzato come indicatore di riferimento è, per sua definizione, un parametro che non fornisce utili indicazioni sulla natura delle sorgenti sonore responsabili del clima acustico. I valori di livello equivalente che il rilevamento fornisce devono quindi poter essere interpretati con altri indicatori sensibili alle caratteristiche delle sorgenti di rumore.

Gli indicatori che possono consentire la valutazione e l'interpretazione dei rilievi di rumore sono i livelli percentili, i livelli minimo e massimo, la "time history" in dB(A) fast, la distribuzione statistica dei valori della "time history", lo spettro di frequenza.

#### **Livelli statistici $L_1 - L_5$**

Gli indici percentili  $L_1$  ed  $L_5$  connotano gli eventi di rumore ad alto contenuto energetico (livelli di picco): valori di  $L_5$  nel periodo notturno maggiori di 70-80 dB(A) rappresentano un indicatore di disturbo sul sonno da incrociare con la verifica dei Lmax rilevati in dB(A)Fast.

#### **Livello statistico $L_{10}$**

In presenza di sorgenti quasi-gaussiane quali alti flussi di traffico,  $L_{10}$  assume valori di qualche decibel più alti dei relativi valori di Leq. Questa differenza diminuisce in presenza di eventi ad alto contenuto energetico verificabili dal decorso storico dei Lmax e, in tali casi, Leq può diventare più alto di  $L_{10}$ .

L'indice percentile  $L_{10}$  è utilizzato nella definizione dell'indicatore "clima acustico", espresso dalla differenza tra  $L_{10}$  e  $L_{90}$  e rappresenta la variabilità degli eventi di rumore rilevati. Generalmente è utilizzato come indicatore del rumore da traffico ferroviario.

#### **Livello statistico $L_{50}$**

$L_{50}$  è utilizzabile come indice di valutazione della tipologia emissiva delle sorgenti: se la sorgente risulta alquanto costante, l'indice  $L_{50}$  tende al valore di Leq rispetto al quale si

mantiene alcuni deciBel più basso. Il pecentile  $L_{50}$  è utilizzato spesso come indicatore del rumore da traffico veicolare.

**Livelli statistici  $L_{95} - L_{99}$**

I livelli statistici  $L_{95}$  e  $L_{99}$  sono rappresentativi del rumore di fondo dell'area in cui è localizzata la stazione di monitoraggio e consentono di valutare il livello delle sorgenti fisse che emettono con modalità stazionarie. La differenza  $L_{95}-L_{min}$  aumenta all'aumentare della fluttuazione della sorgente.

**Livello massimo  $L_{max}$**

Il livello massimo  $L_{max}$  connota gli eventi di rumore a massimo contenuto energetico quali il passaggio di moto, di autoambulanze, una sirena, ecc.

$L_{max}$  è il migliore descrittore del disturbo e delle alterazioni delle fasi del sonno, e di tutte le condizioni di esposizione dove conta di più il numero degli eventi ad alto contenuto energetico rispetto alla "dose" (fasi di apprendimento, disturbo alle attività didattiche, attività che richiedono concentrazione, ecc.).

**Livello minimo  $L_{min}$**

Il livello minimo  $L_{min}$  connota la soglia di rumorosità di un'area, permettendo di valutare la necessità di tenere conto o meno degli effetti sul clima acustico della introduzione di una sorgente di bassa potenza sonora ecc.

Inoltre, come già sopra indicato, per ciascuno dei punti di misura e dei rilievi effettuati, allo scopo di caratterizzare i livelli sonori rilevati, contemporaneamente alle misurazioni fonometriche sono state effettuate le rilevazioni dei flussi di traffico (distinti tra veicoli leggeri, pesanti e motocicli) in corrispondenza delle strade lungo le quali sono localizzati i punti di misura.

Di seguito si riportano in sintesi i parametri rilevati:

<b>Numerazione Misura</b>	<b>Leq</b>	<b>Lmax</b>	<b>Lmin</b>	<b>Ln 01</b>	<b>Ln 05</b>	<b>Ln 10</b>	<b>Ln50</b>	<b>Ln90</b>	<b>Ln95</b>
1	72	86	52.8	81.1	77.4	75.6	68.8	60.8	58.4
2	73.7	93.4	57.8	85.4	79.1	76.1	67.9	61.6	60.4
3	41.5	56	34.7	51.4	46.4	43.8	39	36.7	36.2
4	45.6	60.1	38.8	53.4	49.7	47.9	44	41.5	41
5	44.4	67.5	31	54.6	49.5	47	38.7	34.3	33.3
6	64.3	85.6	30.6	78.4	69.3	62.9	41.6	34.5	33.3
7	42.1	63.5	33.4	53.2	44.8	42.4	37.5	35.3	34.9
8	70.5	87.5	40	80	76	74.4	65.1	48.6	45.5
9	74	91.5	41.5	86	80	76	36.5	55.2	52.1
10	66.4	85.9	37	81.9	66.9	55.5	44.8	40.5	39.7
11	50.9	67.1	41.3	63.1	54.8	52.4	47	44.3	43.9
12	49.1	75	32.5	59	48.8	44.7	38	35.1	34.4
13	54.4	72	33.1	65.6	62.3	58.8	43.5	38.1	36.9
14	46.9	63	39.6	54.4	50.3	48.9	45.7	42.4	41.8
15	59	84.5	47.1	70.1	60.6	58.4	54.3	49.2	48.6
16	70.8	89.6	58.1	80.5	76.2	74.3	66.3	61	60.2
17	70.4	88,5	42.3	80,2	76,5	74,5	64,6:	50,5	46,8
18	55.3	72.8	40.1	66,9	62,9	58,6	46,8	42,5	41,9
19	57	74.2	36.1	67,9	63,5	60,7	47,5	40,5	39,4
20	70.7	85.9	57.8	77,9	75,2	73,7	68,9	62,2	60,0

**9.5 Il Modello di simulazione Soundplan**

La determinazione dei livelli post-operam e post-mitigazione indotti dall'infrastruttura di progetto è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN.

La scelta di applicare tale modello di simulazione è stata effettuata in considerazione delle caratteristiche del modello, del livello di dettaglio che è in grado di raggiungere e, inoltre, della sua affidabilità ampiamente garantita dalle applicazioni in campo stradale e ferroviario già effettuate in altri studi analoghi.

SoundPLAN è un modello previsionale ad "ampio spettro" in quanto permette di studiare fenomeni acustici generati da rumore stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale utilizzando di volta in volta gli standard internazionali più ampiamente riconosciuti.

### 9.5.1 Linee guida RLS 90 / DIN 18005 per le sorgenti veicolari

Queste linee guida definiscono gli standard tecnici e le procedure di misura per predire e abbattere il rumore di strade e parcheggi. In particolare viene valutato presso il ricettore il livello sonoro diurno ( 6.00÷22.00) e notturno (22.00÷6.00) e confrontato con i limiti legislativi. RLS 90 considera la sorgente puntiforme con propagazione, attenuazione del suolo, schermatura. Lo standard utilizza due diversi modelli: il modello per la sorgente e quello per la propagazione. Il primo utilizza i dati di traffico e fornisce i risultati di livello di rumore prendendo come riferimento un punto a 25 m di distanza dalla strada ed a 4 m dal suolo. I livelli di rumore sono definiti LME, Level Mean Emission. Il modello di propagazione utilizza come input LME per il giorno e la notte e fornisce il livello di rumore presso il ricettore diurno e notturno.

#### LME

I dati necessari a calcolare il livello della sorgente sono:

- Veicoli ( numero dei veicoli orari e % di veicoli pesanti)
- Velocità oraria delle automobili e dei camion
- Superficie della strada
- Pendenza della strada
- Riflessioni

Il livello della sorgente  $L_{m,E}$  si calcola:

$$L_{m,E} = L_m(25, \text{basic}) + C_{\text{Speed}} + C_{\text{Road Surface}} + C_{\text{Gradient}} + C_{\text{Ref}}$$

Dove:

$L_m(25, \text{basic})$  è il livello standard nelle seguenti condizioni:

- Velocità 100 Km/h per le auto e 80 Km/h per i camion;
- Superficie della strada di asfalto convenzionale;
- Pendenza della strada < 5%;
- Propagazione a campo libero;
- $L_m(25, \text{basic}) = 37.3 + 10 \cdot \log [M \cdot (1 + 0.082 \cdot P)]$

Con  $M$  = Media oraria del volume di traffico

$P$  = Percentuale di camion che superano le 2.8 tonnellate.

$C_{\text{Speed}}$  è la correzione della velocità

$$C_{\text{Speed}} = L_{\text{car}} - 37.3 + 10 \cdot \log [(100 + (10^{0.1^{\text{C}}}) \cdot P) / (100 + 8.23 \cdot P)]$$

$$L_{\text{car}} = 27.8 + 10 \cdot \log [1 + (0.02 \cdot V_{\text{car}})^3]$$

$$L_{\text{truck}} = 23.1 + 12.5 \cdot \log (V_{\text{car}})$$

$$C = L_{\text{truck}} - L_{\text{car}}$$

$V_{\text{car}}$  = velocità delle auto (min 30 Km/h max 130 Km/h)

$V_{\text{truck}}$  = velocità dei camion (min 30 Km/h max 80 Km/h)

$C_{\text{Road Surface}}$  correzione della superficie stradale

$C_{\text{Gradient}}$  correzione dovuta alla pendenza della strada

$$C_{\text{Gradient}} = 0 \text{ dB(A)} \quad \text{per pendenze minori a 5\%}$$
$$0.6 \cdot (g) - 3 \quad \text{per pendenze superiori a 5\%}$$

con  $g$  = pendenza della strada

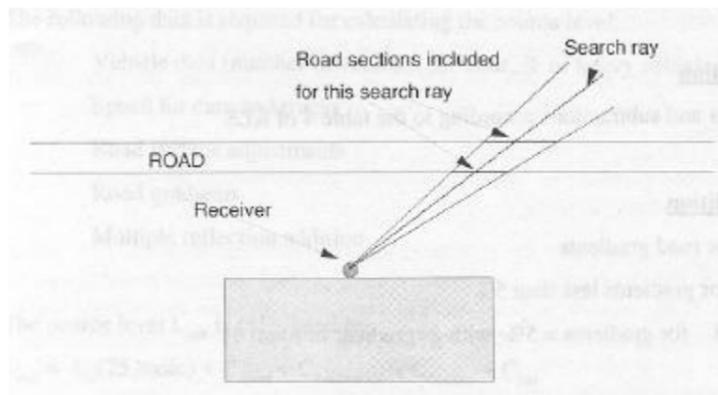
$C_{\text{Ref}}$  correzione delle riflessioni multiple sui muri

$$C_{\text{ref}} = 4 \cdot (\text{altezza muro}) / (\text{distanza tra i muri})$$

#### Propagazione

Il livello sonoro presso il ricettore deriva dai livelli sonori di tutte le sorgenti stradali: tutti i contributi superiori a 0 dB si sommano e determinano il livello di rumore. Al valore calcolato si sommano 1, 2, o 3 dB se il ricettore si trova rispettivamente a 100, 70 o 40 metri da un semaforo: tanto più vicina è la distanza tanto maggiore è il contributo dovuto alle frenate e alle accelerazioni.

$$L_m = L \text{ Mean Emission} + C \text{ Section length} + C \text{ Spreading} + C \text{ Ground absorption} + C \text{ Screening}$$



Dove:

**C Section length** = coefficiente di correzione della lunghezza della sezione

$$C \text{ Section length} = 10 * \log (\text{lunghezza della sezione entro il triangolo})$$

**C Spreading** = coefficiente di propagazione e assorbimento dell'aria ( sono compresi in una unica formula che dipende dalla distanza)

$$C \text{ Spreading} = 11.2 - 20 * \log d - d / 200$$

Dove d = distanza dalla metà della sezione al ricettore

**C Ground absorption** = attenuazione del terreno e assorbimento dovuto alle condizioni meteo.

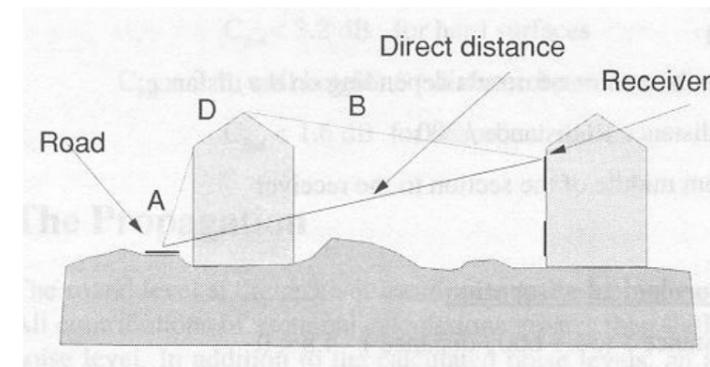
$$C \text{ Ground absorption} = (a.m.) / d * (34 + 600 / \text{distanza}) - 4.8 < 0$$

a.m. è l'altezza media della linea che congiunge la sorgente al ricettore  
 Quando c'è schermatura il coefficiente non viene calcolato.

**C Screening**

$$C \text{ Screening} = 10 * \log (3 + 80 * \text{Extra path length} * C \text{ met})$$

$$\text{Extra path length} = A + B + D - (\text{distanza diretta})$$



$$C \text{ met} = \exp \left[ -1 / 2000 * \sqrt{ (A * B * \text{distanza diretta}) / (2 * \text{extra path length}) } \right]$$

### 9.5.2 Modalità operative e parametri utilizzati nell'applicazione del SoundPLAN

Come base cartografica è stata utilizzata una cartografia digitale semplificata realizzata ad hoc, contenente le informazioni necessarie alla modellizzazione del campo acustico che si crea nell'area interessata dalla realizzazione della tangenziale.

Sulla base così realizzata sono state caricate nel modello tutte le informazioni necessarie alla definizione degli "oggetti" della simulazione: sorgenti acustiche e ricettori (comprese le altezze ed il n° di piani dei ricettori di interesse determinati tramite appositi sopralluoghi).

### 9.5.3 Modalità di inserimento dei dati di cartografia e di progetto nel modello di simulazione

La cartografia di base in formato 3D è stata convertita in file di formato DXF 3D; si è quindi proceduto all'elaborazione del progetto allo scopo di poterlo restituire come dato di input del SoundPLAN.

La successiva fase operativa è consistita nella ricostruzione in ambiente Autocad delle impronte delle diverse tipologie d'opera del progetto.

Lo svolgimento di queste attività si è reso necessario per poter effettuare un corretto inserimento nel SoundPLAN di tutti i dati relativi alla cartografia, agli edifici ricettori ed al progetto; l'importazione di tali dati nel modello ha costituito, infatti, il passo operativo successivo.

Successivamente, per assegnare l'elevazione ad ognuno degli oggetti presenti sulla mappa è stato creato un modello digitale del terreno DGM che definisce una superficie sull'intera area di calcolo attraverso una triangolazione che unisce tutti i punti dei quali è nota la quota.

### 9.5.4 I dati di traffico

I dati di traffico utilizzati per le simulazioni post operam e post mitigazione derivano dallo studio trasportistico riportato all'interno del Quadro di Riferimento Progettuale. I dati utilizzati nelle simulazioni sono quelli riferiti a 10 anni dall'entrata in funzione del nuovo tracciato stradale e fanno quindi riferimento al 2020. I dati possono essere riassunti come di seguito descritto.

<b>TGM veicoli leggeri =</b>	<b>23.862 (bidirezionali medi)</b>
<b>TGM veicoli pesanti =</b>	<b>5.634 (19,10% dei totali - bidirezionali medi)</b>
<b>TGM veicoli totali effettivi =</b>	<b>29.496 (bidirezionali medi)</b>
<b>TGM equivalenti =</b>	<b>35.129 veicoli equivalenti (bidirezionali medi)</b>

Il traffico notturno (tra le 22 e le 6) è stimabile in un 10% rispetto al diurno con una percentuale di traffico pesante pari al 40% del totale.

### 9.5.5 Modalità di restituzione dei risultati delle simulazioni effettuate

I risultati delle simulazioni effettuate con l'ausilio del modello previsionale di calcolo SoundPLAN sono stati riportati con le seguenti modalità:

- negli elaborati grafici in formato A3 sono riportate le mappe di rumore restituite direttamente dal SoundPLAN, relative al periodo di riferimento temporale diurno e notturno. Le mappe sono relative alle situazioni: post operam e post mitigazioni.

## 9.6 Effetti in fase di costruzione

### 9.6.1 Rumore generato dalle attività di cantiere

Durante la realizzazione dell'opera si verificano emissioni acustiche di tipo continuo, dovute agli impianti fissi (ad esempio generatori di corrente), e discontinuo dovuti al transito dei mezzi di trasporto o all'attività di mezzi di cantiere.

Naturalmente l'entità degli impatti acustici varia, zona per zona, in funzione delle tecniche e delle attività di costruzione che vengono previste, nonché in base al grado di confinamento (lavorazioni sul piazzale o all'interno delle strutture in fase di montaggio) che caratterizza le singole parti del cantiere nell'ambito delle diverse fasi di lavoro.

L'analisi dell'impatto acustico delle attività di cantiere è particolarmente complessa. La molteplicità delle sorgenti, degli ambienti e delle posizioni di lavoro, unitamente alla variabilità delle macchine impiegate e delle lavorazioni effettuate dagli addetti, nonché alla variabilità dei tempi delle diverse operazioni rendono infatti molto difficoltosa la determinazione dei livelli di pressione sonora.

Le macchine utilizzate nel cantiere possono essere distinte in tre categorie: semoventi, fisse o carrellabili, portatili o condotte a mano.

Le macchine semoventi possono essere suddivise in mezzi di trasporto (camion, carrelli elevatori, betoniere, ecc.), macchine di movimentazione terra (escavatori, pale meccaniche, perforatrici, ecc.) e macchine per finiture (rulli, vibrofinitrici, ecc.).

Per quanto riguarda le macchine fisse o carrellabili, esse sono numerose e di diversa tipologia (compressori, gruppi elettrogeni, betoniere, seghe circolari da banco, gru, ecc.).

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

Ancor più numerose sono le macchine portatili o condotte a mano (martelli demolitori, smerigliatrici, cannelli ossiacetilenici, motoseghe, ecc.).

Nelle attività di cantiere il rumore è dovuto non solo alle macchine ma anche a svariate lavorazioni manuali che vengono eseguite con diversi attrezzi (badili, mazze, mazzette, scalpelli, picconi, ecc.).

Di seguito si riportano esempi, tratti da bibliografia, dei livelli di pressione sonora a diretto contatto con le macchine, relativi ad attività e lavorazioni tipiche dei cantieri, idonei a valutare l'emissione complessiva del cantiere in funzione delle differenti fasi lavorative.

Dall'analisi di numerosi cantieri si è osservato che nel corso di dette lavorazioni l'andamento dei livelli sonori nel tempo è privo di componenti impulsive e lo spettro in frequenza rilevato ortogonalmente alle macchine è generalmente privo di componenti tonali a partire da m 5 di distanza dalla sorgente e si presenta completamente piatto a partire da una distanza massima di m 30 dalle macchine.

Con più macchine in lavorazione contemporaneamente le caratteristiche dell'emissione della singola macchina vengono a confondersi e, all'aumentare della distanza, il rumore appare come un rombo indistinto.

Le attività in corso nel cantiere cambiano con l'avanzamento dello stato dei lavori, e conseguentemente cambiano continuamente il tipo ed il numero dei macchinari impiegati contemporaneamente, generalmente in maniera non standardizzabile.

*Esempi di LAeq di macchine tipiche utilizzate nei cantieri*

MACCHINA	MIN	LEQ IN dBA PIÙ FREQUENTI	MAX
Autocarro	63,7	78,0 - 81,0	82,1
Escavatore	68,7	83,0 - 84,0	92,2
Paia meccanica gommata	76,8	88,0 - 90,0	94,6
Pala meccanica cingolata	86,0	90,0 - 92,0	102,0
Ruspa	86,5	88,0 - 90,0	93,2
Macchina per paratie	94,1	95,0 - 96,0	96,5
Macchina battipalo	85,0	88,0 - 90,0	92,0
Macchina trivellatrice	87,6	88,0 - 90,0	91,5
Gru	65,6	80,0 - 82,0	88,0
Autogrù	76,8	81,0 - 83,0	86,0
Betoniera a bichiere	77,3	81,0 - 82,0	86,0
Autobetoniera	92,0	84,0 - 86,0	92,8
Pompa calcestruzzo	77,2	84,0 - 86,0	89,0
Gruppo elettrogeno	72,4	80,0 - 90,0	98,0
Sega circolare	85,5	95,0 - 98,0	101,8
Vibratore per cemento armato	74,1	75,0 - 81,0	86,9
Trancia - Piegaferro	78,0	79,0 - 81,0	81,2
Martello elettrico	94,1	98,0 - 102,0	104,0
Martello pneumatico	97,7	100,0 - 105,0	112,0
Cannello per impermeabilizzazione	79,9		91,1
Tagliasfalto a martello	90,5	97,0 - 98,0	98,6
Tagliasfalto a disco	90,5	99,0 - 102,0	105,2

*Esempi di LAeq di lavorazioni tipiche di cantieri edili*

ATTIVITA'	min	Leq in dBA più frequenti	max
<b>COSTRUZIONI</b>			
- Montaggio/smontaggio ponteggi	74,3	77,0 - 78,0	79,9
- Allestimento armature in ferro	75,8	80,0 - 82,0	92,4
- Legatura	68,7		74,3
- Casseratura	80,3	82,0 - 84,0	86,3
- Allestimento armature in legno	78,1	85,0 - 86,0	86,8
- Getti	82,0	85,0 - 97,0	88,0
- Disarmo con percussioni	82,2	88,0 - 91,0	94,3
- Posa mattoni	68,2	78,0 - 80,0	83,8
- Scalpellatura manuale	79,5	84,0 - 85,0	89,1
- Martellatura manuale	85,4	92,0 - 95,0	95,8
- Carico/scarico manuale macerie	71,9	82,0 - 86,0	87,8
- Posa in opera prefabbricati	78,4	79,0 - 81,0	82,2
<b>INFRASTRUTTURE</b>			
Scavo meccanico (assistenza a terra)	78,2	80,5 - 81,5	82,7
- Scavi manuali		81,5	
- Posa manufatti	72,5	75,0 - 76,0	78,4
- Rivestimento (murature)	80,3		83,8
- Stesura nero a mano	77,4		84,1
- Riasfaltatura	77,9	85,0 - 89,0	90,5
<b>GENERALI</b>			
-Trasferimenti attrezzature/materiali	67,7	79,0 - 82,0	86,7
- Pulizie cantiere	64,0	70,0 - 72,0	72,7
- Rumore di fondo	59,0		71,5

### 9.6.2 Ricettori interessati dalle attività di cantiere

Nella zona in cui il progetto si sviluppa per un breve tratto in viadotto e rientra nuovamente in galleria, si sviluppa la prima via di cantiere che si raccorda con la SS 7 Appia attuale penetrando in corrispondenza a Via Olivastro, all'interno del territorio urbano densamente edificato.

Oltre al cimitero, nelle zone interessate dalle vie di cantiere, si trovano 2 ricettori sensibili, entrambi scuole.

#### Viabilità di cantiere 1 (accesso al Cantiere industriale "Balzorile")

Le strade interessate dal transito dei mezzi di cantiere (che fuoriescono dal corridoio dei 500 m. dell'asse di progetto) sono, a partire dall'attuale SS 7, Via Olivastro, via Castagneto, Via Rotabile.

