

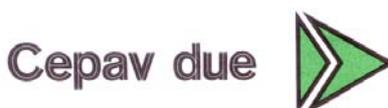
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto Funzionale Brescia-Verona  
PROGETTO DEFINITIVO**

**VARIANTE DI MONTICHIARI (BS) -  
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE  
RELAZIONE VARIANTE DI MONTICHIARI**



IL PROGETTISTA INTEGRATORE

**saipem spa**  
Tommaso Taranta  
Dottore in Ingegneria Civile Iscritto all'albo  
degli Ingegneri della Provincia di Milano  
al n. A23408 - Sez. A Settori:  
a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione  
Tel. 02.52020557 - Fax 02.52020309  
C.F. e P.IVA 00825790157

ALTA SORVEGLIANZA		Verificato	Data	Approvato	Data

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I N 0 5    0 0    D    E 2    R G    S A 0 0 0 0    0 0 1    1

PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR									Autorizzato/Data
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Consorzio <b>Cepav due</b> Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____
0	31.03.14	Emissione per CdS	BERNINI	31.03.14	PADOVANI	31.03.14	LAZZARI	31.03.14	
1	01.07.14	Revisione per CdS	BERNINI	01.07.14	PADOVANI	01.07.14	LAZZARI	01.07.14	

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121      Data: 01/07/14      Doc. N.: IN0500DE2RGS00000011



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

<b>1</b>	<b>RIFERIMENTI PRELIMINARI.....</b>	<b>7</b>
1.1	Motivazioni dell'opera in progetto .....	7
1.2	Inquadramento territoriale .....	8
<b>2</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO.....</b>	<b>11</b>
2.1	Deliberazione C.I.P.E.....	11
2.2	Vincoli territoriali-ambientali.....	12
2.3	Strumenti di Pianificazione Regionale .....	13
2.4	PTCP della Provincia di Brescia.....	17
2.5	Piano Territoriale Regionale d'Area Aeroporto di Montichiari.....	28
2.6	Strumenti di pianificazione comunale.....	31
2.7	Compatibilità con gli strumenti di pianificazione e programmazione – Normativa di riferimento del territorio .....	42
<b>3</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE .....</b>	<b>44</b>
3.1	Descrizione del tracciato.....	44
3.2	Caratteristiche delle opere di prevista realizzazione.....	45
3.2.1	<i>Rilevati ferroviari.....</i>	<i>45</i>
3.2.2	<i>Trincee.....</i>	<i>45</i>
3.2.3	<i>Ponti e viadotti.....</i>	<i>46</i>
3.2.4	<i>Cavalcaferrovia.....</i>	<i>46</i>
3.2.5	<i>Gallerie artificiali .....</i>	<i>46</i>
3.2.6	<i>Sottovia e tombini.....</i>	<i>46</i>
3.3	Quadro generale della cantierizzazione dell'opera .....	47
3.4	Aree di cantiere .....	47
3.4.1	<i>Cantiere BASE L.3.B.1.....</i>	<i>48</i>
3.4.2	<i>Cantiere OPERATIVO L.3.O.1 .....</i>	<i>50</i>
3.4.3	<i>Cantiere OPERATIVO L.3.O.3.....</i>	<i>53</i>
3.4.4	<i>Aree tecniche .....</i>	<i>56</i>
3.4.5	<i>Viabilità di cantiere .....</i>	<i>58</i>
3.4.6	<i>Impatti relativi ai cantieri .....</i>	<i>58</i>
3.4.6.1	<i>Atmosfera.....</i>	<i>58</i>
3.4.6.2	<i>Uso del suolo .....</i>	<i>59</i>
3.4.6.3	<i>Acque superficiali.....</i>	<i>60</i>
3.4.6.4	<i>Acque sotterranee.....</i>	<i>62</i>
3.4.6.5	<i>Contaminazioni dei suoli .....</i>	<i>63</i>
3.4.6.6	<i>Rumore .....</i>	<i>64</i>
<b>4</b>	<b>QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE.....</b>	<b>73</b>
4.1	Riferimenti metodologici ed operativi.....	73
4.2	Atmosfera .....	77
4.2.1	<i>Premessa.....</i>	<i>77</i>
4.2.2	<i>Riferimenti normativi.....</i>	<i>77</i>
4.2.3	<i>Inquadramento meteorologico.....</i>	<i>79</i>
4.2.4	<i>Qualità dell'aria .....</i>	<i>91</i>
4.2.5	<i>Analisi delle attività costruttive e determinazione delle relative emissioni .....</i>	<i>103</i>

4.2.5.1	Rilevato/trincea.....	104
4.2.5.2	Viadotto.....	109
4.2.5.3	Galleria artificiale.....	114
4.2.5.4	Definizione degli scenari di calcolo e stima dei livelli di concentrazione.....	117
4.2.6	Misure per il contenimento delle emissioni di polveri.....	125
4.3	Ambiente idrico.....	127
4.3.1	Analisi dello stato attuale.....	127
4.3.2	I criteri di classificazione delle acque superficiali.....	128
4.3.2.1	La classificazione dei corpi idrici superficiali secondo il D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152.....	129
4.3.3	La classificazione della qualità delle acque dei fiumi, dei torrenti e dei canali.....	135
4.3.3.1	Individuazione delle interferenze tra l'opera in progetto e il tracciato idrografico, e indicazione delle situazioni di potenziale rischio in fase di costruzione e di esercizio.....	139
4.3.4	Proposte di intervento per la prevenzione e la mitigazione degli impatti negativi	141
4.4	Suolo e sottosuolo.....	143
4.4.1	Analisi dell'ambito territoriale considerato.....	143
4.4.1.1	Geologia.....	143
4.4.1.2	Geomorfologia.....	152
4.4.1.3	Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee.....	154
4.4.1.4	Siti inquinati.....	169
4.4.2	Individuazione delle interferenze e delle situazioni di potenziale rischio.....	172
4.4.2.1	Interferenze con aspetti geolitologici e geotecnici.....	172
4.4.2.2	Interferenze con la circolazione idrica sotterranea: generalità.....	174
4.4.3	Interventi di mitigazione e di prevenzione previsti.....	178
4.4.3.1	Interventi di mitigazione delle problematiche connesse alla stabilità dei versanti e ai cedimenti dei terreni di fondazione.....	178
4.4.3.2	Interventi di mitigazione dei fenomeni di inquinamento dei suoli in aree di cantiere.....	179
4.4.3.3	Interventi di mitigazione per la tutela quantitativa delle risorse idriche sotterranee.....	179
4.4.3.4	Interventi di mitigazione degli impatti sulle caratteristiche qualitative delle risorse idriche sotterranee	181
4.5	Vegetazione, flora e fauna e usi del suolo.....	183
4.5.1	Premessa.....	183
4.5.2	Usi del suolo.....	183
4.5.3	Fauna.....	204
4.5.3.1	Riferimenti metodologici.....	204
4.5.3.2	Stato della componente.....	206
4.5.3.3	Unità faunistico-territoriali.....	209
4.5.3.4	Localizzazione delle Unità Faunistico-territoriali in rapporto al tracciato ferroviario.....	212
4.5.3.5	Valutazione della componente.....	213
4.5.3.6	Attribuzione dei livelli di ricchezza specifica.....	213
4.5.3.7	Attribuzione dei livelli di sensibilità.....	215
4.5.3.8	Attribuzione dei livelli di pregio.....	216
4.5.4	Ecosistemi.....	217
4.5.4.1	Riferimenti metodologici.....	217
4.5.4.2	Stato della componente.....	217
4.5.4.3	Localizzazione degli ambiti ecologici omogenei.....	220
4.5.4.4	Valutazione della componente.....	222
4.5.4.5	Attribuzione dei livelli di rarità, adattabilità e di vulnerabilità.....	223
4.5.4.6	Attribuzione del livello di sensibilità.....	223
4.5.4.7	Attribuzione dei livelli di pregio.....	224
4.5.5	Individuazione delle principali interferenze del tracciato della variante di Montichiari.....	225

4.5.5.1	Metodo di valutazione .....	225
4.5.5.2	Individuazione dei potenziali impatti.....	227
4.5.5.3	Valutazione degli impatti.....	238
4.5.6	Interventi di mitigazione.....	240
4.5.7	Bilancio ecologico.....	243
4.5.7.1	Calcolo delle aree interessate in fase di esercizio.....	243
4.5.7.2	L'indice di biopotenzialità.....	244
4.5.7.3	Situazione ante operam.....	248
4.5.7.4	Situazione post operam.....	249
4.5.7.5	Conclusioni.....	249
4.6	Paesaggio .....	250
4.6.1	Inquadramento di area vasta .....	250
4.6.1.1	Cenni storici sull'area .....	250
4.6.1.2	Lineamenti generali del paesaggio.....	252
4.6.2	Analisi dell'ambito territoriale di studio.....	253
4.6.2.1	Tipologia di paesaggio.....	253
4.6.2.2	Principali emergenze paesaggistiche e storico-monumentali.....	254
4.6.2.3	Identificazione e descrizione delle principali aree sensibili.....	255
4.6.3	Descrizione dei livelli di impatto .....	257
4.6.4	Bibliografia.....	259
4.7	Archeologia .....	260
4.7.1	Panorama Archeologico Generale di Riferimento .....	260
4.7.2	Finalità dello studio.....	260
4.7.3	Analisi degli indicatori e sintesi delle segnalazioni significative.....	262
4.7.4	Carta d'ubicazione degli indicatori di interesse e degli impatti.....	267
4.7.5	Valutazione di Impatto .....	273
4.7.6	Attribuzione dei livelli di impatto archeologico per tratti omogenei: .....	273
4.7.7	Bibliografia.....	274
4.8	Rumore.....	323
4.8.1	Premessa.....	323
4.8.2	Riferimenti normativi.....	325
4.8.2.1	D.P.C.M. 1 marzo 1991.....	326
4.8.2.2	Legge quadro sul rumore n° 447 del 26 ottobre 1995 .....	330
4.8.2.3	D.P.C.M. 14 Novembre 1997.....	333
4.8.2.4	D.P.R. 18 novembre 1998, n° 459.....	335
4.8.2.5	D.M.A. 29/11/2000.....	337
4.8.2.6	D.P.R. 30 marzo 2004, n° 142 .....	338
4.8.2.7	Normativa della Regione Lombardia .....	340
4.8.3	Documentazione di riferimento .....	341
4.8.3.1	Documentazione progettuale di riferimento.....	341
4.8.4	Metodologia di analisi.....	342
4.8.4.1	Sistema edificato oggetto di verifica .....	342
4.8.5	Obiettivi di mitigazione .....	343
4.8.5.1	Limiti di legge definiti dal DPR 459/98 .....	343
4.8.5.2	Analisi dei fenomeni di concorsualità.....	344
4.8.6	Descrizione del modello di calcolo .....	345
4.8.6.1	Il modello SoundPLAN.....	345
4.8.6.2	Modellizzazione del rumore ferroviario.....	346
4.8.6.3	Simulazione dei livelli di emissione secondo il modello Shall 03 .....	347
4.8.6.4	Simulazione della propagazione sonora secondo il modello Shall 03 .....	347
4.8.6.5	Parametri di calcolo utilizzati nell'implementazione del modello.....	352



4.8.7	<i>Il sistema ricettori e censimento.....</i>	353
	<i>Valutazione dell'impatto acustico e definizione del sistema di mitigazioni.....</i>	353
4.8.8	353	
4.8.8.1	<i>Modello geometrico tridimensionale.....</i>	353
4.8.8.2	<i>Definizione delle emissioni acustiche della linea.....</i>	354
4.8.9	<i>Tipologie degli interventi di mitigazione.....</i>	357
4.8.9.1	<i>Barriere antirumore.....</i>	357
4.8.9.2	<i>Interventi sugli edifici.....</i>	357
4.8.10	<i>Sintesi dei risultati della progettazione.....</i>	359
4.8.10.1	<i>Interventi di mitigazione indiretti.....</i>	359
4.8.10.2	<i>Interventi di mitigazione diretti.....</i>	360
4.8.11	<i>Fase di costruzione.....</i>	362
4.8.11.1	<i>Costruzione del rilevato.....</i>	363
4.8.11.2	<i>Costruzione del viadotto.....</i>	367
4.8.11.3	<i>Costruzione galleria artificiale.....</i>	370
4.8.11.4	<i>Valutazione dei risultati.....</i>	372
4.8.12	<i>Bibliografia.....</i>	374
4.9	<i>Vibrazioni.....</i>	376
4.9.1	<i>Obiettivi dello studio.....</i>	376
4.9.2	<i>Introduzione alla sismicit� indotta da convogli ferroviari.....</i>	376
4.9.3	<i>Normativa di riferimento.....</i>	381
4.9.4	<i>Documentazione progettuale di riferimento.....</i>	393
4.9.5	<i>Approccio metodologico.....</i>	393
4.9.6	<i>Analisi delle potenziali interferenze edifici-ferrovia.....</i>	399
4.9.6.1	<i>Censimento recettori e relative caratteristiche strutturali.....</i>	399
4.9.6.2	<i>Caratteristiche dinamiche dei terreni.....</i>	403
4.9.6.3	<i>Modello di esercizio.....</i>	410
4.9.6.4	<i>Individuazione del treno progetto.....</i>	411
4.9.7	<i>Spettri sorgente.....</i>	430
4.9.7.1	<i>Spettri sorgente in galleria.....</i>	430
4.9.7.2	<i>Spettri sorgenti in rilevato/trincea.....</i>	433
4.9.8	<i>La propagazione della vibrazione nel terreno.....</i>	444
4.9.9	<i>La propagazione della vibrazione all'interno degli edifici.....</i>	451
4.9.9.1	<i>Propagazione delle vibrazioni verticali.....</i>	451
4.9.9.2	<i>Propagazione delle vibrazioni orizzontali.....</i>	453
4.9.10	<i>Stima e valutazione degli impatti negli EPI.....</i>	456
4.9.10.1	<i>Stima e valutazione delle vibrazioni.....</i>	456
4.9.11	<i>Interventi di mitigazione.....</i>	458
4.9.12	<i>Riferimenti normativi e bibliografici.....</i>	484
4.10	<i>Radiazioni non ionizzanti.....</i>	487
4.10.1	<i>Premessa.....</i>	487
4.10.2	<i>Generalit� sui campi elettromagnetici.....</i>	488
4.10.3	<i>Potenziali effetti dell'esposizione a campi elettromagnetici a 50 Hz.....</i>	490
4.10.4	<i>Limiti di esposizione: Normativa Tecnica e Legislativa.....</i>	491
4.10.4.1	<i>Normativa Nazionale ed Internazionale.....</i>	492
4.10.4.2	<i>Leggi Nazionali.....</i>	493
4.10.5	<i>Stima dell'intensit� dei campi magnetici ed elettrici.....</i>	495
4.10.5.1	<i>Metodologia per il calcolo del campo elettrico e magnetico.....</i>	495
4.10.5.2	<i>Analisi delle sorgenti e delle situazioni tipo.....</i>	499
4.10.6	<i>Induzione magnetica.....</i>	501
4.10.7	<i>Campo elettrico.....</i>	503

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
6

4.10.8	Valutazioni in ordine alle situazioni di potenziale criticità .....	504
4.10.9	Riferimenti bibliografici.....	504
4.11	Salute pubblica .....	506
4.11.1	Premessa.....	506
4.11.2	Qualità dell'aria.....	506
4.11.3	Radiazioni non ionizzanti.....	507
4.11.4	Rumore.....	507
4.11.5	Vibrazioni .....	510



## 1 RIFERIMENTI PRELIMINARI

### 1.1 Motivazioni dell'opera in progetto

Il collegamento AV/AC con l'aeroporto di Montichiari costituisce variante del progetto preliminare della linea AV/AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, tra le progressive km 87+080 e km 101+327. Esso viene indicato nell'allegato A della Deliberazione n. 120 del 5 dicembre 2003 del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 132 dell'8 giugno 2004), come prescrizione imposta dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

Tale prescrizione è determinata dall'importanza che è destinato ad avere, a livello nazionale, lo sviluppo dell'attuale aeroporto di Montichiari, al servizio del quale è prevista una nuova stazione ferroviaria AV. Il Programma Regionale di Sviluppo della Regione Lombardia ha infatti individuato, come obiettivo programmatico di riferimento, "lo sviluppo e l'integrazione del sistema aeroportuale regionale", con l'assegnazione a ciascun aeroporto, attraverso la programmazione di adeguate azioni di sviluppo, di un proprio ruolo che ne consenta il posizionamento su un mercato, in una logica di complementarietà e di supporto reciproco fra i diversi scali, nell'intento di costituire un sistema aeroportuale efficiente e competitivo, in grado di servire adeguatamente non solo Milano ma anche l'intera Regione. Il sistema avrà come perno l'*hub* di Malpensa ma dovrà al contempo essere strutturato per consentire nel medio-lungo periodo lo sviluppo di un secondo scalo di primaria importanza: tale scalo, per le favorevoli condizioni territoriali ed ambientali, viene individuato nell'aeroporto di Montichiari.

Due varianti plano-altimetriche di tracciato della linea, volte ad assicurare il collegamento ferroviario AV/AC con l'aeroporto di Montichiari, erano già state proposte, una dalla Regione Lombardia e una dalla TAV.

In fase istruttoria, il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti non ha ritenuto condivisibili le due soluzioni proposte:

- la variante plano-altimetrica proposta dalla Regione Lombardia, di circa 14,3 km con caratteristiche di tracciato di 230 km/h e con stazione tangente all'area aeroportuale, per l'eccessiva penalizzazione alle funzioni ed all'esercizio che essa determinerebbe su una linea chiamata a svolgere un ruolo di primaria importanza nella rete ferroviaria sovranazionale;



- la variante plano-altimetrica presentata dalla TAV, con velocità pari a 300 km/h e con stazione posta a 1 km circa dall'area destinata dalla Regione a aerostazione, in quanto la posizione del tracciato e della stazione AV sembrerebbero inibire progetti futuri di una possibile integrazione intermodale.

Valutato quanto sopra, il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ha ritenuto di dover prescrivere la scelta di un tracciato caratterizzato da una velocità di progetto di almeno 250 km/h (standard qualitativo minimo per una linea facente parte della rete europea ad alta velocità), che verrà descritto nei paragrafi successivi.

## 1.2 Inquadramento territoriale

Il collegamento AV/AC con l'aeroporto di Montichiari, in variante rispetto al progetto preliminare della linea AV/AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, è interamente collocato nella provincia di Brescia, a sud del capoluogo provinciale ed interessa i Comuni di Montirone, Ghedi, Castenedolo, Montichiari e Calcinato.

La soluzione proposta si distacca dal tracciato di progetto preliminare al km 87+080, comprendendo un breve tratto del lungo viadotto Gardesana, volge verso sud restando sostanzialmente a livello di piano campagna, fino a lambire l'area dell'attuale aeroporto di Montichiari, ove sarà collocata la stazione AV, e restando al limite dell'area militare, per poi risalire verso nord fino al convergere sul tracciato di progetto preliminare al km 101+327 ad est del viadotto Chiese, dopo l'interconnessione di Brescia est.

Dal punto di vista degli usi del suolo, si tratta di un territorio prevalentemente agricolo, caratterizzato dalla presenza di insediamenti sparsi (cascine, abitazioni, insediamenti produttivi, impianti tecnologici) nella campagna coltivata. L'interferenza più significativa che il nuovo tracciato presenta è quella con un sito adibito a discarica nel comune di Montichiari (Allegato 3 – 06136 – Sintesi Piani regolatori generali e comunali).

Dal punto di vista ambientale, la linea supera tramite viadotti il torrente Garza nel comune di Castenedolo ed il fiume Chiese nel comune di Calcinato. Due brevi tratti in viadotto (Montichiari 1 e 2) sono anche previsti nel tratto di interferenza con un sito di cava.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

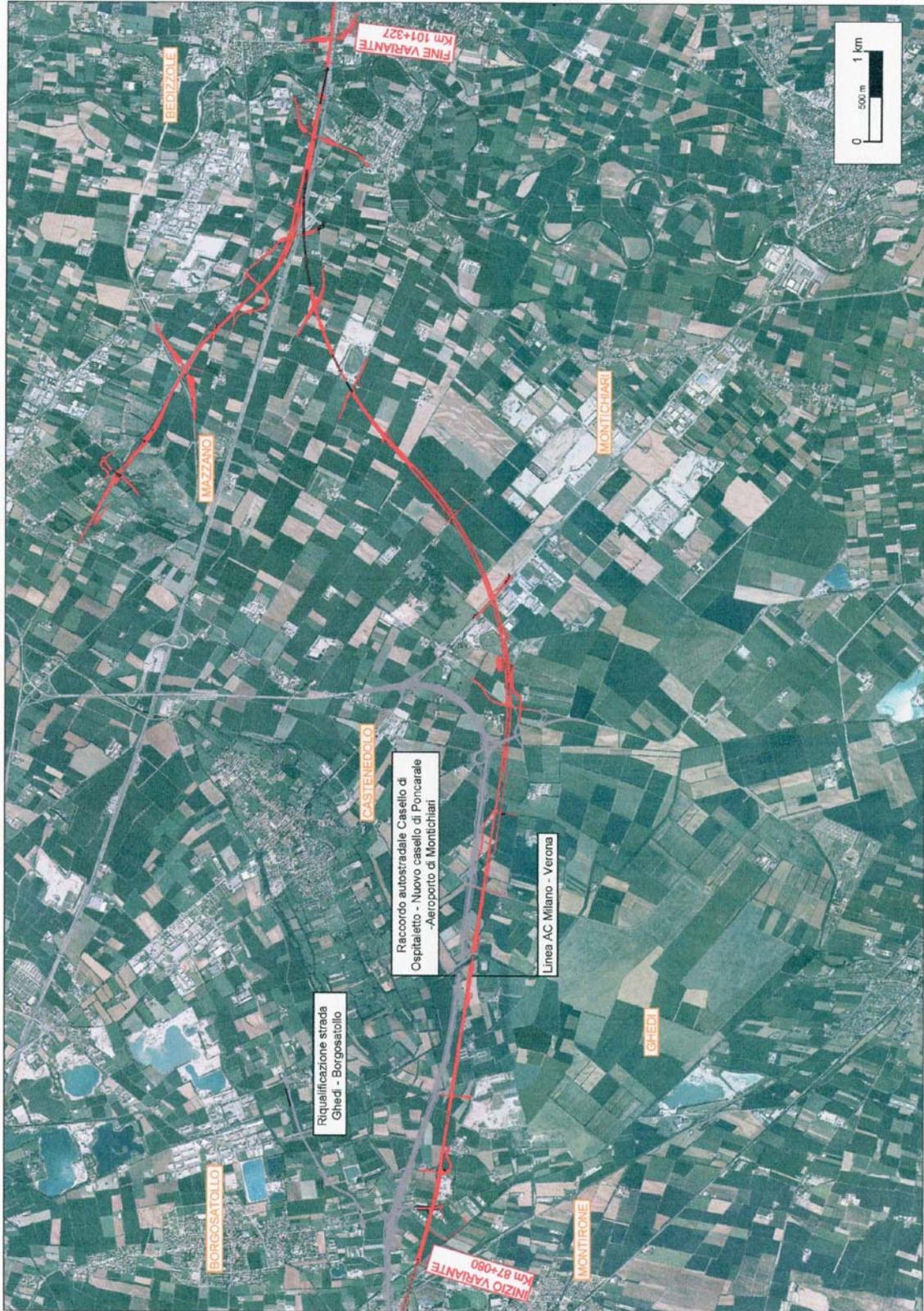
Rev.  
1

Foglio  
9

Dal punto di vista infrastrutturale, la linea correrà in parallelo al tracciato, in progetto, del Raccordo Autostradale Casello di Ospitaletto - Nuovo casello di Poncarale - Aeroporto di Montichiari nel territorio dei comuni di Montirone, Ghedi e Castenedolo, per distaccarsi progressivamente da esso in prossimità del confine tra i comuni di Castenedolo e Montichiari. Nel suo tratto finale, in comune di Calcinato, la linea si allinea progressivamente al tracciato dell'autostrada A4 Milano - Venezia.

Le principali infrastrutture stradali attraversate dalla linea sono la S.P. (23) al confine tra i comuni di Montirone e Ghedi, la S.P. 66 in comune di Castenedolo, la S.S. 236 Goitese in comune di Montichiari.

Di seguito si riporta il fotopiano dell'opera in progetto.





## 2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

### 2.1 Deliberazione C.I.P.E.

Il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica, con Deliberazione n. 120 del 5 dicembre 2003 (pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 132 dell'8 giugno 2004), ha approvato, con le prescrizioni e le raccomandazioni proposte dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, il progetto preliminare per la "linea AV/AC Milano-Verona", di cui la Brescia-Verona è una parte, riconoscendo la compatibilità ambientale dell'opera.

Tra le prescrizioni imposte dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (contenute nell'allegato A della Deliberazione), vi sono alcune richieste di varianti plano-altimetriche di tracciato della linea. Una di queste varianti riguarda il collegamento AV/AC con l'aeroporto di Montichiari: come già esposto, esso viene prescritto alla luce dell'importanza che è destinato ad avere, a livello nazionale, lo sviluppo dell'attuale aeroporto di Montichiari, al servizio del quale è prevista una nuova stazione ferroviaria AC, la cui localizzazione dovrà essere effettuata in accordo con le indicazioni contenute nell'apposito piano d'area della zona.

Il tracciato prescritto dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti è caratterizzato da una velocità di progetto di almeno 250 km/h (standard qualitativo minimo per una linea facente parte della rete europea ad alta velocità). La soluzione proposta si distacca dal tracciato di progetto preliminare (si veda in merito l'allegato 1, Corografia), volge verso sud restando sostanzialmente a livello di piano campagna, fino a lambire l'area dell'attuale aeroporto di Montichiari, ove sarà collocata la stazione AV, e restando al limite dell'area militare, per poi risalire verso nord fino al convergere sul tracciato di progetto preliminare ad est del viadotto Chiese, dopo l'interconnessione di Brescia est.

La variante plano-altimetrica prescritta dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti include esclusivamente la stazione ferroviaria strettamente dimensionata per l'esercizio dei treni AV, sia nelle dotazioni impiantistiche che di accessibilità (parcheggi, luoghi commerciali, ecc.); resta esclusa la realizzazione di una stazione-hub, la cui progettazione e realizzazione sarà a carico del progetto dell'aeroporto, quando questo sarà giunto a maturazione.

## 2.2 Vincoli territoriali-ambientali

Sulla base degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica e del censimento dei beni e complessi tutelati dal DLgs 42/2004 e s.m.i. eseguito per il progetto definitivo, sono stati considerati i seguenti vincoli nell'area interessata dall'opera in progetto:

- vincoli paesaggistici ai sensi del D.Lgs 42/04;
- vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 45/69 e del R.D. 30-12-1923;
- vincolo archeologico;
- zone speciali quali ZPS e SIC;
- parchi e riserve naturali.

I vincoli territoriali e ambientali sono illustrati nel Quadro di riferimento programmatico - Allegato cartografico n. 2 *Aree vincolate e aree protette* (IN0500DE2N4SA000P0021, IN0500DE2N4SA000P0231).

A livello di area vasta i vincoli di maggior rilievo sono costituiti dal vincolo paesaggistico art. 136 del DLgs 42/04 e s.m.i. (ex 1497/1939), istituito con Decreto del Presidente della Giunta Regionale del 04/05/1983 che interessa l'area di Castenedolo, al cui interno si segnala come elemento di particolare rilievo il vincolo specifico, sempre di tipo paesaggistico – ambientale, che riguarda il Giardino Fanti, e il vincolo aeroportuale in Comune di Montichiari.

Il tracciato ferroviario in progetto, pur puntualmente prossimo ai loro confini, si colloca all'esterno delle citate aree.

Di seguito vengono esaminati i vincoli territoriali-ambientali che interferiscono con l'infrastruttura in progetto. Non si evidenziano interferenze con vincoli particolarmente cogenti.

### Comune di Montirone

Non sono presenti vincoli che interferiscano con la struttura.

### Comune di Ghedi

La linea lambisce il margine dell'area sottoposta a vincolo aeroportuale (Limite Piano Territoriale d'Area dell'Aeroporto di Montichiari).

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSAA000001

Rev.  
1

Foglio  
13

### Comune di Castenedolo

Dalla progressiva km 90+200 alla progressiva km 90+550 la linea attraversa il torrente Garza e la relativa fascia di pertinenza del torrente (ai sensi dell'art. 142.c - D.Lgs 22 gennaio 2004 e s.m.i.). Lungo il torrente si segnala inoltre una fascia boscata vincolata ai sensi dell'art. 142.g - D.Lgs 22 gennaio 2004 e s.m.i. e riportata dai Piano di Indirizzo Forestale provinciale.

Dalla progressiva km 88+700 alla progressiva km 90-650 la linea attraversa zone indicate dal PGT come aree a sensibilità paesistica alta, queste circondano l'area vincolata della collina di Castenedolo.

Dal km 89+800 circa fino al margine comunale est il tracciato ricade all'interno del perimetro del P.T.R.A. dell'aeroporto di Montichiari.

### Comune di Montichiari

Dal confine comunale ovest alla progressiva km 94+400 il tracciato ricade all'interno del perimetro del P.T.R.A. dell'aeroporto di Montichiari.

### Comune di Calcinato

L'infrastruttura in progetto attraversa dalla progressiva km 099+900 alla km 900+970 circa un'area boscata vincolata ai sensi dell'art. 142.g - D.Lgs 22 gennaio 2004 e s.m.i. e riportata dai Piano di Indirizzo Forestale provinciale. Proseguendo verso est attraversa il fiume Chiese e la relativa fascia di pertinenza (ai sensi dell'art. 142.c - D.Lgs 22 gennaio 2004 e s.m.i.) tra le progressive km 100+480 e km 100+800; in corrispondenza delle stesse attraversa una zona indicata dal PGT come area di sensibilità paesistica a classe 5 – molto alta. Inoltre il fiume Chiese ricade all'interno di un corridoio ecologico segnalato dalla Rete Ecologica sia a scala provinciale che regionale.

## **2.3 Strumenti di Pianificazione Regionale**

### **Piano Territoriale Regionale della Regione Lombardia (PTR)**

Il *Piano Territoriale Regionale della Lombardia* è stato approvato con DCR n. 951 del 19 gennaio 2010 ed ha acquistato efficacia per effetto della pubblicazione dell'avviso di avvenuta approvazione sul BURL n. 7, serie Inserzioni e Concorsi del 17 febbraio 2010.

Il Consiglio Regionale della Lombardia, con DCR n. 56 del 28 settembre 2010 ha successivamente approvato alcune modifiche ed integrazioni al *Piano Territoriale Regionale*



(PTR). Inoltre, come previsto dall'articolo 22 della l.r. 12/2005, il PTR è stato poi aggiornato annualmente mediante il programma regionale di sviluppo, ovvero mediante il documento strategico annuale:

- l'aggiornamento 2011 è stato approvato dal Consiglio Regionale con DCR n. 276 del 8 novembre 2011, pubblicata sul BURL Serie Ordinaria n. 48 del 1 dicembre 2011;
- l'aggiornamento 2012/2013 è stato approvato dal Consiglio Regionale con DCR n. 78 del 9 luglio 2013, pubblicata sul BURL Serie Ordinaria n. 30 del 23 luglio 2013. L'aggiornamento 2013 del PTR include anche le modifiche del 2012 e aggiorna, tra gli altri, proprio il punto 1.5.6 del *Capitolo 1. La strategia regionale per lo sviluppo competitivo e armonioso del territorio*, a cui si fa riferimento in questo studio.

Il PTR costituisce il quadro di riferimento per la programmazione e la pianificazione a livello regionale e l'aggiornamento 2013, risultato di un confronto tra tutte le Direzioni Generali, comporta anche delle ricadute sulla pianificazione locale.

Tra gli elaborati del PTR il *Documento di Piano* è quello che raccorda tutte le altre sezioni del PTR e definisce gli obiettivi di sviluppo della Lombardia individuando 3 macro-obiettivi e 24 obiettivi di Piano, le linee orientative dell'assetto del territorio e gli effetti diretti e indiretti.

Al punto 1.5.6 *Infrastrutture Prioritarie per la Lombardia*, dove il PTR individua le infrastrutture strategiche per il conseguimento degli obiettivi di Piano, il *Documento di Piano* indica la Linea AV/AC Milano-Venezia, come parte integrante del progetto di miglioramento della dotazione infrastrutturale regionale. Più precisamente, la AV/AC, insieme agli altri fondamentali progetti infrastrutturali che interessano il territorio lombardo, si inquadra in un contesto strategico di rango europeo (Reti TEN-T Trans-European Networks – Transport) e nazionale (progetti di infrastrutture strategiche di preminente interesse nazionale incluse nel *Piano per le infrastrutture strategiche* di cui alla legge Obiettivo – L.443/2001. Da uno sguardo d'insieme della rete europea di trasporto TEN-T, risulta evidente che la Lombardia rappresenta un punto di intersezione di tre corridoi, tra cui il Corridoio Est-Ovest, che attraversa l'intera area padana e connette le regioni del Nord Italia con l'occidente d'Europa e i nuovi territori dell'Est (Lione – Torino – Milano – Trieste – Lubiana – Budapest – Kiev).

In particolare, relativamente al potenziamento della grande accessibilità di livello nazionale che riguarda il territorio lombardo, viene riportato che “proseguono gli interventi per il completamento del sistema Alta Capacità/Alta Velocità Torino – Milano – Venezia”.



Infine, considerando che il presente studio riguarda la variante di progetto per il collegamento della AV/AC con l'aeroporto di Montichiari, è importante sottolineare che tra gli obiettivi di strategia regionale del PTR, oltre alle azioni necessarie all'affermazione di Malpensa come aeroporto intercontinentale, ci sono quelli atti a favorire lo sviluppo del sistema aeroportuale lombardo attraverso l'articolazione dei differenti ruoli per gli scali di Linate, Orio al Serio e Montichiari.

### Piano Paesaggistico Regionale (PPR)

Il Piano Territoriale Regionale (PTR), in applicazione dell'art. 19 della l.r. 12/2005, ha natura ed effetti di piano territoriale paesaggistico ai sensi della legislazione nazionale (Dlgs.n.42/2004) . Il PTR in tal senso recepisce consolida e aggiorna il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) vigente in Lombardia dal 2001, integrandone e adeguandone contenuti descrittivi e normativi e confermandone impianto generale e finalità di tutela.

Il Piano Paesaggistico Regionale diviene così sezione specifica del PTR, disciplina paesaggistica dello stesso, mantenendo comunque una compiuta unitarietà ed identità.

Le misure di indirizzo e prescrittività paesaggistica si sviluppano in stretta e reciproca relazione con le priorità del PTR al fine di salvaguardare e valorizzare gli ambiti e i sistemi di maggiore rilevanza regionale: laghi, fiumi, navigli, rete irrigua e di bonifica, montagna, centri e nuclei storici, geositi, siti UNESCO, percorsi e luoghi di valore panoramico e di fruizione del paesaggio.

L'approccio integrato e dinamico al paesaggio si coniuga con l'attenta lettura dei processi di trasformazione dello stesso e l'individuazione di strumenti operativi e progettuali per la riqualificazione paesaggistica e il contenimento dei fenomeni di degrado, anche tramite la costruzione della rete verde.

Il PTR contiene così una serie di elaborati che vanno ad integrare ed aggiornare il Piano Territoriale Paesistico Regionale approvato nel 2001, assumendo gli aggiornamenti apportati allo stesso dalla Giunta Regionale nel corso del 2008 e tenendo conto degli atti con i quali in questi anni la Giunta ha definito compiti e contenuti paesaggistici di piani e progetti.

Gli elaborati approvati sono di diversa natura:



- La *Relazione Generale*, che esplicita contenuti, obiettivi e processo di adeguamento del Piano
- Il *Quadro di Riferimento Paesaggistico* che introduce nuovi significativi elaborati e aggiorna i Repertori esistenti
- La *Cartografia di Piano*, che aggiorna quella pre-vigente e introduce nuove tavole
- I *contenuti Dispositivi e di indirizzo*, che comprendono da una parte la nuova Normativa e dall'altra l'integrazione e l'aggiornamento dei documenti di indirizzo.

Per ciò che attiene il tratto di riferimento della AC/AV (variante di progetto in corrispondenza dell'aeroporto Montichiari) il PPR riporta contenuti ed indirizzi nei seguenti elaborati:

#### Quadro di Riferimento Paesaggistico:

- punto 3.14, Ambito Geografico *Bresciano* - Paesaggi della Lombardia: Ambiti e caratteri tipologici;
- punto 4.5, Unità Tipologica di Paesaggio *Fascia della Bassa Pianura* - Paesaggi della Lombardia: Ambiti e caratteri tipologici;
- Abaco vol.1

#### Indirizzi di tutela:

- Ambiti di criticità: *Morene del Garda e Fiume Chiese* - Ambiti caratterizzati dalla presenza di molteplici aree assoggettate a tutela ai sensi della legge 1497/1939, successivamente ricompresa nella Parte III del D.Lgs 42/2004, per le quali si rende necessaria una verifica di coerenza all'interno dei P.T.C. provinciali, anche proponendo la revisione dei vincoli/beni paesaggistici (di cui alla Tavola D - Quadro di riferimento della disciplina paesaggistica e Tavola A - Ambiti geografici e unità tipologiche di paesaggio regionale del PPR)
- punto 2.9 *Aree di cantiere di grandi opere* (per degli indirizzi di tipo generale).



## 2.4 PTCP della Provincia di Brescia

La Provincia definisce attraverso il Piano Territoriale di Coordinamento (PTCP), ai sensi della l.r. 11 marzo 2005 n. 12, gli obiettivi generali relativi all'assetto e alla tutela del proprio territorio connessi ad interessi di rango provinciale o sovracomunale o costituenti attuazione della pianificazione regionale. Prima di analizzare questo strumento normativo, però, si fa presente che il piano in vigore per la Provincia di Brescia risale al 2004 e che nel gennaio 2014 è stato adottato l'adeguamento dello stesso alla Legge 12/2005 e al PTR/PPR del 2010. Per completezza è stata effettuata l'analisi su entrambi gli strumenti.

### **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Brescia**

La Provincia di Brescia si è dotata del proprio P.T.C.P. , approvato il 21/4/2004 con D.C.P. n. 22 e successivamente pubblicato nel B.U.R.L. il 22/12/2004.

Nell'ambito dell'ammodernamento della rete infrastrutturale, alla linea AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, viene posto, tra gli altri obiettivi, anche quello di favorire la realizzazione di un sistema integrato, attraverso la messa in opera di nodi intermodali tra i diversi sistemi di trasporto, per far fronte in modo il più ampio possibile alle necessità dell'utenza, in modo economicamente sostenibile. Questo concetto viene identificato sia in sede europea (Schema di Sviluppo dello Spazio Europeo, approvato a Postdam nel maggio 1999 e Libro Bianco approvato dalla Commissione Europea nel settembre 2001), e di seguito recepito ai diversi livelli (nazionale e locale).

A livello regionale, si fa riferimento ai seguenti documenti:

Piano Regionale dei Trasporti della Regione Lombardia approvato con Delibera 3/941 dal Consiglio Regionale in data 25.11.1982

Piano Regionale della viabilità approvato con Delibera del Consiglio Regionale della Lombardia il 26 marzo 1985 n. 3/2035 e reso esecutivo successivamente in data 9/05/1985 con provvedimento della C.C.A.R.

Piano del sistema dell'intermodalità e della logistica, redatto a seguito della L.R. n. 22 del 29/10/98, che definisce il tema dell'intermodalità e della logistica all'interno della riconfigurazione del trasporto locale in Lombardia.



Il P.T.C.P. recepisce il progetto del corridoio infrastrutturale n° 5 Lione-Milano-Trieste-Kiev dell'alta capacità ferroviaria secondo la configurazione dal progetto ex Legge Obiettivo. Nel caso di necessità di ulteriori precisazioni nella configurazione della linea, il P.T.C.P. propone la realizzazione più estesa possibile in trincea e la limitazione dei tratti di binario di servizio, inoltre, prescrive la realizzazione di compensazioni. Il Piano inoltre raccomanda ai Comuni in particolare il controllo degli interventi negli ambiti di visuale libera dall'infrastruttura.

Il P.T.C.P. persegue inoltre l'obiettivo strategico dello sviluppo dell'aeroporto "Gabriele D'Annunzio" di Montichiari. Prevede, quindi, la messa in atto di un programma rivolto a definire, mediante atti di pianificazione complessa di cui all'art.15 delle N.T.A:

- l'adeguata programmazione degli interventi infrastrutturali;
- le strategie per lo sviluppo economico-sociale;
- il grado di compatibilità ambientale dell'aeroporto col territorio coinvolto.

Il P.T.C.P. individua all'art. 16 delle Norme Tecniche di Attuazione il Piano Territoriale d'Area per l'aeroporto di Montichiari come progetto strategico di interesse regionale.

L'art. 100 delle N.T.A. del P.T.C.P. fissa come obiettivo lo sviluppo dell'aeroporto di Montichiari prevedendo quindi la messa in atto di un programma rivolto a definire, mediante atti di pianificazione complessa, l'adeguata programmazione degli interventi infrastrutturali, le strategie per lo sviluppo economico sociale, il grado di compatibilità territoriale con territorio coinvolto; prescrivendo altresì un regime di salvaguardia nelle aree interne al poligono delimitato: a nord dal piede della collina di Castenedolo, ad est dalla S.P. ex S.S. 236 "Goitese", a sud dalla S.S. 668 "Lenese", ed a ovest dalla linea ferroviaria Brescia – Parma.

Per la parte cartografica fare riferimento all'allegato 3 "Sintesi Piano regolatori generali e comunali" IN0500DE2N4SA000P002.

### **Revisione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Brescia**

La Provincia di Brescia con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 2 del 13 gennaio 2014 ha adottato la Revisione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP).

Rispetto al PTCP vigente il nuovo PTCP della Provincia di Brescia mostra una maggiore attenzione alla sostenibilità delle trasformazioni territoriali e orienta al corretto inserimento paesaggistico degli interventi, affinché questi risultino coerenti con i caratteri strutturali dei paesaggi interessati dalle trasformazioni.



In particolare, lo strumento introdotto per raggiungere questo obiettivo è quello della Rete Verde Paesaggistica (cfr Figura 2.4-3 ), che attraverso la sua struttura permette di avere una conoscenza più approfondita del patrimonio paesistico provinciale e dei caratteri paesaggistici delle diverse aree di intervento indirizzando le azioni e i progetti di ripristino del mosaico paesistico.

Considerano il ruolo strategico della nuova infrastruttura per l'aeroporto di Montichiari, si segnala che, così come nel PTCP vigente, lo sviluppo dell'aeroporto rientra anche tra gli obiettivi strategici del nuovo PTCP. L' Art. 20 *Obiettivi generali e specifici del sistema infrastrutturale*, quale integrazione dei macro-obiettivi di cui all'art. 3 (i cui contenuti si basano sugli obiettivi e i contenuti della normativa e programmazione regionale), definisce per il sistema delle infrastrutture i seguenti obiettivi generali e specifici (al punto "a"):

Migliorare le condizioni di accessibilità del territorio:

- I. prevedere un sistema gerarchizzato e integrato di reti di trasporto pubblico e privato, in un'ottica di funzionalità, sostenibilità ambientale e sicurezza;
- II. soddisfare il fabbisogno arretrato di infrastrutture con particolare riferimento al trasporto pubblico;
- III. promuovere l'intermodalità (ferro, gomma, aria, acqua, mobilità dolce) per il trasporto passeggeri e merci attraverso il potenziamento e la realizzazione di centri di interscambio;
- IV. supportare lo sviluppo dell'Aeroporto di Montichiari nel rispetto del Piano Territoriale regionale d'Area (PTRA).

Il nuovo PTCP dedica all'aeroporto di Montichiari l'intero Art. 22 dove l'infrastruttura viene definita "strategica" per lo sviluppo del sistema aeroportuale lombardo e del nord Italia ed in particolare del sistema socio economico della provincia di Brescia e delle province limitrofe.

Il PTCP individua alle tav. 1.2 *Struttura e Mobilità: ambiti territoriali* (cfr. Figura 2.4-4) gli areali A, A1, le aree di rischio aeroportuale e le curve isofoniche del piano territoriale regionale d'area (PTRA) approvato con DCR n. 298 del 6 dicembre 2011 , recependo gli aspetti prevalenti e gli aspetti di indirizzo. Questi ultimi integrano gli indirizzi generali e per sistemi territoriali del PTCP.

Per quanto riguarda gli ambiti agricoli, il PTCP riconosce come ambiti destinati all'attività agricola di interesse strategico:



- gli areali T3-2 e T3-5;
- l'areale T3-1, a far data dalla scadenza della salvaguardia di PTR.A.

Quanto alle infrastrutture di mobilità, il PTCP:

- in attuazione del punto 7.3.3 del Documento di Piano di PTR.A, opera una riduzione del corridoio di salvaguardia dell'infrastruttura ferroviaria metropolitana all'interno dell'areale A, secondo quanto disposto al successivo art. 23, comma 4 e 8, lettera d);
- ad integrazione dello schema infrastrutturale di PTR.A, propone la modifica del corridoio di salvaguardia dell'infrastruttura ferroviaria metropolitana all'interno dell'areale A, secondo quanto rappresentato alla tavola 1.2 / C;
- alla scadenza della salvaguardia di PTR.A le infrastrutture ivi previste sono classificate come opere programmate in salvaguardia ai sensi dell'art. 19, comma 5, lettera c).

In particolare, come riportato anche nel PTR.A dell'aeroporto di Montichiari (vedi capitolo seguente), la variante di adeguamento del PTCP vigente conferma il ruolo strategico dell'aeroporto per lo sviluppo del sistema aeroportuale lombardo e del Nord Italia e per la crescita socio economica della stessa provincia e delle province limitrofe.

Pur non rappresentando una variante generale al piano, la variante di adeguamento affronta tematiche rilevanti anche per il comparto territoriale dell'aeroporto ed in particolare: rivede il quadro delle infrastrutture di rilievo sovra comunale aggiornandolo al quadro della programmazione provinciale e sovra ordinata, localizza la stazione AV/AC in territorio di Montichiari a confine con Castenedolo, individua gli ambiti destinati all'attività agricola di interesse strategico, rende coerente il progetto di rete ecologica provinciale con la RER approvata dalla regione.

Il PTCP adottato fa proprie, in ordine all'assetto della rete stradale e ferroviaria, quanto deliberato dalla stessa provincia con DGP n. 260 del 29/5/2008 e DGP n. 221 del 29/4/2008.

La variante, oltre al consistente adeguamento in materia di ambiti agricoli, presenta le seguenti novità rispetto al PTCP vigente:

- salvaguardia dei tracciati delle infrastrutture programmate ed esistenti, che individua e ne detta le condizioni di salvaguardia;
- inserimento paesaggistico e ambientale delle infrastrutture;
- individuazione dei poli attrattori dei servizi e indicazione dei criteri per il coordinamento fra comuni a garanzia di una più efficiente programmazione dei servizi;



- approfondisce e adegua il progetto della rete ecologica regionale (RER) e definisce gli obiettivi di mantenimento e/o recupero della continuità ecologica.

Per le componenti ambientali e la difesa del suolo la variante recepisce le normative e i nuovi piani promulgati dopo l'entrata in vigore del PTCP, in particolare il D.Lgs 152/2006 (modificato D.Lgs 4/2008), il Piano tutela e uso delle acque (PTUA), le nuove norme in materia idrogeologica e sismica e gli aggiornamenti al PAI.

In riferimento a quanto riportato finora seguono gli stralci delle Tavole alle quali si è fatto riferimento e dove il tracciato della linea AC/AV, con la sua variante, è stato recepito e riportato:

- Figura 2.4-1: Tavola 5.2 (Sezione A ed M) "Ambiti destinati all'attività agricola di interesse strategico" :

Dalla Tavola emerge come il tracciato ferroviario attraversi prevalentemente ambiti agricoli di valore paesistico ambientale (Art. 75 delle NTA, "l'ambito della pianura per l'elevata capacità d'uso dei suoli, ovvero per la presenza di suoli adatti ad ogni tipo di utilizzo e per la rilevanza socio-economica delle attività agricole che in tale contesto dispongono di ampie superfici adatte alla gestione agronomica dei reflui zootecnici. Anche in questo ambito deve tuttavia essere considerato l'elevato livello di qualità paesaggistica e ambientale del territorio rurale, arricchita dalla presenza di elementi storico-culturali e vegetazionali e dal reticolo idrografico secondario e principale che costituisce la matrice della rete ecologica in pianura").

- Figura 2.4 2: Tavola 4 (Sezione D ed E) "Rete Ecologica Provinciale" della Revisione del PTCP della Provincia di Brescia:

Dalla Tavola emerge come il tracciato ferroviario sia situato a cavallo tra gli Ambiti urbani e periurbani preferenziali per la ricostruzione ecologica diffusa (ambiti provinciali ove si rileva la maggiore frammentazione tra sistemi urbani, sistema infrastrutturale ed aree agricole, Art. 51 delle NTA), a nord, e le Aree per la ricostruzione polivalente dell'agroecosistema (aree agricole soggette a potenziali fenomeni di semplificazione della struttura ecosistemica e di frammentazione e abbandono a causa dell'espansione delle strutture urbane ed alla realizzazione delle infrastrutture, art. 48 delle NTA), a sud.



Si segnala l'interferenza con il Corridoio ecologico primario lungo il Fiume Chiese, indicato anche come Area ad alto valore naturalistico ed Elemento di primo livello della RER (Rete Ecologica Regionale). Si segnala inoltre l'interferenza con il corridoio locale lungo il fiume Garza.

- Figura 2.4 3: Tavola 2.6 "Rete Verde Paesaggistica della Revisione del PTCP della Provincia di brescia

Dalla Tavola emerge in sintesi la complessità del paesaggio attraversato dalla linea ferroviaria. Il tracciato attraversa quasi interamente aree definite come Ambiti dei paesaggi rurali di transizione, per i quali si suggeriscono le azioni di "contenimento di consumo di suolo e potenziamento delle connessioni con gli ambiti al contorno". Viene segnalata la presenza di numerosi Elementi di rilevanza dei paesaggi culturali (cascine) e della permanenza di Orditure significative dei paesaggi agricoli, per i quali si indica la necessità di conservazione, tutela e valorizzazione. Sono indicati inoltre i corridoi ecologici costituiti dal fiume Chiese e dal torrente Garza.

- Figura 2.4-4: Tavola 1.2 (Sezione D ed E) "Struttura e mobilità – ambiti territoriali" della Revisione del *PTCP della Provincia di Brescia*

Dalla Tavola emerge come il tracciato ferroviario attraversi l'ambito delimitato dal PTR di Montichiari e, al suo interno, le zone di rischio A-B-C (paragrafo 2.3).

Figura 2.4-1: Tavola 5.2 (Sezione A ed M) "Ambiti destinati all'attività agricola di interesse strategico" della Revisione del PTCP della Provincia di Brescia



**AMBITI DESTINATI ALL'ATTIVITA' AGRICOLA DI INTERESSE STRATEGICO**

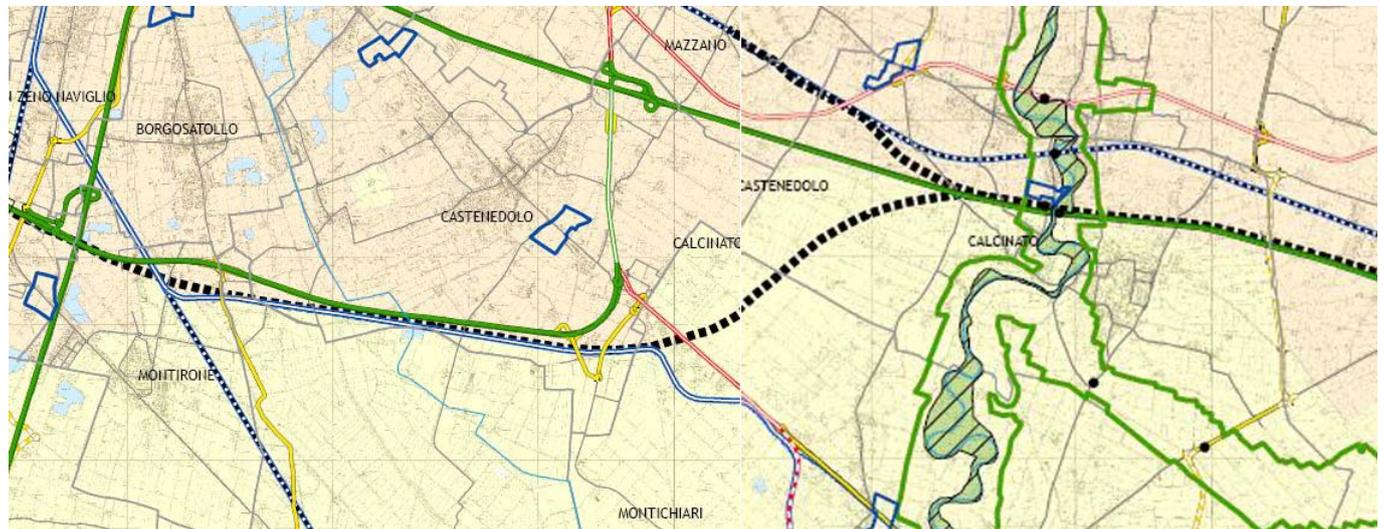
-  Ambiti destinati all'attività agricola di interesse strategico (AAS)
-  Alpeggi
- Ambiti di valore ambientale-naturalistico**
  -  Parchi nazionali
  -  Parchi regionali
  -  Parchi naturali
  -  PLIS
  -  Riserve naturali
  -  Sic
  -  ZPS
  -  Corridoi ecologici primari altamente antropizzati in ambito montano
  -  Corridoi ecologici primari a bassa/media antropizzazione in ambito pianiziale
  -  Ecosistemi acquatici (DUSAF)
  -  Boschi (DUSAF e PIF)
  -  Aree sterili
  -  Reticolo idrico principale ai fini della polizia idraulica
  -  Laghi
- Ambiti di valore paesistico**
  -  Ambiti di valore paesistico ambientale
  -  Ambiti elevata naturalità art. 17 PPR

**SISTEMA URBANO**

-  Ambiti di riduzione degli AAS proposti dai Comuni o discendenti da pianificazione sovraordinata
-  Ambiti estrattivi
-  Viabilità locale

-  Viabilità primaria
-  Viabilità da potenziare a primaria
-  Viabilità principale
-  Viabilità da potenziare a principale
-  Viabilità principale (di progetto)
-  Viabilità secondaria
-  Viabilità secondaria (di progetto)
-  Metropolitana
-  Metropolitana in progetto
-  Linee ferroviarie metropolitane
-  Linee ferroviarie metropolitane di progetto
-  AV / AC
-  Ferrovia storica
-  Interscambi tra rete della viabilità e sistemi di trasporto pubblico
-  Nodi logistici di livello sovra-provinciale; Nodi logistici di livello locale
-  Stazioni Ferroviarie
-  Nodo del trasporto pubblico
-  Fermate metropolitana
-  Aeroporti esistenti
-  Aree A- PTRA Montichiari
-  Confini amministrativi comunali

Figura 2.4-2:Tavola 4 (Sezione D ed E) "Rete Ecologica Provinciale" della Revisione del PTCP della Provincia di Brescia



**Legenda**

-  Corridoi ecologici primari a bassa/media antropizzazione in ambito pianiziale
-  Corridoi ecologici primari altamente antropizzati in ambito montano
-  Corridoi ecologici secondari
-  Corridoi locali
-  Varchi
-  Fronti problematici all'interno dei corridoi ecologici
-  Principali punti di conflitto della rete con le infrastrutture prioritarie
-  Aree problematiche all'interno dei corridoi ecologici
-  Diretrici di collegamento esterno
-  Principali ecosistemi lacustri
-  Aree ad elevato valore naturalistico
-  Ambiti di consolidamento ecologico delle colline moreniche del Garda
-  Aree naturali di completamento
-  Ambiti urbani e periurbani preferenziali per la ricostruzione ecologica diffusa
-  Ambiti dei fontanili
-  Aree per la ricostruzione polivalente dell'agroecosistema
-  Rete Natura 2000
-  Elementi di primo livello della RER

-  Reticolo idrico principale
-  Viabilità locale
-  Viabilità primaria
-  Viabilità da potenziare a primaria
-  Viabilità principale
-  Viabilità da potenziare a principale
-  Viabilità principale (di progetto)
-  Viabilità secondaria
-  Viabilità da potenziare a secondaria
-  Viabilità secondaria (di progetto)
-  Metropolitana
-  Metropolitana in progetto
-  Linee ferroviarie metropolitane
-  Linee ferroviarie metropolitane di progetto
-  AC/AV
-  Ferrovia storica
-  Confini comunali
-  Confine provinciale

Figura 2.4-3: Tavola 2.6 "Rete Verde Paesaggistica della Revisione del PTCP della Provincia di Brescia"



	Confine Provincia
	Rete Stradale
	Ferrovie
	Incertidivno
<b>Idrografia</b>	
	Elementi Primari della rete idrografica
	Elementi secondari della rete idrografica
	Laghi

**AMBITI PER LA TUTELA/RIPRISTINO DELLA CONTINUITÀ DEI PAESAGGI NATURALI**

	Parchi Nazionali e Regionali	Si rimanda alla normativa di riferimento
<b>AMBITI DELLA RETE ECOLOGICA PROVINCIALE</b>		
<b>TIPOLOGIA</b>	<b>RIFERIMENTI/AZIONI</b>	
	Elementi di primo livello della RER, inclusi i Siti di Rete Natura 2000	Cfr. Tav. 4 Rete ecologica e Articoli delle NdA riferiti alla Rete Ecologica Provinciale
	Aree ad elevato valore naturalistico	
	Aree naturali di completamento	
	Corridoi ecologici primari	
	Corridoi ecologici secondari	
<b>AMBITI AGRICOLI DI VALORE PAESISTICO AMBIENTALE E PLUS</b>		
<b>TIPOLOGIA</b>	<b>RIFERIMENTI/AZIONI</b>	
	Ambiti agricoli di valore paesistico-ambientale	Potenziamento degli elementi di naturalità diffusa nel rispetto della struttura paesistica originaria
	PLUS	Cfr. Art. XX della Rete Ecologica Provinciale

**AMBITI SPECIFICI DELLA RETE VERDE PAESAGGISTICA: tutela/valorizzazione**

TIPOLOGIA	RIFERIMENTI/AZIONI
	Nodi strategici delle valli fluviali Attivazione di processi complessivi di riqualificazione
	Ambiti fortemente antropizzati delle Valli fluviali Riqualificazione delle aree agricole frammentate e/o residuali
	Ambiti dei paesaggi rurali tradizionali della Franciacorta e del Lugana Contenimento del consumo di suolo e potenziamento dei caratteri identitari
	Ambiti rurali di Francia urbana Contenimento del consumo di suolo e ricomposizione del paesaggio locale
	Ambiti dei paesaggi rurali di transizione Contenimento del consumo di suolo, potenziamento delle connessioni con gli ambiti a contorno
	Elementi di rilevanza paesaggistica Contenimento della pressione antropica, attivazione di processi di riqualificazione
	Margini delle conurbazioni Contestualizzazione, ricomposizione e riqualificazione
	Territorio intersecato da potenziamenti e nuove strade Predisposizione di scenari di riqualificazione paesistica complessiva
	Tratti stradali ad alta interferenza con il mosaico paesistico ambientale Attivazione di interventi di mitigazione e di ricomposizione del paesaggio
	Domini sciabli da PPR Riqualificazione delle aree interessate
	Elementi di potenziale valore paesistico Attivazione di processi di rigenerazione urbana e costruzione di nuovi paesaggi di qualità

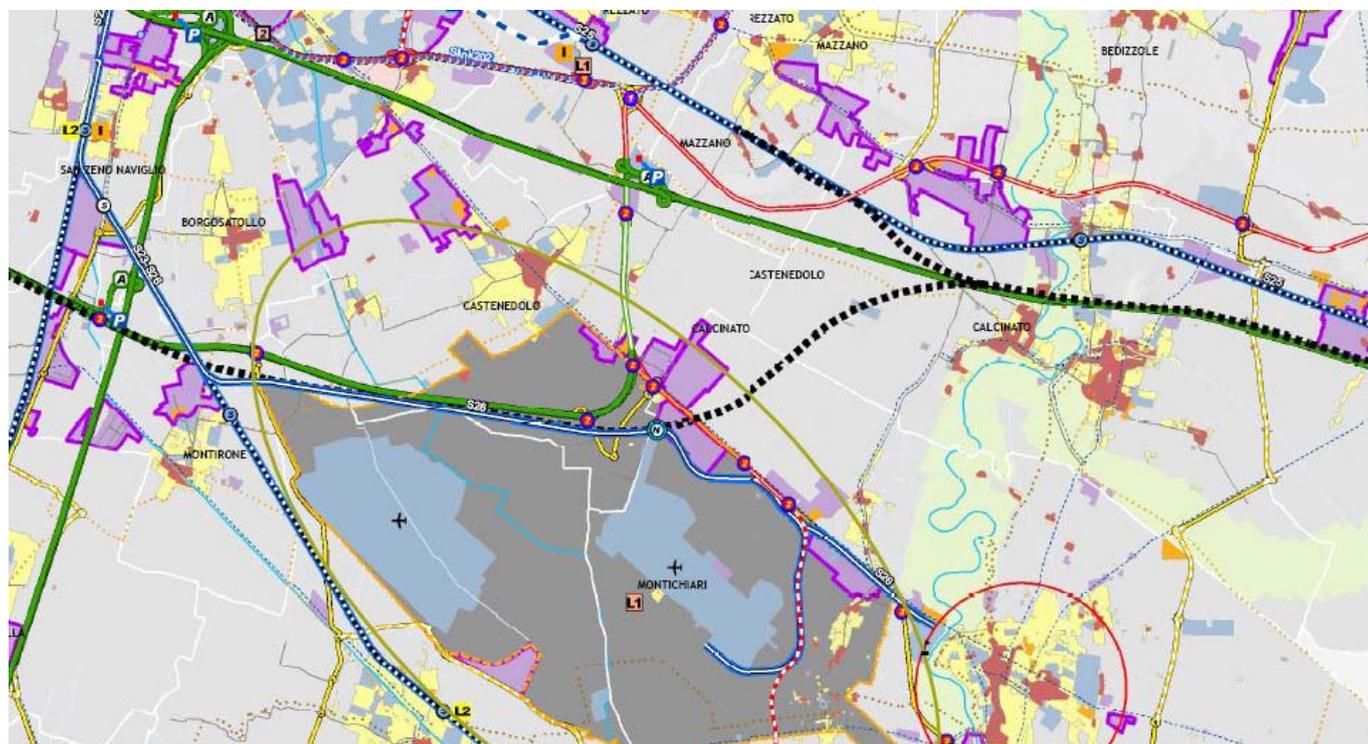
**ELEMENTI IDENTITARI DEI PAESAGGI CULTURALI: tutela/valorizzazione**

TIPOLOGIA	RIFERIMENTI/AZIONI
	Centri storici Tutela della fisionomia dei nuclei storici
	Elementi di rilevanza dei paesaggi culturali Cfr. Tavola 2.2 - Tutela e valorizzazione
	Ordire significative dei paesaggi agricoli Conservazione

**ELEMENTI DELLA RETE FRUITIVA DEL PATRIMONIO PAESAGGISTICO: fruizione**

TIPOLOGIA	RIFERIMENTI/AZIONI
	Nodi dell'intermodalità dolce Incremento e/o miglioramento di attrezzature e servizi
	Sentieri Miglioramento e potenziamento della rete, della segnaletica, dei servizi e delle attrezzature.
	Percorsi ciclabili

Figura 2.4-4: Tavola 1.2 (Sezione D ed E) "Struttura e mobilità - ambiti territoriali" della Revisione del PTCP della Provincia di Brescia



**Legenda**

**SISTEMA INSEDIATIVO**

Tipologie insediative esistenti o previste dalla pianificazione comunale

-  Nuclei d'antica formazione (NAF)
-  Ambiti a prevalente destinazione residenziale
-  Ambiti a prevalente destinazione produttiva
-  Ambiti a prevalente destinazione terziaria-commerciale
-  Insediamenti per servizi comunale e sovracomunali
-  Insediamenti turistici-ricettivi
-  Ambiti Produttivi Sovracomunali (APS)

-  Grandi strutture di vendita di area sovracomunale
-  Grandi strutture di vendita di area estesa
-  Autodromo
-  Quartiere fieristico
-  Centri ordinatori

**SISTEMA INFRASTRUTTURALE**

**Rete viaria**

esistente o in costruzione

-  Viabilità primaria
-  Viabilità da potenziare a primaria
-  Viabilità principale
-  Viabilità da potenziare a principale
-  Viabilità secondaria
-  Viabilità da potenziare a secondaria
-  Rete della viabilità locale

di progetto

-  Viabilità principale
-  Viabilità secondaria

Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGS0000001

Rev.  
1

Foglio  
27

**Intersezioni della rete viaria**

esistente o in costruzione

-  Casello autostradale
-  Intersezione di tipo 1
-  Intersezione di tipo 2

di progetto

-  Casello autostradale
-  Intersezione di tipo 1
-  Intersezione di tipo 2

**Rete del trasporto pubblico collettivo**

-  Ferrovie Alta velocità/Alta capacità (AV/AC)

**Rete del trasporto pubblico locale (TPL)**

-- Rete su ferro

esistente o in costruzione

-  Linee ferroviarie storiche (Linee 5)
-  Linee ferroviarie metropolitane
-  Metropolitana

di progetto

-  Linee ferroviarie
-  Metropolitana

-- Rete su gomma

-  Linee suburbane (S-Link)
-  Linee locali

-- Rete su natante

-  Linee di navigazione

-- Stazioni, fermate, porti e aeroporti

-  Fermate metropolitana esistenti
-  Fermate metropolitana di progetto
-  Stazioni/Fermate linea ferroviaria metropolitana programmate
-  Stazioni/Fermate ferroviarie esistenti (linee 5)
-  Fermate linee S-Link
-  Porti e approdi
-  Aeroporti esistenti

-- Piano Territoriale Regionale d' Area- Montichiari (PTRA)

-  Ambito A
-  Areale A1

-- Rete della mobilità dolce

esistente o in costruzione

-  Itinerari ciclo-pedonali di livello regionale e provinciale

di progetto

-  Itinerari ciclo-pedonali di livello regionale e provinciale

**Centri di interscambio modale di livello primario**

-  Nodo del trasporto pubblico esistente
-  Nodo del trasporto pubblico programmato

**Centri di interscambio modale di livello secondario**

-- Interscambi passeggeri

-  Interscambi ferro-gomma-acqua
-  Interscambi gomma pubblica-gomma privata
-  Interscambi tra rete della viabilità e sistemi di trasporto pubblico
-  Aree parcheggio attrezzate

-- Interscambio modale merci

-  Nodi logistici di livello sovra-provinciale
-  Nodi logistici di livello locale

 Reticolo idrografico principale

 Laghi

 Confini amministrativi comunali

 Reticolo idrografico minore

 Rete verde



## 2.5 Piano Territoriale Regionale d'Area Aeroporto di Montichiari

Il Piano d'Area si configura come atto di pianificazione complessa di cui all'art.15 delle N.T.A. del P.T.C.P. avente contenuti di livello sovraprovinciale e quindi può essere assunto dalla Regione come atto di pianificazione regionale.

La LR 12/2005 all'art. 20 comma 6, assegna al PTR il compito di approfondire, "*a scala di maggior dettaglio*", gli obiettivi già indicati dal PTR. e L'art. 21 comma 6 qualifica esplicitamente il PTR come "*attuativo*" del PTR.

Il PTR, approvato dal Consiglio regionale con deliberazione n. 951 del 19 gennaio 2010, individua le infrastrutture strategiche per il conseguimento degli obiettivi di piano, e tra le priorità sottolinea la necessità di promuovere lo sviluppo del sistema aeroportuale lombardo, riconoscendo un forte ruolo allo scalo di Montichiari (voli charter collegamenti regionali e cargo). Conseguentemente lo sviluppo del sistema aeroportuale necessita di azioni di potenziamento infrastrutturale e di adduzione, in particolare il collegamento pedemontano Bre.Be.Mi. per quanto riguarda la rete viabilistica e il completamento del Sistema Alta Capacità/Alta velocità TO-MI-VE.

L'obiettivo del PTR di Montichiari è il potenziamento dell'aeroporto. Si tratta di un obiettivo strategico, che si inserisce in un quadro di sviluppo potenziale del sistema aeroportuale della Lombardia, ma anche dei suoi rapporti con l'organizzazione della mobilità dell'area, rispetto ai collegamenti internazionali (Corridoio V, Brennero e TAV, in primo luogo) e con il sistema aeroportuale veneto, e delle relazioni con i territori del nord est, uno dei potenziali bacini per l'aeroporto. Il piano interessa importanti sistemi territoriali del PTR, localizzati tra Lombardia e Veneto: il Sistema dei Laghi, il Sistema Montano, l'area Metropolitana e il Sistema Pedemontano. Il PTR ha anche l'obiettivo di valutare la sostenibilità ambientale dello sviluppo aeroportuale in armonia con il territorio circostante.

Gli obiettivi principali del piano sono:

- Obiettivo 1: Salvaguardia del sito aeroportuale;
- Obiettivo 2: Salvaguardia dei corridoi infrastrutturali;
- Obiettivo 3: Ordinare i processi di sviluppo in diretta relazione con il sito aeroportuale;
- Obiettivo 4: Orientare i processi di sviluppo locale.



In particolare, il PTR Montichiari individua i corridoi idonei per la futura realizzazione del sistema infrastrutturale (obiettivo 2 *Salvaguardia dei corridoi infrastrutturali*), ritenuto che ciò sia condizione necessaria per lo sviluppo aeroportuale di lungo termine dal momento che:

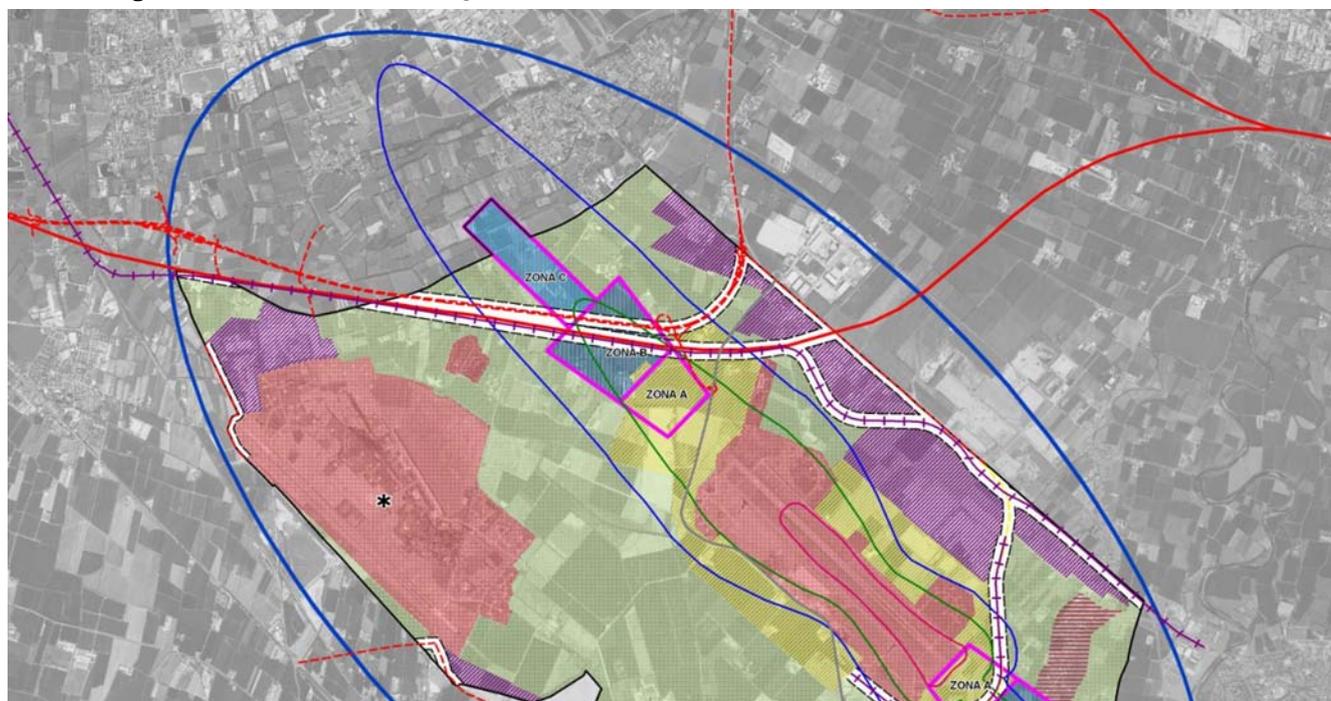
- lo sviluppo del sistema aeroportuale non può prescindere dal rafforzamento dei corridoi infrastrutturali per il trasporto su ferro e su gomma;
- il PTR individua le infrastrutture strategiche per il conseguimento degli obiettivi di piano, e tra le priorità sottolinea la necessità di promuovere lo sviluppo del sistema aeroportuale lombardo, riconoscendo un forte ruolo allo scalo di Montichiari;
- il PTR individua altresì la Rete Ecologica regionale quale infrastruttura strategica per il conseguimento degli obiettivi di Piano;
- per lo sviluppo del sistema aeroportuale indicato dal PTR sono necessarie azioni di potenziamento infrastrutturale e di adduzione, in particolare il collegamento pedemontano BreBeMi per quanto riguarda la rete viabilistica e il completamento del Sistema Alta Capacità/Alta Velocità TO-MI-VE;
- gli studi e i quadri di programmazione ad oggi disponibili, pur in assenza di sviluppi progettuali, identificano le aree a nord dell'aeroporto di Montichiari quali siti idonei per la localizzazione della linea ferroviaria AC/AV, anche nell'ipotesi di realizzare una stazione nelle vicinanze dell'aeroporto;
- la Provincia di Brescia, nel quadro delle attività per la revisione del PTCP, ha predisposto un quadro d'insieme delle previsioni infrastrutturali che interessano l'ambito aeroportuale, sia di interesse regionale che di interesse locale.

In sostanza, la variante plano-altimetrica del tracciato della linea concorda con gli obiettivi del PTR (cfr. Figura 2.5-1), e quindi con quelli degli altri strumenti di pianificazione. La presenza di un collegamento ferroviario efficiente e di una stazione dell'AV/AC connessa all'aeroporto, infatti, migliora l'attrattività dello scalo nei confronti dei vettori aerei e conseguentemente innesca un meccanismo di sviluppo territoriale che, come abbiamo visto, viene sostenuto dagli strumenti di pianificazione ad ogni scala.

Di seguito si riporta uno stralcio della Tavola 8 - Organizzazione territoriale del PTR dove viene riportato il tracciato della linea ferroviaria (linea continua rossa).



Figura 2.5-1: Tavola 8.0 "Organizzazione territoriale" del PTRA dell'aeroporto di Montichiari



AMBITO A

AREALE A1

AMBITO TERRITORIALE T1:  
SEDIMI AEROPORTUALI

SEDIME AEROPORTUALE CIVILE

SEDIME AEROPORTUALE MILITARE

AMBITO TERRITORIALE T2:  
SEDIME PER LO SVILUPPO AEROPORTUALE

AMBITO TERRITORIALE T3:  
DI SVILUPPO LOCALE

SUB-AMBITO T3.1

SUB-AMBITO T3.2

SUB-AMBITO T3.3

SUB-AMBITO T3.4

SUB-AMBITO T3.5

ZONE DI RISCHIO A-B-C  
ex. art. 707 C d N

CURVA ISOFONICA 75 dB(A)

CURVA ISOFONICA 65 dB(A)

CURVA ISOFONICA 60 dB(A)

LINEE FERROVIARIE E METROPOLITANE  
ampiezza corridoio 150 m

TAV  
ampiezza corridoio 150 m

RETE STRADALE DA PROGRAMMARE  
ampiezza corridoio 120 m

RETE STRADALE PROGRAMMATA  
ampiezza corridoio 120 m

SP.37



## 2.6 Strumenti di pianificazione comunale

L'opera in progetto interessa i seguenti comuni:

- MONTIRONE il cui PGT vigente (Documento di Piano e Piano delle Regole) è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 16 del 15/03/2009.  
Una Variante è stata approvata con Deliberazione n. 12 del 16/04/2011. Un'ulteriore Variante (vigente per il Piano delle Regole) è stata approvata con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 36 del 27/11/2013. Il Piano di Classificazione Acustica è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 10 del 09/03/2010.
- GHEDI il cui PGT vigente (Documento di Piano) è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 17 del 06/04/2009.  
Aggiornato con 3 successive Varianti approvate nel 2011 e nel 2012.  
Un'ulteriore Variante (vigente per Piano dei Servizi e Piano delle Regole) è stata approvata con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 28 del 19/11/2013. Il Piano di Classificazione Acustica è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 16 del 31/03/2009
- CASTENEDOLO il cui PGT vigente è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 47 del 10/10/2011.  
Con Deliberazione n. 89 del 04/06/2012 la Giunta Comunale ha adottato il procedimento per la redazione della variante al PGT vigente. Il Piano di Classificazione Acustica è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 13 del 22/04/2008.
- MONTICHIARI il cui PGT vigente è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 16 del 28 giugno 2013. Il Piano di Classificazione Acustica è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 13 del 02/03/2007.
- CALCINATO il cui PGT vigente è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 62 del 28/12/2012.  
Con Delibera di G.C. n.96 del 23/07/13 è stato dato avvio del procedimento per la redazione variante al Piano di Governo del Territorio relativa al Piano delle Regole e al Piano dei Servizi. Il Piano di Classificazione Acustica è stato approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 65 del 24/09/2004.



Di seguito si esaminano gli usi del suolo previsti dagli strumenti urbanistici comunali vigenti nei Comuni interessati dall'infrastruttura in progetto (vedi Quadro di riferimento progettuale - Allegato 3 – Sintesi degli strumenti di pianificazione comunale).

### Comune di Montirone

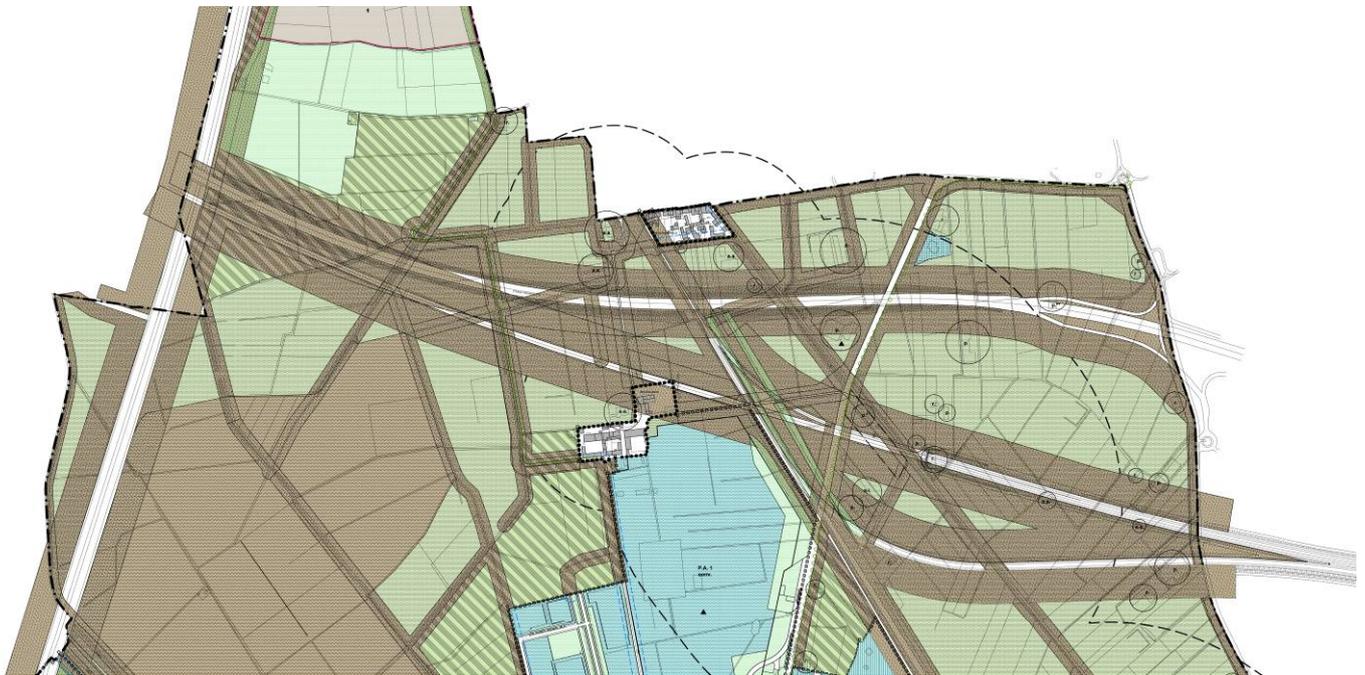
Gli elaborati di Piano recepiscono e riportano il tracciato della linea AV/AC, di seguito si riporta uno stralcio della Tavola DPR 02 – Uso del suolo.

La linea si sviluppa nel territorio comunale dalla progressiva km 85+300 alla progressiva km 87+600; l'area interessata dalla fascia di rispetto della ferrovia è indicata come Ambiti non soggetti a trasformazione urbanistica (art. 40 NTA).

Le zone attraversate sono prevalentemente a destinazione d'uso agricolo, indicate dall'articolo n. 38 delle NTA come aree che, per qualità e produttività dei suoli, vengono destinate alla produzione agricola in ambiti territoriali extraurbani connotati da modesto valore paesistico. Eccezione è fatta dall'area compresa tra il confine comunale occidentale e la progressiva Km 85+600 che viene indicata dal PGT come Area di salvaguardia (art. 39, Sono aree di elevato valore paesaggistico-ambientale ed ecologico con una funzione strategica per la tutela e la salvaguardia del sistema ambientale-ecologico.)

Si segnalano le seguenti interferenze:

- alla progressiva km 86+450 il tracciato lambisce il Nucleo di Antica Formazione di Belleguardo (art. 20 delle NTA);
- alla progressiva km 86+600 il tracciato lambisce un'area produttiva indicata tra gli ambiti territoriali a destinazione prevalentemente produttiva interessati da piani attuativi già convenzionati (art. 30 delle NTA). Tale area è inoltre indicata in Tavola T03 DdP (sistema dei vincoli sovraordinati) come Siti R.I.R. (Rischio Incidente Rilevante);
- al confine tra Montirone e Ghedi, la linea attraversa la fascia di rispetto della strada provinciale n. 23.



**LEGENDA**

-  Contine amministrativo comunale
-  Perimetro del tessuto urbano consolidato
-  Limite di rispetto per captazione di acque sorgive
-  Limite di rispetto degli impianti di depurazione
-  Limite di rispetto degli allevamenti zootecnici
-  Rispetto chilometrico
-  Linee di ammettimento del RVM di competenza consortile
-  Ambiti territoriali estradati
-  Ambiti non soggetti a trasformazione urbanistica

**AZIONI DI PIANO**

-  Ambiti di trasformazione

**IL SISTEMA DEI NUCLEI D'ANTICA FORMAZIONE**

-  Perimetro dei nuclei d'antica formazione
-  Edifici appartenenti al NAF
-  Edifici appartenenti al NAF adibiti a servizi pubblici e/o d'interesse pubblico
-  Edifici appartenenti al NAF non soggetti a trasformazione urbanistica

**IL SISTEMA RESIDENZIALE**

-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente residenziale caratterizzati da tipologia edilizia singola e/o biunita
-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente residenziale caratterizzati da tipologia edilizia a blocco isolato

-  Area libere da edificare con destinazione prevalentemente residenziale con tipologia edilizia singola e/o biunita o a blocco isolato
-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente residenziale interessati da piani attuativi già convenzionati
-  Ambiti di riconversione di attività diverse dalla residenza a destinazione prevalentemente residenziale con tipologia edilizia singola e/o biunita
-  Ambiti di riconversione di attività diverse dalla residenza a destinazione prevalentemente residenziale con tipologia edilizia a blocco isolato
-  Edifici in contrasto con la tipologia edilizia prevalente negli ambiti residenziali: edifici singoli e biuniti inseriti in ambiti caratterizzati da tipologia edilizia prevalente a blocco isolato
-  Edifici in contrasto con la tipologia edilizia prevalente negli ambiti residenziali: edifici a blocco isolato inseriti in ambiti caratterizzati da tipologia edilizia prevalente singola o biunita
-  Edifici di tutela tipologica e ambientale

**IL SISTEMA PRODUTTIVO**

-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente produttiva
-  Area libere da edificare con destinazione prevalentemente produttiva
-  Ambiti territoriali per depositi e lavorazioni all'aperto
-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente produttiva interessati da piani attuativi già convenzionati

**IL SISTEMA COMMERCIALE/DIRIZIONALE**

-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente commerciale/dirizionale
-  Area libere da edificare con destinazione prevalentemente commerciale/dirizionale
-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente commerciale/dirizionale interessati da piani attuativi già convenzionati

**ALTRE DESTINAZIONI E FUNZIONI**

-  Distributori di carburante
-  Ambiti territoriali a destinazione prevalentemente commerciale/terziaristica
-  Verde urbano di salvaguardia

**IL SISTEMA NATURALE ED AGRICOLO, DELLE SALVAGUARDIE, DEI SERVIZI PUBBLICI**

-  Area di salvaguardia
  -  Area agricola
  -  Edifici non più sostituibili agricoli
  -  Allevamenti zootecnici
  -  Ambiti per servizi pubblici e/o d'interesse pubblico e collettivo (servizi piano del territorio)
  -  Perimetri di salvaguardia
  -  Area di sottopiede e monitoraggio per rischio trattamento
  -  Area a norma particolare
- Edifici esecuti:**
-  c. residenza
  -  ca. attività agricole
  -  ca. attività agricole con allevamenti zootecnici
  -  ca. edifici produttivi



Inoltre dall'analisi della Tavola T02 del DdP – Sistema dei vincoli amministrativi si rileva l'interferenza con alcune fasce di rispetto stradale ed elementi del Reticolo Idrografico minore; mentre non si riscontrano interferenze con beni culturali o paesistico-ambientali.

### Comune di Ghedi

Gli elaborati di Piano recepiscono e riportano il tracciato della linea AV/AC, di seguito si riporta uno stralcio della tavola DPR 01 – Uso del suolo.

La linea si sviluppa nel territorio comunale dalla progressiva km 87+600 alla progressiva km 88+150, al margine tra zone a destinazione agricola (NTA Art. 46 - ZONA "E1": agricola produttiva) e una zona con attività estrattiva in atto (NTA Art. 45.6 - "D6": zona per attività estrattive (A.T.E.)).

La linea lambisce il margine dell'area sottoposta a Piano Territoriale d'Area dell'Aeroporto di Montichiari



 Confine Comunale  Perimetro Centro Antico  A.Nucleo di Antica Formazione  B1.Edilizia residenziale consolidata intensiva  B2.Edilizia residenziale consolidata e di completamento semintensiva  B3.Edilizia residenziale consolidata e di completamento somtrada  B4.Edilizia residenziale consolidata e di completamento rada  C.Edilizia residenziale di espansione in atto  D1.Zona produttiva consolidata e di completamento  D2.Piano attuativo produttivo in atto  D3.Zona commerciale-terziaria consolidata e di completamento  D3.Dpr.Zona commerciale-terziaria consolidata e di completamento soggetta a disposizioni particolari  D4.Piano attuativo commerciale in atto  D5.Piano attuativo di riconversione produttiva in atto  D6.Zona per attività estrattiva A.T.E.  Perimetro Ambienti Territoriali Estrattivi (A.T.E.)  Aree estrattive attive  Aree estrattive dismesse  D7.Zona agroindustriale  D8.Zona per autotrasportatori  <b>P.L.I. in atto:</b>  "Stata"  "Ex. Sarmiya"  "Palazzo Orsini"  "Via Curtatone"  "Via F.lli Bronzetti"	 E1.Zona Agricola Produttiva  Edifici Produttivi in zone Agricole o in zone di Salvaguardia  Edifici Commerciali in zone Agricole o in zone di Salvaguardia  Edifici rurali di Interesse storico ambientale  Abitazioni in zone agricole o di salvaguardia di non adatti all'agricoltura  Edificio con incremento della capacità edificatoria massima pari al 20% della S.C. esistente  Edifici agricoli con possibilità di riconversione funzionale  Edifici e/o Lotti normati da specifico articolo (Capo VII delle NTA del P.G.R.)  F.Attrezzature di Interesse generale ( Piano Servizi )  SP.Standard Pubblici ( Piano Servizi )  ST.Attrezzature Tecnologiche ( Piano Servizi )  Parchi territoriali naturali  Zona ambientale di salvaguardia  Masse boscate di compensazione e mitigazione ambientale (non incluse negli ambiti di trasformazione) Verde Privato  Nuova struttura di Interesse sovracomunale ( centro di guida sicura )  Area sottoposta a vincolo dal Piano Territoriale d'Area  Attrezzature Militari  Rispetto linea ferroviaria  Linea Ferroviaria ed aree di pertinenza  Zone e Fasce di rispetto Stradali  Zone e Fasce di rispetto della viabilità di progetto  Rispetto cimiteriale  Rispetto metanodotto ed elettrodotto  Rispetto depuratore e pozzi dell'acquedotto comunale  Rispetto di fiumi e corsi d'acqua - (art.142 comma 1 lettera c)	<b>PIANI DI RECUPERO (Allegati A e B delle N.t.a. del Piano delle Regole)</b>  Piano di Recupero  Piano di Recupero di Interesse per la realizzazione e/o l'ampliamento di attrezzature pubbliche  Edifici Interessati da Pr.  Masse boscate di compensazione e mitigazione ambientale  Spazio a verde pubblico all'interno del piano di recupero di importanza alla scala urbana  <b>AMBITI DI POSSIBILE TRASFORMAZIONE</b>  Ambito di Trasformazione  Masse boscate di compensazione e mitigazione ambientale  Parco di compensazione e mitigazione ambientale  Parco agricolo  Immobili inclusi negli ambiti di trasformazione soggetti a compensazione volumetrica  <b>Comparto:</b>  Rn residenziale  Mn commerciale - artigianale di servizio  Pn produttivo  Bn di riconversione residenziale-commerciale-terziaria-ricettiva  <b>Piani Attuativi:</b>  PLn PPN Piani Attuativi in atto  Superficie occupata da acqua
--	---	--

Inoltre dall'analisi della Tavola 11 del DdP – Vincoli e limitazioni, oltre a quanto segnalato sopra in merito all'interferenza con l'area di cave e il PTR A dell'aeroporto, non si riscontrano interferenze con beni culturali o paesistico-ambientali.

Dalla Tavola 6 della Componente Geologica – Carta della fattibilità, emerge il tracciato ricade a cavallo tra un'area a Classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni, un'area (di cava) in classe 3 - fattibilità con consistenti limitazioni (sottoclasse 3e – area di vulnerabilità molto alta delle acque sotterranee).

## Comune di Castenedolo

Gli elaborati di Piano recepiscono e riportano il tracciato della linea AV/AC, di seguito si riporta uno stralcio della Tavola 8.2 - Regime dei suoli del Piano delle Regole.

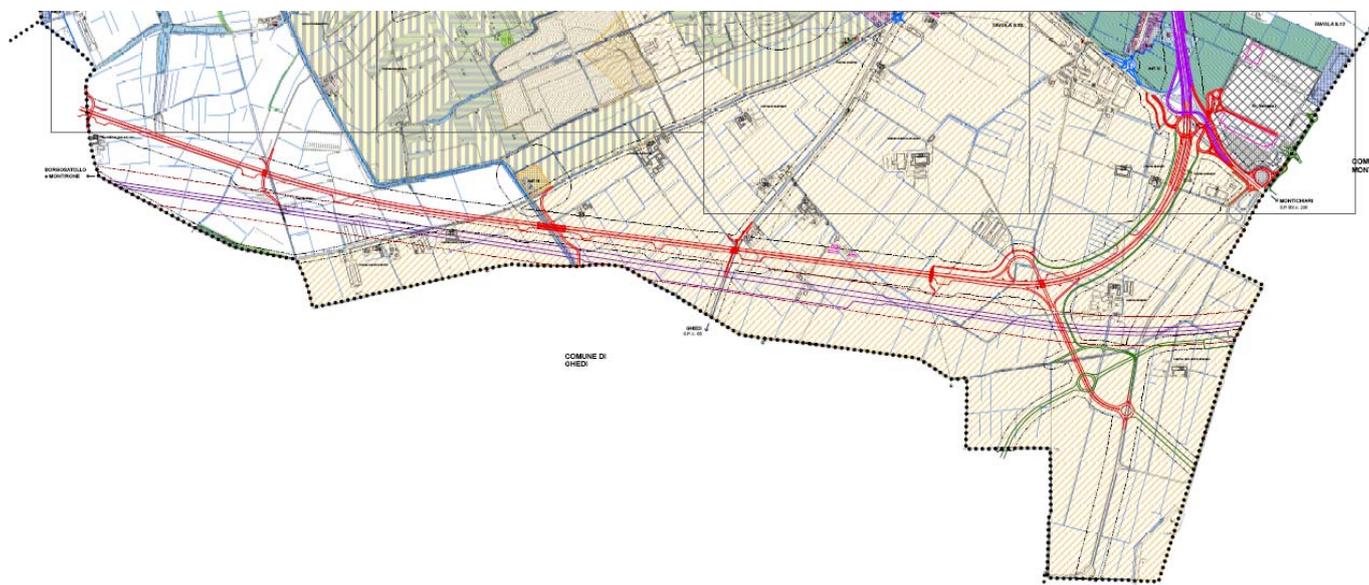
La linea si sviluppa nel territorio comunale dalla progressiva km 88+150 alla progressiva km 93+720, toccando in tangenza tra la progressiva km 90+600 e la progressiva km 90+700 il confine con il comune di Ghedi.

Dal km 89+800 circa fino al margine comunale est il tracciato ricade all'interno del perimetro del P.T.R.A. dell'aeroporto di Montichiari, che a sua volta recepisce le previsioni di realizzazione della linea Ferroviaria AC/AV.

Fino al km 89+700 la linea attraversa terreni ad uso agricolo, indicati negli elaborati di piano come E1 – Aree agricole consolidate (art. 49 NTA).

Il tratto successivo corre tutto in aree agricole, tranne che per le seguenti interferenze:

- tra le progressive km 89+800 e km 89+900 la linea viene a sovrapporsi al nucleo storico della Cascina Quarti di Sopra, dopo aver lambito, poche centinaia di metri prima, quello della Cascina Quarti di Sotto;
- in corrispondenza della progressiva km 90+420 la linea attraversa il torrente Garza (Fascia 150 dalle sponde dei fiumi, Art. 142.c - D.Lgs 22 gennaio 2004, n° 42 e s.m.i.; pianificazione di bacino (PAI) - Aree allagabili per piena del Torrente Garza)
- in corrispondenza della progressiva km 91+180 la linea attraversa il tracciato e la fascia di rispetto della S.P. 66;
- in corrispondenza delle progressive km 92+857 e km 93+242 la linea attraversa il tracciato e la fascia di rispetto rispettivamente dello svincolo SP 37 e del sottopasso SP 37;
- tra le progressive km 93+000 e km 93+200 la linea lambisce il nucleo storico della Cascina Rodenga (edificio vincolato ai sensi del D.Lgs 22 gennaio 2004, n°42 e s.m.i.)