Il territorio attorno a Via Olivastro (zona interessata Cimitero→Appia) è caratterizzato dalla presenza di edifici di recente costruzione a destinazione mista residenziale-commerciale e residenziale-produttivo, la zona è ad intensa attività umana (piazza del mercato, artigianato, attività commerciali), gli edifici sono distanziati tra di loro e presentano un medio sviluppo verticale (3-5 piani).

Attorno a via Castagneto troviamo: il cimitero ed alcune singole abitazioni di limitato sviluppo verticale.

Il territorio attorno a Via Rotabile nella parte interessata dai transiti di cantiere è poco edificato nella prima parte, mentre nell'ultima parte, verso l'incrocio con Via Pientime, è maggiormente urbanizzato con una destinazione d'uso residenziale: la distribuzione più fitta degli edifici sul territorio (nella maggior parte condomini) e il loro elevato sviluppo verticale (8-10 piani), denotano una zona ad elevata densità abitativa.

La zona nel complesso è di recente costruzione e la maggior parte degli edifici (non la totalità) sono in buono stato di conservazione.

Si annota che nell'arco di 500 mt. attorno a Via Rotabile la presenza di 4 ricettori sensibili anche se tutti si trovano nei tratti viari non interessati dai transiti di cantiere:

tre edifici scolastici ed il cimitero.

Delle tre scuole due si trovano proprio su via Rotabile mentre la terza si trova ad una distanza di circa 200 metri da Via Pientime, in posizione più elevata, ma schermata da altro edificio.



*Scuola elementare ubicata su via Rotabile*



*Scuola materna ubicata su via Rotabile*

Nella parte finale Via Olivastro si riconnette con la variante A della SS 7 Appia, strada di comunicazione principale interessata da elevati flussi di traffico giornaliero (anche di mezzi di trasporto pesante).

#### **Viabilità di cantiere 2 (accesso al Campo Base "Acquatrasversa")**

La seconda viabilità di cantiere è Via Mergataro, connette direttamente la strada di progetto con la SS 7 variante Appia, il territorio circostante è rurale.

La presenza di ricettori è molto limitata rappresentati per lo più da singole abitazioni di limitate dimensioni e annessi agricoli.

#### **9.6.3 Previsione di impatti del rumore sui ricettori prodotti dai cantieri**

Poiché nei cantieri, proprio per ridurre al minimo l'inquinamento acustico prodotto dalle attività e dai mezzi di cantiere, si è definito un attento lay-out di cantiere che tiene conto del posizionamento delle fonti di emissioni acustiche impattanti, dell'utilizzo dei materiali di accumulo oltre ad eventuali barriere antirumore o pannellature metalliche e dell'adozione di impianti e mezzi d'opera silenziati in relazione alla relativa vicinanza e transito in aree residenziali, non si è ritenuto opportuno simulare l'impatto di tali cantieri sul clima acustico locale, in quanto si ritengono le azioni di mitigazione sufficienti a contenere i ricettori più vicini entro i limiti di legge. Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza le azioni di mitigazione integrative.

Al di fuori delle aree di stretta lavorazione, si è ritenuto invece opportuno valutare, anche numericamente, l'incremento di rumore generato dal transito dei mezzi d'opera sulle strade circostanti l'area di lavorazione per mantenere sotto controllo i livelli equivalenti di emissione acustica.

Lo studio è stato realizzato tramite l'uso del software previsionale Soundplan che ha permesso di quantificare il rumore immesso presso i ricettori e di realizzare carte tematiche in modo valutare il contributo dei transiti di cantiere sul clima acustico delle aree oggetto di studio.

I transiti considerati nelle simulazioni acustiche sono gli stessi utilizzati per quelle atmosferiche illustrati nel paragrafo relativo alla Componente Atmosfera e, come detto in precedenza, derivano dallo studio di cantierizzazione, al quale si rimanda per eventuali approfondimenti; i transiti possono essere visualizzati nelle tabelle riportate nel paragrafo Atmosfera.

Per la cantierizzazione, la mappa della rumorosità è stata redatta su 2 tavole.

Iniziando da tav 1\_A la via di cantiere devia perpendicolarmente dal tracciato attuale dell'Appia per portarsi all'uscita della galleria Costamezza; la via di cantiere, passa

davanti al cimitero per poi connettersi con via Olivastro, il cimitero essendo perimetrato da un muro dell'altezza minima di tre mt. si ritiene non impattato.

Proseguendo su via Olivastro la strada di cantiere termina sulla variante SS 7 A.

La zona attorno a via Olivastro è una zona ad intensa attività umana (numerosi edifici industriali, commerciali, uno spazio espositivo per la vendita ambulante e la caserma della polizia) la carreggiata è larga ed è attualmente interessata da medio-elevato transito di veicoli leggeri e pesanti.

In tavola 1\_B la via di cantiere (Via Mergataro) connette perpendicolarmente l'asse di progetto con la var. SS 7 A nella zona del torrente Acquatraversa.

In questa zona la viabilità di cantiere contribuisce in maniera ridotta all'innalzamento dei livelli acustici, la var. SS 7 A è soggetta nell'intero arco della giornata a intensi flussi di traffico (leggero e pesante) che inducono elevati livelli acustici (vedi miss.1-2-16 ore antimeridiane e pomeridiane)

#### **9.6.4 Procedure di mitigazione a carattere acustico**

Le azioni di mitigazione del rumore indotto in fase di cantiere possono individuarsi nelle seguenti procedure :

- fermo di parte dei macchinari in condizioni di non utilizzo nel caso in cui tali condizioni dovessero perdurare per un tempo significativo.
- altre misure di carattere tecnico, ove possibile, o di ordine organizzativo-procedurale negli altri casi.

Dovranno essere previste misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili. In particolare, è necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure

di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

In tale ottica, pur in presenza di un areale di lavorazione assolutamente non critico per la preesistenza di una vocazione industriale, gli interventi attivi sui macchinari e le attrezzature possono come di seguito essere sintetizzati :

- Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali
- Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali.
- Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate
- Installazione, se già non previsti e in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi
- Utilizzo di impianti fissi schermati
- Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati
- Le principali azioni di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature volte al contenimento del rumore sono :
- Eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione
- Sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi
- Controllo e serraggio delle giunzioni
- Bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive
- Verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori
- Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche
- Fondamentale risulta, anche, una corretta definizione del lay-out del cantiere; a tal proposito le principali modalità in termini operazionali e di predisposizione del cantiere risultano essere:
- Orientamento degli impianti che hanno una emissione direzionale in posizione di minima interferenza (ad esempio i ventilatori)
- Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori più vicini

- Utilizzazione di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione di vibrazioni al piano di calpestio
- Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6-8 e 20-22)
- Imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...)
- Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi

Al di fuori delle aree di stretta lavorazione, il transito dei mezzi d'opera sulle strade circostanti l'area di lavorazione dovrà essere opportunamente cadenzato non soltanto per questioni trasportistiche, ma anche per mantenere sotto controllo i livelli equivalenti di emissione acustica che sono influenzati anche dalla cadenza ciclica delle emissioni sonore.

### **9.7 Effetti in fase di esercizio**

La modellizzazione dello scenario post operam, effettuata con il software SoundPLAN è stata rappresentata tramite sei tavole, indicate dalla numerazione 1 – 6 da nord a sud, contenenti, in una scala idonea a massimizzare la risoluzione della visualizzazione, i tratti omogenei della strada.

Nella prima tavola è inserito il tratto in località Piano di Piroli, fino alla galleria naturale Costamezza la zona è residenziale-rurale e scarsamente edificata, nel primo tratto in prossimità del confine comunale di Itri si annota la presenza di grossi edifici industriali.

Nella seconda tavola è inserita la zona Balzorile, situata tra le gallerie Costamezza e Balzorile 1° e 2°, la strada in questa area risulta ulteriormente suddivisa in sottotratti dalla presenza delle gallerie artificiali, la zona è residenziale-rurale gli edifici sono singole abitazioni, gli edifici più vicini risultano impattati dalla simulazione si evince che per la conformazione del territorio (versanti in rapida ascesa) il rumore prodotto durante la propagazione tende ad attenuarsi rapidamente .

La terza tavola raccoglie il tratto dall'uscita est della galleria artificiale Balzorile 2° all'imbocco ovest della galleria artificiale Campese 2°, la zona è prevalentemente rurale con la presenza di pochi ricettori residenziali, gli edifici più vicini risultano impattati.

La quarta tavola contiene il tratto dall'uscita est della galleria Campese 2° che porta al Torrente Acquatraversa, la zona è prevalentemente agricola con edifici isolati.

La quinta tavola inquadra l'area dal Torrente Acquatraversa fino alla rotatoria Appia, l'area, prevalentemente rurale è caratterizzata acusticamente dalla presenza di un depuratore, oltre il quale, ad una distanza di circa 250 metri dal tracciato di progetto, si trova un ricettore sensibile impattato (istituto tecnico per geometri di Via Mamurrano).

Nella sesta tavola, dalla rotatoria Appia fino alla fine del lotto oltre il centro commerciale Itaca (svincolo S. Croce), la zona interessata è ad intensa attività umana (numerose attività commerciali e produttive in genere a ridosso della var. SS 7 A) e interessata attualmente da elevati livelli di rumore dovuti agli intensi volumi di traffico (vedi misure).

In quest'area la ferrovia arriva ad una distanza minima di circa 250 metri.

La situazione post operam vede nelle sei tavole, a causa della morfologia del terreno e della vicinanza di numerosi edifici sparsi sul territorio, la presenza di numerosi edifici situati oltre i limiti, in particolare un ricettore sensibile: l'istituto tecnico per geometri di Via Mamurrano.

Nello scenario notturno la situazione migliora perché essendo il ricettore scolastico a destinazione esclusivamente diurna, esso non è più impattato.

In seguito agli interventi di mitigazione previsti, illustrati nel seguito, i livelli di rumorosità in base ai risultati del calcolo previsionale saranno ricondotti all'interno dei limiti previsti dalla normativa pressoché per tutti i ricettori.

La planimetria di individuazione delle mitigazioni acustiche è suddivisa in quattro tavole.

Nelle prime due tavole, che va dal confine comunale di Gaeta fino al termine della galleria naturale Costamezza, non sono state inserite barriere.

Nella terza tavola che va dal termine della galleria Costamezza fino al sottovia Via i Archi state inserite quattordici barriere per proteggere gli edifici posti a più stretto contatto con la strada, sette a monte e sette a mare, in progressione 2 contrapposte, 2 a monte, una a mare, 2 contrapposte, una a mare, 2 contrapposte, una a mare, 2 contrapposte, una a monte; trattandosi di edifici isolati le barriere sono di modesto sviluppo. Otto di queste

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

---

barriere sono state montate a coppie su entrambi i lati della strada a causa dell'influenza sul lato opposto che si crea con l'inserimento di una struttura subito a lato di una strada.

Nella quarta ed ultima tavola che va dal sottovia Via degli Archi fino allo svincolo di S. Croce, sono state inserite 10 barriere di cui 2 contrapposte, 2 a monte, una a mare, una a monte, una mare, una a monte, una a mare e una a monte.

A corredo della planimetria delle mitigazioni acustiche vengono riportati i tipologici delle barriere con i particolari costruttivi.

Si evidenzia che la scelta delle barriere in CLS e PMMA, dimensionate geometricamente per realizzare il risanamento acustico necessario, è volta ad un'ottimizzazione dell'inserimento ambientale.

Il CLS adottato per le barriere acustiche può essere adittivato con un pigmentante per migliorarne l'inserimento paesaggistico nell'ambito di progetto.

Il PMMA, anch'esso con colorazione abbinata a quella del CLS, per le doti di trasparenza consente una permeabilità parziale della barriera; le lastre in PMMA sono antiurto, resistenti agli atti vandalici e agli urti accidentali ed essendo realizzati per colata diretta garantiscono l'assenza di distorsioni ottiche (antiriflesso), inoltre sono inattaccabili dai gas di scarico, alghe, funghi e microrganismi.

Gli interventi di abbattimento del rumore sono completamente esaustivi, come si evince dagli scenari di modellizzazione tutti gli edifici impattati rientrano del tutto nei limiti di legge.

Per il limitato sviluppo delle barriere acustiche l'intervento di mitigazione acustica dell'asse di progetto imprime un modesto impatto visivo al territorio circostante.

**Tabella riassuntiva degli interventi di mitigazione acustica (barriere)**

Barriere H 4 metri		Barriere H 3 metri	
1	33 mt.	1	60 mt.
2	15 mt.	2	69 mt.
3	36 mt.	3	54 mt.
4	39 mt.	4	102 mt.
5	141 mt.	5	72 mt.
6	57 mt.	6	111 mt.
7	159 mt.	7	63 mt.
8	75 mt.	8	135 mt.
9	75 mt.	9	69 mt.
10	120 mt.	10	63 mt.
11	84 mt.	11	75 mt.
12	132 mt.		
13	96 mt.		
lunghezza totale	1062 mt.	lunghezza totale	873 mt.
superficie totale	<b>4248</b> mq	superficie totale	<b>2619</b> mq

## 10. Vibrazioni

### 10.1 Area di studio e ricettori interessati

L'analisi dei fenomeni vibrazionali associabili alle azioni di progetto insite nella fase di costruzione e successiva entrata in esercizio degli interventi in esame, non può non partire dall'individuazione delle sorgenti realmente presenti sul territorio, tra quelle potenzialmente in grado di indurre fenomeni vibrazionali (attività industriali, traffico stradale e ferroviario, traffico aeroportuale, lavori di costruzione e scavo, uso di esplosivi, etc.).

SORGENTI DI VIBRAZIONI	GAMME DI FREQUENZA (Hz)
Traffico (su strada e rotaia)	da 1 a 80
Esplosioni	da 1 a 300
Battitura di pali	da 1 a 100
Macchine esterne all'edificio	da 1 a 300
Macchine interne all'edificio	da 1 a 1000
Attività umane interessanti indirettamente l'edificio	da 0,1 a 100
Attività umane interessanti direttamente l'edificio	da 0,1 a 12
Vento	da 0,1 a 10

#### Gamme di frequenza caratteristiche per diverse sorgenti di vibrazioni

A fronte di una ridotta area di risentimento, la differente natura delle azioni di progetto in grado di indurre tali moti determina una duplice estensione dell'area di indagine : confinata ad uno stretto intorno dell'area di intervento per quanto riguarda alcune tipologie di sorgenti (tipicamente riconducibili alle attività di cantiere ed all'esercizio) ed estesa ad un'area vasta per altre (correlata con l'input/output di materiali da/per i cantieri).

Per quanto riguarda i ricettori, questi sono essenzialmente riconducibili agli edifici dei primi fronti, con particolare riguardo alle condizioni strutturali e di manutenzione degli stessi.

Poiché le vibrazioni partono da una sorgente ed arrivano ad un ricettore, è infine evidente come l'analisi di questa componente non possa prescindere dalla corretta parametrizzazione anche del mezzo litologico attraverso il quale i treni di onde viaggiano.

### 10.2 Normativa di riferimento

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni per gli individui e per gli edifici. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione e per la valutazione degli effetti sulla integrità strutturale.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration - Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz) (1989)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo (1990)".

Per ciò che attiene invece la stabilità e l'integrità strutturale degli edifici si deve far riferimento alle norme UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici (1991)" e ISO 4866 "Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibration and evaluation of their effects on buildings (1990)" in sostanziale accordo tra di loro.

#### 10.2.1 Norma ISO 2631/2

La ISO 2631/2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide (ad esempio solai) per persone in piedi, sedute, coricate.

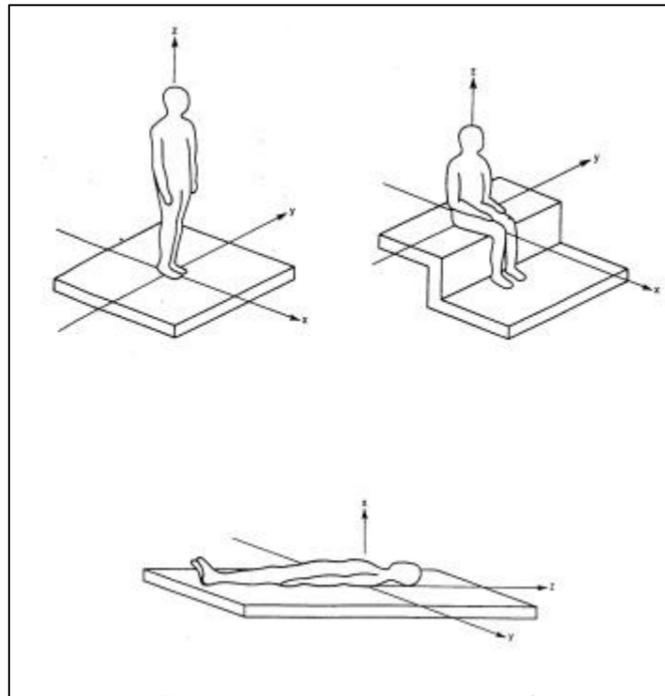
Le vibrazioni trasmesse negli edifici sono classificate in tre tipologie:

- continuous vibration, quando il livello di vibrazione permane per un lungo periodo di tempo sostanzialmente costante;

- intermittent vibration, quando si ha un insieme di eventi vibratori di breve durata separati da intervalli con ampiezza più bassa;
- transient vibration (impulsive), quando danno luogo ad un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può causare una serie di oscillazioni della struttura che si estinguono velocemente nel tempo (meno di 2 secondi).

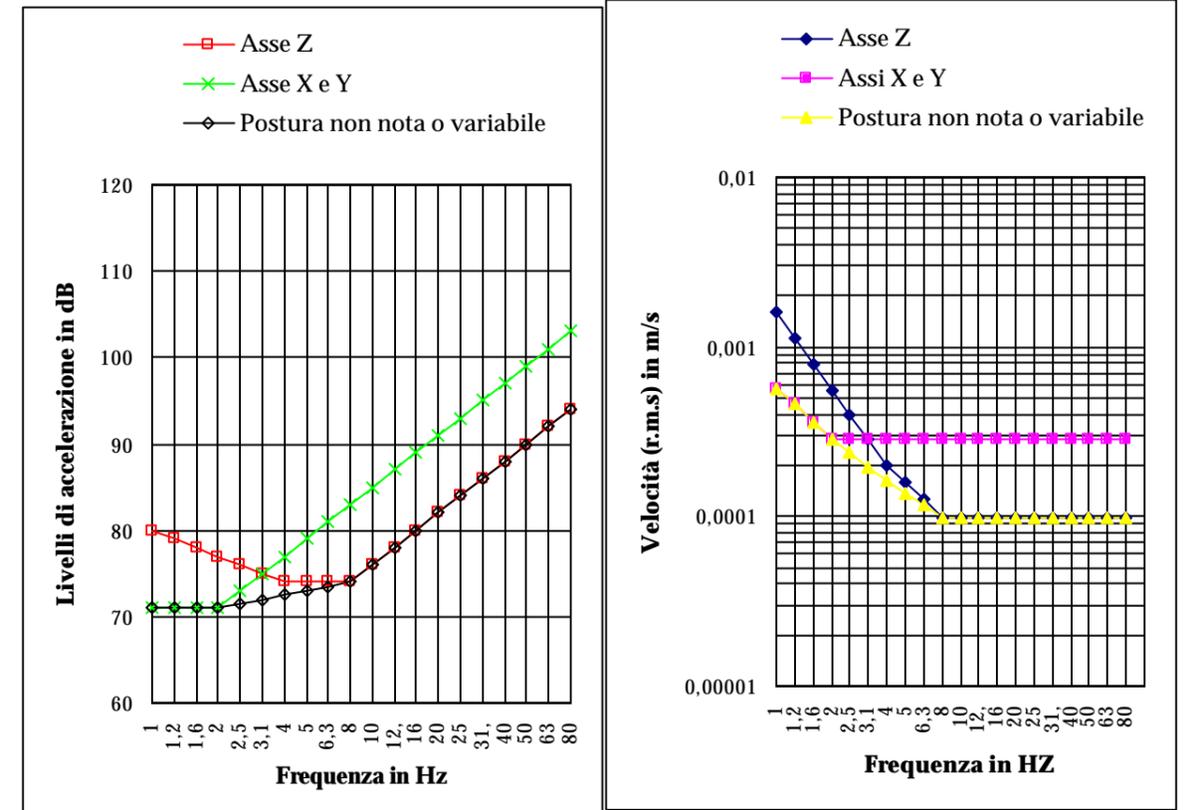
Gli assi di riferimento x, y e z sono definiti nel seguente modo:

- asse z: passante per il coccige e la testa;
- asse x: passante per la schiena ed il petto;
- asse y: passante per le due spalle.



**Direzioni delle vibrazioni e posizioni dei rilievi (UNI 9614 e ISO 2631/2)**

La ISO 2631/2 definisce le curve relative alle soglie di percezione per le accelerazioni e per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava), relative all'asse z, agli assi x e y, e al caso di postura non nota o variabile nel tempo. Le curve sono rappresentate nei seguenti grafici e i valori numerici nelle tabelle di seguito



**Curve base ISO 2631/2**

Frequenza (frequenza centrale di un terzo di banda d'ottava)	Accelerazione (r.m.s.) m/s <sup>2</sup>			Velocità (r.m.s.) m/s		
	Asse z	Assi x e y	Postura non nota o variabile	Asse z	Assi x e y	Postura non nota o variabile
1	1 x 10 <sup>-2</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	1.59 x 10 <sup>-3</sup>	5.73 x 10 <sup>-4</sup>	5.73 x 10 <sup>-4</sup>
1.25	8.9 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	1.13 x 10 <sup>-3</sup>	4.58 x 10 <sup>-4</sup>	4.58 x 10 <sup>-4</sup>
1.6	8 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	7.96 x 10 <sup>-4</sup>	3.58 x 10 <sup>-4</sup>	3.58 x 10 <sup>-4</sup>
2	7 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	5.57 x 10 <sup>-4</sup>	2.87 x 10 <sup>-4</sup>	2.87 x 10 <sup>-4</sup>
2.5	6.3 x 10 <sup>-3</sup>	4.51 x 10 <sup>-3</sup>	3.72 x 10 <sup>-3</sup>	4.01 x 10 <sup>-4</sup>	2.87 x 10 <sup>-4</sup>	2.37 x 10 <sup>-4</sup>
3.15	5.7 x 10 <sup>-3</sup>	5.68 x 10 <sup>-3</sup>	3.87 x 10 <sup>-3</sup>	2.88 x 10 <sup>-4</sup>	2.87 x 10 <sup>-4</sup>	1.95 x 10 <sup>-4</sup>

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

4	5 x 10-3	7.21 x 10-3	4.07 x 10-3	1.99 x 10-4	2.87 x 10-4	1.62 x 10-4
5	5 x 10-3	9.02 x 10-3	4.3 x 10-3	1.59 x 10-4	2.87 x 10-4	1.36 x 10-4
6.3	5 x 10-3	1.14 x 10-2	4.6 x 10-3	1.26 x 10-4	2.87 x 10-4	1.16 x 10-4
8	5 x 10-3	1.44 x 10-2	5 x 10-3	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
10	6.3 x 10-3	1.8 x 10-2	6.3 x 10-3	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
12.5	7.81 x 10-3	2.25 x 10-2	7.81 x 10-3	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
16	1 x 10-2	2.89 x 10-2	1 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
20	1.25 x 10-2	3.61 x 10-2	1.25 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
25	1.56 x 10-2	4.51 x 10-2	1.56 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
31.5	1.97 x 10-2	5.68 x 10-2	1.97 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
40	2.5 x 10-2	7.21 x 10-2	2.5 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
50	3.13 x 10-2	9.02 x 10-2	3.13 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
63	3.94 x 10-2	1.14 x 10-2	3.94 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5
80	5 x 10-2	1.44 x 10-2	5 x 10-2	9.95 x 10-5	2.87 x 10-4	9.95 x 10-5

**Valori numerici per le curve base ISO 2631-2**

L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrante della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve di soglia di percezione al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie); i valori dei fattori di moltiplicazione sono indicati nella tabella seguente. In alcune circostanze, tuttavia, è stato riscontrato disturbo per gli individui anche con livelli vibratori di poco superiori a quelli di percezione.