**LEGENDA**

- Confini comunali
- Aggiornamento cartografico provvisorio ottobre 2009 - Viabilità
- Aggiornamento cartografico provvisorio ottobre 2009 - Ingombro edifici
- Torrente Garza e canali principali
- Edifici in ambito agricolo
- Delimitazione centri storici
- Delimitazione centro abitato
- Edifici di interesse storico e architettonico

**Norme di attuazione tessuto residenziale**

- A1 - Tessuto urbano di interesse storico e architettonico - Centri storici
- A2 - Tessuto urbano di interesse paesaggistico - Aree di tutela dei centri storici
- A3 - Tessuto urbano di interesse storico architettonico - Complessi edilizi di origine rurale
- B1 - Edilizia residenziale consolidata densità alta
- B2 - Edilizia residenziale consolidata densità media
- B3 - Edilizia residenziale consolidata a densità bassa
- B4 - Edilizia residenziale in ambiti di attuazione recente e per alloggi economico popolari
- B5 - Edilizia residenziale di completamento del tessuto urbanizzato
- B6 - Edilizia residenziale rada
- B7 - Tessuto urbano a prevalenza di verde privato

**Norme di attuazione tessuto produttivo**

- D1 - Attività industriali e artigianali esistenti, consolidate
- D2 - Attività terziarie esistenti, consolidate
- D2.1 - Attività commerciali esistenti, consolidate: distributori di carburanti
- D3 - Edilizia produttiva e terziaria di completamento del tessuto urbanizzato
- D4 - Attività ricettive esistenti
- D5 - Ambiti territoriali estrattivi

- Cortine e quinte murarie storiche
- Rete elettrica Alta Tensione (AT)
- Percorsi olopedonali esistenti
- Percorsi olopedonali in progetto
- Viabilità esecutiva del PdR
- Tracciato SP 19 in corso di esecuzione
- Tracciato SPBS 236 "Goltese" in progetto
- Tracciato AC/AV in progetto
- Rotatorie in progetto
- Nuovi progetti stradali
- Tracciati in progetto

**Norme di attuazione tessuto agricolo**

- E1 Aree agricole consolidate
- E2 - Aree agricole produttive per colture specializzate: orticoltura e florovivaismo
- E3 - Aree agricole produttive di Interesse paesaggistico, caratterizzati da colture legnose agrarie: vigneti e frutteti
- E4 Colture agricole esistenti di tutela del tessuto urbanizzato
- E5 Colture agricole esistenti di interesse paesaggistico
- E6 - Aree boschive consolidate di conservazione naturalistica e paesaggistica
- E7 - Aree di tutela delle sponde dei corpi idrici superficiali
- E8 - Aree ed edifici in ambito agricolo ad uso prevalentemente residenziale
- E9 - Aree ed edifici in ambito agricolo ad uso prevalentemente produttivo e terziario
- E9.1 - Attività di deposito e recupero materiali inerti in ambito agricolo
- E10 - Area di recupero ambientale - Discarica per rifiuti speciali non pericolosi
- E10.1 - Area di recupero ambientale - Sito da bonificare del lago Borgo
- PP - Parcheggi privati
- Aree ed infrastrutture per la viabilità
- Delimitazione Piani Attuativi
- PE - Ambiti interessati da piani e programmi in corso di esecuzione: PA-PE-PII-PR-PL-SUAP
- ADT Riconversione
- ADT Produttivo
- ADT Residenziale
- ADT Servizi
- Piano d'Area Aeroporto Montichiari

**Norme di attuazione Servizi (SP)**

- Servizi e attrezzature tecnologiche esistenti
- Servizi e attrezzature tecnologiche in progetto

**Fasce e zone di rispetto**

- Fasce di rispetto e zone di rispetto
- Fascia di rispetto AC/AV

**Simbologia**

- Ambulatorio
- Attrezzature sociali
- Attrezzature cliniche
- Attrezzature scolastiche
- Biblioteca
- Caserma Carabinieri
- Fermata autobus di linea
- Municipio
- Parcheggio privato
- Polizia municipale
- Uffici postali
- Attività artigianale
- Attività direzionale
- Bar - Ristorante
- Distributore di carburanti
- Grandi strutture di vendita sovcomunal
- Negozio alimentari
- Negozio non alimentari
- Antenne telefonica
- Cabine elettriche
- Pozzi privati
- Attività edilizia in corso

Dall'analisi della Tavola 6 del PdR – Vincoli amministrativi, si evince, come già segnalato l'interferenza con la fascia PAI del torrente Garza e la perimetrazione del PTR del aeroporto di Montichiari, oltre che l'interferenza con numerosi elementi del Reticolo Idrografico Minore.

Dall'analisi della Tavola 7 del PdR – Vincoli paesaggistici e storici si rileva un'interferenza diretta esclusivamente con la fascia di rispetto del torrente Garza (art. 142.c del DLgs 142/04 e s.m.i.). Si segnala però la vicinanza all'area vincolata della Collina di Castenedolo.

Dalla Tavola 6 della Componente Geologica – Carta della fattibilità, emerge che la quasi totalità del tracciato ricade in area a Classe 2 – fattibilità con modeste limitazioni, salvo che nelle vicinanze del torrente Garza dove ricade in classe 3 - fattibilità con consistenti limitazioni (sottoclassi 3.b Area allagabile per piena del torrente Garza e 3.d Colle di Castenedolo, geosito di interesse geologico-strutturale di livello regionale).

## Comune di Montichiari

Gli elaborati di Piano recepiscono e riportano il tracciato della linea AV/AC, di seguito si riporta uno stralcio della Tavola 2.1 Ambiti e Zone del Piano delle Regole.

La linea si sviluppa nel territorio comunale dalla progressiva km 93+720 alla progressiva km 96+240; inoltre dal confine comunale ovest alla progressiva km 94+400 il tracciato ricade all'interno del perimetro del P.T.R.A. dell'aeroporto di Montichiari.

Le aree attraversate sono così suddivise:

- tra le progressive km 93+720 e km 93+860 la linea attraversa un'area agricola di salvaguardia (Zona E5 – agricola di salvaguardia per ambito T3 del PTRAM)
- nel tratto tra le progressive km 93+860 e km 94+400, in cui la linea attraversa un sito a destinazione produttiva (Zona D2 – Produttiva realizzata con PA), contenente al suo interno un'area per attività estrattive e di discarica. Tale area costituisce un sito inquinato, che sarà descritto in dettaglio nel paragrafo 4.4.1.4.
- dalla progressiva km 94+400 fino al margine comunale est la linea attraversa terreni ad uso agricolo;
- tra le progressive km 94+430 e km 94+480 la linea attraversa il tracciato e la fascia di rispetto della S.S. 236 Goitese.



<b>AMBITI DEL PIANO DELLE REGOLE</b> <b>NUCLEI DI ANTICA FORMAZIONE</b>  ZONA A1 - CENTRO STORICO  ZONA A2 - BORGHI STORICI  1 - 31 A3 - CASCINE STORICHE con valenza tipologica ed architettonica  32 - 63 A4 - CASCINE STORICHE con valenza tipologica		<b>AMBITI AGRICOLI</b>  ZONA E1 - AGRICOLA PRODUTTIVA  ZONA E2 - AGRICOLA DI SALVAGUARDIA  ZONA E3 - AGRICOLA DI VALENZA PAESISTICO-AMBIENTALE  ZONA E4 - AGRICOLA DI SALVAGUARDIA PER LO SVILUPPO DELL'AEROPORTO  ZONA E5 - AGRICOLA DI SALVAGUARDIA PER AMBITO T3 DEL PTRAM  EDIFICI IN ZONA "E" NON PIU' ADIBITI ALL'AGRICOLTURA
<b>AMBITI RESIDENZIALI</b>  ZONA B1 - INTENSIVA  ZONA B2 - SEMINTENSIVA  ZONA B3 - SEMINTENSIVA INFRASTRUTTURATA  ZONA B4 - SEMINTENSIVA REALIZZATA CON P.U.A.  ZONA B5 - AD ALTA COMMISSIONE FUNZIONALE  ZONA C1 - DI ESPANSIONE  ZONA C2 - DI ESPANSIONE CON EDILIZIA CONVENZIONATA  ZONA C3 - DI ESPANSIONE CONFERMATA  ZONA C4 - DI ESPANSIONE IN ATTUAZIONE		<b>AMBITI DEL PIANO DEI SERVIZI</b>  ZONA SP - AREE PER SERVIZI PUBBLICI DI SCALA LOCALE  ZONA ST - AREE PER SERVIZI TECNOLOGICI  ZONA F - AREE PER SERVIZI PUBBLICI DI SCALA SOVRACOMUNALE  ZONA FS - AEROPORTO  ZONA VSA.1 di SALVAGUARDIA AMBIENTALE - PARCO DEL CHIESE EST  ZONA VSA.2 di SALVAGUARDIA AMBIENTALE - PARCO DEL CHIESE OVEST  ZONA VSA.3 di SALVAGUARDIA AMBIENTALE - PARCO DELLE COLLINE MORENICHE
<b>AMBITI PER ATTIVITA' ECONOMICHE</b>  ZONA D0 - PRODUTTIVA DI CONTENIMENTO  ZONA D1 - PRODUTTIVA DI COMPLETAMENTO  ZONA D2 - PRODUTTIVA REALIZZATA CON P.A.  ZONA D3 - PRODUTTIVA DI ESPANSIONE CONFERMATA  ZONA D4 - COMMERCIALE E DIREZIONALE ESISTENTE  ZONA D5 - COMMERCIALE E DIREZIONALE DI ESPANSIONE CONFERMATA  ATE N. ZONA D6 - PRODUTTIVA SPECIALE - CAVE  ZONA D7 - PRODUTTIVA SPECIALE - DISCARICHE  ZONA D8 - AGRO-INDUSTRIALE  ZONA VP - VERDE PRIVATO		<b>AMBITI DEL DOCUMENTO DI PIANO</b>  AMBITI DI TRASFORMAZIONE  ZONE SOTTOPOSTE A PIANO ATTUATIVO  ZONE SOTTOPOSTE A PIANO DI RECUPERO  ZONA SOTTOPOSTA A PIANO INTEGRATO DI INTERVENTO  ZONA SOTTOPOSTA A PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO  LIMITE RISPETTO CIMITERIALE  STRADE DI PROGETTO  LIMITE SALVAGUARDIA PIANO D'AREA PER AEROPORTO  AREE DEL DEMANIO MILITARE  CONFINE COMUNALE

Dall'analisi della Tavola 4 del DdP – Il sistema dei vincoli, si evince che il tracciato non interferisce con aree vincolate.

Dalla Tavola A7.10 - Carta della fattibilità delle azioni di piano si evince che il tracciato ricade in un'area indicata con Classe 2A – Aree di fattibilità con modeste limitazioni (sottoclasse 2A: rappresentata dalle alluvioni ghiaiose grossolane, con buone caratteristiche meccaniche, facenti parte del Piano Generale Terrazzato principalmente nel settore occidentale del territorio comunale e delimitate dalle scarpate di terrazzo o comunque aree rilevate nel contesto generale).

## Comune di Calcinato

Gli elaborati di Piano recepiscono e riportano il tracciato della linea AV/AC, di seguito si riporta uno stralcio della Tavola P.d.R. 1A Ambiti ed aree di attuazione.

La linea si sviluppa nel territorio comunale dalla progressiva km 96+240 alla progressiva km 101+090, interessando:

- zone a destinazione d'uso agricola, fino alla progressiva km 99+350 (Zona E1 – agricola produttiva, art. 117 delle NTA)

- corrispondenti alla fascia di rispetto della A4 Milano-Venezia (nell'ultimo tratto della variante, dalla progressiva km 99+050 alla progressiva km 101+110). In questo tratto il tracciato lambisce aree agricole di salvaguardia (Zona E2, art. 126 delle NTA) e aree verdi a tutela ambientale (Zona E3, art. 132), in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Chiese.

Si segnalano le seguenti interferenze:

- Tra le progressive km 97+380 e km 97+710, la linea attraversa un'area destinata ad attività estrattive e di discarica (ART. 140 - Zona "ANT" aree di non trasformabilità - ambiti non soggetti a trasformazione urbanistica – aree degradate), in questo tratto la linea corre su viadotto Montichiari 1 e viadotto Montichiari 2.
- Tra le progressive km 100+400 e km 100+550 la linea lambisce un'area insediativa classificata in parte come nucleo storico (Zona NAF – nuclei di antica formazione) in parte come residenziale consolidato (Zona B – tessuto urbani di recente formazione art. 46 delle NTA).
- Tra le progressive km 100+500 e km 100+700 la linea attraversa il fiume Chiese e la sua fascia di rispetto. (D.Lgs 22 gennaio 2004, n° 42 e s.m.i.; pianificazione di bacino (PAI))
- Tra le progressive km 101+320 e km 101+450 la linea lambisce una fornace, indicata come Zona D1 – produttiva consolidata (art. 80 delle NTA) e come VS – edifici di valore storico esterni ai Nuclei di Antica Formazione (art. 45).



## LEGENDA

-  confine amministrativo comunale
-  perimetro tessuto urbano consolidato
-  viabilità di progetto
-  viabilità di salvaguardia di progetto

## Sistema dei vincoli

-  classe di fattibilità geologica 4a, 4b, 4c1, 4d
-  classe di fattibilità geologica 3a, 3b
-  rispetto cimiteriale
-  rispetto stradale
-  rispetto viabilità di salvaguardia di progetto
-  rispetto captazione acque
-  rispetto depuratori
-  rispetto ferroviario
-  rispetto elettrodotto alta tensione
-  linea ossigenodotto

## Ambiti di trasformazione da Documento di Piano

-  n ambiti di trasformazione a destinazione residenziale
-  n ambiti di trasformazione a destinazione produttiva
-  n ambiti di trasformazione a destinazione servizi pubblici

## Sistema residenziale

-  ZONA NAF - nuclei di antica formazione
-  ZONA B - tessuti urbani di recente formazione
-  ZONA B - perimetro lotti liberi con destinazione residenziale
-  ZONA VPV - verde privato vincolato
-  ZONA C - tessuti urbani in attuazione
-  ZONA C/D - produttiva di riconversione integrata
-  ZONA C/E - agricola di riconversione residenziale e ricettiva

## Sistema produttivo

-  ZONA D1 - produttiva consolidata
-  ZONA D1 - perimetro lotti liberi con destinazione produttiva
-  ZONA D2 - produttiva in attuazione
-  ZONA D3 - ambito produttivo ad impatto contenuto
-  ZONA DC - distribuzione di carburante
-  ZONA DA - deposito all'aperto

## Sistema naturale, agricolo e dei servizi pubblici

-  ZONA E1 - agricola produttiva
-  ZONA E2 - agricola di salvaguardia
-  ZONA E3 - verde di tutela ambientale
-  aree di ampliamento casche zona E3
-  perimetro Indicativo P.I.L.S.
-  ZONA ANT - area di non trasformabilità
-  ZONA SP - servizi pubblici da Piano dei Servizi
-  ZONA ASP - attrezzature sportive private
-  ZONA p.p.riv. - parcheggi privati
-  elementi fotografati

## Simbologie - norme particolari

-  msv attività di media struttura di vendita
-  rr attività ricettiva-ristorativa
-  msv-D attività di media struttura di vendita in zona D1
-  m-D attività ricettiva-ristorativa in zona D1
-  P.A.n piano attuativo già convenzionato
-  P.R.n piano di recupero già convenzionato
-  P.E.P piano edilizia economica popolare
-  P.L.P piano insediamenti produttivi
-  EC edilizia convenzionata
-  aul area soggetta ad autorizzazione unica integrata per specifiche attività
-  vs edifici di valore storico esteri al NAF (vedasi tavole PdR 3)
-  norme particolari (vedasi NTA della relativa zona)
-  norme particolari per strutture di interesse pubblico (vedasi Piano Servizi)
-  ambito strategico del tessuto urbano consolidato (vedasi allegato "A" NTA)
-  p.p.riv parcheggi privati

Dalla Tavola DpC 3 – vincoli amministrativi e paesistico-ambientali si segnala l'interferenza con la fascia vincolata del fiume Chiese ai sensi dell'art. 142.c del DLgs 142/04 e s.m.i.

Dall'analisi della Tavola DP-6 - Carta della fattibilità geologica si segnala principalmente l'interferenza in corrispondenza del fiume Chiese di aree a Classe 3 – fattibilità con consistenti limitazioni (sottoclassi 3a – fascia di inondazione per piena catastofica del fiume Chiese; 3b – aree potenzialmente allagabili dal fiume Chiese; 3f – valle dei fiume Chiese, area di particolare interesse geomorfologico e paesistico) e di aree a classe 4 – fattibilità con gravi limitazioni (4a – fascia di deflusso della piena e fascia di esondazione. Si segnala che in questo tratto il manufatto ferroviario è in viadotto.

## **2.7 Compatibilità con gli strumenti di pianificazione e programmazione – Normativa di riferimento del territorio**

La caratteristiche del progetto assicurano coerenza con gli scenari di assetto territoriale e provinciale.

Tra gli elementi di compatibilità con le previsioni di pianificazione territoriale e dei trasporti a livello regionale – provinciale, occorre sottolineare la formazione di un nodo di relazioni intermodale con l'aeroporto G. D'Annunzio di Montichiari, attraverso la realizzazione, prevista nel Progetto Definitivo della linea A.C., di una stazione ferroviaria di corrispondenza.

In merito occorre sottolineare che il sistema di relazioni intermodali opererà a tre livelli: aereo – ferrovia – grande viabilità (Raccordo Autostradale Ospitaletto – Montichiari).

Il PTCP vigente (approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n° 22 del 21 aprile 2004) identifica caratteri strutturanti peculiari dell'organizzazione agraria in termini di tipicità, unitarietà e significato. Esso rileva inoltre che gli elementi di rischio riguardano la perdita della caratterizzazione agricola e dell' ecosistema biotico-artificiale storicamente esistente e la perdita di leggibilità della struttura originale del paesaggio. La causa principale di tali rischi è da identificarsi nello sviluppo del sistema insediativo e infrastrutturale.

Tali aspetti descrittivi dell'ambito sono confermati anche nella Revisione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP adottato con deliberazione di Consiglio Provinciale n. 2 del 13 gennaio 2014). Tuttavia, rispetto al 2004, si rileva una maggiore incidenza di pressioni antropiche legate allo sviluppo insediativo e infrastrutturale e alle previsioni dei diversi piani.

Pertanto il PTCP adottato, in conformità con i disposti del PPR, introduce lo strumento della Rete Verde Paesaggistica come strumento di orientamento ed indirizzo alla sostenibilità delle trasformazioni territoriali e al corretto inserimento paesaggistico degli interventi, coerentemente con i caratteri strutturali dei paesaggi interessati dalle trasformazioni. La lettura della Rete Verde Paesaggistica e degli ambiti che la costituiscono permettono di avere una conoscenza più approfondita del patrimonio paesistico provinciale e dei caratteri paesaggistici dell'area di intervento indirizzando le azioni e i progetti di ripristino del mosaico paesistico.

Il tracciato di progetto ricade pressoché integralmente in due tipologie di aree:

- aree agricole, in particolare nel primo tratto, da Montirone a Montichiari;



- fasce di competenza di infrastrutture, in particolare nel secondo tratto, nel comune di Calcinato.

Nelle situazioni in cui la linea ricade in area agricola le interferenze sono state minimizzate assicurando la continuità della rete viaria locale attraverso un sistema di sovrappassi, sottopassi e raccordi. Nei tratti del secondo tipo le compromissioni urbanistiche sono pressoché nulle.

Inoltre il progetto di mitigazione paesistico-ambientale ha tenuto conto delle caratteristiche dei paesaggi attraversati.

Le problematiche connesse all'interferenza con il sito di discarica classificato come sito inquinato, peraltro limitata ad una zona marginale dello stesso, verranno ulteriormente approfondite nei successivi sviluppi progettuali.

La normativa di riferimento è rappresentata dalle previsioni di PGT. Ulteriori elementi sono forniti dal Piano d'area dell'aeroporto di Montichiari.

Nelle aree soggette a vincoli ambientali (le fasce di rispetto di 150 m dalle sponde del Torrente Garza e del Fiume Chiese) si fa riferimento al D. Lgs 42/04.



### 3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

#### 3.1 Descrizione del tracciato

La tratta in oggetto è costituita dalla variante al tracciato della linea AC/AV Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, compresa tra la progressiva chilometrica 87+080 e la progressiva chilometrica 101+327 (vedi Quadro di riferimento progettuale – Allegato 4 – Planimetria di progetto – profilo – Tavola 1/2 e 2/2; in allegato 5 sono inoltre illustrate le sezioni tipo ed i particolari costruttivi più significativi delle opere in progetto).

La tratta in variante inizia alla conclusione del lungo viadotto Gardesana (che si sviluppa sul territorio dei comuni di Poncarale e Montirone) della lunghezza di 3193,80 metri, che permette di superare numerose interferenze, quali la Linea ferroviaria Cremona-Brescia, la S.S.45 bis Gardesana Occidentale, l'autostrada A21, la linea ferroviaria Parma-Brescia e la S.P.23.

Nel primo tratto, fino alla progressiva km 93 circa, la ferrovia forma un corridoio infrastrutturale con il raccordo autostradale, in progetto, casello di Ospitaletto, nuovo casello di Poncarale, Aeroporto di Montichiari.

Al Km 90+350 circa inizia il viadotto Garza, lungo 122,60 m., che, scavalcando l'omonimo torrente e la deviazione della strada comunale che conduce a Castenedolo.

Al chilometro 97 la linea ferroviaria attraversa la Cava di Montichiari con due viadotti, uno lungo 97,60 m ed uno lungo 172,60 m.

Dopo l'attraversamento della Cava di Montichiari la livelletta si abbassa per sottopassare l'autostrada A4 con una galleria artificiale denominata Calcinato I, di sviluppo pari a 779 metri a partire dal Km 98+840. Sui due fronti della galleria è prevista la realizzazione di tratti di trincea con muri.

Sottopassata la A4, la linea AC/AV si dispone in affiancamento stretto a nord dell'autostrada, dove inizia l'interconnessione di Brescia Est. Il tracciato dei rami d'interconnessione prevede che il binario pari sovrappassi con "salto di montone" la linea A.C.. Dopo circa 1500 metri i due binari tornano ad essere affiancati ad interasse 4 metri per poi divaricarsi di nuovo al fine di permettere al binario dispari di sovrappassare la linea storica Milano-Venezia per poi innestarsi sui binari esistenti.



Al Km 100+550 la linea A.C. supera con un viadotto di il fiume Chiese (377,40 metri).

Circa 410 m prima dell'inizio della galleria Calcinato2, al Km 101+327 termina la tratta in variante.

### **3.2 Caratteristiche delle opere di prevista realizzazione**

Di seguito si richiamano le caratteristiche dell'infrastruttura ferroviaria e delle principali opere d'arte.

#### **3.2.1 Rilevati ferroviari**

I rilevati progettati presenteranno le seguenti caratteristiche:

- pendenza massima delle scarpe due in verticale su tre in orizzontale;
- banche di larghezza due metri per rilevati di altezza maggiore di 7 metri con posizionamento a 6 metri dall'alto;
- terreno vegetale di 30 cm di spessore a copertura delle scarpe di inerbimento;
- scotico variabile in funzione delle caratteristiche del terreno con uno spessore minimo di 50 cm;
- strato anticapillare;
- eventuale bonifica di terreni con caratteristiche meccaniche non idonee a sostenere rilavati, mediante sostituzione di opportuno strato.

#### **3.2.2 Trincee**

Le trincee avranno le seguenti caratteristiche:

- pendenza massima delle scarpe due in verticale su tre in orizzontale;
- banchi di larghezza due metri per trincee di altezza maggiore di 6 metri.

Tali valori potranno essere adeguati in funzione degli approfondimenti delle indagini geologiche connesse con le successive fasi progettuali.



### 3.2.3 Ponti e viadotti

Le pile e le spalle dei viadotti saranno generalmente fondati su pali trivellati opportunamente dimensionati. Particolari verifiche idrauliche saranno riferite alle fondazioni in alveo, che necessitano di adeguati margini di resistenza nel confronto di possibili fenomeni di scalzamento.

Lungo la variante sono previste le seguenti tipologie:

- Impalcato a struttura mista acciaio - cls luce 40 metri (Chiese),
- Impalcato in cls a due cassoni luce 25 metri (Garza, Montichiari 1 e 2)

### 3.2.4 Cavalcaferrovia

Sulla base risultati delle indagini geognostiche effettuati, le pile e le spalle dei viadotti saranno fondati su pali di grande diametri o plinti ad appoggio diretto.

Le spalle saranno di tipo passante con sella fondata su pali trivellati di grande diametro eseguiti su una o due file in funzione delle necessità, a partire dalla superficie del rilevato di spalla già parzialmente eseguito.

Per i rilevati saranno usate pendenze di scarpa di due in verticale su tre in orizzontale, banche laterali e scotico analoghi a quanto previsto per i rilevati ferroviari.

### 3.2.5 Gallerie artificiali

La galleria Calcinato 1 è del tipo artificiale a sezione rettangolare.

### 3.2.6 Sottovia e tombini

Le soluzioni tipiche prevedono la realizzazione di scatolari con platea di fondazione, ritti e copertura.

I sottovia, con i cavalcaferrovia, assicurano direttamente o per mezzo di deviazioni, continuità del reticolo stradale locale.

La dimensione e la frequenza dei tombini è variabile in funzione delle caratteristiche idrologiche e delle opere di sistemazione idraulica.



### **3.3 Quadro generale della cantierizzazione dell'opera**

Il tracciato della Variante di Montichiari ricade all'interno del terzo lotto costruttivo della linea A.C.; detto lotto si estende tra le progressive chilometriche 83+540 e 104+300 e comprende anche l'interconnessione di Brescia Est.

Tutte le opere verranno realizzate secondo quanto previsto nel Programma generale di costruzione della linea ad Alta Capacità, così come riportato nel Piano di Cantierizzazione, Parte 26.

In particolare occorre sottolineare il completo coordinamento attuativo messo a punto riguardo al tratto in affiancamento con il Raccordo Autostradale Ospitaletto – Montichiari, relativamente alla costruzione delle opere di risoluzione delle interferenze trasversali sia di tipo stradale che di tipo idraulico. Il programma di intervento prevede in tal senso da un lato che le opere trasversali in sottopasso o in scavalco sia dimensionate in modo conforme all'assetto delle due infrastrutture principali in affiancamento, dall'altro modalità realizzative tali da assicurare il mantenimento della funzionalità dell'opera interferita per tutta la fase di costruzione.

Nel Piano di cantierizzazione contenuto nella parte 25 del Progetto Definitivo sono previste, coerentemente con quanto in merito prescritto nella deliberazione 120 del 5 dicembre 2003 del CIPE, modalità di intervento tali da permettere il completo riutilizzo dei materiali di scavo.

La restante quota di inerti di cui occorre disporre per la costruzione della linea A.C. verrà reperita presso siti di cava le cui caratteristiche sono conformi alle specifiche dettate dalla citata deliberazione CIPE. Detti siti saranno attivati ad uso esclusivo della linea stessa e saranno oggetto di completo recupero agronomico o naturalistico al termine delle attività di escavazione.

### **3.4 Aree di cantiere**

Il progetto di cantierizzazione prevede un cantiere base (cantiere BASE L.3.B.1) e due cantieri operativi (cantieri L.3.O.1 e L.3.O.3). E' inoltre prevista l'installazione di diverse aree tecniche, di dimensioni inferiori che fungono da aree di appoggio per la realizzazione di opere puntuali (vedi Quadro di riferimento progettuale – Allegato 6 – Aree di cantiere e viabilità di accesso – Tavola 1/2 e 2/2).



### 3.4.1 Cantiere BASE L.3.B.1

Il cantiere BASE L.3.B.1 è collocato in corrispondenza della progressiva km 95+500 circa, in comune di Montichiari, su un sito ad attuale destinazione agricola privo di edifici. Occupa una superficie complessiva di 111.000 m<sup>2</sup> circa, ed è prevista la realizzazione di una duna di estensione pari a circa 1.050 m.

All'interno di questo insediamento avranno luogo le strutture destinate principalmente ai servizi logistici connessi con le attività produttive, quali uffici, alloggiamenti di impiegati ed operai, somministrazione di pasti, etc. Esso costituirà un vero e proprio villaggio, concepito in modo tale da essere pressoché indipendente dalle strutture socio - economiche locali.

La preparazione del sito richiede:

- movimento materie: scotico, livellamento e compattazione, tessuto non tessuto, sottofondo in materiale arido 50 cm, stabilizzato 20 cm, formazione e/o adeguamento fossi di guardia, formazione dune;
- pavimentazione bituminosa 10 cm (limitatamente ad alcune aree), recinzione metallica su fondazione in c.a., basamenti per baracche ed impianti;
- impianti idrici, impianti anti-incendio, fognari ed elettrici, impianto G.P.L.;
- allacciamento all'acquedotto comunale per l'acqua idropotabile.

La viabilità di accesso al cantiere avverrà percorrendo via Dritta, sia partendo dalla S.S. 236 "Goitese" sia partendo dalla pista di cantiere lungo la linea AV. A tale scopo si prevede l'adeguamento di via Dritta per tutta l'estensione compresa tra l'innesto con la S.S. n° 236 e la pista di cantiere adiacente alla costruenda linea A.C. (Vedi elaborato Quadro di riferimento progettuale 07073 Allegato 6 Aree di cantiere e viabilità di accesso Tavola 2/2.)

In conformità con quanto prescritto dalla Delibera CIPE n. 120/2003 Parte I-1 paragrafo 1-C6 sarà mantenuta la continuità di funzionamento dei canali irrigui intercettati.

Il personale del cantiere è così stimabile:

- operai: 480
- impiegati: 60 + 48 (da cantieri operativi L.3.O.1 e L.3.O.3)
- direzione lavori + alta sorveglianza: 12



Le strutture e gli impianti principali previsti nel cantiere sono di seguito elencati:

- Locali per uffici tecnici e amministrativi (1.542 mq), per lo svolgimento delle attività di contabilità dei lavori e l'amministrazione connessa alle retribuzioni e per le attività relative alla topografia ed alla piccola progettazione di cantiere. Gli uffici dovranno essere sistemati possibilmente all'ingresso dei cantieri, in posizione defilata rispetto alle aree di produzione.
- Alloggi per impiegati e operai (9.400 mq), che dovranno rispettare i minimi di legge con particolare riguardo alla funzionalità di utilizzo, alla sicurezza ed al comfort. Saranno mantenuti in condizioni ottimali ed aggiornati alle necessità di mobilizzo risorse.
- Locale mensa (720 mq), che comprende una parte destinata alla confezione dei cibi ed al lavaggio delle stoviglie ed una al consumo dei pasti. E' dimensionata per soddisfare le esigenze di tutti gli addetti al cantiere (da distribuirsi eventualmente in due turni), con un organico previsto pari ad un addetto per 25 persone;
- Sala ricreazione / ritrovo / formazione (2 x 200 mq);
- Locale infermeria (45 mq);
- Magazzino campo / lavanderie (2 x 110 mq);
- Laboratorio prove materiali e topografia (280 mq), che comprende un locale per stoccaggio di provini e campioni, un locale con vasca termostatica provini cls, un locale per le attrezzature, ed un locale da ufficio ed archivio del responsabile di laboratorio. Comprende inoltre un locale per il ricovero delle attrezzature in uso ai topografi;
- Guardiola: 15 mq, con impianto di controllo degli accessi;
- Servizi collettivi: 65 mq;
- Servizi e spogliatoi campo sportivo: 65 mq;
- Tettoia parcheggi coperti: 1.500 mq;
- Rete acque bianche + impianto di trattamento;
- Rete acque di rifiuti civili (acque nere) + impianto di trattamento;
- Impianto anti-incendio;
- Gruppo elettrogeno campo base;
- Impianto elettrico e illuminazione esterna;
- Cabine elettriche di trasformazione e distribuzione;
- Serbatoio G.P.L;
- Centrale termica;



- Impianto radio;
- Impianto controllo accessi + videosorveglianza;
- Impianto telefonico;
- Area per la raccolta differenziata dei rifiuti;
- Ufficio archeologia: 110 mq;
- 3 containers per deposito reperti archeologici;

### 3.4.2 Cantiere OPERATIVO L.3.O.1

Il cantiere OPERATIVO L.3.O.1 è collocato in corrispondenza della progressiva km 87+100, in comune di Montirone, su un sito ad attuale destinazione agricola privo di edificazioni. Occupa una superficie complessiva di 87.800 m<sup>2</sup>, ed è prevista la realizzazione di una duna di estensione pari a circa 1.600 m.

All'interno di questo insediamento produttivo avranno luogo le funzioni di tipo essenzialmente produttivo e tutte le installazioni necessarie ad assicurare la manutenzione dei mezzi e la permanenza del personale strettamente dedicato alla produzione.

Il cantiere avrà una superficie in pianta particolarmente estesa in quanto al proprio interno avranno luogo le attività relative alla produzione ed allo stoccaggio delle travi prefabbricate in c.a.p. del viadotto di linea di tutta l'infrastruttura ad eccezione del viadotto Gardesana.

Il viadotto Gardesana rappresenta infatti una delle opere più critiche dell'intera infrastruttura a causa della lunghezza e pertanto del numero delle travi prefabbricate ad esso destinate; da un punto di vista logistico si è scelto di affrontare tale criticità destinando in modo esclusivo alla realizzazione di questo viadotto un impianto di prefabbricazione e riducendo in tal senso i possibili rischi derivanti da una distanza di trasporto delle travi prefabbricate troppo ingente.

La preparazione del sito richiede:

- movimento materie: scotico, livellamento e compattazione, tessuto non tessuto, sottofondo in materiale arido 50 cm, stabilizzato 20 cm, formazione e/o adeguamento fossi di guardia, formazione dune;
- pavimentazione bituminosa 10 cm (limitatamente ad alcune aree), recinzione metallica su fondazione in cls, basamenti per baracche ed impianti;
- impianti idrici, impianti anti-incendio, fognari ed elettrici, impianto G.P.L.;



- allacciamento all'acquedotto comunale per l'acqua idropotabile;
- esecuzione di pozzi con eventuale impianto di trattamento per l'acqua ad uso industriale.

L'accesso al cantiere avverrà dalla adiacente Strada intercomunale Ghedi-Borgosatollo previa realizzazione di una rotonda atta a diminuire l'impatto del traffico di cantiere sulla viabilità esistente (in conformità con quanto prescritto dalla Delibera CIPE n. 120/2003 nell'Allegato A Parte I-2 paragrafo 1.2.14 punto A.4.3.4 e nella Parte I-1 punto 4.2-A) e previo adeguamento di un breve tratto di viabilità locale. In condizioni di esercizio il cantiere sarà altresì accessibile dalla pista di cantiere che corre longitudinalmente all'infrastruttura (Vedi elaborato Quadro di riferimento progettuale 06140 Allegato 6 Aree di cantiere e viabilità di accesso Tavola 1/2.).

Il personale del cantiere è così stimabile:

- operai: 20
- impiegati: 10
- direzione lavori + alta sorveglianza: 4

Le strutture e gli impianti principali previsti nel cantiere sono i seguenti:

- Locali uffici di appoggio (50 mq), costituiti da monoblocchi verniciati, dotati di servizi igienici. Sono il punto operativo del capo cantiere, di assistenti e topografi;
- Area spogliatoi e servizi igienici: 50,25 mq;
- Guardiola: 10,5 mq;
- Container deposito oli: 20 mq;
- Area per riparazione (officina), manutenzione (460 mq coperti), in cui vengono ricavate zone per la lavorazione delle carpenterie, e la riparazione di pneumatici e componenti elettrici;
- Locali magazzino (910 mq), per lo stoccaggio dei materiali di consumo e dei ricambi per le macchine operanti nel cantiere;
- Arredi uffici e servizi;
- Area lavaggio automezzi;
- Lavaggio ruote automezzi;
- Tettoia ricovero mezzi e stoccaggio di materiali vari : 910 mq;
- Area lavoro ferro con gru a torre;



- Tettoia per sabbia: 1000 mq;
- Pesa a ponte (80 t) per il controllo dei materiali in entrata;
- Capannone prefabbricazione per travi viadotto Gardesana;
- Deposito carburante e pompa di distribuzione, collocato in maniera da garantire la massima sicurezza, tenendolo lontano da aree di lavoro e da luoghi di transito. L'impianto dovrà essere provvisto di regolare omologazione da parte di enti preposti, per il fabbisogno del cantiere;
- Impianto di betonaggio MOBILE a due bocche: ciascuna da 60 mc/h resi e con la possibilità di scarico diretto. Una delle due bocche sarà dotata di un miscelatore bypassabile + 8 silos da 100 tonnellate (2 per cemento pozzolanico + 4 per cemento portland + 2 pre filler). Oltre alla batteria di silos, l'impianto comprende una bilancia di pesatura e il nastro trasportatore degli inerti alle autobetoniere o al mescolatore. In prossimità dell'impianto saranno stoccati in vasche protette i cumuli di inerti di diverse classi, che, con l'ausilio di una pala caricatrice, dovranno essere trasportati alle tramogge dell'impianto. L'impianto di betonaggio dovrà essere provvisto di schermature ed accorgimenti tecnici atti ad evitare, durante le operazioni alimentazione, di carico e di preparazione dell'impasto e di trasferimento alle autobetoniere, qualsiasi fuoriuscita di polvere.
- Impianto lavaggio inerte fresco (lavaggio betoniere);
- Impianti di depurazione delle acque di scarico, per trattare le acque industriali e le acque fangose provenienti dalle gallerie, nonché le acque di scolo e dilavamento dei piazzali, al fine di poterle poi scaricare entro i limiti di legge nel reticolo delle acque superficiali;
- Impianto acque bianche ed acque nere;
- Impianto bagnatura inerti;
- Impianto lavaggio ruote;
- Pozzi di approvvigionamento con eventuale impianto di trattamento;
- Gruppo elettrogeno 600 KVA, per la produzione di energia elettrica, che avrà la massima attività nelle fasi iniziali del cantiere, nei periodi di punta e in occasione di problemi con la fornitura pubblica;
- Illuminazione esterna;
- Cabine elettriche e circuito elettrico;
- Serbatoio G.P.L.;



- Centrale termica;
- Impianto radio;
- Impianto riscaldamento acqua per impianto betonaggio;
- Impianto di controllo degli accessi;
- Impianto telefonico.

### 3.4.3 Cantiere OPERATIVO L.3.O.3

Il cantiere OPERATIVO L.3.O.3 è collocato in corrispondenza della progressiva km 98+300 circa, in comune di Calcinato, su un sito ad attuale destinazione agricola, libero da edificazioni. Occupa una superficie complessiva di 82.200 m<sup>2</sup> circa, con una prevista estensione della duna pari a 785 m.

All'interno di questo insediamento produttivo avranno luogo le funzioni di tipo essenzialmente produttivo e tutte le installazioni necessarie ad assicurare la manutenzione dei mezzi e la permanenza del personale strettamente dedicato alla produzione.

La preparazione del sito richiede:

- movimento materie: scotico, livellamento e compattazione, tessuto non tessuto, sottofondo in materiale arido 50 cm, stabilizzato 20 cm, formazione e/o adeguamento fossi di guardia, formazione dune;
- Pavimentazione bituminosa 10 cm sul 40% dell'area stessa, recinzione metallica su fondazione in c.a., basamenti per baracche ed impianti;
- impianti idrici, fognari ed elettrici e relativi allacci. Per l'acqua potabile si considera l'allacciamento all'acquedotto comunale. Per l'acqua ad uso industriale si prevede l'esecuzione di pozzi con eventuale impianto di trattamento.

L'accesso al cantiere avverrà percorrendo una pista posta a lato di via Rossa previo adeguamento e realizzazione di una rotonda atta a diminuire l'impatto del traffico di cantiere sulla viabilità esistente. In condizioni di esercizio, il cantiere sarà altresì raggiungibile dalla pista di cantiere che corre parallelamente all'infrastruttura (Vedi elaborato Quadro di riferimento progettuale Allegato 6 Aree di cantiere e viabilità di accesso Tavola 1/2)..

Sarà mantenuta la continuità di funzionamento dei canali irrigui intercettati.

Il personale del cantiere è così stimabile:



- operai: 20
- impiegati: 16
- direzione lavori + alta sorveglianza: 4

Le strutture e gli impianti principali del cantiere sono di seguito riassunti:

- Locali uffici di appoggio (510 mq), costituiti da monoblocchi verniciati, che il punto operativo del capo cantiere, di assistenti e topografi;
- Spogliatoi e servizi igienici: 390 mq;
- Refettorio con servizi: 300 mq;
- Locale di ritrovo operai: 200 mq;
- Locale infermeria: 45 mq;
- Magazzino area logistica / minuteria: 110 mq;
- Laboratorio prove materiali e topografia: 200 mq;
- Guardiola: 2 x 15 mq;
- Locale magazzino: 2 x 320 mq;
- Container attrezzati per deposito lubrificanti e bombole: n° 3;
- Area per riparazione (officina), manutenzione: 500 mq coperti;
- Area lavaggio automezzi + piazzola manutenzione coperta: 325 mq;
- Area per la lavorazione e pre-assemblaggio del ferro + tettoia (325 mq) ;
- Area prefabbricazione piccoli manufatti + tettoia (325 mq) ;
- Aree per appaltatori e subappaltatori;
- Aree per lo stoccaggio dei materiali all'aperto;
- Area per lo stoccaggio provvisorio dei materiali di scavo e risulta;
- Area stoccaggio inerti impianto calcestruzzo;
- Area per la raccolta differenziata dei rifiuti;
- Gru a torre;
- Tettoia ricovero mezzi e stoccaggio di materiali vari : 650 mq;
- Tettoia di protezione per sabbia: 650 mq;
- Tettoia stoccaggio additivi per impianto betonaggio: 50 mq;
- Tettoia parcheggi coperti;
- Pesa a ponte (80 t) per il controllo dei materiali in entrata + locale pesa;
- Deposito carburante e pompa di distribuzione;



- Impianto di betonaggio a due bocche di carico: ciascuna da 60 mc/h resi e con la possibilità di scarico diretto. Una delle due bocche sarà dotata di un miscelatore bypassabile. + 8 silos da 100 tonn. (2 cemento pozzolanico + 4 cemento portland + 2 filler). Oltre alla batteria di silos, l'impianto comprende una bilancia di pesatura e il nastro trasportatore degli inerti alle autobetoniere o al mescolatore. In prossimità dell'impianto saranno stoccati in vasche protette i cumuli di inerti di diverse classi, che, con l'ausilio di una pala caricatrice, dovranno essere trasportati alle tramogge dell'impianto. L'impianto di betonaggio dovrà essere provvisto di schermature ed accorgimenti tecnici atti ad evitare, durante le operazioni alimentazione, di carico e di preparazione dell'impasto e di trasferimento alle autobetoniere, qualsiasi fuoriuscita di polvere.
- Ufficio di appoggio impianto di betonaggio: 25 mq;
- Box provini calcestruzzo: 25 mq;
- Impianto riscaldamento acqua per impianto betonaggio;
- Impianto bagnatura e lavaggio inerte fresco;
- Impianto Lavaggio ruote automezzi;
- Impianto Lavaggio autobetoniere;
- Rete acque bianche + impianto di trattamento;
- Rete acque reflue industriali + impianto trattamento;
- Rete acque di rifiuti civili (acque nere) + impianto di trattamento;
- Pozzi di approvvigionamento con eventuale impianto di trattamento;
- Gruppo elettrogeno;
- Impianto elettrico e illuminazione esterna;
- Cabine elettriche di trasformazione e distribuzione;
- Serbatoio G.P.L;
- Centrale termica;
- Impianto radio;
- Impianto controllo accessi;
- Impianto telefonico;
- Idropulitrice fissa.

### 3.4.4 Aree tecniche

Le aree tecniche differiscono dai cantieri operativi per le loro minori dimensioni. Costituiscono infatti le aree di appoggio per la realizzazione di un'opera d'arte puntuale e non comprendono impianti fissi di grandi dimensioni (vedi Quadro di riferimento progettuale – Allegato 6 – Aree di cantiere e viabilità di accesso – Tavola 1/2 e 2/2). All'interno delle aree tecniche si prevedono generalmente le seguenti strutture:

- baraccamenti per spogliatoi e servizi igienici (in alcuni casi questi ultimi possono essere sostituiti da WC di tipo chimico);
- container per attrezzature minute;
- parcheggi per i mezzi d'opera;
- aree di stoccaggio dei materiali destinati alla realizzazione della specifica opera d'arte o per l'eventuale stoccaggio del materiale inerte proveniente dagli scavi.

All'interno di questa categoria rientrano pure le aree di stoccaggio all'interno delle quali vengono convogliati materiali di stoccaggio di tipologia diversificata:

- inerti;
- terreno vegetale;
- materiale proveniente da scavi;
- ferri di armatura;
- casseri e attrezzature varie;
- cavi per impianti elettrici, ecc.

Le caratteristiche delle aree possono essere dunque significativamente diverse a seconda dei materiali che ospitano. Le aree di stoccaggio dovranno avere degli spazi tali da garantire il transito dei mezzi impiegati per la movimentazione dei materiali da costruzione. In esse non troveranno posto strutture fisse, a parte parcheggi per i mezzi di lavoro e, se opportuno, box prefabbricati con wc chimico.



La conformazione planimetrica di dette aree è stata verificata in base alle condizioni locali in seguito ad una serie di sopralluoghi ed è stata predimensionata in base ad una serie di criteri guida di seguito illustrati.

In corrispondenza di ogni opera d'arte indicata sulle corografie a scala 1:10.000, è stata riportata un'area tecnica così composta:

- **per i viadotti** un'area di circa 5000 mq in corrispondenza delle spalle nella quale saranno ubicate le principali funzioni operative + una fascia larga circa 20 metri destinata alla circolazione dei mezzi e ad eventuali stoccaggi di breve durata;
- **per i cavalcavia** un'area di circa 5000 mq nelle vicinanze della pista di cantiere nella quale saranno ubicate le principali funzioni operative + una fascia larga circa 10 metri destinata alla circolazione dei mezzi e ad eventuali stoccaggi di breve durata;
- **per i sottopassi** un'area di circa 5000 mq nelle vicinanze della pista di cantiere nella quale saranno ubicate le principali funzioni operative + una fascia larga circa 20 metri destinata alla circolazione dei mezzi e ad eventuali stoccaggi di breve durata;
- **per le gallerie naturali ed artificiali** e per le aree di stoccaggio ad esse connesse sono state previste aree di estensione maggiore in considerazione dell'onerosità logistica delle lavorazioni ad esse connesse.

In corrispondenza dell'opera in sotterraneo di Calcinato, dove non è stato possibile l'inserimento di un'area di dimensioni sufficienti ad ospitare gli impianti e le attrezzature proprie di un cantiere operativo, si è proceduto alla definizione di un'area tecnica ad hoc.

Tale superficie è situata agli imbocchi della galleria di Calcinato.

All'interno, le principali strutture previste sono:

- baraccamenti per spogliatoi e servizi igienici
- parcheggi per mezzi d'opera
- impianti di pompaggio e depurazione delle acque di galleria
- impianto di ventilazione
- impianto per consolidamenti in galleria
- aree di stoccaggio dello smarino e di materiale di altra natura



- gruppi elettrogeni
- piccole strutture per la manutenzione dei mezzi d'opera
- baraccamenti e/o tettoie per il deposito di materiale

Il collegamento dell'area operativa alla viabilità esterna sarà realizzato tramite piste di cantiere con caratteristiche idonee a garantire il particolare transito su di esse previsto.

### 3.4.5 Viabilità di cantiere

La viabilità di cantiere lungo il fronte di avanzamento dei lavori è collocata lungo l'asse della linea ferroviaria in costruzione, al fine di facilitare il trasporto di materiali, uomini e mezzi necessari per la realizzazione dell'opera in progetto.

Essa sarà costituita da piste di cantiere con caratteristiche idonee a garantire il particolare transito su di esse previsto.

### 3.4.6 Impatti relativi ai cantieri

Di seguito vengono esposti i principali impatti generati a seguito della realizzazione dei previsti cantieri lungo il tracciato della variante, con riferimento alle componenti ambientali atmosfera, uso e contaminazione del suolo, acque superficiali e sotterranee e rumore.

#### 3.4.6.1 Atmosfera

All'interno delle aree di cantiere si svolgono attività che possono generare la dispersione di particolato con conseguente aumento della sua concentrazione in atmosfera.

Pur consistendo le attività principalmente nello stoccaggio e movimentazione di materiali necessari per la realizzazione della variante in progetto, e nel transito di vari mezzi e macchinari, attività caratterizzate da emissioni di polveri inferiori a quelle previste sul fronte di avanzamento lavori (quali ad esempio escavazione, stesa degli strati e compattazione), si prevede comunque l'attuazione di un insieme di misure atte a limitare le emissioni di polveri anche all'interno delle aree di cantiere.

I possibili interventi volti a limitare le emissioni di polveri possono essere riassunti in:



- Utilizzo di autocarri e macchinari con caratteristiche rispondenti ai limiti di emissione previsti dalla normativa vigente. A tal fine, allo scopo di ridurre il valore delle emissioni inquinanti, potrà ipotizzarsi l'uso di motori a ridotto volume di emissioni inquinanti (ecologici) ed una puntuale ed accorta manutenzione.
- bagnatura periodica della superficie di cantiere: tale intervento sarà effettuato tenendo conto del periodo stagionale con un aumento della frequenza durante la stagione estiva. L'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza con cui viene applicato. Un programma effettivo di innaffiamento (2 volte al giorno sull'area completa) si è stimato ridurre le emissioni di polvere al 50%. L'intervento di bagnatura verrà, comunque effettuato tutte le volte che si verifica l'esigenza.
- adozione di opportuna copertura dei mezzi adibiti al trasporto. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta e dovranno essere lavati giornalmente in un'apposita platea di lavaggio.
- Gli impianti di betonaggio e di produzione dei fanghi saranno dotati di tutti i sistemi destinati al controllo delle polveri e delle emissioni in atmosfera. Per ciò che riguarda gli inerti utilizzati nella centrale di betonaggio si ricorda che essi sono umidi in quanto provengono dalla lavatura e pertanto non producono polveri. Il cemento verrà stoccato in appositi silos al fine di evitare la dispersione nell'ambiente delle polveri.
- Per ciò che riguarda la viabilità al contorno dell'area di cantiere, si provvederà a mantenere puliti i tratti viari interessati dal passaggio dei mezzi. A tale fine agli ingressi del cantiere viene prevista l'installazione di cunette pulisci-ruote.

#### 3.4.6.2 Uso del suolo

Nell'ottica di salvaguardare una risorsa scarsa come il suolo fertile delle zone agricole di pianura, si prevede:

- l'accantonamento e lo stoccaggio temporaneo del terreno di scotico: tale intervento, da effettuarsi preliminarmente all'installazione dei cantieri e alle operazioni di realizzazione del manufatto, consentirà di mitigare le interferenze a carico della componente pedologica. Il suolo fertile dovrà essere asportato, per una profondità di circa 30 cm, e stoccato per tutta la



durata dei lavori, per poi poter essere riutilizzato negli interventi di ripristino. Una volta effettuato lo stoccaggio dei cumuli, occorrerà provvedere al loro inerbimento al fine di mantenere le caratteristiche di fertilità della risorsa pedologica.

- al termine delle operazioni, lo smantellamento degli impianti e il ripristino dell'originario uso agricolo delle aree di lavorazione.

### 3.4.6.3 Acque superficiali

Le valutazioni sull'impatto generato dai cantieri relativamente a questa componente è suddiviso per ogni cantiere.

#### **Cantiere di armamento Montirone / Cantiere operativo L.3.O.1**

Il sito di cantiere si articola in un'area di armamento ed in un'area di cantiere operativo. Le due aree sono separate fra loro dal tracciato del canale denominato Fontana Cominetta, che attraversa il sito da NO a SE.

In funzione delle attività previste all'interno di tale tipologia di cantiere (essenzialmente: zone di stoccaggio dei terreni di scotico, stoccaggio temporaneo delle attrezzature di cantiere, aree a parcheggio, officina meccanica e magazzino, uffici, impianto di betonaggio) e delle attività gestionali previste, le problematiche attinenti le acque superficiali risultano sostanzialmente riferibili ai fenomeni di dilavamento del suolo, in presenza di eventi piovosi particolarmente intensi, nei quali le sostanze inquinanti sversate sul terreno possono venire dilavate dalle acque ruscellanti e raggiungere le linee di drenaggio naturali. Si configurano pertanto fenomeni di:

- spandimenti accidentali di idrocarburi e/o oli lubrificanti, connessi alla presenza delle attrezzature di cantiere stoccate o della movimentazione dei mezzi d'opera;
- spandimenti accidentali di cemento provenienti dall'impianto di betonaggio;
- dispersione di reflui civili (servizi igienici degli uffici, ecc ...) in caso di malfunzionamento degli impianti di trattamento.

Per quanto riguarda le misure di mitigazione da prevedere nell'area in esame, sulla base delle caratteristiche del cantiere esaminato, della componente ambientale e della tipologia di impatti previsti, si prevede che in tutta l'area di cantiere dovranno essere presenti opportune



opere di raccolta (canalette) e di smaltimento delle acque meteoriche, previo inserimento di vasche di prima pioggia, opportunamente dimensionate sulla base di criteri idraulici cautelativi. Il cantiere dovrà inoltre disporre di panne assorbenti, da utilizzare come intervento di emergenza, in caso di eventi accidentali con dispersione diretta di contaminanti nelle acque dei ricettori presenti (canale Fontana Cominetta).

### Cantiere base L.3.B.1

L'area del cantiere operativo L.3.B.1. risulta ubicata a NO del concentrico di Montichiari, nei pressi del confine con Castenedolo, in una zona priva di elementi del reticolato idrografico sia maggiore che minore. Non si ravvisano pertanto elementi di interferenza fra le attività di cantiere e tali elementi ambientali.

In conformità con quanto prescritto dalla Delibera CIPE n. 120/2003 Parte I-1 paragrafo 1-C6, sarà mantenuta la continuità di funzionamento dei canali irrigui intercettati.

### Cantiere operativo L.3.O.3

Il sito di cantiere è limitato, sul suo lato S, dal canale artificiale denominato Fossa Naviglio o Maggiore, che defluisce in direzione NNO-SSE, con l'interposizione però di una strada intercomunale. In funzione delle attività previste all'interno di tale tipologia di cantiere (essenzialmente: zone di stoccaggio dei terreni di scotico, stoccaggio temporaneo delle attrezzature di cantiere, impianto di betonaggio, impianti ed attrezzature tecnologiche varie, aree a parcheggio, officina meccanica e magazzino, uffici,) e delle attività gestionali previste, le problematiche attinenti le acque superficiali risultano sostanzialmente riferibili ai fenomeni di dilavamento del suolo, in presenza di eventi piovosi particolarmente intensi, nei quali le sostanze inquinanti sversate sul terreno possono venire dilavate dalle acque ruscellanti e raggiungere le linee di drenaggio naturali. Si configurano pertanto fenomeni di:

- spandimenti accidentali di idrocarburi e/o oli lubrificanti, connessi alla presenza delle attrezzature di cantiere stoccate o della movimentazione dei mezzi d'opera;
- spandimenti accidentali di cemento provenienti dall'impianto di betonaggio;
- dispersione di reflui civili (servizi igienici degli uffici, ecc ...) in caso di malfunzionamento degli impianti di trattamento.



Per quanto riguarda le misure di mitigazione da prevedere nell'area in esame, sulla base delle caratteristiche del cantiere esaminato, della componente ambientale e della tipologia di impatti previsti, si prevede che in tutta l'area di cantiere dovranno essere presenti opportune opere di raccolta (canalette) e di smaltimento delle acque meteoriche, previo inserimento di vasche di prima pioggia, opportunamente dimensionate sulla base di criteri idraulici cautelativi. Il cantiere dovrà inoltre disporre di panne assorbenti, da utilizzare come intervento di emergenza, in caso di eventi accidentali con dispersione diretta di contaminanti nelle acque dei ricettori presenti (canale Fossa Naviglio o Maggiore).

#### 3.4.6.4 Acque sotterranee

Dal punto di vista idrogeologico, l'area del cantiere di armamento Montirone / Cantiere operativo L.3.O.1 insiste su terreni a permeabilità media e vulnerabilità alta. La soggiacenza della falda risulta maggiore di 15-16 m (si vedano i dati rilevati nel sondaggio 3SS010). A circa 450 m dal confine occidentale, sono presenti due pozzi privati, che risultano ubicati a valle, con riferimento alla direzione media di deflusso della falda.

Il cantiere base L.3.B.1 insiste su terreni a permeabilità media e vulnerabilità media. La soggiacenza della falda risulta maggiore di 30 m. Nei dintorni dell'area di cantiere è presente un pozzo privato, ad una distanza superiore a 500 m, verso valle con riferimento alla direzione di deflusso delle acque.

Il cantiere operativo L.3.O.3, infine, insiste su terreni a permeabilità media e vulnerabilità media. La soggiacenza della falda risulta prossima ai 40 m (si veda il sondaggio 3SS046).

Nei pressi del confine nordoccidentale dell'area di cantiere sono presenti due pozzi privati, in posizione a monte, con riferimento alla direzione di deflusso delle acque.

In funzione delle attività previste per la tipologia di cantiere, le problematiche legate alle risorse idriche sotterranee risultano configurare impatti:

1. di tipo quantitativo, qualora per le esigenze di approvvigionamento idrico del cantiere, sia necessaria la perforazione di nuovi pozzi;
2. di tipo qualitativo, dovuti principalmente alla presenza sul suolo ed alla conseguente possibile infiltrazione verso la falda, di fluidi e sostanze nocive provenienti da:
  - stoccaggio di terreno di scavo eventualmente contaminato;



- spandimenti accidentali di idrocarburi e/o oli lubrificanti, connessi alla presenza delle attrezzature di cantiere;
- spandimenti accidentali di cemento provenienti dall'impianto di betonaggio;
- dispersione di reflui civili (provenienti dagli insediamenti civili), in caso di malfunzionamento degli impianti di trattamento.

Per quanto riguarda le opere di mitigazione, sulla base delle caratteristiche dei cantieri, della componente ambientale e della tipologia di impatti prevista, si prevede che in tutte le aree di cantiere dovranno essere presenti opportune opere di raccolta (canalette) e di smaltimento delle acque meteoriche, previo inserimento di vasche di prima pioggia, opportunamente dimensionate sulla base di criteri idraulici cautelativi. Le aree di stoccaggio dei terreni di scavo dovranno essere separate da quelli di scotico e predisposte alla base tramite la posa di un manto in HDPE impermeabilizzante; dovranno inoltre essere protette ai lati da un fosso di guardia, al fine di evitare che le acque piovane, percolando attraverso il cumulo di terreno, possano inquinare la falda.

Le aree con installazioni di cantiere fisse e le aree di transito dei mezzi dovranno essere pavimentate. Nel caso del cantiere base 3.L.B.1, in particolare, le aree destinate a viabilità, piazzali e parcheggi dovranno essere pavimentate mediante manto bituminoso.

I carburanti e le sostanze pericolose dovranno essere contenute in contenitori idonei e protetti, posizionati in vasche di contenimento adeguatamente dimensionate, poste lontano dagli insediamenti di cantiere e dalla viabilità di transito dei mezzi operativi.

#### 3.4.6.5 Contaminazioni dei suoli

Qualora si verificano spandimenti accidentali di sostanze inquinanti, possono verificarsi, oltre alle problematiche relative alle componenti ambientali acque superficiali e sotterranee, episodi di contaminazione dei suoli, che richiederanno interventi di bonifica immediata, secondo le procedure ed i criteri previsti dalla normativa vigente. In particolare, la mitigazione sarà rappresentata da bonifiche con asportazione dei terreni contaminati.



### 3.4.6.6 Rumore

Per effettuare le valutazioni in merito a questa componente sono state considerate le lavorazioni che si espletano completamente all'interno del confine dei cantieri.

Lungo la tratta in esame i cantieri previsti sono suddivisi in quattro tipologie distinte, a ciascuna delle quali corrisponde una struttura interna ed una serie di attività caratteristiche. Le tipologie di cantiere ed il loro numero previsto sono:

- Cantiere Campo Base (n.1 cantiere lungo la tratta);
- Cantiere Operativo (n.2 cantieri lungo la tratta);
- Cantiere Area tecnica;
- Cantiere Armamento (n.1 cantiere lungo la tratta).

L'analisi delle emissioni acustiche viene condotta per i cantieri operativi e le aree tecniche, in quanto caratterizzati da un maggior numero di previste attività ed installazioni ai fini produttivi, e pertanto con un maggiore impatto acustico, il cantiere base non ha impatti acustici rilevanti. In particolare le simulazioni riguardanti le aree tecniche sono state effettuate considerando il tipo di cantiere più vasto, quello previsto in corrispondenza della galleria di Calcinato, per valutare gli effetti nella situazione più gravosa.

L'analisi delle emissioni acustiche è condotta in ciascun cantiere in relazione alle attività svolte ed ai cicli di lavorazione specifici, secondo lo schema seguente.

#### - Identificazione attività di cantiere

L'identificazione delle principali attività viene effettuata prendendo in considerazione il complesso delle attività legate alla tipologia di cantiere. Sono analizzate solamente quelle attività che si svolgono essenzialmente all'interno del confine dei cantieri e che comportano impatti acustici significativi.



- Identificazione delle azioni progettuali

In generale, per azione progettuale si intende una qualsiasi attività che costituisce una sorgente di interferenza sull'ambiente circostante e che ne è quindi causa di perturbazione. Le attività di cantiere individuate nel paragrafo precedente sono generalmente svolte per mezzo di una serie di lavorazioni, ciascuna delle quali è in grado di produrre una serie di effetti sull'ambiente circostante in modo più o meno rilevante. Effettuando un'analisi delle attività di cantiere, delle relative lavorazioni e della struttura dello stesso, è possibile determinare le azioni progettuali che possono comportare un impatto acustico significativo, trascurando le azioni i cui effetti possono essere considerati irrilevanti.

- Caratterizzazione delle emissioni acustiche

Ciascuna delle azioni progettuali individuate determina la produzione di impatti acustici su eventuali ricettori esterni all'area di cantiere, la cui entità è funzione in generale dei seguenti elementi:

- livello di potenza sonora;
- ciclo di lavorazione / durata di emissione;
- posizione all'interno del cantiere.

Di seguito sono elencate le attività lavorative individuate ed il relativo livello di potenza acustica. Nella tabella successiva sono indicate per ciascun cantiere le lavorazioni e conseguentemente, i livelli complessivi di potenza acustica.

*Betonaggio* - L'azione progettuale betonaggio rappresenta essenzialmente l'insieme delle operazioni legate alla miscelazione degli inerti ed al confezionamento del calcestruzzo. Queste operazioni sono da considerarsi localizzate in corrispondenza dell'impianto di betonaggio ed il relativo ciclo di lavorazione è considerato continuo per un periodo pari all'intera giornata lavorativa (8 ore).



*Prefabbricazione* - L'azione progettuale prefabbricazione rappresenta l'insieme delle operazioni legate alla produzione dei cassoni per i viadotti, dalla lavorazione del ferro, al getto del calcestruzzo, alla maturazione. Queste operazioni sono localizzate all'interno del capannone di prefabbricazione disposto parallelamente ai lati più lunghi del cantiere in posizione baricentrica. Esse, in generale richiedono in primo luogo la predisposizione delle armature e delle casseforme delle travi; successivamente si procede al getto del calcestruzzo.

*Movimentazione, scarico e stoccaggio inerti e materiali vari* - L'azione progettuale di movimentazione e scarico inerti si riferisce sia allo scarico degli inerti per il betonaggio in corrispondenza del sito predisposto a deposito inerti, sia allo stoccaggio provvisorio del materiale scavato. Sono inoltre considerate le attività di movimentazione delle diverse tipologie di materiali da costruzione o di consumo.

*Carico calcestruzzo* - L'azione progettuale in oggetto si riferisce al carico del calcestruzzo prodotto dall'impianto di betonaggio ad opera di autobetoniere. Sono previste sei autobetoniere ogni ora, per ciascuna delle quali è previsto un tempo di caricamento di 10 minuti. Questa sorgente di rumore è localizzata in corrispondenza dell'impianto di betonaggio.

*Impianti per la lavorazione del ferro* - Questa azione si riferisce alle attività di preparazione dei ferri (taglio e piegatura) per il loro impiego nei calcestruzzi.

*Manovra e operatività* - Officina, manutenzione e lavaggio mezzi di cantiere.

*Frantoio e/o vagliatura* - Si riferisce alle attività di lavorazione degli inerti per il loro impiego nel confezionamento dei calcestruzzi. *Installazioni di servizio ai lavori:* quadro elettrico, gruppo di ventilazione, centrale di produzione aria compressa, gruppo di pompaggio acqua .

Di seguito si riportano:

- I livelli di emissione delle attrezzature di riferimento per i cantieri operativi
- I livelli di emissione delle attrezzature di riferimento per le aree tecniche
- I livelli previsti nell'intorno del cantiere L.3.O.1 desunti dallo studio ambientale relativo al cantiere stesso (elaborato IN0500DE2RGSA0000103)
- I livelli previsti nell'intorno del cantiere L.3.O.3 desunti dallo studio ambientale relativo al cantiere stesso (elaborato IN0500DE2RGSA0000103)
- I livelli previsti nell'intorno di un'area tecnica tipo.

Le figure di seguito esposte riportano una stima del livello equivalente continuo nel periodo diurno tenendo conto della durata giornaliera di ogni attività di cantiere.

*Tabella 3.4-1: Livelli di emissione delle macchine di cantiere*

Attrezzatura	Attività'	Lw [dB(A)]	h [m]	Fonte
Autocarro	Movimentazione materiali	110.8	0.8	Da Dlgs. 262/02 nell'ipotesi di macchina di potenza pari a 223 kW.
Pala gommata	Movimentazione materiali	110.3	0.8	Da Dlgs. 262/02 nell'ipotesi di macchina di potenza pari a 200 kW.
Gru a torre	Movimentazione materiali	99.8	1.0	Da Dlgs. 262/02 nell'ipotesi di macchina di potenza pari a 60kW
Autobetoniera	Getto	114.9	1.5	Misura diretta - Leq = 84.0 dB(A) a 10 m
Impianto di betonaggio	Produzione cls	103.0	2.0	Studio di impatto ambientale MI-VR
Area lavoro	Assemblaggio armature	103.0	1.0	Studio di impatto ambientale MI-VR
Area lavoro	Prefabbricazione	105.0	1.0	Studio di impatto ambientale MI-VR
Gruppo elettrogeno	Produzione energia	123.0	0.5	Da Dlgs. 262/02 nell'ipotesi di macchina di potenza pari a 400 kW
Impianto di depurazione e trattamento acque reflue	Trattamento acque	107.0	0.5	Schede tecniche

*Tabella 3.4-2: Livelli di emissione delle macchine di cantiere di un'area tecnica*

Attività'	Lw [dB(A)]	h [m]	Fonte
Movimentazione e stoccaggio materiali in magazzini – Stoccaggio dei materiali di consumo e ricambi macchine operanti	103	1,0	Studio di impatto ambientale MI-VR
Manovra e operatività	109	1,0	Studio di impatto ambientale MI-VR
Stoccaggio di inerti	103	1.0	Studio di impatto ambientale MI-VR

### Definizione delle opere e misure di mitigazione

Interventi per la mitigazione del rumore prodotto durante la fase di costruzione di un'infrastruttura sono rappresentati da:

- misure di mitigazione attiva,
- misure di mitigazione passive.

Le misure di mitigazione attive, ossia gli interventi eseguiti direttamente sulle sorgenti, possono essere ricondotte, nelle eventuali situazioni di impatto elevato, ai seguenti interventi:

- ridistribuzione planimetrica delle attività di cantiere;
- rideterminazione dei cicli di lavorazione;
- definizione di percorsi di lavoro alternativi delle diverse macchine operatrici presenti in cantiere;
- manutenzione più accurata e programmata nel tempo delle macchine operatrici.

Tra le misure di mitigazione passive troviamo invece, il posizionamento di schermi acustici tra le attività di cantiere più impattanti ed il ricettore da salvaguardare. Gli schermi acustici possono essere di vario tipo anche se il problema consiste sovente nella difficoltà di posizionare schermi acustici in vicinanza delle sorgenti di rumore senza ostacolare il movimento delle macchine operatrici. Tra questo tipo di misure, in via preliminare particolare attenzione viene prestata all'utilizzo del materiale di scotico dell'area di cantiere per la formazione di dune perimetrali, con funzione di contenimento del rumore, di abbattimento delle polveri e, soprattutto nel caso di presenza di copertura vegetale, di schermo visivo. Quale opera di mitigazione è prevista la realizzazione di una duna in terra di altezza 4 metri lungo il perimetro del cantiere realizzata con il materiale di scotico del cantiere stesso. Barriere acustiche mobili sono inoltre previste in corrispondenza delle lavorazioni più rumorose in direzione dei ricettori più prossimi.

Figura 3.4-1: Cantiere operativo L.3.O.1

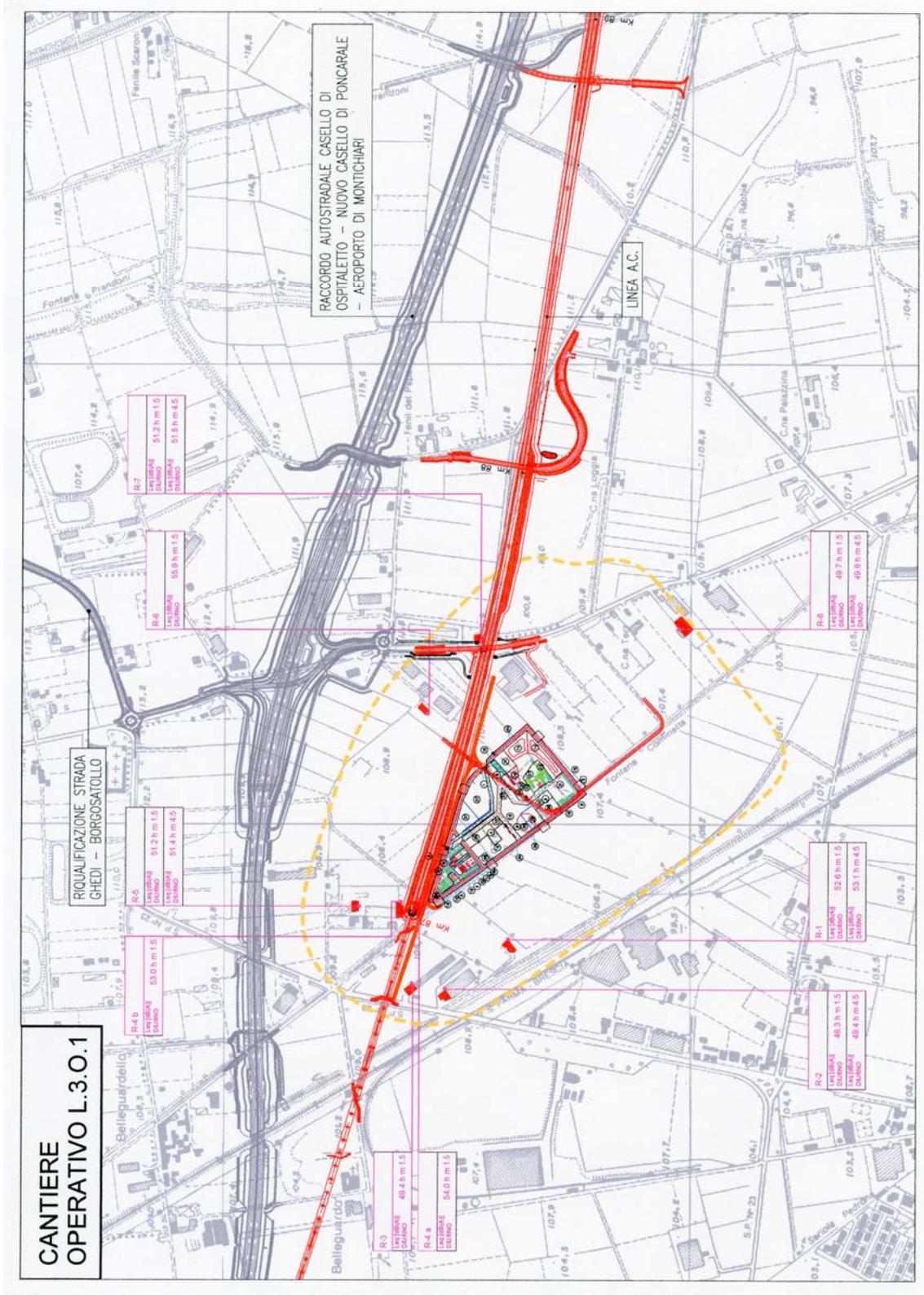


Figura 3.4-2: Cantiere operativo L.3.O.1

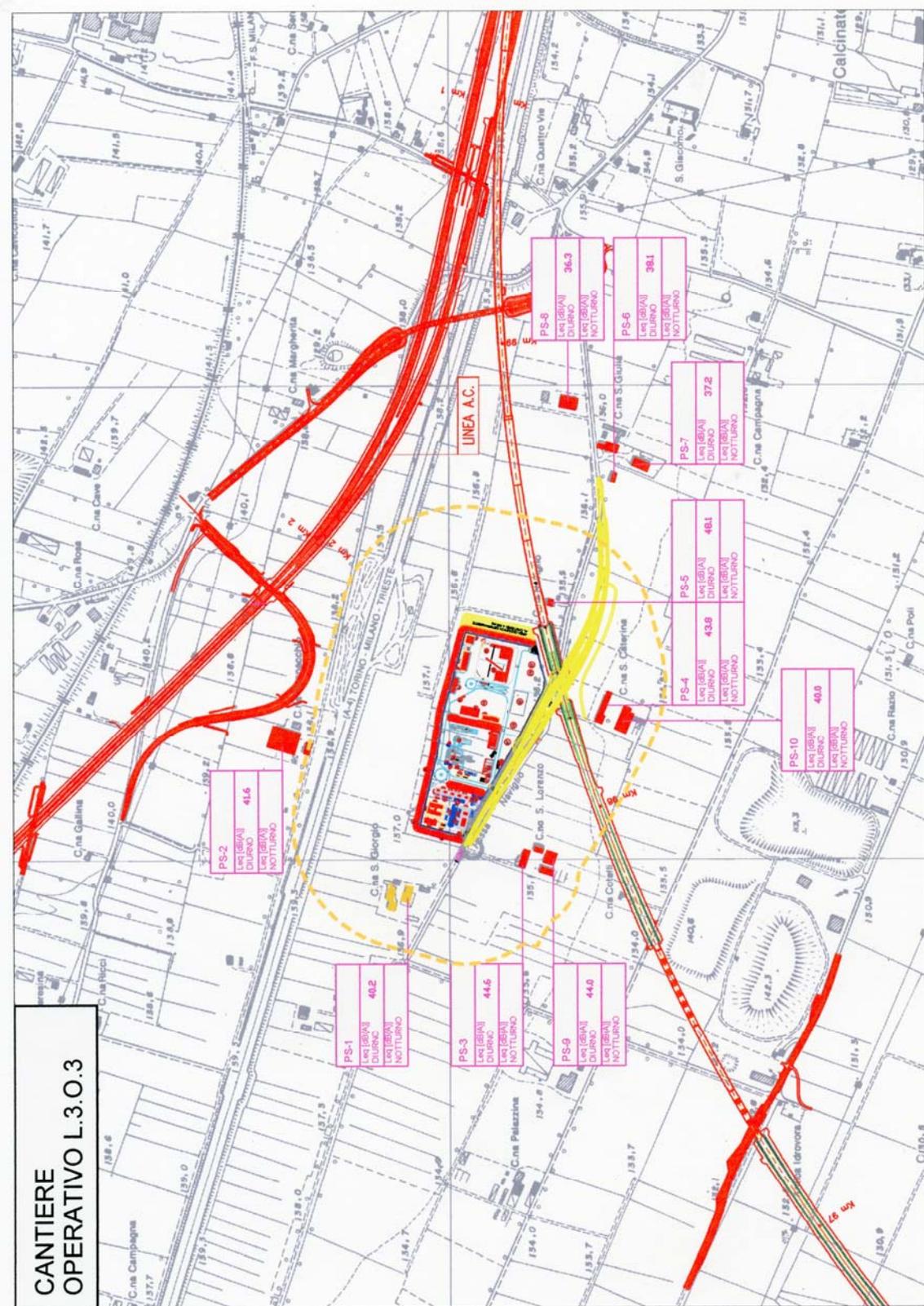
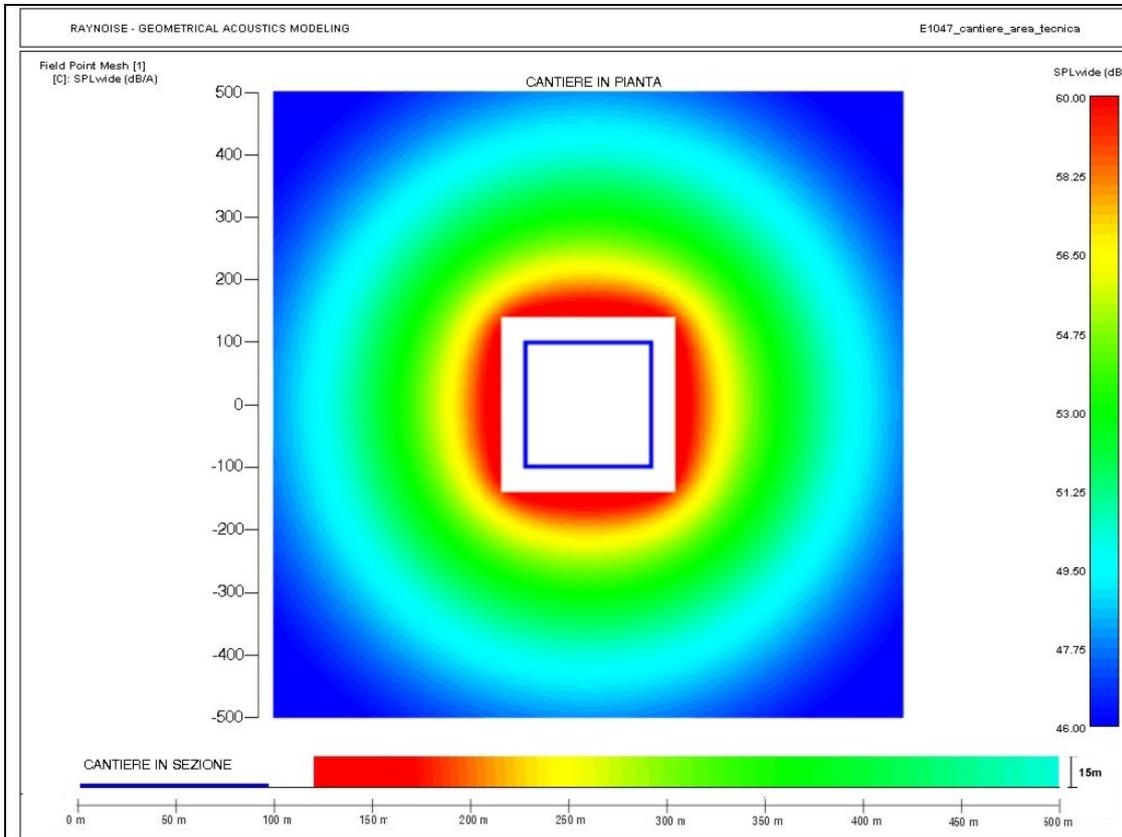
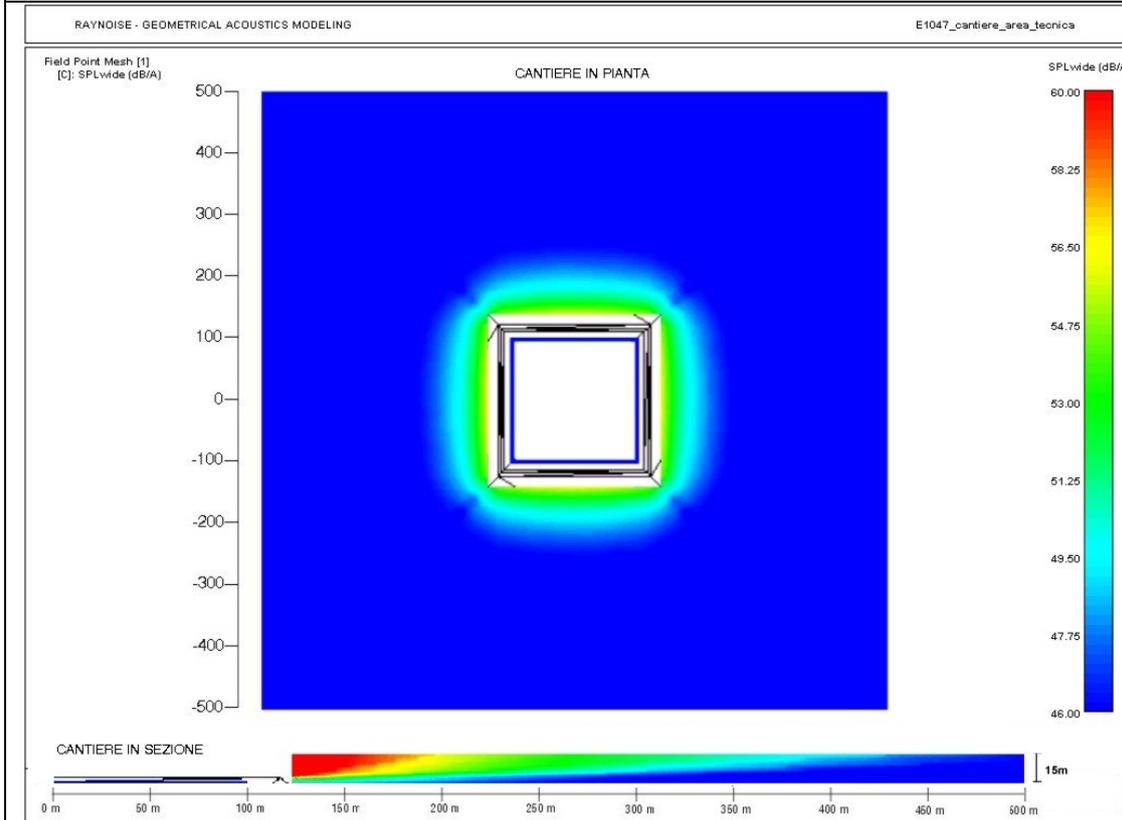


Figura 3.4-3: Area tecnica - Livello di pressione sonora equivalente "A"



Situazione senza mitigazioni



Situazione con una perimetrale antirumore

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
72

Monitoraggio ambientale

Per quanto concerne il monitoraggio ambientale della variante si fa riferimento al Piano di Monitoraggio relativo all'intera linea MI-VR predisposto nell'ambito del Progetto Definitivo.



## 4 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

### 4.1 Riferimenti metodologici ed operativi

Lo schema generale delle analisi e delle valutazioni relative ad ogni componente o fattore ambientale è il seguente:

- analisi dello stato attuale della componente o fattore ambientale;
- determinazione, per ciascuna componente o fattore, del grado di sensibilità delle diverse parti del territorio considerato;
- determinazione dei potenziali impatti (modificazione dello stato di qualità della componente) indotti, in fase di costruzione e di esercizio, dalle opere di prevista realizzazione;
- determinazione delle situazioni in cui le condizioni di impatto previste richiedono l'attuazione di interventi di mitigazione tali da ricondurre lo stato di qualità della componente entro la soglia di compatibilità ambientale; individuazione degli eventuali interventi di compensazione ambientale

Le componenti ed i fattori ambientali considerati, tenendo conto delle indicazioni della normativa tecnica di settore, sono i seguenti:

- atmosfera,
- ambiente idrico,
- suolo e sottosuolo
- vegetazione, flora e fauna – ecosistemi,
- paesaggio,
- archeologia,
- rumore,
- salute pubblica.



### Schema generale di analisi e valutazione delle Componenti e dei fattori ambientali

Lo schema di analisi seguito nelle analisi e valutazioni relative ad ogni componente o fattore comprende, in primo luogo, la descrizione metodologica delle fasi in cui è sviluppato lo studio di settore, l'esplicitazione delle fonti delle informazioni utilizzate e la determinazione dell'ambito territoriale di riferimento.

#### Ambito territoriale di riferimento

All'interno di ciascuno studio di settore si provvede alla determinazione dell'ambito territoriale di riferimento.

Tale ambito corrisponde all'area la cui estensione è tale da permettere di fornire una adeguata descrizione delle caratteristiche della specifica componente o fattore ambientale.

In esso si verificano inoltre gli impatti indotti, che comunque in linea generale, date le caratteristiche delle opere considerate, interessano una fascia più ristretta.

#### Analisi dello stato attuale

Segue quindi l'inquadramento di area vasta, volto a fornire i riferimenti territoriali per le analisi della specifica componente o fattore, e la descrizione delle caratteristiche di stato attuale della componente o fattore nelle diverse parti dell'ambito di riferimento.

Le analisi sono corredate da adeguata cartografia illustrativa dello stato di fatto della componente o fattore.

Per ciascun profilo ambientale considerato vengono identificati i ricettori potenzialmente interferiti o le aree di potenziale impatto, classificandoli secondo il loro livello di sensibilità.

La sensibilità esprime le caratteristiche di un ricettore o di un'area: in altri termini il grado di sensibilità è in funzione della capacità ricettiva del ricettore o di un'area nei confronti di un determinato fattore di impatto: quanto più un ricettore o un'area è sensibile, tanto più le interferenze indotte dall'infrastruttura in progetto possono causare una riduzione dello stato di qualità attuale.



La sensibilità delle diverse parti del territorio attraversato viene valutata con riferimento ad ogni componente considerata. La determinazione del grado di sensibilità, definita sulla base delle caratteristiche di ogni settore del territorio o di ogni ricettore, costituisce elemento sulla base del quale identificare e valutare le situazioni di impatto.

Nell'ambito degli studi di settore, relativi alle diverse componenti o fattori, vengono identificate le situazioni di più elevata sensibilità.

### Valutazione degli impatti

Gli impatti possono essere negativi o positivi.

La classificazione sintetica degli impatti, si articola mediante una scala di valori che comprende diversi livelli di impatto; a titolo di riferimento, tenendo conto che nell'area non si sono riscontrate situazioni di impatto molto elevato: impatto alto, impatto medio, impatto basso, impatto nullo o trascurabile.

Nella definizione dei criteri per la definizione degli impatti vengono utilizzati i seguenti parametri: qualità della risorsa, riproducibilità/non riproducibilità della risorsa, reversibilità/irreversibilità dell'impatto, in caso di reversibilità, durata dell'impatto (breve, medio, lungo termine), estensione territoriale dell'impatto.

Nella definizione del livello di impatto si tiene conto di eventuali effetti cumulativi derivanti da diversi fattori di impatto. L'espressione di tali giudizi in merito all'intensità e alla qualità dell'impatto si riferisce ad un sistema di valutazione che comprende, di volta in volta l'identificazione delle trasformazioni indotte sui ricettori e sulle componenti ambientali.

### Interventi di mitigazione ed interventi di compensazione

Gli studi settoriali, relativi ad ogni componente o fattore, si concludono con l'individuazione ed il dimensionamento degli interventi di mitigazione, ovvero quelle opere che riconducono il livello di impatto previsto entro la soglia di compatibilità.

Analogamente, nell'ambito di ciascuno studio di settore, sulla base di una valutazione complessiva delle modificazioni indotte dalle opere in progetto, considerando anche gli effetti degli interventi di mitigazione, si definisce l'eventuale necessità di provvedere a interventi di compensazione.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
76

Questi vengono intesi soprattutto come interventi di rinaturalizzazione, o riqualificazione ambientale di aree di ridotto valore ecosistemico, volti a compensare, in ottica di sviluppo sostenibile, gli impatti ed i potenziali rischi indotti dall'esercizio delle opere e delle infrastrutture in progetto, nonché il consumo di suolo conseguente alla loro realizzazione.

## 4.2 Atmosfera

### 4.2.1 Premessa

Oggetto del presente paragrafo è lo studio della potenziale variazione dello stato di qualità dell'aria determinato dalla realizzazione ed esercizio del collegamento AV/AC con l'aeroporto di Montichiari, che è interamente collocato nella provincia di Brescia, ed interessa i comuni di Montirone, Ghedi, Castenedolo, Montichiari e Calcinato.

Stante la tipologia dell'opera in progetto i potenziali impatti sono limitati alla fase di costruzione. Saranno quindi di seguito analizzate in particolare le lavorazioni previste lungo la linea, sul fronte di avanzamento dei lavori. Lo studio si articola nelle seguenti fasi:

- analisi delle caratteristiche meteorologiche e della qualità dell'aria ante-operam;
- analisi delle attività costruttive e determinazione delle relative emissioni;
- definizione degli scenari di calcolo e stima dei livelli di concentrazione indotti dalle lavorazioni;
- individuazione delle eventuali misure ed opere di mitigazione.

In relazione alle attività previste, l'inquinante potenzialmente in grado di determinare impatti negativi significativi è costituito dal particolato sospeso. E' quindi con riferimento a tale inquinante che sono illustrati i riferimenti normativi, analizzate le attività progettuali al fine di determinarne i fattori di emissione, ed infine studiata la dispersione e stimate le concentrazioni presso i ricettori individuati.

### 4.2.2 Riferimenti normativi

In relazione all'inquinante di interesse, il riferimento normativo di preminente rilevanza è costituito D.Lgs. 155 del 13/08/2010, n. 6 DECRETO LEGISLATIVO 13 agosto 2010, n. 155 Attuazione della "direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".



Esso stabilisce (o aggiorna), per diversi inquinanti tra cui il particolato (PM10) i valori limite e le soglie di allarme, il margine di tolleranza e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo, il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto, i criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria ambiente, i criteri e le tecniche di misurazione, la soglia di valutazione superiore, la soglia di valutazione inferiore e i criteri di verifica della classificazione delle zone e degli agglomerati, le modalità per l'informazione da fornire al pubblico sui livelli registrati di inquinamento atmosferico ed in caso di superamento delle soglie di allarme, ed infine, il formato per la comunicazione dei dati.

Nella tabella seguente sono indicati i limiti fissati dalla normativa per il particolato aerodisperso.

Tabella 4.2-1: Valori limite per il materiale particolato – D.Lgs. 155 del 13/08/2010

	Periodo di mediazione	Valore limite	Data entro la quale il limite deve essere raggiunto
PM10	1 giorno	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , da non superare più di 35 volte per anno civile	Già in vigore dal 1° gennaio 2005
	Anno civile	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Già in vigore dal 1° gennaio 2005
PM2.5	Fase 1		
	Anno civile	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1° gennaio 2015
	Fase 2		
	Anno civile	-(*)	1° gennaio 2020

(\*) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

### 4.2.3 Inquadramento meteorologico

Per caratterizzare meteorologicamente le aree attraversate dal tracciato della linea ferroviaria ad Alta Capacità, sono stati utilizzati i dati meteorologici della rete di monitoraggio gestita dall'A.R.PA Lombardia, scegliendo le stazioni di monitoraggio in base alla prossimità delle stesse con il tracciato in progetto.

Si elencano di seguito le stazioni utilizzate corredate delle coordinate Gauss-Boaga e della numerazione identificativa della stazione utilizzata in scala regionale dal Dipartimento Ambiente della Regione Lombardia.

N.Stazione	Località/Indirizzo	Longitudine	Latitudine	Note
210	(BS) LONATO, VIA DEL MARCHESINO	1615790	5035590	Zona periferica o area suburb.
223	(BS) BRESCIA, BETTOLE	1599363	5038720	
522	MN) PONTI SUL MINCIO STRADA DELLA COLOMBARA	1635160	5030490	

Figura 4.2-1: Tavola d'insieme ubicazione stazioni meteorologiche e di monitoraggio



Figura 4.2-2 Stazione n°210 – Lonato (BS), Via del marchese

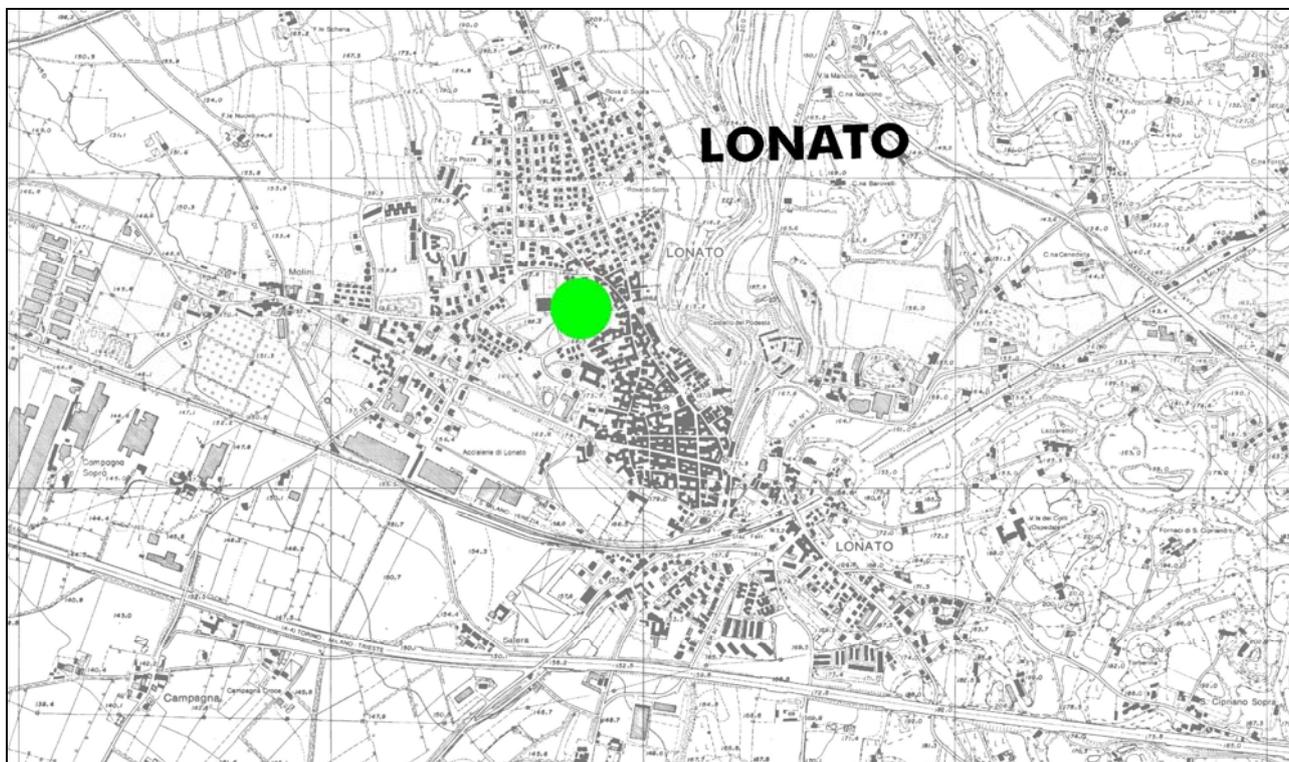


Figura 4.2-3: Stazione n°223 – Brescia, Bettole



Figura 4.2-4: Stazione n°522 – Ponti sul Mincio (MN), Strada della Colombara



A integrazione dei dati orari citati si sono presi in esame anche i dati statistici a cura del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, relativi al periodo 1/1952 –12/1991. Per questa tipologia di dati si è fatto riferimento alla stazione metereologica di A.M 88 di Brescia Ghedi.

I parametri meteorologici svolgono un ruolo determinante nell'evoluzione dell'inquinamento atmosferico; in particolare alcuni di questi sembrano avere una particolare influenza sulle concentrazioni di inquinanti in atmosfera. Vengono pertanto esposte di seguito le caratteristiche dei principali parametri climatici dell'area di interesse, tratti anche da elaborazioni a cura dell'A.R.P.A. Lombardia, *Rapporto sullo stato dell'ambiente della Lombardia 2001*, e del Comune di Milano, *Rapporto sulla qualità dell'aria a Brescia e Provincia – anno 2001*.

### Temperatura

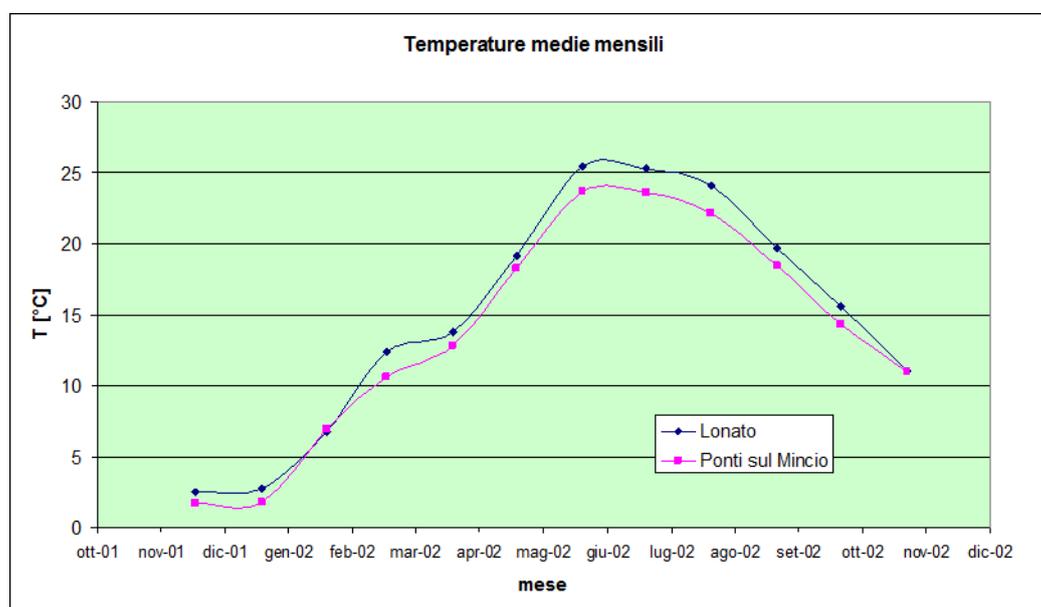
Avendo a disposizione i dati orari sulla temperatura media delle stazioni di Lonato e Ponti sul Mincio si è provveduto a calcolare le medie mensili usufruendo dei dati puntuali registrati ad ogni ora dalle stazioni in questione nel periodo compreso fra il 1 dicembre 2001 e il 30 novembre 2002.

Dall'analisi del grafico annuale delle medie mensili si ricavano le seguenti considerazioni:

- la stagione invernale presenta dei valori medi compresi fra 2,5 e 3,5°C nei mesi di dicembre e gennaio, valori che tendono a salire a circa 7°C nel mese di febbraio.
- in primavera la temperatura aumenta gradualmente passando dai valori medi pari a 10-12°C di marzo ai 18-20°C di maggio.
- durante l'estate si raggiungono le temperature mensili più elevate; contrariamente al comune sentire giugno risulta il mese più caldo dell'anno, con temperature comprese fra i 24 e i 26 °C.
- in autunno l'andamento delle temperature si inverte rapidamente passando da valori medi pari a 18-20 C° di settembre, a quello di 10-11°C di novembre.

Si riporta di seguito il grafico relativo alle temperature medie mensili elaborate a partire dalle registrazioni dei dati orari.

*Figura 4.2-5: Andamento delle temperature medie mensili relative alle stazioni di Lonato e Ponti sul Mincio. Periodo: 1 dicembre 2001 – 30 novembre 2002.*

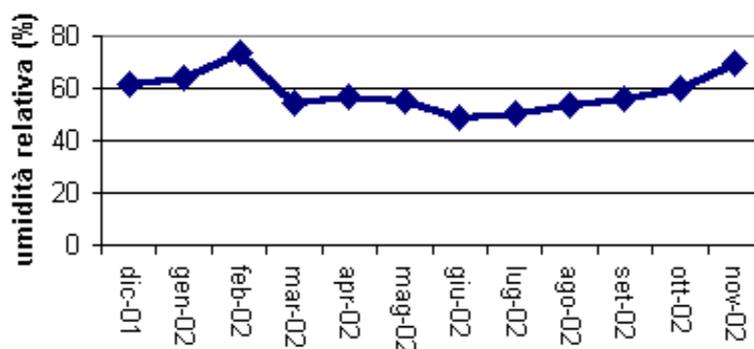


### Umidità

Data la scarsità di dati a disposizione il regime igrometrico risulta difficile da caratterizzare.

Avendo a disposizione i dati orari sull'umidità relativi alla stazione di Lonato, si è costruito un grafico dell'andamento medio annuale a partire dalle medie mensili.

Figura 4.2-6: Lonato: andamento mensile dell'umidità



L'andamento dei valori di umidità relativa nell'area lombarda è caratterizzato da massimi raggiunti nei mesi autunnali-invernali e minimi raggiunti nella stagione primaverile (Rapporto sullo stato dell'ambiente -Lombardia 2001). La stazione di Lonato, posta in vicinanza del Lago di Garda, mostra un andamento in parte diversificato rispetto a quello regionale: a partire dal mese di marzo si osserva un trend negativo nei tassi di umidità che culmina nel mese di giugno dove vengono raggiunti i valori minimi annuali. I massimi annuali inoltre non superano mai l'80% di umidità relativa, raggiungendo i valori massimi a febbraio.

### Direzione e velocità del vento

L'analisi della velocità e direzione del vento è stata condotta a partire da due tipi di dati:

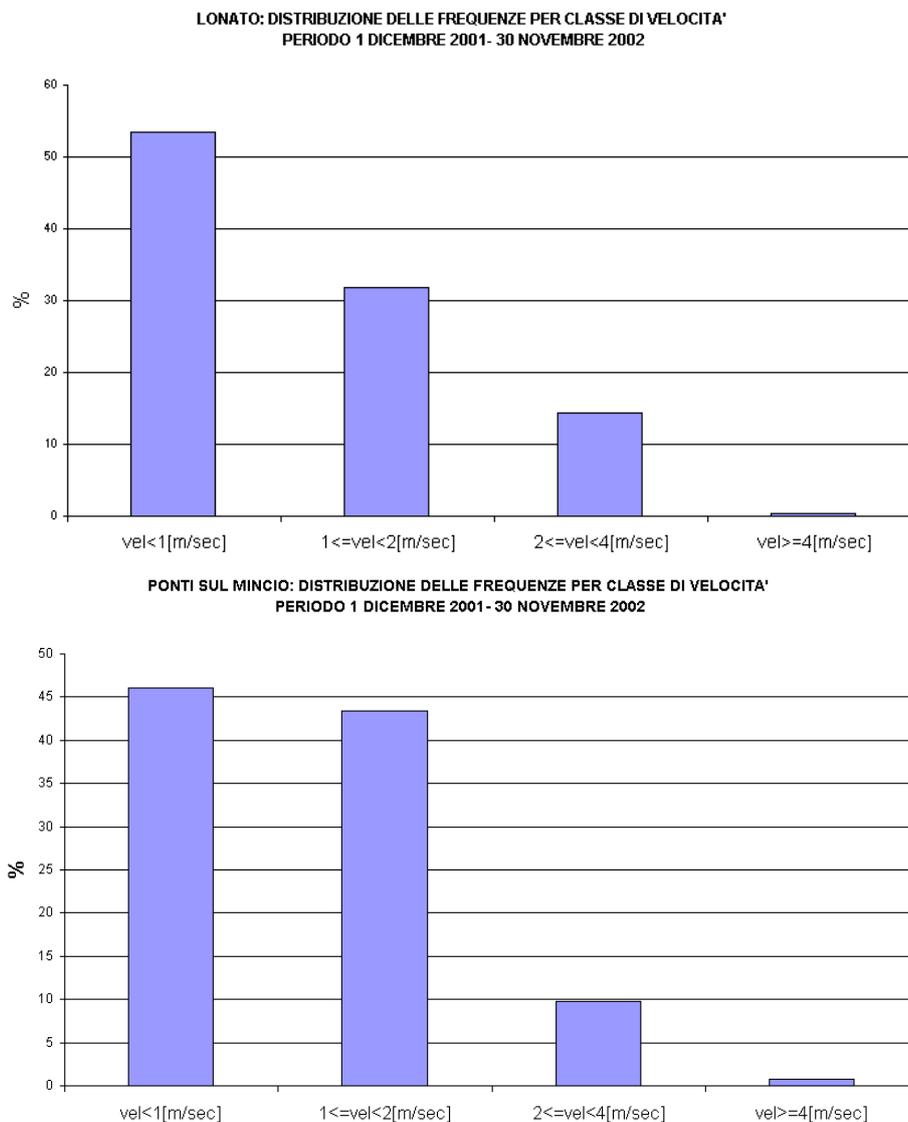
- quelli orari relativi alle centraline meteorologiche di Lonato e Ponti sul Mincio, in riferimento al periodo dicembre 2001 – novembre 2002;
- quelli statistici a cura del Servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare relativi alla stazione di Brescia Ghedi nel periodo 1951-1991.

Con riferimento alla prima serie di dati sono stati compiuti due tipi di elaborazioni:

- la distribuzione del vento in base alla classe di velocità;
- la distribuzione del vento in base alla direzione di provenienza (rosa dei venti).

Dall'analisi dei grafici relativi alla distribuzione del vento in base alla classe di velocità si nota una netta prevalenza di situazioni di calma sinottica (velocità del vento minori di 1 m/sec) con valori percentuali compresi fra il 50 e l'80%. Vengono di seguito riportati i grafici relativi alla distribuzione del vento in base alle classi di velocità relative, come detto, al periodo novembre 2001 – dicembre 2002.

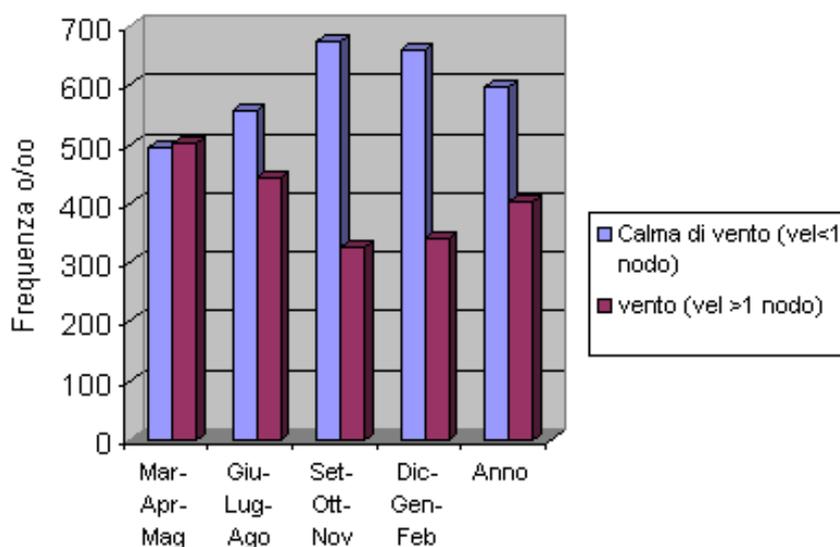
Figura 4.2-7: Classi di velocità del vento rilevate a Lonato e Ponti sul Mincio.



Per quanto riguarda i dati statistici a cura del Servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare in riferimento alla stazione di Brescia Ghedi nel periodo 1951-1991, l'andamento appare analogo, in considerazione del diverso valore attribuito alla classe delle calme di vento, qui rappresentate con valori di velocità inferiori a 1 nodo.

Si nota inoltre come i valori percentuali delle calme di vento raggiungono valori minimi (50% circa) nel trimestre primaverile, per poi aumentare gradualmente con il procedere della stagione.

Figura 4.2-8. Calme di vento rilevate a Brescia Ghedi nel periodo 1951 – 1991.



Per quanto riguarda la direzione di provenienza dei venti, prima di esaminare nel dettaglio le circolazioni locali vengono esposte brevemente le situazioni meteorologiche tipiche insistenti sul bacino padano.

- Ciclogenesi sottovento alle Alpi (Buzzi e Tibaldi 1990): l'interazione dell'arco alpino nei confronti di onde cicloniche transanti sull'Europa centro-occidentale genera correnti provenienti dai quadranti settentrionali che possono dare origine a due venti caratteristici: il Phoen, vento caldo e secco discendente dall'arco alpino, e la Bora, forte vento che investe la parte orientale del bacino padano.
- I venti di origine meridionale sono in genere associati a depressioni di origine mediterranea.

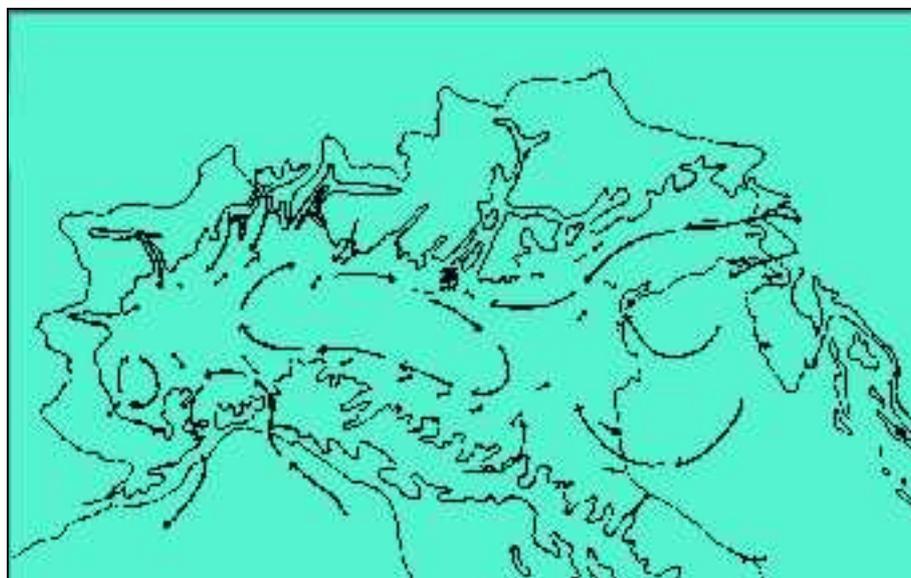


- La circolazione occidentale normalmente presente nella troposfera può inoltre essere alterata da una situazione meteorologica sinottica definita "blocco meteorologico" (Rex 1950, Tibaldi et al. 1994) che comporta l'afflusso di correnti settentrionali sul bacino padano.

Quando le condizioni sinottiche su larga scala si fanno meno intense in corrispondenza di situazioni di alta pressione sul continente europeo (anticiclone delle Azzorre), si produce un campo barico molto livellato che determina delle deboli circolazioni o calme di vento, condizione spesso presente nei mesi invernali e non solamente nel periodo estivo. Nei mesi caldi il riscaldamento differenziale fra pianura e montagna e fra pianura e laghi genera gradienti barici che favoriscono l'instaurarsi di particolari circolazioni locali, i regimi di brezza.

A tal proposito si riporta una figura illustrativa della circolazione dei venti nel bacino padano in situazioni di calma sinottica.

*Figura 4.2-9: Circolazione tipica del bacino padano nel periodo estivo (fonte Giuliacci, Il clima dell'Italia degli ultimi vent'anni, 1988).*





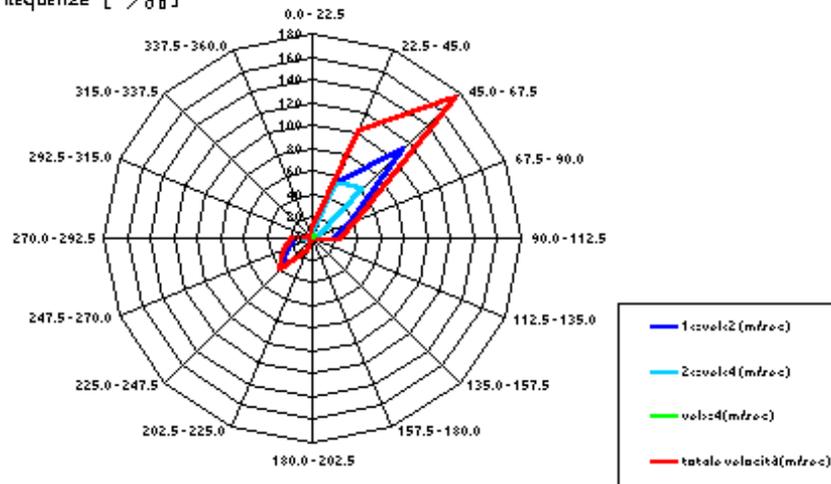
Questa schematizzazione della circolazione dei venti sul bacino padano è il risultato del confronto dei dati orari del vento in un insieme di stazioni meteorologiche distribuite nel bacino padano. La circolazione nel periodo estivo, in condizioni di calma sinottica mostra una corrente circolatoria proveniente da Est lungo tutta la parte centrale della pianura padana, questa circolazione ruota in senso orario verso Nord nella parte occidentale del bacino e resta attiva nelle ore centrali del giorno; nelle ore notturne l'intensità del vento diminuisce fino ad arrivare a situazioni di calma di vento. Esaminando in particolare le rose dei venti ottenute nelle stazioni meteorologiche di Lonato e Ponti sul Mincio si nota come verso la zona dei laghi il regime dei venti mostri una spiccata provenienza dai quadranti orientali.

La stazione di Lonato presenta infatti un marcato picco di frequenza a NordEst, mentre per la stazione di Ponti sul Mincio Est-SudEst è la prevalente direzione di provenienza. L'area risente pertanto maggiormente della ciclogenesi sottovento alle Alpi, situazione sinottica che apporta sul bacino padano masse d'aria orientali. Nelle situazioni di calma sinottica, i regimi di brezza ricalcano parzialmente (nell'area lombardo-veneta) la circolazione descritta per la principali situazioni meteorologiche a grande scala. Vengono di seguito riportati i grafici relativi alla distribuzione del vento in base alla direzione di provenienza relative alle stazioni metereologiche presenti nell'area di indagine.

Figura 4.2-10: Rose dei venti rilevate a Lonato e Ponti sul Mincio.

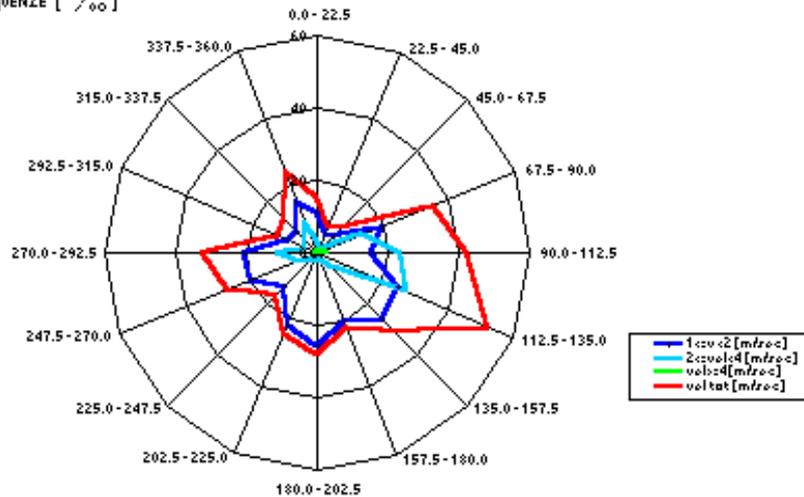
**LONATO: Rosa dei venti - distribuzione delle frequenze della direzione di provenienza dei venti Periodo 1 dicembre 2001 - 30 novembre 2002**

FREQUENZE [ ‰ ]



**PONTI SUL MINCIO: Rosa dei venti - distribuzione delle frequenze della direzione di provenienza dei venti - periodo 1 dicembre 2001 - 30 novembre 2002**

FREQUENZE [ ‰ ]



Per quanto riguarda i dati statistici a cura del Servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare in riferimento alla stazione di Brescia Ghedi - periodo 1951-1991, si nota come i venti provenienti dai quadranti orientali aumentino di frequenza con l'instaurarsi della stagione calda. La primavera e l'autunno, periodi in cui il fenomeno della ciclogenesi sottovento alle Alpi si verifica con maggior frequenza, unitamente all'estate stagione caratterizzata dai regimi di brezza, il cui andamento è stato poc' anzi descritto potrebbero giocare in tal senso un ruolo importante.

Figura 4.2-11: Rose dei venti – stazione A.M 88 Brescia Ghedi – anni 1951-1991 - Distribuzione stagionale - frequenze %.

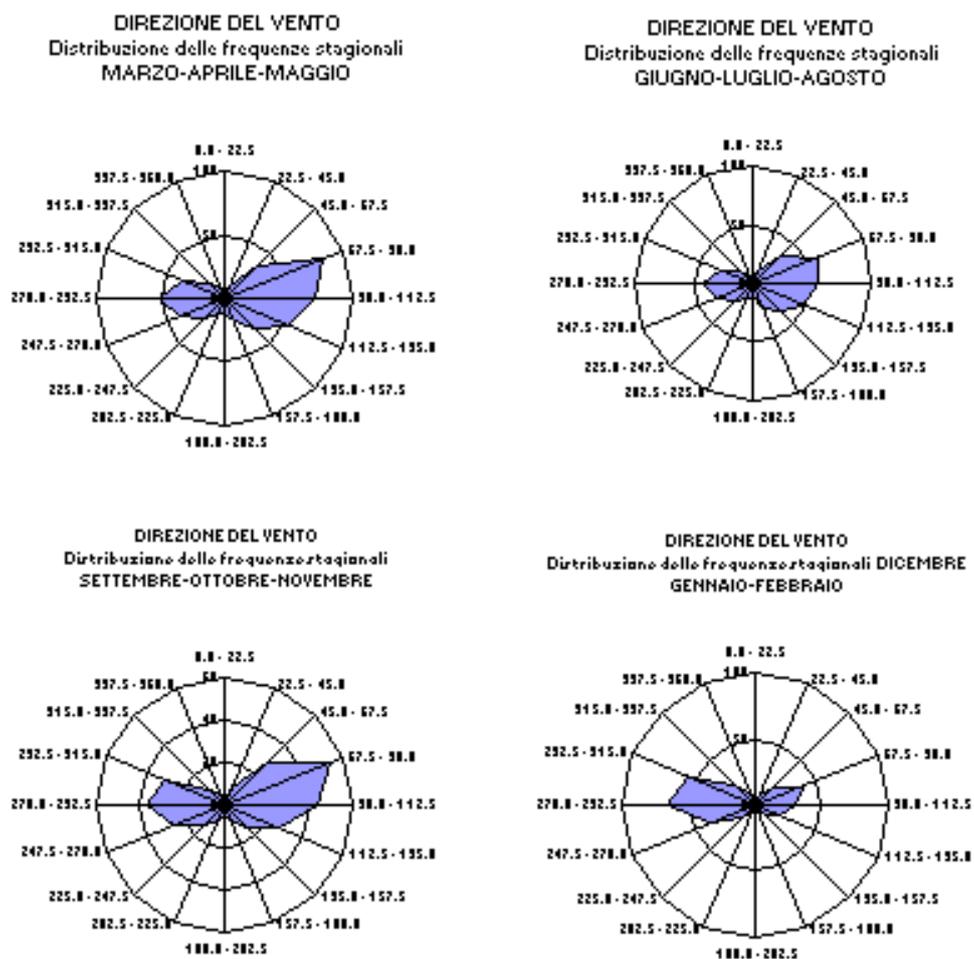
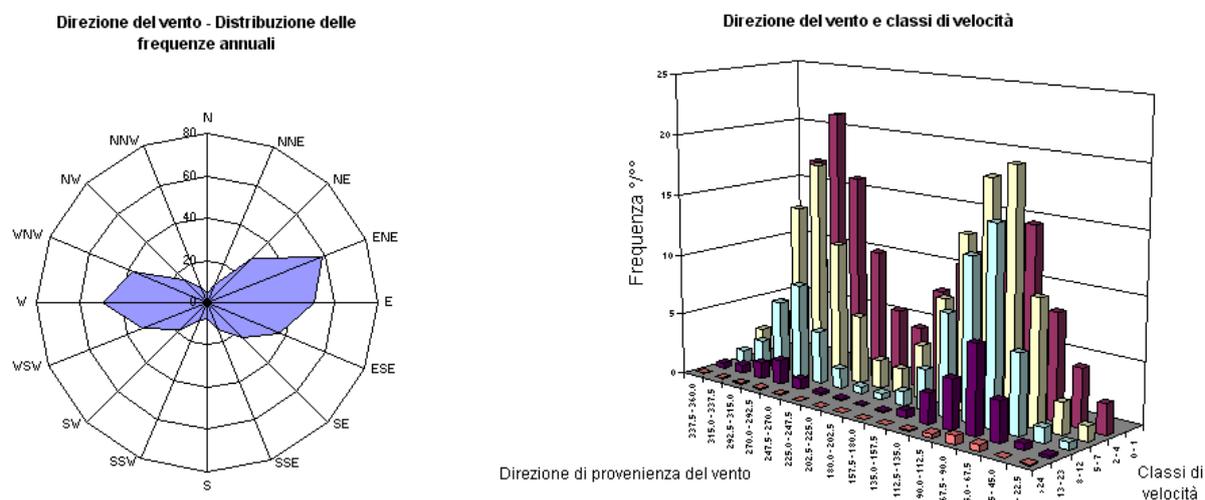


Figura 4.2-12: Rose dei venti annuale e direzione del vento in base alle classi di velocità stazione A.M 88 Brescia Ghedi – anni 1951-1991



#### 4.2.4 Qualità dell'aria

La descrizione dello stato attuale di qualità dell'aria nell'area interessata dal progetto si riferisce, quale inquinante, alle polveri, con particolare attenzione nei confronti del PM10, ovvero di quella frazione di particelle aeree aventi un diametro inferiore a 10 micron. La natura delle particelle presenti nell'aria è la più varia; fanno parte delle polveri sospese il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto dall'erosione del suolo e dei manufatti (frazione più grossolana) causata da agenti naturali quali il vento e la pioggia. Nelle aree urbane il materiale particolato può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dall'usura dell'asfalto, dei pneumatici, dei freni e delle frizioni, e dalle emissioni provenienti dagli scarichi degli autoveicoli, in particolare quelli con motore diesel.

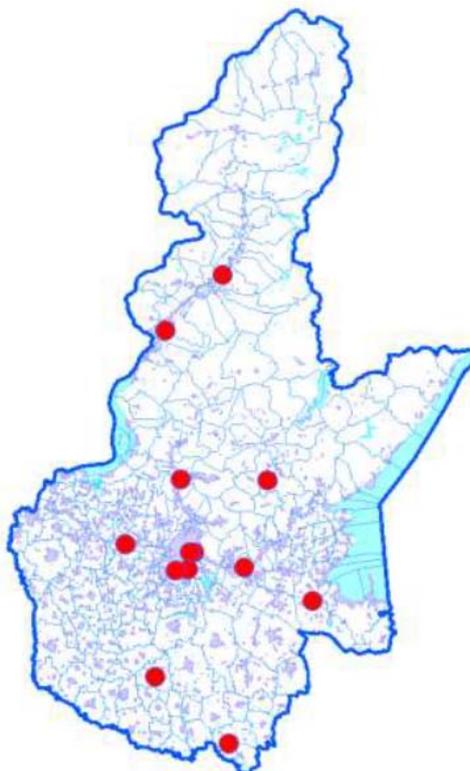
La caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria del sito in esame è stata effettuata sulla base dei dati rilevati dalle stazioni fisse di misura che misurano il particolato aerodisperso più prossime all'area di indagine appartenenti alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria dell'ARPA Lombardia.

In particolare sono state considerate le stazioni di:

- BS Broletto
- BS Villaggio Sereno
- Rezzato

La localizzazione di queste stazioni è riportata nella seguente figura; per la caratterizzazione dello stato attuale della qualità dell'aria, sono stati esaminati gli ultimi 5 anni (2008-2012) per i quali sono disponibili i Rapporti di Qualità dell'Aria pubblicati da ARPA Lombardia.

Figura 4.2-13: Localizzazione delle stazioni fisse di misura.



Le caratteristiche delle stazioni considerate sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 4.2-2: Caratteristiche delle stazioni considerate.

Nome stazione	Rete	Tipo zona	Tipo stazione	Quota s.l.m. (m)
		Decisione 2001/752/CE	Decisione 2001/752/CE	
BS Broletto	PUB	Urbana	Traffico	140
BS Villaggio Sereno	PUB	Urbana	Fondo	140
Rezzato	PUB	Suburbana	Industriale	150

**rete:** PUB = pubblica, PRIV = privata  
**tipo zona Decisione 2001/752/CE:**  
- **URBANA:** centro urbano di consistenza rilevante per le emissioni atmosferiche, con più di 3000-5000 abitanti  
- **SUBURBANA:** periferia di una città o area urbanizzata residenziale posta fuori dall'area urbana principale)  
- **RURALE:** all'esterno di una città, ad una distanza di almeno 3 km; un piccolo centro urbano con meno di 3000-5000 abitanti è da ritenersi tale  
**tipo stazione Decisione 2001/752/CE:**  
- **TRAFFICO:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dal traffico (se si trova all'interno di Zone a Traffico Limitato, è indicato tra parentesi ZTL)  
- **INDUSTRIALE:** se la fonte principale di inquinamento è costituita dall'industria - **FONDO:** misura il livello di inquinamento determinato dall'insieme delle sorgenti di emissioni non localizzate nelle immediate vicinanze della stazione; può essere localizzata indifferentemente in area urbana, suburbana o rurale

Nel seguito si riporta un breve commento all'analisi della qualità dell'aria confrontando i dati rilevati con gli standard di qualità richiesti dalla normativa vigente.

## PM10

L'analisi del particolato con diametro inferiore ai 10 micron è stata condotta sulla base di quanto previsto dal D.Lgs. 155 del 13/08/2010.

Per quanto riguarda il PM10 misurato nelle 3 stazioni analizzate, si evidenzia una situazione di ampio superamento dei limiti sul breve periodo con valori del numero annuo di superamenti del limite sulla media giornaliera variabili fra 77 e 105 per la stazione di BS Broletto, 89 e 113 per la stazione di BS Villaggio Sereno e fra 105 e 154 per la stazione di Rezzato.

Sul lungo periodo i livelli della concentrazione media annuale misurati a Brescia si attestano su valori allineati o poco superiori al limite di legge di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e pari a 38-42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di BS Broletto e a 40-43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per la stazione di BS Villaggio Sereno; per la stazione di Rezzato, i valori si attestano su 44-54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un più marcato superamento del limite di legge.

Tabella 4.2-3 PM10: confronto con limiti di legge.

Stazione	Anno	Media giornaliera N° superamenti media 24h <= 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (max 35 volte/anno)	Media annuale (Limite: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
BS Broletto	2008	<b>77</b>	38
	2009	<b>91</b>	40
	2010	<b>89</b>	39
	2011	<b>105</b>	<b>42</b>
	2012	<b>94</b>	<b>41</b>
BS Villaggio Sereno	2008	<b>97</b>	<b>43</b>
	2009	<b>100</b>	<b>42</b>
	2010	<b>89</b>	40
	2011	<b>113</b>	<b>43</b>
	2012	<b>106</b>	40
Rezzato	2008	<b>132</b>	<b>50</b>
	2009	<b>130</b>	<b>48</b>
	2010	<b>105</b>	<b>44</b>
	2011	<b>154</b>	<b>54</b>
	2012	<b>115</b>	<b>46</b>

Figura 4.2-14: Trend mensile PM10 Brescia e Provincia 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)

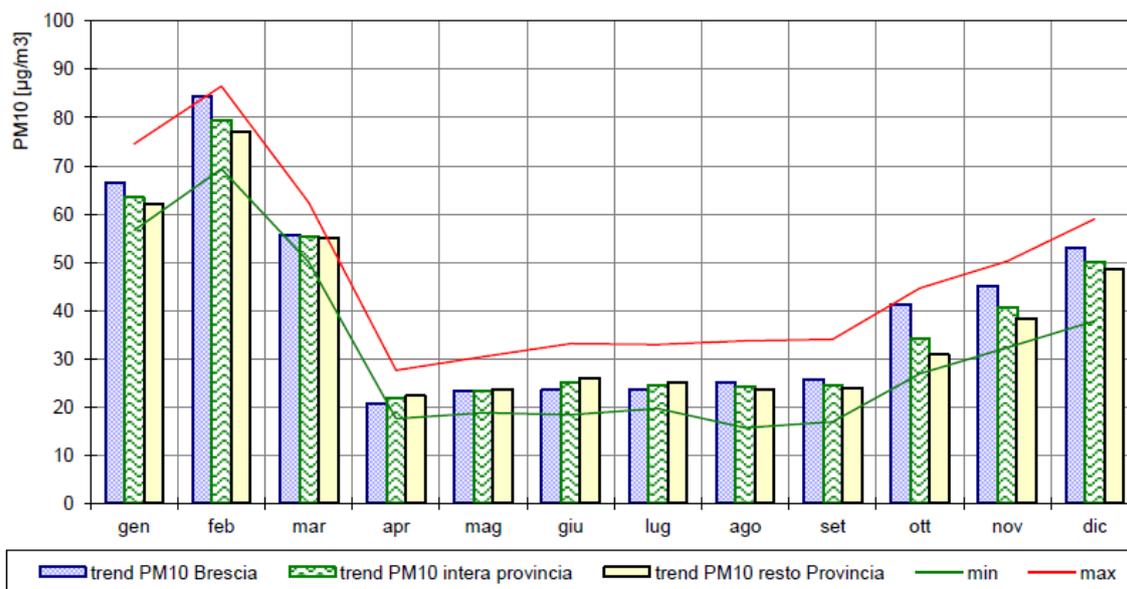
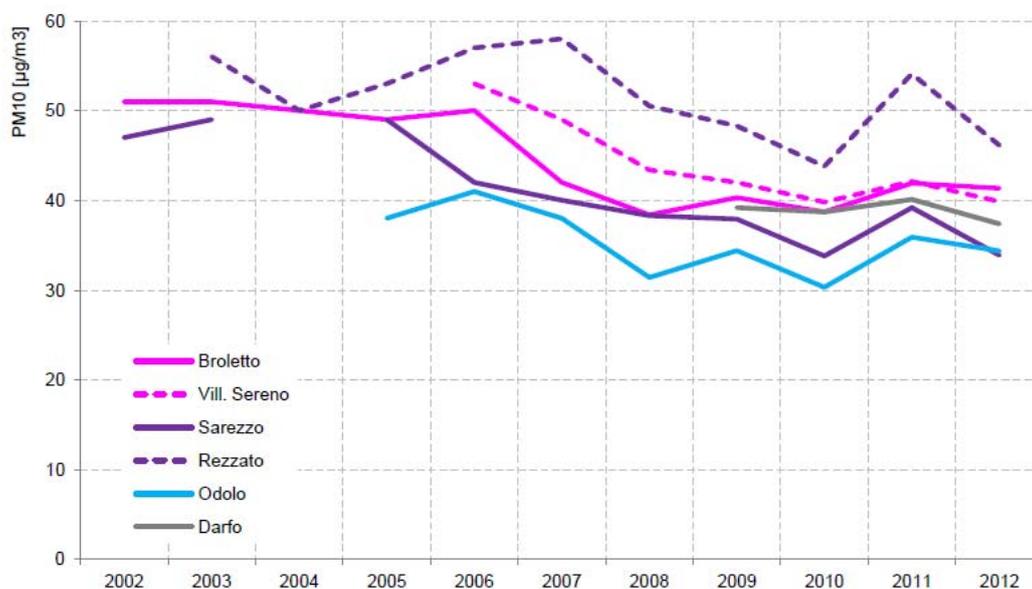


Figura 4.2-15: Trend PM10 Brescia e Provincia. (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)



**PM2.5**

Per quanto concerne il PM2.5, come già accennato, il D. Lgs. 155/10 ha introdotto il valore limite sulla media annuale pari a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  da raggiungere entro il 1/01/2015, sulla base dei target intermedi indicati in tabella.

*Tabella 4.2-4 Target intermedi di conseguimento del valore obiettivo del PM2.5.*

<b>Anno</b>	<b>Valore obiettivo PM2.5 [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>
2008	30
2009	29
2010	29
2011	28
2012	27
2013	26
2014	26
2015	25

Per quanto riguarda il PM2.5, il valore della media annuale registrato nella stazione di BS Villaggio Sereno risulta sempre superiore al limite di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  imposto dal D.Lgs. 155 del 13/08/2010.

*Tabella 4.2-5 PM2.5: confronto con limiti di legge*

<b>Stazione</b>	<b>Anno</b>	<b>Media annuale (Limite: 25 <math>\mu\text{g m}^{-3}</math>)</b>
BS Villaggio Sereno	2008	31
	2009	31
	2010	31
	2011	32
	2012	30

Figura 4.2-16: Trend mensile PM2.5 Brescia e Provincia 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria – Anno 2012)

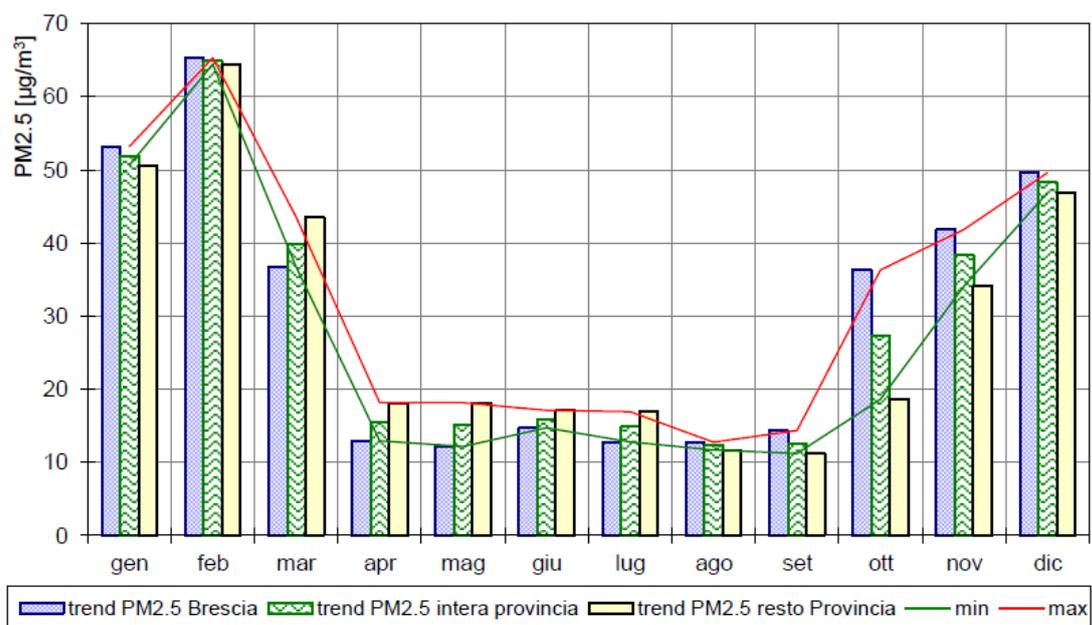
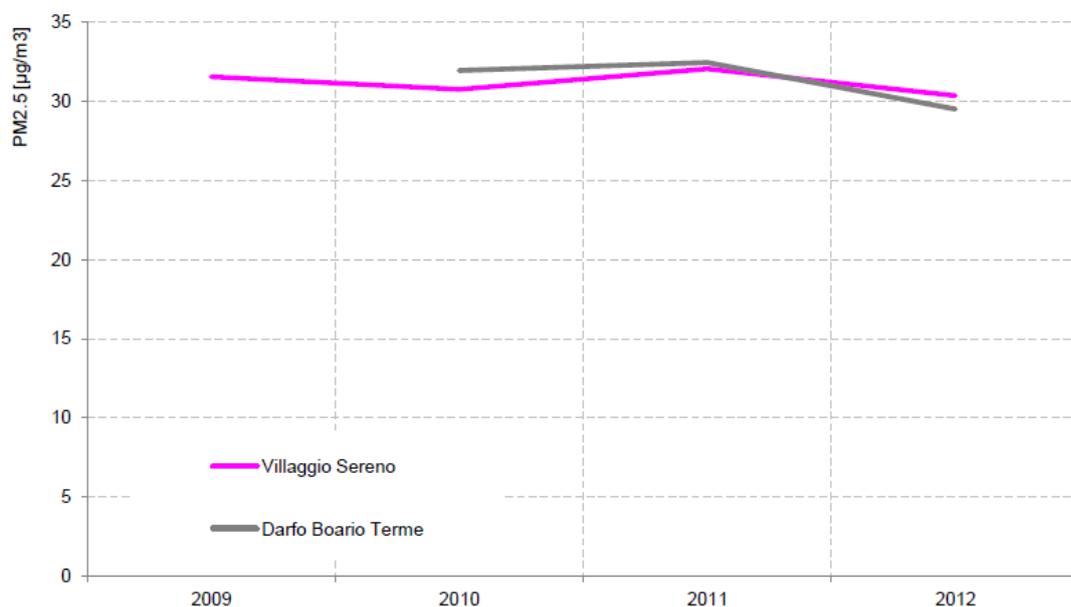


Figura 4.2-17: Trend PM2.5 Brescia e Provincia. (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria – Anno 2012)





## Mappe

Ad integrazione dei dati riportati nel precedente capitolo, è possibile ricavare informazioni specifiche dell'area in esame dalle mappe elaborate da ARPA Lombardia con sistemi modellistici non sostitutivi ma integrativi rispetto ai dati della rete di rilevamento; tali mappe permettono di avere informazioni riguardo allo stato della qualità dell'aria in modo esteso sul territorio.

La Valutazione Modellistica della Qualità dell'Aria (VMQA) relativa all'anno 2012, da cui sono state ricavate le mappe citate e riportate nelle successive figure, è basata come dati di ingresso sulle emissioni stimate dall'inventario regionale INEMAR per l'anno 2008, a dettaglio comunale e per attività emissiva. Alle province confinanti sono state attribuite le emissioni dell'inventario nazionale 2005 prodotto dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) a livello provinciale. L'input meteo è stato invece costruito assimilando ai campi forniti dallo European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) i dati raccolti su base oraria dalle reti di monitoraggio di ARPA e dai radiosondaggi fini dell'aeroporto di Linate mediante l'interpolatore mass-consistent Swift-Minerve. Le mappe sono state ottenute mediante l'utilizzo di tecniche di data fusion dei dati misurati dalle stazioni di background.

La distribuzione del PM10 presenta i valori più elevati oltre che in prossimità di arterie stradali anche in corrispondenza alle aree più densamente abitate dato che le emissioni primarie di questo inquinante derivano non solo dal traffico veicolare, ma anche da altre sorgenti, tra cui in particolare gli apparecchi di riscaldamento a biomassa (stufe e caminetti).

Sulla base di tali stime modellistiche, l'area di studio appare caratterizzata per quanto concerne il PM10 da un numero annuo di superamenti limite giornaliero di 50 ug/m<sup>3</sup> pari a 80 e da livelli della concentrazione media annua di 35-40 ug/m<sup>3</sup>, per quanto concerne il PM2.5 da livelli della concentrazione media annua di 25-35 ug/m<sup>3</sup>.



Figura 4.2-18: Concentrazione media annuale PM10 Anno 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)

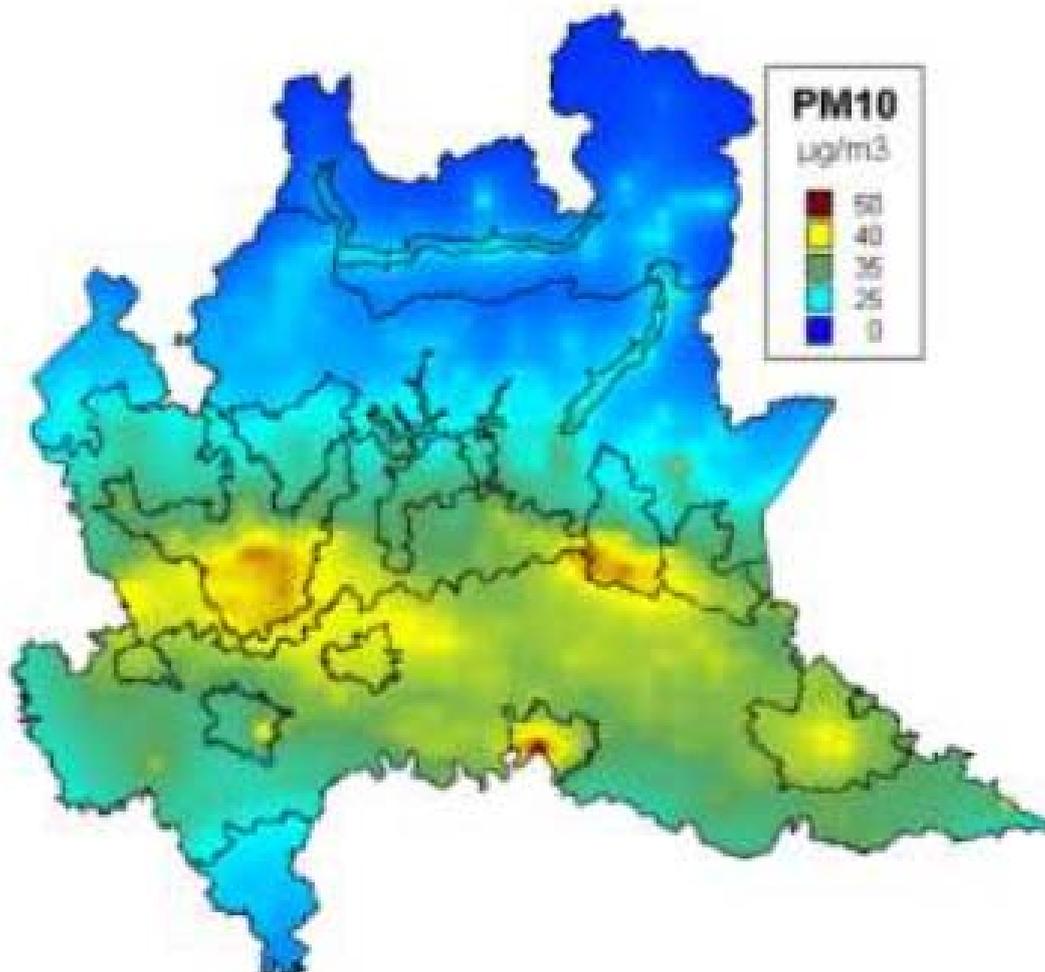




Figura 4.2-19: PM10 N. superamenti limite 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Anno 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)

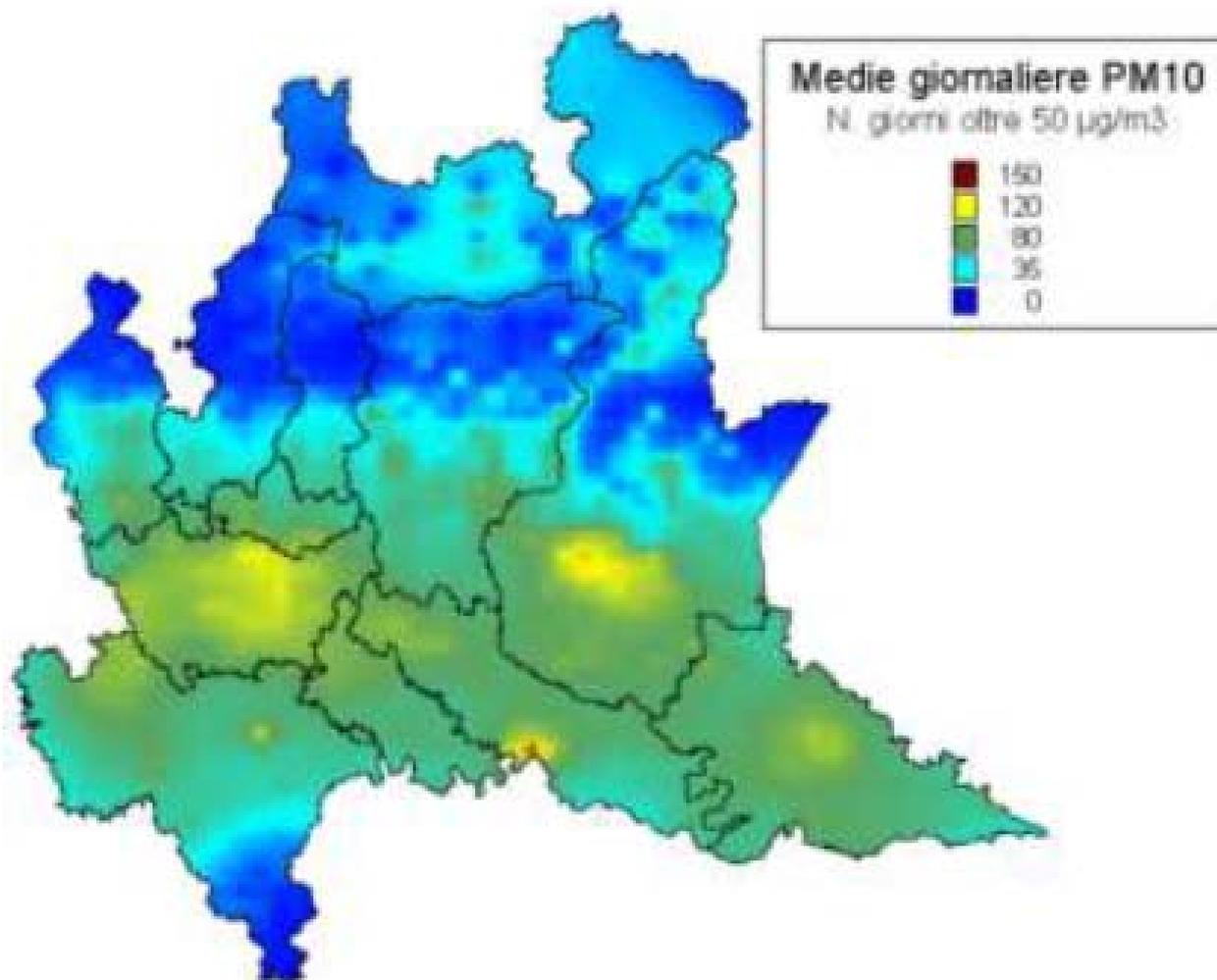




Figura 4.2-20: Concentrazione media annuale PM2.5 Anno 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)

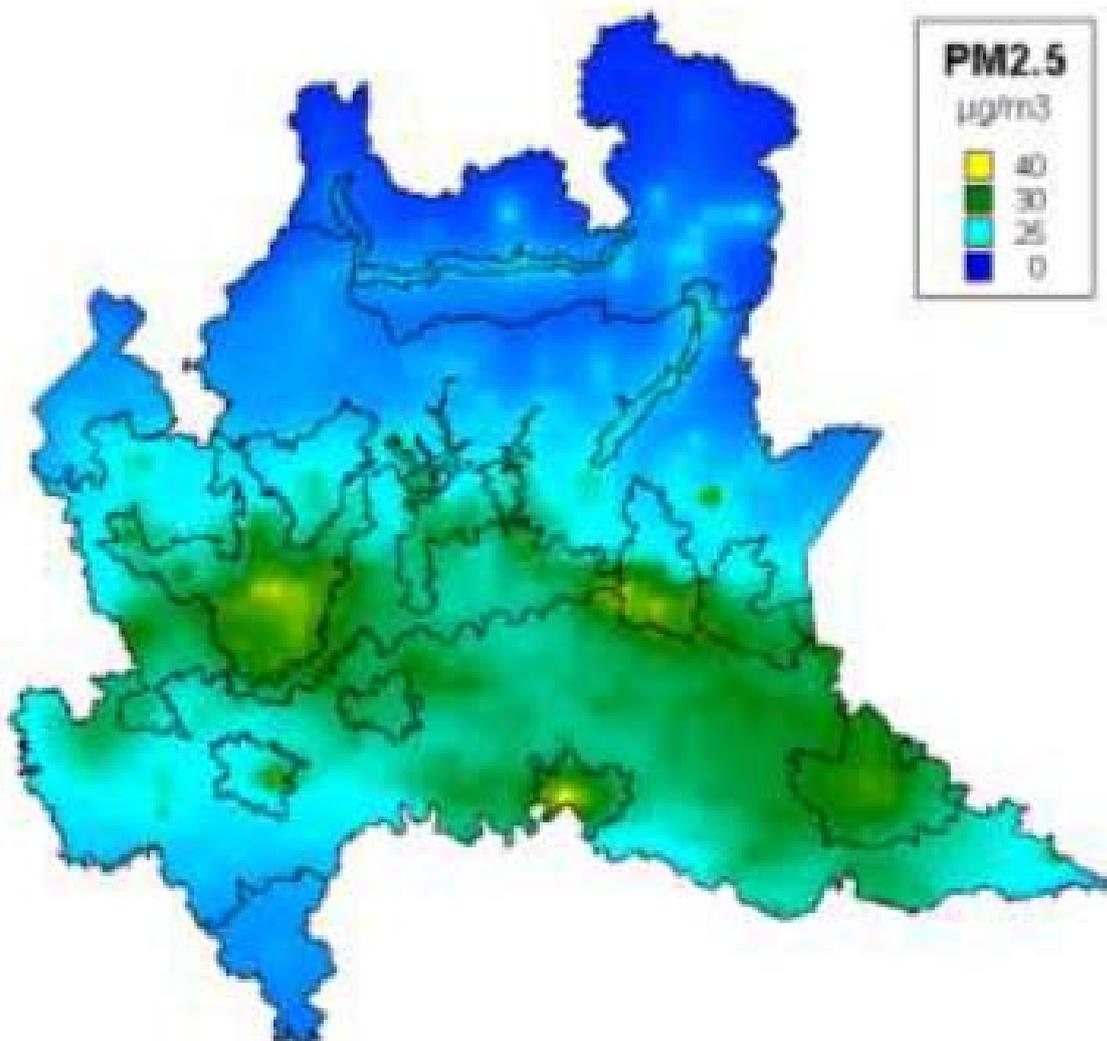




Figura 4.2-21: Concentrazione media annuale PM10 Anno 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)

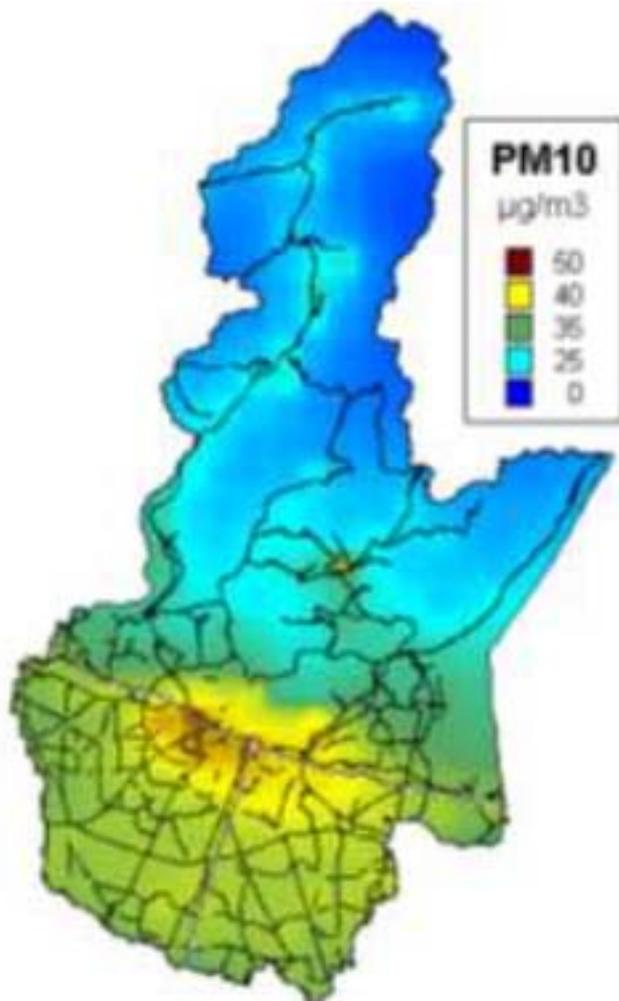
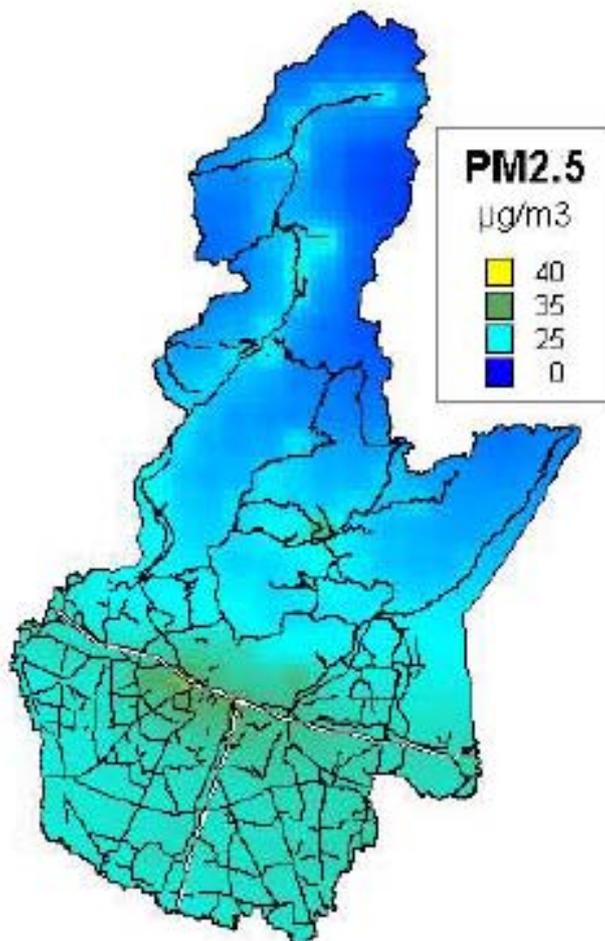




Figura 4.2-22: Concentrazione media annuale PM2.5 Anno 2012 (Fonte: Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria - Anno 2012)





#### 4.2.5 Analisi delle attività costruttive e determinazione delle relative emissioni

Le attività relative al fronte di avanzamento lavori sono tutte quelle attività che riguardano direttamente la realizzazione dell'opera e che quindi si svolgono lungo la linea ferroviaria. Queste attività presentano la caratteristica di essere mobili, ossia si spostano con continuità lungo la linea ferroviaria, man mano che questa viene realizzata. I ricettori presenti lungo il tracciato sono interessati dalle emissioni in atmosfera di queste attività solamente per un periodo di tempo limitato, la cui entità è funzione anche della tipologia costruttiva prospiciente il ricettore. Questa caratteristica determina una situazione di temporaneità degli impatti.

L'analisi delle attività relative al fronte di avanzamento è stata quindi condotta prendendo in esame separatamente le tipologie costruttive dell'opera e precisamente:

- attività relative alla tipologia rilevato/trincea;
- attività relative alla tipologia viadotto;
- attività relative alla tipologia galleria artificiale.

Per tutte le tipologie costruttive, occorre inoltre considerare le attività richieste per l'esecuzione della sovrastruttura e l'attività relativa al trasporto dei materiali necessari per l'espletamento dei lavori sopra citati.

La caratterizzazione delle sorgenti di particolato con riferimento alle diverse tipologie costruttive individuate consiste nella determinazione delle sorgenti significative, attive in corrispondenza del fronte di avanzamento lavori. Per ciascuna sorgente (fase di lavoro, macchinario, ecc.) viene quindi definito il livello di emissione di particolato e la durata/articolazione nel tempo. Nell'area di lavoro per la realizzazione delle opere di linea, si considera una distribuzione omogenea delle attività e quindi delle emissioni prodotte. Le sorgenti sono perciò state considerate come "areali". A queste si aggiungono le sorgenti costituite dalle attività di trasporto lungo le piste poste lungo la linea in costruzione. Le sorgenti di particolato sono suddivisibili in due tipologie.

- a) Gas di scarico mezzi: per quanto riguarda le emissioni dai motori, si sono considerati i mezzi d'opera disponibili per ciascuna squadra di lavoro; è stato ipotizzato un certo grado medio di utilizzo nel tempo ed un fattore di contemporaneità riferito al loro funzionamento simultaneo. A quelle dei mezzi in funzione sul fronte di lavoro sono state aggiunte le emissioni dei mezzi per l'approvvigionamento dei materiali.



b) Polvere sollevata nei movimenti terra e materiali: per il calcolo dei coefficienti di emissione delle polveri sollevate dalle attività costruttive e dalle attività di trasporto lungo le piste sono state utilizzate le relazioni in merito, suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42 Infobases, *Compilation of air pollutant emission factors*, October 2001).

#### 4.2.5.1 Rilevato/trincea

Per quanto attiene le emissioni prodotte per la costituzione dei tratti della linea ferroviaria in rilevato, sulla base delle attività previste si sono individuate due distinte attività:

- le attività di trasporto, in particolare degli inerti, sulle piste localizzate lungo la linea in costruzione;
- le attività di realizzazione vera e propria dei rilevati.

Qui di seguito sono indicati i criteri adottati per la stima dei relativi fattori di emissione. Si osserva preliminarmente che per i tratti in trincea si assumono fattori di emissione analoghi a quelli relativi al rilevato in relazione alla similitudine, sotto questo punto di vista, delle due tipologie costruttive. Tale scelta risulta peraltro cautelativa tenendo conto delle condizioni di emissione (in trincea) che limitano la dispersione delle polveri, in particolare di quelle a maggior diametro.

#### ***Emissioni sulle piste verso il fronte di avanzamento dei lavori***

L'attività di trasporto degli inerti al fronte di avanzamento lavori si svolge essenzialmente lungo le piste di cantiere che sono disposte parallelamente all'asse della linea ferroviaria.

La notevole vicinanza tra le piste di cantiere e l'asse della linea ferroviaria ha permesso di localizzare in corrispondenza di quest'ultima anche le emissioni relative all'attività in oggetto. E' stata pertanto considerata una sorgente lineare avente lunghezza pari ad 1 km dall'area di lavorazione. In questo caso per il calcolo del fattore di emissione si sono considerate due tipologie di emissioni di particolato:

- particolato emesso dagli scarichi dei motori dei mezzi in transito;
- particolato sollevato dalle ruote dei mezzi.

Tabella 4.2-6: Calcolo fattore di emissione particolato generato dai motori dei mezzi sulle piste

Parametri	Valore
Fattore di emissione camion 20 km/h [g/km]	e = 7
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V = 15
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
<b>Fattore di Emissione in g/s per km percorso</b>	<b>E = 0.01</b>

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dai mezzi in transito sulle piste non pavimentate, si utilizzano le relazioni fornite dall'E.P.A.(1). Il particolato è in questo caso originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono quindi sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito. La quantità di particolato è proporzionale al traffico e funzione della velocità dei veicoli, del loro peso, della composizione ed umidità della superficie della pista. L'ipotesi adottata nel calcolo del fattore emissivo è stata quella più cautelativa associata all'assenza di precipitazione.

Tabella 4.2-7: Calcolo fattore di emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sulle piste

Parametri	Valore	
Coefficiente per dimensione particolato (lb/VTM <sup>2</sup> )	k =	15
Contenuto in silt della superficie stradale %	s =	13
Peso medio dei veicoli in tonnellate [tonn]	W =	15
<b>Fattore di Emissione in kg/(veic.*km)</b>	<b>e =</b>	<b>0.93</b>
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V =	12
Numero ore lavorate nella giornata	h =	8
<b>Fattore di Emissione in g/s per km percorso</b>	<b>E =</b>	<b>1.03</b>

<sup>1</sup> Le equazioni a cui, nella presente relazione si fa riferimento sono la (1A) riportata nel capitolo 13 - Miscellaneous Sources – paragrafo 13.2.2. -Unpaved Roads. (Draft Oct.2001)

<sup>2</sup> ) Lo stesso valore espresso in unità previste dal SI è 0.42 kg/Veic.\*km

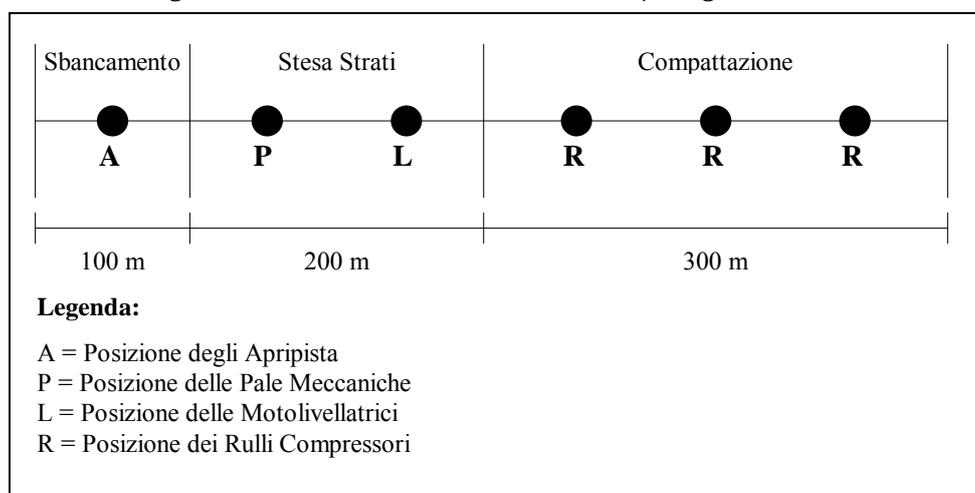
### *Emissioni dalle attività di costruzione dei rilevati*

In corrispondenza del fronte di avanzamento del rilevato si svolgono diverse attività che possono essere considerate suddivise nelle seguenti fasi temporali:

- sbancamento;
- stesa strati;
- compattazione.

Prendendo come riferimento la sequenza temporale di esecuzione precedentemente presentata a proposito del "rilevato", l'analisi del fronte di avanzamento per questa tipologia è stata basata su di un tratto di linea di lunghezza pari a 600 m rappresentativa di un tratto di linea standard. Tale tratto di linea in costruzione costituisce la zona sorgente di particolato. La zona sorgente nel suo complesso può essere considerata composta da tre segmenti ciascuno dei quali relativo ad una delle fasi di esecuzione previste. E' stato quindi ipotizzato di localizzare in ciascun segmento, ad uguale distanza, le specifiche sorgenti di particolato. Ne derivano 6 sorgenti areali, il cui fattore di emissione è dato dalla somma del particolato sollevato dai movimenti terra e dal particolato emesso dai motori dei macchinari. A scopo esemplificativo in figura è stato riportato lo schema della localizzazione delle sorgenti di particolato nella zona di lavorazione.

*Figura 4.2-23: Schema di costruzione tipologia rilevato*



Sono considerate due tipologie di emissioni di particolato:

- particolato emesso dagli scarichi dei motori dei mezzi d'opera in attività;
- particolato sollevato dai mezzi in attività.

Per quanto riguarda le emissioni dai motori, si sono considerati i mezzi d'opera mediamente utilizzati nelle tre fasi di lavoro sopra indicate; è stato ipotizzato un certo grado medio di utilizzo nel tempo ed un fattore di contemporaneità riferito al loro funzionamento simultaneo.

In base al manuale d'uso Fiat-Hitachi sono stati determinati i consumi medi di carburante (0,22 litri di gasolio per Cvh) riferiti all'unità di potenza impiegata ed all'unità di tempo. Assumendo una potenza media per ciascun mezzo d'opera pari a 120 CV si è pertanto stimato un consumo medio di carburante di circa 26.4 litri/h.

Il valore di emissione specifica per i motori diesel è stato ricavato sulla base dei dati contenuti nel "Progetto Corinair", come di seguito indicato. E' stato inoltre ipotizzato un coefficiente globale di utilizzo dei mezzi previsti pari al 60%, che tiene conto dei tempi di fermo per manutenzione straordinaria e ordinaria, rifornimenti e rabbocchi, operatività al di sotto della potenza massima, simultaneità di funzionamento dei mezzi presenti. Su queste ipotesi, riassunte nella tabella seguente, si sono elaborate le stime delle emissioni prodotte.

*Tabella 4.2-8: Calcolo emissioni particolato da mezzi in attività sul fronte avanzamento lavori - Costruzione rilevati*

Parametri	Valore
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.220
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 9.89
<b>Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s]</b>	<b>e = 0.04</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 19
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E = 0.23</b>

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dalle lavorazioni sul fronte di avanzamento dei lavori per la realizzazione dei rilevati, si utilizzano le relazioni specificamente elaborate dall'E.P.A.

Il particolato è in questo caso originato dall'azione scotico del terreno e successivo riporto, stesa e compattazione del materiale. Le emissioni in questo caso variano sensibilmente nei giorni di lavorazione, in relazione al livello di attività, alle specifiche operazioni condotte, alla superficie in lavorazione, alla percentuale di silt ed all'umidità nel terreno.

Con riferimento alle fasi di lavorazione indicate, si sono adottate le relazioni consigliate per quanto attiene le attività di scotico, riporto/stesa strati e di compattazione. I valori assegnati ai diversi parametri ed i fattori di emissioni ottenuti sono raccolti nella tabella seguente.

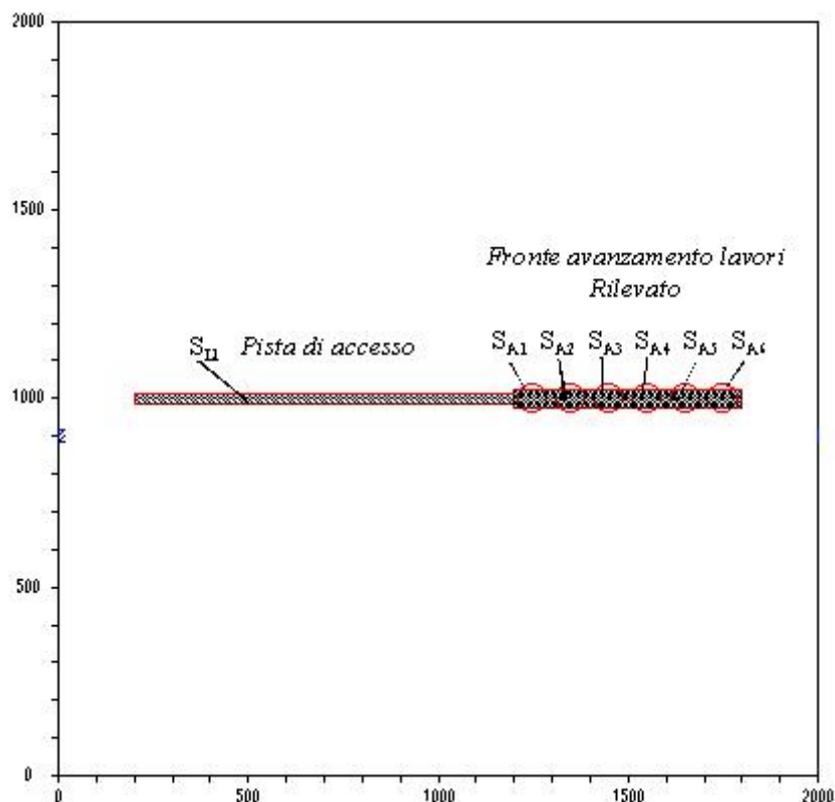
Come visto, le emissioni prodotte dalle attività di costruzione rilevati sono state quindi suddivise in 6 sorgenti areali successive (con raggio 40 m), a distanza ciascuna dalla precedente di 100m.

Nella figura seguente è illustrata la disposizione delle sorgenti considerate per il calcolo delle concentrazioni di particolato, in relazione alla realizzazione dei rilevati della linea ferroviaria.

*Tabella 4.2-9: Calcolo fattore di emissione particolato da attività di costruzione dei rilevati (sbancamento, stesa strati, compattazione)*

Parametri	Valore	
Contenuto in silt del terreno %	s =	10
Contenuto in umidità del terreno %	M =	10
<b>Fattore di Emissione in kg/h</b>	<b>e =</b>	<b>2.32</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V =	6
Numero ore lavorate nella giornata	h =	6
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E =</b>	<b>0.97</b>

Figura 4.2-24: Sorgenti di particolato connesse alla realizzazione dei rilevati



#### 4.2.5.2 Viadotto

Ogni viadotto previsto lungo la tratta è caratterizzato da un tempo di esecuzione e da una modalità di costruzione particolari. Le attività di costruzione del viadotto, infatti, non sono contemporaneamente presenti per tutto il tempo di esecuzione ma si susseguono secondo una determinata sequenza operativa, schematizzabile secondo le seguenti fasi temporali:

- realizzazione dei pali;
- getto delle fondazioni;
- posa in opera delle armature pile;
- getto delle pile e dei pulvini;
- varo dei cassoni.



Ipotizzando che il varo dei cassoni venga effettuato dopo la realizzazione delle pile, la costruzione di un viadotto può essere considerata composta da due fasi:

- realizzazione pali, pile e pulvini;
- varo dei cassoni.

Per quanto attiene le emissioni prodotte per la costituzione dei tratti della linea ferroviaria in viadotto, sulla base delle attività previste, si sono individuate due distinte attività, ciascuna con propri fattori di emissione:

- le attività di trasporto, in particolare del calcestruzzo e degli inerti, sulle piste localizzate lungo la linea in costruzione;
- le attività di realizzazione vera e propria delle opere d'arte.

Qui di seguito sono indicati i criteri adottati per la stima dei fattori di emissione relativi alla costruzione delle opere, mentre si rimanda a quanto indicato con riferimento ai rilevati per quanto riguarda il fattore di emissione delle attività di trasporto.

#### ***Emissioni dalle attività di costruzione dei tratti di linea ferroviaria in viadotto***

Lo studio è basato sulla fase temporale che comporta le emissioni di particolato più elevate, ovvero quella relativa alla realizzazione dei pali, delle pile e dei pulvini, prendendo in considerazione un tratto di viadotto avente lunghezza di 600 m.

Per il primo periodo di tempo l'unica attività presente è quella relativa alla realizzazione dei pali. Successivamente verranno predisposte le armature delle fondazioni e delle pile e quindi si provvederà al getto del calcestruzzo.

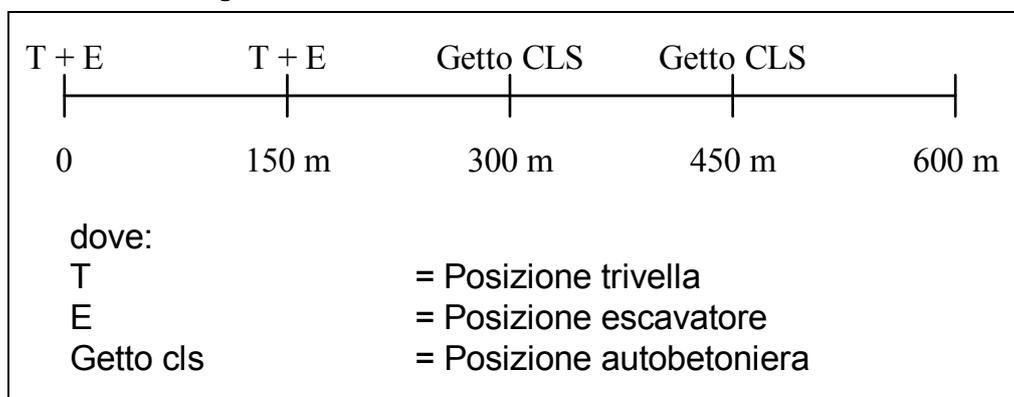
Vista la produttività prevista per le singole fasi, si è ipotizzato che, eseguiti i pali relativamente ad una lunghezza di viadotto pari a 300 m, si inizierà il getto delle pile e dei pulvini. Nel frattempo saranno realizzati pali per altri 300 m di viadotto e così via sino al termine del viadotto (come illustrato nella seguente figura). A questo punto prenderà il via la fase finale relativa al varo dei cassoni.

Sono considerate due tipologie di emissioni di particolato:

- particolato emesso dagli scarichi dei motori dei mezzi d'opera in attività;
- particolato sollevato dai mezzi in attività.



Figura 4.2-25: Schema di costruzione del viadotto



Con riferimento ai criteri già indicati per le emissioni relative ai motori dei mezzi per la realizzazione dei rilevati, anche in questo caso sono stati conteggiati i macchinari presenti per le diverse squadre. Nella tabella seguente sono indicate le ipotesi assunte ed i fattori di emissione ottenuti.

Tabella 4.2-10: Calcolo emissioni particolato da mezzi in attività sul fronte avanzamento lavori - Costruzione viadotti

#### Squadra pali

PARAMETRI	VALORE
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 9.89
<b>Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s]</b>	<b>e = 0.04</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 6
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E = 0.07</b>

#### Squadra calcestruzzi

PARAMETRI	VALORE
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 9.89
<b>Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s]</b>	<b>e = 0.04</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 10
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E = 0.12</b>



Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dalle lavorazioni sul fronte di avanzamento dei lavori per la realizzazione dei viadotti, si utilizzano le relazioni specificamente elaborate dall'E.P.A. Sono presenti, in questo caso, due diverse fasi di lavorazioni. La prima, nella quale l'emissione del particolato è originato dall'azione scotico del terreno e dalla successiva trivellazione dei pali; la seconda, di getto dei calcestruzzi, nella quale non si hanno significative emissioni. E' stata inoltre considerata una ulteriore sorgente lineare costituita dalle emissioni, nel tratto di costruzione dei viadotti, prodotte dal transito delle betoniere. Tale flusso, via via decrescente verso la testa del fronte, è assunto mediamente pari alla metà del traffico totale sulle piste.

Nella tabella seguente sono indicati i valori assegnati ai parametri che intervengono nella determinazione del fattore di emissivo ottenuto.

Tabella 4.2-11: Calcolo fattore di emissione particolato da attività di costruzione dei viadotti

#### Escavatore

PARAMETRI	VALORE
Contenuto in silt del terreno %	s = 10
Contenuto in umidità del terreno %	M = 10
<b>Fattore di Emissione in kg/h</b>	<b>e = 2.32</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 2
Numero ore lavorate nella giornata	h = 6
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E = 0.32</b>

#### Trivella

PARAMETRI	VALORE
Fattore di Emissione in kg/palo	e = 0.59
Numero di pali/giorno/trivella	n = 2
Numero di trivelle	n = 2
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E = 0.03</b>

Le emissioni sopra calcolate, a cui vanno aggiunte le emissioni dei motori dei macchinari, sono suddivise in due sorgenti areali SA<sub>3</sub> e SA<sub>4</sub> (raggio 40 m) in testa al fronte di avanzamento e distanti 150 m l'una dall'altra. Sono quindi ipotizzate altre due sorgenti areali SA<sub>1</sub> e SA<sub>2</sub> (sempre di 40 m di raggio e distanti 150 m) corrispondenti alla fase di getto del calcestruzzo, per le quali si considerano le emissioni dei soli motori dei mezzi impiegati.

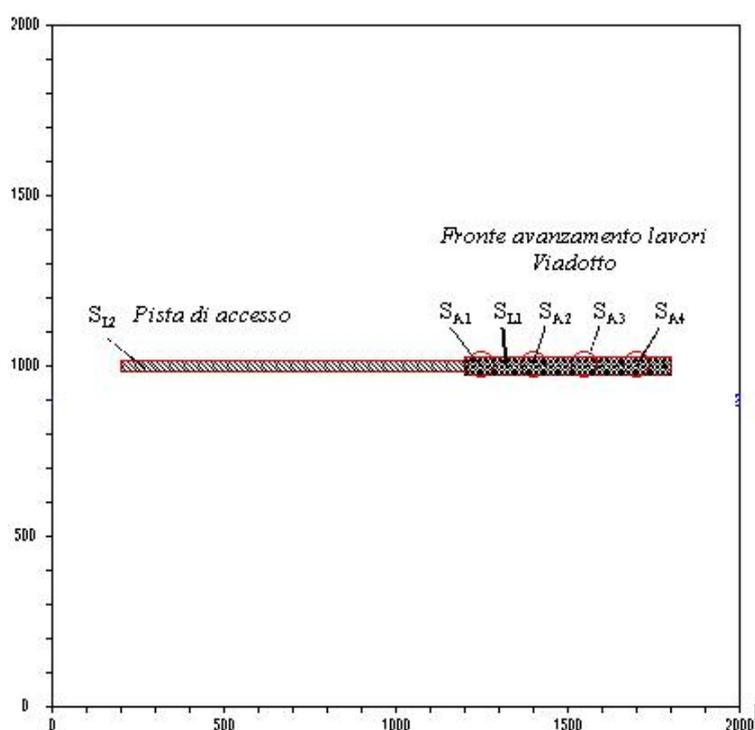
Come detto è stata infine ipotizzata una ulteriore sorgente lineare  $SL_1$  lungo tutto il fronte di attività, per tenere conto del particolato sollevato dalle betoniere e dai mezzi per il trasporto della bentonite. Nella tabella seguente sono indicati i parametri considerati ed il risultato ottenuto.

Tabella 4.2-12: Calcolo fattore di emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sull'area di lavoro (betoniere)

PARAMETRI	VALORE	
Coefficiente per dimensione articolato (lb/VMT)	k =	15
Contenuto in silt della superficie stradale %	s =	13
Peso medio dei veicoli in tonnellate [tonn]	W =	15
<b>Fattore di Emissione in kg/(veic.*km)</b>	<b>e =</b>	<b>0.93</b>
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V =	5
Numero ore lavorate nella giornata	h =	8
<b>Fattore di Emissione in g/s per km percorso</b>	<b>E =</b>	<b>0.43</b>
Lunghezza cantiere [km] L = 0.50	EI =	<b>0.215</b>

In figura è illustrata la disposizione delle sorgenti considerate per il calcolo delle concentrazioni di particolato in relazione alla realizzazione dei viadotti della linea ferroviaria.

Figura 4.2-26: Sorgenti di particolato connesse alla realizzazione dei viadotti





#### 4.2.5.3 Galleria artificiale

Il metodo costruttivo previsto può essere considerato composto da una serie di attività che si susseguono a breve distanza (50 m) l'una dall'altra.

Le attività principali previste sono:

- scavo;
- getto arco rovescio;
- getto piedritti;
- getto copertura;
- ripristino dei luoghi.

E' stato ipotizzato che queste attività si susseguano ad una distanza di 50 m per cui, ad un certo momento della esecuzione, il tratto di galleria artificiale in costruzione è lungo complessivamente 300 m.

Per quanto attiene la stima delle emissioni prodotte per la costituzione del tratto della linea ferroviaria in galleria si sono pertanto individuate due distinte attività, ciascuna con propri fattori di emissione:

- le attività di trasporto, in particolare del calcestruzzo e degli inerti, sulle piste localizzate lungo la linea in costruzione;
- le attività di realizzazione vera e propria delle opere d'arte.

Qui di seguito sono indicati i criteri adottati per la stima dei fattori di emissione relativi alla costruzione delle opere, mentre si rimanda a quanto indicato con riferimento ai rilevati, per quanto riguarda il fattore di emissione delle attività di trasporto.

#### ***Emissioni dalle attività di costruzione dei tratti di linea ferroviaria in galleria***

Sono considerate due tipologie di emissioni di particolato:

- particolato emesso dagli scarichi dei motori dei mezzi in attività;
- particolato sollevato dai mezzi in attività.



Con riferimento ai criteri già indicati per le emissioni relative ai motori dei mezzi per la realizzazione dei rilevati, anche in questo caso sono stati conteggiati i macchinari presenti per le diverse squadre. Nella tabella seguente sono indicate le ipotesi assunte ed i fattori di emissione ottenuti.

*Tabella 4.2-13: Calcolo emissioni particolato da mezzi in attività sul fronte avanzamento lavori - Costruzione gallerie*

PARAMETRI	VALORE
Consumo specifico di gasolio [l/(CV*h)]	c = 0.22
Peso specifico gasolio [kg/l]	ps = 0.825
Potenza media dei mezzi [CV]	CV = 120
Coefficiente di utilizzo	cu = 0.6
Emissione particolato [g/kg gasolio]	g = 9.89
<b>Fattore di emissione per veicoli pesanti [g/s]</b>	<b>e = 0.04</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V = 8
Numero ore lavorate nella giornata	h = 8
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E = 0.10</b>

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dalle lavorazioni sul fronte di avanzamento dei lavori per la realizzazione delle gallerie, si utilizzano le relazioni specificamente elaborate dall'E.P.A. Sono presenti, in questo caso due diverse fasi di lavorazioni. La prima, nella quale l'emissione del particolato è originato dall'azione scavo del terreno ed eventuale trivellazione dei pali; la seconda, di getto dei calcestruzzi, nella quale non si hanno significative emissioni.

E' stata inoltre considerata una ulteriore sorgente lineare costituita dalle emissioni, nel tratto di costruzione delle gallerie, prodotte dal transito delle betoniere. Tale flusso, via via decrescente verso la testa del fronte, è assunto mediamente pari alla metà del traffico totale sulle piste. Nelle tabelle seguenti sono indicati i valori assegnati ai parametri che intervengono nelle determinazione dei fattori di emissione ed i relativi valori ottenuti.

Tabella 4.2-14: Fattore di emissione particolato da attività di costruzione di gallerie

### Escavatore

PARAMETRI	VALORE	
Contenuto in silt del terreno %	s =	10
Contenuto in umidità del terreno %	M =	10
<b>Fattore di Emissione in kg/h</b>	<b>e =</b>	<b>2.32</b>
Numero di veicoli nel periodo lavoro	V =	2
Numero ore lavorate nella giornata	h =	6
<b>Fattore di Emissione in g/s nella giornata</b>	<b>E =</b>	<b>0.32</b>

Le emissioni sopra calcolate, a cui vanno aggiunte le emissioni dei motori dei macchinari, sono suddivise in due sorgenti areali SA<sub>1</sub> e SA<sub>2</sub> (raggio 40 m) in testa al fronte di avanzamento e distanti 50 m l'una dall'altra. E' stata infine ipotizzata una ulteriore sorgente lineare lungo tutto il fronte di attività, per tenere conto del particolato sollevato dalle betoniere. Nella tabella seguente sono indicati i parametri assegnati ed i valori ottenuti. Similmente al caso precedente si sono considerati nulli i giorni con precipitazione al fine di rendere più conservativi e cautelativi i risultati.

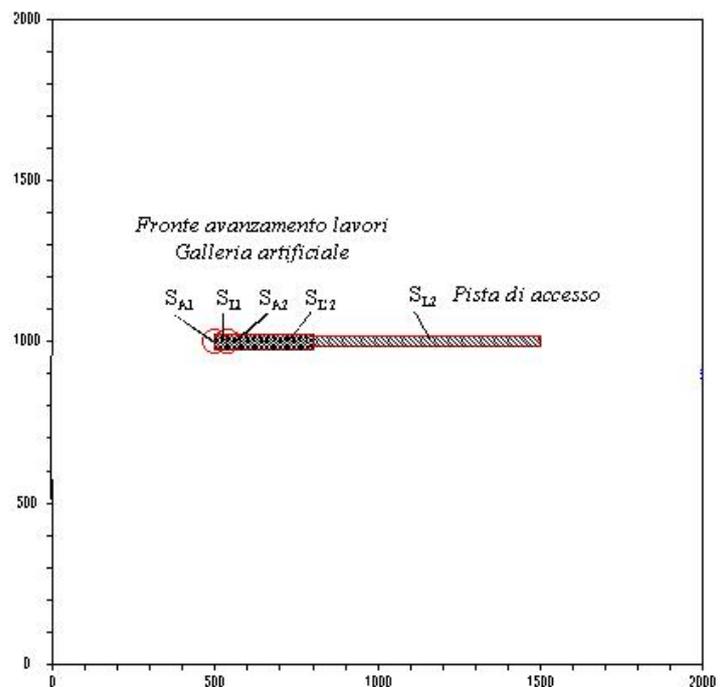
Nella figura seguente è illustrata la disposizione delle sorgenti considerate per il calcolo delle concentrazioni di particolato, in relazione alla realizzazione delle gallerie della linea ferroviaria.

Tabella 4.2-15: Calcolo fattore di emissione particolato sollevato dal transito dei mezzi sull'area di lavoro (betoniere)

PARAMETRI	VALORE	
Coefficiente per dimensione articolato (lb/VMT)	k =	15
Contenuto in silt della superficie stradale %	s =	13
Peso medio dei veicoli in tonnellate [tonn]	W =	15
<b>Fattore di Emissione in kg/(veic.*km)</b>	<b>e =</b>	<b>0.93</b>
Numero di veicoli/ora nel periodo lavoro	V =	5
Numero ore lavorate nella giornata	h =	8
<b>Fattore di Emissione in g/s per km percorso</b>	<b>E =</b>	<b>0.43</b>
Lunghezza cantiere [km] L = 0.10	<b>EI =</b>	<b>0.043</b>



Figura 4.2-27: Sorgenti di particolato connesse alla realizzazione delle gallerie



#### 4.2.5.4 Definizione degli scenari di calcolo e stima dei livelli di concentrazione

La stima delle concentrazioni di particolato è finalizzata a definire le condizioni di esposizione conseguenti alle emissioni di particolato dalle attività costruttive della linea ferroviaria del tratto in variante.

A questo fine si è proceduto al calcolo:

- delle concentrazioni medie su base annua,
- delle concentrazioni medie sulle 24 ore raggiunte per un numero superiore di 35 giorni all'anno.

Le due valutazioni hanno richiesto l'impiego di modelli di calcolo differenti come di seguito descritto.



### ***Concentrazioni medie annue PM10***

Il calcolo delle concentrazioni medie su base annuale è stato condotto con il modello matematico Dimula sviluppato dall'ENEA (Cirillo e Cagnetti, 1982; Cirillo & Manzi, 1991; Cirillo et al., 1993). Tale modello è inserito nei rapporti ISTISAN 90/32 ("Modelli per la progettazione e valutazione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria") e ISTISAN 93/36 ("Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria"), in quanto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) e in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

In particolare è stata utilizzata l'implementazione del modello Dimula in ambiente Windows, nella sua versione climatologia in modo da utilizzare le estese serie storiche dei dati meteorologici raccolti presso la stazione di Brescia Ghedi (elaborati nella forma di frequenze congiunte di classe di stabilità/velocità/direzione del vento). Il grigliato di ricettori rispetto al quale sono state calcolate le concentrazioni è un quadrato e costituito da 20 x 20 maglie, ciascuna di 100 m di lato (estensione complessiva 2 km x 2 km).

Lo scenario di calcolo per la stima delle concentrazioni medie annue è stato definito considerando le emissioni medie durante il periodo di lavoro per ciascuna tipologica costruttiva e le distribuzioni delle frequenze annuali della direzione e velocità del vento per classe di stabilità atmosferica. Tenendo conto della loro posizione rispetto alla linea ferroviaria, le frequenze congiunte sono state dedotte dai dati della stazione meteorologica A.M. di Brescia-Ghedi elaborati a cura dell'ENEL.

Per quanto attiene la geometria e fattori di emissione delle sorgenti si rimanda a quanto descritto al precedente paragrafo.

Si evidenzia che i valori di seguito indicati fanno riferimento all'ipotesi di attività che si protraggono nello stesso punto per l'intero anno. Tale ipotesi risulta ampiamente cautelativa se si tiene conto della velocità di spostamento del fronte avanzamento lavori (stimata in circa 450 m/mese per il rilevato, 60 m/mese per il viadotto, 40 m/mese per le gallerie artificiali), in particolare per quanto riguarda i tratti di linea in rilevato. Ciò fa sì che le distanze tra sorgente e ricettore risultino solo per un breve periodo (in particolare per quanto riguarda i tratti in rilevato) alla distanza minima. Conseguentemente le concentrazioni ottenute dal modello risultano superiori al dato atteso in relazione alla frazione di anno per la quale la linea risulta in costruzione in corrispondenza dei ricettori.

Tabella 4.2-16: Concentrazioni medie annue  $PM_{10}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Valore massimo nel dominio di calcolo al variare della distanza rispetto all'asse ferroviario  
Ipotesi di attività costruttive con durata almeno annua

Distanza dall'asse ferroviario	Stazione meteo Brescia		
	rilevato	galleria	viadotto
m			
1000	4.1	3.6	4.3
900	4.8	4.2	5.0
800	5.8	5.0	5.9
700	7.2	6.2	7.4
600	9.0	7.8	9.2
500	11.5	10.1	11.8
400	15.4	13.6	15.6
300	23.6	20.7	23.7
200	37.4	34.2	37.8
100	80.3	72.9	80.7
<b>LINEA FERROVIARIA</b>			
100	80.7	73.6	81.2
200	37.8	34.8	38.3
300	24.0	20.8	24.1
400	15.2	13.5	15.0
500	11.2	10.0	11.6
600	8.8	7.7	9.1
700	7.1	6.1	7.2
800	5.6	4.9	5.8
900	4.7	4.1	4.9
1000	4.0	3.5	4.2

Dall'osservazione della tabella precedente si può notare che le tipologie emissive "rilevato" e "viadotto" determinano un andamento simile delle concentrazioni massime rispetto all'asse ferroviario. A 100 m di distanza le concentrazioni massime di  $PM_{10}$  sono dell'ordine di  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e decadono a valori di circa  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a partire già da distanze di 200m. Da 400 m in poi le concentrazioni si riducono a valori inferiori a  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Anche lo scenario emissivo "galleria" rispecchia andamenti di concentrazioni simili (lievemente inferiore) alle altre due tipologie emissive.

Le condizioni meteorologiche medie sono tali per cui gli andamenti di concentrazione massima sopra e sotto l'asse ferroviario sono circa simmetrici.



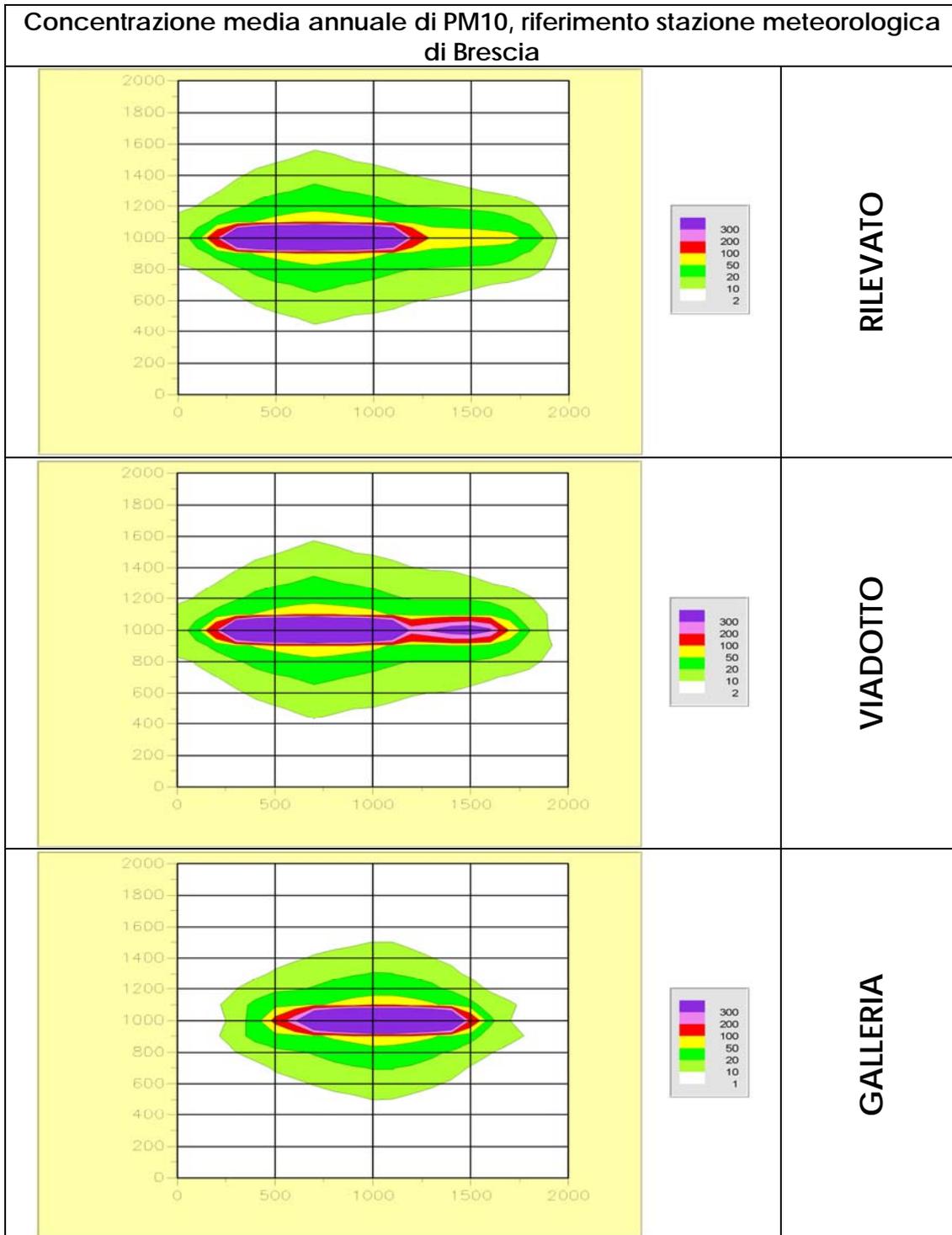
### *Concentrazioni riferite alle 24 ore*

Il calcolo dei livelli di concentrazione su base giornaliera richiede un diverso approccio modellistico ed un diverso set di dati meteorologici come di seguito illustrato.