Area	Tempo	Continuous vibration o intermittent vibration	Transient vibration
Aree critiche	Giorno	1	1
	Notte		
Aree residenziali	Giorno	2 ÷ 4	30 ÷ 90
	Notte	1,4	1,4 ÷ 20
Uffici	Giorno	4	60 ÷ 128
	Notte		
Fabbriche	Giorno notte	8	90 ÷ 128

**Fattori moltiplicativi per le curve di soglia di percezione ISO 2631-2**

L'analisi da condurre consiste in un confronto banda per banda tra i livelli di accelerazione misurati e quelli ammissibili cioè quelli delle curve di soglia moltiplicate per il coefficiente esposto nell'Annex A.

Le misure devono essere effettuate lungo le tre direzioni x, y e z nel punto della superficie in cui avviene il contatto con gli individui o comunque, ove non si possa identificare un punto isolato, dove l'ampiezza delle oscillazioni è maggiore.

Norma UNI 9614

Per la misura delle vibrazioni secondo la UNI 9614 si deve considerare il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione o in alternativa il livello dell'accelerazione espresso in dB definito come:

$$L = 20 \text{Log} \left( \frac{a}{a_0} \right)$$

dove:

$a$  è il valore efficace dell'accelerazione;

$a_0 = 10^{-6}$  m/s<sup>2</sup> è il valore dell'accelerazione di riferimento.

Essendo gli effetti delle vibrazioni di frequenza diversa cumulativi, secondo questa norma, vanno impiegati metodi di misura basati sulla valutazione complessiva dell'accelerazione nell'intervallo tra 1 e 80 Hz.

La banda di frequenza 1-80 Hz deve essere limitata da un filtro passabanda con una pendenza asintotica di 12 dB per ottava.

Nel caso di vibrazioni di livello costante si deve misurare il valore dell'accelerazione ponderato in frequenza o il corrispettivo livello  $L_w$  nell'intervallo tra 1 e 80 Hz con i filtri riportati in figura.

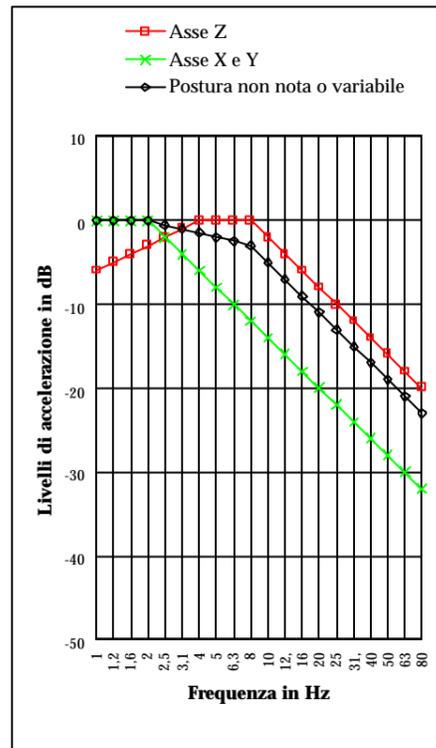
In alternativa si può effettuare un'analisi in terzi d'ottava nel seguente modo:

$$L_w = 10 \text{Log} \sum_i 10^{L_{i,w}/10}$$

dove:

$L_{i,w}$  sono i livelli rilevati per terzi d'ottava ponderati in frequenza con i filtri di figura seguente

**Filtri di ponderazione UNI 9916**



La posizione dei rilievi deve essere quella in cui il soggetto si trova prevalentemente esposto; nel caso in cui tale posizione non si possa individuare, vanno effettuati i rilievi nel centro dell'ambiente in studio.

La UNI 9614 fornisce inoltre un criterio per la stima del livello di accelerazione depauperato dagli effetti delle vibrazioni residue.

I valori così ottenuti devono essere confrontati con i limiti indicati in appendice (che non costituisce parte integrante delle norme), riportati in tabella seguente, oltre i quali le vibrazioni sono da ritenersi oggettivamente disturbanti. Nel caso di postura non nota i limiti da considerare sono quelli per gli assi x e y.

	Asse z		Assi x e y	
	a (m/s <sup>2</sup> )	L (dB)	a (m/s <sup>2</sup> )	L (dB)
<b>Aree critiche</b>	5,0 x 10 <sup>-3</sup>	74	3.6 x 10 <sup>-3</sup>	71
<b>Abitazioni (notte)</b>	7,0 x 10 <sup>-3</sup>	77	5,0 x 10 <sup>-3</sup>	74
<b>Abitazioni (giorno)</b>	10,0 x 10 <sup>-3</sup>	80	7,2 x 10 <sup>-3</sup>	77
<b>Uffici</b>	20,0 x 10 <sup>-3</sup>	86	14.4 x 10 <sup>-3</sup>	83
<b>Fabbriche</b>	40,0 x 10 <sup>-3</sup>	92	28.8 x 10 <sup>-3</sup>	89

**Valori e livelli limiti delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza (UNI 9614).**

Nel caso di vibrazioni di livello non costante (secondo quanto riportato in appendice) si deve rilevare l'accelerazione equivalente ( $a_{w,eq}$ ) o il livello dell'accelerazione ( $L_{w,eq}$ ) così definiti:

$$a_{w,eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a_w(t)]^2 dt}$$

$$L_{w,eq} = 10 \text{Log} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \left[ \frac{a_w(t)}{a_0} \right]^2 dt \right]$$

dove:

$a_w(t)$  è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza espressa in m/s<sup>2</sup>;

T è la durata del rilievo espresso in secondi;

$a_0 = 10^{-6}$  m/s<sup>2</sup> è l'accelerazione di riferimento.

I valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o i corrispondenti livelli devono essere confrontati con gli stessi limiti per le accelerazioni di livello costante. Per le vibrazioni impulsive si deve confrontare il valore di picco dell'accelerazione moltiplicato per 0,71 o il livello di picco diminuito di 3 dB con quelli riportati in tabella seguente

	Asse z m/s <sup>2</sup>	Assi x e y m/s <sup>2</sup>
<b>Aree critiche</b>	5,0 10 <sup>-3</sup>	3,6 10 <sup>-3</sup>
<b>Abitazioni (notte)</b>	7,0 10 <sup>-3</sup>	5,0 10 <sup>-3</sup>
<b>Abitazioni (giorno)</b>	0,30	0,22
<b>Uffici e fabbriche</b>	0,64	0,46

**Valori limite delle accelerazioni complessive ponderate in  
 frequenza UNI 9916 validi per le vibrazioni impulsive**

Nel caso si manifestino più di 3 eventi impulsivi giornalieri i limiti fissati per le abitazioni, gli uffici e le fabbriche vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata, moltiplicandoli per un fattore correttivo F. Nessuna riduzione può essere applicata per le aree critiche.

Nel caso di impulsi di durata inferiore a 1 s si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5}$ . Per impulsi di durata maggiore si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5} \cdot t^{-k}$ , con  $k = 1.22$  per pavimenti in calcestruzzo e  $k = 0.32$  per pavimenti in legno (N è il numero di eventi giornalieri).

Qualora i limiti così calcolati risultassero inferiori ai limiti previsti per le vibrazioni di livello stazionario, dovranno essere adottati questi ultimi valori.

Dato che le vibrazioni negli edifici sono generalmente di entità molto bassa, l'accelerazione misurata sperimentalmente può essere influenzata da sorgenti diversa da quella in esame e/o dal rumore elettrico della linea strumentale di misura. Le vibrazioni devono quindi essere rilevate anche a sorgente disturbante inattiva impiegando lo stesso metodo.

Definendo  $L_w'$  i livelli rilevati a sorgente attiva e  $L_w''$  quelli a sorgente inattiva, la UNI 9614 definisce tre possibili casi

$L_w' - L_w'' < 6$  dB: i risultati delle misure possono essere stati fortemente influenzati dal rumore di fondo;

$6 \text{ dB} < L_w' - L_w'' < 10$  dB: i risultati delle misure possono essere influenzati dal rumore di fondo; in questo caso si deve considerare il livello corretto

$$L_{w,c} = 10 \log \left( 10^{\frac{L_w'}{10}} - 10^{\frac{L_w''}{10}} \right);$$

$L_w' - L_w'' > 10$  dB: i risultati sono influenzati dal rumore di fondo in maniera non significativa.

Infine il fattore di cresta, definito come il rapporto tra il valore di picco ed il valore efficace ambedue ponderati in frequenza, misurato in un intervallo di tempo maggiore di un minuto, deve essere maggiore di 6 onde evitare di sottostimare gli effetti delle vibrazioni.

#### La costante di tempo Slow

Secondo quanto riportato nella UNI 9614, per la classificazione del tipo di vibrazione, si deve far riferimento al livello dell'accelerazione complessivo ponderato in frequenza rilevato mediante costante di tempo Slow.

Con costante di tempo si indica il tempo  $\tau$ , espresso in secondi, con il quale si effettua un'operazione di media mobile esponenziale del segnale quadratico. Secondo quanto riportato dalle norme ISO 8041 e UNI ENV 28041 che indicano le caratteristiche degli strumenti di misura di vibrazione, detta operazione, nel caso ci si riferisca all'accelerazione è espressa da:

$$a_{rms,t}(t) = \frac{1}{t} \int_{-\infty}^t a^2(t_0) \cdot e^{\left(\frac{t_0-t}{\tau}\right)} dt_0$$

che fornisce come risultato il valore equivalente della vibrazione continua, oppure da:

$$L_{rms,t}(t) = 10 \cdot \text{Log} \left[ \frac{1}{t} \int_{-\infty}^t \frac{a^2(t_0)}{a_0^2} \cdot e^{\left(\frac{t_0-t}{\tau}\right)} dt_0 \right]$$

che fornisce il livello equivalente della vibrazione continua.

E' importante sottolineare che i valori così espressi sono valori efficaci (RMS).

Questa operazione di pesatura esponenziale in un segnale consente di dare risalto agli eventi recenti, di attenuare eventi ad alta frequenza e di rivelare le tendenze di lunga durata.

I valori delle varie costanti di tempo sono state normalizzate internazionalmente in:

Slow:  $\tau = 1$  s;

Fast:  $\tau = 0.125$  s;

Impulse:  $\tau = 0.035$  s.

Progetto di norma sperimentale UNI 9614 del 2002

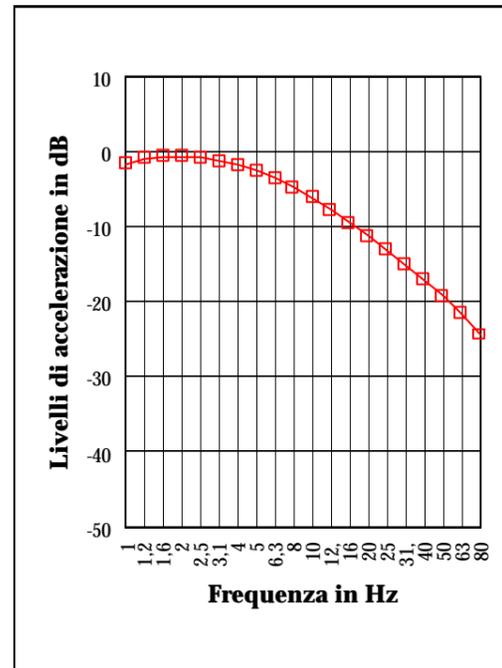
Rispetto alla norma UNI 9614 del 1990, il progetto di norma sperimentale UNI 9614 del 2002 presenta diversi aspetti positivi. Prima di tutto il sistema di riferimento lungo cui

effettuare le misure viene definito rispetto alla struttura in esame e non al soggetto esposto.

Viene inoltre definita un'unica procedura valida per la misura delle vibrazioni di livello costante, non costante e impulsive.

Sempre per quanto riguarda le misure non bisogna più considerare il valore quadratico medio ma bensì il valore massimo. Difatti è esperienza comune che il soggetto esposto sia disturbato non tanto dal valore medio quanto dai valori più alti delle vibrazioni.

E' definito un unico filtro combinato valido per tutti gli assi mediante il quale bisogna rilevare il valore massimo (MTVV) del valore efficace dell'accelerazione rilevata con costante di tempo Slow (metodo "running rms").



**Filtro progetto di norma UNI 9614 del 2002**

### 10.2.2 Norme UNI 9916 e ISO 4866

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 "Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement of vibration and evaluation of

their effects on buildings" in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3.

Tali norme, in sostanziale concordanza tra di loro, forniscono una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii per valutare gli effetti sugli edifici in relazione alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Vengono inoltre fornite metodologie per ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o anche su edifici diversi a parità di eccitazione.

La gamma di frequenza presa in considerazione sono variabili da 0,1 Hz a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale come per esempio il vento, nonché ad eccitazione causata dall'uomo. In alcuni casi l'intervallo di frequenza può essere più ampio, come ad esempio vibrazioni indotte da macchinari all'interno degli edifici stessi, tuttavia eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono in grado di influenzare significativamente la risposta dell'edificio. Le vibrazioni causate da urti prodotti da esplosioni, da battiture di pali o da altre sorgenti a ridosso della struttura non sono inclusi nella sopraccitata gamma di frequenza, ma lo sono però i loro effetti sulla struttura.

Sorgenti di vibrazione	Gamme di frequenza (Hz)
Traffico (su strada e rotaia)	1 ÷ 80
Esplosioni	1 ÷ 300
Battitura di pali	1 ÷ 100
Macchine esterne all'edificio	1 ÷ 300
Macchine interne all'edificio	1 ÷ 1000
Attività umane interessanti indirettamente l'edificio	0,1 ÷ 100
Attività umane interessanti direttamente l'edificio	0,1 ÷ 12
Vento	0,1 ÷ 10

**Gamme di frequenza caratteristiche per diverse sorgenti di vibrazioni (UNI 9916).**

L'Appendice A della UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

La classificazione viene effettuata in base ai seguenti fattori:

- tipo di costruzione;
- tipo di fondazione;
- tipo di terreno;
- fattori di importanza sociale.

Le strutture comprese nella classificazione riguardano:

- tutti gli edifici residenziali e gli edifici utilizzati per le attività professionali (case, uffici, ospedali, case di cura, ecc.);
- gli edifici pubblici (municipi, chiese, ecc.);
- edifici vecchi ed antichi con un valore architettonico, archeologico e storico;
- le strutture industriali più leggere spesso concepite secondo le modalità costruttive in uso per gli edifici abitativi.

Mentre non sono considerate le seguenti strutture:

- strutture con più di dieci piani;
- strutture più pesanti, come i reattori nucleari e le loro parti accessorie ed altri impianti di potenza pesanti, i laminatoi, le strutture dell'industria chimica pesante, tutti i tipi di sbarramento e le strutture contenenti liquidi e materiali granulari (per esempio serbatoi e cisterne), le strutture per lo stoccaggio del petrolio, i silos ecc.;
- tutte le strutture sotterranee;
- tutte le strutture marittime.

La categoria di struttura è classificata in una scala da 1 a 8 (a numero crescente di categoria corrisponde una minore resistenza alle vibrazioni) in base ad una ripartizione in due gruppi di edifici, edifici vecchi e antichi o strutture costruite con criteri tradizionali (Gruppo 1) e edifici e strutture moderne (Gruppo 2). L'associazione della categoria viene fatta risalire alle caratteristiche tipologiche e costruttive della costruzione e al numero di piani.

Categorie di struttura	Gruppi di edifici		
	1	2	
Resistenza decrescente alle vibrazioni	1	Costruzioni industriali pesanti da cinque a sette piani, di tipo resistente ai terremoti. Strutture pesanti, compresi ponti, fortezze, bastioni.	Costruzioni industriali ad ossatura pesante di due o tre piani costruiti in cemento armato oppure a struttura metallica con rivestimento di fogli o pannelli di tamponamento costruiti di pietre, mattoni o di elementi prefabbricati di acciaio, solai in acciaio o in calcestruzzo prefabbricato o gettato in opera. Costruzioni industriali pesanti in acciaio o calcestruzzo armato con struttura composita.
	2	Edifici pubblici pesanti ad ossatura in legno, di tipo resistente ai terremoti.	Immobili da cinque a nove piani e più, uffici, ospedali, costruzioni industriali ad ossatura leggera in calcestruzzo armato od a struttura in acciaio con pannelli di tamponamento in pietre, mattoni o elementi prefabbricati non concepiti per resistere ai terremoti.
	3	Case di uno o due piani a ossatura in legno e costruzioni di uso simile, con tamponamenti e/o rivestimenti di tipo resistente ai terremoti.	Costruzioni industriali abbastanza leggere di tipo aperto ad un solo piano, giunti per tramezzi, ossatura in acciaio, alluminio, in legno o in calcestruzzo con rivestimenti in foglio leggero e tamponamenti in pannelli leggeri di tipo resistenti ai terremoti.
	4	Costruzioni a più piani, abbastanza pesanti utilizzate come magazzini di media importanza o come abitazione da cinque a sette piani o più.	Abitazioni a due piani e costruzioni di utilizzo simile costruite in pietra, mattoni o elementi prefabbricati comportanti un solaio e un tetto rinforzato o interamente costruite in calcestruzzo armato o materiali simili, tutte di tipo resistente ai terremoti.
	5	Case da quattro a sei piani ed edifici di utilizzo urbano, costruiti in pietre o mattoni, con muri portanti di costruzione più pesante, comprese le case padronali e le residenze di tipo "piccolo castello".	Edifici da abitazione e simili da quattro a dieci piani principalmente costruiti in pietre leggere e mattoni, legati in gran parte da muri interni di materiali simili e da solai in calcestruzzo armato prefabbricato o gettato in opera almeno a ciascun piano.

**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

	6	Case di due piani ed edifici di utilizzo similare costruiti in pietre, in mattoni o argilla, con solette e copertura in legno. Torri costruite in pietra, in mattoni o argilla, con solette e copertura in legno. Torri costruite in pietra o mattoni, di tipo resistente ai terremoti.	Case di abitazione ed edifici di utilizzo similare a due piani, compresi uffici costruiti con muri in pietra, in mattoni, in elementi prefabbricati e con strutture di soletta e di copertura in legno o prefabbricate.
	7	Chiese di grande altezza, saloni e strutture simili in pietra o in mattoni con arcate o di tipo "articolato" con o senza volte, comprese le chiese di minor importanza con arcate e costruzioni simili. Chiese basse ad ossatura pesante di tipo "aperto" (cioè non controventate) e rimesse, compresi stalle, garages, costruzioni simili con solette e coperture in legnomolto peggiori.	Case e costruzioni simili ad uno o due piani, costruzioni più leggere realizzate con materiali leggeri prefabbricati o preparati in opera con combinazioni di questi materiali.
	8	Rovine ed altre costruzioni in cattivo stato. Tutte le costruzioni della categoria 7 aventi un valore storico.	

**Categorie di struttura e gruppo di edifici**

Le fondazioni sono classificate in tre classi:

Classe A:

- pali legati in calcestruzzo armato e acciaio;
- platee rigide in calcestruzzo armato ed in acciaio;
- pali di legno legati tra loro;
- muri di sostegno a gravità.

Classe B:

- pali non legati in cemento armato;
- fondazioni continue (a trave rovescia);
- pali e platee in legno.

Classe C:

- i muri di sostegno leggeri;
- fondazioni massicce in pietra;
- assenza di fondazioni, muri appoggiati direttamente sul terreno.

Il terreno viene classificato in sei classi:

- Tipo a: rocce non fessurate o rocce molto solide, leggermente fessurate o sabbie cementate;
- Tipo b: terreni compattati a stratificazione orizzontale;
- Tipo c: terreni poco compattati a stratificazione orizzontale;
- Tipo d: piani inclinati, con superficie di scorrimento potenziale;
- Tipo e: terreni granulari, sabbie, ghiaie (senza coesione) e argille coesive sature;
- Tipo f: materiale di riporto.

Per la classificazione degli edifici viene riportato sempre in appendice A la seguente tabella:

		<b>Categoria di struttura</b>							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		<b>Classe di fondazione (maiuscolo) e tipo di terreno (minuscolo)</b>							
<b>Resistenza decrescente alle vibrazioni</b>	1	Aa							
	2	Ab	Aa	Aa	Aa				
	3		Ab, Ba	Ab, Ba	Ab	Aa, Ab			
	4		Ac, Bb	Bb	Ac	Ac, Ba, Bb			
	5		Bc	Ac		Bc	Ba		
	6		Af		Ad	Bd	Bb, Ca	Ba	
	7			Af	Ae	Be	Bc, Cb	Bb, Ca	
	8		Bf				Be, Cc	Bc, Cb	
	9						Cd	Bd, Cc	Aa

Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia  
 Progetto Preliminare  
 Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale

	10			Bf			Ce	Be, Cd	Ab
	11				Cf	Cf		Ce	Ba
	12						Cf		Bc, Ca
	13							Cf	Bd, Cb, Cc
	14								Cd, Ce, Cf
*Numero di classe elevato = alto grado di protezione richiesto									

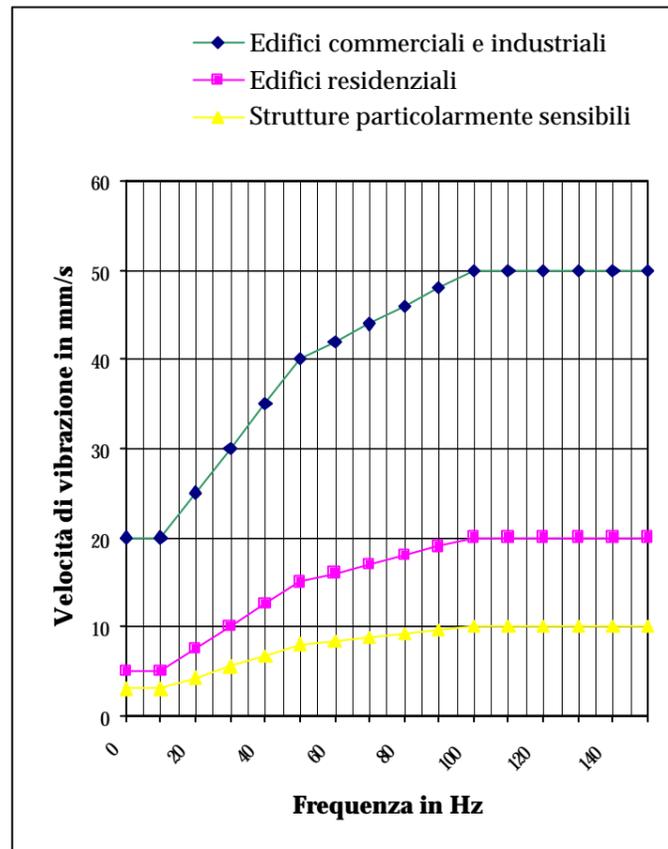
L'Appendice B della UNI 9916, che ha solo carattere informativo in quanto non costituisce parte integrante della norma, contiene i criteri di accettabilità dei livelli delle vibrazioni.