Per quanto attiene lo strumento di calcolo, a questo fine è stato utilizzato il modello matematico ISC3 – Industrial Source Complex Short Term, sviluppato dall'Environmental Protection Agency (EPA) degli Stati Uniti. Tale modello, consigliato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISSN) del nostro Paese, è inserito nei rapporti ISTISAN 90/32 ("Modelli per la progettazione e valutazione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria") e ISTISAN 93/96 ("Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria"), in quanto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione della dispersione di inquinanti in atmosfera che l'EPA considera adeguati nell'ambito delle procedure di analisi di impatto ambientale. ISC3 è un modello gaussiano multisorgente che si basa su una soluzione analitica esatta dell'equazione di trasporto e diffusione in atmosfera calcolata sotto particolari ipotesi semplificative quali condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

La forma della soluzione è di tipo gaussiano ed è controllata da una serie di parametri che riguardano sia l'altezza effettiva del rilascio per sorgenti calde, somma dell'altezza del camino e del sovrizzo termico dei fumi, sia la dispersione laterale e verticale del pennacchio calcolata facendo uso di formulazioni che variano in funzione della stabilità atmosferica, descritta utilizzando le sei classi di stabilità di Pasquill-Turner.

Figura 4.2-28: Mappe isoconcentrazione PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]





In particolare la soluzione dell'equazione gaussiana ottenuta con il modello ISC3 tiene conto di un insieme rilevante di processi e fattori, tra i quali:

- emissioni da sorgenti puntuali, lineari, areali e volumetriche,
- deposizione secca e gravitazionale: é possibile simulare, oltre agli inquinanti aeriformi, anche la dispersione di Polveri e gas pesanti;
- classificazione e utilizzo dell'area in esame: é possibile optare tra coefficienti di dispersione urbana o rurale a seconda della destinazione d'uso dell'area;
- fenomeni di dawnwash: é possibile tenere conto degli effetti sul pennacchio in relazione alle turbolenze originare dalla presenza di edifici di altezza non trascurabile e posti in prossimità delle sorgenti considerate;
- fenomeni di plume rise: é possibile considerare la risalita del pennacchio come funzione della distanza dal punto o dalla zona di emissione;
- correzioni in presenza di orografia non piatta: é possibile calcolare le concentrazioni degli inquinanti anche per aree accidentate e non completamente piatte.

Il modello richiede in ingresso tutti i dati relativi alle emissioni oltre i parametri che tengono conto dei processi descritti sopra (ad esempio coefficienti di dispersione urbana o rurale, coordinate e altezze degli edifici responsabili del dawnwash, elevazione del terreno in prossimità delle sorgenti). ISC3 processa, sulla base dei parametri di input, i dati meteorologici orari forniti per la simulazione e restituisce come output le concentrazioni al suolo delle emissioni inquinanti nell'area di studio.

Nel caso specifico si sono utilizzati geometria e fattori di emissione relativi alle diverse tipologie costruttive prima descritte. Dal punto di vista meteorologico, si sono elaborati i dati orari registrati nel periodo dicembre 2001 / novembre 2002, relativi alla stazione meteo di Ponti sul Mincio non essendo i dati relativi alla stazione di Brescia-Ghedi idonei alle simulazioni in ambiente ISC3 (considerata la similitudine tra le rose dei venti relative alle stazioni di Brescia-Ghedi e di Ponti sul Mincio, i dati meteo relativi alle due stazioni meteorologiche possono essere considerati assimilabili).



Si segnala che per quanto attiene la determinazione delle classi di stabilità atmosferica, in assenza di specifiche elaborazioni congiunte ai dati suddetti, si sono utilizzate, per ogni coppia di dati relativi alla velocità e direzione del vento, la stessa distribuzione della stazione A.M. di Brescia (dati dal 1952 al 1991).

Sulla base dei dati sopra indicati, tenendo conto dei parametri di valutazione introdotti con il D.M. 60/02, si è proceduto al calcolo delle mappe di isoconcentrazione riferite al valore medio giornaliero raggiunto 35 volte all'anno (indicato dalla normativa in  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  all'anno 2005).

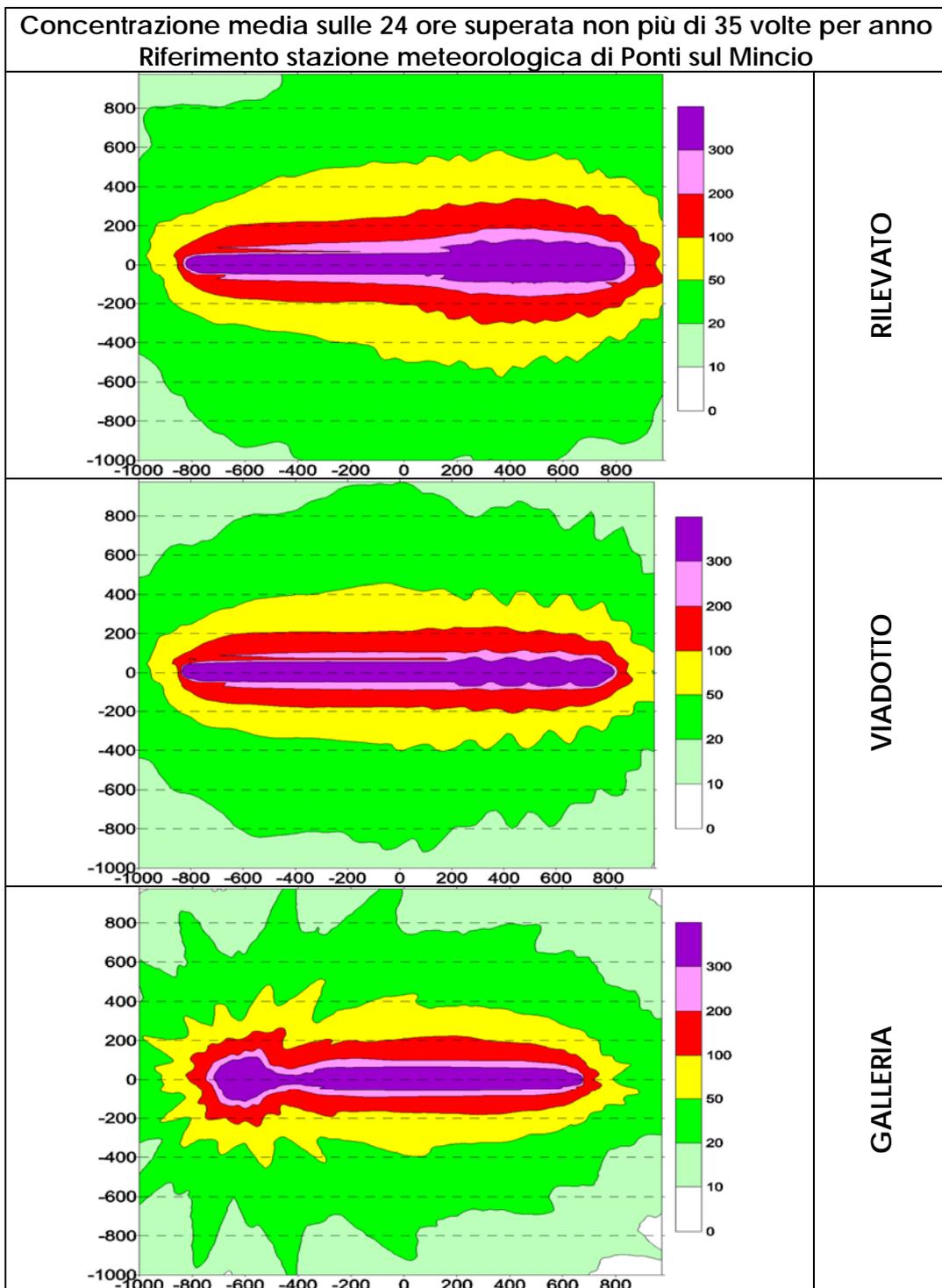
Anche in questo caso la simulazione è stata condotta ipotizzando cautelativamente che le attività costruttive non procedano via via lungo il tracciato, ma si mantengano in un determinato luogo per l'intero anno.

I risultati ottenuti sono illustrati nelle figure seguenti.

Assumendo un avanzamento dei lavori tale che le attività costruttive si protraggano in prossimità di un ricettore per un anno (condizione come detto cautelativa, in particolare per i tratti di linea in rilevato), sulla base delle simulazioni condotte si osserva che presso i ricettori più prossimi alla linea possono essere raggiunte le concentrazioni indicate dalla normativa relativamente al PM10 per effetto delle emissioni prodotte dalla realizzazione della linea stessa.

In conseguenza di ciò si prevede l'adozione delle misure di mitigazione descritte nel paragrafo successivo in modo da non generare variazioni dello stato di qualità dell'aria significative.

Figura 4.2-29. Mappe isoconcentrazione PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]





#### 4.2.6 Misure per il contenimento delle emissioni di polveri

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni modellistiche, si osserva che le attività costruttive sul fronte avanzamento lavori possono determinare, nelle aree ad esse più prossime, il raggiungimento delle concentrazioni limite indicate dalla normativa per quanto attiene il PM10.

Pur tenendo conto del carattere temporaneo delle emissioni e delle assunzioni cautelative adottate nelle simulazioni modellistiche, è prevista l'adozione di un insieme di misure finalizzate al contenimento dei valori di concentrazione. In tal senso, i possibili interventi volti a limitare le emissioni di polveri possono essere distinti in:

- interventi per la riduzione delle emissioni di polveri nelle aree di attività e dai motori dei mezzi di cantiere,
- interventi per la riduzione delle emissioni di polveri nel trasporto degli inerti e per limitare il risollevarimento di polveri.

Con riferimento al primo punto, gli autocarri ed i macchinari impiegati nel cantiere dovranno avere caratteristiche rispondenti ai limiti di emissione previsti dalla normativa vigente. A tal fine, allo scopo di ridurre il valore delle emissioni inquinanti, potrà ipotizzarsi l'uso di motori a ridotto volume di emissioni inquinanti (ecologici) ed una puntuale ed accorta manutenzione.

Per ciò che riguarda la produzione di polveri indotta dalle lavorazioni e dalla movimentazione dei mezzi di cantiere potranno essere adottate alcune cautele atte a ridurre tale fenomeno. In particolare, al fine di contenere la produzione di polveri generata dal passaggio dei mezzi occorrerà effettuare la bagnatura periodica della superficie di cantiere. Tale intervento sarà effettuato tenendo conto del periodo stagionale con un aumento della frequenza durante la stagione estiva. L'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza con cui viene applicato. Un programma effettivo di inaffiamento (2 volte al giorno sull'area completa) si è stimato ridurre le emissioni di polvere al 50%. L'intervento di bagnatura verrà, comunque effettuato tutte le volte che si verifica l'esigenza.

Per il contenimento delle emissioni di polveri nel trasporto degli inerti si prevede l'adozione di opportuna copertura dei mezzi adibiti al trasporto. Al fine di evitare il sollevarimento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta e dovranno essere lavati giornalmente in un'apposita platea di lavaggio.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
126

Sarà cura prevedere l'avvio delle fasi di recupero a verde ed inerbimento delle superfici non pavimentate al fine di limitare il risollevarimento delle polveri nei giorni di vento.

Gli impianti di betonaggio e di produzione dei fanghi saranno dotati di tutti i sistemi destinati al controllo delle polveri e delle emissioni in atmosfera. Per ciò che riguarda gli inerti utilizzati nella centrale di betonaggio si ricorda che essi sono umidi in quanto provengono dalla lavatura e pertanto non producono polveri. Il cemento verrà stoccato in appositi silos al fine di evitare la dispersione nell'ambiente delle polveri.

Si ricorda peraltro che le fasi di scavo interessano terreni con percentuale di acqua tale da determinare un sostanziale abbattimento delle polveri sia in fase di scavo, sia in fase di trasporto. Analogamente si evidenzia che per la compattazione degli strati del rilevato si fa ricorso di abbondante bagnatura con conseguente riduzione delle emissioni.

Per ciò che riguarda la viabilità al contorno dell'area di cantiere, si provvederà a mantenere puliti i tratti viari interessati dal passaggio dei mezzi. A tale fine agli ingressi del cantiere viene prevista l'installazione di cunette pulisci-ruote.



### 4.3 Ambiente idrico

#### 4.3.1 Analisi dello stato attuale

L'idrografia lombarda è caratterizzata da un complesso reticolo di corsi d'acqua, sia naturali sia artificiali, e da un elevato numero di laghi alimentati da corsi d'acqua montani alpini. Date le caratteristiche morfologiche del territorio, i corpi fluviali sono alimentati in gran parte dallo scioglimento delle nevi e mostrano un picco stagionale di deflusso nel corso dell'estate. Essi presentano inoltre caratteristiche idrologiche di piena molto differenti che dipendono essenzialmente dalle perturbazioni meteorologiche, dalla morfologia, dal substrato e dalla copertura del suolo. Il tracciato della variante progettuale in esame interseca il Torrente Garza, appartenente al bacino idrografico del Fiume Mella, tra le progressive 90+352 e 90+475 e, al limite orientale (tra le progressive 100+550 e 100+928), il corso del Fiume Chiese; nel seguito vengono pertanto sinteticamente descritte le caratteristiche idrografiche di tali bacini (vedi Quadro di riferimento progettuale – Allegato 10 – Reticolo idrografico e qualità delle acque – Tavola 1/2 e 2/2).

#### *Fiume Mella*

Il bacino del Mella ha una superficie di 766 km<sup>2</sup>, di cui 417 appartengono al bacino montano, mentre i restanti 349 sono di pianura. Il fiume Mella, che nasce dal gruppo del Maniva, scorre in Val Trompia con un regime abbastanza impetuoso che diventa sempre più calmo man mano che si inoltra nella pianura. Sfocia nell'Oglio in località Ostiano dopo un percorso di 96 km. I suoi affluenti principali sono, prima della città di Brescia, il torrente Gobbia, nell'omonima valle e, dopo la città di Brescia, il torrente Garza. Inizialmente presenta un corso incassato, mentre, più a sud, è trattenuto nel suo alveo da arginature che, nei periodi di piena, non riescono ad impedire l'inondazione delle campagne circostanti.

#### *Fiume Chiese*

Il fiume Chiese nasce dal ghiacciaio dell'Adamello alla testata della Val di Fumo, percorre la Val Daone e sfocia nel lago d'Idro; uscito da questo giunge in pianura e dopo un percorso di 147 Km, si getta nell'Oglio.



### 4.3.2 I criteri di classificazione delle acque superficiali

La valutazione degli impatti sulla qualità delle acque superficiali richiede una definizione preliminare dello stato attuale dei corpi idrici. Tale caratterizzazione è stata effettuata sulla base della documentazione resa disponibile ed acquisita presso l'ARPA Lombardia.

ARPA Lombardia effettua il monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee in maniera sistematica sull'intero territorio regionale dal 2001, secondo la normativa vigente. A partire dal 2009 il monitoraggio è stato gradualmente adeguato ai criteri stabiliti a seguito del recepimento della Direttiva 2000/60/CE, in particolare svolgendo le seguenti azioni:

- programmazione e gestione del monitoraggio quali-quantitativo dei corpi idrici;
- effettuazione di sopralluoghi e campionamenti;
- esecuzione di analisi degli elementi chimico-fisici e chimici e degli elementi biologici;
- elaborazione dei dati derivanti dal monitoraggio e relativa classificazione.

La normativa sulla tutela delle acque superficiali e sotterranee trova il suo principale riferimento nella **Direttiva 2000/60/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

Il **decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152** norme in materia ambientale, con le sue successive modifiche ed integrazioni, recepisce formalmente la Direttiva 2000/60/CE, **abrogando il previgente decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152**. A seguito all'approvazione del Dlgs 152/06, sono stati emanati alcuni decreti attuativi, e in particolare:

- **Decreto 16 giugno 2008, n. 131**, regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni);
- **Decreto 14 aprile 2009, n. 56**, regolamento recante criteri per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento;
- **D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n. 260**, criteri tecnici per la classificazione – modifica norme tecniche Dlgs 152/06.



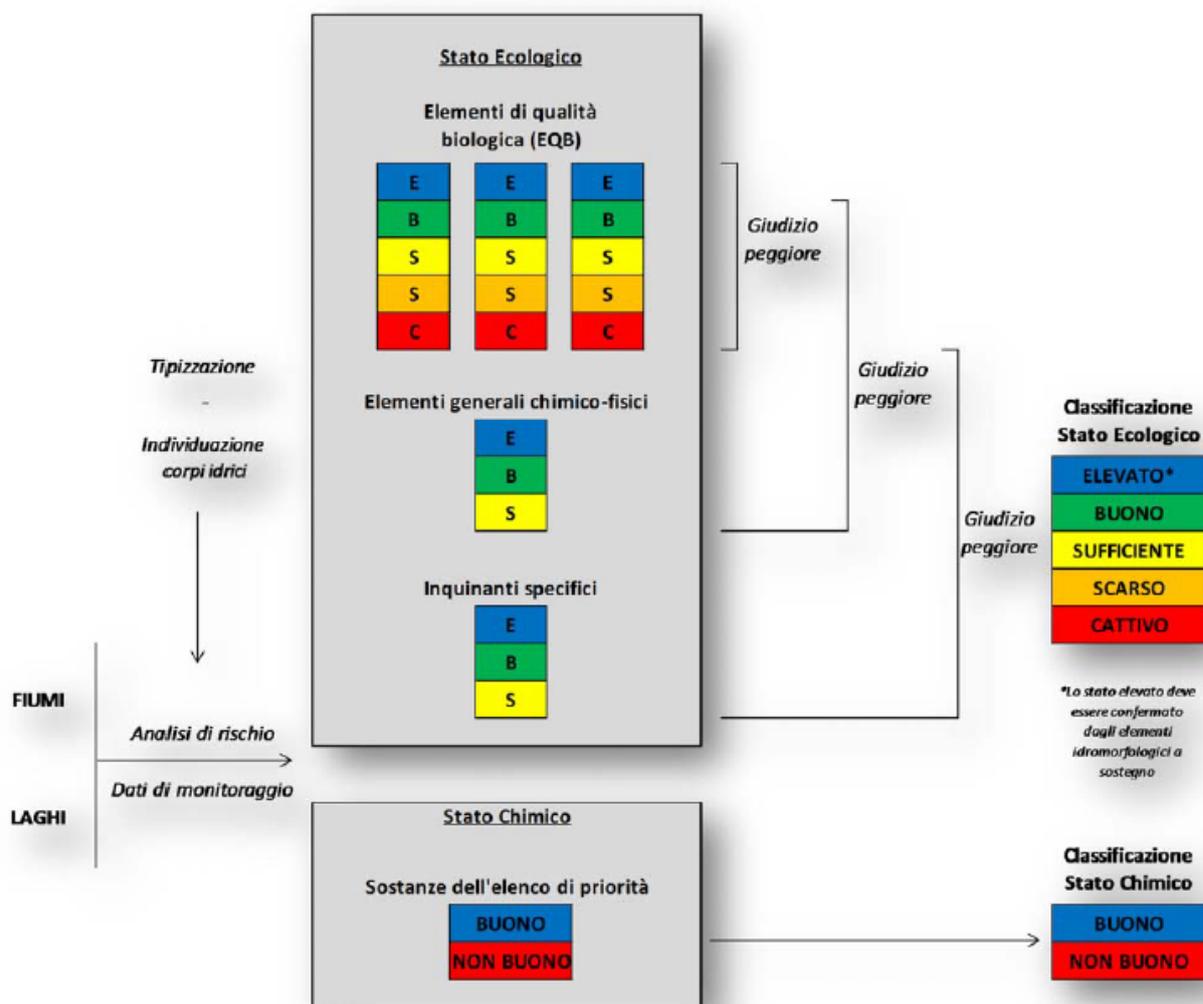
E' necessario menzionare anche il **decreto legislativo 10 dicembre 2010, n. 219**, che recepisce la Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque e la Direttiva 2009/90/CE che stabilisce specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.

#### 4.3.2.1 La classificazione dei corpi idrici superficiali secondo il D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152

Lo stato di un corpo idrico superficiale è determinato dal valore più basso tra il suo stato ecologico e il suo stato chimico.

Lo **stato ecologico** è stabilito in base alla classe più bassa relativa agli elementi biologici, agli elementi chimicofisici a sostegno e agli elementi chimici a sostegno. Le classi di stato ecologico sono cinque: elevato (blu), buono (verde), sufficiente (giallo), scarso (arancione), cattivo (rosso).

Lo **stato chimico** è definito rispetto agli standard di qualità per le sostanze o gruppi di sostanze dell'elenco di priorità. Il corpo idrico che soddisfa tutti gli standard di qualità ambientale fissati dalla normativa è classificato in buono stato chimico (blu). In caso contrario, la classificazione evidenzierà il mancato conseguimento dello stato buono (rosso).



## Stato ecologico

Lo stato ecologico è definito dalla qualità della struttura e del funzionamento degli ecosistemi acquatici, stabilita attraverso il monitoraggio degli elementi biologici, degli elementi chimici e fisico-chimici a sostegno e degli elementi idromorfologici a sostegno. Gli elementi di qualità differiscono tra fiumi e laghi, in funzione delle rispettive peculiarità.

Gli **elementi biologici** utilizzati ai fini della classificazione dello stato ecologico dei **fiumi** sono le macrofite, le diatomee, i macroinvertebrati bentonici e la fauna ittica.

*Elementi di qualità biologica (EQB) e metodi di classificazione dello stato ecologico per i fiumi*

EQB	Metodo di classificazione	Descrizione
Macrofite	IBMR - Indice Biologique Macrophytique en Rivière	L'indice IBMR è finalizzato alla valutazione dello stato trofico inteso in termini di intensità di produzione primaria.
Diatomee	ICMi - Indice Multimetrico di Intercalibrazione	L'indice ICMi si basa sull'Indice di Sensibilità agli Inquinanti (IPS) e sull'Indice Trofico (TI).
Macroinvertebrati bentonici	Sistema MacOper	Il sistema MacOper è basato sul calcolo dell'Indice Multimetrico STAR di Intercalibrazione (STAR_ICMi). La classificazione dei fiumi molto grandi e/o non accessibili si ottiene dalla combinazione dei valori RQE ottenuti per gli indici STAR_ICMi e MTS (Mayfly Total Score).
Fauna ittica	ISECI - Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche	L'indice ISECI si basa sulla presenza e la condizione biologica (classi di età e consistenza demografica) delle specie indigene, sulla presenza di ibridi, di specie aliene e di specie endemiche.

Gli **elementi generali chimico-fisici** a sostegno degli elementi biologici da utilizzare ai fini della classificazione dello stato ecologico dei **fiumi** sono i nutrienti e l'ossigeno disciolto. Per una migliore interpretazione del dato biologico, ma non per la classificazione, si tiene conto anche di temperatura, pH, alcalinità e conducibilità.

*Elementi generali di qualità chimico-fisica e indice per la classificazione dello stato ecologico dei fiumi*

Elemento	Parametro	Indice	Descrizione
Ossigeno disciolto	100-OD% saturazione	LIM <sub>eco</sub>	Livello di inquinamento dai Macrodescrittori per lo stato ecologico. Il LIM <sub>eco</sub> di ciascun campionamento viene derivato come media tra i punteggi attribuiti ai singoli parametri secondo le soglie stabilite dalla normativa, in base alla concentrazione osservata. Il LIM <sub>eco</sub> da attribuire ad un sito è la media dei LIM <sub>eco</sub> dei campionamenti effettuati durante l'anno.
Nutrienti	Azoto ammoniacale (N-NH <sub>4</sub> )		
	Azoto nitrico (N-NO <sub>3</sub> )		
Altri parametri	Fosforo totale	-	Sono utilizzati esclusivamente per una migliore interpretazione del dato biologico e non per la classificazione.
	Temperatura		
	pH		
	Alcalinità		
	Conducibilità		

Gli **elementi chimici a sostegno** degli elementi biologici sono gli inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità. Per ciascun inquinante specifico è stabilito uno standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQA-MA).



*Inquinanti specifici non appartenenti all'elenco di priorità: elementi chimici a sostegno degli elementi biologici.*

Arsenico	Cromo totale	Mevinfos
Azinfos etile	2,4 D	Ometoato
Azinfos metile	Demeton	Ossidemeton-metile
Bentazone	3,4-Dicloroanilina	Paration etile
2-Cloroanilina	1,2 Diclorobenzene	Paration metile
3-Cloroanilina	1,3 Diclorobenzene	2,4,5 T
4-Cloroanilina	1,4 Diclorobenzene	Toluene
Clorobenzene	2,4-Diclorofenolo	1,1,1 Tricloroetano
2-Clorofenolo	Diclorvos	2,4,5-Triclorofenolo
3-Clorofenolo	Dimetoato	2,4,6-Triclorofenolo
4-Clorofenolo	Eptaclor	Terbutilazina (incluso metabolita)
1-Cloro-2-nitrobenzene	Fenitroton	Composti del Trifenilstagno
1-Cloro-3-nitrobenzene	Fention	Xileni
1-Cloro-4-nitrobenzene	Linuron	Pesticidi singoli
Cloronitrotolueni	Malation	Pesticidi totali
2-Clorotoluene	MCPA	
3-Clorotoluene	Mecoprop	
4-Clorotoluene	Metamidofos	

### Stato chimico

La presenza delle sostanze appartenenti all'elenco di priorità definisce lo stato chimico dei corpi idrici. Per ciascuna sostanza sono stabiliti uno standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo (SQAMA) e uno standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA).

La normativa prevede il raggiungimento, entro il 20 novembre 2021, dell'obiettivo di eliminare le sostanze pericolose prioritarie (PP) negli scarichi, nei rilasci da fonte diffusa e nelle perdite, nonché di ridurre gradualmente negli stessi le sostanze prioritarie (P). Per le altre sostanze (E) l'obiettivo è di eliminare l'inquinamento dalle acque causato da scarichi, rilasci da fonte diffusa e perdite.

*Sostanze dell'elenco di priorità (PP: sostanza pericolosa prioritaria; P: sostanza prioritaria; E: altre sostanze).*

Alaclor	P	Fluorantene	P
Alcani, C10-C13, cloro	PP	Idrocarburi policiclici aromatici:	
Antiparassitari del ciclodiene:		Benzo(a)pirene	
Aldrin		Benzo(b)fluorantene	PP
Dieldrin	E	Benzo(k)fluoranthene	
Endrin		Benzo(g,h,i)perylene	
Isodrin		Indeno(1,2,3-cd)pyrene	
Antracene	PP	Isoproturon	P
Atrazina	P	Mercurio e composti	PP
Benzene	P	Naftalene	P
Cadmio e composti	PP	Nichel e composti	P
Clorfenvinfos	P	4-Nonilfenolo	PP
Clorpirifos (Clorpirifos etile)	P	Ottilfenolo (4-(1,1',3,3'- tetrametilbutil- fenolo)	P
DDT totale	E	Pentaclorobenzene	PP
p.p'-DDT	E	Pentaclorofenolo	P
1,2-Dicloroetano	P	Piombo e composti	P
Diclorometano	P	Simazina	P
Di(2-etilesilftalato)	P	Tetracloruro di carbonio	E
Difeniletero bromato (sommatoria congeneri 28, 47,99,100, 153 e 154)	PP	Tetracloroetilene	E
Diuron	P	Tricloroetilene	E
Endosulfan	PP	Tributilstagno composti (Tributilstagno catione)	PP
Esaclorobenzene	PP	Triclorobenzeni	P
Esaclorobutadiene	PP	Triclorometano	P
Esaclorocicloesano	PP	Trifluralin	P

## Tipi di monitoraggio

L'obiettivo del monitoraggio è quello di stabilire un quadro generale coerente ed esauriente dello stato ecologico e chimico delle acque all'interno di ciascun bacino idrografico e permettere la classificazione di tutti i corpi idrici superficiali. Il monitoraggio delle acque superficiali si articola in: sorveglianza, operativo, indagine.

Il **monitoraggio di sorveglianza**, che riguarda i corpi idrici "non a rischio" e "probabilmente a rischio" di non soddisfare gli obiettivi ambientali, è realizzato per:

- integrare e convalidare l'analisi delle pressioni e degli impatti;
- la progettazione efficace ed effettiva dei futuri programmi di monitoraggio;
- la valutazione delle variazioni a lungo termine di origine naturale (**rete nucleo**);
- la valutazione delle variazioni a lungo termine risultanti da una diffusa attività di origine antropica (**rete nucleo**);



- tenere sotto osservazione l'evoluzione dello stato ecologico dei siti di riferimento;
- classificare i corpi idrici.

Il **monitoraggio operativo** è realizzato per:

- stabilire lo stato dei corpi idrici identificati "a rischio" di non soddisfare gli obiettivi ambientali;
- valutare qualsiasi variazione dello stato di tali corpi idrici risultante dai programmi di misure;
- classificare i corpi idrici.

Il **monitoraggio di indagine** è richiesto in casi specifici e più precisamente:

- quando sono sconosciute le ragioni di eventuali superamenti (ad esempio le cause del mancato raggiungimento degli obiettivi o del peggioramento dello stato);
- quando il monitoraggio di sorveglianza indica il probabile rischio di non raggiungere gli obiettivi e il monitoraggio operativo non è ancora stato definito;
- per valutare l'ampiezza e gli impatti di un inquinamento accidentale.

Il monitoraggio di sorveglianza si effettua per almeno un anno ogni sei (periodo di validità del Piano di Gestione), salvo per la rete nucleo che è controllata ogni tre anni.

Il ciclo del monitoraggio operativo è triennale.



### 4.3.3 La classificazione della qualità delle acque dei fiumi, dei torrenti e dei canali

Come accennato, il tracciato della "Variante di Montichiari" alla linea ferroviaria A.C. Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, attraversa con il suo percorso, il territorio pianeggiante appartenente alla pianura di origine fluviale-fluvioglaciale Padano-Veneta, per un tratto lungo circa una decina di chilometri compreso tra il Fiume Mella ad Ovest dell'area d'indagine e la zona collinare di origine morenica situata ad Est, che costituisce il limite verso sud del bacino del lago di Garda (Vedi tavole Quadro di riferimento ambientale – Reticolo idrografico e qualità delle acque – Tavole 1/2 e 2/2).

Lungo tale percorso, la linea interseca due elementi del fitto reticolo idrografico, in parte di origine antropica, in parte alimentato da acque di risorgiva, che caratterizza questa porzione della pianura: un corso d'acqua secondario (Torrente Garza), alla progressiva 90+400, mentre al suo limite orientale (progressiva 100+600) giunge nei pressi di un importante corso d'acqua (Fiume Chiese), subaffluente di sinistra del Fiume Po.

In linea generale è possibile affermare che le caratteristiche di qualità dei corsi d'acqua superficiali sono fortemente influenzate da cause di natura antropica. Elevati valori di ammoniaca nelle acque sono attribuibili per lo più ad attività di tipo zootecnico, mentre la presenza di metalli quali cadmio e zinco sono tipici dell'inquinamento di tipo industriale. I microinquinanti, quali l'atrazina, si riferiscono invece all'attività agricola.

Nel seguito si riportano le caratteristiche di qualità dei due corsi d'acqua interessati, determinate secondo i criteri di classificazione descritti nei paragrafi precedenti.

#### *Fiume Chiese*

##### Classificazione secondo il D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152

Il fiume Chiese viene costantemente monitorato (monitoraggio operativo) da ARPA Lombardia - Dipartimento di Brescia in località Gavardo, Barghe, Prevalle e Montichiari. I parametri monitorati ed i relativi valori sono di seguito esposti (*Fonte: "Stato delle acque superficiali della provincia di Brescia"- rapporto annuale 2012- ARPA Lombardia Dipartimento di Brescia - Settembre 2013*)

*Elementi di qualità considerati per il monitoraggio operativo dei fiumi della provincia di Brescia.*

Elemento di qualità		N. corpi idrici	Frequenza
EQB	Macroinvertebrati	6	Almeno per un anno nel triennio 2009-2011
	Diatomee	4	
	Macrofite	0	
	Fauna ittica	0	
Chimico-fisici a sostegno		8	Trimestrale per ciascun anno del triennio 2009-2011
Chimici a sostegno		3	Trimestrale per ciascun anno del triennio 2009-2011
Chimici (sostanze prioritarie)		8	Mensile o trimestrale per ciascun anno del triennio 2009-2011

*Stato dei corsi d'acqua nel bacino del fiume Chiese sublacuale nel triennio 2009-2011.*

Corso d'acqua	Località	STATO ECOLOGICO		STATO CHIMICO	
		Classe	Elemento che determina la classificazione	Classe	Sostanze che determinano la classificazione
Chiese	Gavardo	BUONO	cromo	BUONO	-
	Barghe	SUFFICIENTE	macroinvertebrati, diatomee	NON BUONO	Mercurio
	Prevalle	BUONO	cromo	BUONO	-
	Montichiari	SUFFICIENTE	macroinvertebrati	BUONO	-

*Stato dei corsi d'acqua nel bacino Fiume Chiese 2012*

Corso d'acqua	Località	Elementi di qualità biologica				Elementi generali chimico-fisici a sostegno LIMeco	STATO CHIMICO
		macroinv.	diatomee	macrofite	pesci		
		Classe					
Chiese	Barghe	SUFFICIENTE	-	-	-	ELEVATO	BUONO
	Gavardo	-	BUONO	-	-	ELEVATO	BUONO
	Prevalle	-	ELEVATO	-	-	ELEVATO	BUONO
	Montichiari	SCARSO	-	-	-	ELEVATO	BUONO



### Torrente Garza

Classificazione secondo il D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152

Il torrente Garza viene costantemente monitorato (monitoraggio operativo) da ARPA Lombardia - Dipartimento di Brescia in località Bovezzo e Castenedolo. I parametri monitorati ed i relativi valori sono di seguito esposti (*Fonte: "Stato delle acque superficiali della provincia di Brescia" - rapporto annuale 2012- ARPA Lombardia Dipartimento di Brescia - Settembre 2013*)

*Elementi di qualità considerati per il monitoraggio operativo dei fiumi della provincia di Brescia.*

Elemento di qualità		N. corpi idrici	Frequenza
EQB	Macroinvertebrati	6	Almeno per un anno nel triennio 2009-2011
	Diatomee	4	
	Macrofite	0	
	Fauna ittica	0	
Chimico-fisici a sostegno		8	Trimestrale per ciascun anno del triennio 2009-2011
Chimici a sostegno		3	Trimestrale per ciascun anno del triennio 2009-2011
Chimici (sostanze prioritarie)		8	Mensile o trimestrale per ciascun anno del triennio 2009-2011

*Stato dei corsi d'acqua nel bacino del fiume Mella nel triennio 2009-2011*

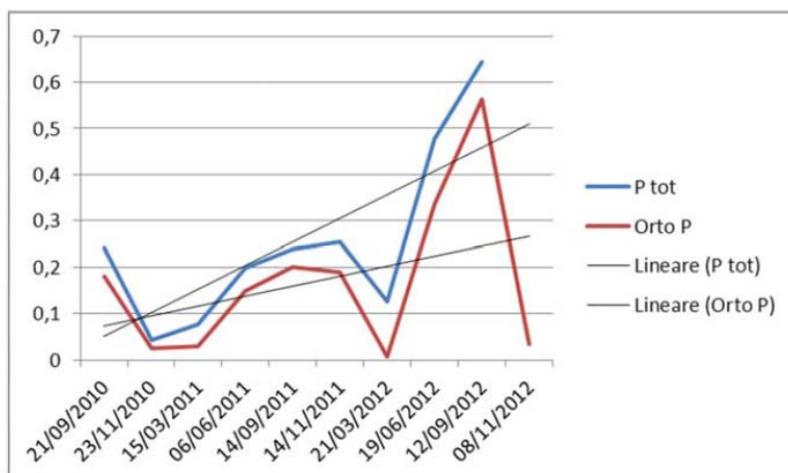
Corso d'acqua	Località	STATO ECOLOGICO		STATO CHIMICO	
		Classe	Elemento che determina la classificazione	Classe	Sostanze che determinano la classificazione
Garza	Bovezzo	SUFFICIENTE	LIMeco, AMPA	BUONO	-
	Castenedolo	SUFFICIENTE	Diatomee, LIMeco, AMPA, glifosate	NON BUONO	Nichel

*Stato dei corsi d'acqua nel bacino Fiume Mella 2012*

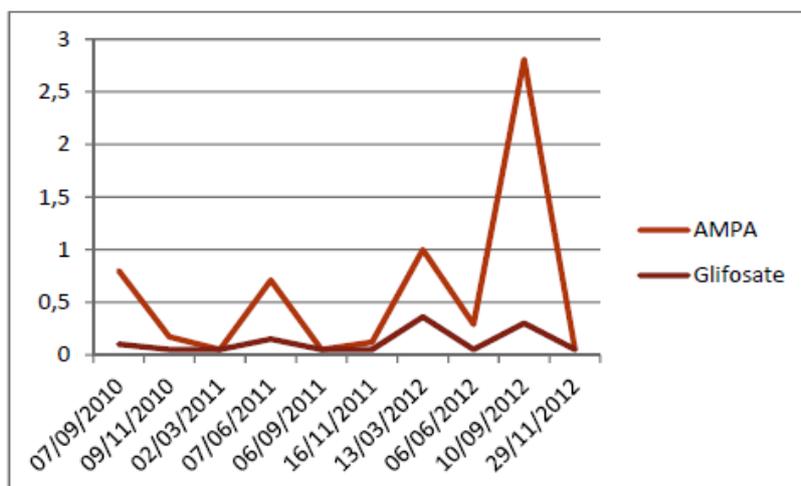
Corso d'acqua	Località	Elementi di qualità biologica				Elementi generali chimico-fisici a sostegno LIMeco	STATO CHIMICO
		macroinv.	diatomee	macrofite	pesci		
		Classe					
Garza	Bovezzo	-	-	-	-	SCARSO	BUONO
	Castenedolo	-	SUFFICIENTE	-	-	SCARSO	BUONO

*Fosforo totale ed ortofosfato nel torrente Garza a Bovezzo*

Si osservano andamenti caratterizzati da forti oscillazioni, pur con un trend decisamente in aumento per entrambi i parametri (concentrazioni espresse in mg/l).

*AMPA e Glifosate nel torrente Garza a Castenedolo*

I pesticidi AMPA e Glifosate si ritrovano in numerosi corpi idrici, da Bovegno a Pralboino, da Castenedolo a Rovato. Si riportano due esempi di supero dello standard di qualità dell'acqua, fissato per entrambi a  $0,1 \mu\text{g/l}$ . Le concentrazioni medie rilevate nel 2012 sono risultate pari ad  $1,0 \mu\text{g/l}$  per l'AMPA e a  $0,18 \mu\text{g/l}$  per il Glifosate (statistica calcolata con il criterio medium-bound).





4.3.3.1 Individuazione delle interferenze tra l'opera in progetto e il tracciato idrografico, e indicazione delle situazioni di potenziale rischio in fase di costruzione e di esercizio

***Elenco delle interferenze***

La fase di costruzione della linea A.C. "Variante di Montichiari" prevede l'effettuazione di importanti interventi edili che comprendono la realizzazione di scavi, di opere in cemento armato, la messa in opera di apparecchiature elettromeccaniche e di vari impianti tecnici oltre ad una serie di strutture temporanee utilizzate nelle fasi di cantiere.

Nel seguito si riportano le indicazioni di massima relative alle caratteristiche tipologiche degli attraversamenti principali previsti in progetto e le modalità di risoluzione degli attraversamenti relativi al reticolato idrografico minore.

***Torrente Garza***

Il Torrente Garza viene attraversato mediante un viadotto di circa 123 m di estensione, compreso fra le progressive 90+352 e 90+475.

***Fiume Chiese***

L'attraversamento del Fiume Chiese viene previsto attraverso un viadotto unico, che si estende dalla progressiva 100+550 alla 100+928, per un totale di 377 m.

Esso attraversa perpendicolarmente il corso d'acqua, iniziando e terminando esternamente alle Fasce delimitate dall'Autorità di Bacino. Si prospetta pertanto un impatto minimo sull'assetto idraulico del corso d'acqua, limitando le interferenze alla realizzazione delle fondazioni e delle pile del viadotto.

***Reticolato idrografico minore***

Nel tratto di variante in esame, la linea interseca alcuni canali e rogge appartenenti al reticolo idrografico di II livello (canali artificiali e rogge):

- Fontana Cominetta (progr. 86+950), nel tratto poco precedente al tratto di inizio variante alla pk 87+080
- Fontana Prandoni (progr. 89+960)
- Fossa Naviglio (progr. 98+300)
- Roggia Maggiore (progr. 100+900)

Tali attraversamenti vengono risolti attraverso l'utilizzo di tombini e di attraversamenti scatolari in calcestruzzo, di varie dimensioni.



### ***Individuazione degli impatti potenziali***

Nelle pagine che seguono vengono presi in considerazione i potenziali impatti, determinati dalla realizzazione dell'opera, sulla matrice ambientale acque superficiali, con riferimento alle tipologie di opere sopra descritte. In particolare, sono distinte le attività che possono provocare impatti in fase di costruzione e i possibili impatti permanenti, legati alla presenza delle opere e/o all'esercizio della linea.

#### ***a) Fase di costruzione***

- peggioramento delle caratteristiche di qualità dei corsi d'acqua in corrispondenza degli attraversamenti, determinato da:
  - i. realizzazione di opere in alveo, con conseguente intorbidimento temporaneo delle acque superficiali;
  - ii. dispersione di fango bentonitico (utilizzato per il sostegno delle pareti dello scavo) in seguito alla realizzazione delle palificazioni per le opere d'arte;
  - iii. dispersione di calcestruzzo durante la fase di getto delle opere d'arte;
  - iv. spandimenti accidentali di idrocarburi e/o oli lubrificanti, connessi alla presenza di mezzi d'opera;
- interferenza temporanea con il regime idraulico dei corsi d'acqua, connessa essenzialmente alla realizzazione di opere temporanee di attraversamento dei mezzi d'opera.

Per quanto concerne la matrice ambientale acque superficiali, valutate le caratteristiche qualità precedenti alla realizzazione dell'opera, si può affermare che il grado di sensibilità della risorsa è di tipo medio. Questo perché, come chiarito, i corsi d'acqua presentano già oggi caratteristiche di qualità mediocri.

Per quanto riguarda la definizione degli impatti, la realizzazione dell'opera determina, nel breve periodo, un impatto negativo medio – reversibile, anche in considerazione del fatto che già in fase di costruzione verranno introdotti idonei sistemi di mitigazione.

Nel lungo periodo non è ipotizzabile alcun tipo di impatto.

<b>GIUDIZIO DI IMPATTO ACQUE SUPERFICIALI – “AREA VASTA”</b>			
<b>Impatto NEGATIVO MEDIO</b>	<b>Breve periodo</b>	√	
	<b>Lungo periodo</b>		
<b>Impatto POSITIVO</b>	<b>Breve periodo</b>		
	<b>Lungo periodo</b>		
<b>Impatto INDIFFERENTE</b>	<b>Breve periodo</b>		
	<b>Lungo periodo</b>		
		<b>Reversibile</b>	<b>Irreversibile</b>

**b) Fase di esercizio**

Non è prevedibile alcun tipo di impatto in fase di esercizio.

<b>GIUDIZIO DI IMPATTO ACQUE SUPERFICIALI</b>			
<b>Impatto NEGATIVO MEDIO</b>	<b>Breve periodo</b>		
	<b>Lungo periodo</b>		
<b>Impatto POSITIVO</b>	<b>Breve periodo</b>		
	<b>Lungo periodo</b>		
<b>Impatto INDIFFERENTE</b>	<b>Breve periodo</b>	√	
	<b>Lungo periodo</b>	√	
		<b>Reversibile</b>	<b>Irreversibile</b>

**4.3.4 Proposte di intervento per la prevenzione e la mitigazione degli impatti negativi**

Il tratto di variante in esame, come già evidenziato, prevede esclusivamente un unico attraversamento significativo (Torrente Garza), realizzato con apposita opera (viadotto). Il viadotto del Fiume Chiese, sebbene evidenziato in precedenza e nella cartografia allegata, non risulta variato rispetto all'ubicazione originaria, per cui si fa riferimento a quanto previsto dallo Studio di Impatto Ambientale del Progetto Preliminare.

In fase di costruzione, le misure di mitigazione previste per tale attraversamento riguarderanno pertanto:



1. la realizzazione di opere di intercettazione (briglie selettive temporanee e vasche di decantazione) necessarie a garantire la sedimentazione, per gravità, dei solidi sospesi nelle acque che saranno utilizzate per i cicli di lavorazione (fanghi di perforazione, lavaggi, ecc...);
2. l'eventuale realizzazione, all'interno dell'area di cantiere, di un'area per lo stoccaggio di carburanti e di oli lubrificanti, delimitata da un bacino di contenimento impermeabilizzato, di capacità sufficiente a contenere i 2/3 di quella massima in stoccaggio;
3. la disponibilità di panne assorbenti, da utilizzare nel caso di rilascio accidentale di effluenti liquidi inquinati.

#### *Vasche di decantazione.*

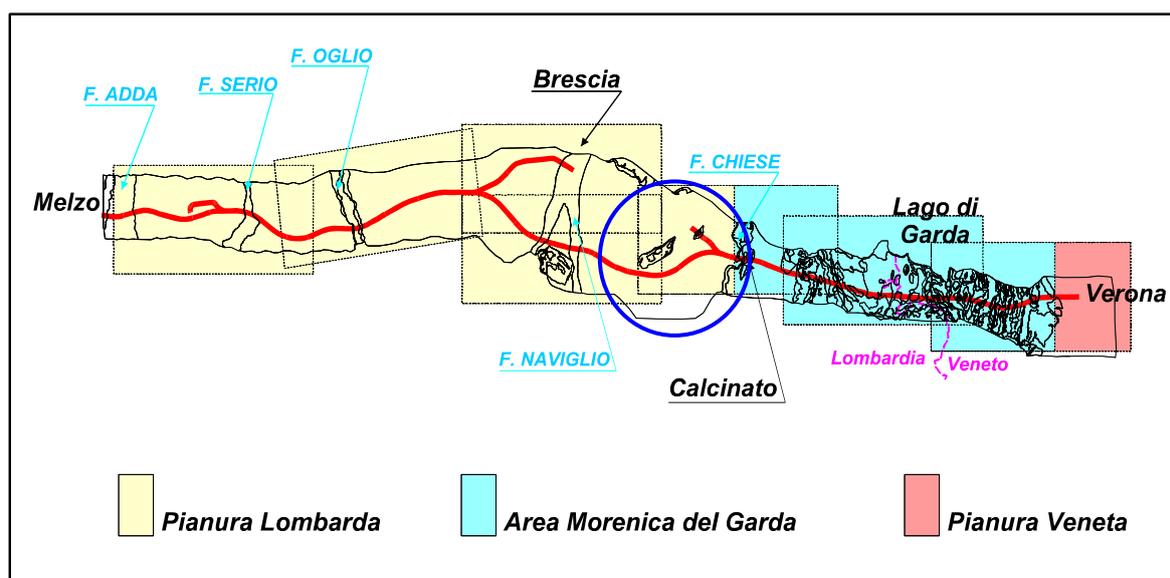
Come già accennato in precedenza la realizzazione delle vasche di decantazione è consigliabile al fine di garantire la sedimentazione dei solidi sospesi in acqua. Nel caso in esame si può considerare che il materiale sospeso sia di natura granulosa con una concentrazione tale per cui non si determini il fenomeno di sedimentazione di massa. Le vasche di decantazione, del tipo a flusso orizzontale ed a pianta rettangolare, possono essere suddivise in quattro zone: la prima di ingresso e la seconda di uscita in cui la sedimentazione è disturbata dalla vicinanza dei dispositivi di immissione e di scarico; la terza indicata come zona del fango in cui si raccolgono le parti sedimentate e la quarta, in cui si verifica la sedimentazione vera e propria.

L'introduzione dei decantatori in prossimità del corso d'acqua intersecato dalla linea ferroviaria garantirà la restituzione di acque completamente chiarificate.

#### 4.4 Suolo e sottosuolo

La tratta oggetto della Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, si estende per circa 12 km interessando un settore della Pianura padana compreso tra la porzione meridionale del territorio comunale di Castenedolo (BS) ed il Fiume Chiese, in Comune di Calcinato (BS).

Dal punto di vista geolitologico, il tratto in esame corrisponde alla porzione più orientale dell'Alta Pianura Lombarda, al suo limite con l'apparato morenico gardesano, che ha il suo inizio con la valle del Fiume Chiese.



##### 4.4.1 Analisi dell'ambito territoriale considerato

###### 4.4.1.1 Geologia

La zona oggetto di studio (vedi Quadro di riferimento ambientale – Allegato 12 – Geologia e geomorfologia Tavola 1/2 e 2/2, n. IN0500DE2N4SA000A003, IN0500DE2N4SA000A027) è costituita da formazioni pleistoceniche di origine alluvionale, fluvio-glaciale e glaciale, generalmente caratterizzate da potenze superiori ai 200 m.

Di seguito si riporta una descrizione di dettaglio dei diversi settori compresi nell'area di studio.



Il settore di pianura Padana esteso da Milano fin oltre Brescia, infatti, è caratterizzato da una morfologia prevalentemente pianeggiante, corrispondente al cosiddetto Livello Fondamentale della Pianura Padana (o terrazzo recente), la cui origine è dovuta all'aggradazione e alla sovrapposizione di imponenti conoidi fluvioglaciali, ubicati in corrispondenza dei principali sbocchi vallivi, connessi alla dinamica morfogenetica dell'area, legata allo smantellamento di imponenti complessi glaciali ad opera dei più importanti corsi d'acqua.

Dal punto di vista litologico, tali apparati risultano costituiti prevalentemente da sabbie e ghiaie, a cui sono talora intercalati livelli limoso-argillosi, generalmente localizzati in corrispondenza di paleoalvei. Le alluvioni recenti dei corsi d'acqua che solcano l'unità morfologica della pianura presentano generalmente granulometria grossolana, sebbene siano talora osservabili episodi di più bassa energia.

I depositi quaternari sopra citati, nella letteratura geologica classica, sono stati suddivisi secondo la metodologia proposta da Penck & Bruckner (1909), che prevede per l'areale alpino quattro fasi glaciali principali (Gunz, Mindel, Riss e Würm) ed altrettante fasi interglaciali. Tale schema di classificazione è risultato parzialmente insufficiente per interpretare tutte le variazioni litostratigrafiche esistenti, nell'areale della Pianura Padana e la complessità dei rapporti stratigrafici fra i depositi glaciali su scala regionale. Pertanto, secondo quanto riportato nella relazione geologica allegata alla documentazione progettuale definitiva della suddetta linea, le unità geologiche presenti sono state infine distinte con la nuova metodologia di rilevamento della Geologia del Quaternario, che utilizza i criteri dell'Allostratigrafia.

Nella parte terminale del tracciato della variante in esame, all'interno dell'area "vasta", corrispondente all'incirca ad una fascia di 3 km intorno al tracciato, affiorano inoltre i depositi dell'Arco Morenico Gardesano: essi non risultano direttamente interessati dalla linea in variante, ma verranno descritti in quanto presenti all'interno della fascia di analisi.

Le Unità Allostratigrafiche possono essere definite per distinguere depositi con uguale litologia, sovrapposti o contigui, ma separati da una discontinuità. Le caratteristiche interne (fisiche, chimiche e paleontologiche) possono variare sia lateralmente sia verticalmente e una superficie geomorfologica può essere utilizzata come limite.

Le Unità Allostratigrafiche sono in ordine gerarchico decrescente: l'**Allogruppo**, l'**Alloformazione** e l'**Allomembro**.

L'Allogruppo può essere costituito da una o più Alloformazioni e viene definito per indicare un'associazione di depositi appartenenti a più eventi sedimentari, ma non suddivisibili in unità di rango minore per carenza di adeguate informazioni.

L'Alloformazione è l'unità fondamentale della classificazione allostratigrafica e comprende i sedimenti appartenenti ad un determinato evento deposizionale. Un'Alloformazione può essere completamente o parzialmente suddivisa in Allomembri.

In particolare l'area interessata dall'opera in variante è caratterizzata dalla presenza di depositi glacigenici, la cui genesi è legata alla presenza di grandi ghiacciai alpini che dalle zone vallive si sono mossi verso la pianura dove hanno costruito gli anfiteatri morenici (ad esempio l'Arco Morenico Gardesano). Il materiale trasportato dai ghiacciai si è depositato secondo modalità diverse che hanno dato luogo, di conseguenza, a morfologie di tipo differente.

I sedimenti lasciati direttamente dalla massa di ghiaccio si trovano principalmente nei cordoni morenici, mentre i sedimenti presi in carico dalle acque di fusione degli scaricatori glaciali hanno formato le piane fluvioglaciali, delimitate da terrazzi, o, in presenza di ostacoli al deflusso delle acque, le piane glaciolacustri.

Relativamente alla porzione di tracciato in progetto, che risulta essere sostanzialmente un'area di pianura, sono presenti sedimenti fluviali e fluvioglaciali, costituiti generalmente da ghiaie, sabbie, limi e argille, organizzati in strutture lenticolari o in banchi con una pseudostratificazione.

I dati utilizzati per la stesura della presente relazione e della relativa cartografia tematica sono stati tratti dai seguenti elaborati:

- Elaborati geologici allegati al Progetto Esecutivo (1992),
- Elaborati geologici allegati al Progetto Esecutivo presentato in Conferenza dei Servizi (2000),
- Relazione geologica allegata al nuovo Progetto Preliminare (2001),
- Studio di pre-fattibilità ambientale Italferr (2002),
- Relazione geologica allegata al Progetto Definitivo (2004)



Di seguito viene descritto il quadro geologico della zona in esame che, nel dettaglio, risulta interessata dai depositi di origine alluvionale e fluvioglaciale attribuibili al Bacino Mella-Chiese, a sua volta suddiviso nelle seguenti unità:

- Unità Postglaciale (Pg)
- Alloformazione di Navate – Aspes (Na)
- Alloformazione di C.na Rodenga (Ro).

A Nord del tracciato, a metà tra il fiume Mella ed il Fiume Chiese, affiorano i depositi fluvioglaciali dell' Allogruppo del Mella (Me).

Infine, nella porzione terminale, verso Est, del tratto in esame, affiorano inoltre i depositi appartenenti all'anfiteatro morenico del Garda, caratterizzato dalla presenza di cordoni morenici variamente disposti e variamente rilevati a seconda del loro grado di alterazione; anch'esso risulta interessato da materiali di origine fluvio-glaciale a loro volta suddivisi nelle seguenti unità:

- Unità Postglaciale (Pg)
- Allogruppo di Lugana (Lu)
- Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg)
- Allogruppo di Calcinato (CI).

Nell'area di indagine, rientra unicamente il lembo occidentale dell'anfiteatro morenico del Garda interessato dall'affioramento dei depositi dell' Allogruppo di Lonato e San Giorgio e dell'Allogruppo di Calcinato.

Vengono ora descritte nel dettaglio le singole unità sopra elencate.

### **Bacino Mella Chiese**

#### **Unità Postglaciale (Pg) - Olocene**

Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi (a<sup>2</sup>)

L'Unità Postglaciale in questo settore coincide con l'Alluvium del foglio 46 "Treviglio" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).



La caratteristica fondamentale dell'Unità Postglaciale è la mancanza di un profilo di alterazione superficiale. I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie a supporto di clasti o di matrice sabbiosa. I clasti sono eterometrici, arrotondati, poligenici. Sono presenti lenti di dimensioni anche decimetriche costituite da sabbie, limi e argille.

L'area di affioramento si trova lungo gli alvei del Fiume Mella, ad O dell'area in esame, all'altezza di C.na San Giorgio e nel Torrente Vaso, nei pressi di C.na Tanvaini; da un punto di vista morfologico non sono presenti terrazzi fluviali e la quota media è di circa 102 m s.l.m.. Nell'alveo del Fiume Chiese, al limite E dell'area in esame, sono invece presenti terrazzi fluviali con dislivelli di circa di 3-4 m e l'intersezione con il tracciato di progetto avviene nei pressi della località Barconi.

#### **Alloformazione di Navate – Aspes (Na) – Pleistocene superiore**

Depositi fluvioglaciali (fgW)

L'Alloformazione di Navate-Aspes coincide con il fluvioglaciale Würm del foglio 47 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).

L'unità è caratterizzata da un profilo d'alterazione molto poco evoluto e di spessore limitato. I depositi fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa e, secondariamente, da sabbie medio-fini debolmente limose e da limi argillosi debolmente sabbiosi. I clasti sono eterometrici di dimensioni massime 10 cm, subarrotondati, poligenici. Nelle granulometrie più fini sono presenti talvolta clasti sparsi di dimensioni centimetriche.

L'area di affioramento interessa la zona di pianura ubicata tra gli alvei dei fiumi Mella e Vaso, con una quota media di circa 108 m s.l.m., fino alla località Belleguardo.

#### **Alloformazione di C.na Rodenga (Ro) – Pleistocene medio - superiore**

Depositi fluvioglaciali (fg)

L'Alloformazione di C.na Rodenga coincide con il fluvioglaciale Riss II-Würm del foglio 47 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).

L'unità è caratterizzata da un profilo d'alterazione evoluto di spessore ridotto.



I depositi fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di abbondante matrice sabbiosa debolmente argillosa. I clasti sono eterometrici, con dimensioni variabili tra 1-2 cm e 20-25 cm, arrotondati e discoidali, poligenici dove prevalgono le litologie cristalline rispetto a quelle sedimentarie. E' presente una grossolana stratificazione suborizzontale, in cui localmente appaiono lenti e strati di sabbia, dovuta all'alternanza di strati a diversa granulometria. Localmente, alla sommità dei depositi fluvioglaciali è presente una copertura limosa di spessore sconosciuto (depositi di esondazione).

L'area di affioramento interessa la zona di pianura ubicata tra la località Belleguardo fino al terrazzo principale del Fiume Chiese, con una quota media di circa 120 m s.l.m.. I materiali dell'Alloformazione di C.na Rodenga interessano la quasi totalità del tracciato della Variante di Montichiari in esame.

All'interno di tale alloformazione si può riconoscere lo sviluppo di due litozone chiaramente sovrapposte.

La litozona superiore, piuttosto omogenea, a *ghiaia con sabbia*, raggiunge la profondità massima di 30 m da p.c., e si sovrappone a terreni fini, essenzialmente *argilla* e *limo*, a cui si associano, tra le pk indicative 87+577 e 89+900, orizzonti di *torbe* aventi spessore superiore anche ai 5 m. Dalla pk 90+450 l'Alloformazione di Cascina Rodenga è costituita da *ghiaia* e *ghiaia con sabbia* con presenza di trovanti e livelli di *sabbia ghiaiosa*, con spessore talora superiore a 10 m.

Tra le pk 100+550 e 100+730 l'Alloformazione di Cascina Rodenga è interrotta dall'alveo del Fiume Chiese: questo ha una profondità di circa 6-7 m, è costituito prevalentemente da *ghiaia* e *ghiaia sabbiosa*, e, in sinistra idrografica, poggia sui depositi ghiaiosi dell'Alloformazione di Navate-Aspes, attraversati dal tracciato per circa 200 m.

### Gruppo del Mella

Indicativamente tra la km 89+000 e la 93+000, a Nord del tracciato della variante di Montichiari si rinvengono i depositi dell'Allogruppo del Mella che costituiscono l'ossatura dei rilievi di Capriano del Colle, Castenedolo e Ciliverghe. Tali rilievi sono ubicati nella piana tra i Fiumi Mella e Chiese e s'innalzano rispetto alla pianura circostante di circa 140 m s.l.m.. La loro genesi è legata, secondo alcuni autori, ad attività di neotettonica che ha portato alla formazione di strutture anticlinali sepolte.



Tali depositi non risultano direttamente interessati dal tracciato della variante di Montichiari.

### **Allogruppo del Mella (Me) - Pleistocene**

L'Allogruppo del Mella coincide con il Mindel e con l'anaglaciale Mindel e l'interglaciale Mindel-Gunz del foglio 47 "Brescia" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).

E' possibile distinguere le seguenti unità litostratigrafiche:

#### **Loess (L) - Pleistocene medio**

Si tratta di un deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro. Si presenta in placche isolate e di spessore non quantificabile alla sommità dei cordoni morenici descritti di seguito.

#### **Unità di Capriano del Colle (MeCC) - Pleistocene superiore**

Depositi fluvioglaciali ( $f_g^M$ ).

L'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione medio-alto con un suolo di spessore massimo intorno ai 4 m.

I depositi fluvioglaciali sono costituiti da ghiaie medio-grossolane con clasti poligenici, da arrotondati a subarrotondati. I clasti alterati sono arenizzati se di natura cristallina o argillificati se di natura carbonatica.

#### **Unità glaciale di Castenedolo (MeCa) - Pleistocene medio**

L'unità è rappresentata da depositi glaciali s.s. costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice limoso-argillosa. I clasti sono angolosi, molti con la tipica forma a "ferro da stiro", eterometrici, con dimensioni massime di 50 cm, e poligenici. Il deposito presenta un grado di alterazione molto evoluto: i clasti di natura cristallina si presentano completamente arenizzati mentre quelli di natura carbonatica completamente argillificati. Alla sommità è presente un suolo di genesi loessica dello spessore di circa 2 m con sparsi noduli e incrostazioni di Fe-Mn e zone a pseudogley.



Da un punto di vista morfologico, l'unità costituisce l'ossatura dei cordoni morenici di Castenedolo e Ciliverghe, i quali hanno un aspetto molto dolce a causa dell'elevata alterazione del deposito che li ha costruiti.

### **Conglomerati di Ciliverghe (MeCL) – Pleistocene inferiore**

- Depositi fluvioglaciali (fgMG)

L'unità è rappresentata da conglomerati a supporto di clasti con matrice sabbiosa e da lenti di sabbia. E' presente una stratificazione pianoparallela inclinata di circa 7° verso NNO a causa di movimenti neotettonici legati alla presenza di strutture anticlinali profonde aventi direzione Est-Ovest.

Si possono distinguere due diverse tipologie di deposito: un conglomerato scarsamente cementato con clasti di natura prevalentemente cristallina e di dimensioni maggiori e un conglomerato fortemente cementato con clasti di natura carbonatica e di dimensioni minori. La scarsa cementazione del primo tipo di conglomerato è imputabile a fenomeni di forte alterazione del cemento calcareo.

### **Anfiteatro morenico del Garda**

Oltre la progressiva 101+000, non direttamente compresa nella variante di Montichiari ma comunque ricompresa all'interno dell'area vasta, affiorano i depositi fluvioglaciali dell'anfiteatro morenico del Garda, costituiti dall'Allogruppo di Lonato e San Giorgio e dall'Allogruppo di Calcinato.

### **Allogruppo di Lonato e San Giorgio (LSg) - Pleistocene medio**

L'Allogruppo di Lonato e San Giorgio coincide con il sistema Rissiano dell'Anfiteatro Morenico del Garda descritto da Venzo nel 1965. L'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione medio con la presenza di un suolo di colore bruno rossastro e spesso al massimo 1 m. Litologicamente è costituito da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di clasti con matrice sabbioso-limosa. I clasti sono arrotondati e poligenici.



### Allogruppo di Calcinato (CI) - Pleistocene inferiore - medio

L'Allogruppo di Calcinato coincide con il sistema Mindeliano dell'Anfiteatro Morenico del Garda descritto da Venzo nel 1965. L'unità è caratterizzata da un profilo di alterazione alto con la presenza di un suolo di colore rossastro e spesso al massimo 4.5 m. Si possono distinguere in essa le seguenti facies deposizionali:

- Loess (L)

Si tratta di un deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro chiaro. Si presenta il placche isolate e di spessore non quantificabile alla sommità dei cordoni morenici descritti di seguito.

- Depositi glaciali (C= conglomerati) (mM)

Diamicton massivo a supporto di abbondante matrice limoso-argillosa. La matrice si presenta cementata alla sommità dei depositi glaciali. I clasti sono eterometrici con dimensioni massime sino a 6 m (massi erratici), da angolosi a subangolosi, poligenici. L'alterazione colpisce circa il 90% dei clasti con litologie carbonatiche argillificate, litologie cristalline arenizzate e litologie selcifere corrose. Sono presenti numerose patine e noduli di dimensioni centimetriche di Fe-Mn.

Inoltre, seppur con l'inevitabile grado di approssimazione legato alle conoscenze geologiche in aree di pianura, in carta sono stati riportati elementi lineari quali:

#### Faglie presunte

Esse sono state tratte dai dati bibliografici e risultano ubicate tra il corso del Fiume Mella e l'Arco Morenico Gardesano, intersecando la tratta in esame alle km 89+300 e 95+100; sono presenti alcune strutture tettoniche ad Est di Brescia, con direzione giudicariense ed allineate con la faglia da neotettonica della riviera gardesana. Maggiormente a Sud nell'alta pianura bresciana sono segnalate alcune faglie aventi analoga direzione, sepolte da coperture alluvionali e glaciali, e ritenute attive. Una di queste faglie si allinea con i rilievi di Ciliverghe e Castenedolo producendo una locale elevazione del terrazzo.

#### Superfici di erosione

corrispondenti ai limiti litologici, in quanto i contatti fra i vari litotipi corrispondono a superfici di erosione.



#### 4.4.1.2 Geomorfologia

Tutta l'area oggetto della variante della linea AV/AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è un parte, presso Montichiari è morfologicamente caratterizzata dai processi deposizionali/erosivi ad opera dall'azione dei ghiacciai prima e dei corsi d'acqua, poi. Nel dettaglio, essa è stata interessata da avanzate glaciali, seguite da un ritiro significativo dei ghiacci; successivamente i depositi glaciali vengono incisi dai principali corsi d'acqua.

Gli elementi geomorfologici analizzati, sono stati infine riportati sulla Carta Geologica allegata in scala 1:10000. Tali elementi sono legati a:

- azione erosiva e/o deposizionale antica ed attuale dei maggiori fiumi;
- attività glaciale di imponenti anfiteatri sviluppatasi nel Quaternario.

Un anfiteatro è il risultato dello sbocco di un ghiacciaio vallivo in area pedemontana, dove la lingua glaciale si può espandere e depositare sedimenti che strutturano una serie di cordoni morenici concentrici e con disposizione a semicerchio. Quindi un anfiteatro è composto da corpi morenici e da un complesso insieme di depositi variamente legati alla presenza di un ghiacciaio (depositi glacialigenici s.s., deltizi, lacustri, eolici, fluviali...). La Variante di Montichiari della linea AV/AC non interseca gli apparati morenici precedentemente descritti.

Nel seguito viene presentata una sintetica descrizione degli elementi presenti nel tratto oggetto di variante.

Il tratto di pianura lombarda compreso fra l'alveo dei Fiumi Oglio e Chiese, lungo il quale si articola la Variante di Montichiari in esame, si caratterizza per la presenza della porzione terminale, pianeggiante, dell'imponente apparato di conoide, ubicato allo sbocco in pianura della valle del Fiume Chiese.

Lungo il tracciato esaminato non si riscontrano altri elementi geomorfologici di particolare rilievo, ad eccezione di alcuni settori come l'area limitrofa al fiume Mella, poco ad Ovest dell'area in esame, che è caratterizzata da aree leggermente depresse ed esondabili. Il tratto di pianura su cui si estende la variante in esame, grossomodo compresa tra i due principali fiumi (Mella e Chiese), è interessata da alcuni paleoalvei, in particolare nelle vicinanze del Fiume Chiese, di limitata evidenza morfologica e ai quali, dai dati storici, non è connessa nessuna area esondabile.



Anche dal punto di vista topografico, non si osservano bruschi salti di quota connessi alla presenza di terrazzi di origine fluviale, ad eccezione del tratto terminale orientale, dove si riscontrano alcuni terrazzi legati all'evoluzione morfodinamica del Fiume Chiese.

Esternamente all'area della Variante di Montichiari, nel tratto di pianura in esame sono inoltre presenti alcuni rilievi isolati che si sopraelevano sul livello di base della pianura, allineati tra loro e con disposizione ad arco, testimonianza di avanzata glaciale e probabilmente associati a faglie sepolte quali le colline di Castenedolo e Ciliverghe, il cui sollevamento (secondo Desio, 1966) è connesso all'attività di una struttura tettonica sepolta, probabilmente una faglia avente la medesima direzione NE-SO delle colline. Il colle di Castenedolo non è interessato Variante di Montichiari della linea in progetto.

Subito ad Est del Fiume Mella, a Sud della linea in progetto, si rinviene una collina, o Colle di Poncarale, di origine tettonica che si eleva sulla pianura circostante per una quota massima di 123 m s.l.m., ed è limitata verso oriente dai depositi dell'alveo attuale non terrazzati del Torrente Vaso. Nei pressi di tale rilievo sono frequenti le cave, prevalentemente di ghiaia e sabbia. Nell'ampia pianura che si estende sino al Fiume Chiese, totalmente oggetto del presente approfondimento, sono presenti altri due rilievi isolati,

Il *Fiume Chiese*, in destra idrografica, è limitato da un terrazzo fluviale, e l'alveo attuale presenta struttura monocursale sinuosa che, a Sud di Calcinatello, diventa meandriforme.

Sono numerose, in quest'area, seriole e vasi, ovvero corsi d'acqua minori, derivanti da quelli principali, che spesso hanno conservato il loro aspetto meandriforme, e costituiscono una fitta rete idrografica oggi sfruttata per uso irriguo.

All'estremità orientale dall'area esaminata (all'interno della fascia di indagine di 3,0 km dall'asse del tracciato), si riscontra infine la presenza della modesta dorsale morenica che costituisce la propaggine verso Ovest del ben più considerevole apparato morenico che costituisce l'Anfiteatro Morenico del Garda; si tratta di un settore, di origine glaciale, costituito da rilievi organizzati in fasce a disposizione concentrica e semicircolare, interrotte da piane strette ed incassate.

In generale la morfologia dei cordoni morenici è dolce a causa dell'erosione della superficie di alterazione ad argille giallo-rossastre tipica di queste aree e variabile a seconda dell'età dei cordoni stessi.



Questo fenomeno conferisce ai rilievi collinari il caratteristico aspetto troncato ed appiattito sulla cima. Inoltre, in tutto l'Arco Morenico sono estremamente diffusi i **massi erratici**: si tratta di massi, aventi dimensioni variabili da 60 cm a oltre 2 m, che sono spesso stati rimossi dalla posizione originaria sia per favorire la lavorazione dei terreni agricoli sia per realizzare le fondazioni delle abitazioni o degli edifici industriali. Questi massi derivano dal trasporto non selettivo del ghiacciaio che occupava l'area in esame.

Come precedentemente esposto, la morfologia descritta ed attribuita all'apparato Morenico del lago di Garda non interessa direttamente la Variante di Montichiari della linea AV/AC.

Gli elementi geomorfologici che caratterizzano l'area vasta circostante il tracciato della Variante di Montichiari, preso in esame, sono stati distinti in:

- Orlo di scarpata di terrazzo fluviale: sono situati lungo i principali corsi d'acqua, a testimonianza delle variazioni di percorso e di portata degli stessi;
- Traccia presunta di corso fluviale estinto: tracce di corsi fluviali estinti, meglio riconoscibili in sezione o in foto aerea, in quanto spesso, sul terreno, non presentano chiare evidenze morfologiche; meandri abbandonati, attualmente colmati da successive fasi deposizionali;
- Cordoni morenici: sono evidenziati in carta gli andamenti della morfologia collinare connessa alla fase di massima espansione glaciale.

#### 4.4.1.3 Idrogeologia e qualità delle acque sotterranee

L'intero territorio lombardo interessato dalla Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è una parte, presenta caratteristiche idrogeologiche piuttosto omogenee. I materiali affioranti con maggior continuità sono sicuramente i depositi di origine fluvioglaciale Pleistocenici che, con spessori elevati, si impostano sul substrato roccioso pre-Pliocenico. La granulometria di questi depositi tende a diminuire con la profondità determinando, di conseguenza, una netta riduzione nella permeabilità degli acquiferi più profondi.



Sintetizzando e descrivendo sommariamente i complessi dal basso verso l'alto, si evidenzia, alla base, un substrato roccioso costituito dalle rocce appartenenti alla catena alpina, deformate durante la formazione della stessa e con una debole vergenza verso sud. Ad esso si sovrappongono argille marine fossilifere. In contatto erosionale con le argille, sono presenti grossi banchi di conglomerati poligenici che gradualmente passano, verso sud, a ghiaie e sabbie più o meno limose. Spostandoci in superficie, al di sopra dei conglomerati, si estendono con spessori variabili, i depositi di origine alluvionale costituiti da ghiaie grossolane in matrice sabbioso-limosa.

Questo quadro semplificato della situazione idrogeologica viene completato dalla presenza di apparati morenici nell'alta pianura, allo sbocco con le valli alpine, che sono stati smantellati durante le fasi interglaciali e che in parte rappresentano ancora l'alta pianura, maggiormente differenziata morfologicamente, spesso terrazzata e ricoperta da una consistente superficie di alterazione e in alcuni casi da un livello di sabbie eoliche fini.

Infine, nella porzione rinatale dell'area di studi, affiorano i depositi dell'Anfiteatro Morenico del Garda che, così come descritto nel capitolo di geologia, si presentano piuttosto eterogenei. Una gran varietà di complessi geologici con caratteristiche genetiche, litologiche, granulometriche e tessiturali differenti, infatti, si distribuisce sul territorio in esame con spessori e continuità laterale del tutto variabili. Tale complessità si ripercuote, inevitabilmente, sull'assetto idrogeologico di interesse, caratterizzato da un'alternanza caotica di unità a permeabilità anche molto differente.

I corpi morenici, in genere, anche se costituiti in predominanza da ghiaie sabbiose, presentano valori di conducibilità idraulica modesti, in relazione all'abbondante matrice limoso-argillosa che ne controlla la struttura. All'interno degli stessi corpi morenici, in corrispondenza degli orizzonti dominati da matrice più grossolana, la conducibilità idraulica può aumentare anche di diversi ordini di grandezza, ospitando acquiferi, potenzialmente in pressione, di continuità laterale del tutto ridotta.

Alle pendici delle morene affiorano depositi alluvionali antichi e/o recenti, depositi fluvioglaciali e depositi lacustri caratterizzati da tessitura e composizione granulometrica del tutto eterogenea.

Definire in modo chiaro ed univoco il flusso idrico attivo in questi settori, in relazione a quanto descritto, risulta pertanto problematico. Risulta difficile, in particolare, determinare un assetto idrogeologico generale che rappresenti l'Anfiteatro Morenico nella sua totalità.



Nel dettaglio della Pianura Lombarda invece, i sedimenti fluvioglaciali pleistocenici possono essere divisi in cinque complessi principali (Avanzini et al., 1995) che ora andremo a descrivere:

- Unità ghiaioso sabbiosa (Pleistocene superiore), costituita da depositi sciolti a ghiaie e sabbie dominanti. La conducibilità idraulica di questi orizzonti, che possono raggiungere una potenza di 15-20 metri, è molto elevata ( $10^{-4} < K < 10^{-1}$  m/s).
- Unità ghiaioso sabbioso limosa (Pleistocene medio), costituita da limi, limi argillosi e, localmente, ghiaie. La conducibilità idraulica di questi orizzonti, che presentano uno spessore massimo di 20-30 metri, si distribuisce su classi medio-basse ( $k < 10^{-5}$  m/s).
- Unità a conglomerati e arenarie basali (Pleistocene inferiore), costituita da ghiaie poligeniche con grado di cementazione variabile, con subordinate intercalazioni di sabbie e limi argillosi. Lo spessore di questa Unità può raggiungere i 50 metri di potenza; la conducibilità idraulica è invece fortemente controllata dal grado di cementazione e di fratturazione che caratterizza i diversi orizzonti, variando da valori molto elevati ( $10^{-1}$  -  $10^{-3}$  m/s), in corrispondenza dei livelli grossolani sciolti, a valori ridotti ( $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  m/s), in corrispondenza dei livelli maggiormente cementati o delle intercalazioni a granulometria fine.
- Unità sabbioso argillosa (Pleistocene inferiore), costituita da un'alternanza caotica di livelli grossolani, a sabbie e ghiaie, e livelli fini, ad argille dominanti. Le caratteristiche idrogeologiche di questi orizzonti sono fortemente controllate dalla distribuzione spaziale dei livelli a granulometria e, di conseguenza, a conducibilità idraulica diversa. Si passa da orizzonti più permeabili ( $10^{-6} < K < 10^{-4}$  m/s) a orizzonti a permeabilità ridotta ( $K < 10^{-8}$  m/s).
- Unità argillosa (Calabriano), costituita da limi argillosi di origine marina questa unità, di conducibilità idraulica del tutto ridotta ( $K < 10^{-9}$  m/s), rappresenta il substrato impermeabile della successione pleistocenica, collocabile ad una profondità di 100-130 metri.

Le unità idrogeologiche descritte sono sede di importanti acquiferi, abbondantemente sfruttati ad uso idropotabile, industriale ed irriguo, e le caratteristiche idrologiche di ognuno di questi risultano controllate dalle caratteristiche proprie di ogni unità.

L'analisi della struttura idrogeologica ha permesso di individuare almeno tre distinti sistemi acquiferi:

- 1° Acquifero (falde libere),
- 2° Acquifero (falde semiconfinite),
- 3° Acquifero (falde confinate).

Lo schema che segue sintetizza molto chiaramente la correlazione esistente tra i caratteri geologico-stratigrafici delle diverse unità e quelli idrogeologici degli acquiferi che in queste sono ospitati.

*Tabella 4.4-1: Distribuzione degli acquiferi nelle diverse Unità idrogeologiche (Avanzini et al., 1995, modificato).*

Età	Unità Idrogeologiche	Acquifero	
Pleistocene sup.	Unità Ghiaioso-Sabbiosa	ACQUIFERO TRADIZIONALE (falde libere)	1° Acquifero (falde libere)
Pleistocene med.	Unità Ghiaioso-Sabbioso-Limosa		2° Acquifero (falde semiconfinite)
Pleistocene inf.	Unità a Conglomerati e Arenarie	ACQUIFERI PROFONDI (falde confinate)	3° Acquifero (falde confinate)
Pleistocene inf.	Unità Sabbioso-Argillosa		
Calabriano	Unità Argillosa		

Il Primo e il Secondo Acquifero, con caratteristiche comunque confrontabili, costituiscono, insieme, quello che in letteratura viene comunemente riconosciuto come Acquifero Tradizionale e che viene abbondantemente sfruttato come risorsa idrica da tutte le realtà socio-economiche presenti sul territorio.

Il Primo Acquifero è sede di falde libere (con la possibile locale presenza di falde sospese in pressione); il Secondo Acquifero è sede di falde libere o semiconfinite; il Terzo Acquifero, invece, ospita falde artesiane in pressione.

L'ambiente della pianura lombarda in generale è dominato dai paleovalvei dei fiumi Adda, Serio e Oglio, nonché, in superficie, dagli alvei attuali dei medesimi corsi d'acqua. La presenza di queste strutture rappresenta un importante agente di controllo sulla circolazione idrica profonda caratteristica della Pianura Lombarda, con assi di deflusso principale che si orientano N-S o NNW-SSE.



L'idrografia superficiale, con particolare riferimento ai corsi d'acqua principali (Adda, Serio, Oglio e Mella), svolge un'evidente azione drenante sugli acquiferi descritti, che presentano una soggiacenza media piuttosto elevata (30-40 metri) nelle porzioni più settentrionali della pianura, per diminuire sensibilmente spostandosi verso sud, fino ad annullarsi nella "fascia dei Fontanili" che però non coinvolge la Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona, Lotto funzionale Brescia-Verona.

#### 4.4.1.3.1 Andamento della soggiacenza della falda e stima dell'escursione

Come precedentemente esposto, in generale il deflusso delle acque sotterranee è regolato dall'andamento delle strutture idrogeologiche principali, che presentano sviluppo lungo assi di direzione nord-sud; la soggiacenza della falda è mediamente piuttosto elevata (anche 40 m da p.c.) nell'alta pianura, ma diminuisce gradualmente procedendo verso sud, tanto che l'emergenza della falda in più punti della media pianura determina la formazione di sorgenti (fontanili). La soggiacenza della falda è molto variabile, con valori che passano da circa 40 m dal p.c. nell'alta pianura, fino all'emergenza spontanea in più punti della media pianura con formazione di fontanili e sorgenti naturali; nell'area in esame non si hanno evidenze di fontanili e sorgenti naturali, in base alla citata Relazione geologica allegata al Progetto Definitivo (2004).

Le oscillazioni stagionali del livello piezometrico possono assumere valori anche molto diversi nei vari settori descritti (passando da valori massimi di 25-30 metri a minimi di 2-4 metri). È importante segnalare, a tale proposito, l'azione regolatrice e stabilizzante esercitata dai principali corsi d'acqua che si comportano, nella pratica, come limiti a potenziale imposto.

L'acquifero freatico più superficiale è quello che, nella media pianura, dà origine ai fontanili, impostati in depositi costituiti da ghiaie e sabbie, con intercalazioni maggiormente sabbioso-limose che compaiono spostandosi verso il sud della pianura. Nell'area interessata dalla variante del tracciato, l'acquifero è costituito prevalentemente da ghiaie sabbiose confinate a letto da lenti discontinue limoso-argillose appartenenti ai sedimenti fluvioglaciali più antichi.

Questa parziale condizione di confinamento al letto dell'acquifero superficiale, permette la comunicazione dello stesso con l'acquifero tradizionale, con il quale mantiene rapporti di continuità idraulica.



Di conseguenza, le frequenti comunicazioni tra i vari livelli permeabili, interrotti da lenti argillose discontinue, configura la presenza di svariati acquiferi con diverso grado di confinamento. Nell'area in esame, dalla progressiva 85+000 circa alla progressiva 98+000, la soggiacenza varia tra valori compresi tra i 15,00 ed i 30,00 m dal p.c.. Per quanto riguarda le oscillazioni della falda, si osservano variazioni che vanno da 1 metro circa sino ad oltre 2 metri. I valori di soggiacenza risultano massimi nel periodo primaverile, mentre sono minimi a fine autunno. La tratta terminale del tracciato della variante, dalla progressiva 98+000 alla progressiva 101+000 circa, interseca il fondovalle del Fiume Chiese, caratterizzato da una falda di subalveo in correlazione idraulica diretta con il corso d'acqua. La porzione più orientale dell'area in esame risulta invece interessata dai depositi di origine glaciale dell'anfiteatro morenico del Garda che, come abbiamo visto, presenta un'estrema eterogeneità litologica che determina, in corrispondenza degli orizzonti dominati da matrice più grossolana, un aumento della conducibilità idraulica anche di diversi ordini di grandezza, ospitando acquiferi, potenzialmente in pressione, di continuità laterale del tutto ridotta. Definire pertanto in modo chiaro ed univoco il flusso idrico attivo in questi settori, risulta problematico e possibile unicamente ad una scala di estremo dettaglio.

#### 4.4.1.3.2 Valutazione della permeabilità'

Dopo aver descritto, nel paragrafo precedente, l'assetto idrogeologico generale del territorio oggetto della Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona, di cui la Brescia-Verona è un parte, si passerà alla descrizione puntuale dei caratteri idrogeologici di ogni singola formazione litostratigrafica affiorante lungo il tracciato della variante in progetto.

I depositi incontrati presentano, in genere, una permeabilità primaria da media a medio-bassa, legata alla porosità caratteristica per materiali di questa natura. Fenomeni di permeabilità secondaria, legati in genere alla presenza di intensa fratturazione degli ammassi rocciosi, non sembrano possibili in questo contesto. Durante le campagne geognostiche del 1992, del 2001-2002 e del 2003-2004 sono state eseguite delle prove di conducibilità idraulica, successivamente riassunte e commentate. Nella tabella che segue vengono presentate le *classi di permeabilità* che sono state utilizzate per la redazione della Tavola Idrogeologica alla scala 1:10.000 e che sono state utilizzate per inquadrare da un punto di vista idrogeologico le diverse formazioni interessate dall'attraversamento della Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona Lotto funzionale Brescia-Verona.

Tabella 4.4-2: classi di permeabilità

CLASSE	DESCRIZIONE QUALITATIVA	CONDUCIBILITA' IDRAULICA (m/s)
I	elevata	$>10^{-3}$
II	alta	$10^{-3} - 10^{-5}$
III	media	$10^{-5} - 10^{-7}$
IV	bassa	$10^{-7} - 10^{-9}$
V	molto bassa	$<10^{-9}$

Nel seguito vengono classificate, dal punto di vista della permeabilità, le differenti unità litologiche, afferenti al bacino del Mella – Chiese.

#### Unità Postglaciale (Pg) – Depositi alluvionali degli alvei attuali e antichi

In questi depositi, costituiti da ghiaie a supporto di clasti o di matrice sabbiosa, nella campagna d'indagine italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc. E' possibile presupporre una permeabilità alta ( $10^{-3} - 10^{-5}$  m/s; classe II).

#### Alloformazione di Navate – Aspes – Depositi fluvioglaciali (Na)

La linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra i fiumi Oglio e Chiese e lungo la Galleria di Calcinato, l'Alloformazione di Navate-Aspes, rappresentata da depositi in facies fluvioglaciale, costituiti da ghiaie medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa debolmente limosa e, secondariamente, da sabbie medio-fini debolmente limose e da limi argillosi debolmente sabbiosi.

L'Alloformazione di Navate-Aspes è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 13 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
$2,03 \times 10E^{-05}$	$1,40 \times 10E^{-05}$	$6,16 \times 10E^{-05}$	$3,51 \times 10E^{-06}$	$1,85 \times 10E^{-05}$

I depositi fluvioglaciali di questa Alloformazione presentano quindi una permeabilità media (classe III).

### Alloformazione di C.na Rodenga – Depositi fluvioglaciali (Ro)

La variegata di Montichiari della linea ferroviaria in progetto attraversa, nella tratta compresa tra i fiumi Mella e Chiese l'Alloformazione di Cascina Rodenga, rappresentata da depositi in facies fluvioglaciale, costituiti da ghiaie da grossolane a molto grossolane a supporto di abbondante matrice sabbiosa debolmente argillosa. L'Alloformazione di Cascina Rodenga è stata interessata, nel corso della campagna d'indagine Italferr 2001-2002, da 16 sondaggi con relative prove di permeabilità Lefranc; i valori di conducibilità idraulica ottenuti sono riportati nella tabella seguente.

Media	Mediana	Max	Min	Dev St
2,40 x 10E-05	1,57 x 10E-05	1,14 x 1 0E-04	2,78 x 10E-06	2,67 x 10E-05

I depositi fluvioglaciali di questa Alloformazione presentano quindi una permeabilità alta (classe II).

### Allogruppo del Mella

Nell'Allogruppo del Mella si distinguono le seguenti unità litostratigrafiche che, tuttavia, non risultano attraversate dalla Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona in progetto:

- **Loess (L):** deposito eolico costituito da limo debolmente argilloso massivo di colore giallastro (permeabilità media/bassa;  $10^{-5}$  -  $10^{-9}$  m/s; classe III-IV).
- **Unità di Capriano del Colle – Depositi fluvioglaciali (MeCC):** ghiaie medio-grossolane con clasti alterati (permeabilità alta;  $10^{-3}$  m/s; classe II).
- **Unità glaciale di Castenedolo (MeCA):** diamicton massivo a supporto di matrice limoso-argillosa, con grado di alterazione molto evoluto (permeabilità media;  $10^{-5}$  -  $10^{-7}$  m/s; classe III).
- **Conglomerati di Ciliverghe – Depositi fluvioglaciali (MeCL):** conglomerati costituiti da ghiaie grossolane a supporto di clasti con matrice sabbiosa e da lenti di sabbia (permeabilità alta;  $10^{-5}$  m/s; classe II).



Dal momento che, nel corso della campagna d'Indagine Italferr 2001-2002, non sono stati eseguiti sondaggi con prove di permeabilità nelle unità sopra citate, le permeabilità riportate sono solo supposte.

#### 4.4.1.3.3 Pozzi e punti d'acqua

Il censimento dei punti d'acqua (pozzi, sorgenti, fontanili) presenti nell'area di indagine si basa sulla documentazione idrogeologica disponibile, costituita dall'indagine idrogeologica del Progetto Definitivo (2004) e dai dati presenti nella documentazione geologica allegata al Progetto Esecutivo 1992 (riportati nell'ambito del S.I.A 2003).

La presenza di pozzi si distribuisce uniformemente lungo tutto il territorio d'interesse.

I dati reperiti risultano eterogenei e spesso non completi o mancanti di informazioni basilari per una corretta caratterizzazione del singolo punto d'acqua. La totalità dei pozzi censiti, sulla Carta idrogeologica, è stata pertanto divisa in base all'uso a cui sono adibiti (oltre che in base alla provenienza dell'informazione); sono così state istituite 3 classi (con riferimento alla documentazione del progetto definitivo 2004):

- Pozzi ad uso pubblico
- Pozzi ad uso privato
- Pozzi ad uso sconosciuto

Nella carta idrogeologica sono quindi riportati i pozzi "generici" come riportati nel S.I.A. del Progetto Preliminare (2003).

Non rientrano in questo lavoro i pozzi costruiti in modo abusivo e privi di regolari concessioni: la loro individuazione sul territorio e la loro caratterizzazione risulta praticamente impossibile.

Le criticità e gli interventi di mitigazione legati ai pozzi censiti saranno descritte nei capitoli successivi.

Infine, in carta, sono stati riportati anche i fontanili e le sorgenti, anche se non direttamente interessati dalla Variante di Montichiari, compresi all'interno della fascia di analisi.



#### 4.4.1.3.4 Caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici sotterranei della Provincia di Brescia

La caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici sotterranei corrispondenti al tracciato della Variante di Montichiari è stata effettuata su una serie di pozzi privati o pubblici, facenti parte delle reti di monitoraggio delle province di Bergamo e di Brescia.

Tale caratterizzazione è stata effettuata sulla base della documentazione disponibile, resa disponibile ed acquisita presso l'ARPA Lombardia - Settore Risorse Idriche, in particolare, presso le Direzioni dipartimentali di Brescia e di Bergamo.

ARPA Lombardia effettua il monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee in maniera sistematica sull'intero territorio regionale dal 2001, secondo la normativa vigente. A partire dal 2009 il monitoraggio è stato gradualmente adeguato ai criteri stabiliti a seguito del recepimento della Direttiva 2000/60/CE, in particolare svolgendo le seguenti azioni:

- programmazione e gestione del monitoraggio quali-quantitativo dei corpi idrici;
- effettuazione di sopralluoghi e campionamenti;
- esecuzione di analisi degli elementi chimico-fisici e chimici e degli elementi biologici;
- elaborazione dei dati derivanti dal monitoraggio e relativa classificazione.

#### **Riferimenti normativi**

La normativa sulla tutela delle acque superficiali e sotterranee trova il suo principale riferimento nella **Direttiva 2000/60/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

Il **decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152** norme in materia ambientale, con le sue successive modifiche ed integrazioni, recepisce formalmente la Direttiva 2000/60/CE, **abrogando il previgente decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.**

La Direttiva Quadro rafforza la consapevolezza che le acque sotterranee sono una riserva strategica difficilmente rinnovabile e risanabile, una volta alterato l'equilibrio quali-quantitativo.



La Direttiva Quadro individua nel regime di livello delle acque sotterranee il parametro per la classificazione dello stato quantitativo, mentre all'art.17 prevede che il Parlamento Europeo e il Consiglio adottino "misure per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque sotterranee", stabilendo i criteri per la valutazione del buono stato chimico e per individuare le "tendenze significative e durature all'aumento" di inquinanti. A ciò risponde la **Direttiva 2006/118/CE** "Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento", che esplica e definisce, per le acque sotterranee, gli elementi per la definizione del buono stato chimico. La Direttiva 2006/118/CE è stata recepita a livello nazionale con il **decreto legislativo 16 marzo 2009, n. 30**.

È necessario menzionare anche il **decreto legislativo 10 dicembre 2010, n. 219**, che recepisce la Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque e la Direttiva 2009/90/CE che stabilisce specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.

La normativa di settore preposta alla tutela del suolo e delle acque dall'inquinamento di nitrati provenienti da fonti agricole prende il nome di Direttiva Nitrati (**Direttiva 91/676/CEE**), recepita in Italia dal Dlgs 152/99 e ripresa dal Dlgs 152/06.

La Regione Lombardia, con l'approvazione della Legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26, ha indicato il Piano di gestione del bacino idrografico come strumento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici, attraverso un approccio che integra gli aspetti qualitativi e quantitativi, ambientali e socio-economici. Il Piano di gestione, che prevede come riferimento normativo nazionale ancora il Dlgs 152/99, è costituito da:

- **Atto di indirizzi** per la politica di uso e tutela delle acque della Regione Lombardia, approvato dal Consiglio regionale il 28 luglio 2004;
- **Programma di tutela e uso delle acque (PTUA)**, approvato con DGR del 29 marzo 2006, n. 8/2244.

Più recentemente, in attuazione della Direttiva 2000/60/CE, L'Autorità di Bacino del fiume Po ha adottato il **Piano di Gestione per il Distretto idrografico del fiume Po – PdGPO** (Deliberazione n. 1 del 24 febbraio 2010). Il Piano di Gestione è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate le misure finalizzate a garantire la corretta utilizzazione delle acque e il perseguimento degli scopi e degli obiettivi ambientali stabiliti dalla Direttiva 2000/60/CE. Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 febbraio



2013 è l'atto formale che completa l'iter di adozione del **Piano di Gestione del Distretto Idrografico Padano**.

### Obiettivi di qualità

La normativa prevede il conseguimento degli obiettivi di **qualità** per i corpi idrici sotterranei.

I Piani di tutela adottano le misure atte a conseguire gli obiettivi seguenti **entro il 22 dicembre 2015**:

- mantenimento o raggiungimento per i corpi idrici superficiali e sotterranei dell'obiettivo di qualità ambientale corrispondente allo stato "buono";
- mantenimento, ove già esistente, dello stato di qualità "elevato";
- mantenimento o raggiungimento degli obiettivi di qualità per specifica destinazione per i corpi idrici ove siano previsti.

La normativa prevede inoltre la possibilità di differimento dei termini per il conseguimento degli obiettivi – **proroga al 2021 o al 2027** – a condizione che non si verifichi un ulteriore deterioramento e che nel Piano di Gestione siano fornite adeguate motivazioni e l'elenco dettagliato delle misure previste.