\* 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

**Velocità limite di vibrazioni in funzione delle frequenze e della tipologia di edificio (UNI 9916).**

Bisogna sottolineare che i valori riportati in tabella si intendono riferiti ai cosiddetti danni maggiori (danneggiamento di elementi strutturali, fessure nelle colonne di supporto, apertura di giunti, serie di fessure nella muratura) e non ai danni di soglia (formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco, o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici intonacate o sulle superfici di muri a secco; inoltre formazione di fessure filiformi nei giunti a malta delle costruzioni in mattoni e in calcestruzzo).

Tipi di strutture	Velocità di vibrazione in mm/s*			
	Misura alle fondazioni			Misura al pavimento dell'ultimo piano
	Campi di frequenza (Hz)			Frequenza diverse
	< 10	10 , 50	50 , 100**	
<b>Edifici utilizzati per scopi commerciali, edifici industriali e simili</b>	20	20 ÷ 40	10 ÷ 50	40
<b>Edifici residenziali e simili</b>	5	5 ÷ 15	15 ÷ 20	15
<b>Strutture particolarmente sensibili, non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco</b>	3	3 ÷ 8	8 ÷ 10	8



**Limitazioni delle velocità di vibrazione delle fondamenta  
 in funzione della frequenza UNI 9916.**

La norma DIN 4150/3 lega la probabilità del verificarsi di danni sull'edificio in funzione della velocità limite di vibrazione calcolata rispetto alla risultante delle velocità nelle tre diverse direzioni:

$$v_{lim} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Velocità limite (mm/s)	Danni
< 2,5	Nessuno
2,5 ÷ 6	Molto probabili
6 ÷ 10	Improbabili
> 10	Possibili

**Danni alle costruzioni in funzione della velocità limite (DIN 4150/3).**

La normativa ISO 4866 presenta una modalità di verifica di resistenza al massimo sforzo di flessione ricavato in funzione della velocità massima:

$$s_{max} = \sqrt{E_{dyn} \cdot r} * \sqrt{3 \frac{G_{tot}}{G_{beam}}} * k_n \cdot v_{max}$$

dove:

$E_{dyn}$  è il modulo di elasticità dinamico;

$r$  è la densità;

$\frac{G_{tot}}{G_{beam}}$  è il coefficiente di carico posto che  $G_{tot} = G_{beam} + G_{other loads}$  ;

$k_n$  è un coefficiente che può assumere valori tra 1 e 1,33 a seconda delle condizioni al contorno e al modo vibrazionale.

**Confronto tra i limiti massimi di disturbo alle persone e di stabilità degli edifici**

Al paragrafo 9 della norma UNI 9916 viene precisato che danni strutturali all'edificio nel suo assieme attribuiti a vibrazioni continue sono estremamente rari e comunque è necessario che le vibrazioni raggiungano livelli tali da causare prima fastidio e dolore agli occupanti l'edificio medesimo.

Ciò non implica che si possano escludere a priori danni alle strutture una volta verificato che i livelli delle vibrazioni siano inferiori a quelli stabiliti dalle varie normative per il disturbo alle persone.

Infatti per la valutazione degli effetti sull'uomo si deve considerare un intervallo di frequenze tra 1 e 80 Hz mentre gli edifici possono essere interessati da una gamma di frequenza più ampia. Pertanto, nel caso in cui un edificio rispondesse ad una particolare

eccitazione con uno spettro il cui contenuto energetico fosse distribuito soprattutto a frequenza maggiori di 80 Hz, si potrebbe sottostimare il problema verificando il rispetto delle norme ISO 2631-2 e UNI 9916.

Inoltre, se si volessero confrontare i limiti delle due "famiglie" di norme esprimendoli entrambi in termini di velocità, bisognerebbe tenere conto che quelli relativi al disturbo per gli individui sono riferiti a valori efficaci di velocità mentre quelli relativi alla stabilità degli edifici a valori di picco.

Nei casi in cui la gamma di frequenze caratteristiche delle vibrazioni indotte negli edifici sia compresa tra 1 a 80 Hz si può ritenere sufficiente la verifica dei livelli per il disturbo agli individui.

### 10.3 Caratterizzazione dello stato di fatto

L'area oggetto dell'intervento diretto è costituita dalla successione, per i tratti allo scoperto, di appezzamenti agricoli, alternati ad aree con abitazioni sparse e risulta interessata dalla preesistenza di limitate sorgenti di vibrazioni in quanto sono presenti alcune strade; nell'ultimo tratto, quello in adeguamento in sede è presente l'attuale tracciato dell'Appia con un notevole traffico di mezzi pesanti.

Lo studio del clima vibrazionale viene solitamente confinato ad una fascia di territorio ampia circa 50 m rispetto al margine della sorgente energizzante. Tale ampiezza può essere assunta sulla scorta di una ormai cospicua documentazione pregressa in base alla quale si evidenzia come tale distanza dalla sorgente vibrazionale risulti ragionevolmente cautelativa per la verifica dei fenomeni di attenuazione sostanziale della propagazione dei moti vibrazionali.

I moti vibrazionali inducono impatti su tre diverse tipologie di ricettori sensibili : alle persone fisiche, alle attività produttive ed agli edifici.

Elementi caratteristici delle vibrazioni sono il valore della frequenza e l'ampiezza; è noto come le vibrazioni più dannose e pericolose risultino essere quelle caratterizzate da basse frequenze, infatti l'intervallo delle frequenze più pericolose è contenuto tra 20 e 200 Hz e la distanza massima alla quale generalmente l'attenuazione fa diminuire radicalmente l'effetto è di circa 50 m dal punto di origine delle vibrazioni stesse (per

questo motivo tale distanza è stata assunta come significativa nel corso dello screening iniziale).

La quantità di moto trasmessa dagli autoveicoli (sia in fase di cantiere che in fase di esercizio) al pacchetto strutturale stradale e da questo ai terreni incassanti, ed infine da questi alle opere d'arte limitrofe (ricettori in genere), risulta variabile lungo i tracciati in funzione delle relative caratteristiche geometriche (variazioni della livelletta e dell'asse tracciato) e delle modalità di percorrenza da parte degli automezzi (accelerazioni e decelerazioni).

Pertanto i fattori che influenzano quali-quantitativamente l'entità degli impatti vibrazionali sono costituiti sia da aspetti connessi con la quantità di moto indotta dai mezzi in transito, che dalla natura del mezzo incassante e dalla tipologia dei ricettori.

In via qualitativa l'entità della quantità di moto trasmessa dai veicoli e dai mezzi d'opera in transito risulta aumentare con l'accentuarsi dei raggi di curvatura, con l'inasprirsi delle pendenze longitudinali e con la variazione della velocità di percorrenza.

Da questo punto di vista, l'andamento dei principali assi infrastrutturali di importanza e significatività progettuale si presenta favorevole ad un'intrinseca riduzione del fenomeno vibrazionale, presentando pendenze generalmente ridotte e lunghi tratti rettilinei, o quanto meno a ridotto sviluppo curvilineo.

Come prima accennato, a questi fattori connessi direttamente con la produzione della quantità di moto si sovrappone, in fase o meno, l'effetto indotto dalla specifica struttura dei terreni presenti all'interno dello spazio esistente tra la sorgente ed il singolo ricettore. In particolare risulta condizionante la capacità di smorzamento delle onde elastiche propria delle differenti tipologie del substrato litologico entro il quale si propaga l'energia vibrazionale, così come il numero e l'entità delle discontinuità presenti nell'ambito del volume litologico significativo (intendendo con tale termine quell'intervallo stratigrafico realmente interessato dai fenomeni di propagazione delle onde elastiche prodotte dalla sorgente vibratoria e dirette al ricettore esterno).

Per quanto riguarda le caratteristiche di "rigidità" e "sofficità" dei terreni presenti nell'area di intervento, dall'esame della carta geologica allegata al presente studio si può riscontrare come il substrato risulti essere, di natura sedimentaria, litoide o sciolto, a seconda delle zone.

Seguendo lo sviluppo del corridoio di indagine dallo svincolo di Itri verso la rotatoria di S. Croce, troviamo che tutto il primo tratto, quello compreso tra lo svincolo di Itri e l'imbocco ovest della Galleria Costamezza, è interessato da un pacchetto litologico con comportamento "soffice", in grado di determinare un maggior assorbimento delle onde elastiche, e quindi un effetto smorzante dei treni d'onda, in quanto il substrato litologico è caratterizzato dalla presenza di Depositi alluvionali-colluviali sciolti.

Il secondo tratto, che si sviluppa interamente in galleria (Galleria Costamezza), è interessato per l'ottanta per cento del tracciato dall'affioramento dei termini carbonatici le cui caratteristiche sono tali da poterli considerare come un substrato sismicamente "rigido", in grado di determinare un minor assorbimento delle onde elastiche, e quindi un effetto energizzante sui treni d'onda. Nell'ultimo tratto prima dell'uscita est della galleria il tracciato attraversa i terreni argillosi delle Argille con gessi caratterizzate da comportamento "soffice", in grado di determinare un maggior assorbimento delle onde elastiche.

Tutto il tratto compreso tra la galleria Costamezza fino allo svincolo di S. Croce si sviluppa su terreni prima argillosi (Argille con gessi e Argille varicolori) e poi sui terreni alluvionali-colluviali, tutti a comportamento "soffice", quindi in grado di determinare un effetto smorzante dei treni d'onda.

La schematizzazione sopra enunciata risulta coerente con quanto messo a punto dal C.N.R. in tema di comportamento sismico dei terreni; infatti la presenza di terreni incoerenti e/o debolmente cementati determina una condizione assimilabile ad uno strato sismicamente "soffice" tipicamente caratterizzato (sulla base di lavori bibliografici) da velocità di propagazione delle onde P ed S rispettivamente di 0,4-0,8 km/s e 0,2-0,4 km/s, mentre la presenza di terreni natura prevalentemente litoide determinerebbe un comportamento "rigido" con velocità di propagazione delle onde P ed S superiori a 1,5 km/s e 1,0 km/s.

Per quanto riguarda la vulnerabilità dei ricettori questa oltre all'evidente importanza della distanza rispetto alla sorgente vibrazionale, risulta anche funzione del numero di livelli in elevazione, della tipologia delle opere di fondazione, dell'età e dello stato di conservazione dei ricettori stessi. Naturalmente a questi fattori di ordine strutturale bisogna sovrapporre anche gli aspetti direttamente connessi con l'importanza e la destinazione d'uso del singolo ricettore.

E' infatti evidente, come d'altro canto esplicitato da tutte le normative e gli standard sulle vibrazioni a livello internazionale, che una stessa entità del fenomeno vibrazionale possa essere sopportata, per esempio, da un edificio a carattere industriale/produttivo (a meno che non risulti sede di attività di precisione) ma non necessariamente da uno residenziale o, ancora meno, da uno caratterizzato da valenze storico-testimoniali.

Naturalmente l'interdipendenza e l'influenza reciproca tra tutti gli elementi sopra citati determinano le caratteristiche locali di propagazione del moto vibrazionale e l'entità e le modalità sia dello smorzamento localizzato nell'interfaccia terreno/fondazione (mediante da 3 a 5 dB, crescente in maniera inversa rispetto al grado di ammortamento delle fondazioni nel terreno), che dell'amplificazione indotta dagli orizzontamenti delle strutture civili (ordine di 0-5 dB).

In riferimento alle Norme UNI 9916 e ISO 4866, trattate nel paragrafo dedicato alla normativa, che forniscono una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii per valutare gli effetti sugli edifici in relazione alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica, le sorgenti vibrazionali dovute al traffico sono caratterizzate da gamme di frequenza comprese tra 1 ed 80 Hz

Per quanto riguarda gli edifici, la trattazione di quelli ricadenti lungo il corridoio di inserimento progettuale parte, coerentemente con quanto in precedenza esposto per la natura predisponente del substrato litologico, dalla rotatoria di Itri.

In linea del tutto generale (valevole per l'intero tracciato), all'interno del corridoio di indagine sono stati individuati sia ricettori appartenenti al Gruppo 1 (edifici vecchi o antichi o strutture costruite con criteri tradizionali), che al Gruppo 2 (edifici e strutture moderne), con una marcata prevalenza di quelli appartenenti a Gruppo 2.

La categoria di struttura viene invece classificata in una scala da 1 a 8 con la resistenza alle vibrazioni crescente al decrescere della classe, in funzione delle caratteristiche costruttive degli edifici stessi.

In corrispondenza dell'inizio progetto, il tracciato stradale si snoda in corrispondenza di un'area caratterizzata da una presenza rada sul territorio di edifici di altezza pari a 2/3 piani con attività commerciali/produttive al piano terra e residenziali ai piani superiori, realizzati in prevalenza in cemento armato con fondazioni dirette, mentre solamente qualche raro edificio minore risulta essere realizzato in muratura.

Nel tratto compreso tra lo sbocco est della Galleria Costamezza e l'imbocco ovest della Galleria Campese 2 gli edifici sono caratterizzati prevalentemente da altezze di 2/3 piani, realizzati in cemento armato ed in buono stato di conservazione.

Procedendo lungo il tracciato, sempre in direzione Svincolo S. Croce, in corrispondenza dello sbocco est della Galleria Campese 2, viene lambita una zona interessata da recente lottizzazione con edifici residenziali di 4/5 piani in cemento armato; più avanti invece, fino al sottovia dell'Appia, il tracciato interessa un territorio caratterizzato dalla presenza di un edificato molto rado con prevalenza di edifici agricoli in muratura (anche in cattive condizioni di conservazione) e radi edifici residenziali in cemento armato a 1 o 2 piani. In questa zona, a sud del tracciato è presente un'area caratterizzata da edifici con attrezzature commerciali/produktive al piano terra e a destinazione residenziale ai piani superiori.

Dopo l'attraversamento dell'Appia il progetto prevede l'adeguamento del tracciato esistente fino a fine progetto. Nella parte iniziale di questo tratto, a monte del tracciato attuale troviamo degli edifici in cemento armato di tipo residenziale con 2/3 piani di sviluppo mentre nell'ultimo tratto troviamo a valle del tracciato degli edifici prevalentemente produttivi/commerciali mentre a monte sono presenti ancora edifici produttivi/commerciali frammentati ad edifici residenziali di 2/3 piani; tutto quest'ultimo tratto attraversa un'area di recente edificazione e quindi tutti gli edifici risultano realizzati in cemento armato.

#### **10.4 Aree sensibili**

In virtù dello stato attuale dei luoghi destinati ad ospitare il futuro tracciato stradale della Variante Appia, non si registrano sensibilità particolari.

#### **10.5 Effetti previsti in fase di costruzione**

In funzione delle caratteristiche e delle valenze del territorio di inserimento progettuale e delle tipologie di intervento e delle relative azioni di progetto necessarie per la realizzazione delle opere e dei manufatti, la checklist degli impatti potenziali indotti, per la componente "Vibrazioni", in fase di costruzione risulta essere la seguente :

- impatto vibrazionale indotto dalle sorgenti interne all'area di cantiere
- impatto vibrazionale indotto dalle sorgenti mobili sulla viabilità

##### **10.5.1 Impatto vibrazionale indotto dalle sorgenti interne all'area di cantiere**

L'alterazione del clima vibrazionale durante la costruzione dell'opera è riconducibile, in forma semplificata, alle fasi di approntamento delle aree di cantiere, al loro esercizio, nonché al transito dei mezzi pesanti per il trasporto in entrata ed in uscita dei materiali.

Durante la realizzazione delle opere in progetto si verificano emissioni vibrazionali di tipo continuo durante il giorno (impianti fissi, lavorazioni di lunga durata), discontinuo (mezzi di trasporto, lavorazioni di breve durata) e puntuale (demolizioni, esplosioni).

In funzione delle diverse fasi di lavoro, saranno evidentemente attivate differenti azioni costruttive, quindi differenti macchinari e lavorazioni ed in ultima analisi, differenti caratteristiche delle sorgenti vibrazionali.

I lavori di scavo legati alla realizzazione dell'opera in progetto provocano vibrazioni che propagandosi attraverso il terreno interessano l'ambiente circostante, le strutture vicine e i loro occupanti. Nel caso delle gallerie sotterranee, queste risultano impostate a profondità di sicurezza dal punto di vista della propagazione di moti vibrazionali, anche se sono da evidenziare situazioni in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie interessate dalla presenza di edifici vicini alle gallerie stesse, con coperture litologiche ridotte.

In definitiva, le attività di cantiere legate alla realizzazione dell'opera stradale determineranno impatti localizzati su ricettori posti a distanze tali da risultare significative (di norma si considerano 50 m come fascia di sensibilità, oltre i quali l'effetto dei moti energizzanti indotti sul substrato litologico perde di significato).

In ogni caso, a differenza della condizione di esercizio, durante le attività di cantiere non è univocamente determinata la geometria e le caratteristiche della sorgente perturbatrice ed inoltre le attività che vengono svolte sono molteplici e di svariata natura. Per valutare l'entità dell'impatto da vibrazione prodotto in fase di cantiere è indispensabile individuare le tipologie di lavorazioni svolte, il tipo di macchinari utilizzati e le modalità di impiego.

Bisogna inoltre distinguere il tipo di opera da realizzare. Nel caso di opere orizzontali le principali fonti di vibrazioni sono costituite dalle operazioni di

movimentazione delle terre (escavatori, autocarri, dozer) e compattazione del terreno (rulli vibrocompattatori). Nel caso della realizzazione delle opere in elevazione, le azioni di progetto più significative si riducono all'uso di macchinari per l'escavazione per la realizzazione delle strutture di fondazione.

#### **10.5.2 Impatto vibrazionale indotto dalle sorgenti mobili sulla viabilità**

Nel caso della rete stradale potenzialmente utilizzata dai mezzi d'opera, è evidente come le più sfavorevoli condizioni siano da attribuire ai percorsi caratterizzati da pavimentazioni in peggior stato di manutenzione (caratterizzati da elevata scabrosità, in grado di determinare una maggiore emissione energetica al contatto ruote/pavimentazione), andamento acclive e curvilineo (due elementi che determinano maggiori quantità di moto per i veicoli in transito e variazione del regime del motore), ristrettezza della sede stradale e vicinanza di ricettori residenziali (minore dispersione laterale delle emissioni vibrazionali) e substrato "rigido" (minore attenuazione dei moti vibrazionali trasmessi dai passaggi di veicoli, specie se pesanti).

A questo proposito l'intero settore centrale dell'area di progetto compreso tra la Galleria Costamezza e la Galleria Campese 2 risulta sfavorevole a causa della elevata acclività delle strade sulle quali transiteranno i mezzi d'opera per l'allontanamento dello smarino estratto nel corso delle attività di scavo delle gallerie e del materiale di risulta, nonché per l'approvvigionamento delle aree di lavorazione.

Per quanto riguarda il fondo delle strade sulle quali i veicoli pesanti saranno instradati, questo ad un primo e sommario esame, risulta sostanzialmente in buono stato di manutenzione, tranne casi sporadici (per una trattazione di maggiore dettaglio sullo stato manutentivo della viabilità afferente l'area di indagine si rimanda alla Componente Rumore).

### **10.6 Effetti previsti in fase di esercizio**

In funzione delle caratteristiche e delle valenze del territorio di inserimento progettuale e delle tipologie di intervento e delle relative azioni di progetto implicite nell'esercizio delle opere in esame, la checklist degli impatti potenziali indotti, per la componente "Vibrazioni", in fase di esercizio risulta essere la seguente :

- Induzione di fenomeni perturbativi

#### **10.6.1 Induzione di fenomeni perturbativi**

In fase di esercizio l'opera in questione comporterà modifiche rispetto alla situazione attuale per quanto riguarda l'impatto da vibrazioni nello stretto intorno del tracciato stradale, ciò è da ascrivere sia alla sfavorevole natura "rigida" del substrato (Galleria Costamezza), sia alla presenza di alcuni ricettori posti a distanze significative, inferiori ai 50 m.

La propagazione di livelli vibratorii nelle zone afferenti è atteso a seguito dei transiti dei mezzi pesanti, soprattutto in corrispondenza dei tratti con tipologia a raso o rilevato basso, in quanto la sorgente perturbatrice assume una configurazione approssimabile a lineare che induce livelli vibratorii maggiori rispetto a quelli indotti da sorgenti assimilabili a puntiformi (come ad esempio nel caso di pile dei viadotti).

Sulla base delle considerazioni espresse nell'ambito del paragrafo dedicato allo stato di fatto, emerge una situazione intrinsecamente favorevole, sostanzialmente caratterizzata da buone capacità di smorzamento ed attenuazione, ad eccezione della maggior parte della Galleria Costamezza che si sviluppa nei termini carbonatici a comportamento "rigido".

## 11. Salute pubblica

### 11.1 Area di studio e ricettori interessati

La valutazione degli effetti del progetto sulla salute pubblica delle popolazioni che insistono sull'intorno del corridoio di inserimento progettuale (popolazioni che rappresentano i ricettori virtuali di tale analisi) non può che avvenire all'interno di un'area di studio arealmente non circoscrivibile in maniera univoca. Pertanto tale ambito di studio è da intendersi in maniera estensiva e non circoscritta territorialmente.

### 11.2 Stato attuale

La salute pubblica delle popolazioni che insistono sull'area di intervento e sulle immediate vicinanze risente negativamente di numerosi fattori di decremento ambientale connessi con le emissioni energetiche (acustiche, vibrazionali ed elettromagnetiche) e chimiche (sostanze inquinanti e patogene).

All'interno dell'area indagata sono individuabili due di queste tipologie di sorgenti: gli elettrodotti ed i veicoli circolanti sulla rete stradale.

Per quanto riguarda questi ultimi, le fonti inquinanti potenzialmente in grado di danneggiare con i loro effetti indiretti la salute pubblica possono essere circoscritte ad i soli veicoli circolanti sulle strade più importanti (Via Appia e relative varianti), mentre praticamente nullo risulta il contributo ascrivibile alle strade di natura interpodereale, data la frequentazione irrisoria e le minime velocità medie di percorrenza.

Più delicato risulta il discorso relativo agli elettrodotti che attraversano l'area passando anche a non grande distanza da edifici abitati. L'esame di queste sorgenti di inquinamento elettromagnetico esula, in ogni caso, da una specifica trattazione in quanto il progetto in esame non riveste alcuna implicazione di natura elettromagnetica.

Sempre relativamente alla salute pubblica discorso a parte riguarda il problema dell'inquinamento luminoso. La situazione attuale sul tratto dell'Appia interessato dalla variante è caratterizzata dalla presenza presso lo svincolo di S. Croce di una torre faro e presso l'incrocio di accesso al Centro Commerciale panorama di classici lampioni stradali.

Mentre per gli altri aspetti la normativa di competenza è stata trattata nelle monografie delle singole componenti, relativamente all'inquinamento luminoso di seguito si riporta la normativa di riferimento.

#### 11.2.1 Normativa di riferimento per l'inquinamento luminoso

##### Leggi

- Decreto legislativo n. 285 del 30-4-1992 : "Nuovo Codice della Strada";
- DPR 495/92 : "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada";
- Decreto legislativo 360/93 : "Disposizioni correttive ed integrative del Codice della Strada" approvato con Decreto legislativo n. 285 del 30-4-1992;
- D.M. 12/04/95 Suppl. ordinario n.77 alla G.U. n.146 del 24/06/95 "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani Urbani del traffico";
- DPR 503/96 : "Norme sulla eliminazione delle barriere architettoniche";
- Legge n. 9 del gennaio 1991 "Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali";
- Legge n. 10 del 9 gennaio 1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia";
- Allegato II Direttiva 83/189/CEE legge del 21 Giugno 1986 n.317 sulla realizzazione di impianti a regola d'arte e analogo DPR 447/91 (regolamento della legge 46/90);

##### Norme

- Norma UNI 10439 : "Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato";
- Norma Uni 10819:"Luce ed illuminazione; Impianti di illuminazione esterna; requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso";

- Norma DIN 5044;
- Norma CEI 34 – 33 : "Apparecchi di Illuminazione. Parte II : Prescrizioni particolari. Apparecchi per l'illuminazione stradale";
- Norme CEI 34 relative a lampade, apparecchiature di alimentazione ed apparecchi d'illuminazione in generale;
- Norma CEI 11 – 4 : "Esecuzione delle linee elettriche esterne";
- Norma CEI 11 – 17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo";
- Norma CEI 64 – 7 : "Impianti elettrici di illuminazione pubblica e similari";
- Norma CEI 64 – 8 relativa alla "esecuzione degli impianti elettrici a tensione nominale non superiore a 1000 V".