Vi è inoltre la possibilità di fissare obiettivi ambientali meno rigorosi – **deroga** – nei casi in cui, a causa delle ripercussioni dell'impatto antropico o delle condizioni naturali non sia possibile o sia esageratamente oneroso il loro raggiungimento.

Nel vigente Piano di Gestione, per la Lombardia è stata prevista la proroga al 2021 o al 2027 degli obiettivi su alcuni corpi idrici per i quali la situazione appare più compromessa a causa delle numerose pressioni di varia origine.

### Classificazione dei corpi idrici sotterranei

La normativa vigente prevede che lo stato di un corpo idrico sotterraneo sia determinato dal valore più basso del suo **stato chimico** e del suo **stato quantitativo**.

#### Stato chimico

Un corpo idrico sotterraneo è considerato in "buono" stato chimico quando ricorra una delle seguenti condizioni:

- sono rispettate le condizioni riportate all'Allegato 3, Parte A, Tabella 1 del Dlgs 30/09 (ossia che le concentrazioni di inquinanti siano tali da non presentare effetti di intrusione salina o di altro tipo, da non superare gli standard di qualità applicabili e da permettere il raggiungimento degli obiettivi ambientali per le acque superficiali connesse);
- sono rispettati, per ciascuna sostanza controllata, gli standard di qualità ed i valori soglia di cui all'Allegato 3, Parte A, Tabelle 2<sup>3</sup> e 3<sup>4</sup> del Dlgs 30/09, in ognuno dei siti individuati per il monitoraggio del corpo idrico sotterraneo o dei gruppi di corpi idrici sotterranei;
- lo standard di qualità delle acque sotterranee o il valore soglia è superato in uno o più siti di monitoraggio, che comunque rappresentino non oltre il 20% dell'area totale o del volume del corpo idrico per una o più sostanze ed un'appropriata indagine conferma che non siano messi a rischio:
  - gli obiettivi prefissati per il corpo idrico,
  - gli ambienti superficiali connessi,
  - gli utilizzi e la salute umani.

La classificazione dello stato chimico delle acque sotterranee viene attualmente effettuata attraverso l'applicazione dell'indice **SCAS (Stato Chimico delle Acque Sotterranee)**, in continuità con la classificazione prevista dal Dlgs 152/99 e smi.

Lo SCAS viene calcolato utilizzando il valore medio, rilevato per ogni parametro monitorato, nel periodo di riferimento, mediante l'attribuzione di classi di qualità. L'indice presenta cinque classi:

- **classe 1:** impatto antropico nullo o trascurabile e pregiate caratteristiche idrochimiche;
- **classe 2:** impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e buone caratteristiche idrochimiche;
- **classe 3:** impatto antropico significativo e caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione;
- **classe 4:** impatto antropico rilevante e caratteristiche idrochimiche scadenti;

<sup>3</sup> **Tabella 2:** Standard di qualità per nitrati e sostanze attive nei pesticidi (compresi i loro pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione).

<sup>4</sup> **Tabella 3:** Valori soglia per metalli, inquinanti inorganici, composti organici aromatici, policiclici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni, alifatici clorurati non cancerogeni, alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, clorobenzeni, pesticidi, diossine e furani, altre sostanze



- **classe 0:** impatto antropico nullo o trascurabile, ma presenza di particolari facies idrochimiche che portano ad un abbassamento della qualità.

Le classi vengono attribuite sulla base del livello di concentrazione dei parametri monitorati per ciascun punto della rete.

### Stato quantitativo

Un corpo idrico sotterraneo è considerato in "buono" stato quantitativo quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il livello delle acque sotterranee nel corpo idrico sotterraneo è tale che la media annua dell'estrazione a lungo termine non esaurisca le risorse idriche sotterranee disponibili e di conseguenza il livello piezometrico non subisca alterazioni antropiche tali da:
  - impedire il conseguimento degli obiettivi ecologici per le acque superficiali connesse;
  - comportare un deterioramento significativo della qualità delle acque;
  - recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo;
- inoltre, alterazioni della direzione di flusso risultanti da variazioni del livello possono verificarsi, su base temporanea o permanente, in un'area delimitata nello spazio; tali inversioni non causano tuttavia un'intrusione di acqua salata o di altro tipo né imprimono alla direzione di flusso alcuna tendenza antropica duratura e chiaramente identificabile che possa determinare le intrusioni.

### **Tipi di monitoraggio**

L'obiettivo del monitoraggio è quello di stabilire un quadro generale dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee e permettere la classificazione di tutti i corpi idrici sotterranei.

Il Dlgs 30/09 prevede una rete per il **monitoraggio chimico** e una rete per il **monitoraggio quantitativo** al fine di integrare e validare la caratterizzazione e la definizione del rischio di non raggiungimento dell'obiettivo di buono stato chimico e quantitativo.

La rete per il **monitoraggio chimico** si articola in:



- **rete di monitoraggio di sorveglianza** finalizzata ad integrare e validare la caratterizzazione e la identificazione del rischio di non raggiungere l'obiettivo di buono stato chimico, oltre a fornire informazioni utili a valutare le tendenze a lungo termine delle condizioni naturali e delle concentrazioni di inquinanti derivanti dall'attività antropica, in concomitanza con l'analisi delle pressioni e degli impatti;
- **rete di monitoraggio operativo** finalizzata a stabilire lo stato di qualità di tutti i corpi idrici definiti a rischio di non raggiungere l'obiettivo di buono stato chimico e stabilire la presenza di significative e durature tendenze ascendenti nella concentrazione degli inquinanti.

La definizione delle reti di monitoraggio di sorveglianza e operativo determina l'attribuzione ai corpi idrici che ne fanno parte di specifici programmi di monitoraggio che si differenziano per durata, componenti monitorate e frequenze seguite. In particolare:

- **Monitoraggio di sorveglianza:** è da condurre durante ciascun ciclo di gestione del bacino idrografico (previsto ogni 6 anni), che va effettuato nei corpi idrici o gruppi di corpi idrici sia a rischio che non a rischio. Questo tipo di monitoraggio è inoltre utile per definire le concentrazioni di fondo naturale e le caratteristiche del corpo idrico.
- **Monitoraggio operativo:** è richiesto solo per i corpi idrici a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità e deve essere eseguito tutti gli anni nei periodi intermedi tra due monitoraggi di sorveglianza a una frequenza sufficiente a rilevare gli impatti delle pressioni e, comunque, almeno una volta l'anno. Deve essere finalizzato principalmente a valutare i rischi specifici che determinano il non raggiungimento degli obiettivi di qualità.

Il **monitoraggio quantitativo** viene svolto con frequenza mensile o trimestrale (sulla base della profondità dei pozzi/piezometri appartenenti alla rete) e permette di ottenere utili informazioni sull'andamento delle piezometrie.



### Lo stato delle acque sotterranee

In assenza di serie storiche significative, come nel caso in esame, dal punto di vista quantitativo, in questa fase la classificazione sarà basata esclusivamente sullo stato chimico delle risorse.

I dati acquisiti presentano una notevole disomogeneità, sia in rapporto alla distribuzione spaziale dei punti di misura, sia per l'estensione temporale delle misure. La caratterizzazione effettuata riveste pertanto un carattere assolutamente preliminare, che dovrà essere integrato nel tempo, acquisendo via via i dati delle reti di monitoraggio regionali che progressivamente verranno prodotti.

Sulla base dei dati raccolti si è ottenuto un quadro, per quanto parziale e riferito ad una finestra temporale piuttosto breve, della condizione qualitativa dell'acquifero superficiale.

Secondo la classificazione prevista dalla normativa vigente, per lo stato qualitativo delle acque sotterranee, i corpi idrici considerati presentano uno stato chimico che risulta costantemente compreso nelle classi 2 e 3. Tali classi indicano che gli acquiferi considerati sono interessati da un impatto antropico da ridotto a significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione. I dati esaminati mostrano un prevalere, fra le classi 3, del parametro nitrati, connesso evidentemente alle intense pratiche agricole e zootecniche che caratterizzano il tratto di pianura considerato. Si riscontrano infine alcuni punti di misura caratterizzati dalla classe 4, che segnala localmente uno scadimento delle caratteristiche idrochimiche ed un impatto antropico rilevante.

#### 4.4.1.4 Siti inquinati

Alla progressiva km 94, nel territorio del comune di Montichiari, in località Fascia d'Oro, la linea attraversa un'area di 67402 m<sup>2</sup> adibita a discarica – tipologia: discarica 2B (DB) – di rifiuti industriali. La discarica è chiusa da circa 10 anni, mentre è attivo il monitoraggio del percolato e delle acque di falda.

La discarica è suddivisa in due bacini, e tutta l'area risulta recintata da rete metallica e da una siepe, avente un'altezza di circa 2 m. All'interno è visibile un dosso morfologico, totalmente ricoperto da erba con arbusti. Non è possibile alcuna stima delle dimensioni e della volumetria dell'accumulo di rifiuti.

In prossimità del sito, tramite osservazione del pozzetto esplorativo 3PZ020, è riscontrabile come, al di sotto di un primo livello di terreno agrario (spessore 0,5 m) composto da limo e resti organici, sia presente un secondo livello, spesso 0,6 m, costituito da limo con ghiaia, poligenica e subarrotondata con diametro massimo di 9 cm alla cui base sono identificabili, fino alla profondità di 3 m, delle ghiaie con sabbie con clasti poligenici subarrotondati di diametro massimo di 20 cm.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche, si tratta di terreni caratterizzati da una permeabilità elevata e da una vulnerabilità media. Il flusso della falda è in direzione NE-SW e la soggiacenza è di circa 20 m dal p.c.

La linea attraversa il suddetto sito nelle prossimità del margine nord i quest'ultimo. Nell'attraversamento è previsto un tratto in viadotto preceduto da un tratto in rilevato.

Le modalità di bonifica preventive agli interventi di costruzione delle fondazioni dell'opera verranno definite nei successivi sviluppi progettuali



*Figura 4.4-1: Ortofoto del sito inquinato*

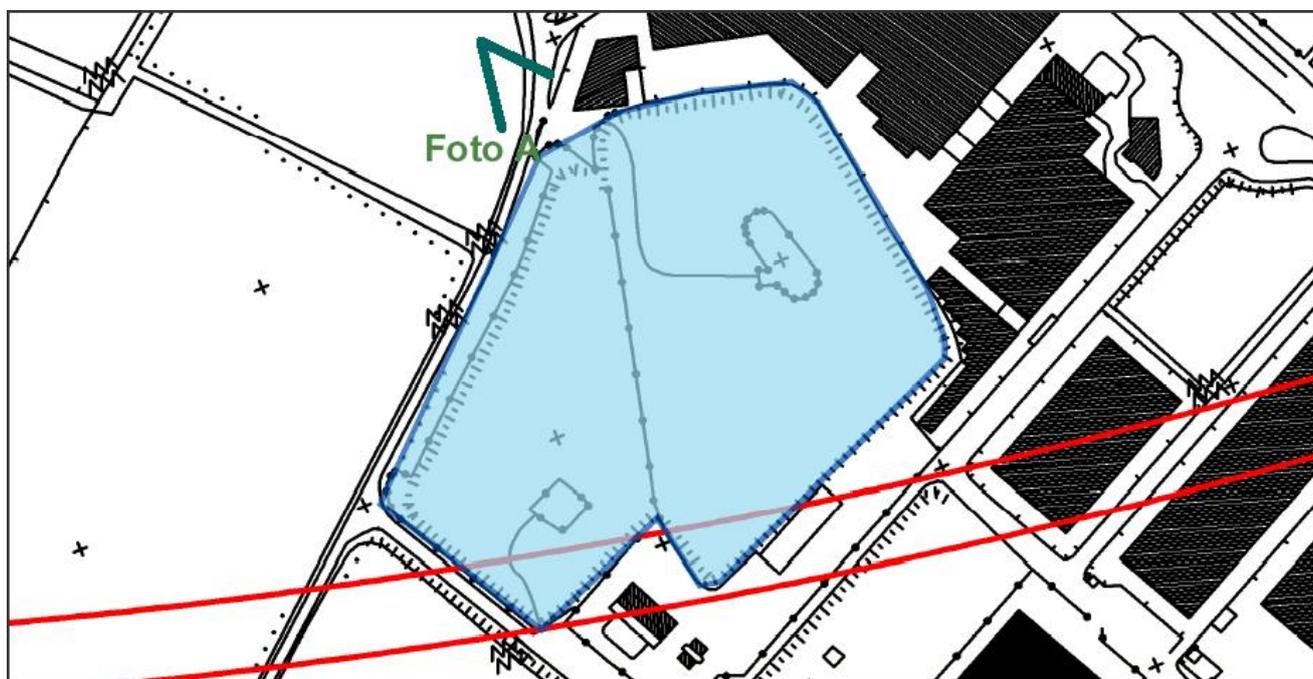


Figura 4.4-2: Estratto cartografico del sito inquinato



Figura 4.4-3: Foto A del sito inquinato



#### 4.4.2 Individuazione delle interferenze e delle situazioni di potenziale rischio

Nel paragrafo seguente verranno esaminate le alterazioni che potranno essere determinate, nei confronti dell'assetto geologico ed idrogeologico, dalla realizzazione e quindi dalla fase di esercizio dell'opera in progetto.

E' stata prestata particolare a tutte le situazioni in cui si è identificata una potenziale modifica od interferenza dell'opera sull'attuale assetto, ovvero sulla dinamica evolutiva delle diverse componenti, tenendo in debito conto il livello di sensibilità che la specifica componente presenta.

Per ogni ambito considerato, sono state affrontate le problematiche relative sia alla fase di costruzione dell'opera che alla successiva fase di esercizio.

##### *4.4.2.1 Interferenze con aspetti geolitologici e geotecnici*

Per la determinazione del grado di potenziale impatto si è proceduto innanzitutto alla caratterizzazione della qualità della risorsa: tutte le componenti ambientali considerate sono state classificate come risorse comuni e riproducibili.

Tra le azioni di progetto per la realizzazione della tratta oggetto della Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona Lotto funzionale Brescia-Verona, potenzialmente interferenti con le componenti suolo e sottosuolo sono state individuate le tratte di linea ferroviaria previste su rilevato, e quelle in trincea. Delle opere citate, sono state valutate in maggior dettaglio quelle interferenti con terreni a scadenti caratteristiche geotecniche e quindi a sensibilità elevata o molto elevata.

A livello generale, per quanto riguarda i rilevati si è considerato che un'interferenza possibile consista nei fenomeni di consolidazione indotti su terreni di fondazione compressibili, dal carico del rilevato stesso; in situazioni particolarmente sfavorevoli un fenomeno come quello descritto potrebbe indurre, seppure a distanze limitate dal rilevato, deformazioni dei terreni di fondazione e quindi interferire con l'assetto statico di edifici e di infrastrutture che insistono su di essi.

In corrispondenza dei tratti in trincea ed in galleria artificiale, sia in fase di costruzione che in fase di esercizio, potrebbe prodursi un'interferenza del tracciato con la stabilità dei fronti di scavo e delle scarpate.



Per la definizione e la caratterizzazione della casistica particolareggiata delle interferenze valutati, si sono distinte le problematiche potenziali relative alle fasi di costruzione e di esercizio.

#### Interferenze relative alla fase di costruzione

La casistica delle potenziali interferenze relative alla fase di costruzione riguarda essenzialmente la stabilità dei fronti di scavo in corrispondenza delle trincee e delle gallerie artificiali, eventualmente non protette da opere provvisorie.

#### Interferenze relative alla fase di esercizio

Per quanto riguarda le potenziali interferenze relative alla fase di esercizio dell'infrastruttura in progetto sono stati considerati i seguenti casi:

- cedimento dei terreni fondazione dovuti alla riattivazione di fenomeni di consolidazione indotti dal carico dei rilevati, in caso di presenza di terreni scadenti dal punto di vista geotecnico.

Sulla base della metodologia di valutazione descritta in precedenza, lungo il tracciato della Variante di Montichiari in progetto, sono stati individuati i tratti corrispondenti alle varie tipologie di opere, che potrebbero configurare aspetti di criticità, con riferimento a quanto sopra accennato. Si fa riferimento esclusivamente alle opere in sotterraneo o parzialmente in sotterraneo (gallerie artificiali e muri ad "U"), in quanto i tratti in rilevato corrispondono, nel tratto in esame, a terreni a buone caratteristiche geotecniche, non configurando pertanto particolari situazioni di attenzione.

I tratti evidenziati sono i seguenti:

- km 98+253 – 98+293: galleria artificiale via Rossa;
- km 98+344 – 98+840: muro ad "U";
- km 98+840 – 99+619: galleria artificiale Calcinato;
- km 99+619 - 99+788: muro ad "U"



Le problematiche riguardanti le situazioni sopra indicate, vengono normalmente affrontate in fase progettuale ed attuativa, con idonei interventi, quali diaframmi e paratie per le gallerie artificiali, consolidamenti dei fronti di scavo e dei terreni di fondazione dei rilevati, tali da garantire la stabilità sia dell'infrastruttura in progetto che degli elementi ad essa contigui, sia in fase di costruzione che di esercizio. Si ritiene pertanto che in tali situazioni di attenzione si configuri una condizione di impatto trascurabile, in quanto affrontate e risolte con opportuni interventi tecnici in sede progettuale. Le problematiche riguardanti le situazioni sopra indicate sono state affrontate nella fase di progetto definitivo con la definizione di idonei interventi, quali diaframmi e paratie per le gallerie artificiali, consolidamenti dei fronti di scavo e dei terreni di fondazione dei rilevati, tali da garantire la stabilità sia dell'infrastruttura in progetto che degli elementi ad essa contigui, sia in fase di costruzione che di esercizio. Nella successiva fase di progettazione esecutiva, sulla base di elementi conoscitivi di maggior dettaglio, oppure in fase direttamente attuativa, qualora emergano situazioni imprevedibili, si provvederà ad ulteriori interventi integrativi.

Su questa base si valuta pertanto che in tali situazioni di attenzione si configuri una condizione di impatto trascurabile, in quanto affrontate e risolte con opportuni interventi tecnici in sede progettuale.

#### 4.4.2.2 Interferenze con la circolazione idrica sotterranea: generalità

Il quadro delle interferenze che la variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona Lotto funzionale Brescia-Verona è in grado di esercitare sulla componente ambientale considerata (acque sotterranee), può essere articolato in due distinte suddivisioni: interferenze di tipo quantitativo ed interferenze di tipo qualitativo.

Le interferenze di tipo quantitativo rappresentano l'interferenza diretta che l'opera, in determinate condizioni, può esercitare sul regime idrodinamico degli acquiferi, alterandone le condizioni originarie (soggiacenza o piezometria, direzione di deflusso, potenzialità) e quindi modificandone i rapporti con il contesto territoriale considerato.



Sono compresi in questa tipologia, le interferenze dirette del tracciato con i punti di prelievo o di emergenza naturale delle acque sotterranee, vale a dire pozzi, fontanili e sorgenti che risultano ubicati in corrispondenza all'area di ingombro del rilevato ferroviario e del cantiere di avanzamento ovvero del tracciato delle opere come le gallerie artificiali e i muri ad "U", che possono interferire direttamente con la superficie freatica della falda.

Le interferenze di tipo qualitativo sono costituite dalle possibili alterazioni chimico-fisiche, che le opere o la loro realizzazione possono indurre sull'assetto idrochimico attuale della componente acque sotterranee. I livelli di interferenza verranno quindi valutati sulla base dei differenti livelli di sensibilità che presentano i ricettori afferenti alla componente acque sotterranee, tenuto conto delle caratteristiche idrogeologiche del territorio, descritte nel dettaglio nei paragrafi precedenti, e delle interazioni certe o potenziali che si avranno tra la componente in esame e l'opera prevista.

Di tutto il quadro complessivo di tali interferenze e dei relativi livelli di impatto, in funzione del diverso livello di sensibilità presentato dalla risorsa, come in precedenza descritto, verrà ora fornita descrizione e valutazione, sia relativamente alla fase di costruzione che alla fase di esercizio, mentre in un successivo paragrafo saranno descritti gli interventi e le azioni di mitigazione e di compensazione, prevedibili a livello progettuale esecutivo. L'analisi degli impatti, in termini qualitativi e quantitativi, sulle risorse idriche sotterranee è stata articolata analizzando le interferenze del tracciato con:

- l'assetto idrodinamico dei sistemi acquiferi intercettati dal tracciato;
- i punti di prelievo di acque sotterranee (pozzi).

#### 4.4.2.2.1 Impatti sull'assetto idrodinamico e qualitativo dei sistemi acquiferi intercettati

I terreni interessati dalla tratta oggetto della Variante di Montichiari della linea AV/AC presentano un acquifero superficiale generalmente di buona potenzialità, continuo, ubicato nelle sequenze grossolane di origine fluvioglaciale o fluviale, in correlazione idraulica con il reticolato idrografico principale. Ad esso seguono altri orizzonti acquiferi, a grado di confinamento variabile (falde in pressione), che costituiscono la risorsa idrica fondamentale, estesamente sfruttata per l'approvvigionamento idropotabile. L'acquifero superficiale risulta sfruttato da numerosissimi pozzi ad uso prevalentemente irriguo o industriale, a motivo delle sue mediocri caratteristiche qualitative.



Nel contesto precedentemente esposto, la realizzazione delle opere connesse alla Variante di Montichiari della linea A.C. presenta un livello di impatto quantitativo che può essere considerato medio-basso o trascurabile. Le opere previste, che ricadono totalmente in aree di pianura, non prevedono infatti interferenze con l'assetto idrodinamico, ciò in considerazione dell'elevata soggiacenza della falda (normalmente maggiore di 15-20 m), fatto probabilmente salvo il caso della realizzazione di pali di fondazione (per le opere di attraversamento del reticolo idrografico). Tali opere, in un contesto idrogeologico caratterizzato da acquiferi a trasmissività generalmente elevata o molto elevata, non risultano comunque in grado di provocare alterazioni idrodinamiche significative dell'andamento della falda, a distanze superiori a 50-100 m dall'opera stessa, per cui l'impatto prevedibile sul sistema acquifero può essere considerato trascurabile.

Dal punto di vista qualitativo, la definizione del grado di impatto sulle risorse idriche sotterranee è costituito dal confronto fra le condizioni di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, la soggiacenza della falda, la condizione qualitativa attuale delle acque sotterranee e la tipologia delle opere in progetto.

Le opere ed il tipo di impatti possibili sul livello qualitativo delle acque sotterranee sono sintetizzati nella tabella seguente.

<i>Opera o attività</i>	<i>Tipo di impatto</i>
Movimentazione terra sul fronte di avanzamento	Dispersione accidentale di olii o carburanti sul suolo
Perforazione pali di fondazione, berlinesi o paratie di micropali	Dispersione in falda di miscele bentonitiche
Realizzazione di scavi, trincee	Dispersione accidentale di olii o carburanti sul suolo
Attività di cantiere	Dispersione accidentale di olii o carburanti sul suolo; dispersione di reflui

In presenza di condizioni di elevata vulnerabilità della falda e di soggiacenza minima, i fenomeni di dispersione di sostanze inquinanti possono raggiungere direttamente la tavola d'acqua, provocandone il peggioramento delle caratteristiche qualitative; tale eventualità, nella tratta della variante in esame, risulta peraltro improbabile in quanto la falda si attesta a profondità dal piano campagna mediamente superiori a 15 m circa, seppur in materiali permeabili.

Si segnala inoltre la possibilità che fenomeni di inquinamento vengano trasferiti a falde profonde, qualitativamente migliori, a causa di interferenze con pozzi non correttamente realizzati, che pertanto consentono la miscelazione delle acque provenienti da falde diverse.

Si tratta peraltro di un tipo di impatto transitorio, legato alla fase realizzativa, che può provocare un incremento di alcuni parametri chimici caratteristici (significativamente, possono essere attesi incrementi dei parametri Fe, Al, Ni, Pb, oltre alle concentrazioni di olii minerali ed, eventualmente, idrocarburi), destinato comunque a rientrare al termine della fase costruttiva.

#### 4.4.2.2 Interferenze con i punti di prelievo delle acque sotterranee

Utilizzando i dati esistenti, è stato possibile predisporre una cartografia di sintesi, che riporta il censimento dei pozzi privati e pubblici presenti in una fascia di circa 1,50 km per lato, lungo la futura Variante di Montichiari della linea AV/AC Milano-Verona Lotto funzionale Brescia-Verona. In tale fase di indagine, sono stati individuati 87 pozzi, per varia tipologia di uso. Fra i pozzi riportati nella cartografia citata, sono stati quindi evidenziati quelli che ricadono all'interno di una fascia di circa 50 m in asse con la linea, corrispondente alla massima larghezza di ingombro della sede ferroviaria e del cantiere mobile di avanzamento e che, pertanto, verranno obliterati dall'opera.

Nella tabella sottostante sono riportati tali pozzi (3), distinti per Comune di appartenenza e, ove possibile, per la tipologia di utilizzo, unitamente alla tipologia di opera della linea A.C. corrispondente. Non sono disponibili, per i tre pozzi individuati, dati relativi alla profondità od al tipo di falda captata.

<i>Codice</i>	<i>Progressiva</i>	<i>Posizione</i>	<i>Prov.</i>	<i>Comune</i>	<i>Utilizzo</i>	<i>Tipologia opera</i>
12	88+750	Sul tracciato	BS	Castenedolo	-	Rilevato
15	95+010	Sul tracciato	BS	Montichiari	-	Rilevato
pz0366	97+500	Sul tracciato	BS	Calcinato	-	Viadotto Montichiari

La valutazione del livello di impatto è alto in tutti i casi in cui la linea o le aree di cantiere possono essere in rapporto con la presenza di pozzi ad uso pubblico, che però, come vedremo in seguito, nel caso in esame non risultano interessati dall'opera in costruzione.



Complessivamente, sono compresi nella fascia di avanzamento cantiere considerata pari a 50 m, n. 3 pozzi, dei quali nessuno ad uso pubblico (potabile); essi sono identificabili con il codice 12 (progressiva km 88+750), il codice 15 (progressiva km 95+010) ed il codice pz0366 (km 97+500) e sono evidenziati nella tabella precedente in grassetto.

In fase di costruzione della linea, tali impianti saranno eliminati, per cui dovrà necessariamente esserne prevista la sostituzione. Con riferimento ai pozzi potabili presenti in tabella, si evidenzia l'esistenza di 3 impianti di captazione, due a valle dell'opera in progetto (codice pz0404 e codice 2) ed uno a monte (codice pozzo 8), rispetto alla direzione di deflusso della falda che nell'area, ripetiamo, è indicativamente da Nord verso Sud:

- pozzo 8 km 100+750 e distante dalla tratta circa 1400 m verso monte;
- pozzo *pz0404* km 100+810 e distante dalla tratta circa 1100 m verso monte;
- pozzo 2 km 101+380 e distante dalla tratta circa 1050 m verso valle.

In considerazione della posizione rispetto al tracciato e della distanza degli stessi, le interferenze qualitative in fase di costruzione vengono giudicate basse o nulle, e quindi del tutto trascurabili in fase di esercizio.

#### **4.4.3 Interventi di mitigazione e di prevenzione previsti**

##### 4.4.3.1 Interventi di mitigazione delle problematiche connesse alla stabilità dei versanti e ai cedimenti dei terreni di fondazione

Relativamente all'aspetto in esame non si identifica la necessità di specifici interventi di mitigazione, in quanto, come già precisato, in corrispondenza alle situazioni di criticità individuate, gli interventi previsti in progetto, sia di tipo provvisoriale per la fase di realizzazione, che definitivi per la fase di esercizio, sono tali da garantire la stabilità sia dell'infrastruttura in progetto che degli elementi ad essa contigui.



#### 4.4.3.2 Interventi di mitigazione dei fenomeni di inquinamento dei suoli in aree di cantiere

Relativamente all'aspetto in esame non si identifica la necessità di specifici interventi di mitigazione, in quanto, come già precisato, in corrispondenza alle situazioni di criticità individuate, gli interventi previsti in progetto, sia di tipo provvisorio per la fase di realizzazione, che definitivi per la fase di esercizio, sono tali da garantire la stabilità sia dell'infrastruttura in progetto che degli elementi ad essa contigui.

La mitigazione delle interferenze prevedibili connesse alla permanenza dell'installazione delle aree del cantiere di avanzamento risulta compresa nelle operazioni di recupero ambientale dei siti al termine della fase realizzativa. Il recupero ambientale del sito avverrà secondo le seguenti modalità di intervento:

- pulizia dell'area, mediante rimozione di tutti gli elementi residui connessi alle lavorazioni eseguite;
- trattamento dello strato di terreno compattato dai mezzi di cantiere, ai lati della linea in esame, tramite aratura;
- restituzione dell'area così bonificata alla sua vocazione ante - operam. (coltivi ecc.);
- recupero ambientale della viabilità di cantiere.

Nel caso di eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti, saranno messe in atto specifiche procedure di pronto intervento, da definirsi nelle successive fasi progettuali, ed opere di bonifica, secondo i criteri e le modalità previste dalle normative in merito vigenti.

#### 4.4.3.3 Interventi di mitigazione per la tutela quantitativa delle risorse idriche sotterranee

Verranno ora sinteticamente descritti gli interventi che tendono a ridurre o eliminare del tutto gli impatti il cui effetto si esplica in modifiche più o meno sensibili dell'andamento idrodinamico dei vari sistemi acquiferi potenzialmente interferenti con l'opera in progetto.

In particolare, verranno descritte le misure di mitigazione previste per le interferenze dirette con i pozzi, in quanto lungo tutta la tratta in esame la soggiacenza della falda superficiale risulta elevata, comunque superiore a 10,00 m dal p.c. e nelle aree previste con intervento in trincea e/o Galleria Artificiale Calcinato, la soggiacenza della falda presenta valori compresi tra 20 e 30 m dal p.c. e pertanto non direttamente coinvolta dalle lavorazioni di cantiere.



### ***Pozzi***

Si sono osservati solamente 3 pozzi privati collocati sul percorso o nelle sue immediate vicinanze (<50 m dall'asse del tracciato ovvero nei cantieri) per i quali si prevede l'obliterazione in fase di costruzione dell'opera.

Per tali situazione (rappresentate nelle tabelle riportate al precedente paragrafo relativo agli Impatti sull'assetto idrodinamico e qualitativo dei sistemi acquiferi intercettati), è necessario prevedere un intervento di compensazione, che sarà costituito sostanzialmente dalla sostituzione dell'opera di captazione. Bisogna evidenziare che, qualora venga adeguatamente sigillato il pozzo da sostituire, la realizzazione di un nuovo pozzo risulta a favore della consistenza della risorsa idrica, in quanto le nuove opere di presa garantiscono la separazione delle falde (quindi tutela qualitativa e quantitativa) ed un ottimale sfruttamento dell'acquifero (tutela quantitativa).

Gli interventi di compensazione descritti si presentano, ovviamente, come risolutivi, per cui l'impatto post-mitigazione può essere considerato nullo o addirittura, in casi particolari, positivo.

Per quanto riguarda i pozzi ubicati nei dintorni del tracciato, per i quali gli impatti in fase esecutiva risultano sostanzialmente bassi o trascurabili, in funzione della maggiore o minore distanza dall'asse, si propongono unicamente interventi finalizzati alla salvaguardia qualitativa della risorsa, dettagliati successivamente.

### ***Pozzi potabili***

Lungo il tracciato non sono presenti impianti di captazione idropotabile ubicati in corrispondenza all'asse del tracciato.

Gli altri pozzi idropotabili si presentano a distanze anche rilevanti dal tracciato, per cui le interferenze possibili risultano essenzialmente a carico delle caratteristiche qualitative della falda; pertanto verranno trattate nel successivo paragrafo.



#### 4.4.3.4 Interventi di mitigazione degli impatti sulle caratteristiche qualitative delle risorse idriche sotterranee

Nel presente paragrafo vengono descritti gli interventi che consentono di minimizzare gli impatti sulle caratteristiche qualitative delle acque sotterranee, provocati da eventuali episodi di inquinamento connessi alle fasi realizzative o di esercizio dell'opera e descritti in precedenza.

Le opere di mitigazione da prevedere, allo scopo di minimizzare, in fase costruttiva, l'impatto da possibili episodi inquinanti, riguardano ambiti specifici diversi ed, in particolare:

- controllo delle attività del cantiere di avanzamento
- scelta di modalità costruttive
- monitoraggio della risorsa

#### Controllo delle attività del cantiere di avanzamento

L'elevata soggiacenza della falda permette di escludere fenomeni diretti di contaminazione tramite la percolazione degli inquinanti nel terreno; particolare attenzione dovrà comunque essere prestata nella corretta gestione delle acque di scolo, prevedendo la realizzazione di canalette impermeabilizzate o tubazioni, allo scopo di inibire i contatti con il livello di transito delle macchine operatrici. Nei casi in cui ciò non fosse possibile, è necessario prevedere che la restituzione delle acque all'ambiente avvenga tramite impianto di depurazione. Analoghe prescrizioni valgono, in vicinanza di impianti di captazione idrica (pozzi), che possono costituire veicolo di trasmissione di contaminanti in falda.

Nei casi in cui siano presenti cantieri di perforazione, per la realizzazione di pali di fondazione come nel caso del viadotto sul Fiume Chiese e sul Torrente Garza, sarà necessario osservare le norme previste per la corretta gestione dell'impianto di perforazione, effettuando adeguata pulizia delle benne e dei rivestimenti, al fine di evitare di introdurre in falda contaminanti quali lubrificanti, solventi e scorie metalliche. E' da evitare il lavaggio degli impianti con spandimento dei reflui sul terreno.

Si sottolinea peraltro che gli impatti descritti in precedenza sono relativi pressoché esclusivamente alla fase di costruzione, per cui l'eventuale alterazione qualitativa risulta temporanea e riconducibile esclusivamente al periodo di costruzione.



### Scelta delle modalità costruttive

Fra le opere, in relazione al progetto, maggiormente impattanti sulla qualità delle acque sotterranee, rientrano le perforazioni per realizzare i pali di fondazione, la realizzazione di paratie berlinesi e diaframmi per la realizzazione dei tratti in trincea ed in Galleria Artificiale. Allo scopo di minimizzare tale impatto, sarà opportuno prevedere modalità esecutive che minimizzino l'uso di addittivanti in fase di perforazione e, per quanto possibile, privilegiare l'uso di rivestimenti temporanei, piuttosto che miscele bentonitiche per sostenere le pareti degli scavi.

### Monitoraggio della risorsa

Nonostante le basse probabilità che la falda possa essere interessata da fenomeni di inquinamento legati all'attività di cantiere, si ritiene opportuno che debbano essere previsti, fra gli interventi di mitigazione, adeguati sistemi di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee, al fine di mantenere un quadro di controllo qualitativo costante sulla risorsa utilizzata a fini potabili. Si sottolinea che, in generale, i pozzi ad uso potabile captano falde confinate, separate da quelle superficiali potenzialmente interessabili da episodi di contaminazione connessi alle attività costruttive; in ogni caso, fenomeni di contaminazione delle falde profonde possono comunque verificarsi, laddove esistano pozzi non correttamente realizzati, che abbiano interrotto la continuità della separazione idraulica fra i vari acquiferi che, pertanto, possono venire a contatto, miscelando le acque lungo la colonna di produzione o l'intercapedine di tali pozzi.

La realizzazione di sistemi di monitoraggio, in tali casi, richiede adeguato approfondimento di indagine, allo scopo di ricostruire nel dettaglio l'andamento delle falde e progettare correttamente ubicazione e profondità dei punti di controllo.



## 4.5 Vegetazione, flora e fauna e usi del suolo

### 4.5.1 Premessa

Nel presente capitolo vengono analizzate le componenti *Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi*, unitamente ad un'analisi generale degli usi del suolo dell'area interessata dalla variante (comprendente i Comuni di Montirone, Ghedi, Castenedolo, Montichiari e Calcinato), al fine di determinare e valutare i potenziali impatti, a loro carico, indotti dalla costruzione e dall'esercizio dell' infrastruttura in progetto e, conseguentemente, individuare le misure di mitigazione e compensazione.

La procedura di analisi e valutazione si è svolta secondo le seguenti fasi:

- analisi dello stato attuale delle componenti ambientali, sia a livello di area vasta per un inquadramento generale delle problematiche ambientali, sia a livello di area di influenza potenziale (fascia della larghezza di m 1000 per lato rispetto all'asse della linea ferroviaria considerando l'inizio e la fine della variante di Montichiari secondo quanto indicato dagli elaborati progettuali) per una caratterizzazione puntuale delle emergenze vegetazionali, faunistiche ed ecosistemiche.
- determinazione della qualità (valore naturalistico) delle componenti, in termini di pregio e di sensibilità;
- individuazione e valutazione degli impatti potenziali (modificazione dello stato di qualità della componente) indotti, in fase di costruzione e di esercizio, dalle opere di prevista realizzazione;
- individuazione delle situazioni in cui gli impatti previsti impongono l'adozione di interventi di mitigazione, tali da ricondurre lo stato di qualità futura della componente entro la soglia di accettabilità, o comunque li suggeriscono, al fine di attenuare l'impatto e mantenere più elevata la qualità post-opera della componente.

### 4.5.2 Usi del suolo

Nel presente paragrafo si provvederà ad effettuare un'inquadramento degli usi del suolo dell'ambito territoriale analizzato, al fine di poter offrire un'analisi precisa delle caratteristiche del territorio interessato dalla realizzazione della variante di Montichiari.

L'area di analisi comprende una fascia di poco più di 14 km di lunghezza per una larghezza media di circa 2 km (per una superficie complessiva di circa 3100 ha), che va dalla linea ferroviaria Brescia – Parma che si sviluppa ad ovest del canale Cominetta, sino all'ambito del Fiume Chiese. La superficie interessata è totalmente ricompresa all'interno della Provincia di Brescia.

All'interno di questa sono state individuate le seguenti categorie di uso del suolo:

- Aree urbanizzate residenziali (comprendenti anche le aree edificate non ad uso industriale);
- Aree urbane industriali;
- Seminativi;
- Vigneti;
- Frutteti;
- Boschi e boscaglie ripariali;
- Boscaglie miste di caducifoglie;
- Filari arborei;
- Incolti – aree rinaturalizzate;
- Cave e discariche;
- Fiumi e laghi;
- Viabilità autostradale.

Per la rappresentazione cartografica delle categorie sopraesposte si rimanda alla Carta degli usi del suolo e della vegetazione.

L'area analizzata si caratterizza, come esplicitato nella tabella seguente, per la presenza dominante di aree a seminativo all'interno delle quali si inseriscono 3 elementi principali:

- Il tessuto industriale lungo la viabilità stradale principale;
- Edifici isolati a prevalente carattere agricolo – residenziale;
- Un consistente, se rapportato alle superfici considerate, numero di cave e discariche.

Essendo l'ambito agricolo quello prevalente, il territorio si contraddistingue per una fitta rete di canali e rogge lungo le quali si sviluppa una fitta rete di filari arborei che costituiscono un elemento caratterizzante il paesaggio.

Di seguito si riportano le estensioni superficiali delle categorie di uso del suolo individuate e cartografate.

Categorie di uso del suolo	Superficie (Ha)	%
Aree urbane residenziali	263.4	8.4
Aree urbane industriali	147.9	4.7
Seminativi	2463.6	78.5
Vigneti	17.9	0.6
Frutteti	18.6	0.6
Boschi e boscaglie ripariali	11.3	0.4
Boscaglie miste di caducifoglie	3.3	0.1
Filari arborei	64	2
Incolti e aree rinaturalizzate	7.5	0.2
Cave e discariche	108.5	3.5
Fiumi e Laghi	10.3	0.3
Viabilità autostradale	22.9	0.7
TOTALE	3139.2	100

Dai dati riportati risulta evidente come i seminativi, con quasi l'80% delle aree occupate costituiscono la categoria di uso del suolo assolutamente dominante.

Al fine di valutare effettivamente le superfici interessate dalla realizzazione dell'opera, si è provveduto, sulla base delle caratteristiche progettuali dell'infrastruttura a quantificarle in termini di superficie, distinguendole secondo i differenti usi del suolo (vedi tabell successiva).

Categorie di uso del suolo interessate dalla realizzazione dell'infrastruttura	Superficie (Ha)	%
Aree urbane residenziali	2.4	5.4
Aree urbane industriali	1.2	2.7
Seminativi	36.7	81.6
Frutteti	0.8	1.7
Boschi e boscaglie ripariali	0.2	0.4
Boscaglie miste di caducifoglie	0.2	0.4
Filari arborei	0.8	1.7
Cave e discariche	2.6	5.7
Fiumi e Laghi	0.1	0.2
TOTALE	45	100

Sulla base dei dati riportati in tabella si evince che la realizzazione dell'infrastruttura comporterà l'interferenza con 45 ha di suolo, di cui 36.7, pari all'81% del totale, è rappresentato da seminativi. Risultano molto inferiori le interferenze a carico delle aree delle aree urbane e delle altre categorie considerate.

#### 4.5.2.1 Riferimenti metodologici

Il metodo di indagine adottato, si basa sull'integrazione di osservazioni e rilevamenti diretti, effettuati nell'area in esame e in zone limitrofe, con indagini documentali relative all'area stessa. Si tratta quindi di un approccio metodologico in grado di evidenziare le peculiarità e le emergenze naturali, in un quadro di riferimento ambientale più complesso.

Gli aspetti floristici e vegetazionali sono stati analizzati ed evidenziati in funzione di una visione complessiva dell'ambiente, successivamente indagato come ecosistema, cioè come insieme articolato e dinamico di relazioni tra componenti naturali. Di questi aspetti sono stati posti in luce quelli significativi dal punto di vista naturalistico.

Date le caratteristiche generali del territorio in questione, in cui prevalgono nettamente le colture agrarie rispetto alla vegetazione e alla flora spontanea, quale conseguenza dello sviluppo della moderna agricoltura ed ai secolari interventi di sistemazione del territorio, le aree sono state caratterizzate in base all'uso reale del suolo e alla presenza di specie "spontanee". In altri termini, la loro identificazione è funzione della tipologia colturale e, dove ciò ha significato ed è possibile, della presenza di elementi floristico-vegetazionali scientificamente interessanti.

Nell'ambito del presente lavoro è stata redatta una carta tematica della vegetazione: "*Carta degli usi agricoli e della vegetazione naturale*" (Elab 06151-06152 SCALA 1:10000), successivamente utilizzata come strumento di lettura della distribuzione della componente nel territorio.

Le indicazioni sulla vegetazione/flora sono state tratte essenzialmente da:

- AA.VV. 2014. Studio di incidenza del PTCP di Brescia.
- AA.VV. Relazioni tecniche monitoraggio habitat nei SIC provincia di Brescia.
- Persico G. 2009. Guida alla flora del Mincio e del territorio circostante.
- Del Favero R., (a cura di), 2002: "I tipi forestali della Lombardia. Inquadramento ecologico per la gestione dei boschi lombardi" . Regione Lombardia, Progetto Strategico 9.1.6.
- Del Favero R., Andrich O., De Mas O., Lasen C., Poldini L., La vegetazione forestale del Veneto. Regione Veneto, 1-179, Venezia, 1990.



#### 4.5.2.2 Lineamenti fisiografici e vegetazionali dell'area vasta

Il territorio attraversato dalla variante di Montichiari si sviluppa prevalentemente all'interno del sistema della bassa pianura bresciana.

Dal punto di vista climatico si segnala un clima di tipo temperato-subcontinentale, con inverni rigidi ed estati calde, ed il regime pluviometrico è quello sub-litoraneo padano con due massimi nella tarda primavera ed in autunno, con il minimo assoluto d'estate in concomitanza con il massimo delle temperature. Le precipitazioni medie annue si attestano attorno agli 800 mm/anno.

Il tratto di pianura bresciana, interessata dal passaggio della variante in oggetto, si distingue per una discreta omogeneità territoriale, in cui l'attività agricola assieme a quella estrattiva costituiscono l'elemento caratterizzante il territorio.

All'interno dell'area analizzata, che si inserisce in un contesto in cui si percepisce fortemente la pressione antropica, gli unici elementi naturalistici di rilievo sono costituiti dalla vegetazione di carattere ripariale che si sviluppa attorno al fiume Chiese che rappresenta il corpo idrico principale dell'area oggetto di analisi.

#### 4.5.2.3 Vegetazione potenziale

Per vegetazione potenziale si intende la vegetazione che naturalmente tenderebbe a formarsi in un determinato luogo, indipendentemente dal disturbo passato e da eventuali processi di degradazione subiti, qualora cessasse ogni intervento antropico e purché il clima non si modifichi. Essa pertanto fa riferimento ad una situazione non necessariamente presente ma potenzialmente presente se non fossero presenti elementi di disturbo antropico.

Nell'area in esame, in termini di vegetazione potenziale, prevale la facies boschiva legata al bosco planiziale.

Si segnala comunque che rintracciare sia nell'ambito di intervento che nell'ambito dell'intera pianura padana i lineamenti naturali della vegetazione, dopo le profonde modificazioni indotte dall'uomo, è diventato senza dubbio un compito difficile.

Il climax attuale della pianura padana, ovvero lo stadio d'evoluzione più alto possibile, è indicato come *Quercus-Carpinetum boreoitalicum* (Pignatti, 1963), consorzio mesofilo con prevalenza di *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Ulmus minor* e *Fraxinus excelsior*.



Sotto la spinta della deforestazione, per creare spazi nuovi all'agricoltura, i tratti di vegetazione boschiva sono stati confinati in lembi residuali, o peggio completamente eliminati, perdendo nel complesso il vigore delle formazioni originarie, di cui mantengono parte della composizione floristica, anche se fortemente inquinata da elementi estranei, in particolar modo dalle specie arbustive termo-xerofile, richiamati dalle migliorate condizioni di illuminazione e di disponibilità di calore.

Il querceto misto, nell' ambito planiziale interessato dal progetto può articolarsi su un unico modello di potenzialità, correlato alla zona delle nebbie intense con falda mediamente superficiale. A tale tipologia corrisponde il seguente Climax:

- Climax potenziale dell'associazione *Polygonato multiflori-Quercetum roboris*.  
Si tratta di una foresta di *Quercus robur* comprendente anche *Carpinus betulus*, *Ulmus minor* ed altre specie legnose presenti negli strati arboreo ed arbustivo.  
Lo strato erbaceo è caratteristicamente rappresentato da *Polygonatum multiflorum*, *Convallaria majalis*, *Asparagus tenuifolius*, *Galeopsis pubescens*.

La fisionomia prevalente in ambito planiziale è invece un bosco degradato con dominanza dell'esotica *Robinia pseudoacacia*.

Il robinieto è diventato l'aspetto vegetale comune di siepi, bordure stradali, argini, soffocando gli alberi autoctoni, di cui si ritrova solo più qualche esemplare di *Acer campestre*, *Ulmus minor* ed a volte *Quercus robur*. Nello strato arbustivo compaiono soprattutto *Sambucus nigra* accompagnata da *Cornus mas* e *Crataegus monogyna*.

Lo strato erbaceo, molto impoverito e discontinuo, è dominato da *Brachypodium sylvaticum* e *Salvia glutinosa*.

#### 4.5.2.4 Stato della componente

In questo paragrafo vengono descritti i principali tipi di vegetazione che è possibile riscontrare nel territorio interessato, sia in termini di area vasta che di ambito di studio analizzato. L'ordine di descrizione fa riferimento al pregio naturalistico.



### 1) VEGETAZIONE ERBACEA IGROFILA

Questa formazione vegetale, connessa alle aree umide, è a sua volta distinguibile nelle categorie dotto elencate. Si segnala comunque che tra quelle riportate, quella maggiormente rappresentata, nell'ambito dell'area di analisi, è costituita dalla vegetazione delle rogge, mentre le altre categorie fanno riferimento a formazioni anche esterne all'ambito di studio ma comunque importanti dal punto di vista qualitativo ed ecologico.

#### VEGETAZIONE DEI FONTANILI

Attualmente la presenza dei fontanili è stata drasticamente ridotta dalle opere di regimazione delle acque, dalle successive bonifiche e dall'incuria dell'uomo che dovrebbe provvedere ad una ripulitura periodica dello scavo.

La vegetazione che si sviluppa sulle rive e nelle acque del fontanile risente quindi, o meglio, è regolata dalle operazioni di spurgo e di rimozione delle piante stesse.

Nelle condizioni ottimali si sviluppa un aggruppamento paucispecifico codominato da *Apium nodiflorum* e *Nasturtium officinale*.

Il cessare delle pratiche di ripulitura porta allo sviluppo di cortine di alte erbe igrofile dominate da *Typha latifolia* e *Phragmites australis*. Al perdurare dello stato di abbandono entrano specie legnose igrofile come *Salix sp.pl* e *Alnus glutinosa*. Non è infrequente la presenza di *Robinia pseudacacia*.

#### VEGETAZIONE ANNUALE DI GRETO

La vegetazione dei ghiaioni è influenzata e caratterizzata da due ordini di fattori ambientali:

- uno naturale, costituito principalmente dal regime fluviale; le variazioni periodiche di portata a cui sono soggetti i fiumi determinano uno stato di transitorietà delle formazioni vegetali: flora e vegetazione sono effimere, durano fin tanto che l'alveo sul quale sono impiantate rimane sgombro dalle acque;
- l'altro antropico, per il complesso di azioni di disturbo che interessano il greto con particolare intensità. Scarichi di macerie, rimaneggiamento del substrato per piccole prelievi di ghiaia, transiti e permanenze pedonali per attività turistico-sportive favoriscono l'instaurarsi di vegetazione di tipo ruderale e nitrofilo.

A questi si aggiunge anche l'apporto di specie infestanti le colture agrarie, i cui semi, convogliati dalle acque superficiali o trasportati dai campi circostanti, germinano successivamente sul greto.



La vegetazione è composta prevalentemente da piante erbacee; la copertura della formazione è generalmente molto bassa, soprattutto al di fuori del periodo vegetativo delle specie.

Nelle aree più inospitali la distribuzione delle specie è spesso dispersa: si ritrovano individui isolati di: *Scrophularia canna*, *Silene vulgaris*, *Oenothera biennis*, *Chaenorhinum minus* accompagnati da specie nitrofile pioniere quali: *Lepidium virginicum*, *Polygonum persicaria*, *Chenopodium album* e *Lycopersicon esculentum* e da elementi dei prati limitrofi.

Quando invece il substrato è composto anche da una frazione sabbiosa, oltre che ghiaiosa, si formano aggruppamenti abbastanza consistenti di: *Saponaria officinalis*, *Artemisia vulgaris*, *Urtica dioica*, *Galium mollugo*, *Dactylis glomerata*. Legate ad un substrato più fine ed umido sono le formazioni dominate da specie del genere *Bidens* (*B. frondosa* e *B. tripartita*). Altre specie presenti con maggiore frequenza sono: *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum lapathifolium*, *P. hydropiper*, *Lythrum salicaria*, *Xanthium italicum*, *Chenopodium album*, *Cyperus glomeratus*, *C. strigosus*, *Solidago gigantea*, *Alisma plantago-aquatica*, *Eupatorium cannabinum*, *Mentha aquatica*.

#### VEGETAZIONE PERENNE ERBACEA DI GRETO

Essa si situa in modo caratteristico sulle rive e sui terrazzi meno frequentemente interessati delle correnti fluviali di piena. La loro sommersione non è eccezionale, ma non comporta, di norma, un completo sconvolgimento del substrato, anche se sono possibili modesti fenomeni di insabbiamento.

Il suo ruolo dinamico non è univoco rispetto agli aggruppamenti legnosi a salice bianco.

Sui terrazzi intermedi e su suoli umidi, la vegetazione erbacea perenne può costituire il precursore diretto dei consorzi legnosi a salici; sui terreni tendenzialmente più asciutti, l'evoluzione spontanea del manto vegetale tende a vedere l'ingresso di specie più mesofile (nella situazione limitativa attuale si tratta in genere di *Populus canadensis*).

L'assetto floristico di queste formazioni risulta abbastanza costante nel senso che è sempre lo stesso insieme fondamentale di specie che si ripete. Si realizzano però, in dipendenza di piccole differenze edafiche o di collocazione dinamico-evolutiva, dominanze localizzate di essenze diverse.



*Agropyron repens* è la specie che meglio qualifica, anche per il suo ruolo quantitativo spesso totalizzante le situazioni più stabili delle superfici più elevate, su suolo fresco. La compagine erbacea diviene assai fitta e frequentemente ospita, in netto subordine, piccoli arbusti di *Amorpha fruticosa*, *Populus canadensis* o *Salix alba*. *Artemisia verlotorum*, *Artemisia vulgaris* e di *Tanacetum vulgare* che caratterizzano le situazioni di affermazione iniziale della copertura erbacea perenne.

Su terreni più umidi o soggetti a ristagno di acqua, si afferma, sino a costituire popolamenti quasi monospecifici, *Solidago gigantea*.

Nella frangia alto-erbacea che circonda le formazioni arbustive od arboree, tende ad affermarsi con ruolo dominante *Urtica dioica*.

La presenza floristica, in tutti i casi, è ripetitiva e risulta caratterizzata dalla presenza delle essenze seguenti: *Poa trivialis*, *Hypericum perforatum*, *Achillea millefolium*, *Sambucus ebuks*, *Aristolochia clematitis*, *Helianthus tuberosus*, *Typhoides arundinacea*, *Oenothera biennis*, *Cynodon dactylon*, *Melilotus alba*, *Sorghum halepense*, *Saponaria officinalis*, *Verbena officinalis*, *Daucus carota*, *Lactuca serriola*, *Rumex crispus*, *Torilis arvensis*, *Verbascum thapsus*, *Verbascum biattaria* e *Plantago lanceolata*.

Il contingente di specie annue comprende tutte le entità più comuni legate alla vegetazione effimera dei greti; in sintesi, possono essere richiamate le seguenti specie: *Xanthium italicum*, *Echinochloa crus-galli*, *Chenopodium album*, *Lepidium virginicum*, *Amaranthus sp.pl.*, *Erigeron annuus* e *Conyza candensis*. Altre specie annue compaiono invece prevalentemente in questo ambiente, come ad esempio *Galium aparine*, *Barbarea vulgaris*, e *Ambrosia artemisiifolia*.

#### **CANNETI E BORDURE PALUSTRI**

I Canneti e le Bordure palustri sono consorzi di alte erbe igrofile dominati da *Phragmites australis*, che tende a formare, nelle condizioni ottimali, consorzi monospecifici. La specie si insedia in terreni con acqua affiorante dove forma in pochi anni aggruppamenti densi.

I canneti possono essere ricondotti a tre tipologie principali:



- canneti in cortina, che formano le bordure palustri longitudinalmente al corso d'acqua, dove non raggiungono mai ampiezze maggiori di 8-10 metri. La composizione floristica annovera poche specie propriamente palustri mentre si rileva la forte ingressione di specie infestanti le colture circostanti come *Artemisia vulgaris*, *A. verlotorum*, *Solidago gigantea*, *Solanum nigrum*, *Polygonum hydropiper*, *P. persicaria*, *P. lapathifolium*, *Convolvulus arvensis*. Il canneto di questo tipo, per la forte presenza di specie estranee, non presenta caratteristiche ben definite di formazione naturale e assume piuttosto un significato di transizione tra la vegetazione acquatica e quella infestante;
- canneti di modesta estensione che si sviluppano a mosaico con aspetti naturali di vegetazione arborea a legno dolce (*Salix* sp.pl.) e vegetazione acquatica. Sono in genere formazioni di modesta estensione e discontinui, ma le condizioni di sviluppo permettono il raggiungimento di una maggiore naturalità data dalla dominanza più netta della cannuccia che forma aggruppamenti paucispecifici. Queste formazioni in assenza di sfalci evolvono verso le formazioni arbustive ed arboree del Saliceto e in particolari condizioni dell'Ontaneto;
- canneti di grande estensione dominati da *Phragmites australis*. Si tratta di formazioni spesso omogenee su vasta estensione grazie alla presenza di costanti interventi di sfalcio. Ai margini dell'aggruppamento, si nota la penetrazione di specie diverse come *Typha shuttleworthii*, *Typha latifolia*, *Lythrum salicaria*, *Schoenoplectus lacustris*, *Rumex hydrolapathum*. La continuità spaziale e la presenza di elementi di pregio floristico permettono di dare a queste formazioni un buon valore naturalistico.

#### VEGETAZIONE DELLE ROGGE

Tutta la pianura Padana, come l'area di studio, è solcata da innumerevoli corsi d'acqua di grandi e piccole dimensioni indispensabili per l'apporto di acque di irrigazione alle colture. Nei corpi d'acqua di maggiori dimensioni, dove l'acqua raggiunge una certa profondità, l'aspetto strutturale della vegetazione sommersa è costituito da una copertura discontinua, formata da isole vegetali più o meno grandi. Tra le isole vi sono canali privi di vegetazione, perché l'acqua veloce impedisce l'instaurarsi di formazioni vegetali.



Le specie più comunemente osservabili sono: *Ranunculus fluitans*, *R. aquatilis*, diverse specie di *Callitriche*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Potamogeton nodosus*, *Vallisneria spiralis*, *Lagarosiphon major* e *Lemna minor* nelle zone in cui la corrente risulta smorzata o deviata.

La vegetazione ripariale, sempre ridotta a fasce profonde al massimo poco più di un metro, è ubiquitariamente presente lungo i fossi e le rogge. Sulle banchine fangose si affermano popolamenti compatti e paucispecifici dominati dalle specie del genere *Polygonum* accompagnate da *Bidens frondosa*. Nelle zone di bordura la vegetazione ha sempre una copertura abbastanza elevata e si presenta molto più ricca dal punto di vista floristico. Vi compaiono generalmente le seguenti specie: *Carex elata*, *C. riparia*, *bis pseudacorus*, *Typhoides arundinacea*, *Ranunculus ficaria*, *Polygonum hydrolapathum*, *P. hydropiper*, *Phragmites australis*, *Myosoton aquaticum*, *Urtica dioica*, *Sparganium erectum*, *Lysimachia vulgaris*, *Typha latifolia*, *Symphytum officinale*, *Mentha aquatica*, *Humulus lupulus*, *Eupatorium cannabinum*, *Equisetum telmateja*, *Juncus effusus*, *Rubus caesius*. In questo ambito compaiono frequentemente specie infestanti legate alle colture primaverili ed estivo-autunnali largamente coltivate in pianura. Spesso si ritrova anche un contingente di specie legnose igrofile costituite da esemplari sparsi di *Salix alba*, *S. purpurea*, *S. viminalis*, *S. fragilis* e *Alnus glutinosa*.

## 2) BOSCHI E BOSCAGLIE RIPARIALI

Questa formazione vegetale, connessa alle sponde di fiumi e canali, risulta maggiormente rappresentata nell'ambito dell'area di studio dal saliceto di salice bianco.

### BOSCHI CON SALICE BIANCO

I Saliceti a *Salix alba* costituiscono la tipica boscaglia ripariale che contorna, in estensioni più o meno continue e ampie, tutti i fiumi della Pianura Padana. Le caratteristiche proprie di *Salix alba* permettono a questa cenosi di insediarsi su suoli soggetti ad inondamento stagionale ed anche più o meno intensamente rimaneggiati dalle correnti fluviali con l'apporto o l'erosione dei materiali del substrato. La rapidità di accrescimento permette ai salici di ricostituire rapidamente le coperture legnose sfondate dalle ondate di piena.



Si tratta di cenosi legnose con struttura semplificata dominate da uno strato arboreo di altezza generalmente modesta (10-14 m) e con copertura sempre inferiore al 50%. Gli alberi risultano spesso coetanei e difficilmente si realizza una stratificazione della componente arbustiva. Questi hanno, nel saliceto chiuso, una presenza modesta mentre possono assumere un ruolo quantitativamente importante ai bordi e nelle chiarie. Lo strato erbaceo ha coperture notevoli ed è costituito da specie di elevata statura.

Nello strato arboreo è sempre decisamente dominante *Salix alba* accompagnato in subordine da *Populus canadensis* e da *Salix fragilis*.

Lo strato arbustivo è povero e comprende *Salix alba*, ove vi sia rinnovo di questa pianta, *Sambucus nigra*, *Cornus sanguinea*, infine *Amorpha fruticosa* e *Rubus sp.pl.* soprattutto in posizione marginale.

Lo strato erbaceo è in genere dotato di una copertura assai elevata. Il contingente specifico è molto ripetitivo e attinge in gran parte alla vegetazione perenne dei greti. Esso è anche legato, a quella igrofila e palustre. Le specie presenti quasi costantemente sono *Urtica dioica*, *Erigeron annuus*, *Conyza canadensis*, *Rumex crispus*, *Chenopodium album*, *Rumex conglomeratus*, *Agropyron repens*, *Solidago gigantea*, *Polygonum hydropiper*, *Galium aparine*, *Helianthus tuberosus*, *Aristolochia clematidis*, *Artemisia verlotorum*, *Artemisia vulgaris* e *Parietaria officinalis*.

Il saliceto a *Salix alba* possiede un certo pregio naturalistico che deriva dal suo buon inserimento nel contesto vegetazionale naturale della pianura, dove ha una collocazione ecologica ben definita.

Il saliceto non è certamente caratterizzato oggi da condizioni di rarità. In genere, esso non presenta nella sua situazione più tipica un pregio floristico notevole, in quanto è dominato da specie comuni od addirittura banali. Tale prerogativa è, invece, più comunemente propria ai saliceti capitozzati interni rispetto al fiume, che rappresentano però una creazione artificiale.



### 3) BOSCAGLIE MISTE DI CADUCIFOGLIE

La vegetazione forestale, nell'area indagata, occupa nel complesso una superficie decisamente ristretta; i nuclei boscati risultano talmente limitati in termini di estensione superficiale che sembra più opportuno parlare di boscaglie. Queste formazioni sono costituite talvolta da individui di *Quercus robur* associati a *Populus canadensis*, *Populus alba*, *Ulmus minor*, *Ailanthus altissima* e *Robinia pseudacacia* la cui presenza è correlabile con la persistenza di ceduzioni a carico di tale specie. Lo strato arbustivo vede talvolta l'ingresso di specie quali *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *C.mas*, *Rubus ulmifolius*, *Sambucus nigra* e *Ligustrum vulgare*. Più spesso, invece, le boscaglie miste vedono la presenza dominante di *Robinia pseudacacia* che è una pianta nordamericana importata in Italia in età moderna che si è diffusa moltissimo in tutta la pianura costituendo una componente quasi ubiquitaria delle siepi, quando queste ancora esistono. Il bosco di robinia si è affermato per la grandissima capacità pollonifera di questa specie, che garantiva un reddito discreto in seguito a ceduzioni a turno frequente, finalizzate alla produzione di pali e soprattutto di legna da ardere. In queste formazioni, nello strato arbustivo compaiono *Sambucus nigra* (che è certamente il più comune), *Crataegus monogyna*, *Rubus ulmifolius* e *Cornus sanguinea*. La coltre erbacea non è in genere molto fitta e comprende *Rubus caesius*, *Stellaria media*, *Poa trivialis*, *Viola odorata*, *Parietaria officinalis*, *Urtica dioica*, *Agropyron repens*, *Dactylis glomerata* e *Glechoma hederacea*. Essendo il robinieto una formazione vegetale secondaria, dominata da una essenza esotica invadente, esso non presenta, in genere, un buon valore naturalistico.

### 4) FILARI ARBOREI E SIEPI

Con questo termine si vogliono indicare le formazioni vegetali di minima estensione che si possono rinvenire in tutto il territorio, al margine dei campi, lungo le strade e lungo i canali. Nell'ambito dell'area analizzata queste tipologie costituiscono indubbiamente l'elemento caratterizzante la componente.

Dal punto di vista naturalistico sono molto utili perché forniscono ospitalità ad uccelli e a piccoli mammiferi ed offrono con i loro frutti, in autunno e in inverno, cibo ai volatili: rappresentano inoltre un rifugio per le specie erbacee spontanee scacciate dalle aree agricole.

La componente legnosa è spesso rappresentata da essenze esotiche insediatesi spontaneamente o da specie di derivazione colturale residuo di impianti o di filari.

I filari sono o monospecifici o costituiti da individui appartenenti per lo più a poche specie: generalmente si tratta di *Robinia pseudacacia* (specie prevalente), *Populus nigra var. italica*, *Platanus hybrida*, *Morus alba* e *Tilia cordata*.

L'importanza di questi elementi lineari di vegetazione è diversa in base alla funzione che si considera; possiamo, infatti considerarli in funzione del valore botanico, paesaggistico- storico, ecologico-ambientale-strutturale:

- Valore botanico: è pressoché nullo, poiché si tratta di specie esotiche, o di ibridi di origine non spontanea. Solo nella siepe di scarpata intervengono in piccola misura piante ed arbusti nostrani.
- Valore paesaggistico-storico: deve essere attribuito sia ai filari di gelsi, sia ai filari di pioppi cipressini, che già da qualche secolo, caratterizzano il paesaggio padano.
- Valore ecologico-ambientale: questo è legato alla struttura della siepe; è massimo nelle siepi formate da alberi ceduati (e quindi cespitosi), soprattutto se questi sono messi in doppia fila e accompagnati da cespugli. E' invece basso per quei filari monospecifici in cui gli alberi sono alti, oppure capitozzati, con la base del tronco completamente nuda ed il terreno sgombro e occupato dalle coltivazioni.

#### 5) INCOLTI E AREE RINATURALIZZATE

Questa tipologia compare sia in estensioni discrete, in corrispondenza di superfici agricole abbandonate da un numero variabile di anni o di terreni smossi, che su superfici più modeste, come le fasce erbose presenti lungo le strade.

In questa tipologia si è fatta rientrare anche la vegetazione insediatasi in alcune aree limitrofe alle infrastrutture stradali come l'autostrada dove solo poche specie pioniere sono riuscite a colonizzare l'ambiente.

Il pregio naturalistico, in termini flogistici, risulta molto basso per il forte contingente esotico presente e per la banalità e ripetitività di tali aggruppamenti.

#### 6) VEGETAZIONE INFESTANTE LE AREE AGRICOLE

Con questo termine vengono indicati gli aggruppamenti vegetali che si associano alle colture sia legnose (frutteti e vigneti), che erbacee (coltivazione primaverili ed estivo-autunnali).

Si tratta in tutti i casi di una vegetazione il cui sviluppo risulta fortemente ostacolato dal succedersi delle pratiche agricole di diserbo, che mirano a contenere, per quanto possibile, lo sviluppo delle specie estranee alla coltura in atto.



Per quanto attiene la vegetazione infestante le colture autunno vernine si segnala *Cynodon dactylon*, *Agropyron repens*, *Rumex obtusifolius*, *Rumex crispus*, *Sorghum halepense*, *Convolvulus arvensis* e *Calystegia sepium*.

Con riferimento alla vegetazione infestante le colture annuali primaverili le specie sono costituite da graminacee resistenti al diserbo quali *Echinochloa crus-galli* e *Panicum dichotomiflorum*. tuttavia nelle zone tipiche di coltivazione del mais si possono riscontrare numerose altre specie quali: *Digitaria sanguinalis*, *Galinsoga parviflora*, *G. ciliata*, *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea*, *Polygonum persicaria*, *Polygonum lapathyfolium*, *Amaranthus chlorostachys*, *Chenopodium polyspermum*, *Chenopodium album*.

Per quanto riguarda invece la vegetazione infestante i vigneti e i frutteti, l'ambiente formato dalle coltivazioni legnose determina formazioni vegetali un po' particolari in cui solo lo strato erbaceo, costituito dalla vegetazione commensale, rappresenta l'elemento più o meno naturale. A differenza delle altre colture erbacee, la vegetazione commensale dei frutteti e dei vigneti non segue il ciclo biologico della pianta coltivata.

Nelle aree poco curate dal punto di vista delle pratiche colturali è possibile assistere alla comparsa di specie ruderali quali: *Artemisia vulgaris*, *A. campestris*, *Plantago major*, *P. lanceolata*, *Verbena officinalis*, *Taraxacum officinale*.

In seguito al diserbo chimico si assiste, generalmente, alla grande diffusione di specie con apparati radicali profondi come: *Cynodon dactylon*, *Agropyron repens*, *Rumex obtusifolius*, *Convolvulus arvensis*.

## 7) VEGETAZIONE INFESTANTE LE AREE URBANIZZATE E E DISCARICHE

Si tratta della tipologia vegetazionale di minor pregio, riscontrabile nelle aree a forte e media antropizzazione (aree industriali e aree urbane – intendendo con queste ultime sia i nuclei abitati sia le cascine isolate).

Le aree calpestate ospitano popolamenti riferibili alla classe Plantaginetea majoris, caratterizzate dalla presenza di *Plantago major* e *Polygonum aviculare*.

I muri ospitano anch'essi una vegetazione caratteristica facente capo alla classe Parietarietea judaicae, caratterizzati da *Parietaria judaica* e *Cymbalaria muralis*, tipiche dei vecchi muri.

Per quanto attiene le discariche, si segnala che esse talvolta sono ripristinate a verde, con inerbimenti sui gradoni e messa a dimora di specie a pronto effetto che hanno lo scopo di migliorare la percezione visiva degli impianti.

L'incidenza delle predette tipologie di vegetazione è espressa di seguito, in termini assoluti e relativi per l'ambito di analisi considerato.

#### 4.5.2.5 Localizzazione delle interferenze dell'opera sulla componente

Le tipologie vegetazionali individuate nel precedente paragrafo, sono di seguito messe in più stretta correlazione con il territorio indagato.

Relativamente alla fascia d'indagine dei 1000 m in asse al tracciato ferroviario, si riporta, oltre al riepilogo generale in forma di tabella con la superficie delle diverse categorie presenti nell'area di indagine e interferite dall'opera in progetto, anche una dettagliata descrizione delle aree in cui sono previste le interferenze a carico della componente.

In via preliminare si segnala che l'influenza antropica sul territorio che restituisce un'area prevalentemente a vocazione agricola con forte presenza di aree industriali e cave/discariche, non consente la presenza diffusa di elementi vegetazionali di particolare pregio naturalistico. A seguito delle condizioni dello stato di fatto, risulta evidente che le interferenze a carico della componente risultano di scarsa entità.

Tipologie di vegetazione	Superficie (Ha)	%
Boschi e boscaglie ripariali	11.3	0.4
Boscaglie miste di caducifoglie	3.3	0.1
Filari arborei	64	2
Incolti e aree rinaturalizzate	7.5	0.2
Vegetazione infestante le aree agricole - seminativi	2486.5	79.2
Vegetazione infestante le aree agricole - vigneti	17.9	0.6
Vegetazione infestante le aree agricole - frutteti	18.6	0.6
Vegetazione infestante le aree urbanizzate - industriali e discariche	519.8	16.6
Fiumi e Laghi	10.3	0.3
TOTALE	3139.2	100

Come si desume dalla tabella, la vegetazione delle aree agricole (seminativi) risulta decisamente dominante, raggiungendo valori di poco inferiori all'80% del complesso.



Da segnalare, inoltre, il notevole sviluppo dei filari arborei che si insediano lungo la viabilità interpoderale e le rogge e i canali. Questi elementi costituiscono l'elemento primario tra la vegetazione arborea, se si confrontano i valori delle boscaglie ripariali e quelle miste di caducifoglie. In accordo al livello di antropizzazione del territorio, la vegetazione infestante le aree urbanizzate e industriali risulta l'elemento dominante dopo la vegetazione infestante i seminativi.

Nel dettaglio, procedendo da ovest verso est lungo il tracciato della variante di prevista realizzazione, si descrivono le differenti categorie di uso del suolo e relativa vegetazione, con le eventuali emergenze connesse, interferenti con la variante ferroviaria.

#### **Da pK 86+995 a pK 87+700:**

Il tratto considerato interferisce inizialmente con un'area agricolo – residenziale per proseguire nei successivi 500 m su aree agricole. Alla pK 87 si segnala la Fontana Caminetta che presenta una galleria alberata e filari di gelsi sparsi nell'area occupata dal cantiere armamento. In corrispondenza della pK 87+600 viene lambita un'area industriale di limitate dimensioni e successivamente inizia l'affiancamento e l'attraversamento di un'area attualmente adibita ad attività estrattive. In questo tratto non si segnalano interferenze sensibili con aree di pregio dal punto di vista vegetazionale.

#### **Da pK 87+700 a pK 88+100:**

Questo tratto è caratterizzato dall'interferenza con un'area attualmente utilizzata per attività estrattiva e, nell'intorno della pK 88 dall'interferenza con viabilità esistente. Anche in questo tratto non si segnalano interferenze sensibili con aree di pregio dal punto di vista vegetazionale.

#### **Da pK 88+100 a pK 89+900:**

Questo tratto interferisce per i primi 600 m circa aree a seminativo e la linea ferroviaria passa a nord della nucleo agricolo residenziale Cascina Fienil Nuovo. In corrispondenza della pK 88+700 si segnala l'interferenza con un filare arboreo che si sviluppa lungo la viabilità interpoderale esistente. All'altezza della pK 89+000 si segnala l'attraversamento della Fontana Prandoni sulla quale si affaccia un abitato agricolo residenziale per il quale dovrà essere prevista la demolizione. Anche in questo tratto il tracciato della linea interferisce con filari arborei presenti. In corrispondenza della pK 89+900 si segnala l'interferenza con la cascina Quarti di Sopra.



### Da pK 89+900 a pK 91+600:

In questo tratto il tracciato si sviluppa su seminativi, sino ad incontrare, in corrispondenza della pK 90+400 i filari arborei, costituiti prevalentemente da robinia, che si sviluppano lungo il Torrente Garza, che si ricorda essere vincolato secondo D.lgs. 42/2004. In corrispondenza della pK 91+600 si segnala ancora un'interferenza con un abitato a carattere residenziale. In questo tratto le interferenze a carico della componente vegetazionali sono da considerarsi di livello trascurabile.

### Da pK 91+600 a pK 93+100:

In questo tratto la linea si sviluppa su aree attualmente utilizzate a seminativo con modeste interferenze a carico di filari arborei in corrispondenza della pK 92+400 e delle pK 93+100 in prossimità della cascina Rodenga ove dovrà essere abbattuto un doppio filare di Pioppo cipressino al quale si possono attribuire maggiori valenze paesaggistiche che naturalistiche. Inoltre a sud del doppio filare di pioppi cipressini c'è un doppio filare di gelsi. Anche in questo tratto non si segnalano comunque particolari emergenze dal punto di vista vegetazionale.

### Da pK 93+100 a pK 94+500:

In questo tratto, sino alla pK 93+850 circa la linea si sviluppa su aree attualmente utilizzate a seminativo con modeste interferenze a carico di filari arborei in corrispondenza della pK 93+500. A partire dalla 93+850 sino alla strada statale l'opera di prevista realizzazione interferisce con un'area industriale che si sviluppa lungo la SS 236 del Goitese.

### Da pK 94+500 a pK 97+000:

In questo tratto la linea ferroviaria si sviluppa su aree a seminativi interferendo puntualmente con i filari che si sviluppano lungo le rogge presenti nel tratto descritto ed in particolar modo in corrispondenza della pK 95+450, 95+700, 96+250, 96+400, 96+600. I filari sono a dominanza di robinia e nel complesso l'interferenza a carico della componente può giudicarsi di livello basso.

### Da pK 97+000 a pK 97+800:

In questo tratto la linea si sviluppa su seminativi sino alla pK 97+200 circa (in prossimità dell'antica idrovora) e successivamente attraversa un'area di cava e discarica parzialmente sistemata a verde. In corrispondenza della pK 97+800 si segnala la vicinanza della Cascina Cotelli.



#### Da pK 97+800 a pK 99+100:

In questa porzione di tracciato, oltre ad aree a seminativo e all'attraversamento del canale Naviglio si segnala l'interferenza con frutteti collocati in prossimità dell'autostrada A 4 Torino – Trieste. Si riscontra inoltre un filare di gelsi e lungo il Fosso Maggiore un filare di robinie e bagolari.

#### Da pK 99+100 a pK 99+900:

Questa porzione di tracciato si caratterizza per l'attraversamento dell'autostrada A4 Torino – Trieste e per l'affiancamento a nord con l'asse autostradale. Non si segnala in questo tratto nessun tipo di emergenza di carattere vegetazionale.

#### Da pK 99+900 a pK 101+107:

All'inizio di questo tratto si segnala un'interferenza con una modesta superficie di boscaglia di latifoglie tra la pK 99+900 e la pK 100+000, e impatti a carico della vegetazione a carattere ripariale presente lungo le sponde del Fiume Chiese, lungo il quale si riscontrano figli e pioppi. Rispetto agli altri tratti analizzati, questa porzione di tracciato è quella che presenta maggiori criticità nei confronti della componente.

#### 4.5.2.6 Valutazione della componente

La valutazione della componente Flora e Vegetazione è stata condotta utilizzando due indicatori: i livelli di naturalità ed i livelli di sensibilità.

A partire da questi elementi, è stato calcolato il pregio vegetazionale (*indice di qualità*) della vegetazione naturale riscontrata nelle aree oggetto di studio.

#### 4.5.2.7 Attribuzione dei livelli di naturalità

Il principale indicatore utilizzato è il *grado di naturalità*, che rappresenta un indice dello stato della vegetazione, basato su giudizi che consentono di ottenere una scala gerarchica di qualità ambientale della vegetazione esaminata.

Considerando che il grado di impatto esercitato dall'opera sulla componente *vegetazione e flora* è direttamente proporzionale al suo grado di naturalità, l'attribuzione dei livelli di naturalità sta alla base delle successive definizioni delle aree critiche.



La classificazione del livello di naturalità, ripresa dall'originaria classificazione di Ubaldi (1978), è la seguente:

Livello	Naturalità	Tipologie vegetazionali
1	Naturalità molto alta	Boschi, cespuglieti e praterie di tipo climacico. Stadi boschivi, cespugliosi o erbacei di tipo durevole, in ambienti limitanti. Nessun prelievo o prelievi di scarsa entità. Vegetazione di ambienti limitanti. Ambiti protetti
2	Naturalità alta	Boschi, cespuglieti con struttura prossima a quella naturale ma regolarmente utilizzati, alterazioni contenute, nessuna introduzione di specie, oppure con introduzione di specie non incongrue col naturale dinamismo della vegetazione. Boschi cedui, fustaie colturali di specie spontanee, piantagioni di castagno in boschi di latifoglie
3	Naturalità media	Praterie cespugliate e cespuglieti ottenuti da regressione della vegetazione forestale, oppure stadi di ripresa verso la foresta. Boschi degradati o aperti, con copertura inferiore al 30 %
4	Naturalità bassa o non significativa	Colture agrarie. Prati da fieno e pascoli permanenti, castagneti regolarmente curati, piantagione massiccia di conifere in boschi di latifoglie, fustaie colturali di specie esotiche, colture agrarie di recente abbandono. Aree urbanizzate, con vegetazione ruderale

In base ai livelli di naturalità sopra citati, per l'area di studio emergono le seguenti valutazioni:

Tipologie vegetazionali	Naturalità
Boschi e boscaglie riparali	Alta (2)
Boschi misti di caducifoglie	Media (3)
Filari arborei	Media (3)
Incolti e aree rinaturalizzate	Media (3)
Vegetazione delle aree agricole	Bassa (4)
Vegetazione delle aree urbanizzate industriali e discariche	Bassa (4)

#### 4.5.2.8 *Attribuzione dei livelli di sensibilità*

Il grado di sensibilità è funzione della capacità ricettiva della componente nei confronti di un determinato fattore di impatto: quanto più un ricettore o un'area è sensibile, tanto più le interferenze indotte dall'infrastruttura in progetto possono causare una riduzione dello stato di qualità attuale.

La determinazione del grado di sensibilità, quindi, definita sulla base delle caratteristiche di ogni settore del territorio, costituisce elemento sulla base del quale identificare e valutare gli impatti potenziali.

In base ai gradi di naturalità ed ai parametri individuati è stata costruita la seguente legenda che definisce la sensibilità ambientale facendo riferimento ai tipi vegetazionali riscontrati nell'area e alla loro condizione:

Livello	Sensibilità	Tipologie vegetazionali
1	Sensibilità molto alta	Boschi con dominanza di essenze autoctone, boschi di ripa
2	Sensibilità alta	Fasce boscate con buona copertura e varietà floristica
3	Sensibilità media	Prati e praterie post-colturali, cespuglieti, filari e fasce arboree a scarsa copertura o a specie esotiche dominanti lungo rogge e margini poderali, ambienti di greto e stagni di cava naturalizzati
4	Sensibilità bassa	Aree a seminativo e colture specializzate: rimboschimenti con conifere, pioppeti, vigneti e frutteti. Aree urbane

Nell'individuazione delle aree sensibili, riveste una notevole importanza l'indicatore della rarità, che segnala le emergenze floristiche legate sia alle singole specie sia ad ambienti particolari. In base ai livelli di sensibilità sopra citati, per l'area di studio emergono le seguenti valutazioni:

Tipologie vegetazionali	Sensibilità
Boschi e boscaglie riparali	Molto alta (1)
Boscaglie miste di caducifoglie	Alta (2)/Media (3)
Filari arborei	Media (3)
Incolti e aree rinaturalizzate	Bassa (4)
Vegetazione delle aree agricole	Media(3)/Bassa (4)
Vegetazione delle aree urbanizzate, industri e discariche	Bassa (4)

#### 4.5.2.9 *Attribuzione dei livelli di pregio*

In base ai predetti livelli di naturalità e sensibilità, sono stati attribuiti i seguenti indici di qualità delle diverse tipologie vegetazionali individuate.

Tipologie vegetazionali	Naturalità	Sensibilità	Indice di qualità vegetazionale
Boschi e boscaglie riparali	Alta (2)	Molto alta (1)	Alta (1)
Boscaglie miste di caducifoglie	Media (3)	Alta (2)/Media (3)	Media (2)
Filari arborei	Media (3)	Media (3)	Media (2)
Incolti e aree rinaturalizzate	Media (3)	Bassa (4)	Bassa (3)
Vegetazione delle aree agricole	Bassa (4)	Media(3)/Bassa (4)	Bassa (3)
Vegetazione delle aree urbanizzate, industriali e discariche	Bassa (4)	Bassa (4)	Bassa (3)

Tale indice di qualità è stato rapportato alle superfici delle aree di indagine:

## AMBITO TERRITORIALE DELLA LINEA FERROVIARIA

Livelli	Indice di qualità	Superficie (Ha)	%
1	Qualità alta	11.3	0.4
2	Qualità media	67.3	2.1
3	Qualità bassa	3060.6	97.5
	TOTALE	3139.2	100

Assolutamente dominanti risultano le formazioni vegetali di qualità bassa, ricollegabili alla flora infestante delle aree agricole e delle aree urbanizzate.

Anche se in termini assoluti poco significativa, la qualità media (legata ai boschi di caducifoglie e ai filari arborei) è la dominante tra la vegetazione naturale non infestante.

Scarsamente diffuse, invece, sono le specie alle quali è stata attribuita una qualità alta, riconducibili alle cenosi tipiche degli ambienti umidi e riparati.

### 4.5.3 Fauna

#### 4.5.3.1 Riferimenti metodologici

L'analisi della componente faunistica si è incentrata in primo luogo sull'individuazione dei principali gruppi sistematici e sulla loro valutazione in termini di possibili indicatori significativi della condizione ecologica dell'area. Successivamente, sono state individuate e descritte delle unità faunistico-territoriali, omogenee dal punto di vista del popolamento animale, che nel caso in esame, è apparso opportuno far coincidere con le unità vegetazionali. La fauna è stata, infatti, studiata e classificata, in base ai tipi di ambiente frequentato. I dati di presenza o di frequentazione delle diverse specie, sono stati riferiti alle singole unità faunistiche, ed espressi in termini di diffusione, rarità e diversificazione.

Al fine di condurre l'analisi della componente faunistica, si è proceduto alla ricerca di tutte le notizie utili a definirne la presenza, lo status, nonché la potenzialità, a partire da quanto già presente in bibliografia e precedenti lavori, approfondendo dove necessario le informazioni note.



Per far questo, oltre ad utilizzare dati pubblicati o relazioni consultabili, sono stati effettuati sopralluoghi onde verificare i risultati e le considerazioni desunte. In tal senso è stata posta particolare attenzione alle situazioni ritenute più critiche ed alle aree che rappresentano siti peculiari per la fauna.

Dato il carattere delle informazioni e delle osservazioni disponibili, la fauna dell'area in esame è stata descritta in funzione degli ambienti, in termini di potenzialità di presenza e frequentazione, o di presenza effettiva, laddove possibile, senza fornire dati di tipo quantitativo, poiché non disponibili.

Le indicazioni sulla fauna sono state tratte essenzialmente da:

- AA.VV. 2014. Studio di incidenza del PTCP di Brescia.
- AA.VV. Relazioni tecniche monitoraggio della fauna nei SIC provincia di Brescia.
- Bernini et al., 2004. Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Lombardia.
- Bogliani et al., 2007. Rete Ecologica della Pianura Padana Lombarda.
- Brichetti e Fasola, 1990. Atlante degli Uccelli nidificanti in Lombardia.
- Brichetti, P. e Gargioni, A. (2004). Atlante degli uccelli nidificanti nella "bassa" pianura lombarda (Italia Settentrionale). Natura Bresciana. Ann. Mus. Civ. Sc. Nat., Brescia 34: 41-120.
- Fornasari et al., 1992. Atlante degli Uccelli svernanti in Lombardia.
- Fornasari & Villa (eds), 2001. La fauna dei Parchi lombardi. CD-Rom. Regione Lombardia.
- Prigioni et al., 2001. Atlante dei Mammiferi della Lombardia.
- Rubolini et al., 2002-2006. Censimento annuale degli Uccelli acquatici svernanti il Lombardia (IWC).
- Tosi, Martinoli, Preatoni, Cerabolini & Vigorita - Foreste e biodiversità faunistica in Lombardia – Monitoraggio e conservazione della fauna forestale (Galliformi e Mammiferi) - (eds), 2003. Regione Lombardia – D.G.



#### 4.5.3.2 Stato della componente

Lo stato attuale della componente fauna è notevolmente influenzato dalla matrice agricola dell'area indagata. La relativa monotonia dell'ambiente e la scarsità degli habitat più idonei a costituire aree di stazionamento, alimentazione e riproduzione degli animali, determinano una generale scarsa varietà faunistica, ad eccezione dell'ambito fluviale e ripariale, che costituiscono rifugio per una significativa avifauna.

#### **Erpetofauna**

Nel caso degli Anfibi, per quanto riguarda le Rane verdi, si considera un raggruppamento complex. Questa scelta deriva dal fatto che in Europa vi sono tre tipi di Rane verdi: *Rana ridibunda*, *Rana lessonae* e *Rana esculenta*, ma la sistematica di questo gruppo e le sue interrelazioni non sono ancora state chiarite. *Rana lessonae* è la più recente come specie riconosciuta. L'incrocio tra *Rana lessonae* e *Rana ridibunda* genera la *Rana esculenta*, tuttavia alcune popolazioni di *Rana esculenta* sono in grado di riprodursi con successo con ciascuna delle specie genitrici, contrariamente a quanto avviene di solito nelle gran parte di popolazioni ibride. Questa situazione, connessa pare a particolari meccanismi cromosomici, genera quindi una sostanziale difficoltà nell'identificazione delle specie; pertanto si ritiene maggiormente corretto considerare le entità appartenenti alle Rane verdi come gruppo complex.

Tra le specie maggiormente significative si segnala la potenziale presenza di: Rospo comune (*Bufo bufo*), Rospo smeraldino (*Bufo viridis*), Raganella (*Hyla arborea*), Rana agile (*Rana dalmatica*), Rane verdi (*Rana esculenta complex*), Ramarro (*Lacerta viridis*), Lucertola dei muri (*Podarcis muralis*), Orbettino (*Anguis fragilis*), Biacco (*Coluber viridiflavus*, ) Colubro liscio (*Coronella austriaca*), Colubro di Esculapio (*Elaphe longissima*), Biscia dal collare (*Natrix natrix*)

#### **Ornitofauna**

Per quanto riguarda la fauna ornitica, l'elenco sistematico è corredato dalla fenologia delle specie. Tale fenologia è espressa secondo un terminologia standardizzata in campo ornitologico e, nel caso particolare, si è fatto riferimento alla Check list degli uccelli nidificanti in Lombardia aggiornata al 1988 (Brichetti 1989).

Il significato delle categorie fenologiche è di seguito riportato.

Sedentaria o stazionaria (S)



E' la specie che si trattiene tutto l'anno in un determinato territorio, tollerando i mutamenti stagionali e portandovi a termine il ciclo riproduttivo. Può compiere erratismi verso zone vicine oppure dai monti verso il piano (erratismi verticali), soprattutto al sopraggiungere della cattiva stagione. Una specie all'interno del suo areale distributivo può avere popolazioni completamente sedentarie od anche migratrici, comportando un arricchimento periodico con individui migratori con specifici in transito.

#### Migratrice (M)

E' la specie che non risiede stabilmente nell'area considerata, ma vi transita in primavera o in autunno, senza nidificare. La sua presenza può essere regolare (in questo caso non si indica un'ulteriore specifica), irregolare (irr) o, se molto sporadica, accidentale (acc).

#### Estiva (E)

E' la specie che giunge con il passo primaverile, si sofferma a nidificare e riparte con il passo autunnale, portandosi verso sud per svernare. La sua presenza può essere regolare (in questo caso non vengono indicate ulteriori specifiche), o irregolare (irr).

#### Estivante (e)

E' la specie presente durante il periodo estivo o buona parte di esso senza comunque nidificare; in genere si tratta di individui sessualmente immaturi o menomati da ferite (soprattutto tra Ardeidi, Anatidi e Caradriformi).

#### Invernale o svernante (I)

E' la specie che interrompe il passo autunnale per soffermarsi a passare l'inverno o buona parte di esso in una determinata zona, ripartendo poi in primavera verso gli abituali areali di nidificazione, posti generalmente più a nord.

Naturalmente, dato il frequente verificarsi di comportamenti misti, la fenologia indicata per le varie specie è quella prevalente in riferimento alla zona geografica in cui è compresa l'area di studio; per le specie svernanti (I) ed estive (E) è sottinteso il comportamento migratorio. La sedentarietà va intesa in senso totale (S) e/o parziale (S parz.), poiché le popolazioni di alcune specie sedentarie sono caratterizzate anche da individui che compiono spostamenti erratici durante l'inverno. Il simbolo -?-, indica incertezza sulla fenologia locale di una determinata specie. L'indicazione (R) individua una specie presente in relazione alle pratiche di ripopolamento. Nella tabella seguente si riporta l'elenco sistematico delle specie potenzialmente presente nel territorio di intervento.

SPECIE	CATEGORIE	SPECIE	CATEGORIE
Starna ( <i>Perdix perdix</i> )	(R)	Cannaiola verdogn. ( <i>Acrocephalus palustris</i> )	E ?, M
Quaglia ( <i>Coturnix coturnix</i> )	E ?, M	Cannaiola ( <i>Acrocephalus scirpaceus</i> )	E ?, M
Fagiano comune ( <i>Phasianus colchicus</i> )	(R)	Beccafico ( <i>Sylvia borin</i> )	M
Pavoncella ( <i>Vanellus vanellus</i> )	E, M, I	Capinera ( <i>Sylvia atricapilla</i> )	E, M
Colombaccio ( <i>Columba palumbus</i> )	E, M	Pigliamosche ( <i>Muscicapa striata</i> )	E ?, M
Tortora dal collare orientale ( <i>Streptopelia decaocto</i> )	S	Balia nera ( <i>Ficedula hypoleuca</i> )	M
Tortora ( <i>Streptopelia turtur</i> )	E, M	Cinciallegra ( <i>Parus major</i> )	S
Cuculo ( <i>Cuculus canorus</i> )	E, M	Cornacchia grigia ( <i>Corvus corone cornix</i> )	S
Barbagianni ( <i>Tyto alba</i> )	S	Storno ( <i>Sturnus vulgaris</i> )	S parz, M
Rondone ( <i>Apus apus</i> )	E, M	Passera d'Italia ( <i>Passer domesticus italiane</i> )	S
Upupa ( <i>Upupa epops</i> )	E, M	Passera mattugia ( <i>Passer montanus</i> )	S
Torcicollo ( <i>Jynx torquilla</i> )	E, M	Fringuello ( <i>Fringilla coelebs</i> )	S, M
Allodola ( <i>Alauda arvensis</i> )	S parz, M, I	Verzellino ( <i>Serinus serinus</i> )	S parz
Rondine ( <i>Hirundo rustica</i> )	E, M	Verdone ( <i>Carduelis chloris</i> )	S, M
Balestruccio ( <i>Delichon urbica</i> )	E, M	Cardellino ( <i>Carduelis carduelis</i> )	S, M
Ballerina bianca ( <i>Motacilla alba</i> )	S parz, M	Lucherino ( <i>Carduelis spinus</i> )	M
Pettiroso ( <i>Erithacus rubecula</i> )	M, I	Fanello ( <i>Carduelis cannabina</i> )	M
Codiroso ( <i>Phoenicurus phoenicurus</i> )	E, M	Migliarino di palude ( <i>Emberiza schoeniclus</i> )	M, I
Saltimpalo ( <i>Saxicola Torquata</i> )	S parz, M	Strillozzo ( <i>Miliaria calandra</i> )	E, M
Merlo ( <i>Turdus merula</i> )	S, M		

### Teriofauna

Per la teriofauna è stato corredato un elenco sistematico che tiene conto anche delle potenzialità di alcune specie rispetto alle quali oggi non si hanno dati di presenza certa.

Le specie potenzialmente presenti sono: Riccio europeo occidentale (*Erinaceus europaeus*), Toporagno comune (*Sorex araneus*), Crocidura minore (*Crocidura suaveolens*), Talpa comune (*Talpa europea*), Vespertilio di Bechstein (*Myotis bechsteini*), Vespertilio di Daubenton (*Myotis daubentoni*), Pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhli*), Pipistrello di Savi (*Pipistrellus savii*), Serotino comune (*Eptesicus serotinus*), Lepre comune (*Lepus capensis*), Moscardino (*Muscardinus avellanarius*), Campagnolo comune (*Microtus arvalis*), Arvicola di Fatjo (*Microtus multiplex*), Arvicola di Savi (*Microtus savii*), Arvicola terrestre (*Arvicola terrestris*), Topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*), Surmolotto (*Rattus norvegicus*), Ratto nero (*Rattus rattus*), Topolino delle case (*Mus musculus*), Volpe (*Vulpes vulpes*), Donnola (*Mustela nivalis*), Puzzola (*Mustela putorius*), Faina (*Martes foina*).



#### 4.5.3.3 Unità faunistico-territoriali

Per la delimitazione delle unità faunistico-territoriali, come precedentemente indicato, ci si è avvalsi delle informazioni areali ricavate dalle unità vegetazionali e dagli aspetti morfologici. Cartograficamente tali unità coincidono con le unità ecosistemiche.

Le Unità faunistico-territoriali individuate sono state:

#### **Unità faunistico-territoriale delle aree ripariali**

Essa comprende i popolamenti relativi ai boschi e alle boscaglie ripariali, ossia le specie faunistiche legate alle sponde di fiumi, rogge e canali.

Le Specie riscontrabili in tale ambito sono le seguenti:

Tritone crestato	Usignolo di fiume
Tritone punteggiato	Beccamoschino
Rospo comune	Cannaiola verdognola
Rospo smeraldino	Cannaiola
Raganella	Cannareccione
Rana di Lataste	Canapino
Biscia dal collare	Bigia padovana
Biscia tessellata	Codibugnolo
Germano reale	Pendolino
Marzaiola	Toporagno d'acqua
Porciglione	Vespertilio smarginato
Gallinella d'acqua	Vespertilio di Bechstein
Martin pescatore	Vespertilio di Daubenton
Cutrettola	Nottola di Leisler
Ballerina gialla	Nottola
Ballerina bianca	Arvicola rossastra
Faina	Arvicola terrestre
	Surmolotto
	Topo selvatico
	Topolino delle risaie
	Puzzola

Note: Unità ambientale molto varia con possibilità di insediamento condizionata primariamente dallo stato delle acque e della vegetazione ripariale. Dalla conservazione delle fasce arboree e arbustive di ripa dipende la comunità insediata, nella quale spiccano elementi di alto pregio quali Rana di Lataste, Biscia tessellata, Beccamoschino, Usignolo di fiume, Bigia padovana, Pendolino, diverse specie di Vespertilio, Topolino delle risaie.



Il valore delle specie che occupano questo ambiente è elevato, in funzione della loro stenoecia. In questi ultimi anni si sta assistendo a fenomeni di colonizzazione verso aree di origine secondaria che, per caratteristiche ambientali, possono avvicinarsi agli ambienti di greto. E' il caso degli ambiti di cava con falda scoperta, rinaturalizzati; se da una lato la presenza di questi ambienti sopperisce ad una sempre maggior carenza di ambiti fluviali, dall'altra non è sufficiente per garantire una strategia conservativa nei confronti di molte specie. Inoltre, non va dimenticato che l'ambito di greto è un ambiente mantenuto in costante dinamismo dalle periodiche esondazioni del corso d'acqua, fenomeno che non si manifesta in un ambiente di cava.

#### Unità faunistico-territoriale degli specchi e dei corsi d'acqua

Essa comprende i popolamenti relativi ai fiumi e ai laghi.

Le Specie riscontrabili in tale ambito sono le seguenti:

Rospo comune	Cannaiola verdognola
Rane verdi	Cannaiola
Biscia dal collare	Cannareccione
Biscia tessellata	Toporagno d'acqua
Tuffetto	Vespertilio di Bechstein
Svasso maggiore	Vespertilio di Daubenton
Tarabusino	Pipistrello di Savi
Cigno reale	Serotino comune
Germano reale	Arvicola terrestre
Gallinella d'acqua	Topolino delle risaie
Folaga	Surlomotto

Note: Sono tutte specie di certo interesse scientifico e conservazionistico, poiché gli ambienti acquatici in generale sono stati in gran parte modificati dall'azione antropica: le aree fluviali sono spesso regimate, con criteri più ingegneristici che naturalistici, i laghi portano il peso di una pesante eutrofizzazione da parte degli agglomerati urbani e industriali.

Per quanto attiene alla zonazione ittica, questi corsi d'acqua appartengono, in relazione alle caratteristiche morfologiche degli alvei, alla fascia a Ciprinidi reofili.

Le specie ittiche più abbondanti sono il cavedano (*Leuciscus cephalus*), la lasca (*Chondrostoma toxostoma*) ed il barbo comune (*Barbus barbus plebejus*). Nel complesso, quindi, il popolamento ittico dei corsi d'acqua in oggetto non presenta caratteristiche di particolare rilievo.

#### Unità faunistico-territoriale delle aree boscate

Essa comprende i popolamenti relativi, oltre che alle boscaglie di caducifoglie, anche alle fasce alberate e alle siepi, nonché ai parchi extraurbani.



Le Specie riscontrabili in tale ambito sono le seguenti:

Rospo comune	Fringuello
Raganella	Verdone
Rana agile	Riccio europeo occidentale
Rana di Lataste	Toporagno comune
Orbettino	Toporagno nano
Colubro di Esculapio	Crocidura ventre bianco
Biscia dal collare	Crocidura minore
Vipera comune	Vespertilio di Bechstein
Fagiano	Vespertilio maggiore
Colombaccio	Vespertilio di Daubenton
Tortora	Pipistrello nano
Cuculo	Nottola di Leisler
Assiolo	Nottola
Allocco	Coniglio selvatico
Torcicollo	Scoiattolo
Picchio rosso maggiore	Quercino
Scricciolo	Ghiro
Usignolo	Moscardino
Codiroso	Arvicola rossastra
Merlo	Arvicola di Fatio
Capinera	Topo selvatico a dorso striato
Lui piccolo	Topo selvatico
Pigliamosche	Topo selvatico a collo giallo
Codibugnolo	Ratto nero
Cinciarella	Volpe
Cinciallegra	Donnola
Rigogolo	Puzzola
Ghiandaia	Faina
Cornacchia grigia	Tasso
Storno	

Note: Le formazioni arboree rappresentano una delle tipologie maggiormente ricettive nei confronti dei Vertebrati considerati. In esse trovano un habitat riproduttivo alcune delle specie più rare ed interessanti quali Rana di Lataste, Vipera comune, Assiolo, Picchio rosso maggiore, Pigliamosche, Rigogolo, Toporagno nano, Crocidura ventre bianco, Chiroteri dei generi Myotis, Nyctalus e Plecotus, Quercino, Puzzola.

#### Unità faunistico-territoriale delle aree agricole

Essa comprende i popolamenti delle colture in rotazione (seminativi) e specializzate (vigneti, frutteti e pioppeti) dei sistemi agricoli e degli incolti e/o praterie post-colturali.

Le Specie riscontrabili in tale ambito sono le seguenti:

Rospo smeraldino	Allodola
Lucertola dei muri	Cutrettola
Bianco	Saltimpalo
Biscia dal collare	Riccio europeo occidentale
Gheppio	Talpa comune



Starna	Arvicola di Savi
Quaglia	Topo selvatico
Fagiano	Surmolotto
Pavoncella	Ratto nero
Barbagianni	Topolino delle case
Civetta	Donnola
Cappellaccia	

Note: I seminativi costituiscono un ambiente artificiale in continua trasformazione utilizzato da molte specie come territorio d'alimentazione. Viene occupato per la riproduzione in maniera variabile a seconda dell'essenza coltivata, da specie terricole che spesso non riescono a portare a termine la nidata per le pratiche agricole meccanizzate.

#### Unità faunistico-territoriale delle aree urbanizzate

Essa comprende il popolamento degli insediamenti urbani, abitativi ed industriali, fatta eccezione per l'edificato isolato (cascine), che è compreso nel contesto agricolo e quindi considerato come tale.

Le Specie riscontrabili in tale ambito sono le seguenti:

Rospo smeraldino	Passera d'Italia
Lucertola dei muri	Crocidura minore
Biacco	Vespertilio maggiore
Biscia dal collare	Pipistrello nano
Barbagianni	Pipistrello albolimbato
Civetta	Pipistrello di Savi
Rondone	Serotino comune
Rondine	Surmolotto
Balestruccio	Ratto nero
Taccola	Topolino delle case

Note: L'ambiente urbano ospita un numero di specie che, per la loro particolare ecologia, traggono vantaggio dalla presenza di manufatti o attività antropiche. Tali specie, dette appunto sinantropiche, non sono tuttavia omologabili, dato che per alcune esiste un rapporto simbiotico di "commensalismo" (Passera d'Italia, Surmolotto, Ratto nero, Topolino delle case), mentre per altre esiste un rapporto simbiotico di "inquilinismo" (Barbagianni, Civetta, Rondone, Rondine, Balestruccio, Chiroteri, ecc.).

#### 4.5.3.4 Localizzazione delle Unità Faunistico-territoriali in rapporto al tracciato ferroviario

Le Unità faunistiche individuate nel precedente paragrafo, sono di seguito messe in più stretta correlazione con il territorio indagato, in riferimento alla fascia d'indagine dei 1000 m in asse al tracciato ferroviario.



Sulla base delle analisi effettuate e come si può osservare dalla cartografia allegata, la variata ferroviaria di prevista realizzazione attraversa in larga misura Unità faunistico territoriali delle aree agricole.

Gli unici tratti in cui non vengono interferite aree agricole con interferenze a carico di altre unità faunistico territoriali, per lo più ascrivibili alle unità delle aree urbanizzate, sono i seguenti tratti:

**Da pK 87+600 a pK 88+50** – Dove viene interferito un elemento di pressione antropica costituito da attività estrattiva.

**Da pK 94+000 a pK 94+400 circa** – Dove viene interferita un'area industriale in prossimità della SS 236 del Goitese.

**Da pK 97+200 a pK 97+700 circa** – Dove viene interferito un elemento di pressione antropica costituito da attività estrattiva.

**Da pK 99+900 a pK 100+100** – Dove viene interferita una breve area di boscaglia di latifoglie.

**Da pK 100+600 a pK 100+700** – Dove viene interferita l'unità faunistico territoriale delle aree ripariali costituite dal fiume Chiese.

Dall'analisi della cartografia allegata si può chiaramente osservare come l'omogeneità del territorio e la relativa prevalenza di aree agricole, sia alla base di un'interferenza prevalente sulle Unità faunistico territoriali delle aree agricole.

#### 4.5.3.5 Valutazione della componente

La valutazione della componente Fauna è stata condotta utilizzando due indicatori: il livello di ricchezza specifica ed il livello di sensibilità.

A partire da questi elementi, è stato calcolato il pregio faunistico delle aree oggetto di studio.

#### 4.5.3.6 Attribuzione dei livelli di ricchezza specifica

L'attribuzione della ricchezza specifica è stata effettuata considerando i seguenti parametri:

- varietà specifica,
- abbondanza o rarità delle specie.

La varietà specifica rappresenta sostanzialmente il numero di specie presenti in una determinata area geografica; tale parametro è riconosciuto essere un sicuro indice per quanto riguarda il valore faunistico di un'area.

La compresenza di molte specie, infatti, si realizza laddove esistano gli habitat adatti alla loro sopravvivenza; ciò avviene in ambienti che abbiano raggiunto un sufficiente grado di complessità, frutto di una lunga evoluzione, dove possano coesistere specie che si sono specializzate per occupare ogni nicchia ecologica. Al contrario, laddove esistono poche specie, più adattabili e meno esigenti, l'ambiente si presenta più monotono e meno evoluto e quindi di valore inferiore.

L'abbondanza o rarità delle specie è un parametro di immediata lettura, che esprime direttamente il valore intrinseco di ogni specie: una specie più rara ha un "peso" biologico maggiore di una specie più comune.

I livelli di ricchezza specifica riscontrati sono i seguenti:

Livello	Ricchezza specifica	Unità faunistico territoriali
1	Ricchezza specifica molto alta	Tale livello di ricchezza specifica è ricollegabile ad ambiti territoriali che offrono un sicuro e ricco habitat per molte specie faunistiche.
2	Ricchezza specifica alta	Tale livello di ricchezza specifica è ricollegabile ad ambiti territoriali che presentano una buona ricchezza faunistica, pur essendo oggetto di sporadici o modesti disturbi antropici.
3	Ricchezza specifica media	Tale livello di ricchezza specifica è connesso ad ambiti territoriali che presentano una discreta ricchezza faunistica, anche se il disturbo antropico inizia a farsi sentire con più insistenza, limitandone i luoghi di riproduzione.
4	Ricchezza specifica bassa	Tale livello di ricchezza specifica è connesso ad ambiti territoriali ormai degradati o comunque non in grado di ospitare un elevato numero di specie faunistiche.

In base ai livelli di Ricchezza specifica sopra citati, per l'area di studio emergono le seguenti valutazioni:

Unità faunistico territoriali	Ricchezza specifica
Unità faunistico territoriale delle aree ripariali	Alta (2)
Unità faunistico territoriale degli specchi e dei corsi d'acqua	Media (3)
Unità faunistico territoriale delle aree boscate	Alta (2)
Unità faunistico territoriale delle aree agricole	Media (3)
Unità faunistico territoriale delle aree urbanizzate	Bassa (4)

#### 4.5.3.7 Atribuzione dei livelli di sensibilità

Al fine di stimare la sensibilità delle varie specie si è proceduto ad una valutazione di ogni singola specie considerata. Il valore di una specie dipende dall'insieme di una serie di caratteristiche eco-corologiche, per definire le quali si è fatto riferimento ad alcuni indicatori e specificatamente:

- Localizzazione (si è valutato lo status distributivo delle diverse specie, a livello regionale e dell'area di studio)
- Dinamica (si è rilevata la tendenza alla diminuzione della popolazione di una determinata specie nell'areale distributivo italiano)
- Specializzazione ecologica (si è valutato il grado di specializzazione delle diverse specie, in particolare per quanto concerne le abitudini trofiche e i siti di riproduzione, caratteristiche che le rendono particolarmente sensibili alle modifiche ambientali)

I criteri adottati sono stati utilizzati come vaglio cui sottoporre ogni entità faunistica.

In base ai predetti parametri, è stata costruita la seguente legenda che definisce la sensibilità facendo riferimento alle unità faunistiche riscontrate nell'area.

Livello	Sensibilità	Unità faunistico territoriali
1	Sensibilità molto alta	Tale livello di sensibilità è ricollegabile ad ambiti territoriali che offrono un habitat molto fragile per specie faunistiche di elevato pregio o endemiche.
2	Sensibilità alta	Tale livello di ricchezza specifica è ricollegabile ad ambiti territoriali che offrono un habitat particolare per specie faunistiche di pregio, soggette a progressivo regresso.
3	Sensibilità media	Tale livello di ricchezza specifica è connesso ad ambiti territoriali di media specializzazione, con una discreta ricchezza faunistica, nella maggior parte dei casi in fase stazionaria.
4	Sensibilità bassa	Tale livello di ricchezza specifica è connesso ad ambiti territoriali poco specializzati, frequentati da una fauna piuttosto banale e poco sensibile ai continui e ripetuti disturbi antropici.

In base ai livelli di sensibilità di cui sopra, per l'area di studio, emergono le seguenti valutazioni:

Unità faunistico territoriali	Sensibilità
Unità faunistico territoriale delle aree ripariali	Alta (2)
Unità faunistico territoriale degli specchi e dei corsi d'acqua	Media (3)
Unità faunistico territoriale delle aree boscate	Media (3)
Unità faunistico territoriale delle aree agricole	Bassa (4)
Unità faunistico territoriale delle aree urbanizzate	Bassa (4)

#### 4.5.3.8 Attribuzione dei livelli di pregio

In base ai livelli di ricchezza specifica e sensibilità attribuiti, è stato formulato un giudizio di qualità delle diverse unità faunistiche individuate. Si noti, come illustrato nella tabella seguente che l'assenza di unità faunistico territoriali e sensibilità e ricchezza specifica molto alta, non fanno emergere indici di qualità faunistica molto elevati.

Unità faunistico territoriali	Ricchezza specifica	Sensibilità	Indice di qualità faunistica
Unità faunistico territoriale delle aree ripariali	Alta (2)	Alta (2)	Alta (1)
Unità faunistico territoriale degli specchi e dei corsi d'acqua	Media (3)	Media (3)	Media (2)
Unità faunistico territoriale delle aree boscate	Alta (2)	Media (3)	Media (2)
Unità faunistico territoriale delle aree agricole	Media (3)	Bassa (4)	Bassa (3)
Unità faunistico territoriale delle aree urbanizzate	Bassa (4)	Bassa (4)	Bassa (3)

Tale indice di qualità è stato quindi attribuito all' area di indagine, facendo emergere i seguenti valori:

#### AMBITO TERRITORIALE DELLA LINEA FERROVIARIA (fascia di 1000 m in asse tracciato)

Livelli	Indice di qualità	Superficie (Ha)	%
1	Qualità alta	11.3	0.4
2	Qualità media	77.6	2.4
3	Qualità bassa	3050.3	97.2
	TOTALE	3139.2	100

Assolutamente dominanti (circa il 91% del totale) risultano le Unità faunistico-territoriali di qualità bassa, ricollegabili alle aree agricole e alle aree urbanizzate. In tal senso risultano assai poco significativi i valori legati alle unità faunistico territoriali delle aree ripariali, degli specchi e dei corsi d'acqua e delle aree boscate.



## 4.5.4 Ecosistemi

### 4.5.4.1 Riferimenti metodologici

Nel presente capitolo verranno trattati gli aspetti relativi agli ecosistemi individuati nell'area indagata. Tale trattazione si basa sull'esame delle componenti biotiche, delle quali si è detto più ampiamente nei capitoli precedenti e di cui verranno ripresi gli aspetti essenziali e i risultati dell'analisi, integrato dalla lettura geografico-fisica del territorio, ovvero delle componenti abiotiche, al fine di consentire la caratterizzazione ecosistemica dell'area.

Il modello utilizzato per la definizione e descrizione degli ecosistemi è essenzialmente di tipo analitico-descrittivo, a partire dalla presenza delle varie specie animali e vegetali, ovviamente viste nell'ottica delle relazioni ecosistemiche. Di ciascuna componente è stato considerato il dato di abbondanza, rarità, pregio, significatività, funzione prevalente assunta all'interno dell'ecosistema e tolleranza alle possibili modificazioni ambientali.

Dal punto di vista più generale il quadro ecosistemico si basa sui seguenti presupposti:

- gli organismi ad organizzazione più complessa, posti in posizione più alta nella catena alimentare, sono normalmente più sensibili alle alterazioni ambientali, di origine esterna al sistema, rispetto agli organismi meno complessi e generalmente più adattabili. Analoga considerazione può essere proposta per gli ecosistemi complessi rispetto a quelli strutturalmente più semplici;
- la complessità dell'ecosistema può essere rappresentata significativamente dalla diversità intrinseca delle sue componenti e dal livello dei rapporti funzionali che intercorrono tra esse;
- la vulnerabilità di un ecosistema, è direttamente proporzionale all'incapacità di adattamento alle interferenze esterne; essa diminuisce al crescere delle sue capacità di adattamento all'ambiente che muta, cioè alla capacità di adattamento delle singole componenti.

### 4.5.4.2 Stato della componente

Di seguito saranno esaminate più in dettaglio le unità ecosistemiche, individuate in ordine di valore intrinseco. In questo caso, si ritiene di attribuire agli ecosistemi, un valore intrinseco direttamente proporzionale alla loro qualità.



### 1) ECOSISTEMA RIPARIALE: AMBITO CON ELEMENTI DI DISCRETO INTERESSE NATURALISTICO

Si tratta degli ambienti con le fasce naturali più estese, comprendenti una diversità ecologica che va dal bosco ripariale al greto fluviale, con varie situazioni intermedie (boscaglie, arbusteti, prati magri, lanche, ecc.).

Si tratta di un ecosistema di pregio, con alcuni elementi di discreto rilievo naturalistico, che costituisce uno dei pochi residui lembi di naturalità presenti nel territorio indagato. Gli ambiti interessati dal presente ecosistema, infatti, offrono una habitat idoneo per l'alimentazione e la riproduzione di numerose specie animali, che traggono vantaggio, oltre che dalla presenza delle boscaglie ripariali, anche dall'influenza del corso d'acqua.

Gli ecosistemi boschivi ripariali corrispondono ai raggruppamenti sviluppatisi ai margini dei corsi d'acqua, e rappresentati da un bosco misto formato, a seconda della distanza dal letto del fiume, del livello di falda e della tessitura del suolo, da *Salix alba*, *Salix purpurea*, *Alnus glutinosa*, *Frangula alnus*, *Ligustrum vulgare* etc.

L'ecosistema, pur non mostrando un elevato grado di diversità al suo interno, costituisce un ambito sufficientemente esteso e di discreto interesse naturalistico.

### 2) ECOSISTEMA ACQUATICO: AMBITO CON ELEMENTI DI MODERATO INTERESSE NATURALISTICO

L'ecosistema mostra un moderato grado di diversità al suo interno; la situazione di relativa stabilità è però condizionata al mantenimento, come minimo, dello stato attuale dell'ambiente, all'eliminazione di nuove cause di disturbo e alla conservazione di queste ridotte aree "rifugio", indispensabili per garantire la permanenza di un discreto numero di specie animali e vegetali, motivo di ricchezza e parte integrante delle relazioni del sistema stesso.



Questo ecosistema interessa i corsi d'acqua maggiori (gli ambienti con le fasce naturali più estese, comprendenti una diversità ecologica che va dal bosco ripariale al greto fluviale, con varie situazioni intermedie costituite da boscaglie, arbusteti, prati magri, lanche, ecc.), i canali artificiali (ambiti che presentano situazioni molto eterogenee, che vanno dal canale rettificato, con le sponde in cemento, a quello poco lontano dalla forma dei corsi naturali, con sponde inerbite e boscate e presenza di piccoli meandri), i laghi (ecosistema molto complesso, peraltro poco rappresentato nell'area in questione).

### 3) AGROECOSISTEMA: AMBITO AD ESCLUSIVA CARATTERIZZAZIONE AGRICOLA CON ELEMENTI DI SCARSO INTERESSE NATURALISTICO

Il funzionamento dell'agroecosistema è alquanto semplificato. La competizione interspecifica è, infatti, fortemente condizionata dai trattamenti con prodotti di sintesi volti a contenere lo sviluppo delle infestanti (diserbo selettivo), delle crittogame (concia del seme), dagli insetti terricoli (geodisinfestazione) ed eventualmente dell'avifauna granivora (repellenti). Tale ecosistema è in grado soddisfare una ristretta gamma degli anelli della catena trofica; dal punto di vista energetico, infatti, considerando che al momento della raccolta si preleva quasi tutta la biomassa, è necessaria la restituzione degli elementi asportati mediante fertilizzazione.

Si tratta, quindi, di un ecosistema poco strutturato, caratterizzato da un numero limitato di specie vegetali e, in generale, da condizioni ambientali che poco si prestano a costituire zona di rifugio privilegiato per la fauna.

Questa unità è molto estesa: corrisponde alle aree a seminativo, a vite e a frutteti.

Come si può rilevare dalla *"Carta degli ambiti ecologici omogenei e delle vocazioni faunistiche"* (Elab A\_06153 scala 1:10000), oltre ai sopracitati ecosistemi, sono stati individuati due elementi ecosistemici: gli ecological corridors e gli stepping stones.

Essi fanno parte integrante della rete ecologica, che rappresenta l'insieme degli spazi naturali e seminaturali collegati tra loro per garantire la buona conservazione delle specie selvatiche e del relativo patrimonio genetico attraverso la riproduzione, lo scambio ed il ripopolamento.

Le reti ecologiche si basano sull'individuazione di alcuni elementi principali:



- Gli "ecological corridors", sono quelle strutture di paesaggio di varie dimensioni, forme e composizione, che mantengono, stabiliscono o ristabiliscono la connessione tra ecosistemi e/o biotopi, supportando lo stato ottimale di conservazione delle specie e degli habitat nelle aree ad alto contenuto di naturalità, protette o suscettibili di protezione.
- Gli "stepping stones" sono aree naturali di varie dimensione, geograficamente poste in modo tale da costituire punti di appoggio per trasferimenti di organismi tra grandi bacini di naturalità quando non esistono corridoi continui. Tali unità possono, se opportunamente allineate, sostituire, entro certi limiti, i corridoi continui (in questo caso possono svolgere un'importante funzione di rifugio).

Nel territorio indagato, benchè assenti zone di tutela (anch'esse importanti per la costituzione di una rete ecologica) sono stati individuati i seguenti elementi: gli ecological corridors, coincidenti con le rogge e i filari arborei, e gli stepping stones, coincidenti con i lembi residuali di boscaglie di caducifoglie. Nella *Carta degli Ambiti ecologici omogenei e delle vocazioni faunistiche*, oltre ai sopracitati ecosistemi e corridoi ecologici, sono stati evidenziati gli elementi di pressione antropica, individuabili in:

- aree urbane residenziali
- aree urbane industriali
- viabilità principale (autostrada, strade statali e strade provinciali)
- ferrovia

Le predette tipologie di ecosistemi sono di seguito messe in relazione alle aree di indagine (nelle tabelle si fa riferimento solo agli ecosistemi e agli elementi costituenti la rete ecologica, senza prendere in considerazione i fattori di pressione antropica):

#### 4.5.4.3 Localizzazione degli ambiti ecologici omogenei

Le Unità ecosistemiche individuate nel precedente paragrafo (compresi gli elementi antropici), sono di seguito messe in più stretta correlazione con il territorio indagato.

TIPOLOGIE DI ECOSISTEMA	Superficie (Ha)	%
Ecosistema ripariale	11.3	0.4
Ecosistema fluviale	10.3	0.3
Agroecosistema	2530.5	80.6
Ecological corridors – filari	64	2
Stepping stones	3.3	0.1
Ecosistemi di carattere antropico	519.8	16.6
TOTALE	3139.2	100

L'agroecosistema risulta decisamente quello dominante (circa l' 80% del totale), cui seguono gli ecosistemi di carattere antropico con circa il 16 % del totale.

Nel dettaglio, procedendo da ovest verso est lungo il tracciato, si riscontrano i seguenti tipi di ecosistemi:

**Da pK 86+995 a pK 87+700:**

Il tratto considerato interferisce inizialmente con un elemento antropico costituito da un'area agricola – residenziale per proseguire nei successivi 500 m su agroecosistema. In corrispondenza della pK 87+600 viene lambita un elemento antropico costituito da un'area industriale di limitate dimensioni e successivamente inizia l'affiancamento e l'attraversamento di un'area attualmente adibita ad attività estrattive.

**Da pK 87+700 a pK 88+100:**

Questo tratto è caratterizzato dall'interferenza con un'area attualmente utilizzata per attività estrattiva.

**Da pK 88+100 a pK 89+900:**

Questo tratto interferisce per i primi 600 m circa con agroecosistema. In corrispondenza della pK 88+700 si segnala l'interferenza con un filare arboreo (corridoio ecologico continuo) che si sviluppa lungo la viabilità interpodereale esistente.

**Da pK 89+900 a pK 91+600:**

In questo tratto il tracciato si sviluppa su agroecosistema, sino ad incontrare, in corrispondenza della pK 90+400 i filari arborei, costituiti prevalentemente da robinia, che si sviluppano lungo il Torrente Garza. Sia i filari che il torrente costituiscono corridoi ecologici continui.

**Da pK 91+600 a pK 93+100:**

In questo tratto la linea si sviluppa su agroecosistemi con modeste interferenze a carico di filari arborei in corrispondenza della pK 92+400 e delle pK 93+100.



#### Da pK 93+100 a pK 94+500:

In questo tratto, sino alla pK 93+850 circa la linea si sviluppa su agroecosistemi con modeste interferenze a carico di filari arborei (corridoi ecologici continui) in corrispondenza della pK 93+500. A partire dalla 93+850 sino alla strada statale l'opera di prevista realizzazione interferisce con un'area industriale che si sviluppa lungo la SS 236 del Goitese.

#### Da pK 94+500 a pK 97+000:

In questo tratto la linea ferroviaria si sviluppa su agroecosistemi interferendo puntualmente con i filari che si sviluppano lungo le rogge presenti nel tratto descritto ed in particolar modo in corrispondenza della pK 95+450, 95+700, 96+250, 96+400, 96+600. Questo tratto presenta un discreto livello di interferenza con i corridoi ecologici continui presenti sul territorio analizzato.

#### Da pK 97+000 a pK 97+800:

In questo tratto la linea si sviluppa su agroecosistema sino alla pK 97+200 circa (in prossimità dell'antica idrovora) e successivamente attraversa un'area di cava e discarica parzialmente sistemata a verde.

#### Da pK 97+800 a pK 99+100:

In questa porzione di tracciato, oltre ad agroecosistemi e all'attraversamento del canale Naviglio si segnala l'interferenza con frutteti collocati in prossimità dell'autostrada A 4 Torino – Trieste.

#### Da pK 99+100 a pK 99+900:

Questa porzione di tracciato si caratterizza per l'attraversamento dell'autostrada A4 Torino – Trieste e per l'affiancamento a nord con l'asse autostradale.

#### Da pK 99+900 a pK 101+107:

All'inizio di questo tratto si segnala un'interferenza con una modesta superficie di boscaglia di latifoglie (stepping stones) tra la pK 99+900 e la pK 100+000, e impatti a carico dell'ecosistema ripariale e acquatico del Fiume Chiese. Rispetto agli altri tratti analizzati, questa porzione di tracciato è quella che presenta maggiori criticità nei confronti della componente.

#### 4.5.4.4 Valutazione della componente

La qualità alla componente ecosistemi è stata attribuita mediante valutazione congiunta dei seguenti elementi:

1. livello di pregio delle unità ecosistemiche, mediante tre indicatori: rarità, adattabilità e vulnerabilità
2. livello di sensibilità delle unità ecosistemiche

A partire da questi elementi, è stato calcolato il pregio ecosistemico delle aree oggetto di studio.

#### 4.5.4.5 Attribuzione dei livelli di rarità, adattabilità e di vulnerabilità.

In base agli indicatori considerati, per l'area di studio, emergono le seguenti valutazioni:

Unità ecosistemiche	Rarità	Adattabilità	Vulnerabilità
Ecosistema ripariale	Media (3)	Bassa (4)	Alta (2)
Ecosistema acquatico	Media (3)	Bassa (4)	Media (3)
Agroecosistema	Bassa (4)	Alta (2)	Media (3)
Ecological corridors	Media (3)	Media (3)	Alta (2)
Stepping stones	Alta (2)	Media (3)	Media (3)

#### 4.5.4.6 Attribuzione del livello di sensibilità

Poiché le unità ecosistemiche sono correlate prevalentemente alle componenti vegetazione e fauna, su di esse si è definita la scala di sensibilità.

I valori della scala non esprimono un giudizio di qualità dell'ecosistema in termini assoluti, bensì un giudizio sintetico che tiene conto dei caratteri delle componenti dell'ecosistema stesso, del grado di complessità, del livello di naturalità e del rischio di degrado conseguente a eventuali alterazioni ambientali.

In base ai parametri considerati, per l'area di studio, emergono le seguenti valutazioni:

LIVELLO	Sensibilità	Tipologie ecosistemiche
1	Sensibilità molto alta	ecosistemi caratterizzati da aspetti vegetazionali e/o faunistici di notevole pregio naturalistico o comunque di pregio anche solo significativo, purchè rari nell'ambiente considerato, a struttura complessa e fragile.
2	Sensibilità alta	ecosistemi caratterizzati da aspetti vegetazionali e/o faunistici significativi, (almeno relativamente al contesto dell'area di studio), non alterati o degradati, dotati di un elevato grado di diversità.
3	Sensibilità media	ecosistemi caratterizzati da aspetti vegetazionali e/o faunistici di modesta entità, in condizioni potenzialmente suscettibili di recupero "qualitativo". La ridotta complessità della struttura del sistema ed il moderato grado di naturalità, condizionati dall'utilizzo produttivo del territorio, costituiscono l'aspetto di maggior rilievo.
4	Sensibilità bassa/ trascurabile	ecosistemi "artificiali", significativamente alterati o degradati (in senso naturalistico e ambientale), condizionati dalla presenza di manufatti, strutture ed attività che ne rendono difficoltoso il recupero naturale. La biodiversità, molto contenuta, è essenzialmente determinata dalle scelte produttive, che riducono comunque al minimo il livello di naturalità.

In base ai livelli di sensibilità sopra citati, per l'area di studio emergono le seguenti valutazioni:

Unità ecosistemiche	Sensibilità
Ecosistema ripariale	Alta (2)
Ecosistema acquatico	Media (3)
Agroecosistema	Bassa (4)
Ecological corridors	Alta (2)
Stepping stones	Alta (2)

#### 4.5.4.7 Attribuzione dei livelli di pregio

In base ai predetti livelli di pregio e di sensibilità, è stato formulato un giudizio di qualità "Indice di qualità ecosistemica" degli ecosistemi individuati.

Unità ecosistemiche	RARITÀ	Adattabilità	Vulnerabilità	Sensibilità	Indice di qualità ecosistemica
Ecosistema ripariale	Media (3)	Bassa (4)	Alta (2)	Alta (2)	Alta (2)
Ecosistema acquatico	Media (3)	Bassa (4)	Media (3)	Media (3)	Media (3)
Agroecosistema	Bassa (4)	Alta (2)	Media (3)	Bassa (4)	Bassa (4)
Ecological corridors	Media (3)	Media (3)	Alta (2)	Alta (2)	Alta (2)
Stepping stones	Alta (2)	Media (3)	Media (3)	Alta (2)	Alta (2)



Tale indice di qualità è di seguito messo in relazione alle aree di studio considerate (nella tabella si fa riferimento solo agli ecosistemi e agli elementi costituenti la rete ecologica, senza prendere in considerazione i fattori di pressione antropica).

AMBITO TERRITORIALE DELLA FERROVIA (fascia di m 1000 in asse al tracciato)

Livelli	Indice di qualità	Superficie (Ha)	Sviluppo (Km)
1	Qualità alta	78.6	3
2	Qualità media	10.3	0.4
3	Qualità bassa	2530.5	96.6
	TOTALE	2619.4	100

Assolutamente dominanti (circa il 96% del totale) risultano gli ecosistemi di qualità bassa, ricollegabili all'agroecosistema.

#### 4.5.5 Individuazione delle principali interferenze del tracciato della variante di Montichiari

##### 4.5.5.1 *Metodo di valutazione*

La definizione degli impatti sulle componenti analizzate è stata effettuata analizzando i possibili fattori causali derivanti dalle azioni connesse alla realizzazione dell'opera, nelle fasi di costruzione e di esercizio.

Per quanto riguarda i livelli di connessione ecosistemica esistenti, si fa riferimento, per lo studio generale di area vasta, agli elaborati "Opere di mitigazione a verde – Localizzazione di Reti Ecologiche – Relazione (IN0500DE2RGIM00070050), Opere di mitigazione a verde localizzazione Reti Ecologiche (Tratti dai Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale) IN0500DE2P3IM00070010 tavola 4/5.

Sono stati considerati gli impatti potenziali, in assenza di mitigazioni e gli impatti reali, in seguito all'adozione di misure di mitigazione.

Le azioni di progetto sono state considerate dapprima singolarmente, quindi nel loro insieme, al fine di evidenziare eventuali condizioni sinergiche di amplificazione degli effetti, tenendo comunque conto della situazione ambientale preesistente, e quindi dei processi di disturbo o di degrado attualmente in atto nell'area esaminata.



A tal proposito è da sottolineare che gli impatti individuati non si manifestano in un ambito "naturale", bensì in una realtà territoriale, in cui l'ambiente naturale originale, e di conseguenza gli ecosistemi che lo caratterizzano, ha subito una profonda trasformazione ad opera dell'uomo, trasformazione e rimaneggiamento tuttora in atto.

Le azioni, le eventuali interferenze e gli impatti conseguenti sono stati presi in considerazione in modo da escludere gli aspetti irrilevanti per la componente esaminata, tenuto conto delle caratteristiche del contesto ambientale sopra richiamate.

La preesistenza nell'area di infrastrutture e manufatti di notevole rilevanza (viabilità stradale, ferroviaria e insediamenti industriali), contribuiscono significativamente a contenere il livello di impatto dell'opera in progetto, rispetto a quello prevedibile in condizioni di maggiore "naturalità",

Il grado di impatto derivante dalle inevitabili interferenze con elementi di interesse ecosistemico e naturalistico, pur in un contesto territoriale di elevata antropizzazione, è stata articolato in cinque livelli:

- *impatto molto alto*: gli effetti derivanti dalle azioni previste sono tali da produrre alterazioni irreversibili alla componente, con nessuna possibilità di mitigazione e con una riduzione irreversibile della "qualità" dell'ecosistema (qualità intesa come varietà, complessità, ecc.);
- *impatto alto*: gli effetti derivanti dalle azioni previste sono tali da produrre significativi ed immediati impatti negativi sulla componente, con modeste possibilità di mitigazione e con una riduzione significativa della qualità dell'ecosistema;
- *impatto medio*: gli effetti derivanti dalle azioni previste determinano impatti di entità contenuta sulla componente, sia nel breve, sia nel lungo periodo, impatti di cui si può ottenere una efficace riduzione con l'adozione di opportuni interventi di minimizzazione. Anche la qualità ambientale risulta alterata in modo modesto;
- *impatto basso o trascurabile*: gli effetti derivanti dalle azioni previste determinano sull'ecosistema impatti di entità trascurabile, per lo più temporanei, la cui incidenza è mitigabile con interventi di modesta entità. La qualità ambientale risulta sostanzialmente inalterata;
- *impatto positivo*: gli effetti derivanti dalle azioni previste determinano un miglioramento dell'ecosistema, incidendo positivamente su uno o più aspetti.



#### 4.5.5.2 Individuazione dei potenziali impatti

In relazione alla natura dell'opera in progetto e con riferimento ai contenuti del D.Lgs. n. 4 del 16 gennaio 2008, i fattori causali generati dalla realizzazione delle opere in progetto sono, per le componenti Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi, i seguenti:

- occupazione di suolo e sottrazione di copertura vegetale (C-E);
- interferenze con vegetazione di pregio (C-E);
- frammentazione di aree a vegetazione naturale (C-E);
- fotoinquinamento e inquinamento acustico a carico della fauna (C);
- formazione di barriere agli spostamenti faunistici (C-E);
- rischio di mortalità dell'avifauna per collisioni (E);
- interruzione di percorsi ecosistemici (C-E);
- riduzione del potenziale ecosistemico delle aree interferite (C-E).

Nota: C: fase di cantiere E: fase di esercizio

Sembra opportuno richiamare il fatto che, si è evitato di trattare separatamente gli impatti sulle componenti ambientali Vegetazione, Flora e Fauna, optando per prendere in considerazione solo le variazioni che la costruzione e la presenza delle opere possono indurre nei confronti degli ecosistemi, intesi come sintesi delle predette componenti.

La realizzazione del progetto proposto, comporta delle conseguenze per le componenti naturali e per gli ecosistemi dell'area interessata, in generale piuttosto contenute, in relazione alle caratteristiche del territorio ed alle manipolazioni che questo ha subito nel tempo.

Per alcuni degli impatti potenziali sopraevidenziati, si riporta di seguito un approfondimento specifico, tratto dalla più recente bibliografia ad oggi disponibile.

#### OCCUPAZIONE DI SUOLO E SOTTRAZIONE DI COPERTURA VEGETALE

L'impatto maggiore, originato dalla nuova infrastruttura, è da porsi in relazione alla sottrazione di emergenze naturalistiche o di aree con complessità strutturale elevata, specialmente in coincidenza di ambiti a maggior pregio, quali le fasce fluviali attorno al fiume Chiese.



Ciò non comporta necessariamente la sottostima degli impatti nelle zone a prevalente indirizzo agricolo, dove permangono ambienti di un certo interesse, quali i filari lungo i canali che contribuiscono a creare una fitta rete di interrelazione tra biotopi estremamente diversi. Attualmente, le pratiche agricole, che richiedono più vaste estensioni, hanno distrutto in parte questa rete, per cui questi elementi lineari assumono maggior valore, quali elementi residui, anche se spesso dominati da specie avventizie o esotiche. In particolar modo, viene definita di una certa gravità la distruzione di queste siepi, quando provviste di esemplari d'alto fusto di notevoli dimensioni e soprattutto quando la loro continuità contribuisce a collegare habitat e settori diversi del territorio.

Nella sfera della sottrazione di vegetazione rientra anche l'alterazione ed il degrado della composizione e struttura delle comunità vegetali: gli impatti si verificano in corrispondenza delle aree di cantiere, dove viene sottratta per un ambito territoriale variabile, non solo la vegetazione originaria ma anche il substrato fertile. In questo modo, su questi terreni smossi, hanno facilità di inserimento specie ruderali perenni che bloccano la ricolonizzazione delle specie autoctone banalizzando così l'originaria varietà floristica.

A compensazione di questi effetti esiste un impatto potenzialmente positivo dovuto alla creazione lungo l'infrastruttura di un'area meno sottoposta all'attività antropica che occupa una superficie tutt'altro che trascurabile: tali ambienti possono presentare una certa attrattività per diverse specie che possono trovare rifugio all'interno di una fitocenosi strutturalmente più complessa e diversificata delle zone agricole circostanti, rispetto alle quali svolgono funzioni ecotonali

### RUMORE

Gli animali rispondono all'inquinamento acustico alterando gli schemi di attività, con un incremento ad esempio del ritmo cardiaco e un aumento della produzione di ormoni da stress (Algers et al., 1978).

Negli animali domestici e da laboratorio sottoposti a rumori intensi e duraturi tali effetti compaiono già a valori tra 85 e 89 dB (livelli comunque non raggiunti all'esterno del sedime).

Questi valori vengono spesso superati nelle vicinanze di aree di cantiere, ma anche dove vi è un intenso traffico stradale (Burger, 1983; Bowles, 1995).

Oltre ai danni alla salute, possono insorgere problemi di comunicazione.



Talvolta gli animali si abituano agli aumentati livelli di rumore e apparentemente ritornano ad una normale attività (Bomford & O'Brien, 1990); ma Uccelli e altre specie di fauna selvatica che comunicano tramite segnali sonori possono essere danneggiati dalla vicinanza delle infrastrutture. Il rumore prodotto dalle autostrade può inoltre disgregare la suddivisione e la difesa dei territori da parte di questi animali.

I normali comportamenti riproduttivi anche di altre specie possono essere alterati da eccessivi livelli di rumore, come è stato studiato in alcune specie di Anfibi (Barrass, 1985). Sebbene gli effetti del disturbo acustico siano molto difficili da misurare e meno intuibili di quelli di altri tipi di inquinamento, ad esempio atmosferico, il disturbo acustico è considerato uno dei maggiori fattori di inquinamento in Europa (Vangent & Rietveld, 1993; Lines et al., 1994).

Benché manchino ricerche strategiche sulle soglie critiche del disturbo delle specie in relazione alle infrastrutture, le specie con le seguenti caratteristiche si possono considerare le più vulnerabili al disturbo e ai successivi impatti (Hill et al., 1997): specie grandi, longeve, con tassi riproduttivi relativamente bassi, specialisti per quanto riguarda l'habitat, di ambiente aperto (ad esempio zone umide) piuttosto che chiuso (ad esempio foreste), rare, con popolazioni concentrate in poche aree chiave.

Considerando la particolare tipologia progettuale analizzata, le principali interferenze provocate sulla fauna dalle emissioni acustiche/vibrazionali in fase di realizzazione delle opere, rimandano essenzialmente alle seguenti categorie:

- capacità di accoglienza dell'habitat, che diminuirà in corrispondenza dell'area cantierizzata nonché, delle sue immediate adiacenze, a causa delle immissioni sonore, che potrebbero portare anche una temporanea ridefinizione delle aree di nidificazione e/o riproduzione in genere della fauna;
- libertà di movimento della fauna, che verrà ridotta a causa soprattutto degli ostacoli fisici, ma anche in misura minore, a causa delle emissioni sonore e visive.

Nello specifico le azioni per la realizzazione delle opere di progetto, potranno comportare la ridistribuzione dei territori della fauna residente nell'area (in particolare micromammiferi ed avifauna): si può ipotizzare infatti un arretramento ed una ridefinizione dei territori dove si esplicano le normali funzioni biologiche. L'avvicinamento di veicoli di cantiere ad habitat frequentati dalla fauna, potrà causare una certa semplificazione delle comunità animali locali, tendente a favorire le specie ubiquitarie ed opportuniste a danno di quelle più esigenti.



Durante le diverse fasi di lavorazione i mezzi di trasporto ed i macchinari di lavoro rappresentano una fonte di rumore e, quindi, di potenziale disturbo nei confronti della fauna. In modo analogo, le operazioni di realizzazione di escavazione costituiscono una sorgente di rumore e di vibrazioni che, trasmettendosi nel sottosuolo, potrebbero comportare disturbo sulla componente faunistica dell'ecosistema.

Alcune specie si dimostrano potenzialmente più vulnerabili relativamente alla vicinanza degli habitat da essi frequentati al sito di intervento o alla corrispondenza di talune fasi del loro ciclo vitale con il periodo di realizzazione dell'opera prevista dal progetto.

In particolare da alcuni studi si rileva che molte specie selvatiche e domestiche (Drummer, 1994) e molte specie di uccelli (Meeuwssen, 1996) evitano le aree adiacenti alle autostrade a causa del rumore delle attività umane associate. Reijnen (1995) ha osservato che la densità degli uccelli in aree aperte diminuisce quando il livello di rumore supera i 50 dB, mentre gli uccelli in ambiente forestale reagiscono ad una soglia di almeno 40 dB, come rappresentato nella successiva Figura.

Ciononostante, secondo Busnel (1978), gli uccelli sono normalmente in grado di filtrare i normali rumori di fondo, anche se di intensità elevata, e di riconoscere i suoni per essi rilevanti.

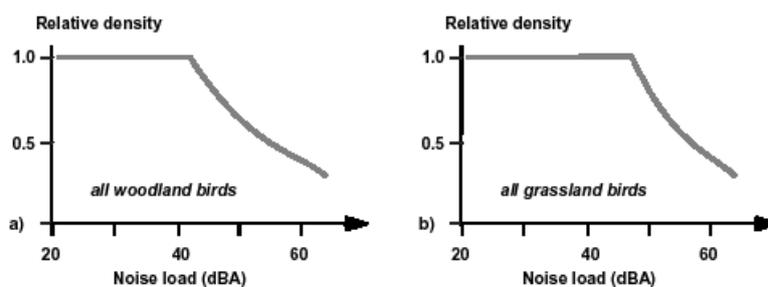


Figura 4.5-1: Rappresentazione dell'Impatto dell'Inquinamento Acustico da Traffico su Popolazioni di Uccelli Nidificanti in Olanda (da Reijnen et al., 1995).

Alcuni fattori ambientali, come la struttura della vegetazione circostante e i tipi di habitat adiacenti, possono influenzare la diffusione del rumore e la densità degli animali, in particolare degli uccelli, e perciò influenzare il grado di impatto dell'inquinamento acustico.

È stato rilevato anche che, se l'ambiente circostante fornisce sufficienti habitat riproduttivi essenziali che sono rari o scomparsi nell'intorno, la densità degli uccelli lungo le strade non è necessariamente ridotta, anche se l'inquinamento ed altri effetti possono ridurre la qualità ambientale di tali habitat (Meunier et al., 1999).

Va inoltre tenuto conto che, secondo diversi studi, quando gli uccelli vengono sottoposti ripetutamente a disturbo acustico senza che a questo si associ un reale pericolo, essi sono perfettamente in grado di "abituarsi" al disturbo stesso, senza mostrare segni evidenti di stress (si veda ad es. Fornasari e Calvi, 2003).

A ciò va inoltre aggiunto che gli uccelli sono molto mobili (in particolare durante lo svernamento), per cui una eventuale fonte di disturbo può essere evitata spostandosi in aree più tranquille.

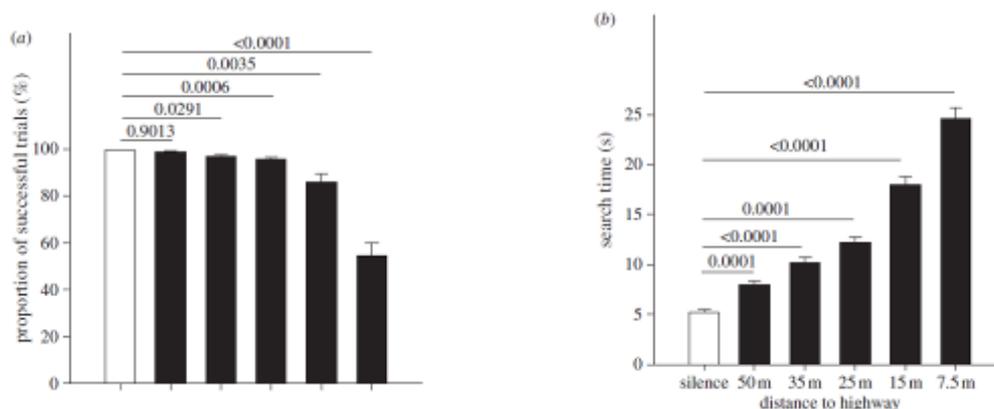


Figura 4.5-2 Relazione tra tempo di caccia, efficienza predatoria e distanza dalla fonte di disturbo

Analogamente alla componente ornitica, anche la bibliografia relativa alla chiropterofauna, evidenzia come l'impatto acustico (Bjorn M. Siemers, Andrea Schaub, 2008 e 2010<sup>5</sup>) sia particolarmente significativo solo nelle vicinanze delle fonti emmissive entro una fascia di

5 Björn M. Siemers and Andrea Schaub, Proc. R. Soc. B published online 17 November 2010, "Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators" – THE ROYAL SOCIETY BIOLOGICAL SCIENCES.

Björn M. Siemers and Andrea Schaub, The Journal of Experimental Biology 211, 3174-3180 Published by The Company of Biologists 2008, "Foraging bats avoid noise" - THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY.

ampiezza dell'ordine di grandezza di alcune decine di metri (50 metri nel caso citato dall'articolo, in cui si faceva riferimento ad una autostrada ad elevata percorrenza).

Tale incidenza negativa si esplica, non tanto nell'impedimento della frequentazione dei territori disturbati, ma in un aumento del tempo di volo di caccia per poter mantenere la medesima efficienza predatoria di un ambito indisturbato.

Il lavoro di B.M. Siemers e A.Schaub evidenzia inoltre come non sia significativo tanto il volume del rumore prodotto (dB) bensì la frequenza del rumore medesimo, ad influenzare negativamente l'esplicazione dei normali cicli vitali delle popolazioni di chirotteri.

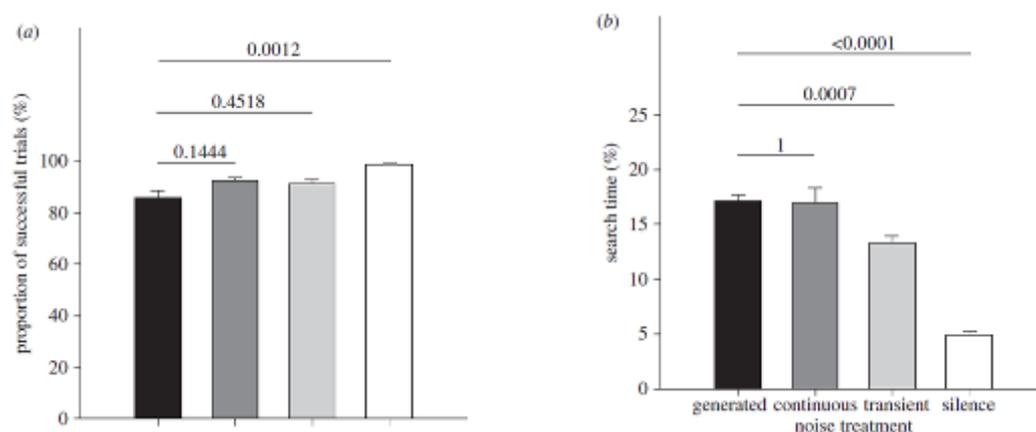


Figura 4.5-3 Relazione tra tempo di caccia, efficienza predatoria e tipologia di rumore prodotto

Nello specifico tale ricerca evidenzia come siano infatti le frequenze elevate ad avere l'impatto più consistente in termini di aumento di tempo di caccia.

Rispetto alla chirotterofauna si ricorda inoltre come in generale l'impatto più gravoso, si verifica quando le attività condotte, effettuate durante il periodo di ibernazione della colonia (generalmente tra novembre ed aprile), comportano il risveglio degli individui presenti. Si osserva infatti come anche il "semplice" risveglio comporti per gli esemplari un cospicuo investimento energetico. Questo si traduce in una diminuzione delle riserve di grasso che può pregiudicare la capacità di un successivo risveglio, cosicché gli esemplari rischiano di morire una volta ripresa l'ibernazione. La fuga alla ricerca di un altro rifugio invernale in un periodo climaticamente ostile e privo di disponibilità alimentare, determina ulteriori rapidissime perdite di peso corporeo, che mettono a repentaglio la sopravvivenza degli esemplari, per altro legata all'improbabile rapida scoperta di un nuovo sito adatto all'ibernazione.



### EMISSIONI IN ATMOSFERA E DISPERSIONE INQUINANTI

Le operazioni di scavo e di movimentazione delle terre, segnatamente all'aumento del traffico veicolare dei mezzi delle maestranze, causeranno un incremento di polveri e gas inquinanti, sia direttamente legati al traffico che ad eventi necessari od accidentali.

L'emissione di inquinanti è acuita dal dilavamento delle superfici stradali e/o in generale delle superfici interessate dalle operazioni di cantiere, che oltre al carico viario può registrare picchi invernali di sale antifrigiaccio o peggio a causa di eventi accidentali o di incidenti sversamenti anche assai gravi di sostanze nocive o tossiche per la fauna.

Tale tipologia di impatto si potrebbe verificare in particolare presso l'ingresso/uscita degli automezzi in prossimità delle aree di lavoro, nonché lungo le strade interessate dal passaggio dei mezzi di trasporto.

### IMPATTO LUMINOSO

L'inquinamento luminoso è definito come "qualunque alterazione della quantità naturale di luce presente di notte nell'ambiente esterno e dovuta ad immissione di luce di cui l'uomo abbia responsabilità". In Italia, dieci Regioni hanno prodotto norme nella materia: per la Regione Lombardia, la legge di riferimento è la L.R. 38/2004 e il regolamento di attuazione D.G.R. Lombardia 7/6162/2001.

I sistemi d'illuminazione artificiale influiscono negativamente sulla fauna e sugli ecosistemi in generale.

L'alterazione dell'equilibrio giorno/notte determinata dall'irraggiamento di luce artificiale, può causare danni notevoli agli animali (disorientamento di uccelli e mammiferi notturni, morte di lepidotteri determinata dal calore prodotto dalle fonti luminose) e alle piante.

Alcune specie di uccelli (come alcuni passeriformi) che usano l'orientamento astronomico nelle loro migrazioni notturne possono essere disturbati dalla presenza di fonti luminose artificiali. Gli effetti della dell'inquinamento luminoso di origine artificiale, incidono poi anche su numerose specie di uccelli (in particolare di bosco) che usano come richiamo sessuale il canto del mattino<sup>6</sup>.

In alcune di queste specie, i maschi che si trovavano più vicini alla luminosità artificiale iniziano a cantare ben prima del normale, rispetto ai maschi che si trovano all'interno del bosco, lontano da sorgenti di luce, modificando così il comportamento riproduttivo di tali specie.

<sup>6</sup> Kempenaers B., et al, 2010 Artificial Night Lighting Affects. Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. Current Biology 20, 1735-1739, October 12, 2010.

Le opere di progetto, non prevedono lavorazioni notturne e, conseguentemente, non implicano l'illuminazione del sito: per tale ragione si ritiene che non vi siano impatti significativi in termini di inquinamento luminoso, sui vertebrati presenti o potenzialmente presenti nell'area di studio.

IMPATTO INDIRETTO DOVUTO ALLA MINORE CAPACITÀ DI MOVIMENTO E ALLA RECISIONE DI CORRIDOI ECOLOGICI E ALL'AUMENTO DELLA FRAMMENTAZIONE E DELL'ISOLAMENTO DEI BIOTOPDI DI PREGIO

La frammentazione degli ecosistemi dovuta alle infrastrutture lineari è un problema che desta forte preoccupazione in Europa (Prillewitz, 1997<sup>7</sup>), ed in Italia già da un decennio è stato considerato nei diversi aspetti di interazione non solo faunistici (Perco et al. 1977, Malcevschi et al. 1996, Santolini et al. 1997<sup>8</sup>, Dinetti 2000, Gibelli e Santolini 2000).

I fenomeni di frammentazione e di recisione di corridoi ecologici possono innescare un processo di progressivo isolamento causato dalla mancanza di permeabilità agli scambi biologici, alle interazioni intra ed interspecifiche determinando, una forte riduzione degli habitat favorevoli a molte specie soprattutto terricole.

Tutto questo ha conseguenze importanti sulla fauna e sulla sua vitalità nonché sugli ecosistemi come è stato messo in evidenza alle differenti scale spaziali da Canters et al. (1997). E' stato infatti osservato (Santolini 1996) che la frammentazione degli habitat determina:

- un frazionamento delle popolazioni soprattutto se legate ad habitat particolari;
- un aumento di specie per lo più ubiquiste e la rarefazione e l'estinzione di specie esigenti;
- maggiori costi riproduttivi e maggiori rischi (es. predazione);
- un forte condizionamento dell'ambiente soggetto a frammentazione dovuto all'attività umana e quindi sempre più influenzato dal disturbo che assume livelli diversi in funzione della scala;

<sup>7</sup> Prillewitz, F.C. 1997. Fragmentation, not forever. In: Canters, K., Piepers, A. and Hendriks-Heersma, A., (Eds.) Proceedings of the international conference on Habitat fragmentation and infrastructure in Maastricht & DenHague 1995, Delft, The Netherlands: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering division.

<sup>8</sup> Santolini R., Sauli G., Malcevschi S. e Perco F. 1997. The relationship between infrastructure and wildlife: problems, possible project solutions and finished works in Italy.



- l'estinzione locale di una o più specie che innesca una ulteriore frazionamento della/e popolazione/i; il processo diventa irreversibile nel caso di frammenti piccoli ed isolati di habitat occupati da popolazioni non vitali.

Questo scenario di effetti potenziali determinati dalla frammentazione, è in relazione alla necessità per qualsiasi specie, di dipendere da un'area minima vitale e quindi da valori soglia di habitat utili al loro automantenimento, sotto i quali una specie e/o una comunità possono essere influenzate fortemente dal processo di frammentazione che induce una, riduzione anche significativa dei valori di abbondanza o di ricchezza fino ad arrivare ad estinzioni locali (Andrén 1994, Santolini et al. 2003, Battisti 2004).

La frammentazione degli ecosistemi si esplica, oltre che direttamente, ad esempio attraverso la realizzazione di strutture in rilevato e/o recinzioni o anche per la "semplice" presenza di superfici artificiali (pavimentazioni stradali in cemento o di altro tipo, aree a suolo nudo), anche indirettamente attraverso l'emissione di disturbi di diversa natura che si possono diffondere anche a notevole distanza dalla fonte (rumore, vibrazioni, ...).

Le aree cantierizzate, oggetto di permanenza di lavorazioni, costituiscono delle potenziali fonti di inquinamento (vedi paragrafi precedenti) a cui si somma un effetto barriera generato dai tratti recintati: i due effetti sommati possono impedire gli spostamenti che gli animali compiono alla ricerca di cibo o per esigenze riproduttive.

Questa tipologia di impatto si estrinseca nella diminuzione di naturalità dei biotopi prossimi alle aree cantierizzate, in termini di connessione e possibilità di interazione e scambio con altri biotopi del settore di appartenenza.

Tale impatto ha ripercussioni sulla componente faunistica ed in particolare, in prossimità di settori con formazioni boschive e/o ambienti umidi (che nelle aree oggetto di studio sono presenti in minor misura rispetto alla matrice agricola prevalente).

Quando le distanze tra gli habitat naturali preferiti dagli animali diventano eccessive e le dimensioni dei biotopi rimasti disponibili diventano troppo limitate per sostenere popolamenti equilibrati, l'estinzione locale della specie interferita diventa un pericolo concreto. Tale rischio è evidente soprattutto (ad esempio) per la classe degli anfibi, che popolano gli ambienti umidi e che compiono periodiche migrazioni riproduttive tra un ambiente e l'altro.

Nello specifico le opere di progetto renderanno preclusa l'area oggetto di lavorazioni a qualsiasi passaggio della fauna, fino a ripristino morfologico e naturalistico terminato, al termine



del quale l'area sarà restituita al territorio circostante, attraverso l'impiego di interventi di ripristino a verde nonché attraverso la realizzazione di sottopassi faunistici.

Il traffico generato dalle attività di cantiere, così come il traffico ferroviario in fase di esercizio, comporterà invece un impatto come effetto barriera indiretto, in termini di propagazione di una serie di disturbi (rumore, emissioni, polveri) che impatterà sui popolamenti faunistici prossimi alle arterie stradali interessate dal passaggio degli automezzi.

Al fine di ridurre l'impatto generato dalla presenza dell'infrastruttura in esame, si è fatto un particolare sforzo in termini di realizzazione di sottopassi faunistici ed in termini di interventi di mitigazione con opere a verde. In merito a tale tipologia di intervento si segnala che la loro ubicazione è stata progettata tenendo conto anche e soprattutto del parallelismo, ove presente, con il progetto dell'infrastruttura stradale dell'ACP. In tal senso si ricorda che le soluzioni adottate tendono a raccordare dal punto di vista sia dell'inserimento paesaggistico che ecologico le due infrastrutture evitando così la formazione di reliquati o aree degradate prive di qualsiasi funzionalità ecologica.

#### MAGGIORE MORTALITÀ DELLE SPECIE, CAUSATA DAGLI INCIDENTI (COLLISIONI CON I VEICOLI)

Tra gli effetti negativi di tipo diretto legati all'aumento del traffico veicolare, rientra la "*road mortality*", mortalità per investimento. Tale fenomeno è molto cresciuto negli ultimi decenni, ed attualmente si pone al primo posto tra le cause di mortalità inferta dall'uomo alla fauna selvatica. Le cause che spingono un animale selvatico all'attraversamento delle strade e delle relative aree di pertinenza sono: attraversamento volontario, invasione accidentale della carreggiata, accesso a scopo alimentare a resti di animali uccisi dal traffico, ricerca di particolari condizioni microtermiche o di siti di nidificazione e/o di rifugio.

Tutte le specie animali possono rimanere vittime del traffico, anche se l'erpetofauna e alcuni mammiferi, appaiono più esposti al rischio di investimento di altri.

Le situazioni più a rischio si verificano quando si incrociano corridoi biologici, lungo i quali si spostano gli animali, e la rete stradale usata dall'uomo, con gravi impatti sulla biodiversità (es.: strade che intercettano la migrazione annuale degli anfibi dai siti di alimentazione e di svernamento a quelli di riproduzione e viceversa).

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
237

Le attività di progetto determineranno un aumento del traffico sulla rete stradale afferente le aree interessate dalle lavorazioni, imputabile ai mezzi utilizzati dalle maestranze ed in particolare ai mezzi utilizzati per il trasporto del materiale lapideo.

Considerando la breve durata dei cantieri relativi alle opere esaminate, nonché la bassa vocazionalità faunistica delle aree attraversate, si ritiene l'impatto analizzato poco significativo.

In fase di esercizio non si ritiene vi possano essere eventi di mortalità, causati da collisioni, in quanto tutta la tratta ferroviaria sarà dotata dei relativi sistemi di sicurezza ed anti-intrusione (reti).



#### 4.5.5.3 Valutazione degli impatti

La quantificazione degli impatti, è stata fatta prima, separatamente per i singoli ecosistemi recettori, quindi viene formulata una valutazione complessiva degli impatti ricadenti sulla componente.

Si sottolinea ancora come gli impatti individuati non si manifestino in un ambito "naturale", bensì in una realtà territoriale, in cui l'ambiente naturale originale, e di conseguenza gli ecosistemi che lo caratterizzano, ha subito una profonda trasformazione ad opera dell'uomo.

Al riguardo, con riferimento agli elaborati "Opere di mitigazione a verde – Localizzazione di Reti Ecologiche – Relazione (IN0500DE2RGIM00070050) e Opere di mitigazione a verde localizzazione Reti Ecologiche (Tratti dai Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale) IN0500DE2P3IM00070010 tavola 4/5, si evidenzia che l'opera in progetto ricade in un contesto definito " Ambito della ricostruzione ecologica diffusa" . Gli interventi di sistemazione a verde previsti lungo l'infrastruttura in progetto possono in tal senso considerarsi coerenti con la suddetta indicazione areale.

Sempre con riferimento ai suddetti elaborati si osserva che l'opera attraversa il corridoio ecologico primario del fiume Chiese, che comunque viene attraversato senza interferire, se non temporaneamente in fase di costruzione, con le zone di vegetazione ripariale.

In funzione dei potenziali impatti individuati nel precedente capitolo, nelle successive tabelle, si riportano le valutazioni complessive degli impatti a carico delle unità ecosistemiche presenti nell'area di studio.

Tale livello di impatto, in funzione della tipologia di opera prevista e della qualità dell'ecosistema stesso, è distinto tra fase di cantiere e fase di esercizio.

#### Valutazione degli impatti generati dalla Variante di montichiari

Opere	Ecosistema	Indice di qualità	Livello di impatto fase cantiere	Livello di impatto fase esercizio
Rilevato	agroecosistema	basso	basso	basso
	stepping stones	alto	alto	medio
	ecological corridors	alto	alto	medio
Viadotto	ripariale	alto	alto	medio
	acquatico	medio	medio	basso
	agroecosistema	basso	basso	basso
Trincea	agroecosistema	basso	basso	basso
	ecological corridors	alto	alto	medio
Galleria artificiale	agroecosistema	basso	basso	basso



Dalla tabella si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Gli impatti a carico dell'**ecosistema ripariale**, avente un discreto interesse naturalistico, sono concentrati soprattutto in fase di costruzione dell'opera. Tali impatti variano da medio (se si tratta di ambiti legati alle aree di greto) ad alto (se si tratta di ambiti legati ai boschi e alle boscaglie ripariali). In fase di esercizio, le interferenze si mantengono a livelli più bassi, raggiungendo livelli medio-bassi;
- Gli impatti a carico dell'**ecosistema fluviale**, avente un interesse naturalistico generalmente non elevato, sono da considerarsi medi limitatamente alla fase di cantiere, in riferimento alla realizzazione delle opere in alveo. In fase di esercizio, l'interferenza su questo ecosistema è bassa o trascurabile;
- Gli impatti a carico dell'**agroecosistema**, avente un interesse naturalistico mediocre, sono costanti e comunque sempre bassi sia in fase di costruzione che in fase di esercizio;
- Gli impatti a carico dei **ecological corridors**, aventi un elevato interesse naturalistico, sono concentrati soprattutto in fase di costruzione dell'opera, in quanto mitigabili con opportune misure di ripristino ambientale;
- Gli impatti a carico dei **stepping stones**, aventi un elevato interesse naturalistico, sono della stessa natura e livello di quelli individuati per i ecological corridors. Tali impatti, quindi, sono concentrati soprattutto in fase di costruzione dell'opera, mentre in fase di esercizio variano tra medio o basso (se si tratta di viadotti).

La fase di cantiere della Linea ferroviaria, comporta, dunque, un medio livello di impatto mentre la fase di esercizio (in assenza di mitigazioni), verosimilmente produrrà lungo la maggior parte del tracciato, impatti complessivamente contenuti. Tale situazione è dovuta principalmente al modesto livello di sensibilità dell'agroecosistema che, come descritto in precedenza, oltre ad essere caratterizzato da un moderato grado di naturalità e diversità, non presenta elementi di particolare pregio naturalistico, a causa della secolare e diffusa antropizzazione. Si segnala comunque che la realizzazione degli interventi a verde previsti, come segnalato nel capitolo riguardante il bilancio ecologico, consentirà di restituire un territorio sicuramente migliore dal punto di vista ecosistemico data la consistente superficie che verrà sottoposta a interventi di inserimento a verde.



#### 4.5.6 Interventi di mitigazione

La mitigazione degli impatti comporterà l'adozione di misure progettuali ed operative, in grado di agire direttamente sulle azioni che generano gli impatti stessi, al fine di ridurre le conseguenze sulla componente.

Tali opere di mitigazione tengono conto delle differenti condizioni geomorfologiche, fitogeografiche, pedologiche evidenziate in precedenza.

Occorre anzitutto segnalare che nella fase di sviluppo del progetto definitivo si è prestata particolare attenzione alla progettazione di opere a verde che potessero da un lato mitigare gli impatti legati alla realizzazione dell'opera, e dall'altro restituire, in fase di esercizio, un territorio che vedesse implementati gli elementi di naturalità allo stato di fatto leggermente carenti. La progettazione degli interventi a verde si è basata sulle caratteristiche stazionali e vegetazionali delle aree interferite al fine di poter scegliere tipologie e specie che si adattassero in maniera ottimale all'area di intervento. In particolare, come illustrato negli elaborati cartografici relativi agli interventi a verde (si vedano elaborati dell'All. 8), sono state scelte specie autoctone in grado di inserirsi in maniera ottimale nelle aree di impianto. Nella tabella sottostante si riporta l'elenco degli interventi previsti con l'utilizzo delle relative specie.

GENERAL CONTRACTOR <b>Cepav due</b> 		ALTA SORVEGLIANZA 				
Doc. N.		Progetto IN05	Lotto 00	Codifica Documento DE2RGSAA000001	Rev. 1	Foglio 241
<b>Tipologia di intervento</b>	<b>Specie per tratto bassa pianura</b>	<b>Specie per tratto alta pianura</b>				
Macchia boscata	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Salix fragilis, Acer campestre, Alnus glutinosa, Fraxinus ornus, Ulmus minor, Quercus robur, Tilia cordata, Crataegus monogyna, Crataegus oxycantha, Salix caprea, Sambucus nigra, Ligustrum vulgare, Frangula alnus, Salix cinerea, Salix eleagnos, Prunus padus, Rosa canina, Viburnum lantana, Cornus mas	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Salix fragilis, Acer campestre, Carpinus betulus, Fraxinus ornus, Morus nigra, Quercus robur, Tilia plataphyllos, Cornus sanguinea, Viburnum opalus Corylus avellana, Crataegus monogyna, Crataegus azarolus, Euonimus europaeus, Hippophae, rhamnides, Rhamnus cathartica, Rosa canina, Prunus spinosa, Salix cinerea, Salix eleagnos, Salix nigra, Sorbus domestica				
Arbusteto	Crataegus monogyna, Crataegus oxycantha, Salix caprea, Sambucus nigra, Ligustrum vulgare, Frangula alnus, Salix cinerea, Salix eleagnos, Prunus padus, Rosa canina, Viburnum lantana, Cornus mas	Cornus sanguinea, Viburnum opalus Corylus avellana, Crataegus monogyna, Crataegus azarolus, Euonimus europaeus, Hippophae, rhamnides, Rhamnus cathartica, Rosa canina, Prunus spinosa, Salix cinerea, Salix eleagnos, Salix nigra, Sorbus domestica				
Fascia boscata	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Salix fragilis, Acer campestre, Alnus glutinosa, Fraxinus ornus, Ulmus minor, Quercus robur, Tilia cordata, Crataegus monogyna, Crataegus oxycantha, Salix caprea, Sambucus nigra, Ligustrum vulgare, Frangula alnus, Salix cinerea, Salix eleagnos, Prunus padus, Rosa canina, Viburnum lantana, Cornus mas	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Salix fragilis, Acer campestre, Carpinus betulus, Fraxinus ornus, Morus nigra, Quercus robur, Tilia plataphyllos, Cornus sanguinea, Viburnum opalus Corylus avellana, Crataegus monogyna, Crataegus azarolus, Euonimus europaeus, Hippophae, rhamnides, Rhamnus cathartica, Rosa canina, Prunus spinosa, Salix cinerea, Salix eleagnos, Salix nigra, Sorbus domestica				
Siepe arboreo arbustiva	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Salix fragilis, Acer campestre, Alnus glutinosa, Fraxinus ornus, Ulmus minor, Quercus robur, Tilia cordata, Crataegus monogyna, Crataegus oxycantha, Salix caprea, Sambucus nigra, Ligustrum vulgare, Frangula alnus, Salix cinerea, Salix eleagnos, Prunus padus, Rosa canina, Viburnum lantana, Cornus mas	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Salix fragilis, Acer campestre, Carpinus betulus, Fraxinus ornus, Morus nigra, Quercus robur, Tilia plataphyllos, Cornus sanguinea, Viburnum opalus Corylus avellana, Crataegus monogyna, Crataegus azarolus, Euonimus europaeus, Hippophae, rhamnides, Rhamnus cathartica, Rosa canina, Prunus spinosa, Salix cinerea, Salix eleagnos, Salix nigra, Sorbus domestica				
Siepe arbustiva	Crataegus monogyna, Crataegus oxycantha, Salix caprea, Sambucus nigra, Ligustrum vulgare, Frangula alnus, Salix cinerea, Salix eleagnos, Prunus padus, Rosa canina, Viburnum lantana, Cornus mas	Cornus sanguinea, Viburnum opalus Corylus avellana, Crataegus monogyna, Crataegus azarolus, Euonimus europaeus, Hippophae, rhamnides, Rhamnus cathartica, Rosa canina, Prunus spinosa, Salix cinerea, Salix eleagnos, Salix nigra, Sorbus domestica				
Fillare rado	Populus alba, Populus nigra, Salix alba, Tilia cordata	Juglans regia, Tilia cordata, Prunus avium, Quercus robur				
Filare fitto	Salix cinerea, salix purpurea	Sorbus aucuparia, Sorbus taminialis, Malus comunis, Morus nigra, Acer campestre				
Filare a cortina	Alnus glutinosa, Populus nigra italica, Ulmus minor	Carpinus betulus, Laburnum anagyroides, Populus nigra italica				



Si sottolinea che per tutti gli interventi a verde, per l'impianto delle specie vegetali, si farà uso di fitocelle.

Oltre agli interventi citati, per la cui rappresentazione cartografica si rimanda alle planimetrie allegata, si segnalano i seguenti interventi:

- Realizzazione di sottopassi per la fauna: i sottopassi per la fauna sono una struttura che viene applicata per impedire l'isolamento geografico generato dalla presenza della linea ferroviaria. La loro posizione è stata valutata con estrema attenzione, prevedendo il loro inserimento lungo le direttrici di effettivo spostamento.
- Innaffiamento controllato dei cumuli di terra e delle strade di servizio: l'innaffiamento controllato dei cumuli di terra e delle strade di servizio permette di limitare al massimo la dispersione di polveri nelle zone circostanti. Tale accorgimento diminuisce notevolmente l'impatto sulla vegetazione durante le fasi di costruzione ed è particolarmente importante per le specie acquatiche sensibili all'intorbidimento idrico.
- Limitazioni d'uso di prodotti chimici per manutenzione: l'uso di prodotti chimici per la manutenzione è rivolto in particolare al controllo di piante infestanti, che possono costituire ingombro della sede ferroviaria. Misura mitigativa eccellente sarebbe l'applicazione di metodi diserbanti alternativi; in ogni caso sarà utile valutare l'assenza negli eventuali prodotti chimici di sostanze interferenti con il metabolismo degli Invertebrati.

In merito alle tipologie di intervento a verde previste si segnala che la loro ubicazione è stata progettata tenendo conto anche e soprattutto del parallelismo, ove presente, con il progetto dell'infrastruttura stradale dell'ACP. In tal senso si ricorda che le soluzioni adottate tendono a raccordare dal punto di vista sia dell'inserimento paesaggistico che ecologico le due infrastrutture evitando così la formazione di reliquati o aree degradate prive di qualsiasi funzionalità ecologica.

Tra gli interventi di maggior rilievo si segnalano:

- Macchia boscata tra pK 88+696 e 88+868 circa;
- Prato tra pK 88+868 e 90+175 circa;
- Prato tra 90+461 e 92+700 circa (tratto di fine affiancamento con la linea ACP);
- Tre Macchie boscate e un arbusteto tra pK 96+184 e 97+190 circa;
- Prato e Macchie boscate nel tratto dell'interconnessione est di Brescia.

Si ricorda che per quanto riguarda le aree di approfondimento (aree critiche) indicate nelle planimetrie si rimanda alla parte 18.

Circa l'efficacia delle opere a verde proposte, si rimanda al capitolo riguardante il bilancio ecologico, nel quale sarà possibile stimare in termini quantitativi e qualitativi l'effettiva funzionalità ecologica degli interventi previsti.

#### 4.5.7 Bilancio ecologico

Per il calcolo del bilancio ecologico si è reso necessario poter disporre sia delle aree permanentemente occupate, desunte di fatto dal calcolo della stima quantitativa della superficie sottratte dall'opera, che delle aree non interessate dal passaggio della linea ma che saranno soggette a interventi di mitigazione con piantumazione di specie arboree e arbustive autoctone. Dette aree sono state calcolate producendo uno Shape file delle aree di localizzazione degli interventi, tramite il quale, mediante le funzioni di Geoprocessing, è stato possibile calcolare gli usi del suolo pregressi alla realizzazione dell'opera.

In ultima analisi queste operazioni hanno consentito di poter pervenire, mediante i calcoli descritti successivamente, ad un valore di BTC ante-operam e post-operam delle aree interessate dall'opera in progetto.

La stima effettuata di seguito sarà quindi effettuata sullo stato della progettazione ad oggi disponibile.

##### 4.5.7.1 Calcolo delle aree interessate in fase di esercizio

Il calcolo delle aree interessate in fase di esercizio è stato impostato distinguendo tra i tratti in trincea o rilevato, le gallerie artificiali e i viadotti.

Sulla base delle sezioni tipologiche di progetto, sono stati assunti i seguenti parametri:

- RILEVATI:
  - Occupazione permanente di suolo di una superficie, per i tratti in rilevato, dell'ordine di 30 mq per ogni metro lineare di linea;
- TRINCEA:
  - Occupazione permanente di suolo di una superficie, per i tratti in trincea, dell'ordine di 30 mq per ogni metro lineare di linea;

- **GALLERIE ARTIFICIALI:**
  - Integrale restituzione agli usi del suolo preesistente delle aree corrispondenti alla galleria artificiale nei tratti in galleria artificiale completamente sotterranei e con una ricopertura di almeno 2 m di terreno;
- **VIADOTTI:**
  - Occupazione permanente di suolo di 10 m<sup>2</sup> in corrispondenza di ciascun pilone; Si è inoltre provveduto a quantificare le superfici interessate dalle opere di mitigazione sia all'interno che all'esterno della recinzione che delinea la fascia di pertinenza ferroviaria.

#### 4.5.7.2 L'indice di biopotenzialità

Al fine di paragonare lo stato ecologico attuale con quello di progetto dell'area d'intervento, è stato utilizzato l'indice di biopotenzialità territoriale (B.T.C.).

Il metodo, introdotto da V. Ingegnoli, parte dal presupposto che la vita nella biosfera è organizzata secondo diversi livelli di complessità biologica, in cui esiste un legame indissolubile tra ogni organismo e la comunità ecologica in cui vive. Il territorio può essere considerato un sistema ambientale formato da ecosistemi che interagiscono tra di loro, e dinamico, cioè che si evolve nel tempo.

In tutti i sistemi dinamici è possibile definire varie funzioni di stato, in grado di rappresentare l'evoluzione del sistema nel tempo. La biopotenzialità territoriale o potenzialità biologica è, appunto, una funzione di stato che permette il confronto quantitativo e qualitativo tra zone omogenee e ha come riferimento i sistemi vegetali e il loro metabolismo. E' una grandezza capace di valutare il flusso di energia metabolizzato per unità di area, correlata alla capacità di autoequilibrio del territorio, permettendo così di valutare lo stato di equilibrio di un territorio inteso come sistema biologico.

L'indice di biopotenzialità territoriale assegna ad ogni unità ambientale un intervallo di valori, oggettivando in modo scientifico l'importanza ecologica dell'unità stessa all'interno dell'ecosistema.

In particolare, hanno un elevato valore ambientale quegli ecosistemi dotati di una elevata resistenza (capacità di un sistema di evitare modifiche rispetto allo stato originario durante un impatto negativo), ma nel contempo di una scarsa resilienza (capacità di un sistema di rigenerarsi dopo aver subito un impatto negativo) ai fattori di pressione esterni.

L'indice, che si basa sul concetto di stabilità resistente degli ecosistemi, tiene conto dei dati metabolici dell'ecosistema: produzione primaria lorda (PG), respirazione (R) e biomassa (B).

La Biopotenzialità Territoriale, misurata in: [ Mcal / m<sup>2</sup> / a ], è così definita:

$$\overline{Btc}_i = \frac{1}{2} * (a_i + b_i) * R$$

I = principali ecosistemi della biosfera

$A_i (R/PG)_i / (R/PG)_{max}$  = misura il grado di capacità metabolica relativa dei principali ecosistemi

$B_i (dS/S)_{min} / (dS/S)_i$  = misura il grado di mantenimento antitermico degli ecosistemi

$dS/S = R/B$  = rateo di mantenimento della struttura.

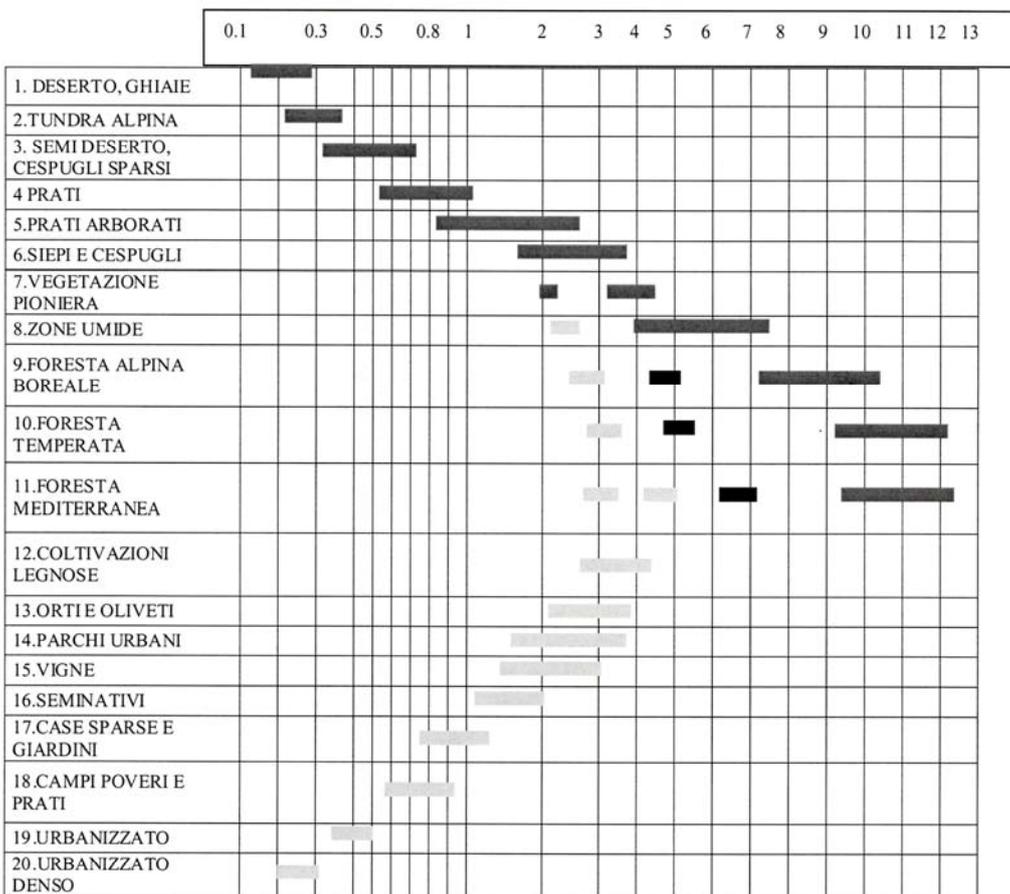
Nella tabella seguente, vengono indicati gli intervalli di valori di Btc da assegnare alle diverse unità paesaggistiche. Come si può notare, i valori di BTC variano da 0,1 a 13 all'interno di una scala ad intervalli disomogenei. Sono indicati i valori per una condizione naturale e per una maggiormente antropizzata; è presente anche una terza condizione intermedia appartenente a tutte quelle unità che subiscono una parziale forma di gestione. Ad ogni unità paesaggistica è assegnato un "range" di valori di diversa ampiezza, che è tanto maggiore quanto più naturale è un sistema (i seminativi, ad esempio, possono assumere valori che vanno da 1 a 2, mentre la foresta mediterranea possiede un range tra 2,5 e 12,5).

Come accennato, i valori più elevati corrispondono a sistemi molto resistenti e poco resilienti (ad es. le varie forme di foresta a diverse latitudini), mentre le unità urbanizzate o i prati, che facilmente vengono disturbati ma sono in grado di recuperare in fretta le condizioni iniziali, assumono valori più bassi.

In base ai "range" indicati in tabella, è necessario stabilire, per le unità paesaggistiche presenti nell'area di studio, dei valori più precisi e più conformi alla situazione reale.

Nel caso oggetto della presente relazione sono state individuate le seguenti unità ambientali omogenee, ciascuna contraddistinta da un valore di Btc dedotto dal confronto tra i "range" di valori individuati da Ingegnoli e le caratteristiche delle unità ambientali presenti nell'area d'intervento:

ELEMENTI DEL PAESAGGIO



0.1

2.4

CRITERI DI ATTRIBUZIONE  
E STABILITA' PREVALENTE

RECUPERO

RESISTENZA



Condizioni naturali



Condizioni antroniche



Bosco ceduo. foresta immatura....

Tabella 4.5-1: Stima dei valori di BTC, calcolati per i principali tipi di elementi paesaggistici dell'Europa centro-meridionale. Valori in Mcal/m<sup>2</sup>/anno (Ingegnoli, 1993)



#### Unità di paesaggio interferite

- Vegetazione igrofila: valore BTC assegnato 3
- Boschi di caducifoglie: valore BTC assegnato 5
- Aree ripariali: valore BTC assegnato 4
- Filari arborei: valore BTC assegnato 1.5
- Frutteti: valore BTC assegnato 1.9
- Assi viari principali: valore BTC assegnato 0
- Aree edificate e cave e discariche: valore BTC assegnato 0.0
- Seminativi: valore BTC assegnato 1.1

Per quanto attiene il complesso degli interventi a verde, le differenti tipologie progettuali sono state suddivise nelle seguenti 3 macrocategorie:

- Messa a dimora di specie arbustive e realizzazione di filari: è stato assegnato un valore di BTC (intermedio fra quelli previsti da Ingegnoli per le superfici a prato - rinverdimento scarpate e pertinenze - e delle siepi) pari a 1.5
- Interventi di inerbimento: è stato assegnato un valore di BTC pari a 0.7
- Interventi di mitigazione ambientale con impianto di specie arboree e arbustive per realizzazione di aree rimboschite con struttura naturaliforme: è stato assegnato un valore di BTC pari a 2.4

Dopo aver assegnato i valori di BTC alle varie tipologie, si confronta la situazione ante operam, con quella post operam, ad interventi di recupero avvenuti. A tal fine è stata calcolata, per ogni unità ambientale, la rispettiva area occupata in ettari, che sarà in seguito relazionata al valore di BTC.



#### 4.5.7.3 *Situazione ante operam*

Nella tabella seguente si indicano le superfici sottratte permanentemente a seguito della costruzione dell'infrastruttura in progetto ed alla realizzazione degli interventi a verde compensativi, nonché il relativo valore di BTC totale (ottenuto moltiplicando il valore di BTC/unità di superficie con l'estensione in ettari interessata).

*Tabella 4.5-2 Stima dei valori di BTC nella situazione ante - operam*

	ELEMENTI PAESAGGIO	DI (ha)	SUPERFICIE (ha)	Btc MEDIA PER HABITAT (Mcal/ha/anno)	VALORE DI Btc x SUPERFICIE
<b>Realizzazione ferrovia (A)</b>	Vegetazione igrofila	0.193	0.193	3	0.579
	Boschi di caducifoglie	0.189	0.189	5	0.945
	Aree ripariali	0.078	0.078	4	0.312
	Filari arborei	0.785	0.785	1.5	1.177
	Frutteti	0	0	1.9	0
	Assi viari principali	0,587	0,587	0	0
	Seminativi	32.564	32.564	1.1	35.820
	Aree urbanizzate – cave e discariche	6	6	0	0
<b>Opere di mitigazione (B)</b>	Filari arborei	1.546	1.546	1.5	2.319
	Frutteti	0.010	0.010	1.9	0.019
	Assi viari principali	0.177	0.177	0	0
	Seminativi	52.6	52.6	1.1	57.86
	Aree urbanizzate – cave e discariche	3.793	3.793	0	0
<b>TOTALE A+B</b>			<b>98.522</b>		<b>99.028</b>

#### 4.5.7.4 *Situazione post operam*

Si procede, di seguito, al calcolo del valore di BTC totale relativo all'assetto territoriale post operam (ad affermazione degli impianti in progetto).

*Tabella 4.5-3: Stima dei valori di BTC nella situazione post – operam*

ELEMENTI PAESAGGIO	DI	SUPERFICIE (ha)	Btc MEDIA PER HABITAT (Mcal/ha/anno)	VALORE DI Btc x SUPERFICIE
Prati		34	0.7	23.8
Messa a dimora di specie arbustive e filari		25.714	1.5	38.571
Interventi di mitigazione con impianto di specie arboree e arbustive		22.428	2.4	53,827
Piano ferroviario		17.651	0	0
<b>TOTALI</b>		<b>99.793<sup>9</sup></b>		<b>116,198</b>

#### 4.5.7.5 *Conclusioni*

I risultati delle tabelle precedenti indicano che gli interventi a verde di compensazione previsti a fronte della realizzazione di un'opera dalle consistenti caratteristiche invasive sul territorio, consentono di pervenire ad un bilancio ecologico nettamente positivo (BTC ante operam = 99.028– BTC post operam a recupero ambientale avvenuto = 116,198).

Si sottolinea come il consistente quantitativo di superficie agricola sottratta permanentemente per la realizzazione della linea, sarà compensata, dal punto di vista ecologico, dagli interventi di mitigazione che fanno riferimento alla macchia arbustiva e arboreo arbustiva. Le tipologie utilizzate e la scelta del dimensionamento superficiale delle aree è stata effettuata con lo scopo di bilanciare il BTC nella situazione ante e post operam.

<sup>4</sup> Il valore di superficie totale post operam risulta maggiore di quello ante operam in quanto si è tenuto conto delle superfici inclinate delle scarpate dei rilevati



## 4.6 Paesaggio

Le analisi e le valutazioni relative alla componente *Paesaggio* vengono così articolate:

- viene preliminarmente fornito un inquadramento di area vasta, suddiviso in una prima parte di inquadramento storico ed in una seconda parte di descrizione dei lineamenti generali del paesaggio delle aree considerate;
- successivamente viene fornita un'analisi delle caratteristiche del paesaggio nelle diverse parti del territorio interessato dalle opere in progetto; in tal senso viene definito e descritto un insieme di tipologie di paesaggio, vengono elencate le principali emergenze storico – monumentali che caratterizzano l'area, vengono identificate e descritte, le caratteristiche delle principali aree sensibili;
- infine, dopo aver indicato i criteri adottati, si provvede a descrivere la valutazione degli impatti previsti nelle diverse parti del territorio attraversato dalle infrastrutture in progetto;
- la documentazione di riferimento è costituita dalle tavole in allegato 16 *Paesaggio naturale e antropico* (IN0500DE2N4SA000A033) e, dalla documentazione fotografica (Allegato 21 IN0500DE2SHSA000A002); un utile riferimento è inoltre costituito dalle tavole di cui in allegato 2 *Aree vincolate e aree protette* (IN0500DE2N4SA000P001 - IN0500DE2N4SA000P023).

### 4.6.1 Inquadramento di area vasta

#### 4.6.1.1 Cenni storici sull'area

L'area interessata dal tracciato della linea ad alta capacità Milano-Verona comprende la zona della Pianura Padana e quella collinare dell'anfiteatro morenico del Garda, interessando le province di Bergamo, Brescia e Verona. Tale territorio risulta occupato fin dalla Preistoria, con importanti testimonianze insediative a partire dalla fine dell'ultima glaciazione (Epipaleolitico), ma tracce significative riguardano anche le epoche precedenti.



Relativamente alla prima porzione della tratta, quella compresa tra Milano e Brescia, essa comprende soprattutto aree di pianura, caratteristiche del "Querceto Misto Padano" di origine preistorica, con suoli pesanti di natura argillosa, solitamente disdegnati dalle comunità preistoriche più antiche.

Il tessuto antropico si intensifica durante l'Età del Ferro, quando a partire dalla traversa X-IX secolo fioriscono le grandi culture padane. In particolare, nella Lombardia Occidentale nasce e si sviluppa la cosiddetta Cultura di Golasecca che ebbe il suo maggior splendore tra il VII e il VI Secolo a.C., come molti indizi archeologici e in particolare i corredi funerari delle tombe ci confermano. Per quanto riguarda la zona veneta, nella stessa epoca, a oriente, si sviluppò la civiltà paleoveneta, collegata da una parte alle grandi esperienze culturali più meridionali della cultura cosiddetta protovillanoviana dell'area bolognese e dall'altra a quella cosiddetta dei Campi d'Urne, tipica dell'area danubiana e centro-europea.

Un'ulteriore spinta insediativa si verificò nel V Secolo a.C. con l'invasione della Padania da parte dei Celti, che in breve tempo mutò radicalmente la fisionomia etnica e culturale delle aree interessate dallo studio. Tra il Fiume Oglio e il Mincio si stanziarono i Galli Cenomani, che secondo le notizie riportate da Livio, avevano invaso il territorio circostante la città di Verona, esportando la cosiddetta cultura di "La Tenè" di origini transalpine.

Più a Sud-Est si stanziarono gli insubri, mentre attorno ai laghi rimasero attivi dei gruppi umani legati alle forme tarde della Cultura di Golasecca.

E' probabile che le grandi invasioni della metà del I millennio a.C., dirompenti per i precedenti equilibri antropici, condussero alla prevalente occupazione di aree libere della pianura, nelle quali le nuove culture impostarono attività agricole estensive, grazie ai più consistenti sistemi di cui disponevano. E' infatti ormai accertato che i Celti, calati in Italia, introdussero nuove tecnologie nella lavorazione dei metalli e soprattutto del ferro, ma furono anche portatori della carruca (aratro pesante a ruote), con la quale misero a coltura le grandi estensioni di territorio pianeggiante caratterizzate da suoli pesanti di natura argillosa. E' in questo periodo che si svilupparono i primi insediamenti urbani nell'area della Padania, tra cui anche Milano, Bergamo, Brescia e Verona.



Nel corso del II/I Secolo A.C. inizia la fase più consistente di definizione del paesaggio storico con la sovrapposizione della cultura romana a quella celtica ormai stabilizzata da oltre due secoli. Per comprendere a fondo la rete antropica romana, occorre considerare l'importanza della centuriazione, nella distribuzione degli insediamenti rustici, definita in maniera unitaria per aree molto estese. La ripartizione agrimensoria, si definisce con l'affermazione delle colonie, e nello specifico pensiamo soprattutto a Milano (Mediolanum) e Brescia (Brixia). Questo processo si estende fino all'età Augustea, quando si definisce la riorganizzazione di tutto il territorio attuata attraverso bonifiche e con il potenziamento della rete idrica e viaria.

L'arteria viaria principale era costituita, in questa zona, dalla strada Postumia che, da un lato collegava Cremona a Piacenza, Tortona e Genova, e dall'altra, a Verona, Vicenza e Aquileia. Sempre a questo periodo risale la pianificazione urbanistica delle città più importanti che assurgono Roma a modello architettonico e urbanistico; a questo proposito possiamo ancora osservare le testimonianze materiali delle grandi realizzazioni dell'architettura romana in città come Brescia e Verona. L'importanza di questi centri permane nei secoli successivi di lento disgregamento del potere centrale romano, con l'imporsi dapprima della dominazione Ostrogota, poi di quella Longobarda e quindi dei Franchi.

#### 4.6.1.2 Lineamenti generali del paesaggio

Nel suo assetto complessivo la nuova linea ferroviaria interessa un'estesa porzione della Pianura Padana, che corre sostanzialmente lungo il confine fra alta pianura asciutta e bassa pianura irrigua compresa nell'intervallo tra Milano e Lonato, l'intera zona dell'anfiteatro morenico del Garda fra Lonato e Sommacampagna, una porzione della bassa pianura occidentale veronese fra Sommacampagna e Verona. Si tratta nel complesso di un'area che sotto il profilo morfologico si differenzia fra tipologie di pianura e tipologie collinari, dove gli elementi costitutivi del paesaggio naturale risultano fortemente ridimensionati dal processo storico di costruzione del paesaggio agrario e urbano in costante evoluzione.

In particolare l'assetto del paesaggio agrario delle zone di pianura discende dalle bonifiche operate in epoca storica con la scomparsa delle grandi foreste del Querceto Misto Padano a favore delle coltivazioni irrigue e seccagne. Sporadici elementi di sopravvivenza del paesaggio naturale sussistono solo in coincidenza dei solchi fluviali dei maggiori fiumi, dove talora si riconoscono ampie aree golenali con bosco ad associazione quercia, olmo, acero, ecc., chiaro relitto delle foreste di origine preistorica.