### 11.3 Aree sensibili

Le aree maggiormente sensibili risultano coincidere con i settori a più stretto ridosso rispetto all'area di inserimento stradale in quanto sono quelle che maggiormente risentono del potenziale peggioramento delle condizioni del clima acustico ed atmosferico dovuto all'inserimento di circolazione stradale in un'area che ne è attualmente priva. Le caratteristiche fruizionali del territorio di inserimento fanno sì che queste possano sostanzialmente coincidere con quelle che sono state illustrate nell'ambito del precedente paragrafo sulla componente ambientale "rumore".

Relativamente agli aspetti legati all'inquinamento luminoso il progetto prevede l'illuminazione dell'area dello svincolo di Itri attraverso l'utilizzo di una torre faro.

Relativamente a tale problematica comunque non si evidenzia la presenza di ricettori particolarmente sensibili. Tra i possibili ricettori da considerare sono la flora e la fauna, per le possibili alterazioni che un'illuminazione eccessiva potrebbe avere sui cicli naturali.

### 11.4 Effetti previsti in fase di costruzione

In fase di costruzione gli impatti sulla salute pubblica sono riconducibili ai problemi di natura acustico-vibrazionale riscontrabili in corrispondenza delle aree di lavorazione, ad un parziale decremento atmosferico dovuto al transito di veicoli pesanti all'interno

dell'area incentrata sui cantieri stessi ed al disturbo, temporale e psicologico, dovuto al transito di questi stessi mezzi d'opera tra le zone di cantiere ed i collegamenti con la rete viaria principale da utilizzare per l'entrata/uscita nell'area operativa.

Per ciò che riguarda l'inquinamento luminoso gli impatti potrebbero rivelarsi anche durante la fase di cantiere. In tale fase sarà opportuno uniformarsi a quanto descritto dal codice della Strada vigente (Decreto legislativo 30 Aprile 1992, n°285 e successive modifiche) ispirato al principio della sicurezza.

In particolare, l'art.79 del regolamento del CdS prescrive che la visibilità notturna, durante i cantieri, debba essere assicurata mediante dispositivi d'illuminazione propria per trasparenza o per rifrangenza con o senza luce portata dal segnale stesso. Sarà pertanto obbligo dell'esecutore dei lavori adottare tutti gli accorgimenti necessari per la sicurezza della circolazione e del personale.

Tuttavia, in tale fase, pur rispettando il principio della sicurezza sarebbe opportuno, qualora si utilizzassero fari o lampioni, adottare un tipo d'illuminazione temporanea full cut off con schermatura piatta orientata verso il manto stradale, limitando fughe di luce verso l'alto.

### 11.5 Effetti previsti in fase di esercizio

L'entrata in esercizio della nuova arteria stradale comporterà effetti in parte negativi ed in parte positivi sulla salute pubblica dell'area; infatti se la circolazione di autoveicoli sulla nuova strada non potrà non comportare un decremento della situazione atmosferica ed acustica delle aree abitate a più stretto ridosso dell'opera viaria, va anche tenuto conto del fatto che questa stessa strada determinerà una razionalizzazione dei flussi trasportistici ed un'ottimizzazione dei tempi di spostamento e percorrenza per gli utenti dell'area vasta, tutti elementi migliorativi delle generali condizioni di salute pubblica della popolazione che insiste sul territorio servito dalla nuova strada.

Per quanto riguarda i livelli di incidentalità della rete stradale attuale, poco può dirsi a livello previsionale se non il fatto che la progettazione messa a punto ha tenuto conto degli aspetti di sicurezza in caso di incidenti in galleria (previsione di un apposito sistema di raccolta reflui nelle due gallerie a protezione dell'acquifero sottostante la Galleria

Costamezza e della sorgente di Acqualonga adiacente l'imbocco est della Galleria Monte Campese).

Relativamente all'inquinamento luminoso è importante che dal punto di vista progettuale l'impianto venga realizzato secondo quanto esplicitato nell'art.3 relativo alle norme tecniche di attuazione; "...Tutti gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione o in rifacimento, dovranno essere adeguati alle norme tecniche dell'Ente italiano di unificazione (UNI) e del Comitato elettrotecnico italiano (CEI) che definiscono i requisiti di qualità dell'illuminazione stradale e delle aree esterne in generale per la limitazione dell'inquinamento luminoso".

In particolare, le norme UNI da adottare sono:

- – UNI 10819: "Luce ed illuminazione; Impianti di illuminazione esterna; requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso";
- – UNI 10439: "Illuminotecnica; requisiti illuminotecnica per le strade con traffico motorizzato".

In quest'ottica sarà opportuno comunque limitare le emissioni degli impianti che illumineranno gli imbocchi delle gallerie tramite l'uso di fari asimmetrici o al più schermati, oppure utilizzando i vetri piatti in grado di ridurre l'emissione di luce lateralmente e/o verso l'alto.

## 12. Paesaggio

### 12.1 Area di studio e ricettori interessati

Il territorio di indagine è caratterizzato dal prevalere di tre diversi ambiti paesaggistici che sono stati individuati dall'analisi dei segni principali del paesaggio, sia naturali che antropici che caratterizzano la struttura del territorio stesso.

Ogni singolo sistema paesaggistico individuato è caratterizzato dal prevalere di più caratteri raggruppabili in più "sottosistemi", articolati come di seguito indicato:

Sistema Agrario:     Seminativo  
                          Uliveto  
                          Vigneto  
                          Colture in serra  
                          Case sparse

Sistema Naturale:   Aree Boscate  
                          Aree cespugliate  
                          Corso d'acqua  
                          Aree con affioramento di roccia nuda

Sistema Insediativo: Centro urbano  
                          Aree di espansione urbanistica

Dei diversi sottosistemi individuati soltanto quelli relativi al Sistema Naturale sono stati evidenziati sul relativo elaborato cartografico, in quanto rappresentanti di ambiti profondamente differenti tra loro.

Sotto il profilo percettivo assumono inoltre valore di "elementi complementari" le infrastrutture lineari quali la linea ferroviaria Roma-Napoli, il sistema viario e gli impianti dell'elettrodotto, in quanto vengono a interrompere la continuità dei sistemi paesaggistici.

Sempre nell'ambito della trattazione della componente paesaggio sono stati evidenziati anche i principali elementi morfologici quali le linee di cresta, le culminazioni, i sistemi vallivi (apertie/o stretti), i punti panoramici.

### 12.2 Stato attuale

#### 12.2.1 Gli aspetti paesaggistici

I tre sistemi individuati costituiscono tre diverse fasce allungate più o meno parallelamente rispetto alla linea di costa ed estese da questa verso l'interno.

A ridosso del sistema naturale della fascia costiera si individua il Sistema Insediativo del Comune di Formia, il cui centro urbano con struttura lineare sviluppata lungo la costa rimane limitato, ad eccezione di alcune aree di espansione e dell'area occupata dal cimitero, a valle della Ferrovia Roma-Napoli.

Il sistema insediativo è stato fortemente condizionato dalla morfologia dei luoghi. Le ripide propaggini dei monti Aurunci e delle colline antistanti hanno costretto le infrastrutture e l'urbanizzazione entro l'esigua fascia costiera pianeggiante. Formia è da sempre un punto di passaggio obbligato delle grandi arterie di comunicazione fra Roma e Napoli: l'Appia Antica, la direttissima FS degli anni venti e, purtroppo, anche la superstrada litoranea degli anni cinquanta.

La concentrazione di infrastrutture di livello nazionale e la posizione baricentrica nel golfo di Gaeta hanno assegnato alla città una posizione rilevante fra i comuni dell'hinterland. Alla antica tradizione turistica si è aggiunta, a partire dal secondo dopoguerra, una vocazione per il commercio e la fornitura di servizi. Conseguentemente, si è registrata una crescita demografica costante nel corso del secolo precedente, particolarmente intensa negli ultimi decenni.

La via Appia da sempre ha rappresentato l'asse che struttura l'insediamento. Agli inizi del secolo scorso, nella parte centrale essa ha costituito la matrice degli insediamenti che hanno saldato i due centri storici, mentre all'esterno, soprattutto verso Gianola, è diventata l'asse portante di un sistema insediativo organizzato "a pettine", con penetrazioni verso Santojanni e Gianola. A monte della via Appia, un'altra strada di antico impianto, diretta a Maranola, risale fino a quota 200 metri, per terminare a Castellonoro, seguendo un percorso parallelo all'Appia. All'inizio del secolo, l'abitato di Maranola, comune autonomo così come Castellonoro, era chiuso da mura e si raccoglieva intorno alla torre medioevale ancora esistente, mentre la campagna ospitava già numerose case sparse.

Nella prima metà del secolo scorso si consolida soprattutto l'area centrale dell'abitato di Formia, sviluppandosi lungo l'Appia e in direzione ortogonale, dal porto (costruito nel 1922) verso la stazione ferroviaria (dal 1927 servita dalla linea ferroviaria "direttissima").

Durante la seconda metà del secolo scorso il precedente modello di sviluppo lineare si trasforma e si origina una più complessa conurbazione che coinvolge i centri minori, che trova sostegno soprattutto nei collegamenti viari secondari, quasi tutti ricalcanti antichi tracciati rurali.

In questo periodo, la crescita della città avviene secondo tre modalità:

- consolidamento ed espansione delle aree centrali di Formia, Maranola-Trivio e Castellonorato-Penitro;
- espansione periferica nei nuovi insediamenti di S.Croce, Castagneto e Acqualonga;
- diffusione delle case sparse, in buona misura destinate a residenza stagionale.

Un'espansione ingente, ma priva di qualità edilizia e di servizi, si accompagna all'impetuosa crescita demografica che si registra dopo il 1971.

Nell'insieme, l'area urbanizzata verrà ad occupare 880 ha, completando l'urbanizzazione dell'intero territorio compreso fra la linea di costa e il tracciato ferroviario, circa 550 ha, e in alcuni punti l'edificazione compatta supera la barriera ferroviaria, estendendosi nell'entroterra verso Maranola e verso le altre colline.

Seppure il sistema insediativo costituisce un forte elemento strutturante il paesaggio, nel complesso il territorio di studio risulta caratterizzato dal prevalere degli altri due sistemi paesaggistici individuati, i cui rispettivi limiti risultano alle volte poco evidenti andando l'uno a sfumare nell'altro: il sistema agrario e il sistema naturale.

Il sistema agrario interessa un'estesa porzione di territorio sviluppata in generale a nord della ferrovia e lungo le propaggini del versante occidentale del M. Orso e dei versanti di Costa Mezza, di M. S.Maria e di M. Mola.

Sebbene a forte connotazione agricola questo sistema paesaggistico risulta caratterizzato da una rete di insediamenti abitativi collegati per lo più da piccole strade interpoderali, che conferisce una particolare connotazione in termini di paesaggio al territorio in quanto insediamenti residenziali convivono senza soluzione di continuità assieme ad impianti agricoli produttivi.

Se l'elemento caratterizzante del sistema agrario è costituito dall'uliveto, che interessa in maniera diffusa il territorio, è però da evidenziare come nell'ambito delle aree più prossime al centro urbano, a valle della linea ferroviaria, diventi caratterizzante la presenza delle colture in serra.

Il sistema naturale, differenziato nei quattro sottosistemi prima elencati, interessa in generale la porzione settentrionale del territorio di studio, ovvero i rilievi di Costamezza, M. S.Maria, M.di Mola e M. Campese.

In particolare si riscontra la predominanza delle aree a gariga e pseudosteppa mediterranea che ricoprono con continuità i rilievi di M. S. Maria e di M. di Mola ed il versante meridionale di Costamezza. Tali rilievi inoltre sono caratterizzati dalla presenza di significativi elementi morfologici quali linee di cresta ben definite, culminazioni morfologiche e valli comprese tra un rilievo e l'altro.

Nell'ambito del Sistema Naturale molto numerosi risultano i corsi d'acqua che vengono a costituire elementi lineari caratterizzanti, in definitiva, questa parte di territorio. In particolare è proprio lungo le aree di displuvio che si sono sviluppati i numerosi insediamenti abitativi che caratterizzano il sistema agrario.

Come già accennato la continuità dei diversi sistemi paesaggistici è interrotta dalla presenza di "elementi complementari" lineari di origine antropica. Tali elementi di particolare intrusione visiva sono rappresentati dalla Ferrovia Roma-Napoli, dalla S.S.7 Via Appia e dalle infrastrutture elettriche (elettrodotti).

Riguardo questi elementi infrastrutturali è da sottolineare come ad eccezione del primo tratto prossimo alla Stazione di Itri, sia la ferrovia, quanto la Via Appia corra a ridosso del centro abitato costituendo il limite verso nord del sistema insediativo.

### **12.2.2 Gli aspetti percettivi**

Le caratteristiche del territorio e quelle tipologiche dell'intervento progettuale determinano la profondità massima della percettibilità visiva in base alla quale è possibile impostare il limite del bacino visuale, inteso come luogo di tutti i punti del territorio che entrano in corrispondenza visuale biunivoca (intervisibilità), cioè il perimetro entro il quale le aree e gli elementi progettuali risultano reciprocamente visibili.

Le condizioni di intervistibilità sono determinate dalla possibilità "teorica" che dal sito di intervento possa essere osservata una certa estensione di territorio e che,

conseguentemente, ogni punto di tale territorio costituisca a sua volta un luogo di potenziale osservazione dell'opera in oggetto.

Gli elementi caratterizzanti, dal punto di vista percettivo, l'intervento in progetto sono riconducibili ad opere "orizzontali" (in questo caso essenzialmente costituite dai rilevati stradali), e da opere "in elevazione" di nuova realizzazione (costituite dai ponti, dai cavalcavia e dagli imbocchi delle gallerie).

All'interno del bacino visuale sono stati individuati i diversi ricettori percettivi, definiti in funzione degli elementi fruizionali statici (l'ampio cono visuale che dal nucleo abitato di Maranola, in posizione panoramica, si protende verso il mare) e dinamici (viabilità afferente) presenti sul territorio. L'elevata articolazione del bacino percettivo localmente confinato dai rilievi collinari articolati alle spalle dell'abitato di Formia, e ulteriormente schermato dalla vasta presenza di vegetazione agricola (uliveti) presenti determina una ridotta incidenza dei ricettori mobili e fissi, riconducibili a brevi tratti della viabilità nelle vicinanze dell'asse di progetto.

Ad eccezione dell'abitato di Maranola, posto in posizione rilevata e panoramica rispetto ad un lungo tratto centrale del tracciato di progetto, del tutto sporadica è la presenza di ricettori a connotazione "fissa", riconducibili ai soli fruitori dei manufatti presenti nei pressi del tracciato di progetto, molti dei quali, come detto già in precedenza, schermati dagli uliveti presenti su un'ampia porzione di territorio.

La morfologia del territorio è molto articolata con versanti che salgono verso quote elevate. Dai versanti di questi rilievi più alti è possibile che si scorga il tracciato, ma la distanza e l'assoluta non fruizione di tali aree non ne ha determinato il censimento, in quanto del tutto non significative ai fini del presente Studio.

Come già accennato in precedenza, tra questi punti esterni, ne esiste uno singolare, situato alle spalle del tracciato, rispetto all'abitato di Formia, in corrispondenza della frazione di Maranola. Da qui è possibile percepire appena lo skyline del futuro corpo stradale sullo sfondo del versante, densamente coperto di uliveti, che degrada verso l'abitato di Formia ed il mare.

Gli elementi di percezione sopra riportati sono stati supportati da una indagine fotografica lungo l'intera area di interesse che si è concretizzata nella acquisizione di una serie di immagini (rivolte verso il corpo stradale) prese da punti che risultassero luoghi significativi dal punto di vista della loro fruizione. Le fotografie più significative sono state

inserite nella documentazione grafica della Carta della percezione visiva per evidenziare ed oggettivizzare le condizioni di intervisibilità della zona di progetto rispetto ai principali ricettori individuati. Nella Carta della percezione visiva inoltre sono stati evidenziati i tratti ad elevata percezione visiva, i coni visuali ed i principali elementi di percezione: di qualità paesaggistica (boschi), di interesse storico-artistico e gli elementi detrattori.

### **12.2.3 La funzione schermante della vegetazione**

Come si evince dalla precedente trattazione, i numerosi uliveti presenti all'interno del territorio di indagine esercita, localmente, una funzione schermante nei confronti delle future opere stradali. Questa funzione raggiunge, chiaramente, la massima efficacia in corrispondenza dei tratti dove la copertura raggiunge le massime densità e continuità spaziali, ove lo spessore delle chiome risulta tale da chiudere pressoché completamente la vista.

Anche in assenza di elementi vegetazionali che presentino un carattere spiccatamente bidimensionale, l'effetto quinta risulta comunque apprezzabile se non altro spezzando la retrostante immagine delle future opere stradali in una serie di viste puntuali che nell'insieme perdono la connotazione infrastrutturale.

Naturalmente l'efficacia osservabile anche nel caso di associazioni a spiccata connotazione agricola quali gli uliveti costituisce un elemento di analisi con notevoli implicazioni per la successiva fase di individuazione delle misure di mitigazione degli impatti percettivi.

### **12.2.4 Caratteri socio economici**

Formia presenta un quadro demografico tuttora dinamico (+15% dei residenti nel decennio 1981-1991). Il rapido processo di riduzione della composizione media dei nuclei familiari porta a una crescita ancora più accentuata del numero delle famiglie (+24%, rispetto al 17% della provincia e al 12% del Lazio). Negli anni più recenti, una quota consistente dei flussi di immigrazione è giunta dall'area napoletana. Si consideri infatti che, dopo Roma e Milano, la provincia di Latina assorbe i maggiori flussi in uscita dall'area metropolitana di Napoli. La poca distanza che separa Formia dalla grande conurbazione campana potrebbe quindi determinare l'avvio di un non auspicabile

fenomeno di estensione della periferia (con funzione di dormitorio) dell'area metropolitana oltre i confini provinciali e regionali.

Anche la crescita delle abitazioni nel periodo 1981-1991 è stata eccezionalmente sostenuta, con un incremento del 30%, più elevato di quello provinciale (23%) e regionale (17%). Si tratta in prevalenza di costruzioni abusive: nel periodo considerato infatti l'edificazione legale corrisponde a meno della metà di quella calcolata dall'Istat.

In buona sostanza, per ogni famiglia in più si sono costruite 1,7 abitazioni. Ne deriva necessariamente un tasso di utilizzo molto basso: circa il 30% del patrimonio abitativo infatti risulta non occupato. E' un dato che si spiega solo in parte con la vocazione turistica di Formia, essendo piuttosto il segnale di un vistoso fenomeno di spreco edilizio, determinato dalla diffusa propensione a costruire comunque e dovunque (ma soprattutto, come si è visto, nelle zone agricole) in assenza di adeguati controlli da parte dei pubblici poteri. In verità, Formia condivide questo spreco edilizio con i comuni limitrofi, anch'essi affetti da una crescita edilizia indipendente dalle esigenze del mercato locale.

Dal punto di vista economico Formia presenta un tasso di attività (ossia, un rapporto fra popolazione attiva e popolazione totale) più basso della media provinciale e, ancor più, della media regionale. La consistenza delle unità locali non diverge notevolmente da quella della provincia di Latina. Per converso, l'economia del comune è incentrata sul settore terziario, pubblico e privato, differenziandosi dal contesto provinciale, nel quale riveste un ruolo preminente il settore secondario.

Nel complesso, i caratteri dell'economia locale presentano maggiori similitudini con le aree del Mezzogiorno, tant'è che alcuni segnali di crisi economica possono essere imputati alla situazione generale manifestatasi nell'ultimo decennio nel Sud Italia. Tuttavia una spiegazione specifica, a scala locale, deve fare riferimento ai settori portanti dell'economia stessa, il turismo e il commercio.

La causa più importante della crisi del turismo risiede nei caratteri assunti dallo sviluppo negli anni Settanta e Ottanta e in particolare nello sfruttamento dissennato delle risorse naturali (inquinamento marino; uso improprio del territorio, con la costruzione intensiva di abitazioni non corredate dei necessari servizi; inquinamento atmosferico ed acustico connesso con il traffico urbano e con l'attraversamento della città da parte del traffico extra urbano). Il peggioramento delle condizioni ambientali si è trasformato nel tempo in un vincolo alla crescita ulteriore, portando ad una stagnazione delle attività connesse al

turismo. Le strutture alberghiere in Formia si sono ridotte di 1/3 circa in numero (16 nel 1981, 11 nel 1997); la capacità ricettiva in termini di posti letto si è ridotta in misura molto più contenuta; le presenze, di poco superiori a quelle dell'inizio degli anni Ottanta, sono anch'esse drasticamente ridotte rispetto al 1991. L'offerta delle strutture alberghiere si è, nel frattempo, orientata verso le esigenze delle attività produttive, a testimonianza del mutamento delle condizioni generali. Persino le strutture extra alberghiere (campeggi e alloggi privati) hanno subito una flessione delle presenze negli anni Ottanta, nonostante il notevole incremento del patrimonio di alloggi privati registrato nel medesimo periodo.

I problemi del settore commerciale sono invece da ricondurre alla perdita di peso dell'intera economia pontina rispetto alle aree circostanti, in special modo quelle di Cassino e Frosinone. Il degrado ambientale e i problemi di traffico possono anche aver contribuito al mancato 'aggancio' alle aree limitrofe della Campania, ma indubbiamente, i problemi interni al settore hanno svolto un ruolo rilevante nella caduta di peso relativo rispetto alle aree circostanti.

In una cronaca degli anni trenta l'attività agricola principale dell'agro formiano era la coltura dei limoni e degli agrumi, che portavano ad indicare quest'area come un avamposto della lontana Sicilia. Anche i vigneti rappresentavano una produzione piuttosto rinomata insieme ad alcune qualità di pere, esportate con grande profitto. A completare la varietà dei prodotti agricoli si citavano il carrubo, il melograno, e l'olivo. Già allora, significativamente, veniva fatto riferimento all'eccessivo frazionamento della proprietà fondiaria, addirittura polverizzata, descritto come l'ostacolo principale per le possibilità di sviluppo dell'attività agricola, e si indicavano forme di cooperazione e di partecipazione quali strumenti per ovviare alla ridotta dimensione aziendale.

Questa situazione ha indotto negli anni successivi a promuovere un uso intensivo del terreno e l'impianto di colture fortemente redditizie. Ma l'esito è stato la permanente fragilità del settore, esposto a forti crisi che successivamente ne hanno determinato la contrazione piuttosto che favorirne lo sviluppo. Tant'è che oggi l'attività agricola è improntata per lo più ad una conduzione familiare part-time e all'autoconsumo. L'area agricola di Formia ha quasi definitivamente perduto i suoi caratteri originari, degradandosi in una sorta di sconfinata semi-periferia che ormai ha occupato quasi tutto lo spazio praticabile fra l'insediamento costiero e i centri collinari, snaturando il paesaggio tradizionale e in condizioni di grave precarietà igienica e infrastrutturale. Un processo

distruttivo agevolato dalla precedente normativa urbanistica che ha consentito l'ipocrisia dell'abitazione agricola e del magazzino per attrezzi trasformato correntemente in abitazione.