Il disegno del paesaggio agrario presenta, specialmente seguendo l'evoluzione recente, una notevole dinamica evolutiva che configura, nella fascia della pianura, assetti agrari sempre meno caratterizzati nel loro disegno distributivo e sempre più rivolti a un'organizzazione di tipo estensivo monocolturale. Sotto questo profilo diventa anche più labile la tradizionale distinzione fra alta e bassa pianura che un diverso regime idraulico aveva, fino a qualche decennio or sono, fortemente connotato e distinto. Solo nell'ambito collinare, la particolare morfologia dei luoghi protegge da trasformazioni di questo tipo, mantenendo caratteri tradizionali di assetto policulturale di notevole valore paesaggistico.

A tali considerazioni si aggiunge la forza eversiva del fenomeno urbano tale da configurare ormai una larga porzione della Pianura Padana nei termini di "campagna urbanizzata" in cui l'affollamento della trama infrastrutturale, degli equipaggiamenti tecnologici, dell'urbanizzazione "di strada" o di espansione del già consistente tessuto insediativo storico delinea una situazione paesaggistica fortemente compromessa almeno nei suoi caratteri di pregio ambientale.

Occorre peraltro ricordare che la nuova direttrice ferroviaria segue in sostanza, lungo il suo margine meridionale, la grande fascia della conurbazione pedemontana lombardo-veneta che trova fra i diversi poli urbani ormai ben poche soluzioni di continuità. E' lungo questa traccia che si instaurano le più forti dorsali infrastrutturali interregionali (autostrada Milano-Verona, strada statale 11 Padana Superiore, ferrovia Milano-Venezia, altre dorsali stradali minori).

L'ambito paesaggistico in cui si colloca la Variante di Montichiari risente in misura molto marcata di queste caratteristiche di compromissione delle zone agricole da parte di crescenti insediamenti. L'area è infatti collocata immediatamente a sud di Brescia, presenta un fitto tessuto viario ed è interessata da ipotesi di sviluppo infrastrutturale (alla linea ad A.C. occorre associare il progetto di nuovo raccordo autostradale tra il casello di Ospitaletto, il nuovo casello di Poncarale e l'aeroporto di Montichiari).

#### **4.6.2 Analisi dell'ambito territoriale di studio**

##### *4.6.2.1 Tipologia di paesaggio*

L'ambito territoriale in cui ricade la Variante di Montichiari può essere ricondotto alla tipologia di paesaggio dei seminativi cerealicoli.

Questo tipo di paesaggio, caratterizzato da colture seccagne, è di ridotto valore estetico – percettivo per la sua uniformità. Inoltre le recenti tendenze che portano a semplificare i modelli di sistemazione agronomica dei terreni, che si strutturano su campi di dimensioni sempre più ampie e che non prevedono soprassuoli arborei, impoveriscono oltre misura la percezione visiva di questa tipologia. Le residue alberature e i filari tendono a permanere solo in corrispondenza del reticolo infrastrutturale o ad occupare gli scarti aziendali e reliquati interclusi.

Nonostante questo, i connotati precipui di tale paesaggio possono comprendersi nei seguenti termini:

- distribuzione dell'uso del suolo nella dominanza di seminativi, con la compresenza, per la pratica dell'allevamento, anche di altre colture;
- forma, dimensione, orientamento dei campi spesso derivante dalle secolari operazioni di bonifica agraria e di sistemazione irrigua;
- presenza di filari, alberature, siepi, che assumono forte elemento di contrasto e differenziazione del contesto, oltre a definire la particolare "sky-line" della pianura;
- opere di bonifica e modellamento dei suoli;
- reticolo viario della maglia poderale e struttura dell'insediamento agricolo isolato (cascine);
- distribuzione dei nuclei e dei centri urbani con le relative valenze storiche e geografiche (polarità);
- vari elementi diffusivi di significato storico e colturale quali ville, oratori, cascinali fortificati, ecc.

La permanenza di questo paesaggio dipende dal grado di compromissione operato dalle moderne tecniche agrarie e dal livello di intensificazione del processo urbanizzativo e infrastrutturale.

#### 4.6.2.2 Principali emergenze paesaggistiche e storico-monumentali

Le principali emergenze sono costituite:

- dalla collina su cui sorge il centro di Castenedolo;
- dai giardini Fanti, villa con giardino all'interno del centro urbano di Castenedolo,
- dall'Antica idrovora in Comune di Montichiari; edificio neogotico contenente i meccanismi dell'idrovora.



#### 4.6.2.3 Identificazione e descrizione delle principali aree sensibili

L'identificazione delle aree sensibili, all'interno della tipologia di paesaggio sopra descritta, procede anche attraverso una qualificazione dei loro contenuti prevalenti, in particolare rispetto alla rilevanza del paesaggio naturale e antropico, alla rilevanza degli aspetti estetico-visuali e alle emergenze storico culturali.

Ad ognuna di esse è stata assegnata una valutazione qualitativa che discende dalla somma degli aspetti considerati.

In linea generale la valutazione assegna il valore "molto alto" (MA) a quegli ambiti in cui la presenza di elementi del paesaggio naturale e/o antropico, di beni storici, di quadri estetici e percettivi definiscono un quadro paesistico pregiato in cui ogni modificazione dell'assetto dei luoghi ne compromette l'identità. Il valore "alto" (A) è stato attribuito agli stessi elementi ma quando essi figurano ad un livello d'importanza notevole ma non unico e tipico dell'area in oggetto. Il valore "medio" (M) risponde infine a criteri di valutazione più limitati per importanza ma che comunque definiscono un'attenzione maggiore rispetto alla genericità del territorio preso in esame.

L'analisi di sensibilità delle diverse porzioni di territorio è stata effettuata tenendo conto di tre aspetti fondamentali:

- Paesaggio naturale ed antropico. S'intende con questo termine la tessitura del paesaggio, presenza di brani significativi del paesaggio agrario tradizionale, elementi coloniali edilizi o di servizio di particolare pregio, ambiti naturalistici relitti ecc. ;
- Percezione visiva delle opere di prevista realizzazione. Sono stati considerati come tali, quei quadri ambientali caratteristici in quanto rappresentativi dell'identità paesistica regionale, gli ambiti panoramici, i coni visuali su monumenti e altre emergenze morfologiche, ecc., soprattutto in relazione alle possibilità di fruizione visiva del paesaggio.
- Emergenze storico culturali. Sono stati identificati degli ambiti di particolare concentrazione di Beni Culturali, sia per quanto attiene ai siti archeologici, sia per la presenza di monumenti di pregio, tali da costituire relitti di paesaggio storico o archeologico.



Dal punto di vista cartografico queste tre componenti del paesaggio si traducono in ambiti (AS), all'interno dei quali si sono registrate delle predominanze significative. La simbologia adottata per la loro identificazione e descrizione è quella della definizione del limite contrassegnato con un codice a colori illustrato in legenda delle tavole dell'allegato 16 (IN0500DE2N4SA000A033, IN0500DE2N4SA000A034). Nelle tavole vengono anche evidenziate le aree industriali che costituiscono un elemento detrattore nella percezione del paesaggio.

Le aree sensibili più estesamente interessata dal tracciato della Variante sono quelle denominate A.S.1 ed A.S.2 (Percezione visiva, livello "medio"), A.S.3 ed A.S.5, (Emergenze storico - culturali, livello "medio"), A.S.4 (Paesaggio naturale e antropico, livello medio), corrispondenti prevalentemente alla pianura a nord del comune di Montichiari e quindi all'ambito fluviale del Chiese.

L'unità di paesaggio interessata alla variante è quella delle grandi estensioni di campi condotti a seminativo che caratterizzano il tratto compreso tra Castenedolo e Calcinato. Si tratta di ampie estensioni pianeggianti, ripartite in proprietà quadrangolari definite dalla viabilità interpodereale e dalla rete irrigua, spesso sottolineata da alberate capaci di conferire al paesaggio successivi piani di visuale. Le essenze arboree impiegate nelle alberate vanno dalla Robinia pseudoacacia al tiglio e al platano. Si segnala il viale di accesso alla cascina Rodenga realizzato da un doppio filare di pioppi cipressini che viene interferito dal nuovo tracciato.

Dall'estensione di prati condotti a seminativo, guardando in direzione Nord, si percepisce con chiarezza la catena dei primi rilievi prealpini che incornicia l'area, spesso sovrastando le quinte arboree limitanee delle proprietà, talora offrendo cannocchiali di visuale su una morfologia collinare e montana dolce, di quando in quando punteggiata da grandi cave di materiali da costruzione.

La nuova linea in progetto, viene tralata in direzione S di poche decine di metri all'altezza di Castenedolo liberando un corridoio che verrà occupato da un asse stradale di scorrimento veloce. La distanza tra il vecchio tracciato progettato e quello relativo alla variante aumenta, mano a mano che si procede in direzione Est. La nuova impronta, a Est della cascina Rodenga e Fenil Nuovo Rodenga, dopo essere passata attraverso una cava di argilla e una di inerti, attraversa la s.s. n. 236 Goitese, dove interferisce con un fabbricato industriale. Successivamente il tracciato attraversa la campagna di Montichiari per riprendere il vecchio tracciato all'altezza della cascina Quattro Vie in comune di Calcinato in destra orografica del fiume Chiese.



In corrispondenza dell'interferenza con la SS236 Goitese (lato S) e a Est dell'Antica Idrovora, il tracciato affianca delle ampie estensioni di cava, dove si coltivano le potenti bancate di inerti di ghiaioni fluviali. Il recupero ambientale di queste grandi vasche spesso prevede la colmataura con RSU e la successiva definitiva sistemazione, fino a restituire l'ambiente alla sua funzione originaria di terreno seminativo. I sistemi antropici che caratterizzano l'unità di paesaggio interessata dalla variante di tracciato consistono in una rete di cascate di media e piccola dimensione, solitamente storiche, che punteggiano la campagna, con i loro tetti a coppi e talora con nuovi fabbricati destinati all'attività agricola. Lungo la s.s. n. 236 Goitese sono anche presenti ampie estensioni di fabbricati industriali, spesso cresciuti senza una precisa pianificazione.

La variante di tracciato non interferisce con monumenti o aree protette, ad eccezione dell'edificio storico dell'antica idrovora, in località omonima, tra la cascina Quagliera e la cascina Cotelli. Si tratta di un corpo di fabbrica con annessa torre a pianta circolare, costruito in stile neogotico, con una gradevole alternanza di corsi di muratura in pietra e malta e fasce di laterizio. La struttura oggi versa in stato di abbandono, ma potrebbe essere facilmente recuperata, almeno nella sua funzione estetica, anche in relazione ai quadri di visuale di cui i passeggeri della nuova linea potranno godere.

#### 4.6.3 Descrizione dei livelli di impatto

Nella progettazione della linea ferroviaria si è avuta cura di contenere per quanto possibile gli effetti di intrusione visiva dell'opera in progetto. Il principale accorgimento progettuale è stato quello di mantenere un profilo dell'infrastruttura per quanto possibile radente e quindi più facilmente mascherabile da parte della vegetazione. A corredo sono previsti interventi di mitigazione a verde per raccordare la nuova infrastruttura con l'esistente copertura del suolo.

Nel caso in esame, ancorché l'infrastruttura lineare si estenda su un territorio piuttosto contenuto, si sono mantenuti i criteri già espressi nel progetto principale:

- livello di impatto associato al grado di visibilità dell'opera, collocando pertanto i viadotti a livello di impatto percettivo alto, i rilevati a livello medio o basso a seconda della loro altezza, le trincee a livello basso, mentre le gallerie, se si esclude il periodo di costruzione, non generano di fatto modificazione nelle caratteristiche percettive del territorio;



- considerazione della sensibilità dello specifico settore di territorio; nel senso che le suddette valutazioni possono variare anche significativamente in relazione alle caratteristiche locali.

Nel territorio in esame, stanti le caratteristiche dell'opera in progetto e le condizioni delle aree attraversate, si può quindi in generale ipotizzare un livello di impatto medio generalizzato, che diventa alto in corrispondenza dei viadotti. Una situazione di particolare attenzione sotto questo profilo è rappresentata dal passaggio in corrispondenza dell'antica idrovora (progressiva 97,2 circa).

Gli interventi di sistemazione a verde previsti lungo la variante si articolano, secondo una graduazione a crescere in termini di rilevanza, in siepi arbustive, siepi arboreo - arbustive, filari e macchie arboreo - arbustive. La loro collocazione, con una scelta della tipologia correlata anche alle dimensioni dell'opera in progetto, è anche finalizzata alle esigenze di copertura e inserimento paesaggistico dei nuovi manufatti. Dal punto di vista tipologico, in particolare le siepi ed i filari, questi elementi di sistemazione a verde si raccordano agli elementi e nuclei di vegetazione naturale esistenti, inserendosi nella loro trama e integrandoli nel mascheramento della nuova infrastruttura.

Nelle tavole in allegato 19 *Sintesi delle aree critiche e dei livelli di impatto* (IN0500DE2N4SA000A0 IP) si provvede a definire il livello di impatto della linea in assenza e presenza di opere di mitigazione. In generale si è ritenuto che l'effetto delle opere in verde portasse alla riduzione di un livello nella graduazione degli impatti.

Per quanto attiene le interferenze sulla componente paesaggistica legate alla cantierizzazione per la realizzazione dell'opera verranno di seguito illustrate le analisi relative alle maggiori criticità individuate. Il sistema di cantierizzazione interferirà prevalentemente con l'ambito paesaggistico di pertinenza agricola.

Data la tipologia di intervento è possibile configurare, in fase di cantiere, un impatto di livello medio - basso, ma reversibile, dovuto alla presenza fisica dei cantieri e del fronte di avanzamento lavori in relazione al loro ingombro visuale. Proprio quest'ultimo, per il suo sviluppo lineare su tutta l'area di intervento, costituisce la maggiore criticità.

Connesse all'attività di cantiere occorre segnalare alcuni fattori, quali la dispersione di polveri, che potranno indubbiamente influenzare negativamente in termini di fruibilità paesaggistica.



#### 4.6.4 Bibliografia

- AA. VV., Il paesaggio italiano; Milano, 2000;
- AA. VV., I paesaggi umani; Milano, 1977;
- Atti della Conferenza Nazionale per il Paesaggio promossa dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali; Roma 1999;
- Piano del Paesaggio Lombardo – Piano Territoriale Paesistico Regionale, Milano, 1998;
- SESTINI A., Il paesaggio, Milano, 1963;
- ZERBI M.C., Paesaggi della Geografia, Torino, 1993;
- ZERBI M.C., Il paesaggio tra ricerca e progetto, Torino, 1994.



## 4.7 Archeologia

### 4.7.1 Panorama Archeologico Generale di Riferimento

L'area interessata dal tracciato ad Alta Velocità/Capacità Milano-Verona Lotto funzionale Brescia-Verona risulta profondamente antropizzata, fin dalla più remota antichità (paleolitico inferiore), con tracce ancora consistenti e ben visibili delle sistemazioni agricole di età romana (centuriazione) e della frequentazione umana nel corso del Medioevo. Il territorio interessato dalla variante di Montichiari si colloca nel primo tratto di linea (da Cassano d'Adda al fiume Chiese) e particolarmente nel segmento terminale, in provincia di Brescia. Esso consiste in un'area pianeggiante, con chiare tracce di centuriazione. Dal punto di vista archeologico l'intero primo tratto presenta un livello di rischio oscillante fra medio e alto, a seconda della concentrazione dei siti noti e della loro vicinanza alla linea. Relativamente alla porzione di tracciato interessata dalla variante il livello di impatto è considerato prevalentemente alto, sia per la presenza di tracce evidenti della centuriazione, sia per le possibili interferenze con la viabilità antica, in prossimità dell'attraversamento del fiume Chiese.

### 4.7.2 Finalità dello studio

L'articolazione dello studio, che rispecchia la sequenza e che in parte riprende le attività già svolte per lo Studio di Impatto Archeologico Generale dei Tracciati, può essere così schematizzato. Ricerca bibliografica, consistente nel reperimento dei dati sui rinvenimenti archeologici editi nella letteratura specializzata. Tali dati sono spesso poco precisi o inesatti. Per tenere conto di una tolleranza derivante dall'imprecisione relativa alla ubicazione dei rinvenimenti è opportuno scegliere una cartografia di rappresentazione in scala adeguata. Considerata la fascia ampia già investigata attraverso lo studio bibliografico generale, per la parte che concorre a coprire la variante di Montichiari in oggetto, sono stati ripresi i dati di segnalazione e le schede già comprese nello studio di tracciato base del Progetto Preliminare.



Lettura interpretativa delle foto aeree, con lo scopo di individuare eventuali anomalie che potrebbero indicare la presenza di evidenze archeologiche. Le aree così individuate sono state ubicate con simbologia appropriata nelle carte delle presenze archeologiche. Il presente studio ha recuperato, vagliato, integrato e aggiornato i dati del precedente studio di interpretazione aerofotografica di Progetto Preliminare. In particolare si è preso poi in considerazione un Volo Panoramico, Marzo 2004, strisciate aeree stereoscopiche alla scala relativa 1:15.000 con ampliamento di dettaglio alla scala 1:4500, bianco-nero su pellicola pancromatica, che ha consentito una discreta osservazione della superficie del suolo.

Acquisizione dei dati relativi alle ricognizioni archeologiche di superficie (campagna primo semestre 2004) lungo i percorsi ferroviari di Progetto Preliminare, che prende in considerazione sia le tratte di base sia la variante di Montichiari e le analisi di monitoraggio archeologico ai pozzetti e sondaggi geognostici, considerati sempre per la parte relativa alla variante in oggetto. In particolare la campagna geognostica è stata impostata con una scansione notevole di ubicazioni lungo il tracciato, di circa una postazione ogni 200-300 m, che ha permesso così un monitoraggio preventivo abbastanza approfondito anche del sottosuolo.

Al riguardo si osserva che nell'ambito di questo studio archeologico sono stati considerati anche i dati derivanti dalle indagini archeologiche di superficie, effettuate nel periodo novembre – dicembre 2005 – giugno 2006, relative alle aree di cava previste al servizio delle opere in progetto e localizzate nelle tre province di Bergamo, Brescia e Verona.

Individuazione degli impatti sull'ambiente antropico antico attraverso l'analisi degli indicatori delle presenze archeologiche accertate o desunte da un quadro complessivo di potenzialità oggettive, ossia: accertati su base bibliografica, di interpretazione aerofotografica, delle indagini di superficie comprensive di verifiche sui saggi e carotaggi di campagne geognostiche, per l'attribuzione del livello di rischio sui percorsi attraversati della variante. Un richiamo particolare ai dati di bibliografia e verifiche sul terreno è stato fatto ricercando eventuali tratti di viabilità antica residui che potessero interferire con il tracciato ferroviario.

Tutte queste attività hanno condotto alla redazione di una carta di sintesi, in scala 1:10.000, con l'ubicazione dei vari indicatori d'impatto individuati, per una congrua fascia di territorio a cavallo del tracciato di variante.



### 4.7.3 Analisi degli indicatori e sintesi delle segnalazioni significative

#### Da ricerca bibliografica

La ricerca bibliografica, svolta con l'obiettivo di verificare su testi specialistici le aree caratterizzate da ritrovamenti archeologici, richiama lo studio generale dei tracciati di progetto Alta Velocità/Capacità MI-VR, già presentato.

In particolar modo in questo studio si sono analizzati I Notiziari della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia, I Quaderni della Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto, le Carte Archeologiche Provinciali ed altri testi segnalati.

L'area indagata, partendo dalla linea ferroviaria in progetto, si è estesa fino alla copertura totale del territorio compreso sulle carte di progetto in scala 1:5.000.

Si sono poi posizionate le segnalazioni significative sulla cartografia di progetto con simbologie appropriate e con una indicazione alfa numerica composta dalla sigla della provincia seguita da un numero.

Le schede di segnalazione bibliografica, pertinenti agli ambiti della variante di Montichiari, sono riportate in **All.1 (Schede dei siti)**.

Ciascuna scheda di ritrovamento contiene le seguenti informazioni:

N. tavola (da progetto in scala 1:5.000)

Progressiva chilometrica (PK) indicata per i siti entro i circa 500 metri a nord o a sud rispetto al tracciato

Tipologia del rinvenimento

Modalità del rinvenimento

Anno di rinvenimento

Cronologia/epoca

Descrizione sintetica del sito

Grado di ubicabilità

Distanza dal tracciato

Bibliografia

Una ricerca ulteriore si è basata anche sull'analisi delle fonti relative alle emergenze storico-monumentali, alle centuriazioni ed alla viabilità antica, di cui si è proceduto col verificare eventuali punti di intersezione tra le linee dei tracciati antichi ed il progetto ferroviario.

Una sintesi delle principali indicazioni emerse dallo studio bibliografico ha portato alle seguenti segnalazioni significative:



Alla PK 86+200, circa 200m sud del tracciato si segnala il bene architettonico della Chiesa di S. Gaetano (scheda ARC-1).

Alla PK 87+180 circa è attestato il ritrovamento di una tomba isolata di età longobarda (segnalazione BIB-108 BS) distante però dal tracciato verso sud di circa 400 m.

Alla PK 88+250, circa 200m sud del tracciato si segnala il bene architettonico della Chiesa delle B.V. di Caravaggio (scheda ARC-2).

L'area in comune di Castenedolo (ubicazioni incerte) risulta interessata da numerose evidenze archeologiche diffuse e di ritrovamenti fortuiti (segnalazioni BIB-112, 113, 118 BS), che comprendono materiali vari e sepolture anche con corredo, di età varie dal bronzo all'epoca romana.

Tra le progressive PK 100 - 102 in una fascia compresa in 300 m a sud del tracciato e dell'Autostrada MI-VE (ritrovamenti BIB- 155, 157, 159 BS), si segnalano ritrovamenti riferibili a sepolture romane e strutture altomedievali.

Infine ad una progressiva approssimata PK 102+500, ad una distanza di circa 250 m sul lato nord del tracciato, è segnalato il ritrovamento di un tesoretto databile al I-III sec. D.C. (BIB-160 BS ).

Per quanto riguarda le interferenze con gli assi viari antichi, si segnala l'attuale S.S. 236 Goitese (indicata in scheda come CT 5 BS), che viene intersecata dal tracciato ferroviario alla progressiva PK 94+400 circa, essa coincide presumibilmente con il percorso della strada romana *Brixia-Mantua*.

### Da fotointerpretazione

L'elaborazione aerofotografica a scopo archeologico è metodologia tecnica a volte atta a localizzare positivamente siti archeologici, a patto che questi risultino avvertibili, ossia a condizione che:

- 1) il sito non sia coperto da sedimento alluvionale o da attività antropiche successive o attuali che ne mascherino la leggibilità;
- 2) il sito abbia caratteristiche strutturali tali da alterare la micromorfologia e/o il cromatismo dei suoli che lo contengono.



Condizione indispensabile per la localizzazione di un sito archeologico dal materiale aerofotografico è pertanto la sua superficialità o che gli strati e le strutture antiche siano stati in qualche modo raggiunti dal vomere con spargimento superficiale del materiale e l'assenza sul sito stesso di colture "*coprenti*" (ad esempio erba medica, prato stabile, vigneto, mais, ecc.) che annullano o limitano grandemente la leggibilità delle "anomalie antropiche/ archeologiche". L'aerofotografia, spesso eseguita a scopo cartografico o tecnico nella scelta dei tracciati ferroviari, viene pertanto acquisita archeologicamente e "scandagliata" stereoscopicamente e a vista diretta (a forte ingrandimento) per poi procedere con elaborazione ed approfondimento delle immagini alla ricerca di "anomalie cromatiche".

Le "anomalie cromatiche" costituiscono pertanto il primo indispensabile passo per l'elaborazione aerofotografia a scopo archeologico: esse possono essere tuttavia di origine antropica (di cui occorre, ovviamente, stabilire l'epoca) o naturale (ad esempio le tracce geologiche costituite prevalentemente dal reticolo idrografico "*fossile*"). L'aerofotografia è infatti l'immagine attuale del palinsesto territoriale dato da eventi naturali ed antropici nel corso del tempo.

Il materiale aerofotografico utilizzato nel presente studio, disponibile sia in formato stampa sia digitalizzato, è costituito da 5 distinte strisciate di un volo panoramico sui tracciati ferroviari MI-VR, su pellicola B/N pancromatica:

- str. 3 del 02.03.2004 da fotogr. 121 a fotogr. 142 scala 1:15.000;
- str. 4 del 03.03.2004 da fotogr. 28 a fotogr. 39 scala 1:15.000;
- str. 1 del 02.03.2004 da fotogr. 23 a fotogr. 42 scala 1:4.500;
- str. 2 del 02.03.2004 da fotogr. 1 a fotogr. 22 scala 1:4.500;
- str. 3 del 02.03.2004 da fotogr. 43 a fotogr. 53 scala 1:4.500;

Tutte le basi si sono rivelate di buona leggibilità ai fini dell'elaborazione archeologica, poiché la ripresa è avvenuta quando la condizione tra le unità colturali e l'umidità relativa dei terreni è risultata sufficientemente contrastata.

Il materiale aerofotografico è in Bianco e Nero su pellicola pancromatica e ciò ha reso possibile intervenire sulle immagini, digitalizzandole (assimilate con scanner a 1200 DPI), per ricostruire al meglio i contrasti cromatici tra anomalie e "incassante normale" (ovvero sul normale colore della superficie agraria).

Nonostante queste considerazioni positive, bisogna però segnalare che l'analisi non può considerarsi risolutiva, ma semplicemente indicativa di anomalie e tracce vegetative presenti nelle aerofotografie al momento della ripresa.



Una parte consistente delle anomalie hanno indubbiamente una origine naturale o vegetazionale, ma vanno segnalate in quanto è intrinseco in esse una percentuale di rischio latente, es. le tracce di un ruscello oggi scomparso possono essere state l'elemento del paesaggio antico che ha attratto maggiormente frequentazioni umane.

In **ALL. 2** sono riportate le schede di censimento e le ubicazioni delle anomalie aerofotografiche ritenute significative, mentre di seguito si segnalano le anomalie che più direttamente interessano il tracciato in esame:

Alla progressiva PK 90+500 il tracciato della linea ferroviaria viene intersecato dalla propaggine estrema di una lunga anomalia cromatica chiara (scheda AF-3), leggermente arcuata, caratterizzata da scarsa umidità del terreno.

Alla progressiva PK 92+660 a circa 500m sud del tracciato si riscontra una debole traccia lineare, chiara, orientata NW-SE che potrebbe essere legata a passate frequentazioni antropiche ma che non interessa direttamente il tracciato.

Alla progressiva PK 94+500 a circa 300m nord del tracciato (scheda AF-7), si rileva un vasto campo di anomalie cromatiche circolari scure sospette, di varie dimensioni, in un contesto alterato da tracce diffuse corrispondenti a paleoalvei sepolti che arrivano in qualche misura ad interessare anche il tracciato ferroviario e da una serie di altre tracce lineari scure, corrispondenti a divisioni agrarie obliterate nel tempo.

Tra le progressive PK 95 e 96+500 si segnalano (scheda AF-8), lungo le diverse unità culturali attraversate, numerosissime tracce scure per umidità corrispondenti probabilmente ad un sistema di paleoalvei sepolti anche più vasto e complesso.

Alla progressiva PK 98 a ridosso e nord del tracciato (scheda AF-9), si rileva una macchia chiara di forma quadrangolare, orientata NNE-SSW, sospetta.

Infine alle progressive PK 98+900 e PK 10+200 sempre a nord del tracciato ferroviario (schede AF-10 e AF-11 rispettivamente), si riscontrano varie anomalie pseudocircolari, a fondo chiaro e margini poco definiti, che però non sembrano rivestire particolari interessi dal punto di vista archeologico.

### Da Indagine di superficie

Come già in altre situazioni è sicuramente l'analisi dei dati di ricognizione superficiale, qualora disponibili, a permetterci di individuare i contesti a più evidente interesse archeologico, in quanto si basano sulle osservazioni dirette dei terreni.



Nel presente studio di impatto si sono potuti utilizzare i dati di ricognizione territoriale visiva nonché il monitoraggio ai saggi e alle perforazioni di indagini geognostiche, esperiti per il primo studio generale e di indagine archeologica di Progetto Preliminare della tratta MI-VR.

Allo scopo sono stati quindi acquisiti i dati di tracciato pertinenti alla sola variante di Montichiari (compresi tra le progressive PK 85 a PK 102 di interesse) riportando su di essi le informazioni. Le Schede indagini di superficie vengono mostrate in **ALL.3**.

In sintesi possiamo riassumere le osservazioni salienti della ricognizione di superficie come di seguito.

Dalla PK 85+924 alla PK 90+424 il grado di visibilità è risultato limitato, nonostante però la situazione poco favorevole vengono individuate tre anomalie archeologiche: (MO 1 BS) , (BG 1 BS) e (BG 2 BS) caratterizzate da materiale di epoca romana.

Fra le PK 90 e 91 circa si individuano tre unità territoriali (CT 1 BS), (CT 2 BS) e (CT 3 BS) databili, in base ai pochi reperti ceramici riscontrati e raccolti, al periodo tardo medievale .

Nei successivi 2 Km il ridotto grado di visibilità permette l'individuazione solo di (CT 4 BS).

Da questo punto (PK 93) fino alla PK 103 non si recuperano ulteriori dati dalla ricognizione sul campo, le fonti però testimoniano la presenza di un asse viario che collegava Brescia con Mantova, coincidente di fatto con la attuale strada Goitese n. 236, vedi segnalazione bibliografica (CT 5 BS) alla PK 94+400 circa.

In quanto a segnalazioni derivanti dalle indagini geognostiche, possiamo evidenziare che pozzetti e sondaggi sono stati monitorati ad una cadenza regolare di circa 250/350m su tutto il percorso ferroviario e nel presente studio vengono richiamati e riportati solamente quelli che hanno dato esito positivo o quantomeno significativo dal punto di vista archeologico.

Segnalazioni dal monitoraggio ai carotaggi geognostici eseguiti lungo il tracciato:

L'ubicazione alla PK 87+680 (sigla sondaggio 3SN012), presenta frammenti centimetraci di frustoli laterizi alla profondità di 50cm dal piano campagna immediatamente al di sotto dello strato agricolo arativo.

Ubicazione alla PK 88+350 (sigla sondaggio 3SS013) nell'arativo a circa 40cm dal piano di campagna, presenza di frustoletti millimetrici di laterizi.

Ubicazione alla PK 89+090 (sigla sondaggio 3SN016) a circa 50cm dal piano campagna si riscontra presenza di frustoli carboniosi e piccoli frammenti laterizi.

Sondaggio alla PK 92+300 (sigla sondaggio 3SN025), al di sotto dell'arativo a circa 50cm dal piano campagna sono presenti frammentini millimetrici di laterizi.



Sondaggi alla PK 93+150 e PK 93+350 (sigla sondaggi 3SS027 e 3SS013 rispettivamente), nello strato arativo a circa 30cm dal piano campagna, si rilevano diversi frammenti laterizi di dimensione millimetrica, queste ubicazioni risultano relativamente vicine alla segnalazione da ricognizione superficiale sigla CT 4 BS, che ha restituito pochi frammenti di ceramica medievale. Segnalazioni desunte dal monitoraggio sistematico ai pozzetti geognostici.

L'unico pozzetto che ha dato esito positivo è 3 PZ 011 alla PK 89+500 eseguito nel comune di Castenedolo. Il saggio dalla forma rettangolare di circa 3x1.5m e profondo 3m, ubicato fuori asse tracciato di circa 30m sud, mostra una sequenza stratigrafica data da un primo strato organico, con terreno agricolo dello spessore di 60 cm, a matrice sabbiosa con inclusi rari frammenti di laterizio. Successivamente uno strato limo sabbioso di colore bruno restituisce alcuni frammenti di laterizi, si distingue un frammento di un coppo, e alcuni frammenti di ceramica invetriata due dei quali sicuramente riferibili alla stessa forma. Da ultimo uno strato di ghiaia con sabbia di colore grigio. L'ubicazione di questo pozzetto è relativamente vicina alla segnalazione da ricognizione di superficie BG 2 BS che a circa 100m nord del tracciato ha restituito diversi frammenti di ceramica e di laterizi, databili ad epoca romana.

#### 4.7.4 Carta d'ubicazione degli indicatori di interesse e degli impatti

La carta (All. 15 IN0500DE2N4SA000A031, IN0500DE2N4SA000A032) espone in maniera completa il quadro delle segnalazioni e dei rinvenimenti archeologici, interpretabili come emergenze archeologiche, insieme con i Beni storico-monumentali (qui di seguito, tra parentesi, viene indicato il numero di sito corrispondente nelle cartografie), riguardanti il tratto interessato dalla variante, oltre all'indicazione dei livelli di impatto che sono ulteriormente discussi nei capitoli successivi.

MONTIRONE (BS)

Palazzo Lechi (001)

Belleguardo(002)

Chiesa di S. Gaetano

Castello, lungo la strada Ghedi-Borgosatollo(003)

Sepoltura longobarda con corredo databile VI-VII sec. d.C.<sup>10</sup>



BORGOSATOLLO (BS)

Brusi (a ca. 2 km dal paese), propr. Guidetti(004)

Rinvenute due tombe ad inumazione con copertura a spioventi e due cippi sepolcrali databili al I sec. d.C.<sup>11</sup>

Località imprecisata (005)

Iscrizione funeraria romana.<sup>12</sup>

GHEDI (BS)

Loc. Fenilnuovo (006)

Chiesa della B.V. Caravaggio

Pressi cascina Novara (007)

Rinvenimento di un frammenti di maiolica arcaica e di altra ceramica comune romana

CASTENEDOLO (BS)

Capodimonte (008)

Reperti di età romana (I-II sec. d.C.)<sup>13</sup>

Quarti di sotto (009)

Concentrazione di laterizi

Cascina Alto (010)

Reperto litico di epoca preistorica.<sup>14</sup>

Località imprecisata (011)

<sup>4</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p. 146, sito 114/001, scheda n. 1089

<sup>11</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.30, sito 021/001, scheda n. 119

<sup>12</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.30, sito 021/002, scheda n. 120

<sup>13</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/001, scheda n. 322

<sup>14</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/007, scheda n. 328



Epigrafi romane. 15

Località imprecisata (012)

Materiali in bronzo databili al Bronzo medio. 16

Località imprecisata, "a sinistra di chi arriva a Castenedolo da Brescia"

Sepoltura di età romana con corredo. 17

Collina di Castenedolo, Italcementi (013)

Reperti del paleolitico medio e dell'Eneolitico. 18

Macina, cascina del Salame (014)

Tomba a cassa, con sepoltura ad inumazione, di età tardo romana o altomedievale. 19

Stele e materiale sporadico di età romana

MAZZANO (BS)

Area del Casello "Brescia Est" (015)

Edificio di età romana. 20

Località sul colle Ciliverghe (016)

Industria litica pertinente al Paleolitico medio, al Mesolitico e al Bronzo. 21

CALCINATO (BS)

Cascina Campagna (017)

Rinvenimento di concentrazione di frammenti ceramici di età storica

<sup>15</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/003, scheda n. 324

<sup>16</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/002, scheda n. 323

<sup>17</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/008, scheda n. 329

<sup>18</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/005, scheda n. 326

<sup>19</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.51, sito 043/006, scheda n. 327

<sup>20</sup> BREDA 1988-89a, p.88

<sup>21</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p. 142, sito 107/003, scheda n. 1043

Zemogna, a NW del paese, propr. Fanelli (018)

Tombe alla cappuccina, ad inumazione con corredo<sup>22</sup>

Chiesa Parrocchiale (019)

Epigrafi romane. <sup>23</sup>

Colle di Calcinato (020)

Ritrovamento di una sepoltura ad inumazione con corredo, costituito da una collana, da due anelli, di cui uno d'argento con castone e da varie monete. <sup>24</sup>

Località imprecisata (021)

Rinvenimento di strutture di epoca alto medievale, riferiti ad un centro curtense dipendente dal Monastero di Santa Giulia di Brescia. <sup>25</sup>

Ponte S. Marco, incrocio tra la S.S. 11 Lonato-Brescia e via SS. Faustino e Giovita (022)

Sparses preesistenze del Neolitico e dell'età del rame. Tracce insediative della media età del Bronzo. un consistente villaggio a case rettangolari delimitate da vie ortogonali del Bronzo Recente e Finale con epigoni nella I età del Ferro fino, con soluzioni di continuità, al V sec. a.C. quando si attiva una produzione artigianale testimoniata da due fornaci per ceramica.<sup>26</sup>

Tracce di precedenti frequentazioni nel Paleolitico e nel Mesolitico.<sup>27</sup>

Ponte S. Marco, propr. Lorenzoni ora prop. Libertini (024)

Sepoltura ad inumazione dell'età del Ferro. <sup>28</sup>

BEDIZZOLE (BS)

San Marchino (025)

<sup>22</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.40, sito 032/001, scheda n. 199

<sup>23</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.40, siti 032/004 e 007, schede n. 202 e 205

<sup>24</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.40, siti 032/004 e 007, schede n. 202 e 205

<sup>25</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.40, siti 032/004 e 007, schede n. 202 e 205

<sup>26</sup> POGGIANI KELLER 1994a, p. 28.

<sup>27</sup> POGGIANI KELLER 1990b, p. 26

<sup>28</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.40, sito 032/002, scheda n. 200



Rinvenimento di reperti di età romana.<sup>29</sup>

MONTICHIARI (BS)

Cascina Pulcagna (026)

Edificio ad uso abitativo del periodo tardo imperiale.<sup>30</sup>

Casuccio (027)

Strutture murarie e reperti forse indizio di un insediamento romano.<sup>31</sup>

#### *Analisi riepilogativa delle evidenze storiche ed architettoniche*

Per quanto riguarda Castenedolo, importante centro agricolo, esso risulta avere origini medievali, Brescia vi edificò il castello. In seguito fu istituito il Libero Comune e nel 1427 venne dato come feudo a Carmagnola.

Nella frazione di Capodimonte sono stati rinvenuti rari reperti di età preistorica e romana e vi si erge la grande villa Romei Langhena ora Palazzo Prevaglio, esempio di architettura del settecento bresciano. Nella collina di Castenedolo invece si sono registrati rinvenimenti riferibili al paleolitico medio e all'eneolitico.

In frazione Macina dove sono avvenuti dei rinvenimenti di epoca romana, tardo-romana e medievale, sorge la Cascina Salame.

Per il comune di Calcinato, nella frazione Ponte San Marco rinvenimento di tombe dell'età del Ferro. Diverse nel territorio de emergenze di epoca romana.

Tutta l'area tra Lonato e Desenzano del Garda risulta avere un'alta sensibilità per quanto riguarda le emergenze archeologico-monumentali. Infatti innumerevoli sono i ritrovamenti di insediamenti palafitticoli e industrie litiche riferibili all'età preistorica, oltre ai ritrovamenti di epoca romana e medievale.

Tra i ritrovamenti preistorici possiamo ricordare quello in località Polada riferibile ad un abitato palafitticolo del bronzo antico, quello nella torbiera del Lavagnone databile al neolitico antico e quello in località Grezze. Tra le evidenze monumentali si citano in località Venga, oltre alla casa Arrighi del 1600, il Palazzo Colini castello, la chiesa di S. Maria della Venga in stile veneziano del 1700 e la chiesa di San Zeno del periodo romanico.

#### *Valutazione di impatto archeologico*

<sup>29</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p.27, sito 014/014, scheda n. 81

<sup>30</sup> CHIARINI 1990, p. 68

<sup>31</sup> CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991, p. 146, sito 113/031, scheda n. 1088



Come già espresso nel paragrafo precedente, tutta l'area tra Lonato e Desenzano del Garda risulta particolarmente ricca ed importante di rinvenimenti archeologici, con una distribuzione capillare sia per quanto riguarda l'epoca preistorica che di età romana.

Oltre alla insistenza della centuriazione, che si estende fino al fiume Chiese, l'area è attraversata dall'importante arteria stradale di età romana da Brescia a Verona.

Inoltre l'area, interessata da una galleria di ca. 15 km, presenta le possibilità di interferenze con depositi di formazione interglaciale in cui è elevata la possibilità di rinvenimento di bancate fossilifere, anche riferibili a resti di grossi animali da pascolo.

Si deduce che l'intero tratto di tracciato rientrante nella tavola, come pure l'elettrodotto e le opere accessorie, rientrano in un'area a impatto archeologico alto. In particolare si sottolinea la presenza lungo il tracciato del sito di Monte Mario (comune di Lonato) per il quale la Soprintendenza Archeologica della Lombardia ha già indicato di ritenere opportuno l'esecuzione di indagini preliminari.

Si evidenzia inoltre la presenza di alcuni siti in prossimità alle opere previste:

Ospedale Maggiore (Rezzato), rinvenimento di un corredo tombale d'età romana;

Località sul colle Ciliverghe (Mazzano), industria litica pertinente al Paleolitico medio, al Mesolitico e al Bronzo;

Zemogna (Calcinato), tomba alla cappuccina ad inumazione con corredo;

Rovadino (Calcinato), tesoretto monetale di età romana;

Fornasetta (Lonato), industria litica e materiali ceramici databili al Neolitico inferiore;

Polada (Lonato), Abitato palafitticolo con resti di strutture lignee e materiali ceramici e litici databili al Bronzo antico (cultura di Polada). Territorio tutelato;

Arriga Alta (Lonato, Epigrafe romana. Territorio tutelato;

S. Cipriano Sopra (Lonato), cippo e tomba ad inumazione di età romana. Edificio religioso datato tra la fine del XI e gli inizi del XII sec. d.C. Area a vincolo storico-artistico;

Bornade (Desenzano), resti di abitato palafitticolo e sepoltura ad inumazione preistorica;

Grezze (Desenzano), industria litica e reperti ceramici relativi ad un insediamento preistorico;

Cascina Machtetto (Desenzano), reperti e tomba ad inumazione relativi ad un abitato dell'età del Bronzo.

#### 4.7.5 Valutazione di Impatto

Per quanto riguarda il tratto interessato alla variante planoaltimetrica si è mantenuto lo stesso criterio di riferimento come per lo studio generale di impatto archeologico richiesto per il SIA di Progetto Preliminare, in cui si è giunti ad attribuire un grado di rischio per i tracciati ferroviari, ripartito sui seguenti tre livelli di riconoscimento:

**BASSO** aree con scarsa presenza di rinvenimenti archeologici, assenza di toponimi significativi, con situazione paleoambientali difficili, aree ad alta densità abitativa moderna;

**MEDIO** aree con scarsità di rinvenimenti archeologici, ma che hanno goduto di una condizione paleoambientale e geomorfologica favorevole all'insediamento antico, presenza di toponimi significativi, magari in zone a bassa densità abitativa moderna;

**ALTO** aree con numerose presenze attestate di siti archeologici, incluse in un contesto paleoambientale favorevole all'insediamento antico con presenza di toponimi significativi e relitti significativi di persistenze viarie.

#### 4.7.6 Attribuzione dei livelli di impatto archeologico per tratti omogenei:

Da inizio variante alla PK 95 circa, possiamo considerare tutta questa porzione di linea a livello di impatto **alto**. Scarse risultano le segnalazioni da bibliografia, numerose invece risultano le segnalazioni positive da ricognizione di superficie e dal monitoraggio ai saggi e sondaggi di campagna geognostica.

Nonostante un grado di osservabilità non sempre ottimale, la ricognizione di superficie restituisce localmente, tra le PK 85 e PK 89+500, materiali databili ad epoca romana, questi ritrovamenti sono corroborati dalle segnalazioni di alcuni sondaggi geognostici che confermano presenza di frustoletti laterizi contenuti nelle porzioni di arativo fino circa 50cm da piano campagna. In particolare alla PK 89 circa in località C.na Quarti di Sopra la segnalazione di superficie BG 1 BS restituisce numerosi frammenti laterizi, mentre il pozzetto geognostico 3PZ 11 restituisce frammenti laterizi, romani, fino a profondità di circa 50-60cm da piano campagna. Tra le PK 90 e 91 circa, tre segnalazioni da ricognizione di superficie (CT 1-2-3 BS) restituiscono complessivamente discreta quantità di materiali databili ad epoca medievale-postmedievale, sul sito CT 3 BS alla PK 91 circa, in particolare, poi si raccolgono anche alcuni frammenti di ceramica preistorica che potrebbero condurre a considerare la possibilità di rinvenimenti archeologici anche più complessi nelle vicinanze.



Alla PK 93 circa, in località C.na Fenilnovo, la segnalazione da ricognizione di superficie CT 4 BS restituisce ancora frammenti di ceramica medievale.

Infine alla PK 94+400 circa viene attraversata la SS 236 Goitese, congruente se non addirittura coincidente con l'antica viabilità romana che collegava *Brixia a Mantua*.

Al tratto compreso tra la PK 95+000 e la PK 98+500' è stato attribuito un livello di impatto **medio**, in quanto non risultano segnalazioni a carattere bibliografico, la ricognizione di superficie non restituisce alcun tipo di materiale e nulla è derivato dai monitoraggi ai seppur numerosi pozzetti e sondaggi geognostici realizzati lungo il tracciato. Solamente la fotointerpretazione, in corrispondenza della PK 98, segnala una possibile anomalia di interesse, costituita da una macchia di forma vagamente quadrangolare, chiara, poco definita, orientata NNE-SSW in prossimità di C.na S. Lorenzo.

Dalla PK 98+500 a fine variante il livello di impatto viene giudicato **alto**. Soprattutto per la possibile interferenza con lacerti della viabilità antica e strutture di attraversamento, anche se non emergono particolari evidenze archeologiche se non per alcune segnalazioni bibliografiche documentate su posizioni lontane dal tracciato e a sud dell'Autostrada MI-VE. L'unica anomalia aerofotografia (AF-11), posta a nord del tracciato alla PK 101+200 circa, segnala alcune macchie diffuse a tonalità chiara, prive di contorni definiti e in formazione disorganizzata. In questo tratto tutta l'area risulta fortemente interessata ad insediamenti moderni che in buona misura possono aver mascherato il panorama di popolamento antico. Le segnalazioni da bibliografia però ci attestano come in questa zona sia possibile rinvenire materiali archeologici databili all'epoca romana fino a medievale.

#### 4.7.7 Bibliografia

##### BINAGHI 1991

Binaghi M.A., *Sirmione (BS). Località Lugana Vecchia. Indagini archeologiche subacquee nel porto romano*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1991, pp. 138.

##### BREDA 1986

Breda A., *Roncadelle (BS). Rinvenimento di strutture murarie d'epoca imprecisata*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1986, p. 198

##### BREDA 1988-89a

Breda A., *Castenedolo (BS). Resti di insediamenti rurali d'età romana*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1988-89, pp. 86-87.



## BREDA-VENTURINI 1995-97

Breda A., Venturini I., *Montichiari (BS). Località Monte del Generale. Villa romana*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1995-97, pp. 102-103.

## BREDA-VENTURINI 1998

Breda A., Venturini I., *Rovato (BS). Indagini sul Castello*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1998, pp. 69-74.

## BRUNO-CAVALIERI MANASSE 2000

B. Bruno, G. Cavalieri Manasse, *Peschiera del Garda: scavi recenti nel vicus di Arilica*, in *Quaderni di Archeologia del Veneto*, XVI, 2000, pp. 78-83

## CARTA ARCHEOLOGICA BERGAMO 1992

R. Poggiani Keller (a cura di), *Carta Archeologica della Lombardia. La Provincia di Bergamo*, II, Modena, 1992..

## CARTA ARCHEOLOGICA BRESCIA 1991

Filli Rossi (a cura di), *Carta Archeologica della Lombardia. La Provincia di Brescia*, I, Modena, 1991.

## CARTA ARCHEOLOGICA VENETO 1990

AA.VV., *Carta Archeologica del Veneto*, II, Modena 1990.

## CARTA ARCHEOLOGICA CITTA' DI BRESCIA 1996

F. Rossi (a cura di), *Carta Archeologica della Lombardia. V. Brescia. La città. I. La carta archeologica di Brescia*, Modena 1996.

## CHIARINI 1990

Chiarini P., *Montichiari (BS). Cascina Pulcagna. Edificio di età romana*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1990, p. 68.

## DANDER 1998

Dander P., *Urago D'Oglio (BS). Località Castellaro. Complesso insediativo d'età romana e tombe d'età romana e medievale*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1998, pp. 83-84.

## DE MARINIS 1985



De Marinis R., *Desenzano-Lonato (Brescia). Torbiera del Lavagnone*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1985, pp. 51-52.

#### FINZI-SCALVINI 1995-97

Finzi E., Scalvini D., Lonato (BS). Località Pozze. Prospezione geofisica con G,P,R, per la rilevazione planimetrica di un antico insediamento sepolto, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1995-97, pp. 95-98.

#### FORTUNATI-VITALI 1988-89

M. Fortunati, Vitali M., Fornovo S. Giovanni (BG), Località Brolo. Saggi di scavo, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1988-89, pp. 78-79.

#### FORTUNATI-VITALI 1990

M. Fortunati, Vitali M., Morengo (BG), Necropoli altomedievale, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1990, pp. 130-131.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1982

M. Fortunati Zuccàla, Caravaggio (BG). Cimitero, Campo G. Tombe tardoromane, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1982, pp. 98-99.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1984a

M. Fortunati Zuccàla, Romano di Lombardia (Bergamo). Loc. Dignone. Scavo di un insediamento abitativo, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1984, p. 67.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1984b

M. Fortunati Zuccàla, Isso (BG). Scavo di una villa rustica, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1984, p. 69.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1985a

M. Fortunati Zuccàla, Isso (Bergamo). Località "Cantonata". Villa rustica, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1985, p. 74.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1985b

M. Fortunati Zuccàla, Treviglio (Bergamo). Piazze G. Garibaldi e L. Manara. Rinvenimenti di strutture rinascimentali, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1985, p. 177.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1985c



M. Fortunati Zuccàla, Treviglio (Bergamo). Viale Merisio, istituto Professionale per il Commercio. Rinvenimenti di strutture rinascimentali, in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1985, p. 177.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1991

M. Fortunati Zuccàla, Fornovo S. Giovanni (BG). Via Cimosse. Tombe di età longobarda, in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1991, pp. 63-65.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1992-93

M. Fortunati Zuccàla, Fornovo S. Giovanni (BG). Via Cimosse. Presenze di età romana e tombe di epoca longobarda, in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1992-93, pp. 77-78.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1995-97a

M. Fortunati Zuccàla Arzago d'Adda (BG). Via Leopardi. Resti dell'impianto della villa romana, Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1995-97, pp. 47-48.

#### FORTUNATI ZUCCALA 1995-97c

M. Fortunati Zuccàla, Covo (BG). Cascina Bellinzana. Villa rustica di età romana e necropoli di età altomedievale, in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1995-97, pp. 55-57.

#### FORTUNATI ZUCCALA – CAPRONI 1986

M. Fortunati Zuccàla, R. Caproni, Cortenuova (BG), in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1986, p. 195.

#### GALLINA 1998

Gallina D., Coccaglio (BG). Contrada Castello. Saggi nell'area della pieve, in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1998, pp. 149-150.

#### GHIROLDI 1994

Ghiroldi A., Padenghe sul Garda (BS). Località San Cassiano. Villa romana e necropoli altomedievale, in Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia, 1998, p. 78.

#### GRUPPO ARCHEOLOGICO DI DESENZANO 1986



Gruppo Archeologico di Desenzano, Lonato (Brescia). Località "I Prè". Insieme preistorico, *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1986, pp. 48-49.

#### IL FORTE-ROFFIA 1986

Il Forte G., Roffia E., Sirmione (BS). Via Valerio Catullo, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1986, pp. 153-154.

#### LUSUARDI SIENA 1986

A.M. Ambrosini, S. Lusuardi Siena, Trezzo e le terre dell'Adda nell'altomedioevo, in E. Roffia (a cura di), *La necropoli di Trezzo sull'Adda*, 1986 Firenze pp. 167-229.

#### POGGIANI KELLER 1982

Poggiani Keller R., Casale Cremasco (Cremona). Loc. Vidolasco. Acquisizione della raccolta di don Angelo Aschedamini, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1982, p. 119.

#### POGGIANI KELLER 1982b

Poggiani Keller R., Romano di Lombardia (BG). Cascina Bellinzana. Insieme dell'età del Bronzo, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1982, p. 29.

#### POGGIANI KELLER 1990b

Poggiani Keller R., Calcinato (BG). Frazione Ponte S. Marco, via SS. Faustina Giovita. Insieme protostorico, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1990, pp. 24-26.

#### POGGIANI KELLER 1994a

Poggiani Keller R., Calcinato (BS). Frazione Ponte S. Marco, via SS. Faustino e Giovita.. Abitato della tarda età del Bronzo e fornaci di V sec. a.C., in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1994, pp. 28-33.

#### ROSSI 1987

Rossi F., Lonato (BS). Località Fornace dei Gorgi. Complesso di fornaci di età romana, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1987, pp. 59-65.

#### ROSSI 1990

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
279

Rossi F., *Lonato (BS). Località Pozze. Resti di edificio romano*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1990, p. 67.

#### ROSSI-SCARPELLA 1994

Rossi F., Scarpella D., *Mairano (BS). Edificio rustico di età romana*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1994, p. 75.

#### SALZANI 1990

L. Salzani, *Sommacampagna*, in *Quaderni di Archeologia del Veneto*, VI, 1990, pp.196-197

#### SIMONE ZOPFI 1998

Simone Zopfi L., *Urago d'Oglio (BS). Località Curanda, cascina Castellaro. Necropoli dell'età del Bronzo*, in *Notiziario della Soprintendenza Archeologica della Lombardia*, 1998, pp. 13-17.

#### TOZZI 1972

Tozzi P., *Storia padana antica*, Milano 1972

**ALL. 1****SIA - Variante Montichiari****PK 85 a PK 102****Schede Bibliografiche**

- **beni archeologici**
- **viabilità antica**
- **beni storico-monumentali**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
281

**Beni Archeologici**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
282

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 108 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** MONTIRONE

**Località:** Castello (proprietà Valzelli), lungo la strada Ghedi-Borgosatollo

**Tav.** 1\003

**PKm:** Km 87+178 m

**Tipologia del rinvenimento:** tomba isolata

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito

**Cronologia:** VI-VII secolo d.c.

**Anno di rinvenimento:** 1976

**Descrizione:** rinvenimento di una sepoltura longobarda a doppia inumazione con corredo databile al VI VII secolo d.c.

**Grado di ubicabilità:** certo

**Distanza dal tracciato:** 0+408 Km

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 1089 p. 1

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
283

## SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 111 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CASTENEDOLO

**Località:** frazione Capodimonte

**Tav.** 1\008

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** reperti sporadici

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito in seguito a lavori di estrazione della sabbia

**Cronologia:** I -II d.c.

**Anno di rinvenimento:** 1887

**Descrizione:** rinvenimento di materiali ceramici e vitrei di vario tipo: tre lucerne a disco figurato, due anforette, cinque balsamari in vetro, due vasetti fittili ed una coppa in vetro bacellata di colore azzurro

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 322 p. 51

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
284

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 112 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CASTENEDOLO

**Località:** imprecisata

**Tav.** 1\011

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** materiali sporadici

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito

**Cronologia:** età del Bronzo medio

**Anno di rinvenimento:** 1987

**Descrizione:** rinvenimento di materiali in bronzo

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 323 p. 51

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
285

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 113 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CASTENEDOLO

**Località:** imprecisata

**Tav.** 1\012

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** epigrafi

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito

**Cronologia:** epoca romana

**Anno di rinvenimento:** non determinato

**Descrizione:** rinvenimento di quattro epigrafi: una funeraria, una piccola ara in pietra, un cippo riferibile ad un'area sepolcrale, un cippo funerario

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
286

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 116 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CASTENEDOLO

**Località:** frazione Macina, Cascina del Salame

**Tav.** 1\015

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** tomba isolata

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito

**Cronologia:** epoca tardo romana - alto medievale

**Anno di rinvenimento:** 1938

**Descrizione:** rinvenimento di una tomba a cassa, con sepoltura ad inumazione, contenente due armille di bronzo

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 327 p. 51

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
287

SCHEMA DI RINVENIMENTO N. 117 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CASTENEDOLO

**Località:** Cascina Alto

**Tav.** 1\010

**PKm:** fuori linea

**Tipologia del rinvenimento:** reperto sporadico

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito in seguito a raccolta di superficie

**Cronologia:** epoca preistorica

**Anno di rinvenimento:** 1983

**Descrizione:** rinvenimento litico

**Grado di ubicabilità:** certo

**Distanza dal tracciato:** 1+495 Km

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 328 p. 51

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
288

SCHEMA DI RINVENIMENTO N. 118 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CASTENEDOLO

**Località:** imprecisata, a sinistra della strada Brescia/Castenedolo

**Tav.** 1\013

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** tomba isolata

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito in seguito a lavori di estrazione della ghiaia

**Cronologia:** epoca romana

**Anno di rinvenimento:** 1956

**Descrizione:** ritrovamento di una sepoltura dotata di corredo

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 329 p. 51

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
289

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 133 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** MAZZANO

**Località:** Colle di Ciliverghe

**Tav.** 2\017

**PKm:** interconnessione est Km 4

**Tipologia del rinvenimento:** materiale sporadico

**Modalità del rinvenimento:** raccolta di superficie e saggi di scavo

**Cronologia:** età del Paleolitico medio, del Mesolitico, del Bronzo

**Anno di rinvenimento:** 1983

**Descrizione:** rinvenimento di un'industria litica

**Grado di ubicabilità:** certo

**Distanza dal tracciato:** 0+432 Km

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 1043 p. 142

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
290

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 155 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CALCINATO

**Località:** Zemogna, a Nord Ovest del Paese (proprietà Fanelli)

**Tav.** 2\019

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** necropoli

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito nel corso di lavori agricoli

**Cronologia:** epoca romana

**Anno di rinvenimento:** 1957

**Descrizione:** recupero di tombe alla cappuccina, ad inumazione, con corredo di epoca incerta

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, scheda n. 199 p. 40

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
291

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 157 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CALCINATO

**Località:** Colle di Calcinato

**Tav.** 2\021

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** tomba isolata

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito

**Cronologia:** III-IV secolo d.c.

**Anno di rinvenimento:** 1894

**Descrizione:** ritrovamento di una sepoltura ad inumazione con corredo, costituito da una collana, da due anelli, di cui uno d'argento con castone e da varie monete

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 201 p. 40

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
292

## SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 159 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CALCINATO

**Località:** imprecisata

**Tav.** 2\022

**PKm:**

**Tipologia del rinvenimento:** strutture

**Modalità del rinvenimento:** non determinate

**Cronologia:** IX secolo d.c.

**Anno di rinvenimento:** non determinato

**Descrizione:** rinvenimento di strutture di epoca alto medievale, riferibili ad un centro curtense dipendente dal Monastero di Santa Giulia di Brescia

**Grado di ubicabilità:** incerto

**Distanza dal tracciato:**

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 203 p. 40

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
293

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 160 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CALCINATO

**Località:** Rovadino, presso una cabina Enel, nelle immediate vicinanze del paese

**PKm:** Km 102+19 m

**Tipologia del rinvenimento:** tesoretto

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento fortuito nel corso di lavori per la realizzazione di servizi

**Cronologia:** I-III secolo d.c.

**Anno di rinvenimento:** 1986

**Descrizione:** ritrovamento di un tesoretto costituito da ottantadue monete in bronzo databile fra il I-III secolo d.c.

**Grado di ubicabilità:** certo

**Distanza dal tracciato:** 0+294 Km

**Bibliografia:**

Carta Archeologica della Lombardia, vol. I scheda n. 204 p. 40

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
294

SCHEDA DI RINVENIMENTO N. 162 BS

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** CALCINATO

**Località:** frazione Ponte San Marco, via SS. Faustino e Giovita

**Tav.** 2\023

**PKm:** fuori linea

**Tipologia del rinvenimento:** insediamento

**Modalità del rinvenimento:** rinvenimento in seguito a lavori edili

**Cronologia:** tra XV e V secolo a.c.

**Anno di rinvenimento:** 1990

**Descrizione:** rinvenimento, in seguito a lavori di sterro edile per la costruzione di una piazzola, di un insediamento della media età del Bronzo (XV-XIV sec. a.c.), fondato su sparse presenze di età Neolitica e del Rame e rilevato prevalentemente nei materiali ceramici rinvenuti. In seguito sulla stessa area si imposta un esteso villaggio, con impianto urbanistico regolare orientato NNW-SSE con case rettangolari, databile all'età del Bronzo Recente (XIII sec. a.c.). Questo abitato perdura dal Bronzo recente al Bronzo finale, epoca nella quale risultano conclusi alcuni interventi di semplice ristrutturazione, cui fa seguito nella I età del Ferro l'impostazione di nuove strutture. L'occupazione del luogo si conclude poi sul finire della I età del Ferro nel V secolo a.c., con un impianto artigianale per la fabbricazione della ceramica, di cui sono state esplorate due fornaci del tipo a camera sotterranea.

**Grado di ubicabilità:** certo

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
295

**Distanza dal tracciato:** 1+178 Km

**Bibliografia:**

Soprintendenza Archeologica della Lombardia,  
Notiziario 1994, pp. 28-33

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
296

### Viabilità antica

CARTOGRAFIA

CEPAV DUE: 1:5000

TAVOLA: 15

COORDINATE

INDICATIVE:

EST 1603120.515

NORD 5034682.572

PROGRESSIVA

CHILOMETRICA:

KM 94+400

TIPOLOGIA

DELL'OPERA: rilevato

REGIONE: LOMBARDIA

PROVINCIA: BS

COMUNE: Castenedolo

LOCALITA':

N.SITO AREA: **CT 5 BS**

DATA RICOGNIZIONE: 22-3-04

PERIODO:

ESTENSIONE N-S-:

E-W:

DESCRIZIONE

Attuale SS 236 goitese coincidente con la Brixia-Mantova

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
297

**Beni storico-monumentali**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
298

SCHEDA DI SEGNALAZIONE N. ARC.1

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** MONTIRONE

**Località:** Belloguardo

**Ubicazione:** PK 86+200 (circa 100m sud del tracciato)

**Chiesa di S. Gaetano**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
299

SCHEDA DI SEGNALAZIONE N. ARC.2

Provincia: **BRESCIA**

**Comune:** MONTIRONE

**Località:** Fenil Nuovo

**Ubicazione:** PK 88+250 (circa 100m sud del tracciato)

**Chiesa della B.V. di Caravaggio**

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
300

**ALL. 2**

**SIA - Variante Montichiari**

**PK 85 a PK 102**

**Anomalie Aerofotografiche**

Volo: panoramico alto Marzo 2004 scala 1:15.000

Anomalia aerofotografia n.: AF1

Tipo: macchia

Pk: 88+500 fuori linea (900m nord)

Str. 3

Fotogramma 139

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: anomalia di forma irregolare, di tonalità scura, molto labile.

Osservazioni:

Volo: panoramico alto Marzo 2004 scala 1:15.000

Anomalia aerofotografia n.: AF2

Tipo: macchia

Pk: 89+600 fuori linea (700m nord)

Str. 3

Fotogramma 139

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: anomalia a macchia, scura, circolare, contornata da alone più chiaro, diffusa.

Osservazioni:

Volo: panoramico alto Marzo 2004 scala 1:15.000

Anomalia aerofotografia n.: AF3

Tipo: lineare

Pk: 90+500 inersca la linea

Str. 3

Fotogramma 140

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: vasta anomalia cromatica, lineare leggermente arcuata, chiara, presumibilmente canale o basso orlo di terrazzo, obliterato e livellato nel tempo, orientamento circa NE-SW.

Osservazioni:



Volo: panoramico alto Marzo 2004 scala 1:15.000

Anomalia aerofotografia n.: AF4

Tipo: macchia

Pk: 92+600 fuori linea (1km nord)

Str. 4

Fotogramma 31

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: anomalia circolare chiara dai contorni frastagliati, poco definita

Osservazioni:

Volo: panoramico basso Marzo 2004 scala 1:4.500

Anomalia aerofotografia n.: AF5

Tipo: lineare

Pk: 92+650 a 500m sud del tracciato

Str. 2

Fotogramma 19

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: debole macchia lineare, chiara, poco definita orientata NW-SE.

Osservazioni:

Volo: panoramico basso Marzo 2004 scala 1:4.500

Anomalia aerofotografia n.: AF6

Tipo: lineare

Pk: 93+200 a 400m nord del tracciato

Str. 1

n. fotogramma 29

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: anomalia lineare, chiara, limitata da due tracce scure laterali. Probabile traccia di capezzagna obliterata dalle pratiche agricole, orientata NW-SE.

Osservazioni:

Volo: panoramico basso Marzo 2004 scala 1:4.500

Anomalia aerofotografia n.: AF7

Tipo: macchie

Pk: 94+500 a 95 (300m nord del tracciato)

Str. 2

n. fotogramma 13

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: vasto campo di anomalie, circolari, chiare e scure, varie dimensioni, in un contesto di tracce diffuse corrispondenti a paleoalvei sepolti, presenti tracce lineari scure di divisioni agrarie obliterate congruenti con un panorama agricolo attuale o recente orientato NW-SE.

Osservazioni:

Volo: panoramico basso Marzo 2004 scala 1:4.500

Anomalia aerofotografia n.: AF8

Tipo: tracce diffuse

Pk: 95 a 96+500

Str. 2

Fotogrammi 8 - 12

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: vasto campo di tracce, scure per umidità, variamente ramificate e anastomizzate tra loro, corrispondenti ad un sistema complesso di divagazioni fluviali obliterate.

Osservazioni: le tracce si perdono a NE e SW oltre i confini della fotoaerea



Volo: panoramico basso Marzo 2004 scala 1:4.500

Anomalia aerofotografia n.: AF9

Tipo: macchia

Pk: 98 a ridosso e nord del tracciato

Str. 1

n. fotogramma 41

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: macchia quadrangolare, chiara, vasta, poco definita, orientata NNE-SSW

Osservazioni:

Volo: panoramico basso Marzo 2004 scala 1:4.500

Anomalia aerofotografia n.: AF10

Tipo: macchia

Pk: 98+900 a 100m nord del tracciato

Str. 4

n. fotogramma 37

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: anomalia a fondo chiaro, di forma circolare allungata, con margini poco leggibili, contornata da fasce più scure per umidità.

Osservazioni:

Volo: panoramico alto Marzo 2004 scala 1:15.000

Anomalia aerofotografia n.: AF11

Tipo: macchie diffuse

Pk: 101+200 a nord del tracciato

Str. 4

Fotogramma 38

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione: serie composta di anomalie, pseudocircolari, a tonalità chiara, non organizzate, diffuse.

Osservazioni:

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
305

Volo:

Anomalia aerofotografia n.:

Tipo:

Pk:

Str.

Fotogramma

Fig. di riferimento nel testo:

Descrizione:

Osservazioni:

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
306

**ALL. 3**

**SIA - Variante Montichiari**

**PK 85 a PK 102**

**Schede indagini di superficie**

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA0000001Rev.  
1Foglio  
307

CARTOGRAFIA

REGIONE: LOMBARDIA

N.SITO AREA: **MO 1 BS**

CEPAV DUE: 1:5000

PROVINCIA: BS

DATA RICOGNIZIONE: 22-3-04

TAVOLA:

COMUNE: Montirone

PERIODO:

LOCALITA': Marche

ESTENSIONE N-S: 47 E-W:  
45

FOTOGRAFIA:

CONDIZIONI TERRENO:

METODO: Ricognizione Intensiva

RILIEVO:

INCOLTO:

N. OPERATORI: 4

DISEGNO SCHEMATICO SUL  
RETRO:

AGRICOLO: Arativo

DISTANZA TRA OPERATORI: 5 m

FASE COLTURA: Arato

COORDINATE INDICATIVE:

CONDIZIONI

TIPO DI RILIEVO:

EST 1596934.778

TERRA: Asciutta

NORD 5034568.564

MORFOLOGIA:

RACCOLTA

PROGRESSIVA

Pianura

TOTALE:

CHILOMETRICA:

NATURA DEL SUOLO: Limo-  
sabbioso

SPORADICA:

Km 87 + 130

SELETTIVA: X

TIPOLOGIA DELL'OPERA:

ANOMALIE DI

COLORAZIONE:

VISIBILITA': Buona

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGS0000001

Rev.  
1

Foglio  
308

#### DESCRIZIONE

Posizionamento: tra i picchetti 3SS010 e 3PZ001

Il terreno si presenta pianeggiante, a matrice limo-sabbiosa e lavorato con azione di aratura.

Si segnala la presenza di ghiaia nel terreno.

Al centro dell'UT si rinviene un frammento di embrice.

#### CERAMICA

N. 1 frammento di embrice.

#### OSSERVAZIONI

Foto scattata a posteriori

#### ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

#### NOTIZIE RACCOLTE SUL LUOGO

#### DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

#### INTERPRETAZIONE

LIMITI  
CRONOLOGICI

Epoca romana

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA000001Rev.  
1Foglio  
309

<p>CARTOGRAFIA</p> <p>CEPAV DUE: 1:5000</p> <p>TAVOLA:</p> <p>I.G.M.:</p>	<p>REGIONE: LOMBARDIA</p> <p>PROVINCIA: BS</p> <p>COMUNE: Borgo Satollo</p> <p>LOCALITA': Cascina Dossi</p>	<p>N.SITO AREA: <b>BG 1 BS</b></p> <p>DATA RICOGNIZIONE: 24-3-04</p> <p>PERIODO:</p> <p>ESTENSIONE N-S: 42 E-W: 49</p>
<p>CTR:</p> <p>ALTRE CARTE:</p> <p>FOTOGRAFIA:</p> <p>RILIEVO:</p> <p>DISEGNO SCHEMATICO SUL RETRO:</p> <p>COORDINATE INDICATIVE: EST 1598531.420 NORD 5034312.800</p> <p>PROGRESSIVA CHILOMETRICA: Km 88 + 755</p> <p>TIPOLOGIA DELL'OPERA</p>	<p>CONDIZIONI TERRENO:</p> <p>INCOLTO:</p> <p>AGRICOLO: Arativo</p> <p>FASE COLTURA: Arato</p> <p>CONDIZIONI TERRA: Umida</p> <p>MORFOLOGIA: Pedecollinare</p> <p>NATURA DEL SUOLO: Limo- sabbioso</p> <p>ANOMALIE DI COLORAZIONE: Chiazza più chiara a Ovest a causa della presenza di ghiaia</p> <p>VISIBILITA': Buona</p>	<p>METODO: Ricognizione Intensiva</p> <p>N. OPERATORI: 4</p> <p>DISTANZA TRA OPERATORI: 5 m</p> <p>TIPO DI RILIEVO: RACCOLTA</p> <p>TOTALE: SPORADICA: SELETTIVA:</p>

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
310

## DESCRIZIONE

Posizionamento: al picchetto 3SN014

Il terreno si presenta con andamento discendente da Ovest verso Est e da Nord verso Sud, trovandosi su un versante pedecollinare.

La matrice del terreno è limo-sabbiosa e si segnala la presenza di una zona più chiara a componente ghiaiosa nella parte ovest del campo, dove si nota un aumento di quota.

Il campo che costituisce l'UT è disseminato di frammenti di piccole dimensioni di laterizi di incerta datazione ( non raccolti).

## OSSERVAZIONI

Foto scattata a posteriori

## ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

## NOTIZIE RACCOLTE SUL LUOGO

## DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

## INTERPRETAZIONE

## LIMITI CRONOLOGICI

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA0000001Rev.  
1Foglio  
311

CARTOGRAFIA

CEPAV DUE: 1:5000

TAVOLA:

REGIONE: LOMBARDIA

PROVINCIA: BS

COMUNE: Borgo Satollo

LOCALITA': Quarti di Sotto

N.SITO AREA: **BG 2 BS**

DATA RICOGNIZIONE: 24-3-04

PERIODO:

ESTENSIONE N-S-: 48      E-W: 49

FOTOGRAFIA:

RILIEVO:

DISEGNO SCHEMATICO SUL  
RETRO:

COORDINATE INDICATIVE:

EST 1599547.911

NORD 5034191.178

PROGRESSIVA

CHILOMETRICA:

Km 89 + 270

TIPOLOGIA DELL'OPERA

CONDIZIONI TERRENO:

INCOLTO:

AGRICOLO: Arativo

FASE COLTURA: Arato

CONDIZIONI TERRA: Umida

MORFOLOGIA:

Pianura

NATURA DEL SUOLO: Limo-  
sabbiosa

ANOMALIE                      DI

COLORAZIONE:

VISIBILITA': Buona

METODO: Ricognizione Intensiva

N. OPERATORI: 4

DISTANZA TRA OPERATORI: 5 m

TIPO DI RILIEVO:

RACCOLTA

TOTALE:

SPORADICA: X

SELETTIVA:

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGS0000001Rev.  
1Foglio  
312

## DESCRIZIONE

Posizionamento: a Nord del picchetto 3PZ011

Il terreno si presenta pianeggiante, a matrice limo-sabbiosa e lavorato ad aratura.

Nel limite ad Est del campo si rinvengono frammenti di embrici (non raccolti) e di ceramica ad impasto.

## CERAMICA

N 1 frammento di ceramica priva di rivestimento da fuoco.

N 1 frammento di ceramica ad impasto, parete.

N 2 frammenti di embrice .

## OSSERVAZIONI

Foto scattata a posteriori

## ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

## NOTIZIE RACCOLTE SUL LUOGO

## DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

## INTERPRETAZIONE

LIMITI  
CRONOLOGICI

Epoca romana



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSAA000001

Rev.  
1

Foglio  
314

## DESCRIZIONE

Posizionamento: al picchetto 3PZ012

Il terreno si presenta pianeggiante e a matrice limo-sabbiosa; di recente è stato sottoposto ad azione di fresatura.

Si nota la presenza di piccoli ciottoli fluviali.

Si segnala la presenza di reperti ceramici tuttavia non si riscontrano concentrazioni particolari né cambiamenti di colorazione del terreno.

## CERAMICA

N 4 frammenti di ceramica priva di rivestimento da cucina.

OSSERVAZIONI

ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

NOTIZIE RACCOLTE SUL LUOGO

DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

INTERPRETAZIONE

LIMITI  
CRONOLOGICI

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**

ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA000001Rev.  
1Foglio  
315

<p>CARTOGRAFIA</p> <p>CEPAV DUE: 1:5000</p> <p>TAVOLA:</p>	<p>REGIONE: LOMBARDIA</p> <p>PROVINCIA: BS</p> <p>COMUNE: CASTENEDOLO</p> <p>LOCALITA':</p>	<p>N.SITO AREA: <b>CT 2 BS</b></p> <p>DATA RICOGNIZIONE: 22-3-04</p> <p>PERIODO:</p> <p>ESTENSIONE N-S-: 45                      E-W: 48.5</p>
<p>FOTOGRAFIA:</p> <p>RILIEVO:</p> <p>DISEGNO SCHEMATICO SUL RETRO:</p> <p>COORDINATE INDICATIVE: EST 1600501.272 NORD 5033939.517</p> <p>PROGRESSIVA CHILOMETRICA: Km 90 + 700</p> <p>TIPOLOGIA        DELL'OPERA: rilevato</p>	<p>CONDIZIONI TERRENO:</p> <p>INCOLTO:X</p> <p>AGRICOLO:</p> <p>FASE COLTURA:Stoppie</p> <p>CONDIZIONI TERRA:Asciutta</p> <p>MORFOLOGIA: Pianura</p> <p>NATURA DEL SUOLO:Limo- sabbiosa</p> <p>ANOMALIE                      DI</p> <p>COLORAZIONE:</p> <p>VISIBILITA':Scarsa</p>	<p>METODO: Ricognizione Intensiva</p> <p>N. OPERATORI: 4</p> <p>DISTANZA TRA OPERATORI: 5 m</p> <p>TIPO DI RILIEVO:</p> <p>RACCOLTA</p> <p>TOTALE: SPORADICA:X</p> <p>SELETTIVA:</p>

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGS0000001

Rev.  
1

Foglio  
316

#### DESCRIZIONE

Posizionamento: a Est del picchetto 3SS022.

Il terreno si presenta pianeggiante e a matrice limo-sabbiosa.

Il campo è al momento in uno stato di riposo vegetativo ed è ricoperto parzialmente da stoppie di granturco.

Si rileva la presenza di alcuni reperti ceramici ma non si notano concentrazioni, né variazioni di colore.

#### CERAMICA

N 1 frammento di ceramica invetriata.

N 1 frammento di ceramica maculata verde.

N 1 frammento di ceramica priva di rivestimento da cucina.

#### OSSERVAZIONI

Foto scattata a posteriori

#### ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

#### NOTIZIE RACCOLTE SUL LUOGO

#### DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

#### INTERPRETAZIONE

#### LIMITI CRONOLOGICI

Medioevo-  
Postmedioevo

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**

ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA0000001Rev.  
1Foglio  
317

<p>CARTOGRAFIA</p> <p>CEPAV DUE: 1:5000</p> <p>TAVOLA:</p> <p>FOTOGRAFIA:</p> <p>RILIEVO:</p>	<p>REGIONE: LOMBARDIA</p> <p>PROVINCIA: BS</p> <p>COMUNE: Castenedolo</p> <p>LOCALITA': Cascina Campagna</p>	<p>N.SITO AREA: <b>CT 3 BS</b></p> <p>DATA RICOGNIZIONE: 22-3-04</p> <p>PERIODO:</p> <p>ESTENSIONE N-S-: 137      E-W: 134.50</p>
<p>DISEGNO SCHEMATICO SUL RETRO:</p> <p>COORDINATE INDICATIVE: EST 1600723.587 NORD 5033956.418</p> <p>PROGRESSIVA CHILOMETRICA: Km 90 + 960</p> <p>TIPOLOGIA      DELL'OPERA: rilevato</p>	<p>CONDIZIONI TERRENO:</p> <p>INCOLTO: AGRICOLO:Arativo</p> <p>FASE COLTURA:Fresato</p> <p>CONDIZIONI TERRA:Asciutta</p> <p>MORFOLOGIA:      Pianura</p> <p>NATURA DEL SUOLO: Argillo- sabbioso</p> <p>ANOMALIE                      DI</p> <p>COLORAZIONE:</p> <p>VISIBILITA':Buona</p>	<p>METODO: Ricognizione Intensiva</p> <p>N. OPERATORI: 4</p> <p>DISTANZA TRA OPERATORI: 5 m</p> <p>TIPO DI RILIEVO:</p> <p>RACCOLTA</p> <p>TOTALE: SPORADICA:X SELETTIVA:</p>

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA0000001Rev.  
1Foglio  
318

## DESCRIZIONE

Posizionamento: nei pressi del picchetto 3PZ013.

Il terreno si presenta pianeggiante e a matrice argillo-sabbioso.

Di recente il campo è stato sottoposto ad azione di fresatura.

Non si rileva la presenza di una concentrazione ma sono stati rinvenuti alcuni reperti ceramici nella porzione di campo indicata.

## CERAMICA

N 4 frammenti di ceramica priva di rivestimento da cucina.

N 3 frammenti a pareti sottili.

N 3 frammenti di ceramica invetriata.

N 1 frammento di terraglia ad impasto bianco.

## OSSERVAZIONI

Foto scattata a posteriori

## ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

## NOTIZIE RACCOLTE SUL LUOGO

## DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

## INTERPRETAZIONE

LIMITI  
CRONOLOGICI

Preistoria-  
Medioevo-  
Postmedioevo

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
319

CARTOGRAFIA	REGIONE: LOMBARDIA	N.SITO AREA: <b>CT 4 BS</b>
CEPAV DUE: 1:5000	PROVINCIA: BS	DATA RICOGNIZIONE: 22-3-04
TAVOLA:	COMUNE: Castenedolo / Montichiari	PERIODO:
FOTOGRAFIA:	LOCALITA': a Nord di Cascina Novara	ESTENSIONE N-S-: 119      E-W: 65
RILIEVO:		

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSA0000001Rev.  
1Foglio  
320DISEGNO SCHEMATICO SUL  
RETRO:

COORDINATE INDICATIVE:

EST 1602691.383

NORD 50333605.489

PROGRESSIVA CHILOMETRICA:

Km 93 + 013

TIPOLOGIA DELL'OPERA:  
rilevato

CONDIZIONI TERRENO:

INCOLTO:

AGRICOLO: Arativo

FASE COLTURA: Fresato

CONDIZIONI

TERRA:Asciutta

MORFOLOGIA:

Pianura

NATURA DEL

SUOLO:Argillo-sabbioso

ANOMALIE DI

COLORAZIONE:

VISIBILITA': Buona

METODO: Ricognizione Intensiva

N. OPERATORI: 4

DISTANZA TRA OPERATORI: 5 m

TIPO DI RILIEVO:

RACCOLTA

TOTALE:

SPORADICA: X

SELETTIVA:

## DESCRIZIONE

Posizionamento: al picchetto 3PZ018 (TAV. 15).

Il terreno è pianeggiante e a matrice argillo-sabbiosa.

Si segnala il ritrovamento di due frammenti ceramici, ma non si notano concentrazioni, né cambiamenti colore.

## CERAMICA

N 1 frammento di ceramica maiolica-arcaica, piede.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
321

N 1 frammento di ceramica priva di rivestimento da cucina, orlo.

OSSERVAZIONI

ALTRE RICOGNIZIONI E SCAVI

NOTIZIE RACCOLTE SUL  
LUOGO

DATI DI ARCHIVIO/RIC.ARCHIVIO

INTERPRETAZIONE

LIMITI  
CRONOLOGICI

Medioevo

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
322

CARTOGRAFIA

CEPAV DUE: 1:5000

TAVOLA:

COORDINATE

INDICATIVE:

EST 1603120.515

NORD 5034682.572

PROGRESSIVA

CHILOMETRICA:

KM 94+400

TIPOLOGIA

DELL'OPERA: rilevato

REGIONE: LOMBARDIA

PROVINCIA: BS

COMUNE: Castenedolo

LOCALITA':

N.SITO AREA: **CT 5 BS**

DATA RICOGNIZIONE: 22-3-04

PERIODO:

ESTENSIONE N-S-:

E-W:

DESCRIZIONE

Attuale SS 236 goitese coincidente con la Brixia-Mantova



## 4.8 Rumore

### 4.8.1 Premessa

La progettazione degli interventi di mitigazione risponde principalmente ai seguenti criteri:

1. La verifica dei livelli di impatto acustico ha riguardato tutti i ricettori residenziali presenti all'interno del corridoio di interferenza acustica della linea AV/AC che include la fascia di pertinenza ferroviaria definita dal DPR 459/98, pari a 250 m dal binario esterno, estesa fino a 500 m in relazione alla presenza di ricettori sensibili quali scuole, ospedali, case di cura e riposo;
2. La verifica è stata estesa alle aree di espansione residenziale individuate a valle dell'analisi dei Piani Regolatori Generali dei Comuni interessati dalla realizzazione della nuova infrastruttura;
3. Le verifiche acustiche sono state condotte considerando la presenza dei presidi di sicurezza, riconducibili alle seguenti tipologie:
  - muri di contenimento;
  - muri di sottoscarpa;
  - muri in area interclusa;
  - muri in terra rinforzata in area interclusa.
4. La compresenza, nel corridoio di pertinenza ferroviaria, di infrastrutture ferroviarie e stradali, è stata considerata mediante la definizione dei limiti normativi da applicare per il dimensionamento delle opere di mitigazione si è tenuto conto della sovrapposizione delle fasce di pertinenza definite dal D.P.R. 459/98 e dal D.P.R. 142/04.
5. Nelle simulazioni del clima acustico post operam e post mitigazione le sorgenti ferroviarie sono immesse nel software di simulazione ciascuna con il proprio modello di esercizio.
6. I limiti normativi applicabili sono stati individuati coerentemente con quanto previsto dal D.P.R. 459/98, dal D.P.R. 142/04 e dal D.M.A. 29/11/2000;



7. Gli edifici isolati ed i ruderi non sono stati oggetto di progettazione di interventi di mitigazione.
8. Ai sensi del DPR del 18/11/1998 n° 459, in accordo all'Art. 4, punto 5, in corrispondenza di ricettori soggetti ad impatto superiore ai limiti di legge per l'ambiente esterno, in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si interviene direttamente sui ricettori al fine di conseguire il rispetto dei limiti interni.
9. Nel modello di simulazione sono state immesse le sorgenti ferroviarie; le infrastrutture stradali precedentemente citate sono state immesse nel modello al fine di simularne esclusivamente l'ingombro fisico e riprodurre, quindi, eventuali ostacoli che i raggi sonori lanciati dal programma di calcolo incontrano nel percorso sorgente-ricevitore;
10. Nel modello di simulazione non sono stati immessi, quali recettori, quei fabbricati che ricadono sotto il tracciato delle infrastrutture in progetto in quanto oggetto di demolizione.

Gli interventi di mitigazione acustica di prevista realizzazione sono illustrati in allegato 7 "Localizzazione e predimensionamento misure di mitigazione" (IN0500DE2N5SA000P007, IN0500DE2N5SA000P008, IN0500DE2N5SA000P009, IN0500DE2N5SA000P010).

L'allegato 9 è dedicato ad illustrare le sezioni tipo delle opere di mitigazione acustica (IN0500DE2VBSA000P001).

L'allegato 18 è dedicato ad illustrare la localizzazione dei ricettori presenti lungo la Variante in progetto (IN0500DE2N5SA000A011, IN0500DE2N5SA000A012, IN0500DE2N5SA000A013, IN0500DE2N5SA000A014).

Per quanto riguarda le problematiche connesse al rumore si rimanda inoltre al seguente elaborato, compreso nella parte 18 Volume 1 Tomi 1 e 2, che ha costituito un riferimento di base per le valutazioni effettuate: Rumore: esercizio ferroviario-relazione (IN0500DE2RGIM0006001). Per quanto riguarda le problematiche attinenti al rumore in corso d'opera si rimanda allo Studio d'Impatto Ambientale della fase di costruzione.

#### 4.8.2 Riferimenti normativi

In Italia sono da alcuni anni operanti specifici provvedimenti legislativi destinati ad affrontare il problema dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno.

La disciplina in materia di lotta contro il rumore era in passato affidata ad una serie eterogenea di norme a carattere generale (art. 844 del Codice Civile, art. 659 del Codice Penale, art. 66 del Testo Unico Leggi di Pubblica Sicurezza), che tuttavia non erano accompagnate da una normativa tecnica che consentisse di applicare concretamente le prescrizioni stesse.

Con il DPCM 1 Marzo 1991 il Ministero dell'Ambiente, in virtù delle competenze generali in materia di inquinamento acustico assegnategli dalla Legge 249/1986, di concerto con il Ministero della Sanità, ha promulgato un decreto che disciplina i rumori e sottopone a controllo l'inquinamento acustico.

Con la legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sul Rumore"), il legislatore ha fornito una legge di principi dalla solida architettura, sufficientemente stringata nell'articolato e chiara nella mappa delle competenze che demanda a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche. Tali decreti attuativi, vale a dire il D.P.R. 459/98 sul rumore ferroviario e il D.P.R. 142/04 sul rumore stradale, sono stati emanati in tempi differenti, ma con la loro pubblicazione si è giunti a completamento del quadro normativo sulle principali infrastrutture di trasporto.

Gli altri riferimenti normativi presi in esame per quanto riguarda l'inquinamento acustico prodotto da infrastrutture di trasporto sono i seguenti:

- Decreto 16/3/1998 sulle "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" in cui si danno indicazioni sulle tecniche e sulle attività da eseguire per lo svolgimento delle misurazioni:
  - strumentazione specifica
  - parametri di rilievo
  - norme tecniche per l'esecuzione delle misure
  - metodologia da seguire
  - presentazione dei risultati



- D.M. Ambiente 29.11.2000 Criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore

Si riportano di seguito i principali riferimenti normativi.

#### 4.8.2.1 D.P.C.M. 1 marzo 1991

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 Marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" si propone 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 applicazione del presente decreto".

I limiti ammissibili in ambiente esterno sono 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...) suddividono il proprio territorio in zone diversamente "sensibili". A tali zone, sono associati valori di livello di rumore, limite diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A ( $L_{eqA}$ ), 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: il criterio differenziale e il criterio assoluto.

#### **Criterio differenziale**

È 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.

### **Criterio assoluto**

È 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 (Tabelle 2.1/2, 2.1/3 e 2.1/4), con modalità diverse a seconda che i Comuni siano dotati di Piano Regolatore Generale (PRG), non siano dotati di PRG o, infine, che abbiano già adottato la zonizzazione acustica comunale.

Le problematiche relative alla zonizzazione acustica introdotte dal DPCM 1/3/1991 riguardano agglomerati urbani il cui sviluppo non ha quasi mai compreso la valutazione degli aspetti di acustica e rumore ambientale. La situazione più frequente è rappresentata da insediamenti a diversa destinazione d'uso localizzati in stretta contiguità, caratterizzati da una diversa sensibilità verso il rumore e da una differente domanda di qualità acustica, con una distribuzione casuale delle sorgenti sonore sul territorio.

La zonizzazione acustica deve essere attuata dai Comuni con l'obiettivo di prevenire il deterioramento di zone ancora non inquinate e di risanare quelle dove attualmente sono riscontrabili livelli di rumorosità ambientale che potrebbero comportare possibili effetti negativi sulla salute della popolazione residente e compromissione alla ottimale fruizione di beni e servizi pubblici.

La classificazione acustica del territorio si caratterizza come elemento attivo di gestione e di ricomposizione dell'assetto del territorio delle attività che su esso si esplicano, avendo come immediato riscontro la prescrizione relativa alla revisione degli strumenti urbanistici

In fase di composizione dello zoning acustico è importante considerare lo stato attuale dell'ambiente, inteso sia in termini di sensibilità all'inquinamento acustico sia di potenziali sorgenti di rumore, ma anche i piani di sviluppo su scala comunale e sovracomunale dalla cui considerazione possono determinare azioni di salvaguardia anticipata rispetto al determinarsi di gravi situazioni di impatto da rumore.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGS0000001

Rev.  
1

Foglio  
328

Dalla zonizzazione acustica possono pertanto derivare ripercussioni sulle modalità di fruizione di intere parti del territorio comunale, con evidente ripercussione in positivo o in negativo sulle rendite fondiari. Va da se che, ad esempio, le aree residenziali associate ad obiettivi di elevata qualità acustica potranno vedere aumentare il loro valore mentre, all'opposto, il divieto a costruire all'interno delle fasce infrastrutturali determinerà una riduzione dei valori di mercato.



Tabella. 4.8.2.1/1 - Definizione delle classi di zonizzazione acustica del territorio

**CLASSE I****Aree particolarmente protette**

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.

**CLASSE II****Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale**

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

**CLASSE III****Aree di tipo misto**

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

**CLASSE IV****Aree di intensa attività umana**

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.

**CLASSE V****Aree prevalentemente industriali**

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

**CLASSE VI****Aree esclusivamente industriali**

Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi

Tabella. 4.8.2.1/2 - Limiti di immissione di rumore per Comuni con Piano Regolatore

<b>DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE</b>	<b>DIURNO 6:00÷22:00</b>	<b>NOTTURNO 22:00÷6:00</b>
Territorio nazionale	70	60
Zona urbanistica A	65	55
Zona urbanistica B	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Tabella. 4.8.2.1/3 - Limiti di immissione di rumore per Comuni senza Piano Regolatore

<b>DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE</b>	<b>DIURNO 6:00÷22:00</b>	<b>NOTTURNO 22:00÷6:00</b>
Zona esclusivamente industriale	70	70
Tutto il resto del territorio	70	60

Tabella. 4.8.2.1/4 - Limiti di immissione di rumore per Comuni che adottano la zonizzazione acustica

<b>DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE</b>	<b>DIURNO 6:00÷22:00</b>	<b>NOTTURNO 22:00÷6:00</b>
I Aree protette	50	40
II Aree residenziali	55	45
III Aree miste	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

#### 4.8.2.2 Legge quadro sul rumore n° 447 del 26 ottobre 1995

La Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sul Rumore", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 254 del 30/10/1995, è una legge di principi e demanda perciò a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche.

Un aspetto innovativo della legge Quadro è l'introduzione all'Art. 2, accanto ai valori limite, dei valori di attenzione e dei valori di qualità.



Nell'Art 4 si indica che i Comuni "procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di qualità di cui all'Art. 2, comma 1, lettera h"; vale a dire: si procede alla zonizzazione acustica per individuare 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 presente legge", valori che sono determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo della giornata e della destinazione d'uso della zona da proteggere (Art. 2, comma 2).

La Legge stabilisce inoltre che le Regioni, entro un anno dalla entrata in vigore, devono definire i criteri di zonizzazione acustica del territorio comunale fissando il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, quando i valori di qualità si discostano in misura superiore a 5 dBA.

In relazione alle problematiche dell'inquinamento da rumore associate alle linee ferroviarie Alta Velocità, la Legge Quadro introduce due importanti considerazioni:

- le infrastrutture di trasporto sono definite come sorgenti fisse di rumore (Art. 2 comma c)
- alle infrastrutture di trasporto non è applicabile il limite differenziale (art. 15, comma 1) introdotto all'Art. 2 comma 2 e all'Art. 6 comma 2 del DPCM 1.3.1991.

L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale e altresì il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, autorizzatorie, ordinarie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore indicate dalla Legge Quadro.

### **Funzioni pianificatorie**

I Comuni che presentano rilevante interesse paesaggistico o turistico hanno la facoltà di assumere valori limite di emissione ed immissione, nonché valori di attenzione e di qualità, inferiori a quelli stabiliti dalle disposizioni ministeriali, nel rispetto delle modalità e dei criteri stabiliti dalla legge regionale.

Come già precedentemente citato deve essere svolta la revisione ai fini del coordinamento con la classificazione acustica operata degli strumenti urbanistici e degli strumenti di pianificazione del traffico.



### Funzioni di programmazione

Obbligo di adozione del piano di risanamento acustico nel rispetto delle procedure e degli eventuali ulteriori criteri stabiliti dalle leggi regionali nei casi di superamento dei valori di attenzione o di contatto tra aree caratterizzate da livelli di rumorosità eccedenti 5 dBA di livello equivalente continuo.

### Funzioni di regolamentazione

I Comuni sono tenuti ad adeguare i regolamenti locali di igiene e di polizia municipale con l'introduzione di apposite norme contro l'inquinamento acustico, con particolare riferimento all'abbattimento delle emissioni sonore derivanti dalla circolazione degli autoveicoli e da sorgenti fisse, e all'adozione di regolamenti per l'attuazione della disciplina statale e regionale in materia di tutela dall'inquinamento acustico.

### Funzioni autorizzatorie, ordinatorie e sanzionatorie

In sede di istruttoria delle istanze di concessione edilizia relative a impianti e infrastrutture adibite ad attività produttive, sportive o ricreative, per servizi commerciali polifunzionali, nonché all'atto del rilascio dei conseguenti provvedimenti abilitativi all'uso degli immobili e delle licenze o autorizzazioni all'esercizio delle attività, il Comune è tenuto alla verifica del rispetto della normativa per la tutela dell'inquinamento acustico anche considerando la zonizzazione acustica comunale. I Comuni sono inoltre tenuti a richiedere e valutare la documentazione di impatto acustico relativamente all'elenco di opere indicate dalla Legge Quadro (Aeroporti, strade...) e predisporre o valutare la documentazione previsionale del clima acustico delle aree interessate dalla realizzazione di interventi ad elevata sensibilità (scuole, ospedali...). Compete infine ancora ai Comuni il rilascio delle autorizzazioni per lo svolgimento di attività temporanee, manifestazioni, spettacoli, l'emissione di ordinanze in relazione a esigenze eccezionali di tutela della salute pubblica e dell'ambiente, l'irrogazione delle sanzioni amministrative per violazione delle disposizioni dettate localmente in materia di tutela dall'inquinamento acustico.

### Funzioni di controllo

Ai Comuni compete il controllo del rumore generato dal traffico e dalle sorgenti fisse, dall'uso di macchine rumorose e da attività all'aperto, oltre il controllo di conformità alle vigenti disposizioni delle documentazioni di valutazione dell'impatto acustico e di previsione del clima acustico relativamente agli interventi per i quali ne è prescritta la presentazione.