### **12.2.5 Emergenze di interesse archeologico e storico-testimoniale**

Dal punto di vista storico l'area in esame, in cui si inserisce la città di Formia con il suo territorio, riveste un'importanza notevole ed altrettanto considerevoli sono i resti archeologici emergenti, esistenti o attestati dalle fonti.

La città di Formia era forse in origine centro aurunco e secondo le fonti il suo nome deriverebbe dal greco hormos, denominazione giustificata dagli approdi greci sul litorale.

L'organizzazione dell'insediamento più antico e della più antica viabilità, fino all'evoluzione in sistema urbano, offre come unica testimonianza una serie di terrazze sostenute da muri megalitici, per la maggior parte ad elementi bugnati, disposte a cadenza regolare lungo tratturi pedemontani in buona parte attuali, convergenti sulla rocca formiana. Le ricerche archeologiche condotte negli anni compresi tra il 1930 e il 1950 hanno portato alla scoperta di questi numerosi resti di mura a blocchi di pietra a secco che riportano ad una medesima tipologia strutturale costituita da recinti quadrangolari chiusi su tre lati, con il quarto lato probabilmente chiuso da palizzate a protezione di capanne esistenti all'interno. Questi recinti si trovavano in genere presso corsi d'acqua a carattere torrentizio e parecchi di essi erano disposti lungo la "Via Greca", tracciato stradale preesistente alla via Appia. Alcune delle località in cui si trovano queste mura sono: Piroli, le Murelle, l'Acerbara, Santa Maria la Noce, Pagnano. In quasi tutti i casi gli insediamenti avevano carattere difensivo contro le scorrerie dei Greci e degli Etruschi e la maggior parte di essi avrebbe poi costituito la base di ville rustiche sorte in epoca romana repubblicana e sarebbero state in esse inglobati. La disposizione di questi insediamenti è interpretabile come una prima forma organizzata di colonizzazione legata al pascolo che dovette avvenire forse poco prima o nel VI secolo a. C.

Dopo l'occupazione volsca, all'inizio del V secolo a. C., Formia entrò nell'orbita romana prendendo la cittadinanza senza diritto di voto nel 334 a. C., mentre nel 188 a. C. ebbe piena cittadinanza.

Lo sviluppo della città si dovette in primo luogo alla presenza della via Appia che, dal momento della sua costruzione nel 312 a. C., rappresentò il principale asse viario del

territorio romano nell'ambito di una politica di espansione non solo militare ma anche di apertura verso il mondo greco. Sono ancora visibili tratti della pavimentazione a basoli tra Formia e Itri (km 136,500) con il miliario romano LXXXV eretto su un basamento moderno.

Formia costituiva dunque in questa fase una tappa nei viaggi verso la Magna Grecia e poi verso l'Oriente. Inoltre beneficiava di un entroterra fertile e di un litorale favorevole agli approdi, elementi che la resero prospera economicamente.

La cittadina visse il suo periodo di massimo splendore in età tardo-repubblicana quando divenne una località ricercata per ville marittime caratterizzate da imponenti terrazzamenti. L'aristocrazia locale, come la famiglia dei Mamurra tra i cui esponenti si annoverano senatori dell'età repubblicana, che ha lasciato il proprio ricordo nel toponimo di una zona che conserva proprio i resti di un insediamento antico su cui probabilmente si costruì una villa, ma soprattutto molti esponenti della classe senatoria romana costruirono grandi residenze su tutto il litorale i cui numerosi resti confermano i dati delle fonti letterarie. Tra i più noti personaggi, anche Cicerone fu proprietario di una villa a Formia nella quale morì. Di questa residenza rimangono poche tracce, interpretabili come parte della sua villa, nella valle di Pontone. Questo è infatti un sito in cui si sviluppò un unico contesto archeologico davanti al monte Costamezza. Ai piedi di questo rilievo, davanti alla tomba di Cicerone, si trovano infatti i resti di una villa rustica costruita su un più antico insediamento in mura megalitiche bugnate, ampliato con strutture in opera incerta e dotato all'interno di una cisterna. La villa di Cicerone è denominata dagli autori Formianum e deve essere forse estesa ad un possedimento collinare di cui rimane una costruzione rurale in località Acerbara poco distante dalla tomba di Tullia figlia di Cicerone.

In età imperiale la città divenne colonia romana sotto Adriano e fino alla fine dell'Impero non sono da ricordare rilevanti episodi storici legati alla città.

Tra la fine dell'età tardoantica e i primi secoli del Medioevo la struttura del sistema insediativo nella fascia costiera del Lazio meridionale subì mutamenti profondi, destinati a sconvolgere completamente l'antico assetto del territorio. Già a partire dal IV secolo d. C. la contrazione dell'attività di scambio e l'affermazione di un'economia prevalentemente fondiaria avevano determinato una sensibile diminuzione d'importanza degli antichi centri municipali, come Formia, poli ordinatori dell'organizzazione romana sul territorio. Le città

dovevano trovarsi di fronte a difficoltà notevoli che avrebbero determinato lo spopolamento degli insediamenti a vantaggio della campagna. La caduta della capacità di intervento dell'amministrazione imperiale aveva inoltre avviato un lento deterioramento dell'imponente complesso delle infrastrutture territoriali. La decadenza dell'Appia in particolare, asse fondamentale del tessuto viario dell'area, dovette provocare un grave impoverimento all'economia urbana con conseguente regresso delle condizioni di vivibilità negli insediamenti.

Formia, per la sua favorevole posizione, aveva assolto un'importante ruolo nodale nel sistema delle comunicazioni e degli scambi commerciali, il disfacimento dell'antico ordinamento strutturale segnava invece una notevole diminuzione della sua rilevanza nell'assetto complessivo del territorio. La via Appia inoltre costituiva un fattore di grave instabilità per Formia esposta al pericolo continuo di saccheggi e distruzioni. Nel corso del VI secolo tali pressioni emersero in maniera drammatica accentuando le spinte disgregative che gravavano sulla città. Durante il conflitto greco-gotico (535-553 d. C.) proprio i territori costieri del Lazio meridionale furono al centro di aspre contese che ebbero ripercussioni notevoli sulla vita dei nuclei urbani. Sul finire del secolo lo stanziamento in Campania dei Longobardi, che diedero vita ad una vasta entità territoriale destinata a costituire il ducato di Benevento, avrebbero recato ulteriori motivi di instabilità. Infatti, pur non riuscendo a stabilire un dominio duraturo sul territorio, i Longobardi del ducato beneventano compivano frequenti incursioni nella fascia costiera del Lazio meridionale. Formia, occupata probabilmente dai Longobardi sia pure per breve periodo, dovette subire disagi notevoli rimanendo isolata quasi del tutto. Perfino il clero fu indotto a lasciare la propria sede formiana per cercare scampo sulle coste siciliane, ma il pontefice nel 594 scrisse a Massimiano, vescovo di Siracusa, per sollecitare il ritorno dei religiosi formiani alla loro chiesa. In questo periodo le istituzioni religiose avevano acquisito un ruolo fondamentale per l'esistenza dell'insediamento ed erano oggetto del costante interesse rivolto dai pontefici alle vicissitudini della chiesa formiana, anche perché Formia, dopo la soppressione della diocesi di Minturno, rappresentava un riferimento essenziale per la chiesa nel Lazio meridionale.

Tra il VII e l'VIII secolo l'abbandono di gran parte delle strutture abitative attestate lungo la via Appia provocò un'ulteriore graduale frammentazione dell'unità urbana, avviando la formazione di due distinti nuclei insediativi di modeste proporzioni: uno da cui avrà poi

origine il borgo di Mola nella periferia orientale della città, l'altro, il futuro Castellone, nell'area fortificata.

Tra la fine dell'VIII e gli inizi del IX secolo Formia, perduta la propria autonomia amministrativa, dipendeva da Gaeta. Ma l'insediamento non era morto e scavi condotti negli anni 70 sotto la chiesa di S. Erasmo hanno restituito un gran numero di testimonianze ascrivibili al IX secolo.

Fin dai primi anni del IX secolo i Saraceni durante le loro incursioni sulle coste tirreniche della penisola avevano toccato di frequente il litorale formiano. La presenza di questo popolo ebbe ripercussioni notevoli sull'esistenza dei nuclei sorti sulle rovine dell'antica civitas. Tuttavia si determinò una certa continuità negli insediamenti che impedì un totale spopolamento del territorio. Dopo la battaglia del Garigliano del 915, che avrebbe sancito la fine dell'insediamento musulmano nel Lazio meridionale, riprese quel processo di riorganizzazione avviato durante l'età longobarda. L'affermazione definitiva del dominio di Gaeta sui territori costieri del Lazio meridionale determinò un clima di relativa stabilità che pose le premesse per lo sviluppo futuro dei centri abitati dell'area nell'età medievale e post-medievale.

### **12.3 Aree sensibili**

Ad eccezione dell'estrema porzione meridionale caratterizzata dal sistema insediativo il territorio presenta sotto il profilo paesaggistico una sensibilità, più o meno elevata determinata dagli elementi strutturanti i sistemi naturale ed agrario. Infatti pur non essendo presenti elementi ambientali di elevato pregio, la particolare distribuzione di coltivazioni agrarie e di piccoli nuclei residenziali che insistono su versanti che mantengono ancora caratteri di naturalità costituisce nel suo insieme un elemento di pregio relativamente al resto del contesto paesaggistico.

Nell'ambito del sistema agrario, lungo il corridoio di inserimento progettuale, risultano sensibili soprattutto le aree interessate dagli uliveti e dai nuclei residenziali localizzati a monte della linea ferroviaria. In particolare risultano degne di menzione l'area compresa tra la località Balzorile e la località Castagneto e le aree localizzate a valle della località Piano di Piroli. Un'ultima area sensibile, a scala di maggiore dettaglio, è infine rappresentata dalla zona che ospita il Santuario di S. Maria della Noce.

Relativamente agli aspetti percettivi le aree sensibili sono individuabili tre aree corrispondenti rispettivamente all'area di svincolo di Itri, al Santuario di S.Maria della Noce (per la realizzazione della canna di ventilazione, ed alle pendici di Monte Campese dove verrà realizzato un rilevato di elevato sviluppo verticale).

Relativamente alle interferenze con elementi storico-archeologici la valutazione del rischio archeologico ha preso in considerazione l'interferenza potenzialmente esistente fra le diverse evidenze censite e il tracciato stradale, nei diversi tratti, con eventuali opere connesse. In questo tipo di valutazione è risultato fondamentale considerare la tipologia del tracciato, oltre alla distanza dei siti e delle evidenze archeologiche dal tracciato stesso, oltre che le possibili estensioni di aree archeologiche che possano essere intercettate dalle opere infrastrutturali da realizzare.

#### **12.4 Effetti previsti in fase di costruzione**

Un particolare aspetto dell'impatto sul paesaggio può essere attribuito alla presenza dei cantieri che, con un'occupazione sia pur circoscritta nel tempo, connoterà in maniera senz'altro notevole l'ambiente dell'area dei lavori proprio perché i relativi ampi bacini percettivi sono privi di particolari elementi di confinamento.

In particolare, l'organizzazione geometrico-spaziale prevedibile per le aree di cantiere lungo il corridoio di inserimento progettuale riveste particolare importanza dal punto di vista paesaggistico-percettivo soprattutto in corrispondenza delle aree di attacco della perforazione della galleria naturale. Queste aree di cantiere risulteranno particolarmente difficili da mitigare.

Prescindendo dalle considerazioni di natura prettamente percettiva, sopra esposte, l'alterazione indotta durante la fase di cantiere sulle configurazioni paesaggistiche assume una rilevanza notevole in considerazione del disturbo causato da elementi "estranei" in ambiti a connotazione agricola e naturale. Il disturbo maggiore sarà determinato in corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione delle gallerie artificiali in quanto sarà interferito, il sistema agricolo, il sistema naturale e le aree urbanizzate all'interno del sistema agricolo.

Relativamente agli aspetti storico-archeologici, sulla base delle presenze individuate e delle tipologie di opere previste si possono considerare quattro categorie di rischio archeologico relativo: alto, medio, basso e nullo e si individuano i seguenti tratti del tracciato sottoposti alle diverse categorie di rischio archeologico relativo.

In genere i segmenti con andamento in galleria naturale sono stati considerati sempre sottoposti a rischio nullo in quanto le opere da realizzare non sembrano incidere sugli strati potenzialmente interessati da depositi archeologici.

Perciò eliminando dalla valutazione del rischio relativo tutto il tratto in galleria molto esteso della galleria Costamezza, si prendono in considerazione gli altri segmenti:

Il primo segmento del corridoio stradale fino all'imbocco della galleria Costamezza si considera sottoposto ad un alto rischio archeologico relativo. Sarà opportuno prevedere nelle successive fasi progettuali la predisposizione di indagini archeologiche preliminari; inoltre tutte le operazioni di scavo per la realizzazione delle opere stradali dovranno svolgersi sotto l'alta sorveglianza di un archeologo.

Il secondo settore del corridoio stradale preso in considerazione, per il quale si ha un rischio basso, ha inizio dall'imbocco ovest della galleria artificiale Balzorile 2 fino all'imbocco ovest della galleria artificiale Campese 1. Esso è considerato sottoposto ad un basso rischio archeologico relativo solo nel punto corrispondente all'evidenza n. 33 (resti di mura poligonali) per la tipologia delle opere da realizzare e per la tipologia della struttura archeologica interessata distante circa 100 metri dal tracciato. Si ritiene comunque opportuna la presenza di un archeologo in cantiere durante le fasi di scavo per la realizzazione delle opere in progetto.

Il terzo settore ha inizio dall'imbocco ovest della galleria artificiale Campese 2 e termina all'inizio del tratto in adeguamento dell'Appia.

Questo è il segmento di corridoio più a rischio per quanto riguarda l'archeologia. Infatti a cavallo del tracciato da realizzare e ad esso molto vicine si dispongono resti di mura poligonali ed i resti di una villa romana. Tutta l'area attraversata è da considerarsi quindi ad alto rischio archeologico.

Anche per tutto questo tratto di strada sarà opportuno prevedere nelle successive fasi progettuali la predisposizione di indagini archeologiche preliminari da concretizzarsi attraverso la realizzazione di trincee archeologiche; inoltre tutte le operazioni di scavo per

la realizzazione delle opere stradali e di quelle connesse dovranno svolgersi sotto l'alta sorveglianza di un archeologo.

### **12.5 Effetti previsti in fase di esercizio**

Le interferenze indotte dalla realizzazione dell'opera in progetto si manifestano sul paesaggio sia sotto l'aspetto dell'intrusione visiva e dell'alterazione dei bacini visuali, che dal punto di vista dell'alterazione delle configurazioni del territorio.

Le modificazioni indotte dalla realizzazione dell'opera in progetto sotto il profilo paesaggistico-percettivo interessano esclusivamente i tratti in cui l'opera d'arte si trova in superficie. L'intero tratto previsto in galleria ovviamente non determina alcuna interferenza di carattere paesaggistico-percettivo.

Per quanto riguarda l'ultimo tratto del tracciato di progetto, il solo ampliamento della attuale sede stradale previsto verso monte non determina modificazione significativa dell'attuale profilo percettivo e dell'organizzazione paesaggistica dell'ambito d'inserimento.

A determinare le alterazioni permanenti più rilevanti della percezione paesaggistica saranno invece le opere accessorie necessarie per il ripristino della continuità viaria. La maggiore altezza dell'opera d'arte accessoria determina infatti ampliamenti del relativo bacino di percezione visiva. La scelta di ridurre quanto possibile le quote di progetto e di adottare tipologie costruttive a "basso profilo" limita intrinsecamente a poche aree gli impatti di questa natura.

Per quanto riguarda il primo tratto del tracciato di progetto, quello compreso tra lo svincolo Itri e l'imbocco della Galleria Costamezza, le alterazioni permanenti più rilevanti della percezione paesaggistica sono legate alla realizzazione dello svincolo stesso e di tutte le sue opere accessorie.

Sotto il profilo della percezione visiva sono inoltre da considerare anche gli impatti determinati dalla realizzazione della parte terminale fuori terra del camino di evacuazione fumi della galleria Costamezza, posta alle spalle del Santuario di S. Maria delle Noci e dal rilevato stradale posto allo sbocco est della galleria artificiale Campese 2. Per tali aree si renderanno quindi necessari adeguati interventi di mitigazione esplicitati nel Quadro di Riferimento Progettuale.

Riguardo i sistemi paesaggistici si deve sottolineare come l'inserimento di un'infrastruttura lineare di un certo rilievo, come una strada di grande comunicazione, all'interno di ambiti a connotazione agricola e naturale privi di un sistema viario rilevante, venga a rappresentare un forte fattore di disturbo in quanto interrompe la continuità dei sistemi stessi.

### **13. Sintesi delle interferenze opera/ambiente e stima degli impatti**

Si richiamano di seguito gli aspetti di interferenza ambientale dell'opera in progetto evidenziati nelle monografie tematiche riferite alle singole componenti e fattori ambientali.

Gli impatti vengono quindi "pesati" con l'ausilio di una matrice di controllo e facendo riferimento alla metodologia descritta nel volume Quadro di riferimento programmatico. Alla matrice degli impatti si affianca una matrice delle mitigazioni che evidenzia le correlazioni fra impatti significativi ed opere di mitigazione previste nel progetto.

Le valutazioni sono articolate in riferimento a 5 tratti "omogenei" in cui è stata suddivisa l'opera nello sviluppo delle analisi ed inoltre in riferimento all'alternativa di progetto che interessa i tratti III e IV.

In termini generali l'area di intervento non risulta caratterizzata da particolari valenze ambientali, né storico-architettoniche a motivo del notevole grado di antropizzazione del territorio legato soprattutto alla grande urbanizzazione degli anni '70 che ha, da un lato, saturato l'ambito compreso fra la linea di costa e la ferrovia e, dall'altro, si è estesa in parte nell'entroterra interessando le pendici collinari. Di notevole ricchezza è invece il patrimonio archeologico rispetto al quale sono state evidenziate nello studio le aree di presenza accertata o potenziale.

All'interno di un territorio sostanzialmente privo di comunità vegetazionali significative (ad eccezione della sughereta di Costamezza presente marginalmente in corrispondenza del tratto iniziale della variante stradale), caratterizzato da corsi d'acqua di limitata estensione longitudinale ed a spiccato comportamento stagionale, non si sono rilevati ambiti di particolare pregio naturalistico; solo in corrispondenza dei fianchi dei rilievi calcarei la naturalità del territorio riesce a prendere il sopravvento pur in presenza di uno storico sfruttamento silvo-pastorale.

Anche dal punto di vista del sistema fisico non sono individuabili motivi di particolare interesse se si esclude la presenza di una falda acquifera molto estesa all'interno dei rilievi carbonatici che drena verso la sorgente Mazzoccolo, che alimenta l'acquedotto di Formia. Gli elementi geologici maggiormente significativi sono rappresentati dalle forme

carsiche in grado di favorire il recapito di inquinanti verso la falda sotterranea che alimenta la sorgente Mazzoccolo e dalle faglie presenti negli affioramenti calcarei in grado di condizionare le modalità di perforazione della galleria naturale ed i relativi tempi di esecuzione.

#### **13.1 Atmosfera**

In considerazione della tipologia dell'opera in progetto gli impatti sulla componente atmosfera sono riconducibili principalmente ad un problema d'immissione di polveri nei bassi strati dell'atmosfera, di deposizione al suolo e di emissioni dei mezzi d'opera correlati alla fase di costruzione dell'opera.

Il problema della diffusione delle polveri si manifesta soprattutto in prossimità delle attività di cantiere (polveri prodotte dalla frantumazione di inerti, dallo smarino, dal trasporto dei materiali); si tratterà essenzialmente di minuscoli frammenti di materiale inerte proiettati in atmosfera.

Poiché nei tre cantieri operativi, proprio per ridurre al minimo l'inquinamento atmosferico prodotto dalle attività e dai mezzi di cantiere, si è definito un attento lay-out che tiene conto del posizionamento delle fonti di emissioni atmosferiche impattanti, dell'utilizzo di barriere antipolvere o pannellature metalliche e dell'adozione di impianti e mezzi d'opera incapsulati e dotati di sistemi di abbattimento delle polveri, si ritiene che le azioni di mitigazione siano sufficienti a contenere i ricettori più vicini entro i limiti di legge. Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza le azioni di mitigazione integrative.

Al di fuori delle aree di stretta lavorazione, si è valutato l'incremento di inquinamento atmosferico generato dal transito dei mezzi d'opera sulle strade circostanti l'area di lavorazione per mantenere sotto controllo i livelli di concentrazione dei vari inquinanti; le simulazioni effettuate evidenziano incrementi ridotti di concentrazione degli inquinanti considerati; queste concentrazioni sommate alle concentrazioni di fondo rilevabili (generalmente influenzate da significativi livelli di traffico) sono state ritenute sicuramente trascurabili. In fase di esercizio non si evidenziano situazioni critiche.

Riguardo gli impatti in termini di emissioni in atmosfera di inquinanti dalla canna di ventilazione della galleria naturale Costamezza va comunque sottolineato che la posizione dell'uscita esterna della canna di ventilazione, molto lontana dall'abitato di Formia e quindi dai possibili ricettori, ad una quota di circa 260 m s.l.m., e la sua ridotta funzionalità legata ai soli eventi accidentali (incidenti con incendio) fa sì che le ricadute legate all'inquinamento atmosferico siano solo di carattere temporaneo, limitato nel tempo e con frequenze ridottissime. Dato il legame tra tipologie e quantità di emissioni e numero e caratteristiche dei veicoli ipoteticamente coinvolti in un evento accidentale non risulta possibile simulare gli eventuali impatti.

### **13.2 Suolo e sottosuolo**

Le interferenze con la risorsa suolo, misurata rispetto alla capacità d'uso a fini agricoli, sono connesse al fatto che, se pure il tracciato in progetto interferisce con suoli caratterizzati da severe limitazioni che riducono la scelta delle colture, di fatto nel tempo si è avuto uno sviluppo di colture ortensi, seminativi ed uliveti che saranno interessati dal passaggio dell'infrastruttura e dalle attività di cantiere; fa ovviamente eccezione il tratto 2 (Galleria naturale di Costamezza) che non presenta interferenze con la risorsa suolo.

Il settore agricolo risulta quindi interferito in fase di costruzione dell'opera essendo i cantieri ed il tracciato superficiale ubicati in aree prevalentemente agricole (sottrazione di suolo ad uso agricolo per la preparazione dei cantieri; interruzione temporanea dei collegamenti aziendali), tuttavia tale problematica appare significativamente ridimensionata per il carattere fortemente residuale e poco strutturato del comparto agricolo nella fascia interessata dall'infrastruttura e dai cantieri operativi. Si rileva infatti una accentuata modificazione delle caratteristiche originarie del paesaggio agricolo e dell'assetto aziendale dovute alla marcata urbanizzazione e crescita edilizia in un primo momento connessa all'attività agricola e successivamente trasformata in edilizia civile, con una marginalizzazione dell'attività agricola tradizionale ed una significativa riduzione della superficie agricola utilizzata (SAU).

Anche al fine di ripristinare eventuali collegamenti aziendali interrotti sono comunque previsti diversi interventi complementari sulla viabilità locale nell'intorno dell'opera.

In fase di realizzazione dell'infrastruttura, soprattutto nelle aree di cantiere, l'occupazione temporanea di suolo dovrà inoltre essere affrontata in maniera tale da garantire il massimo recupero possibile dei luoghi a fine lavori; nelle aree con suoli soggetti a limitazioni legate al rischio di erosione (classi L2 ed L3 presenti nel tratto 3), andranno adottate misure di cautela e di salvaguardia per attenuare il più possibile effetti di erosione accelerata e/o degradazione connessi con l'asportazione di copertura suolo-vegetazione.

Rispetto al rischio di inquinamento del suolo si rileva come la permeabilità verticale dei suoli affioranti appare molto elevata, soprattutto nelle aree prossime ai carbonati e quelle coincidenti con gli stessi; inoltre lo spessore dello strato pedologico risulta mediamente troppo ridotto per poter rappresentare un serio ostacolo ai moti di filtrazione delle sostanze inquinanti verso il basso. Sulla base di tali elementi si ritiene di poter considerare elevata la capacità di propagazione verticale nel suolo delle sostanze inquinanti potenzialmente sversate.

In riferimento al sottosuolo le indagini idrologiche, idrauliche, geotecniche e sismiche hanno evidenziato la presenza delle seguenti aree sensibili: l'area in corrispondenza del settore maggiormente tettonizzato della struttura carbonatica e, quindi, in corrispondenza delle fasce milonitiche (tratto 2); nell'ambito della struttura dei Monti Aurunci, all'imbocco ovest della galleria di "Costamezza" ove è localizzata una fascia di roccia cataclasata, alterata; nel versante meridionale del Monte Campese per l'individuazione di condizioni di instabilità geomorfologica dovute alla predisposizione al crollo di blocchi lapidei (tratto 3).

In generale un elemento di criticità è rappresentato dalle numerose forme carsiche rilevate in superficie, tra cui diverse grotte ed inghiottitoi, che fanno supporre la presenza di un reticolo carsico ben sviluppato all'interno della formazione carbonatica.

Alcune problematiche minori di natura geomeccanica si evidenziano nei tratti 4 e 5 ma vengono opportunamente affrontati nel progetto, attengono alla fase di costruzione e non avranno effetti sulle aree circostanti. In specifico, nel tratto 4 in variante (località Acqualonga), il rilevato che servirà per l'appoggio delle carreggiate poste a mezza costa sulle pendici di Monte Campese è di notevoli dimensioni e insiste su litotipi con comportamento meccanico diverso; in coincidenza con il sottovia "Acquatrasversa" (sez.: 365 circa), data la natura dei sedimenti attraversati, in fase di costruzione sarà

necessario prevedere opportune opere di sostegno per le notevoli spinte che si determineranno sulle pareti, durante la fase di scavo; nella restante porzione di tracciato (tratto 5) è stata evidenziata una piccola area in corrispondenza del sottopasso sulla Via Appia (sez.: 390 circa), ove i litotipi attraversati possiedono scadenti caratteristiche geotecniche.

#### Alternativa di tracciato

Per ciò che concerne l'alternativa di tracciato, l'area maggiormente sensibile è quella dell'imbocco orientale della galleria (pendici di Monte Campese e con riferimento alla soluzione prescelta le sezioni indicativamente sono dalla 320 alla 330) ove si trovano scarpate, rotture di pendenza e possibile caduta di blocchi dalla formazione dei Conglomerati neritici.

Una volta realizzata l'opera, tutte le problematiche connesse con il decadimento delle condizioni geotecniche e geomorfologiche delle diverse aree attraversate risulteranno sostanzialmente esaurite. L'unica "attenzione" residua sarà focalizzata al sollecito ripristino dei manti vegetali sia a monte dell'opera, sia presso gli imbocchi delle gallerie anche per contribuire alla stabilità dei versanti.

Per quanto concerne invece la problematica di sversamenti accidentali, la corretta ubicazione di sistemi di raccolta, drenaggio e disinquinamento assicura che anche tale problematica può considerarsi risolta.

Infine, gli unici elementi geologici ancora in grado di determinare impatti sulle opere realizzate potranno manifestarsi in corrispondenza delle zone di lineazione tettonica e debolezza strutturale che possono fungere da amplificatori delle onde sismiche. La soluzione di tale aspetto, comunque, non può che avvenire tramite un'attenta ed oculata definizione degli interventi a livello di progettazione esecutiva.

### **13.3 Ambiente idrico**

La problematica principale riguarda il rischio di alterazione della qualità delle acque di falda sia in fase di costruzione dell'opera sia in caso di sversamenti accidentali; è in riferimento a questo aspetto che dovranno essere previsti adeguati accorgimenti, opere di mitigazione e sistemi di monitoraggio e controllo.

Nel tratto 1 è presente un cospicuo numero di pozzi con captazioni, pur non essendo stata accertata una falda superficiale molto vicina al piano campagna, pertanto lavori e/o aree di cantiere dovranno essere organizzati in modo tale da limitare il più possibile il rischio di interazione con le risorse idriche della zona. Nel tratto 2 l'intera area che sottende la galleria naturale "Costamezza" è molto sensibile, poiché i rilievi attraversati da tutto il tracciato (Costamezza, Monte S. Antonio e Monte Di Mola) appartengono al complesso calcareo fortemente tettonizzato e carsificato, dove, proprio in corrispondenza di elementi morfostrutturali, quali inghiottitoi e faglie, si registrano le maggiori problematiche. Infatti, alcuni dei lineamenti tettonici rilevati in quest'area sono caratterizzati da spesse fasce cataclasiche e milonitiche in grado di tamponare efficacemente la falda profonda, provocando perdite di carico concentrate anche di notevole entità. Oltre a ciò, l'altro elemento di particolare criticità è rappresentato dalle numerose forme carsiche rilevate in superficie, tra cui diverse grotte ed inghiottitoi, che fanno supporre la presenza di un reticolo carsico ben sviluppato all'interno della formazione carbonatica; tale reticolo potrebbe infatti essere intercettato durante la fase di realizzazione della galleria, almeno in due punti, ad ovest di Monte di Mola e sulla sommità dello stesso.

Lo studio appositamente condotto dal Prof. Boni "Studio Idrogeologico della sorgente Mazzoccolo" porta ad escludere che le opere di scavo della galleria possano interessare il settore perennemente saturo dell'acquifero regionale che alimenta la sorgente Mazzoccolo; la sensibilità dell'area quindi è legata essenzialmente alle venute d'acqua in galleria e/o possibili crolli (si veda quanto detto a proposito della componente suolo e sottosuolo) ed al rischio di alterazione della qualità delle acque sotterranee, in concomitanza con sversamenti accidentali.

Nel tratto 3 la sensibilità è la stessa del primo tratto, poiché anche in quest'area vi è una elevata captazione. La presenza di alcune modeste falde idriche sospese non sembra comportare rischi eccessivi, tuttavia va mantenuta la salvaguardia della qualità delle acque.

Per la restante porzione, dalla sez. 300 alla sez. 315, il tracciato potrebbe interferire con la falda contenuta all'interno dei conglomerati neritici calcarei, che viene a giorno con la sorgente di Acqualonga. Pertanto anche in quest'area vi è il rischio di alterazione della qualità delle acque di falda, oltre ad un loro possibile intercettamento durante lo scavo

della galleria artificiale "Campese 2°" e "Campese 1°". Le gallerie artificiali sopra citate non sono perpendicolari alla linea di deflusso che convoglia verso la sorgente; quindi non vi è rischio di interruzione del continuum idraulico.

Anche nel tratto 4 in variante va evidenziato il rischio di alterazione della qualità delle acque di falda (sezioni 315 – 325), poiché poco più a valle dell'infrastruttura vi è la Sorgente di Acqualonga. Tale rischio è relegato anche all'eventuale caso di sversamenti accidentali. Dalla sezione 340 circa in poi, invece, il tracciato attraversa un'area di captazione per cui il rischio è minore ed è relegato all'eventuale alterazione della qualità delle acque superficiali contenute all'interno dei sedimenti della conoide alluvionale.

Nel tratto 5, moderatamente sensibile, resta il rischio di alterazione della qualità delle falde superficiali, soprattutto qualora durante le fasi di scavo si dovessero riscontrare falde sospese all'interno dei sedimenti alluvio-colluviali.

#### Alternativa di tracciato

Le aree sensibili inerenti l'alternativa di progetto sono relegate ai tratti all'aperto poiché si attraversano aree di captazione della falda superficiale. Anche qui valgono le stesse considerazioni degli altri tratti, con l'aggravio che la tipologia in trincea potrebbe interrompere il continuum idraulico sub-superficiale. Infine, l'attraversamento per un notevole tratto del "serbatoio" della sorgente Acqualonga (cioè Monte Campese), pone maggiormente a rischio l'eventualità di inquinare la qualità delle acque di falda; acque a cui i piccoli e medi fondi agricoli fanno ricorso per le loro pratiche di irrigazione.

Un'ultima osservazione riguarda il carattere torrentizio dei corsi d'acqua che provoca un elevato carico solido (con rilevanti punte idrauliche); tale eventualità è stata tenuta in conto dimensionando opportunamente le luci dei ponti che saranno realizzati.

### **13.4 Vegetazione e fauna**

Il territorio in esame presenta alcuni limitati aspetti di particolare pregio naturalistico quali i boschi a prevalenza di Roverella, di Sughera e di Leccio e le formazioni igrofile lungo i corsi d'acqua. A queste si aggiungono le aree coperte da gariga e pseudo-steppa mediterranea che, quali forme di degradazione, si pongono come momenti delicati della

dinamica vegetazionale. È inoltre importante sottolineare che queste aree sono elementi di diversificazione del paesaggio, utili alla fauna come luoghi di ricerca di cibo.

L'intervento proposto interessa soprattutto aree agricole le quali, dal punto di vista ambientale, sono di per sé già alterate dall'azione antropica e quindi meno sensibili delle aree coperte da vegetazione naturale o seminaturale. In particolare le zone interessate da colture annuali possono essere ripristinate con facilità e in breve tempo.

Durante la fase di cantiere si possono determinare, in corrispondenza delle aree di lavorazione, diverse tipologie di effetti, in alcuni casi a carattere temporaneo, mentre in altri a carattere permanente.

Rispetto alla sottrazione di vegetazione seminaturale ed arborea l'impianto del cantiere comporta inevitabilmente la sottrazione di specie vegetali, effetto che potrebbe facilitare il fenomeno dell'erosione del suolo.

Nel deterioramento della struttura fisica e chimico-fisica del suolo gioca un ruolo fondamentale anche l'uso dei pesanti macchinari usati in edilizia.

La fase di costruzione dell'opera comporta eliminazione di vegetazione igrofila e seminaturale arbustiva, per cui si prevede una stessa tipologia di impatto, ma quantificabile in modo diverso. Se infatti erbe, arbusti e alberi, svolgono tutti la funzione di protezione del suolo, fissazione dei gas tossici, produzione di ossigeno e immagazzinamento di elementi nutritivi, gli alberi, per conformazione anatomica e durata del ciclo di vita si collocano come elementi di maggior rilievo, degni quindi di particolare attenzione. Nel tratto 3 si prevede sottrazione irreversibile di vegetazione arborea di tipo igrofilo in corrispondenza dello scatolare sul corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, mentre nel caso dell'attraversamento del Canale di Valle, lo stesso tipo di impatto si configura come reversibile, così come nell'area sottostante il viadotto a tre campate a nord di esso. Lungo la Galleria artificiale Campese 2 si ha sottrazione reversibile di vegetazione seminaturale arbustiva, a 50 m dall'imbocco ovest della carreggiata nord e a 150 m dall'imbocco ovest della carreggiata sud.

Il Cantiere industriale "Balzorile" porta poi alla sottrazione reversibile di un lembo di forma triangolare di vegetazione sinantropica.

Nel tratto 4 si prevede sottrazione irreversibile di vegetazione seminaturale arbustiva per i primi 100 m a partire dagli imbocchi est della Galleria artificiale Campese 2. Il ponte n. 10 attraversa l'area golenale del Torrente dell'Acquatrasversa interferendo in modo

reversibile con la vegetazione arborea igrofila che, per un tratto di circa 20 m a partire dalla spalla est del ponte stesso, subisce invece un impatto di tipo irreversibile. Anche il ponte n. 11 interferisce in modo reversibile con la vegetazione igrofila del Fosso di Marmorano.

Alternativa di tracciato

Si ha sottrazione irreversibile di vegetazione arborea igrofila in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle. Lo stesso tipo di impatto diventa reversibile nell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta sottrazione reversibile di vegetazione arborea.

Il tratto in artificiale dell'imbocco est della galleria della carreggiata nord comporta sottrazione reversibile di vegetazione seminaturale arbustiva.

L'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa determina sottrazione reversibile di vegetazione arborea igrofila, impatto che diventa irreversibile per il tratto in cui il tracciato passa dentro l'area golenale, che si sviluppa ad est della spalla del ponte.

Lo stesso tipo di impatto, ma reversibile lo si ravvisa per l'attraversamento del Fosso di Marmorano.

Rispetto all'alterazione dell'evoluzione delle serie vegetazionali, (successione di specie che, partendo dal suolo nudo, porta dalle specie pioniere alle definitive) riveste un ruolo fondamentale la fase di mitigazione perché può e deve diventare occasione di ripristino, ma anche di "spinta" nei confronti della dinamica vegetazionale, o può addirittura costituire il salto di qualità verso fasi più evolute che, col normale corso degli eventi, si realizzerebbero in tempi più lunghi. Solo in pochi punti si avranno alterazioni di tipo irreversibile: nel tratto 3 in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle tra gli sciolari delle due carreggiate; nell'alternativa di tracciato dove si ha alterazione irreversibile in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle e nel tratto in cui il tracciato intercetta l'area golenale, che si sviluppa ad est della spalla del ponte.

Non si ritiene invece significativa l'interferenza nei confronti della vegetazione arbustiva intaccata dalla Galleria artificiale Campese 2, perché si tratta di un lembo marginale di gariga, lontano dai boschi di Roverella.

Rispetto ai disturbi alla fauna, inevitabilmente durante i lavori si distruggeranno dei rifugi e si arrecherà disturbo alle quotidiane attività di riposo, accoppiamento, ricerca di cibo, ecc. L'impatto legato al disturbo alla fauna in fase di cantiere si configura comunque sempre come reversibile, in quanto destinato a cessare con l'allontanamento del cantiere.

Nel tratto 3 si prevede che potrà essere indotto disturbo di tipo reversibile alla fauna del Canale di Valle in corrispondenza del ponte n. 5 e del viadotto a tre campate a nord di esso. Si ritiene di poter altresì trascurare il disturbo alla fauna della zona interessata dalla Galleria artificiale Campese 2, poiché si tratta di una zona marginale appartenente ad un'area vasta, per cui è lecito pensare che gli animali possano evitare con facilità le aree di lavorazione. Nel tratto 4 si prevede disturbo alla fauna di tipo reversibile in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa e del Fosso di Marmorano.

Alternativa di tracciato

Si ha disturbo alla fauna di tipo reversibile in corrispondenza dell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta lo stesso tipo di impatto, così come l'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa e del Fosso di Marmorano.

Rispetto alla interruzione dei corridoi di spostamento faunistico (sorta di "percorsi protetti" attraverso cui si spostano gli animali, soprattutto negli ambienti in cui la matrice dominante è marcatamente ostile, come le aree urbanizzate, coltivate in modo intensivo o attraversate da molte infrastrutture viarie), l'effetto è particolarmente rilevante laddove l'opera interessa i corsi d'acqua, unici corridoi presenti, cui fanno riferimento moltissimi esseri viventi.

Nel tratto 3 solo l'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle può costituire un'interferenza nei confronti dello spostamento della fauna. Tale impatto si configura come reversibile perché, nonostante l'alterazione indotta dallo sciolare, la funzione dopo un po' di tempo potrà essere ripresa.

Lo stesso tipo di impatto lo si ravvisa per il Canale di Valle, nell'attraversamento tramite il viadotto a tre campate, mentre non è presente nel tratto attraversato dal ponte n. 5, poiché in quel punto la vegetazione delle sponde non prosegue oltre.

Nel tratto 4 si prevede interruzione reversibile dei corridoi di spostamento faunistico nel corso della costruzione dell'attraversamento del Fosso di Marmorano e dell'area golenale del Torrente dell'Acquatrasversa.

Alternativa di tracciato

Si ha interruzione reversibile dei corridoi di spostamento faunistico in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle, mentre non si segnalano interferenze con il Canale di Valle e con il fosso di Balzorile, perché entrambi interessati in una porzione terminale della vegetazione sponale.

L'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa determina interruzione reversibile dei corridoi faunistici e lo stesso tipo di impatto, ma reversibile lo si ravvisa per l'attraversamento del Fosso di Marmorano.

Rispetto all'effetto di disturbo alla fauna in fase di esercizio, vale quanto esposto relativamente al disturbo indotto alla fauna dalla fase di cantiere, con la differenza dell'irreversibilità dell'impatto.

Solitamente alcune specie sono in grado di adattarsi alle nuove condizioni, ma per molte altre la nuova situazione può rivelarsi insostenibile e queste possono soccombere o decidere di allontanarsi dall'area per cercare luoghi più favorevoli. È sicuramente il caso delle specie più tipiche degli ambienti forestali, solitamente elusive e riservate, che mal si adatterebbero alla convivenza con una struttura viaria.

Un forte impatto potrebbe poi riguardare le specie che popolano i corsi d'acqua, soprattutto quando questi ultimi sono interessati dalla costruzione di sciolari (tratto 3 ad ovest del canale di Valle; alternativa di tracciato sempre ad ovest del canale di Valle).

Rispetto agli ecosistemi il maggior impatto potenzialmente inducibile in fase di costruzione risulta essere il seguente :

- ü Eliminazione o alterazione di habitat reversibile
- ü Eliminazione o alterazione di habitat irreversibile

ü Alterazione delle componenti biologiche di connessione reversibile

L'eliminazione o alterazione di habitat , nel caso in esame, potrebbe riguardare i corsi d'acqua, ma l'attraversamento con i ponti elimina di fatto questi problemi perché il fondo e le correnti non vengono modificati, se non per il tempo necessario alle attività dei cantieri. Diverso è il caso in cui si prevedono degli sciolari come nel tratto 3 (canale di Valle) ovvero dove si è in presenza di un'area che viene interclusa dalla viabilità accessoria (tratto 4).

Alternativa di tracciato

Si ha alterazione irreversibile di habitat in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua a ovest del Canale di Valle. Lo stesso tipo di impatto diventa reversibile nell'attraversamento del Canale di Valle ed è da segnalare l'interferenza della carreggiata nord con il Fosso di Balzorile, che comporta l'alterazione reversibile dell'habitat, così come l'attraversamento del Torrente dell'Acquatrasversa e del Fosso di Marmorano.

Alterazione delle componenti biologiche di connessione (il concetto è riconducibile a quello di corridoio faunistico, in un'accezione più ampia, non limitata alla sola componente animale, ma relativa a tutti gli elementi dell'ecosistema), tale impatto si segnala nel tratto III, anche se di tipo reversibile e connesso alla previsione di un viadotto a tre campate (opera complementare) e nel tratto 4 nella costruzione degli attraversamenti del torrente dell'Acquatrasversa e del fosso di Marmorano; alla fine dei lavori la situazione dovrebbe tornare allo stato originario.

Alternativa di tracciato

Si ha alterazione reversibile delle componenti biologiche di connessione in corrispondenza degli attraversamenti del Torrente dell'Acquatrasversa e del Fosso di Marmorano. Come già sottolineato si ritiene di poter trascurare la capacità connettiva del Canale di Valle e del Fosso di Balzorile, in quanto l'interferenza si localizza in una zona terminale della vegetazione sponale.

In fase di esercizio, l'esistenza dell'infrastruttura viaria in progetto potrebbe indurre effetti di carattere irreversibile sugli ecosistemi in termini di alterazione delle componenti biologiche.

Rispetto alla funzionalità fluviale del Rio Santa Croce (area SIC), è stata valutata l'incidenza legata alla fase di esercizio dell'opera in progetto in quanto si prevede l'immissione delle acque di piattaforma nei fossi confluenti, in destra idrografica. Tali acque derivano dal dilavamento dei suoli stradali ad opera delle piogge e possono, in taluni casi, trasportare direttamente olii e carburanti o metalli pesanti negli ambienti acquatici. I microinquinanti di natura idrocarburica non danno luogo a fenomeni di alterazione degli ecosistemi particolarmente evidenti (schiume, morie di pesci, acque torbide, ecc.), ma non per questo sono meno nocivi.

Dal punto di vista della funzionalità fluviale il tratto terminale del Rio S. Croce, appare già in parte alterato (canalizzazione ed assottigliamento della fascia ripariale) e pertanto minore è la sua capacità di autodepurazione. L'immissione di inquinanti andrebbe quindi costituire un ulteriore fattore di degrado a carico del sistema fluviale ed è quindi necessario predisporre sistemi di trattamento delle acque di piattaforma, da localizzare prima dell'immissione negli affluenti del Rio S. Croce.

### **13.5 Rumore e vibrazioni**

Sono stati rilevati i recettori che potrebbero subire impatto acustico in fase di costruzione in riferimento alla presenza di viabilità di cantiere.

Nello specifico nella zona in cui il progetto si sviluppa per un breve tratto in viadotto e rientra nuovamente in galleria, è prevista la prima via di cantiere che si raccorda con la SS 7 Appia attuale penetrando in corrispondenza a Via Olivastro, all'interno del territorio urbano densamente edificato: qui oltre al cimitero, si segnalano 2 ricettori sensibili (scuole).

Rispetto al Cantiere industriale "Balzorile", le strade interessate dal transito dei mezzi di cantiere (che fuoriescono dal corridoio dei 500 m. dell'asse di progetto) sono, a partire dall'attuale SS 7, Via Olivastro, via Castagneto, Via Rotabile (via M.te Aurunci). Il territorio attorno a Via Olivastro (zona interessata Cimitero - Appia) è caratterizzato dalla presenza di edifici di recente costruzione a destinazione mista residenziale-commerciale e residenziale-produttivo, la zona è ad intensa attività umana (piazza del mercato,

artigianato, attività commerciali), gli edifici sono distanziati tra di loro e presentano un medio sviluppo verticale (3-5 piani).

Attorno a via Castagneto troviamo: il cimitero ed alcune singole abitazioni di limitato sviluppo verticale.

Il territorio attorno a Via Rotabile nella parte interessata dai transiti di cantiere è poco edificato nella prima parte, mentre nell'ultima parte, verso l'incrocio con Via Pientime, è maggiormente urbanizzato con una destinazione d'uso residenziale: la distribuzione più fitta degli edifici sul territorio (nella maggior parte condomini) e il loro elevato sviluppo verticale (8-10 piani), denotano una zona ad elevata densità abitativa.

La zona nel complesso è di recente costruzione e la maggior parte degli edifici (non la totalità) sono in buono stato di conservazione.

Si annota che nel corridoio di 500 mt. attorno a Via Rotabile la presenza di 4 ricettori sensibili: tre edifici scolastici ed il cimitero. Delle tre scuole due si trovano proprio su via Rotabile mentre la terza si trova ad una distanza di circa 200 metri da Via Pientime, in posizione più elevata, ma schermata da altro edificio.

Per quanto riguarda la viabilità di accesso al Campo Base "Acquatraversa", la via Mergataro, connette direttamente la strada di progetto con la SS 7 variante Appia; qui il territorio circostante è rurale e la presenza di ricettori è molto limitata (singole abitazioni di limitate dimensioni e annessi agricoli).

Rispetto alla previsione di impatti acustici prodotti dai cantieri, poiché si è definito un attento lay-out di cantiere che tiene conto del posizionamento delle fonti di emissioni acustiche impattanti, dell'utilizzo dei materiali di accumulo oltre ad eventuali barriere antirumore o pannellature metalliche e dell'adozione di impianti e mezzi d'opera silenziati in vicinanza di aree residenziali, si ritengono le azioni di mitigazione sufficienti a contenere i ricettori più vicini entro i limiti di legge. Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza le azioni di mitigazione integrative.

Al di fuori delle aree di stretta lavorazione, si è ritenuto invece opportuno valutare l'incremento di rumore generato dal transito dei mezzi d'opera sulle strade circostanti l'area di lavorazione per mantenere sotto controllo i livelli equivalenti di emissione acustica: dalle verifiche effettuate non emergono problematiche significative.

La situazione post operam, a causa della morfologia del terreno e della vicinanza di insediamenti a carattere sparso, segnala invece la presenza di numerosi edifici situati oltre i limiti, in particolare un ricettore sensibile: l'istituto tecnico per geometri di Via Mamurrano.

Indicare numero recettori per tratto

Rispetto alle vibrazioni in virtù dello stato attuale dei luoghi non si registrano sensibilità particolari.

L'alterazione del clima vibrazionale durante la costruzione dell'opera è riconducibile, in forma semplificata, alle fasi di approntamento delle aree di cantiere, al loro esercizio, nonché al transito dei mezzi pesanti per il trasporto in entrata ed in uscita dei materiali.

Le attività di cantiere legate alla realizzazione dell'opera stradale potranno determinare impatti localizzati su ricettori posti a distanze tali da risultare significative (di norma si considerano 50 m come fascia di sensibilità, oltre i quali l'effetto dei moti energizzanti indotti sul substrato litologico perde di significato)

Nel caso della rete stradale potenzialmente utilizzata dai mezzi d'opera, è evidente come le più sfavorevoli condizioni siano da attribuire ai percorsi caratterizzati da pavimentazioni in peggior stato di manutenzione (caratterizzati da elevata scabrosità, in grado di determinare una maggiore emissione energetica al contatto ruote/pavimentazione), andamento acclive e curvilineo (due elementi che determinano maggiori quantità di moto per i veicoli in transito e variazione del regime del motore), ristrettezza della sede stradale e vicinanza di ricettori residenziali (minore dispersione laterale delle emissioni vibrazionali) e substrato "rigido" (minore attenuazione dei moti vibrazionali trasmessi dai passaggi di veicoli, specie se pesanti).

A questo proposito l'intero settore centrale dell'area di progetto compreso tra la Galleria Costamezza e la Galleria Campese 2 risulta sfavorevole a causa della elevata acclività delle strade sulle quali transiteranno i mezzi d'opera per l'allontanamento dello smarino estratto nel corso delle attività di scavo delle gallerie e del materiale di risulta, nonché per l'approvvigionamento delle aree di lavorazione.

Per quanto riguarda il fondo delle strade sulle quali i veicoli pesanti saranno instradati, questo ad un primo e sommario esame, risulta sostanzialmente in buono stato di manutenzione.

In fase di esercizio l'opera in questione comporterà modifiche rispetto alla situazione attuale per quanto riguarda l'impatto da vibrazioni nello stretto intorno del tracciato stradale, ciò è da ascrivere sia alla sfavorevole natura "rigida" del substrato (Galleria Costamezza), sia alla presenza di alcuni ricettori posti a distanze significative, inferiori ai 50 m.

La propagazione di livelli vibratorii nelle zone afferenti è atteso a seguito dei transiti dei mezzi pesanti, soprattutto in corrispondenza dei tratti con tipologia a raso o rilevato basso, in quanto la sorgente perturbatrice assume una configurazione approssimabile a lineare che induce livelli vibratorii maggiori rispetto a quelli indotti da sorgenti assimilabili a puntiformi (come ad esempio nel caso di pile dei viadotti).

Sulla base delle considerazioni espresse nell'ambito del paragrafo dedicato allo stato di fatto, emerge una situazione intrinsecamente favorevole, sostanzialmente caratterizzata da buone capacità di smorzamento ed attenuazione, ad eccezione della maggior parte della Galleria Costamezza che si sviluppa in una struttura carbonatica a comportamento "rigido".

Relativamente agli aspetti legati all'inquinamento luminoso, il progetto prevede l'illuminazione dell'area dello svincolo di Itri attraverso l'utilizzo di una torre faro, tuttavia non si evidenzia la presenza di ricettori particolarmente sensibili.

### **13.6 Salute pubblica**

In fase di costruzione gli impatti sulla salute pubblica sono riconducibili ai problemi di natura acustico-vibrazionale riscontrabili in corrispondenza delle aree di lavorazione, ad un parziale decremento atmosferico dovuto al transito di veicoli pesanti all'interno dell'area incentrata sui cantieri stessi ed al disturbo, temporale e psicologico, dovuto al transito di questi stessi mezzi d'opera tra le zone di cantiere ed i collegamenti con la rete viaria principale da utilizzare per l'entrata/uscita nell'area operativa.

Per ciò che riguarda l'inquinamento luminoso gli impatti potrebbero rivelarsi anche durante la fase di cantiere per cui sarà opportuno uniformarsi a quanto descritto dal codice della Strada vigente (Decreto legislativo 30 Aprile 1992, n°285 e successive modifiche) ispirato al principio della sicurezza. Pur rispettando il principio della sicurezza sarebbe opportuno, qualora si utilizzassero fari o lampioni, adottare un tipo d'illuminazione temporanea full cut off con schermatura piatta orientata verso il manto stradale, limitando fughe di luce verso l'alto.

L'entrata in esercizio della nuova arteria stradale comporterà effetti in parte negativi ed in parte positivi sulla salute pubblica dell'area; infatti se la circolazione di autoveicoli sulla nuova strada non potrà non comportare un decremento della situazione atmosferica ed acustica delle aree abitate a più stretto ridosso dell'opera viaria, va anche tenuto conto del fatto che questa stessa strada determinerà una razionalizzazione dei flussi trasportistici ed un'ottimizzazione dei tempi di spostamento e percorrenza per gli utenti dell'area vasta, tutti elementi migliorativi delle generali condizioni di salute pubblica della popolazione che insiste sul territorio servito dalla nuova strada.

Per quanto riguarda i livelli di incidentalità della rete stradale attuale, poco può dirsi a livello previsionale se non il fatto che la progettazione messa a punto ha tenuto conto in modo molto approfondito agli aspetti di sicurezza in caso di incidenti in galleria.

Relativamente all'inquinamento luminoso è importante che dal punto di vista progettuale l'impianto venga realizzato secondo quanto esplicitato nell'art.3 relativo alle norme tecniche di attuazione; "...Tutti gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione o in rifacimento, dovranno essere adeguati alle norme tecniche dell'Ente italiano di unificazione (UNI) e del Comitato elettrotecnico italiano (CEI) che definiscono i requisiti di qualità dell'illuminazione stradale e delle aree esterne in generale per la limitazione dell'inquinamento luminoso".

### **13.7 Aspetti percettivi, paesaggio, sistema antropico**

Le caratteristiche del territorio e quelle tipologiche dell'intervento progettuale determinano la profondità massima della percettibilità visiva in base alla quale è possibile impostare il limite del bacino visuale, inteso come luogo di tutti i punti del territorio che entrano in corrispondenza visuale biunivoca (intervisibilità), cioè il perimetro entro il quale le aree e gli elementi progettuali risultano reciprocamente visibili.

L'elevata articolazione del bacino percettivo localmente confinato dai rilievi collinari articolati alle spalle dell'abitato di Formia e ulteriormente schermato dalla vasta presenza di vegetazione agricola (uliveti) determina una ridotta incidenza dei ricettori mobili e fissi, riconducibili a brevi tratti della viabilità nelle vicinanze dell'asse di progetto.

Ad eccezione dell'abitato di Maranola, posto in posizione rilevata e panoramica rispetto ad un lungo tratto centrale del tracciato di progetto, del tutto sporadica è la presenza di ricettori a connotazione "fissa", riconducibili ai soli fruitori dei manufatti presenti nei pressi del tracciato di progetto, molti dei quali, come detto già in precedenza, schermati dagli uliveti presenti su un'ampia porzione di territorio.

La morfologia del territorio è molto articolata con versanti che salgono verso quote elevate. Dai versanti di questi rilievi più alti è possibile che si scorga il tracciato, ma la distanza e l'assoluta non fruizione di tali aree non ne ha determinato il censimento, in quanto del tutto non significative ai fini del presente Studio.

Ad eccezione dell'estrema porzione meridionale caratterizzata dal sistema insediativo il territorio presenta sotto il profilo paesaggistico una sensibilità, più o meno elevata determinata dagli elementi strutturanti i sistemi naturale ed agrario. Infatti pur non essendo presenti elementi ambientali di elevato pregio, la particolare distribuzione di coltivazioni agrarie e di piccoli nuclei residenziali che insistono su versanti che mantengono ancora caratteri di naturalità costituisce nel suo insieme un elemento di pregio relativamente al resto del contesto paesaggistico.

Nell'ambito del sistema agrario, lungo il corridoio di inserimento progettuale, risultano sensibili soprattutto le aree interessate dagli uliveti e dai nuclei residenziali localizzati a monte della linea ferroviaria. In particolare risultano degne di menzione l'area compresa tra la località Balzorile e la località Castagneto e le aree localizzate a valle della località Piano di Piroli. Un'ultima area sensibile, a scala di maggiore dettaglio, è infine rappresentata dalla zona che ospita il Santuario di S. Maria della Noce.

Relativamente agli aspetti percettivi sono individuabili tre aree sensibili corrispondenti rispettivamente all'area di svincolo di Itri, al Santuario di S.Maria della Noce (per la realizzazione del camino di evacuazione dei fumi della galleria in caso di incendio), ed alle pendici di Monte Campese dove verrà realizzato un rilevato di elevato sviluppo verticale.

Un particolare aspetto dell'impatto sul paesaggio può essere attribuito alla presenza dei cantieri che, con un'occupazione sia pur circoscritta nel tempo, connoterà in maniera senz'altro notevole l'ambiente dell'area dei lavori proprio perché i relativi ampi bacini percettivi sono privi di particolari elementi di confinamento.

In particolare, l'organizzazione geometrico-spaziale prevedibile per le aree di cantiere lungo il corridoio di inserimento progettuale riveste particolare importanza dal punto di vista paesaggistico-percettivo soprattutto in corrispondenza delle aree di attacco della perforazione della galleria naturale ed in corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione delle gallerie artificiali in quanto sarà interferito, il sistema agricolo, il sistema naturale e le aree urbanizzate all'interno del sistema agricolo.

Relativamente agli aspetti storico-archeologici, sulla base delle presenze individuate e delle tipologie di opere previste si sono considerate quattro categorie di rischio archeologico relativo: alto, medio, basso e nullo e si sono individuati i seguenti tratti del tracciato sottoposti alle diverse categorie di rischio archeologico relativo.

In genere i segmenti con andamento in galleria naturale sono stati considerati sempre sottoposti a rischio nullo in quanto le opere da realizzare non sembrano incidere sugli strati potenzialmente interessati da depositi archeologici.

Perciò eliminando dalla valutazione del rischio relativo tutto il tratto in galleria molto esteso della galleria Costamezza, si prendono in considerazione gli altri segmenti:

Il primo segmento del corridoio stradale fino all'imbocco della galleria Costamezza (I tratto) si considera sottoposto ad un alto rischio archeologico relativo. Sarà opportuno prevedere nelle successive fasi progettuali la predisposizione di indagini archeologiche preliminari; inoltre tutte le operazioni di scavo per la realizzazione delle opere stradali dovranno svolgersi sotto l'alta sorveglianza di un archeologo.

Il secondo settore del corridoio stradale preso in considerazione (III tratto), per il quale si ha un rischio basso, ha inizio dall'imbocco ovest della galleria artificiale Balzorile 2 fino all'imbocco ovest della galleria artificiale Campese 1. Esso è considerato sottoposto ad un basso rischio archeologico relativo solo nel punto corrispondente all'evidenza n. 33 (resti di mura poligonali) per la tipologia delle opere da realizzare e per la tipologia della struttura archeologica interessata distante circa 100 metri dal tracciato. Si ritiene

comunque opportuna la presenza di un archeologo in cantiere durante le fasi di scavo per la realizzazione delle opere in progetto.

Il terzo settore ha inizio dall'imbocco ovest della galleria artificiale Campese 2 e termina all'inizio del tratto in adeguamento dell'Appia (IV tratto).

Questo è il segmento di corridoio più a rischio per quanto riguarda l'archeologia. Infatti a cavallo del tracciato da realizzare e ad esso molto vicine si dispongono resti di mura poligonali ed i resti di una villa romana. Tutta l'area attraversata è da considerarsi quindi ad alto rischio archeologico.

Anche per tutto questo tratto di strada sarà opportuno prevedere nelle successive fasi progettuali la predisposizione di indagini archeologiche preliminari da concretizzarsi attraverso la realizzazione di trincee archeologiche; inoltre tutte le operazioni di scavo per la realizzazione delle opere stradali e di quelle connesse dovranno svolgersi sotto l'alta sorveglianza di un archeologo.

Le interferenze indotte in fase di esercizio dell'opera in progetto si manifestano sul paesaggio sia sotto l'aspetto dell'intrusione visiva e dell'alterazione dei bacini visuali, che dal punto di vista dell'alterazione della configurazione del territorio.

Per quanto riguarda l'ultimo tratto del tracciato di progetto, il solo ampliamento della attuale sede stradale previsto verso monte non determina modificazione significativa dell'attuale profilo percettivo e dell'organizzazione paesaggistica dell'ambito di inserimento.

A determinare le alterazioni permanenti più rilevanti della percezione paesaggistica saranno invece le opere accessorie necessarie per il ripristino della continuità viaria. La maggiore altezza dell'opera d'arte accessoria determina infatti ampliamenti del relativo bacino di percezione visiva. La scelta di ridurre quanto possibile le quote di progetto e di adottare tipologie costruttive a "basso profilo" limita intrinsecamente a poche aree gli impatti di questa natura.

Per quanto riguarda il primo tratto del tracciato di progetto, quello compreso tra lo svincolo Itri e l'imbocco della Galleria Costamezza, le alterazioni permanenti più rilevanti della percezione paesaggistica sono legate alla realizzazione dello svincolo stesso e di tutte le sue opere accessorie.

Sotto il profilo della percezione visiva sono inoltre da considerare anche gli impatti determinati dalla realizzazione della parte terminale fuori terra del camino di evacuazione fumi della Galleria Costamezza, posta alle spalle del Santuario di S. Maria delle Noci e dal rilevato stradale posto allo sbocco est della galleria artificiale Campese 2. Per tali aree si renderanno quindi necessari adeguati interventi di mitigazione esplicitati nel Quadro di Riferimento Progettuale.

Riguardo i sistemi paesaggistici si deve sottolineare come l'inserimento di un'infrastruttura lineare di un certo rilievo, come una strada di grande comunicazione, all'interno di ambiti a connotazione agricola e naturale privi di un sistema viario rilevante,

venga a rappresentare un forte fattore di disturbo in quanto interrompe la continuità dei sistemi stessi.











**Variante alla SS 7 "Appia" in comune di Formia**  
**Progetto Preliminare**  
**Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale**

COMPONENTE AMBIENTALE		MATRICE IMPATTI - ALTERNATIVA DI PROGETTO (variante di M.be Campese)																																	
		AZIONI																																	
		FASE DI COSTRUZIONE														ESERCIZIO																			
IMPATTI POTENZIALI	TAVOLO DI VEGETAZIONE ESISTENTE	DEMOLIZIONE MANUFATTI ESISTENTI	SBANCAMENTO DI SUOLO E SOTTOSUOLO	SCAVO DI GALLERIE	FORMAZIONE DI RILEVATI	CREAZIONE DI ACCUMULI TEMPORANEI	INTRODUZIONE DI NUOVI INCONTRI FISICI	SPOSTAMENTO DI ELEMENTI ESISTENTI (STRAGE, ELETTRO, ETC.)	REALIZZ. DI STRADE PER IL CANTIERE	REALIZZ. DI BARACCHE, CANTIERI, IMPIANTI PER IL CANTIERE	OPERE PROVVISORIE IN ALVICO	QUADRI TEMPORANEI	OPERE CONSOLIDAMENTO VERSANTI	DEVIAZIONE, REGIMAZIONE, ETC. FORMAMENTO DI CORSI D'ACQUA	CANALIZZAZIONE ACQUE FIOVANE	SCARICHI IN ATMOSFERA DURANTE IL CANTIERE (GAS, POLVERI)	SCARICHI (DIRTI) DURANTE IL CANTIERE	PRODUZIONE RIFIUTI	CONSUMI ENERGETICI	CONSUMI IDRICI (PER USO POTABILE - INDUSTRIALE)	USO DI MACCHINARI DI CANTIERE (INUSI, VEICOLI PESANTI, ETC.)	PRESENTE (UMANE)	ACCUMULO E/O REALIZZAZIONE STRADE	OPERE SMANTIERO ACQUE	OPERE APPROVV. ENERGETICO	RECINZIONI	SISTEMI DI ILLUMINAZIONE	REALIZZ. OPERE A VERDE	SMANTELLAMENTO CANTIERI	CONSUMI DI ENERGIA, ILLUMINAZIONE	EMMISSIONE DI ONDE SONORE	TRASMISSIONE DI VIBRAZIONI ATTRAVERSO IL SUOLO	SCARICHI IN ATMOSFERA	SCARICHI (DIRTI) DELLA ATTIVAZIONE	EVENTI ACCIDENTALI
		AMBIENTE IDRICO	ALTERAZIONE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE SUPERFICIALI	ALTERAZIONE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE DI PALDA	INTERFERENZA CON IL RETICOLO CARICO	RISCHIO ATTIVAZIONE DISSESTI - OSTACOLO E RITARDAMENTO MASSI	ALTERAZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI	INTERFERENZA CON FASCIA MONTICIA	SOTTORAZIONE DI SUOLO E VEGETAZIONE AGRICOLA REVERSIBILE	SOTTORAZIONE DI SUOLO E VEGETAZIONE AGRICOLA IRREVERSIBILE	SOTTORAZIONE DI VEGETAZIONE SEMINATURALE REVERSIBILE	SOTTORAZIONE DI VEGETAZIONE SEMINATURALE IRREVERSIBILE	SOTTORAZIONE DI VEGETAZIONE ARBOREA REVERSIBILE	SOTTORAZIONE DI VEGETAZIONE ARBOREA IRREVERSIBILE	ALTERAZIONE DELL'EVOLUZIONE DELLE SERIE VEGETAZIONALI REVERSIBILE	ALTERAZIONE DELL'EVOLUZIONE DELLE SERIE VEGETAZIONALI IRREVERSIBILE	OSTURSO ALLA FAUNA REVERSIBILE	OSTURSO ALLA FAUNA IRREVERSIBILE	INTERRUZIONE DEI CORRIDOI DI SPOSTAMENTO FAUNISTICO REVERSIBILE	CLIMAZIONE O ALTERAZIONE DI HABITAT REVERSIBILE	CLIMAZIONE O ALTERAZIONE DI HABITAT IRREVERSIBILE	ALTERAZIONE DELLE COMPONENTI BIOLOGICHE DI CONNESSIONE REVERSIBILE	ALTERAZIONE DELLE COMPONENTI BIOLOGICHE DI CONNESSIONE IRREVERSIBILE	EMISSIONE DI GAS DI SCARICO DA VEICOLI E FUMI FLUSSI	DIFFUSIONE DI POLVERI	INTERFERENZE CON RICEVITORI RESIDENZIALI	INTERFERENZE CON RICEVITORI SENSIBILI	equivalente rumore (DISTURB. SULLA POPOLAZIONE)	equivalente rumore (DISTURB. SULLA FLORA E FAUNA)	INTERFERENZA CON ABITAZIONI E/FICI	INTERFERENZA CON LA VIABILITA' IN FASE DI CANTIERE	MODIFICA PERCEZIONE PAESAGGIO - INTRUSIONE VISIVA	INTERFERENZE CON BENI STORICI ARCHEOLOGICI		



## 14. ALLEGATI GRAFICI

Atmosfera e Rumore - Carta dei ricettori	1:5.000	2AM_S100C050.DWG
Simulazioni atmosfera-Fase di cantiere-PTS	1:5.000	3AM_S100C400.DWG
Simulazioni atmosfera - Fase di cantiere-Monossido carbonio	1:5.000	4AM_S100C390.DWG
Simulazioni atmosfera - Fase di cantiere-Biossido azoto	1:5.000	5AM_S100C380.DWG
Simulazioni atmosfera - Fase di cantiere-Benzene	varie	6AM_S100C290.DWG
Simulazioni atmosfera - Scenario post operam-PTS	1:5.000	7AM_S100C430.DWG
Simulazioni atmosfera - Scenario post operam-Monossido carbonio	1:5.000	8AM_S100C420.DWG
Simulazioni atmosfera - Scenario post operam-Biossido azoto	1:5.000	9AM_S100C410.DWG
Simulazioni atmosfera - Scenario post operam-Benzene	varie	10AM_S100C370.DWG
Carta geologica	1:10.000	11AM_S100C060.DWG
Carta geomorfica	1:10.000	12AM_S100C070.DWG
Carta dei suoli	1:10.000	13AM_S100C250.DWG
Carta della capacità dei suoli	1:10.000	14AM_S100C260.DWG
Carta dell'uso del suolo	1:10.000	15AM_S100C080.DWG
Carta dell'ambiente idrico superficiale	1:10.000	16AM_S100C090.DWG
Carta dell'ambiente idrico sotterraneo	1:10.000	17AM_S100C200.DWG
Carta della vegetazione	1:10.000	18AM_S100C100.DWG
Carta della fauna	1:10.000	19AM_S100C110.DWG
Carta degli ecosistemi	1:10.000	20AM_S100C120.DWG
Carta dei punti di misurazione acustica	1:10.000	21AM_S100C130.DWG
Mappa della rumorosità diurna - Fase di cantiere	varie	22AM_S100C310.DWG
Mappa della rumorosità diurna - Scenario post operam	varie	23AM_S100C320.DWG
Mappa della rumorosità notturna - Scenario post operam	varie	24AM_S100C330.DWG
Mappa della rumorosità diurna - Scenario post mitigazioni	varie	25AM_S100C340.DWG
Mappa della rumorosità notturna - Scenario post mitigazioni	varie	26AM_S100C350.DWG
Carta del paesaggio	1:10.000	27AM_S100C200.DWG
Carta della percezione visiva	1:10.000	28AM_S100C150.DWG
Carta di sintesi degli impatti	1:10.000	29AM_S100C160.DWG
ALLEGATO Componente rumore-Schede ricettori sensibili	-	30AM_S100T031.DOC
ALLEGATO Atmosfera e Rumore - Numerazione dei ricettori	1:5.000	31AM_S100C440.DWG
ALLEGATO Livelli di rumore in facciata - Tabella	-	32AM_S100T032.DOC
ALLEGATO Componente rumore-Schede postazione misura	-	33AM_S100T033.DOC
ALLEGATO Componente rumore-Output strumentale-Misure acustiche (17-18/09/2003)	-	34AM_S100T034.DOC
ALLEGATO Componente rumore-Output strumentale-Misure acustiche (10/03/2004)	-	34AM_S100T034.DOC