#### 4.8.2.3 D.P.C.M. 14 Novembre 1997

Il DPCM del 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale 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 i seguenti valori:

- 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**, 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**, 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.

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 in classe VI
- se il rumore ambientale a finestre aperte è inferiore a 50 dBA di giorno e 40 dBA di notte
- se il rumore ambientale a finestre chiuse è 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 non connesse 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.

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. 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.

Tabella. 4.8.2.3/1 - Valori limite di emissione in dB(A), ex Art. 2 DPCM 14/11/97 Tab. B

CLASSE DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (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

Tabella.4.8 2.3/2 - Valori limite di immissione in dB(A), ex Art. 3 DPCM 14/11/97 Tab. C

CLASSE DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (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

Tabella. 4.8.2.3/3 - Valori di qualità in dB(A), ex Art. 7 DPCM 14/11/97 Tab. D

CLASSE DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	TEMPI DI RIFERIMENTO	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (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

#### 4.8.2.4 D.P.R. 18 novembre 1998, n° 459

Le disposizioni del Decreto Attuativo per la regolamentazione dei limiti di immissione delle infrastrutture ferroviarie del 18/11/98 n° 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario" si applicano:

- a infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h



- a infrastrutture esistenti, alle loro varianti, a infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a linee esistenti, a infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h.

Per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h è prevista una fascia di pertinenza ferroviaria pari a 250 m per ciascun lato a partire dalla mezzera dei binari esterni. È inoltre necessario considerare, nello studio di impatto acustico, tutti i ricettori all'interno di un corridoio di 250 m per lato misurati a partire dalla mezzera del binario esterno, esteso a 500 m per lato in presenza di ricettori particolarmente sensibili quali scuole, ospedali, case di cura e riposo.

Per tali infrastrutture valgono i limiti specificati nel seguito.

- All'interno dell'intera fascia di pertinenza ferroviaria: 50 dBA Leq diurno e 40 dBA Leq notturno per ospedali, case di cura e riposo; 50 dBA Leq diurno per le scuole.
- All'interno dell'intera fascia di pertinenza ferroviaria: 65 dBA Leq diurno e 55 dBA Leq notturno per gli altri ricettori.

Per le nuove linee in affiancamento a linee esistenti, per le infrastrutture esistenti, per le loro varianti e per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto inferiore a 200 km/h, è prevista una fascia di pertinenza ferroviaria pari a 250 m per ciascun lato a partire dalla mezzera dei binari esterni. Tale fascia viene suddivisa in due parti la prima, più vicina all'infrastruttura ferroviaria della larghezza di 100 m, denominata fascia A, la seconda, più distante dall'infrastruttura ferroviaria della larghezza di 150 m, denominata fascia B. Per tali infrastrutture valgono i limiti specificati nel seguito.

- All'interno dell'intera fascia di pertinenza ferroviaria: 50 dBA Leq diurno e 40 dBA Leq notturno per ospedali, case di cura e riposo; 50 dBA Leq diurno per le scuole.
- All'interno della fascia A: 70 dBA Leq diurno e 60 dBA Leq notturno per gli altri ricettori.
- All'interno della fascia B: 65 dBA Leq diurno e 55 dBA Leq notturno per gli altri ricettori.

Qualora i suddetti valori non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si evidenzia l'opportunità di procedere a interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dBA Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo
- 40 dBA Leq notturno per tutti gli altri ricettori



- 45 dBA Leq diurno per le scuole.

Tali valori devono essere rispettati al centro della stanza più esposta, a finestre chiuse, a 1.5 m di altezza dal pavimento.

#### 4.8.2.5 D.M.A. 29/11/2000

Il decreto emanato dal Ministero dell'Ambiente, previsto dall'articolo 10, comma 5 della Legge Quadro, stabilisce che gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture stradali hanno l'obbligo di:

- individuare le aree in cui per effetto delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di emissione;
- determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti;
- presentare al Comune, alla Regione o all'autorità competente da essa indicata il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

I contenuti essenziali del piano di risanamento consisteranno nella:

- Individuazione degli interventi e relative modalità di esecuzione,
- indicazione delle eventuali altre infrastrutture di trasporto concorrenti all'immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
- indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
- motivazioni per eventuali interventi sui ricettori.

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art.11 della Legge Quadro. Nelle aree in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza il rumore non deve superare complessivamente il fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento devono essere effettuati secondo la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente rumorosa,
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore;
- direttamente sul ricettore.



La novità di questo decreto, infine, sta nel fatto che si evincono la caratterizzazione e l'indice dei costi degli interventi di bonifica acustica mediante:

- tipo intervento;
- campo di impiego;
- efficacia;
- costi unitari.

#### 4.8.2.6 D.P.R. 30 marzo 2004, n° 142

Il DPR individua l'ampiezza delle fasce di pertinenza dei vari tipi di strade, attenendosi alla classificazione del Codice della Strada; per ciascun tipo di strada stabilisce inoltre i limiti di pressione sonora ammissibili all'interno delle fasce di pertinenza stesse. Vengono distinte infrastrutture stradali di nuova realizzazione ed esistenti o assimilabili, per le quali sono validi i limiti riportati tabelle seguenti, facenti parte dell'Allegato 1 al DPR.

In base a quanto stabilito nel DPR, sono quindi determinate le fasce di pertinenza e i rispettivi limiti. In tal modo è possibile, quindi, stabilire i livelli di immissione della sorgente ferroviaria, tenendo conto del contributo offerto dalla presenza delle infrastrutture stradali al raggiungimento dei livelli stabiliti dalla normativa.

Tabella 4.8.2.6/1 – Limiti normativi per strade esistenti

Strade esistenti e assimilabili (Ampliamenti in asse, sfiancamenti, varianti)						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme CNR 1980 o direttiva PUT)	Ampiezza 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 – autostrade		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbane		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
	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 DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

(\*) Per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 4.8.2.6/2 – Limiti normativi per strade di nuova realizzazione

Strade di nuova realizzazione						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo Dm 5/11/2001 – "Norma funz. o geom. Per la costruzione di strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]
<b>A – autostrade</b>		<b>250</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>65</b>	<b>55</b>
B – extraurbane		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 DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				
(*) Per le scuole vale il solo limite diurno						

#### 4.8.2.7 Normativa della Regione Lombardia

##### 4.8.2.7.1 Legge Regionale 10 agosto 2001, n. 13

La legge è finalizzata a dettare le norme per la predisposizione delle zonizzazioni acustiche comunali e degli interventi di risanamento.

Tra le norme di interesse in relazione alle previste attività di cantiere, si richiama l'art. 8, dedicato a regolamentare il rilascio delle autorizzazioni per le attività temporanee.

Inoltre, seppure non di diretto interesse, in relazione al tipo di opera considerata, si richiamano:

- il punto d) del terzo comma dell'art. 2 Classificazione acustica del territorio comunale, che recita: non possono essere comprese in classe I, di cui al DPCM 14 novembre 1997, le aree che si trovino all'interno delle fasce di pertinenza delle infrastrutture stradali e ferroviarie e delle fasce di rispetto dell'intorno aeroportuale;
- l'art. 9, che detta le norme per i piani di risanamento ed abbattimento del rumore delle infrastrutture di trasporto.



#### 4.8.2.7.2 Linee guida Regione Lombardia

La Giunta della Regione Lombardia con delibera del 25 Giugno 1993 n° 5/37724 ha approvato il documento "Linee Guida per la zonizzazione acustica comunale". Il documento è stato messo a punto da un gruppo di lavoro multi disciplinare istituito nell'aprile 1992 e composto da rappresentanti dei settori ambiente e ecologia, coordinamento per il territorio, sanità e igiene, trasporti e mobilità, da funzionari di comuni e delle USSL e da esperti esterni all'amministrazione regionale.

Nella elencazione dei criteri generali per la predisposizione dello schema di zonizzazione acustica e nell'esame delle sorgenti di emissione fisse e mobili le linee guida forniscono informazioni a corredo degli indirizzi generali contenuti nel DPCM 1.3.1991 ma lasciano un ampio margine di discrezionalità alle Amministrazioni Comunali. Lo zoning acustico comunale potrà contenere differenze interpretative anche di rilievo tra Comune e Comune, a testimonianza della volontà di sottolineare l'esistenza di realtà territoriali molto diverse nella Regione e la necessità di giungere ad una "riflessione" locale.

Viene tuttavia indicato ai Comuni di procedere, antecedentemente all'approvazione deliberante della zonizzazione, alla pubblicazione di una proposta da adottarsi con deliberazione di Consiglio Comunale, per la cui elaborazione gli Uffici Tecnici comunali o i professionisti incaricati potranno richiedere la collaborazione del servizio n. 1 della USSL competente per territorio.

Per quanto attiene alle fasce di rispetto lungo infrastrutture lineari di trasporto su gomma o rotaia le linee guida invitano le Amministrazioni Comunali a considerare le distanze minime a protezione del nastro stradale e dei tracciati ferroviari di cui al D.I. 1.4.1968 lettere A,B e C di cui al DPR n. 147 del 26 aprile 1993 e DPR n° 753/1980, e di inserire tali ambiti territoriali in Classe IV.

### 4.8.3 Documentazione di riferimento

#### 4.8.3.1 Documentazione progettuale di riferimento

Si riporta di seguito l'elenco degli elaborati di riferimento sulla base dei quali è stato sviluppato lo studio:

"Linee Guida per il dimensionamento delle opere di mitigazione acustica per linee di nuova realizzazione e per il piano di risanamento acustico", redatte da Italferr (Prot. DT.0037286.10.U del 01/07/2010).

SNAMPROGETTI SPC.IN.PRG.015 del Luglio 2004 - Linea Alta Capacità Milano-Verona - Attività propedeutiche al Progetto Definitivo - Metodologico di Studio per la valutazione di impatto acustico correlato alla nuova infrastruttura ferroviaria

CIPE – Deliberazione n. 120/2003

#### 4.8.4 Metodologia di analisi

Obiettivo dello studio di impatto acustico è quello di stimare i livelli di impatto determinati dall'esercizio della linea A.V./A.C. Milano-Verona, lotto funzionale Brescia-Verona, al fine di dimensionare gli interventi di mitigazione necessari a rendere i livelli di pressione sonora compatibili alle prescrizioni normative.

Lo sviluppo delle valutazioni modellistiche richiede preliminarmente la definizione dello scenario emissivo, effettuata a partire dal modello di esercizio della futura linea e dalle caratteristiche emissive di ogni singola tipologia di convoglio. A ciò si aggiunge la necessità di modellare il territorio in cui si determinano i fenomeni di propagazione ponendo particolare attenzione all'individuazione di tutti quegli ostacoli, ivi compresi gli edifici stessi, che potrebbero determinare fenomeni di schermatura rispetto alla propagazione in campo aperto.

Le valutazioni sono effettuate mediante l'impiego del software SoundPLAN implementato con lo standard Shall 03, le cui caratteristiche tecniche sono dettagliatamente illustrate nel paragrafo successivo.

Nel seguito vengono riportate in forma sintetica le ipotesi progettuali inerenti alle tematiche di maggior rilievo.

##### 4.8.4.1 Sistema edificato oggetto di verifica

In termini spaziali le analisi si concentrano sui ricettori presenti all'interno delle fasce di pertinenza delle diverse infrastrutture (250 m dall'asse del binario più esterno). L'ambito di



analisi viene esteso a 500 m in presenza di ricettori particolarmente sensibili (scuole, ospedali,...).

La verifica dei limiti normativi e la conseguente definizione di interventi di mitigazione viene effettuata per tutti gli edifici residenziali, sia per il periodo diurno sia per il periodo notturno. Non vengono invece dimensionati interventi mitigativi per quegli edifici le cui condizioni non consentono di identificarli come "ambiente abitativo", ossia non abitabili o diruti, e per quelli ad uso esclusivamente produttivo. In presenza di scuole, uffici, negozi e attività commerciali le analisi degli impatti e il conseguente dimensionamento di interventi sono effettuate solo in riferimento al periodo diurno.

In presenza di aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, si provvederà a dimensionare eventuali interventi di mitigazione tali da garantire il rispetto dei limiti normativi fino ad un'altezza di 4 m, in presenza di effettive altezze superiori i costi del risanamento acustico saranno a carico del titolare della concessione edilizia. In termini operativi per tali situazioni verranno realizzate fin da subito le fondazioni mentre si rimanderà al Piano di Risanamento Acustico (ovvero dopo la realizzazione dei fabbricati) l'esecuzione della parte in elevazione.

#### 4.8.5 Obiettivi di mitigazione

##### 4.8.5.1 Limiti di legge definiti dal DPR 459/98

Gli obiettivi di mitigazione sono definiti in base a quanto prescritto dalla normativa vigente ed in particolare dal DPR 459/98.

Il suddetto decreto prevede, all'articolo 3, per le linee di nuova realizzazione e con velocità di percorrenza superiori a 200 Km/h la definizione di un'unica fascia di pertinenza di ampiezza pari a 250 m, misurati dall'asse del binario più esterno, in cui il livello sonoro determinato dalla sola infrastruttura ferroviaria deve risultare inferiore a 65 dBA nel periodo diurno e a 55 dBA nel periodo notturno per tutti i ricettori ad eccezione di quelli particolarmente sensibili (scuole, ospedali, case di riposo, case di cura) per i quali i limiti risultano pari a 50 dBA per il periodo diurno e 40 dBA per il periodo notturno (articolo 4).

In presenza di infrastrutture, esistenti o di nuova realizzazione, con velocità di percorrenza inferiore a 200 Km/h, il DPR 459/98 definisce due fasce di pertinenza, di ampiezza rispettivamente pari a 100 m (Fascia A) e 150 m (Fascia B), con limiti, relativi al solo rumore ferroviario, rispettivamente pari a 70 dBA diurni e 60 dBA notturni per la Fascia A e 65 dBA diurni

e 55 dBA notturni per la Fascia B. Per i ricettori particolarmente sensibili (scuole, ospedali, case di riposo, case di cura) i limiti, per entrambe le fasce, risultano pari a 50 dBA diurni e 40 dBA notturni.

In presenza di sovrapposizione di fasce di pertinenza di differenti infrastrutture, la somma degli impatti delle singole sorgenti deve risultare inferiore al limite più elevato delle fasce di pertinenza interferenti (rif. D.M. 29/11/2000).

#### 4.8.5.2 Analisi dei fenomeni di concorsualità

La presenza di altre sorgenti di rumore oltre la linea ferroviaria oggetto di verifica è affrontata con modalità differenti in relazione alla possibilità di dimensionare o meno eventuali interventi di mitigazione per le suddette sorgenti. Nel caso in cui sussista tale possibilità le sorgenti sono oggetto di simulazione e di dimensionamento degli interventi di mitigazione.

Tale condizione si verifica nei seguenti casi:

Linea Storica Milano-Brescia in affiancamento all'Interconnessione Brescia Est;

Linea Storica Milano-Brescia in affiancamento all'AV (dalla Km 133+600).

Viceversa le infrastrutture, stradali e ferroviarie, le cui fasce di pertinenza interferiscono con quelle della linea ferroviaria oggetto di valutazione acustica e per le quali non si è ritenuto opportuno procedere alla simulazione modellistica, vengono considerate come potenziali sorgenti concorsuali di rumore, ed i limiti di riferimento applicati ai ricettori vengono modificati secondo quanto indicato nel DMA 29/11/2000. Il principio che ispira la ridefinizione dei limiti di riferimento per le singole infrastrutture nasce dalla necessità di evitare che un singolo ricettore, per effetto del contributo di più infrastrutture, sia sottoposto a livelli di immissione superiori a quelli previsti per la fascia di pertinenza con i limiti più elevati. Nel caso di concorsualità di due infrastrutture, definiti con  $L_1$  e  $L_2$  i limiti normativi previsti per ciascuna, questi limiti devono essere ridotti di una quantità  $\Delta Leq$  ottenuta in base alla seguente equazione:

$$10\log_{10}\left(10^{\frac{L_1-\Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2-\Delta Leq}{10}}\right) = \max(L_1, L_2)$$

Generalizzando, nel caso in cui le infrastrutture siano  $n$ , i rispettivi limiti devono essere ridotti di una quantità  $\Delta Leq$  ottenuta in base alla seguente equazione:

$$10\log_{10}\left(10^{\frac{L_1-\Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2-\Delta Leq}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n-\Delta Leq}{10}}\right) = \max(L_1, L_2, \dots, L_n)$$

Risolvendo l'equazione rispetto a  $\Delta Leq$ , si ottiene:

$$\Delta Leq = 10 \log \left( (10^{L_1/10} + \dots + 10^{L_n/10}) / 10^{\max(L_1, \dots, L_n)/10} \right)$$

Nella seguente si riportano i valori di  $\Delta Leq$  ottenuti in funzione del numero di sorgenti concorsuali.

N° SORGENTI CONCORSAU CON LIMITI 65/55 dBA	N° SORGENTI CONCORSAU CON LIMITI 70/60 dBA	$\Delta Leq$
2	0	-3.0
0	2	-3.0
1	1	-1.2
2	1	-2.1
1	2	-3.6
2	2	-4.2

*$\Delta Leq$  in funzione del numero di sorgenti concorsuali*

Per i ricettori "sensibili" ricadenti all'interno delle fasce di pertinenza dell'infrastruttura oggetto di studio (ospedali, case di cura, case di riposo, scuole) il  $\Delta Leq$  da applicare ai limiti definiti per tali tipologie dal DPR 459/98 (50 dBA diurni e 40 dBA notturni) viene valutato attraverso la relazione:

$$\Delta Leq_{SENSIBILI} = 10 \log N$$

dove N rappresenta il numero di sorgenti concorsuali.

Le infrastrutture concorsuali alle linee oggetto di studio sono riportate nella tabella seguente.

INFRASTRUTTURA CONCORSAUALE	Tipologia	CHILOMETRICHE DI INTERFERENZA
Racc. Autostrad. Ospitaletto-Montichiari	Strada esistente tipo A	Fino a 93+000
SP236	Strada esistente tipo C	94+250 ÷ 94+750
Linea Storica BS-Olmeneta	Ferrovia < 200 km/h	83+690 ÷ 84+190
Linea Storica BS-PARMA	Ferrovia < 200 km/h	86+432 ÷ 86+932
Linea Storica MILANO-VENEZIA	Ferrovia < 200 km/h	int BS-Est

#### 4.8.6 Descrizione del modello di calcolo

##### 4.8.6.1 Il modello SoundPLAN

Per la simulazione del rumore generato dalla futura linea ferroviaria è stato utilizzato il modello previsionale SoundPLAN versione 7.1.

SoundPLAN è un software multistandard che consente lo sviluppo di simulazioni acustiche ambientali con varie tipologie di sorgenti (traffico stradale, traffico ferroviario, rumore industriale) e impiegando diversi standard di calcolo conformi alle diverse normative di riferimento nazionali.

Tale modello si basa sul metodo di calcolo per "raggi". Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi. Ad ogni raggio che parte dal ricettore viene associata una porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio.

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto dalla parte intercettata. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricettore.

Questa metodologia di calcolo consente una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera realistica e dettagliata.

Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici. Il modello prevede, infatti, l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati.

#### 4.8.6.2 Modellizzazione del rumore ferroviario

Soundplan consente il calcolo degli impatti associati al rumore ferroviarie attraverso diversi standard secondo le principali linee guida europee il cui elenco è riportato nella tabella seguente.

Modello	Nazione
Shall 03	Germania
OAL 30	Austria
Nordic Train	Scandinavia
CoRwN	Regno Unito
JNGR	Giappone
SEMIBEL	Svizzera
RMR 2002	Paesi Bassi (EU)

Standard per il calcolo del rumore ferroviario implementati da SoundPLAN



Il metodo di calcolo ufficiale indicato dalla Direttiva 2002/49/CE del 25 giugno 2002, recepita in Italia con il Decreto Legislativo n. 194 del 19 agosto 2005, è il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in «Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996». L'applicazione di tale modello richiede una caratterizzazione delle sorgenti sonore che ancora non è stata realizzata per il parco circolante sulle ferrovie italiane. Per tale ragione nel presente studio è stato utilizzato lo standard Shall 03 Tedesco, di cui si illustrano nel seguito le caratteristiche implementate dal software.

#### 4.8.6.3 Simulazione dei livelli di emissione secondo il modello Shall 03

Il modello permette di calcolare, a partire dai dati di traffico, il livello di pressione sonora equivalente a 25 metri dal binario, nei vari periodi di riferimento (Day, Night, ed eventualmente Evening). Tale metodologia si basa su relazioni semiempiriche basate sul parco ferroviario tedesco coevo alla definizione dello standard (anni '90), nel presente studio, pertanto, si è ritenuto più opportuno tarare il modello a partire dai dati di emissione dei convogli specifici che transiteranno sulla futura linea.

#### 4.8.6.4 Simulazione della propagazione sonora secondo il modello Shall 03

La propagazione dei livelli sonori è valutata a partire dal  $L_{eq}$  alla distanza di riferimento di 25 m. La relazione matematica implementata dal modello è:

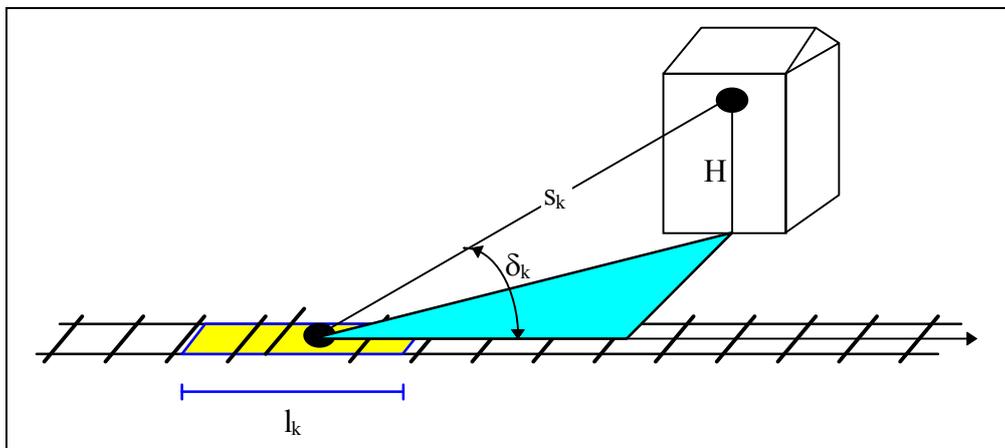
$$L_{r,k} = L_{m,E,k} + 19.2 + 10 \cdot \lg(I_k) + D_{r,k} + D_{s,k} + D_{L,k} + D_{BM,k} + D_{Korr,k} + S$$

In cui è:

**$L_{m,E,k}$** : Livello medio di emissione del tratto k-esimo

**$I_k$** : Lunghezza in metri del tratto k-esimo.

**$D_{r,k}$** : Differenza di livello dovuta alla direttività di emissione; essa si calcola in funzione dell'angolo  $\delta_k$  fra l'asse del binario (o la sua tangente nel centro del tratto k-esimo, in caso di curva) e la congiungente sorgente-ricevitore. La seguente figura illustra graficamente la costruzione geometrica necessaria a definire l'angolo  $\delta_k$ .



La differenza di livello dovuta alla direttività si calcola poi con la relazione:

$$D_{r,k} = 10 \cdot \lg \left[ 0.22 + 1.27 \cdot \sin^2(\delta_k) \right]$$

**D<sub>s,k</sub>:** Differenza di livello dovuta alla distanza sorgente-ricevitore,  $s_k$ ; si calcola con l'usuale relazione di divergenza sferica (sorgente puntiforme), nell'ipotesi di emissione su  $2\pi$  steradiani, cioè:

$$D_{s,k} = -10 \cdot \lg(2 \cdot \pi \cdot s_k^2)$$

**D<sub>L,k</sub>:** Differenza di livello dovuta all'assorbimento dell'aria, linearmente proporzionale alla distanza sorgente-ricevitore  $s_k$ , secondo la relazione:

$$D_{L,k} = -\frac{s_k}{200}$$

**D<sub>BM,k</sub>:** Differenza di livello dovuta allo smorzamento del suolo; essa dipende sia dalla distanza sorgente-ricevitore, sia dall'altezza media rispetto al suolo di tale congiungente ( $h_m$ ), secondo la relazione:

$$D_{BM,k} = \frac{h_m}{s_k} \cdot \left( 34 + \frac{600}{s_k} \right) - 4.8 \leq 0$$

in essa il segno di  $\leq 0$  indica che se il risultato è maggiore di zero, esso va comunque posto uguale a zero.

**D<sub>Korr,k</sub>:** Somma delle differenze di livello causate da varie influenze sul percorso di propagazione (barriere, ostacoli, vegetazione, etc.), calcolata sulla base della seguente formula:

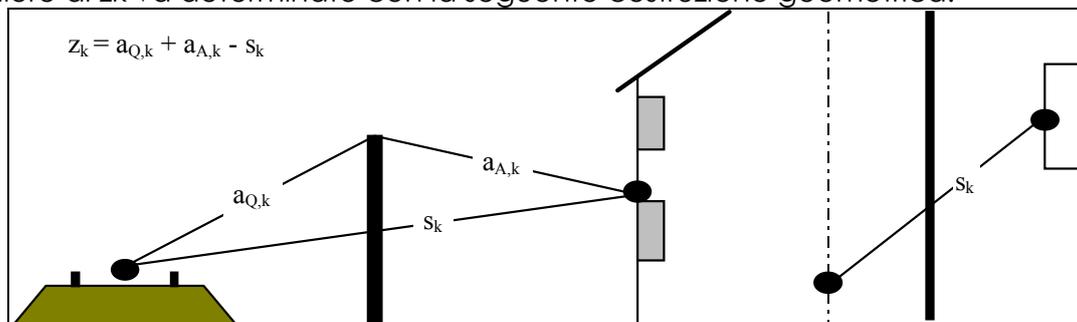
$$D_{Korr,k} = D_{e,k} + D_{B,k} + D_{G,k} + D_{R,1,k} + D_{R,2,k}$$

in cui:

**$D_{e,k}$ :** Variazione di livello prodotta da schermature; essa si calcola con una relazione che tiene conto della differenza di cammino diretto-diffratto,  $z_k$ , di un fattore correttivo  $K_{w,k}$  che tiene conto della divergenza geometrica e del termine correttivo per smorzamento del suolo  $DBM_{k,k}$  precedentemente illustrato. La relazione è la seguente:

$$D_{e,k} = -\left[10 \cdot \lg(3 + 60 \cdot z_k \cdot K_{w,k}) + D_{BM,k}\right] \leq 0$$

in cui il valore di  $z_k$  va determinato con la seguente costruzione geometrica:

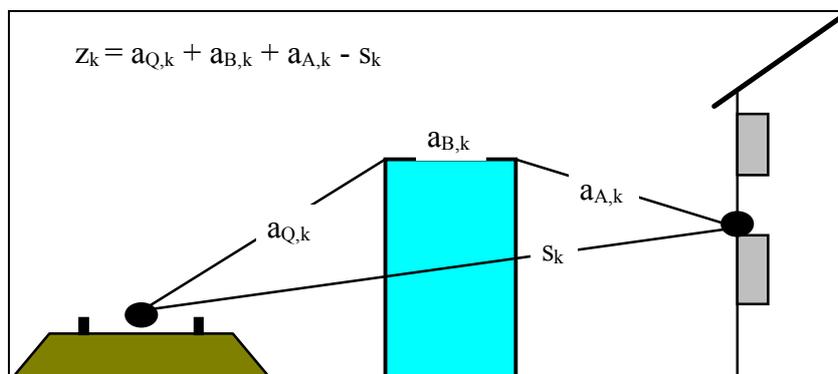


Il fattore correttivo  $K_{w,k}$  si calcola invece come:

$$K_{w,k} = e^{-\frac{1}{2000} \sqrt{\frac{a_{Q,k} \cdot a_{A,k} \cdot s_k}{2 \cdot z_k}}}$$

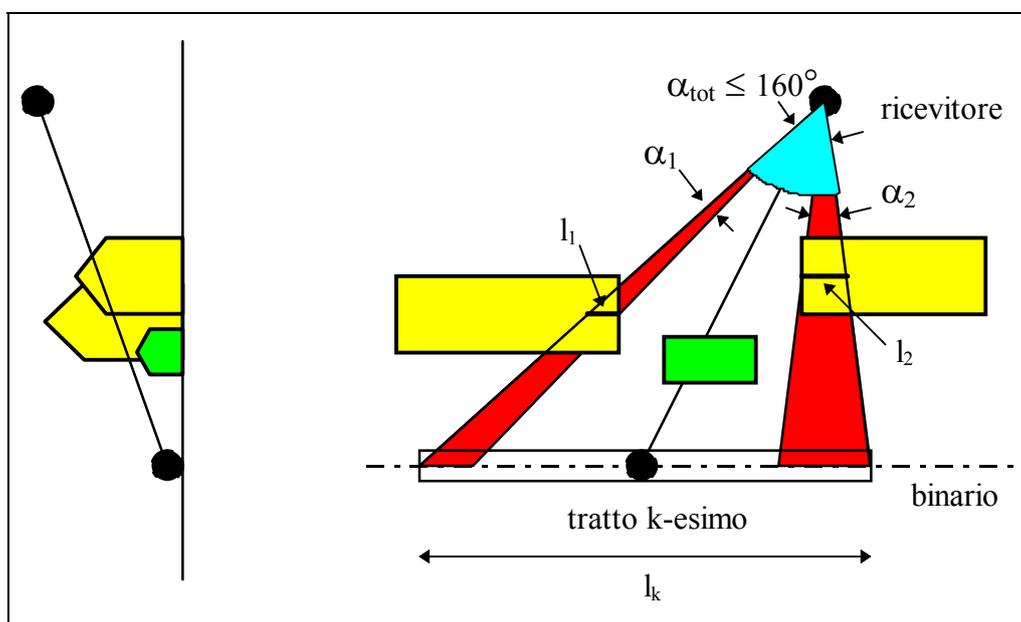
Si ha una certa attenuazione per schermatura anche nel caso in cui la linea di congiunzione diretta fra punto di emissione e punto di immissione non intersechi l'ostacolo, ma passi appena al di sopra dello stesso. In tali casi si calcola ugualmente il valore di  $z_k$ , ma con segno negativo. Se tale valore è maggiore di -0.033 si ha comunque una piccola riduzione di livello sonoro causata dalla schermatura.

Nel caso di ostacoli non sottili, il cammino diffratto viene calcolato come la lunghezza del percorso minimo in grado di superarlo, come mostrato dalla seguente figura:



**$D_{B,k}$** : Attenuazione prodotta da edifici isolati; nel caso che lungo la ferrovia sia presente una fila di edifici isolati, l'effetto schermante da essi prodotto viene calcolato mediante il termine  $D_{B,k}$  anziché  $D_{e,k}$ . Se poi è presente anche una schermatura, si utilizza solo uno dei due termini suddetti, in particolare quello che fornisce la maggiore attenuazione.

Il calcolo di  $D_{B,k}$  richiede anzitutto la definizione di una "schermatura equivalente", costituita da una ipotetica schermatura non interrotta, di altezza pari all'altezza media degli edifici, e collocata ad una distanza dalla ferrovia tale da essere circa nel mezzo degli edifici isolati. Per tale schermatura equivalente si opera il calcolo di  $D_{e,k}$ , come illustrato al punto precedente. Si debbono poi determinare i rapporti di visibilità lineare ed angolare, denominati rispettivamente  $p_{l,k}$  e  $p_{\alpha,k}$ , in base a questa costruzione geometrica:





In cui, per valutare tali rapporti, si applicano queste relazioni:

$$p_{l,k} = \frac{l_1 + l_2}{l_k} \quad p_{\alpha,k} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\alpha_{tot}}$$

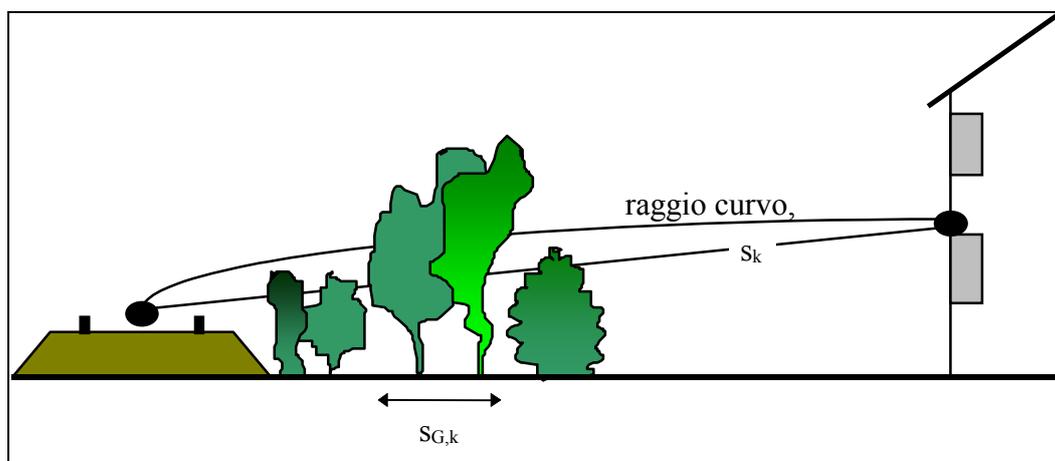
Occorre poi adottare il valore minimo di tali due rapporti, che viene indicato con  $p_{min}$ ; si calcola infine il termine relativo alla schermatura degli edifici isolati con la relazione:

$$D_{B,k} = 10 \cdot \lg \left[ 1 - p_{min} + 10^{0.1 \cdot D_{e,k}} \right] \leq 0$$

**$D_{G,k}$ :** Attenuazione causata da propagazione attraverso fitta boscaglia; nel caso una parte non trascurabile del tragitto sonoro avvenga in attraversamento di fitta boscaglia permanente (non a foglie caduche), si ammette una riduzione di livello sonoro proporzionale alla lunghezza  $s_{G,k}$  di tale parte di tragitto, secondo la relazione:

$$D_{G,k} = -0.05 \cdot s_{G,k} \geq -5$$

Va osservato che tale attenuazione non può essere superiore a 5 dB, e che la determinazione dell'effettiva lunghezza di attraversamento  $s_{G,k}$  va fatta tenendo in considerazione la curvatura sul piano verticale dei raggi sonori, con raggio di curvatura pari a 5 km, come mostrato dalla seguente figura:



**$D_{R,1,k}$ :** Riflessione su parete non assorbente; quando la ferrovia costeggia una parete verticale riflettente, o una fila serrata di edifici, sul lato prospiciente si verifica un



incremento medio di livello sonoro, quantificato mediante il termine  $D_{R,1,k}$ , pari a 2 dB(A).

**$D_{R,2,k}$ :** Riverberazione fra pareti contrapposte; nel caso la ferrovia si snodi fra muri di sostegno paralleli e riflettenti, oppure fra 2 file di case completamente serrate, i livelli sonori risultano ulteriormente aumentati (rispetto all'aumento causato da un singolo muro riflettente) di un termine  $D_{R,2,k}$ , il cui valore massimo è pari a 3.2 dB(A). Tale aumento, dovuto a fenomeni di riflessioni multiple fra gli edifici, dipende dalla distanza media fra le pareti contrapposte  $w$  e dall'altezza media delle stesse  $h$ , secondo la relazione:

$$D_{R,2,k} = 4 \cdot \frac{h}{w} \leq 3.2$$

**S:** Termine correttivo "legale", avente valore di -5 dB(A); esso tiene conto del minor effetto di disturbo causato dal rumore ferroviario rispetto ad altre fonti di rumorosità ambientale, come consentito dalle normative tedesche 16.BImSchV. Nell'implementazione del modello di calcolo nel caso oggetto di studio tale correzione non è stata considerata ponendo il parametro  $S$  uguale a 0.

#### 4.8.6.5 Parametri di calcolo utilizzati nell'implementazione del modello

Nel caso oggetto della presente relazione l'implementazione del modello Shall 03 è stata effettuata applicando i seguenti parametri:

- tipo di terreno:  $0.3 < G < 0.6$ ;
- incremento angolare = 1
- massima distanza percorsa dal raggio sonoro: 1000 m;
- temperatura: 15 °C;
- umidità relativa: 70%;
- numero di riflessioni: 3;
- profondità riflessione: 3;
- reflection loss: 1 dB.

Diversamente da quanto suggerito dallo standard tedesco, ed a maggior tutela dei ricettori, non è stato applicato il bonus di 5 dB per il rumore ferroviario.



#### 4.8.7 Il sistema ricettori e censimento

Al fine di disporre di tutte le informazioni necessarie per il dimensionamento del sistema di mitigazione, in particolare per ciò che concerne i ricettori per i quali garantire il rispetto dei limiti normativi, si è fatto riferimento al censimento di dettaglio relativo a tutti i ricettori presenti all'interno della fascia di 250 m per lato dalla mezzeria del binario esterno di tutte le linee oggetto di approfondimento. L'analisi, coerentemente a quanto prescritto dal DPR 459/98, è stata estesa ai 500 m in presenza di ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura, case di riposo).

Nel modello di simulazione sono stati immessi gli ingombri plano-altimetrici di tutti i fabbricati censiti al fine di prevedere i possibili ostacoli nella propagazione dei raggi sonori nel loro percorso dalla sorgente al ricevitore.

L'attività di campo di tale censimento sono state effettuate nel 2006, si è pertanto ritenuto opportuno effettuare gli aggiornamenti del caso limitatamente all'introduzione di nuovi ricettori individuati mediante il confronto con fotografie aeree di recente acquisizione (giugno 2014) e visite in campo mirate.

Le valutazioni acustiche non sono state effettuate in corrispondenza degli edifici che saranno abbattuti/espropriati nelle fasi di realizzazione dell'opera. Per l'individuazione di tali ricettori si è fatto riferimento alla documentazione progettuale (Parte P19 – Volume V02) relativa ai "PIANI PARTICELLARI DI ESPROPRIO ED ASSERVIMENTO".

#### 4.8.8 Valutazione dell'impatto acustico e definizione del sistema di mitigazioni

##### 4.8.8.1 *Modello geometrico tridimensionale*

La simulazione dei fenomeni di propagazione delle onde sonore ha richiesto la definizione di un modello tridimensionale dell'ambito di studio che contenesse le opere in progetto, la morfologia del terreno, i manufatti e gli edifici esistenti.

Il modello 3D è stato realizzato integrando i dati forniti dai progettisti:

- la cartografia vettoriale "3D" derivante dal rilievo aerofotogrammetrico, limitatamente alla fascia 500 m;
- altezze degli edifici stimata in base ai dati riportati nel censimento dei ricettori;
- la cartografia di progetto (planimetria, sezioni);

- le indagini e le fotografie raccolte sul campo.

Il traffico ferroviario è stato quindi schematizzato sui diversi binari di progetto, ed ogni binario è stato caratterizzato con i livelli di emissione valutati come indicato nel seguito.

Nella modellazione sono state inserite tutte le mitigazioni acustiche esistenti sulle infrastrutture stradali e ferroviarie prossime al tracciato in progetto, al fine di considerare i loro effetti sulle onde sonore associate alle sorgenti oggetto di valutazione sia come ostacoli alla propagazione sia come superfici riflettenti.

#### 4.8.8.2 Definizione delle emissioni acustiche della linea

##### Caratterizzazione della sorgente

Le caratteristiche emissive dei convogli in transito lungo le linee oggetto di studio acustico sono sintetizzate nella tabella seguente in cui per ogni tipologia si riporta il SEL di transito pesato (dBA) e non pesato, lo spettro di emissione e la velocità di riferimento a cui i SEL di transito sono stati valutati.

**EMISSIONI DEI CONVOGLI SU LINEA AV E IC BSW. CARATTERIZZAZIONE A 12 m DI DISTANZA DALL'ASSE DEL BINARIO E A 1.7 m DI ALTEZZA DA P.F.**

MATERIALE	V <sub>rif</sub> (km/h)	L <sub>rif</sub> (m)	SEL (dB)	SEL (dBA)	63 Hz (dB)	125 Hz (dB)	250 Hz (dB)	500 Hz (dB)	1000 Hz (dB)	2000 Hz (dB)	4000 Hz (dB)	8000 Hz (dB)
ETR500	100	354	96.4	96.5	85.3	80.5	80.3	86.7	91.7	92.7	82.4	71.8

**EMISSIONI DEI CONVOGLI SU LINEA STORICA. CARATTERIZZAZIONE A 12 m DI DISTANZA DALL'ASSE DEL BINARIO E A 1.7 m DI ALTEZZA DA P.F.**

MATERIALE	V <sub>rif</sub> (km/h)	L <sub>rif</sub> (m)	SEL (dB)	SEL (dBA)	63 Hz (dB)	125 Hz (dB)	250 Hz (dB)	500 Hz (dB)	1000 Hz (dB)	2000 Hz (dB)	4000 Hz (dB)	8000 Hz (dB)
ETR500	100	354	96.4	96.5	85.3	80.5	80.3	86.7	91.7	92.7	82.4	71.8

**EMISSIONI DEI CONVOGLI SU LINEA STORICA. CARATTERIZZAZIONE A 25 m DI DISTANZA DALL'ASSE DEL BINARIO E A 3.5 m DI ALTEZZA DA P.F.**

MATERIALE	V <sub>rif</sub> (km/h)	L <sub>rif</sub> (m)	SEL (dB)	SEL (dBA)	63 Hz (dB)	125 Hz (dB)	250 Hz (dB)	500 Hz (dB)	1000 Hz (dB)	2000 Hz (dB)	4000 Hz (dB)	8000 Hz (dB)
IC	100	400	94.2	94.9	61.3	65.6	76.5	80.7	87.4	92.4	86.2	76.1
SFR	100	250	92.2	92.3	61.5	67.7	79.0	83.5	86.8	87.9	83.8	75.7
MERCI	100	650	102.6	102.5	68.2	78.2	88.3	96.5	98.5	97.6	93.6	84.0

*Caratteristiche emissive*

I livelli di emissioni sonora alla velocità effettiva di transito sono stati calcolati, a partire dalle emissioni alle velocità di riferimento, attraverso l'impiego della seguente relazione:

$$L(V_{tr}) = L(V_{rif}) + 20 \text{ Log } (V_{tr}/V_{rif}).$$

I valori derivano dalle numerose campagne di monitoraggio svolte lungo linee analoghe lente e/o ad alta velocità.

Programma di esercizio della linea

Noto il modello di esercizio, le velocità di transito e le caratteristiche emissive dei convogli è possibile, per ogni tratto ferroviario calcolare i livelli di emissione da fornire al modello per il calcolo degli impatti sul sistema ricettore. Le emissioni, riportate nella tabella seguente, rappresentano i livelli di pressione sonora, diurni e notturni, determinati dalla linea ad una distanza dall'asse binario di 25 m e ad un'altezza sul piano del ferro di 3.5 m.

	N <sub>6-22</sub>	N <sub>22-6</sub>	Vel <sub>6-22</sub> (Km/h)	Vel <sub>22-6</sub> (Km/h)	SEL(A) <sub>25 m 6-22</sub> dBA	SEL(A) <sub>25 m 22-6</sub> dBA
<b>AV [68+315 ÷ 93+700]</b>						
ES	29	3	300.0	300.0	117.5	107.6
IC	0	4	200.0	160.0	0.0	102.5
SFR	0	0	160.0	160.0	0.0	0.0
MERCI	39	78	120.0	120.0	117.5	120.5
TOTALE	68	85			<b>120.5</b>	<b>120.8</b>
<b>AV [93+700 ÷ 100+500]</b>						
ES	29	3	250.0	250.0	115.9	106.0
IC	0	4	200.0	160.0	0.0	102.5
SFR	0	0	160.0	160.0	0.0	0.0
MERCI	39	78	120.0	120.0	117.5	120.5
TOTALE	68	85			<b>119.8</b>	<b>120.7</b>
<b>AV [100+500 ÷ 133+600]</b>						
ES	58	6	300.0	300.0	120.5	110.6
IC	1	13	200.0	160.0	98.4	107.6
SFR	0	0	160.0	160.0	0.0	0.0
MERCI	40	82	120.0	120.0	117.6	120.7
TOTALE	99	101			<b>122.3</b>	<b>121.3</b>
<b>Interconnessione Brescia E</b>						
ES	29	3	160.0	160.0	112.0	102.2
IC	1	9	160.0	160.0	96.5	106.1
SFR	0	0	160.0	160.0	0.0	0.0
MERCI	2	3	120.0	120.0	104.6	106.4
TOTALE	32	15			<b>112.8</b>	<b>110.0</b>
<b>LINEA STORICA</b>						
ES	0	0			0.0	0.0
IC	5	1	150.0	150.0	105.4	98.4
SFR	68	8	150.0	150.0	114.1	104.9
MERCI	18	38	120.0	120.0	116.6	119.9
TOTALE	91	47			<b>118.8</b>	<b>120.0</b>

Programma di esercizio e emissioni della linea

### Risultati delle simulazioni acustiche

I risultati delle valutazioni consentono di individuare, in corrispondenza di tutti i ricettori oggetto di verifica, i livelli di esposizione al rumore determinato dalle linee ferroviarie studiate relativamente al periodo diurno e al periodo notturno espressi in termini di livello equivalente di pressione sonora pesato A. Per ogni edificio le valutazioni sono svolte a tutti i piani ed in corrispondenza di tutti i fronti al fine di considerare le situazioni di esposizione maggiormente gravose.



#### 4.8.9 Tipologie degli interventi di mitigazione

Gli interventi di mitigazione previsti per i ricettori compresi all'interno dell'ambito spaziale di interazione acustica della linea AV/AC si compongono di interventi "passivi" indiretti localizzati sulla infrastruttura ferroviaria, rappresentati da barriere antirumore e di interventi "passivi" diretti applicati agli edifici al fine di migliorare l'isolamento acustico.

##### 4.8.9.1 Barriere antirumore

I tipologici delle barriere acustiche utilizzate nel presente progetto sono riportate negli elaborati allegati (allegato 9).

##### 4.8.9.2 Interventi sugli edifici

Al fine di stabilire una corrispondenza tra il sistema ambientale in cui sono previsti tali interventi di protezione passiva e le diverse soluzioni tecnologiche attualmente disponibili sul mercato, si è ritenuto conveniente operare una classificazione dei serramenti esterni.

Con riferimento alla Norma UNI 8204 si sono stabilite tre classi R1, R2 e R3 per classificare i serramenti esterni a seconda del diverso grado di isolamento acustico  $R_w$  da questi offerto.

La classe R1 include le soluzioni in grado di garantire un  $R_w$  compreso tra 20 e 27 dB(A); la classe R2 le soluzioni che garantiscono un  $R_w$  compreso tra 27 e 35 dB(A); la classe R3 tutte quelle soluzioni che offrono un  $R_w$  superiore a 35 dB(A). I serramenti esterni che offrono un potere fonoisolante minore di 20 dB(A) non sono presi in considerazione.

In sede di progettazione degli interventi sono state considerate prestazioni acustiche pari a 25 dBA per la Classe R1, 30 dBA per la Classe R2 e 35 dBA per la Classe R3: questi valori devono essere intesi come valori minimi di fonoisolamento che verranno richiesti ai fornitori degli infissi.

I serramenti esterni che offrono un potere fonoisolante minore di 20 dB(A) non sono presi in considerazione.

Nella tabella seguente sono riportate per ciascuna di queste classi alcune delle soluzioni tecniche possibili in grado di garantire un fonoisolamento rientrante nell'intervallo caratteristico della classe.

Tabella 4.8.8.2.1/1- Classificazione UNI 8204 dei serramenti in base alle prestazioni acustiche

CLASSE R1 $20 \leq R_w \leq 27$ dB(A)	CLASSE R2 $27 \leq R_w \leq 35$ dB(A)	CLASSE R3 $R_w > 35$ dB(A)
<p>Vetro semplice con lastra di medio spessore (4÷6 mm) e guarnizioni addizionali.</p> <p>Doppio vetro con lastre di limitato spessore (3 mm) e distanza tra queste di almeno 40 mm.</p>	<p>Vetro semplice con lastra di elevato spessore (8÷10 mm) e guarnizioni addizionali.</p> <p>Vetro stratificato antirumore con lastra di medio/elevato spessore (6÷8 mm) e guarnizioni addizionali.</p> <p>Doppio vetro con lastre di medio spessore (4÷6 mm), guarnizioni addizionali e distanza tra queste di almeno 40 mm.</p> <p>Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) senza guarnizioni addizionali.</p>	<p>Vetro stratificato antirumore di elevato spessore (10÷12 mm) e guarnizioni addizionali.</p> <p>Vetro camera con lastre di medio spessore (4÷6 mm), camera d'aria con gas fonoisolante e guarnizioni addizionali.</p> <p>Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) e distanza tra le lastre di almeno 100 mm.</p>
<p>Gli interventi di sostituzione o di adeguamento funzionale dei telai fissi e mobili dei serramenti sono integrativi rispetto a R1, R2 o R3 e devono essere verificati localmente sul singolo edificio.</p>		

Per ciascuna classe si è ritenuto opportuno offrire almeno due soluzioni tipo al fine di porre il decisore, in presenza di vincoli di natura tecnica, economica e sociale, nella condizione di scegliere tra più alternative.

Nel progetto in esame partendo dalla classificazione UNI e tenuto conto delle esigenze di abbattimento acustico e degli infissi attualmente installati sulle abitazioni esistenti che necessitano di intervento si sono elaborati i seguenti interventi:

- classe R1 → Doppio vetro con lastre di spessore 3 mm e distanza tra queste di almeno 8 mm
- classe R2 → Doppio vetro con lastre di spessore 4 mm e distanza tra queste di almeno 12 mm.
- classe R3 → Doppio vetro con lastre di spessore 6 mm, vetro esterno stratificato.

## 4.8.10 Sintesi dei risultati della progettazione

### 4.8.10.1 Interventi di mitigazione indiretti

La codifica degli interventi di mitigazione è sviluppata secondo la seguente logica:

BA-XX-YYY-ZZ

XX è un numero identificativo della TIPOLOGIA di intervento:

- 30 per BARRIERA ANTIRUMORE FONOASSORBENTE

- 40 per INTERVENTO DIRETTO

YYY è il N° PROGRESSIVO dell'intervento che viene azzerato per ogni infrastruttura oggetto di intervento e per le due tipologie (barriere e interventi diretti).

ZZ è una codifica relativa alla LOCALIZZAZIONE dell'intervento dove AV sta per Linea AV/AC MI-VR.

Codice Barriera	Comune	Pk iniziale [Km]	Pk Finale [Km]	Lato linea	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Superficie [mq]	Tipologia tracciato	Tipologia fondazioni
BA-30-012-AV	Montirone	86+139	86+549	Pari	410	4.5	1846	Viadotto	Ancoraggio
BA-30-013-AV	Montirone	86+549	87+016	Dispari	468	4.5	2104	Viadotto	Ancoraggio
BA-30-014-AV	Montirone	87+016	87+124	Dispari	107	6.0	645	Rilevato	Pali
BA-30-015-AV	Montirone	86+729	87+016	Pari	288	4.5	1294	Viadotto	Ancoraggio
BA-30-016-AV	Montirone	87+015	87+180	Pari	165	6.0	990	Rilevato	Pali
BA-30-017-AV	Montirone - Ghedi - Castenedolo	87+184	88+259	Dispari	1074	6.0	6443	Rilevato	Pali
BA-30-018-AV	Ghedi - Castenedolo	87+880	88+561	Pari	681	6.0	4087	Rilevato	Pali
BA-30-019-AV	Castenedolo	89+169	89+717	Pari	548	6.0	3289	Rilevato	Pali
BA-30-020-AV	Castenedolo	89+790	90+189	Pari	454	6.0	2722	Rilevato	Pali
BA-30-021-AV	Castenedolo	91+034	91+644	Dispari	610	6.0	3660	Rilevato	Pali
BA-30-022-AV	Castenedolo	92+864	93+389	Dispari	524	6.0	3142	Rilevato	Pali
BA-30-023-AV	Castenedolo	93+260	93+684	Pari	425	4.0	1700	Rilevato	Pali
BA-30-024-AV	Calcinato	98+013	98+242	Pari	228	6.0	1369	Muro	Ancoraggio
BA-30-025-AV	Calcinato	98+409	98+856	Pari	446	6.0	2675	Muro	Ancoraggio
BA-30-026-AV	Calcinato	99+876	100+562	Pari	686	6.0	4116	Rilevato	Pali
BA-30-027-AV	Calcinato	100+561	100+947	Pari	385	4.5	1734	Viadotto	Ancoraggio
BA-30-028-AV	Calcinato	100+947	101+423	Pari	476	6.0	2858	Muro	Ancoraggio

Codice Barriera	Comune	Pk iniziale [Km]	Pk Finale [Km]	Lato linea	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Superficie [mq]	Tipologia tracciato	Tipologia fondazioni
BA-30-029-AV	Calcinato	100+201	100+561	Dispari	360	6.0	2161	Rilevato	Pali
BA-30-030-AV	Calcinato	100+561	100+947	Dispari	385	4.5	1733	Viadotto	Ancoraggio
BA-30-031-AV	Calcinato	100+947	101+606	Dispari	658	6.0	3950	Rilevato	Pali
BA-30-032-AV	Calcinato	101+607	101+752	Dispari	145	6.0	870	Muro	Ancoraggio
BA-30-033-AV	Calcinato	102+213	103+106	Dispari	894	6.0	5364	Rilevato	Pali
BA-30-034-AV	Calcinato	102+211	102+696	Pari	485	6.0	2910	Muro	Ancoraggio
BA-30-035-AV	Calcinato	102+882	103+059	Pari	176	6.0	1058	Muro	Ancoraggio
BA-30-036-AV	Lonato - Calcinato	103+059	103+862	Pari	802	6.0	4815	Rilevato	Pali
BA-30-037-AV	Lonato - Calcinato	103+717	103+942	Dispari	225	6.0	1351	Rilevato	Pali
BA-30-038-AV	Lonato	104+202	104+293	Pari	90	6.0	542	Rilevato	Pali

#### Eleco degli interventi indiretti

Qualora l'inserimento della barriera non fosse sufficiente a garantire il rispetto dei limiti normativi o in presenza di ricettori isolati si è previsto un intervento diretto sul ricettore

#### 4.8.10.2 Interventi di mitigazione diretti

La superficie totale di infissi da sostituire è stata valutata considerando, per ogni ricettore, il numero di infissi presenti sul fronte esposto se l'edificio è posizionato parallelo alla linea ferroviaria o di due fronti se l'edificio è posizionato obliquo rispetto alla linea.

Il calcolo utilizzato per la stima delle superfici degli infissi si basa sulle dimensioni di una porta finestra delle dimensioni di 1,10 m x 2,30 m = 2,53 m<sup>2</sup> e di una finestra di dimensioni 1,20 m x 1,30 m = 1,56 m<sup>2</sup>.

Si è stimato poi che il 20% degli infissi siano costituiti da porte finestre e l' 80% da finestre ottenendo una superficie media per infisso di data da

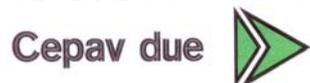
$$2,53 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} + 1,56 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$$

$$0,51 \text{ m}^2 + 1,25 \text{ m}^2 = 1,76 \text{ m}^2$$

pari a 1,76 m<sup>2</sup> per ogni infisso. La superficie media così ottenuta è stata poi moltiplicata per il numero di infissi da sostituire.

Codice Intervento	Codice Ricettore	Comune	Progressiva Km	Lato linea	Tipologia intervento	Superficie m <sup>2</sup>
BA 40 023 AV	L087-S-04	Ghedi	88+022	Pari	R1	7,0
BA 40 024 AV	L089-S-07	Castenedolo	89+655	Pari	R1	10,6
BA 40 025 AV	L090-N-01	Castenedolo	90+464	Dispari	R1	22,9
BA 40 026 AV	L091-S-01	Ghedi	91+098	Pari	R1	8,8

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05Lotto  
00Codifica Documento  
DE2RGSAA0000001Rev.  
1Foglio  
361

Codice Intervento	Codice Ricettore	Comune	Progressiva Km	Lato linea	Tipologia intervento	Superficie m <sup>2</sup>
BA 40 027 AV	L091-N-01	Castenedolo	91+265	Dispari	R1	7,0
BA 40 028 AV	L091-N-08	Castenedolo	91+557	Dispari	R1	21,1
BA 40 029 AV	L093-S-01	Castenedolo	93+423	Pari	R1	24,6
BA 40 030 AV	L094-S-01	Montichiari	94+539	Pari	R1	19,4
BA 40 031 AV	L094-N-02	Montichiari	94+732	Dispari	R2	5,3
BA 40 032 AV	L096-N-01	Calcinato	96+767	Dispari	R2	17,6
BA 40 033 AV	L096-N-01	Calcinato	96+773	Dispari	R2	17,6
BA 40 034 AV	L097-S-02	Calcinato	97+367	Pari	R2	14,1
BA 40 035 AV	L097-N-01	Calcinato	97+545	Dispari	R1	14,1
BA 40 036 AV	L097-N-03	Calcinato	97+954	Dispari	R1	14,1
BA 40 037 AV	L098-S-01	Calcinato	98+192	Pari	R1	22,9
BA 40 038 AV	L098-S-02	Calcinato	98+454	Pari	R1	5,3
BA 40 039 AV	C001-S-03	Calcinato	99+281	Pari	R1	10,6
BA 40 040 AV	L099-S-02	Calcinato	99+954	Pari	R1	0,0
BA 40 041 AV	L100-N-08	Calcinato	100+310	Dispari	R1	10,6
BA 40 042 AV	L100-N-07	Calcinato	100+470	Dispari	R1	24,6
BA 40 043 AV	L100-N-06	Calcinato	100+500	Dispari	R1	10,6
BA 40 044 AV	L100-N-04	Calcinato	100+512	Dispari	R1	14,1
BA 40 045 AV	L100-N-05	Calcinato	100+518	Dispari	R1	12,3
BA 40 046 AV	L100-N-03	Calcinato	100+537	Dispari	R1	17,6
BA 40 047 AV	L100-N-13	Calcinato	100+601	Dispari	R1	7,0
BA 40 048 AV	L101-N-11	Calcinato	101+026	Dispari	R1	14,1

Eleco degli interventi indiretti

#### 4.8.11 Fase di costruzione

Per quanto attiene il fattore rumore, i potenziali impatti durante la fase di costruzione sono analizzati considerando le emissioni generate:

- dalle attività costruttive sui fronti di avanzamento per la realizzazione della linea ferroviaria,
- dalle attività condotte presso i cantieri, precedentemente esposte.

Le simulazioni in questa fase sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo Raynoise 3.0.

##### Fronte avanzamento lavori

Le attività relative al fronte di avanzamento lavori sono tutte quelle attività che riguardano direttamente la realizzazione dell'opera e che quindi si svolgono lungo la linea ferroviaria. Queste attività presentano la caratteristica di essere mobili, ossia si spostano con continuità lungo la linea ferroviaria, man mano che questa viene realizzata.

I ricettori presenti lungo il tracciato sono interessati dalle emissioni acustiche di queste attività solamente per un periodo di tempo limitato, la cui entità è funzione della tipologia costruttiva prospiciente il ricettore. Questa caratteristica determina una situazione di temporaneità degli impatti acustici ad esse ascrivibili. L'analisi acustica delle attività relative al fronte di avanzamento è stata quindi condotta prendendo in esame separatamente le tipologie costruttive dell'opera e precisamente:

- attività relative alla tipologia rilevato;
- attività relative alla tipologia viadotto;
- attività relative alla tipologia galleria artificiale.

Per tutte le tipologie costruttive, occorre inoltre considerare le attività richieste per l'esecuzione della sovrastruttura e l'attività relativa al trasporto dei materiali necessari per l'espletamento dei lavori sopra citati.



La definizione delle sorgenti di rumore comporta la determinazione e caratterizzazione delle sorgenti di rumore significative, funzionanti in corrispondenza del fronte di avanzamento lavori. Per ciascuna sorgente (tipologia costruttiva, fase di lavoro, macchinario, ecc.) viene quindi definito il livello di emissione e la durata/articolazione nel tempo. Si procede quindi al calcolo delle mappe isolivello nell'area di calcolo (fino a 500 m per lato dalla linea in costruzione). Le fasi suddette sono state ripetute per le diverse tipologie di costruzione della linea (rilevato, viadotto e due tipi di galleria artificiale).

#### 4.8.11.1 Costruzione del rilevato

Per quanto riguarda la determinazione delle isofoniche di emissione si deve precisare che tale attività ha richiesto una preventiva schematizzazione delle attività relative al fronte di avanzamento. Sono state adottate le ipotesi di seguito descritte.

1. Zona di lavoro/sorgenti di rumore - Per quanto riguarda il rilevato, la posizione dei macchinari varia in modo casuale durante la giornata lavorativa e quindi non è possibile determinare in modo esatto le singole traiettorie. Data la ristrettezza della zona in cui operano le singole macchine è stato ipotizzato che la posizione in corrispondenza della quale si ha la maggiore probabilità di trovare una macchina operatrice è quella relativa all'asse della linea ferroviaria.
2. Trasporto inerti fronte di avanzamento - Oltre alle emissioni relative ai macchinari occorre considerare anche le emissioni relative al trasporto degli inerti al fronte di avanzamento lavori. Questa attività si svolge essenzialmente lungo le piste di cantiere che sono disposte parallelamente all'asse della linea ferroviaria. La notevole vicinanza tra le piste di cantiere e l'asse della linea ferroviaria ha permesso di localizzare in corrispondenza di quest'ultima anche le emissioni acustiche relative all'attività in oggetto.
3. Area di calcolo - Si è considerata una fascia di calcolo estesa per 500 m su ciascun lato della linea in costruzione.
4. Zona sorgente di rumore - In corrispondenza del fronte di avanzamento del rilevato si svolgono diverse attività che possono essere considerate suddivise nelle seguenti fasi temporali: - sbancamento; - stesa strati; - compattazione.



5. Prendendo come riferimento la sequenza temporale di esecuzione precedentemente presentata a proposito del "rilevato", l'analisi del fronte di avanzamento per questa tipologia è stata basata su di un tratto di linea di lunghezza pari 600 m, che rappresenta il tratto di linea standard. Sulla base di queste ipotesi, la zona sorgente di rumore è stata assunta cautelativamente pari ad un tratto di linea ferroviaria in costruzione di 600 m. Questo tratto può essere considerato composto da tre segmenti, ciascuno dei quali relativo ad una delle fasi di esecuzione previste. E' stato quindi ipotizzato di localizzare in corrispondenza del baricentro di ciascun segmento le sorgenti di rumore relative. A scopo esemplificativo nella figura seguente è stato riportato lo schema della localizzazione
6. Isofoniche di emissione – La determinazione delle emissioni sonore delle attività relative al fronte di avanzamento è stata effettuata per mezzo di curve isofoniche. Le curve isofoniche sono state ottenute per mezzo del modello di calcolo descritto nel paragrafo precedente. Dette curve sono state calcolate prendendo come riferimento una situazione standard, caratterizzata dalla presenza contemporanea dei macchinari indicati nella tabella.

Figura 4.8.12.1/1 Schematizzazione zona sorgente di rumore





Figura 4.8.12.1/2 Schema di costruzione tipologia rilevato

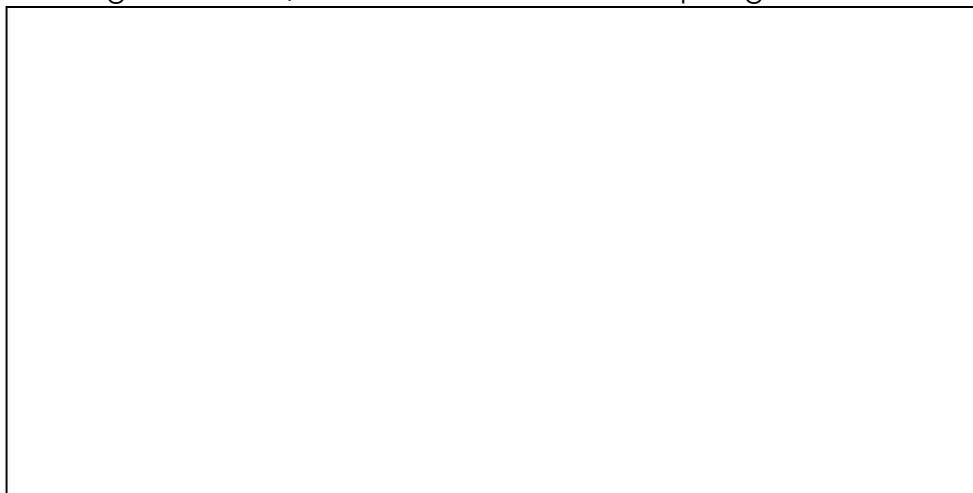
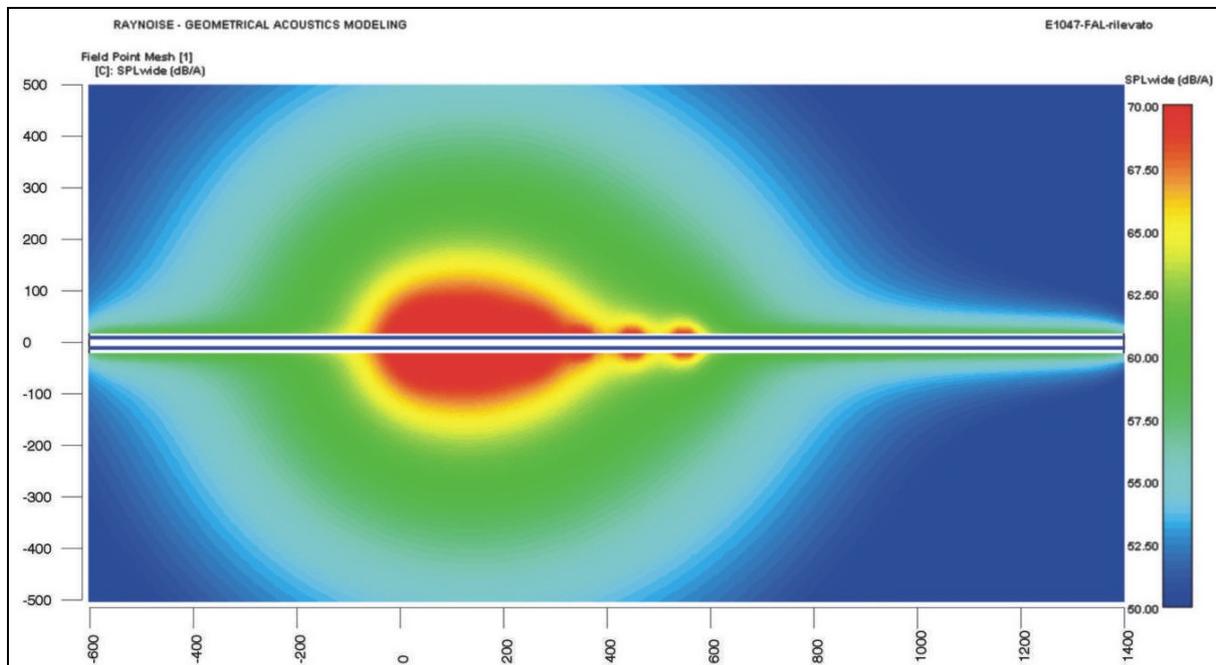


Tabella 4.8.12.1/1 Macchinari considerati per la tipologia rilevato

Mezzi	Lw (dBA)	Numero	Tempo di funzionamento (ore/giorno)
Apripista	116.0	2	6
Pale meccaniche	116.0	2	6
Motolivellatrici	113.0	2	6
Rulli	108.0	3	6

Oltre alle emissioni acustiche prodotte dalle macchine operatrici sono state anche considerate quelle relative al trasporto degli inerti. Queste ultime sono state valutate considerando la traiettoria dei camion che trasportano il materiale coincidente con l'asse della linea ferroviaria, e statisticamente provenienti sia dal lato di avanzamento, sia da quello opposto del cantiere. Questa considerazione ha permesso di sommare le emissioni acustiche relative al trasporto dei materiali con quelle relative alle altre macchine operatrici. Questo punto comprende tutte le attività relative al trasporto dei materiali al fronte di avanzamento lavori. E' stato ipotizzato che tutte le attività di trasporto al fronte di avanzamento lavori siano svolte utilizzando prevalentemente le piste di cantiere. Per l'approvvigionamento del fronte di avanzamento lavori del rilevato sono previsti circa 60 camion/giorno (120 transiti). Sulla base delle assunzioni sopra descritte, sono state determinate le curve delle isofoniche per la tipologia rilevato che sono state riportate nella figura seguente.

Figura 4.8.12.1/3 Curve di isolivello - Fronte di avanzamento tipologia rilevato



Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"  
Tempo di riferimento: Diurno

<b>Fronte avanzamento lavori - RILEVATO (valori espressi in dB(A))</b>											
500m	49.1	51.1	53.1	54.4	54.7	53.9	52.3	50.4	48.6	46.8	45.2
400m	49.9	52.2	54.5	56.4	56.8	55.6	53.6	51.4	49.3	47.5	45.7
300m	50.5	53.2	56.1	58.8	59.3	57.5	54.9	52.3	50.1	48.2	46.3
200m	51.2	54.1	57.7	61.8	62.6	59.7	56.5	53.3	51.0	49.2	47.2
100m	52.2	55.3	59.2	66.2	67.4	62.5	58.8	54.7	52.6	51.3	49.0
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100m	52.2	55.3	59.2	66.2	67.4	62.5	58.8	54.7	52.6	51.3	49.0
-200m	51.2	54.1	57.7	61.8	62.6	59.7	56.5	53.3	51.0	49.2	47.2
-300m	50.5	53.2	56.1	58.8	59.3	57.5	54.9	52.3	50.1	48.2	46.3
-400m	49.9	52.2	54.5	56.4	56.8	55.6	53.6	51.4	49.3	47.5	45.7
-500m	49.1	51.1	53.1	54.4	54.7	53.9	52.3	50.4	48.6	46.8	45.2
	-600m	-400m	-200m	0	200m	400m	600m	800m	1000m	1200m	1400m



#### 4.8.11.2 Costruzione del viadotto

a) Zona sorgente di rumore Le produttività medie assunte per le varie lunghezze di viadotto completo variano tra 40 e 80 m/mese. In questo studio è stata assunta una produttività media di 60 m/mese di viadotto finito, comprendendo in questa la realizzazione di opere di fondazione, pile e pulvini, impalcati. Ogni viadotto previsto lungo la tratta è caratterizzato da un tempo di esecuzione e da una modalità di costruzione particolari.

Le attività di costruzione del viadotto, infatti, non sono contemporaneamente presenti per tutto il tempo di esecuzione ma, bensì, si susseguono secondo una determinata sequenza operativa, schematizzabile secondo le seguenti fasi temporali:

- realizzazione dei pali;
- getto delle fondazioni;
- posa in opera delle armature pile;
- getto delle pile e dei pulvini;
- varo dei cassoni.

Ipotizzando che il varo dei cassoni venga effettuato dopo la realizzazione delle pile, la costruzione di un viadotto può essere considerata composta da due fasi:

- realizzazione pali, pile e pulvini;
- varo dei cassoni.

Lo studio è stato basato sulla fase temporale che comporta le emissioni acustiche più elevate, ovvero quella relativa alla realizzazione dei pali, delle pile e dei pulvini.

Le curve isofoniche sono state quindi realizzate per questa fase temporale, prendendo in considerazione un tratto di viadotto avente lunghezza di 600 m.

b) Isofoniche di emissione - Per il primo periodo di tempo l'unica attività presente è quella relativa alla realizzazione dei pali. Successivamente verranno predisposte le armature delle fondazioni e delle pile e quindi si provvederà al getto del calcestruzzo. Vista la produttività prevista per le singole fasi, si è ipotizzato che, eseguiti i pali relativamente ad una lunghezza di viadotto pari a 300 m, si inizierà il getto delle pile e dei pulvini. Nel frattempo saranno realizzati pali per altri 300 m di viadotto e così via sino al termine del viadotto. A questo punto prenderà il via la fase finale relativa al varo dei cassoni.



La fase relativa alla realizzazione dei pali è stata schematizzata prevedendo contemporaneamente in funzione una trivella ed un escavatore in testa al tratto da realizzare. A seguire, ad una distanza di 150 m, sono state previste un'altra trivella ed un altro escavatore. Quindi, come rappresentative dell'attività relativa al getto delle pile, sono previste due autobetoniere distanziate tra di loro di 150 m. I livelli di emissione adottati sono quelli riportati in tabella.

Figura 4.8.12.2/1 Schema di costruzione del viadotto

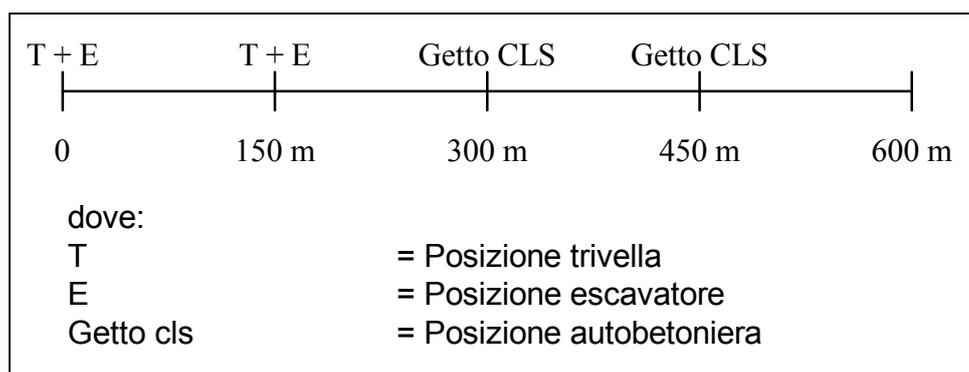


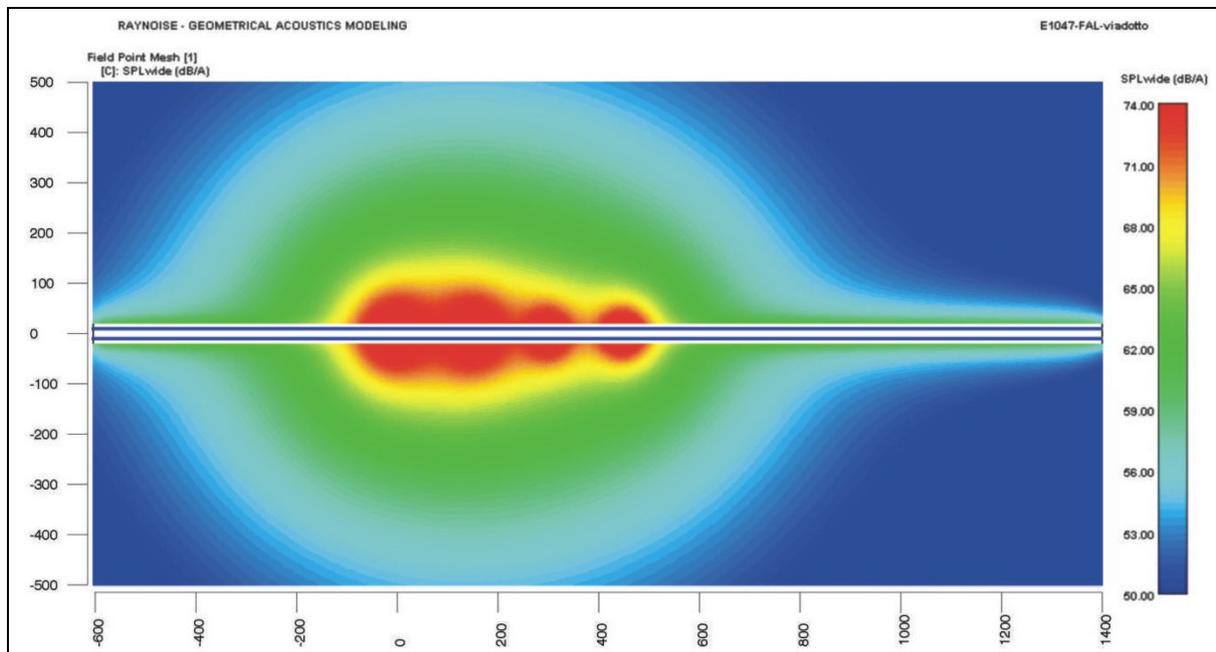
Tabella 4.8.12.2/1 Caratterizzazione acustica dei mezzi per la costruzione del viadotto

Mezzi	Numero	Lw (dBA)	Tempo medio di funzionamento (ore/giorno)
Trivella	2	117.0	4
Escavatore	2	113.6	6
Betoniere e pompe cls	2	113.0	8

Le isofoniche di emissione per la tipologia viadotto, calcolate sulla base dei dati di emissione suddetti, sono riportate nella figura seguente.

Figura 4.8.12.2/2

Curve di isolivello - fronte di avanzamento tipologia viadotto



Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"

Tempo di riferimento: Diurno

<i>Fronte avanzamento lavori - VIADOTTO (valori espressi in dB(A))</i>											
500m	48.6	50.6	52.4	53.7	53.9	53.2	51.7	49.9	48.1	46.4	46.4
400m	49.3	51.7	54.0	55.6	55.9	54.9	53.1	50.9	48.9	47.0	45.3
300m	50.1	52.7	55.7	58.0	58.2	56.9	54.6	52.0	49.7	47.8	45.9
200m	50.8	53.8	57.5	61.1	61.3	59.5	56.4	53.1	50.7	48.9	46.9
100m	51.9	55.1	59.4	66.1	65.7	63.2	58.5	54.5	52.4	51.1	48.8
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100m	51.9	55.1	59.4	66.1	65.7	63.2	58.5	54.5	52.4	51.1	48.8
-200m	50.8	53.8	57.5	61.1	61.3	59.5	56.4	53.1	50.7	48.9	46.9
-300m	50.1	52.7	55.7	58.0	58.2	56.9	54.6	52.0	49.7	47.8	45.9
-400m	49.3	51.7	54.0	55.6	55.9	54.9	53.1	50.9	48.9	47.0	45.3
-500m	48.6	50.6	52.4	53.7	53.9	53.2	51.7	49.9	48.1	46.4	46.4
	-600m	-400m	-200m	0	200m	400m	600m	800m	1000m	1200m	1400m



#### 4.8.11.3 Costruzione galleria artificiale

Il metodo costruttivo previsto può essere considerato composto da una serie di attività che si susseguono a breve distanza (50 m) l'una dall'altra.

Le attività principali previste sono:

- realizzazione dei pali;
- getto arco rovescio;
- getto piedritti;
- getto copertura;
- ripristino dei luoghi.

E' stato ipotizzato che queste attività si susseguono ad una distanza di 50 m per cui, ad un certo momento della esecuzione, il tratto di galleria artificiale in costruzione è lungo complessivamente 250 m. Ad ogni tratto interessato dalle attività riportate in figura è stato quindi associato un livello di emissione in funzione dell'attività di competenza. I livelli di emissione adottati sono riportati nella seguente tabella. Nell'ultimo tratto (ripristino) l'emissione sonora è trascurabile rispetto a quella degli altri 4 tratti.

Tabella 4.8.12.3/1 Caratterizzazione acustica dei mezzi per la galleria artificiale

Mezzi	Numero	Lw (dBA)	Tempo di funzionamento (ore/giorno)
Trivella	1	117	4
Escavatore	1	113.6	4
Betoniere e pompe cls	4	113	4



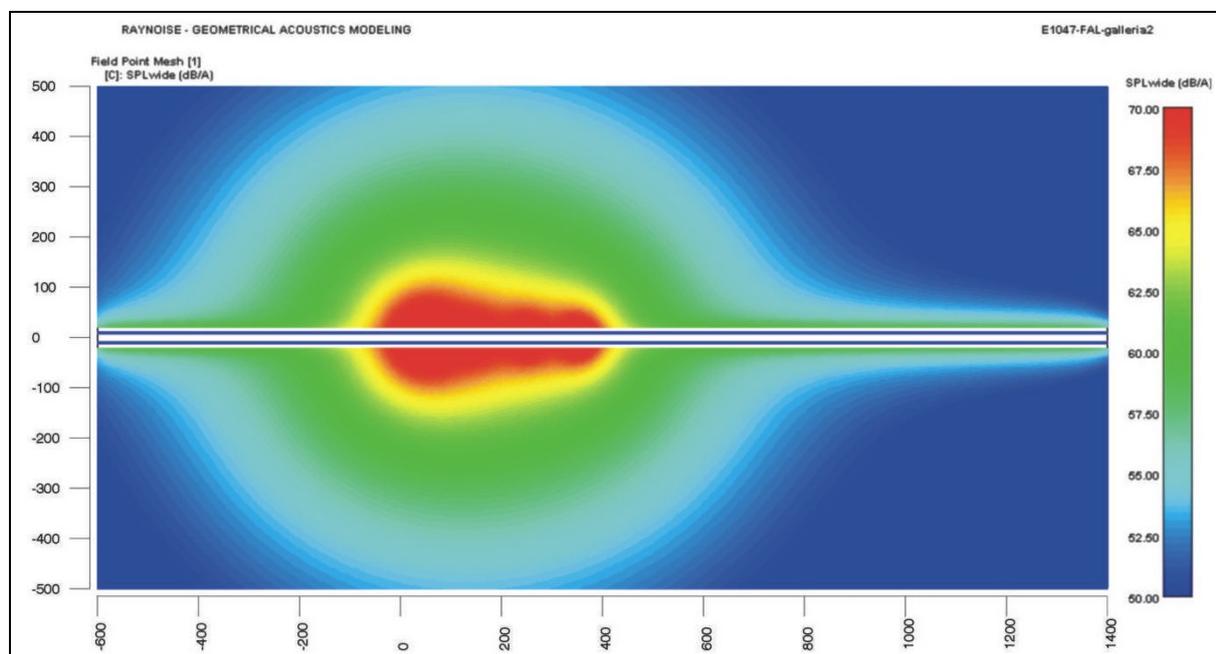
Figura 4.8.12.3/1

Schema di costruzione della galleria artificiale



Le curve isofoniche calcolate sulla base di questa schematizzazione sono state poi estese all'intera costruzione della galleria artificiale e sono riportate in figura.

Figura 4.8.12.3/2 Curve di isolivello - fronte di avanzamento galleria artificiale



Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"

Tempo di riferimento: Diurno

**Fronte avanzamento lavori - GALLERIA (valori espressi in dB(A))**

500m	48.3	50.3	52.2	53.5	53.7	52.8	51.2	49.3	47.5	45.9	44.2
400m	49.1	51.4	53.7	55.5	55.7	54.5	52.5	50.3	48.3	46.5	44.8
300m	49.8	52.4	53.4	57.9	58.2	56.5	53.8	51.2	49.1	47.3	45.5
200m	50.3	53.5	57.1	61.1	61.2	58.9	55.1	52.2	50.1	48.5	46.5
100m	51.6	54.7	58.7	65.9	65.4	62.5	56.6	53.6	51.9	50.8	48.6
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100m	51.6	54.7	58.7	65.9	65.4	62.5	56.6	53.6	51.9	50.8	48.6
-200m	50.3	53.5	57.1	61.1	61.2	58.9	55.1	52.2	50.1	48.5	46.5
-300m	49.8	52.4	53.4	57.9	58.2	56.5	53.8	51.2	49.1	47.3	45.5
-400m	49.1	51.4	53.7	55.5	55.7	54.5	52.5	50.3	48.3	46.5	44.8
-500m	48.3	50.3	52.2	53.5	53.7	52.8	51.2	49.3	47.5	45.9	44.2
	-600m	-400m	-200m	0	200m	400m	600m	800m	1000m	1200m	1400m

**4.8.11.4 Valutazione dei risultati**

Le attività relative al fronte di avanzamento lavori sono caratterizzate da un continuo spostamento lungo la linea ferroviaria in costruzione.



Questa caratteristica determina una situazione di temporaneità degli impatti acustici ad esse ascrivibili, specialmente per quanto riguarda le attività relative alla realizzazione del corpo del rilevato.

Tenendo conto della velocità di spostamento del cantiere (stimata in circa 450 m/mese per il rilevato, 60 m/mese per il viadotto, 40 m/mese per le gallerie artificiali), il tempo di esposizione risulta inferiore a 40 giorni per i ricettori soggetti al rumore proveniente dalla costruzione del rilevato (periodo di tempo durante il quale viene realizzato il rilevato in corrispondenza del ricettore, funzione della velocità di spostamento del cantiere e della lunghezza della zona sorgente di rumore). In merito occorre osservare che una ridotta durata delle emissioni acustiche si associa in genere ad un aumento della soglia di accettabilità da parte della popolazione esposta, specie se debitamente informata della durata del disturbo.

Nel caso della costruzione di viadotti o gallerie artificiali questo periodo risulta più ampio, ed anche variabile in relazione all'estensione dell'opera d'arte; di conseguenza le condizioni di impatto, a parità di livello immesso, risultano più onerose.

Impiegando un idoneo modello matematico ed i dati di emissione delle singole sorgenti sonore, è stato possibile calcolare la rumorosità immessa nell'ambiente circostante dalle attività sul fronte di avanzamento lavori.

In conclusione, allo stato attuale delle ipotesi di assetto dei cantieri, si può prevedere che le attività di costruzione modifichino solo transitoriamente in modo significativo i livelli acustici attuali lungo il fronte avanzamento lavori. Questa valutazione verrà verificata nella successiva fase di progettazione esecutiva alla luce di una determinazione più avanzata delle attività previste e della loro organizzazione.

Qualora i livelli previsti nelle zone di attività risultino superiori ai limiti delle zonizzazioni in atto, sarà necessario richiedere ai Comuni direttamente interessati, l'autorizzazione temporanea in deroga per attività di cantiere prevista dalla legge 447/1995. In tale sede si identificherà la localizzazione degli interventi di mitigazione eventualmente necessari, consistenti in barriere acustiche mobili, del tipo dei pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti montati su new jersey, con particolare attenzione ad eventuali tratti di viabilità esistente corrispondenti a situazioni in cui il traffico di cantiere transiti in prossimità di ricettori sensibili.

#### 4.8.12 Bibliografia

- [1] CETUR "Guide du Bruit des Transports Terrestres - Prevision des Niveaux Sonores", Centre d'Etudes des Transports Urbains, 1980.
- [2] Institut de Recherche des Transports "Le bruit des trains", Note d'information n° 33, 1984.
- [3] Office Fédéral de l'environnement "SEMIBEL - Manuel d'utilisation du logiciel", Les cahiers de l'environnement n° 116, 1990.
- [4] Deutsche Bundesbahn "Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen (SCHALL 03)", Akustik 03, 1990.
- [5] Rathé "Railways noise propagation", Journal of Sound and Vibrations (1977) 51 (3).
- [6] Mauclaire "Noise generated by high speed trains", Proc. Inter-noise '90, pp. 371÷374.
- [7] Houtave, J.P. Clairbois "The level/time evolution of passing trains to evaluate the noise impact of T.G.V. (Part I + Part II), Proc. Inter-noise '93, pp. 1443÷1450.
- [8] Scarano, R. Mele "Emissione sonora del treno in funzione della velocità ed efficacia delle diverse tipologie di barriere antirumore", Ingegneria Ferroviaria, Giugno 1993, pp. 443÷453.
- [9] Istituto Sperimentale F.S. "Rilievi FS rumore esterno ETR Y 500", Fiat Ferroviaria, Pistoia 5/3/93, Rif. DPV/22/GRI/bl (non pubblicata).
- [10] Istituto Sperimentale F.S. "Rapporto lettera prove sperimentali sull'attenuazione acustica di barriere antirumore", 23/1/93, Rif. TC.I/E/6/710502/92 (non pubblicata).
- [11] VENTURI M., E. GAZZA (1981), Manuale dei serramenti metallici 1980/81, Pagg. 67÷86, Tecnomedia, Milano
- [12] SAINT GOBAIN (1993), Manuale tecnico del vetro, 6° edizione, Pagg. 14÷25, Torino
- [13] ITALGIPS SRL (1990), Guida all'isolamento acustico, Milano
- [14] UNI (1983), Norma UNI 8204, Serramenti esterni: classificazione in base alle prestazioni acustiche, Milano
- [15] G. Brambilla, C. Fagotti, A. Poggi - «Misura del rumore ferroviario» - Estratto, Convegno Nazionale «Traffico e Ambiente» 21-25 febbraio 2000 -Trento
- [16] Bracciali - «Meccanismi di generazione e di controllo del rumore ferroviario» - Estratto, Convegno Nazionale «Traffico e Ambiente» 21-25 febbraio 2000 -Trento



- [17] Cocchi, G. Pollone - «Il quadro normativo e metrologico del rumore ferroviario nel contesto europeo» - Estratto, Convegno Nazionale «Traffico e Ambiente» 21-25 febbraio 2000 -Trento
- [18] Esveld - «Modern Railway Track» 1989 – Germany
- [19] F. Falcione, E Dalle Mura - «Rumore emesso dai treni ad alta velocità» - Estratto, Convegno Nazionale «Traffico e Ambiente» 21-25 febbraio 2000 -Trento
- [20] M. Fumagalli - «Le attività sperimentali in linea, in sito e in laboratorio» - Estratto, Giornate di Lavoro «Impatto vibro-acustico e ambientale delle ferrovie metropolitane» organizzate da Ismes – Bergamo e Intermetro – Roma; Seriate (BG), 2 ÷ 3 Giugno 1994
- [21] R. Spagnolo, a cura di - «Manuale di Acustica» 2001 – Torino
- [22] G. P. Wilson - «Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control» 1982 U.S. Department of Transportation – Washington
- [23] M. Wirnsberger, M. Dittrich - «The METARAIL Project. Final Report for Publication - Metodologies and Action for Rail Noise and Vibration Control» 1999 European Commission / DG VII
- [24] CEPAV UNO - «Linea alta velocità Milano-Bologna – Relazione acustica – Studio per la stima dei livelli massimi di rumorosità indotti dall'esercizio della linea alta velocità Milano-Bologna nelle aree prospicienti il tratto compreso tra la PK 147+560 e la PK 147+970» Maggio 2001
- [25] ITALFERR - «Prescrizioni Tecniche per la Progettazione – Prescrizioni Tecniche Ambiente – Progetto Acustico» Sezione III – Sottosezione 8 Ottobre 2003
- [26] F. Ventura, P. Romani - « La rumorosità ambientale – Il ruolo delle barriere acustiche» - 1992 - Ed. Pitagora – Bologna
- [27] P. Romani, A. Martino, F. Ventura – Some railways noise projects after the sending out of the new noise law DPR 459/98 – Proceedings of Internoise 2000 – Nice, august 27-30th 2000



## 4.9 Vibrazioni

### 4.9.1 Obiettivi dello studio

Obiettivo dello studio è quello di stimare la sismicità indotta sugli edifici situati in prossimità della linea A.V.nella tratta in variante , dal transito dei convogli ferroviari.

La stima della sismicità indotta rende possibile una sua valutazione sia in termini di disturbo arrecato alle persone che utilizzano gli edifici impattati che di danno strutturale agli edifici stessi.

La stessa stima permette, qualora emergano criticità lungo il tracciato, di individuare eventuali interventi di mitigazione atti ad eliminare o quantomeno a ridurre la criticità stessa.

Per quanto riguarda le problematiche connesse alle vibrazioni si rimanda al seguente elaborato, compreso nella parte 18 Volume 1 Tomi 3 e 4, che ha costituito un riferimento di base per le valutazioni effettuate: Vibrazioni: esercizio ferroviario-relazione (IN0500DE2RGIM0006003). Per quanto riguarda le problematiche attinenti alle vibrazioni in corso d'opera si rimanda allo Studio d'Impatto Ambientale della fase di costruzione.

Il presente capitolo riporta una sintesi dello studio eseguito al fine di stimare e valutare le criticità ambientali, in termini di vibrazioni, che saranno generate dall'esercizio della nuova linea ferroviaria, comprendente i tratti di interconnessione di Treviglio Est, interconnessioni di Brescia est e di interconnessione merci di Verona.

La stima della sismicità indotta rende possibile una sua valutazione sia in termini di disturbo arrecato alle persone che utilizzano gli edifici impattati che di danno agli edifici stessi.

### 4.9.2 Introduzione alla sismicità indotta da convogli ferroviari

Il transito di convoglio ferroviario determina una sollecitazione dinamica della sovrastruttura ferroviaria che propagandosi prima nella struttura ferroviaria (rilevato, galleria, etc) e poi nel terreno adiacente può interessare eventuali edifici situati in prossimità della linea ferroviaria stessa.

La successiva figura illustra schematicamente come le vibrazioni, prodotte dal transito dei convogli ferroviari, si propagano nel terreno adiacente alla linea ferroviaria fino a raggiungere gli edifici situati al margine di essa.

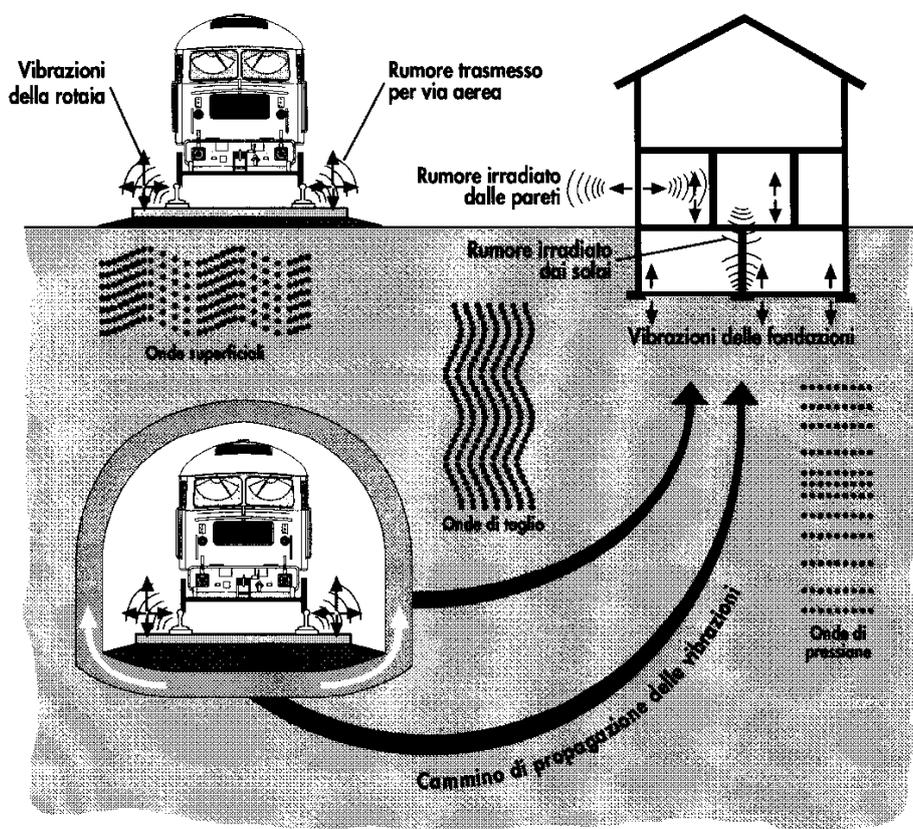


Figura 4.9-1: Modalità di propagazione nell'ambiente dei disturbi vibro-acustici [12]



La vibrazione si propaga nel terreno come onde di volume (compressione e taglio) e/o come onde di superficie (Rayleigh e Love).

Il linea generale le vibrazioni, nel loro percorso verso il recettore, vengono attenuate per diffusione geometrica e per dissipazione di energia nel terreno.

Nelle tratte in rilevato le onde di corpo si trasmettono con fronti d'onda semicilindrici e sono dunque caratterizzate da attenuazione di tipo geometrico. Tuttavia in queste tratte la vibrazione viene trasmessa prevalentemente come onde di superficie che, per loro natura, non risultano caratterizzate da attenuazione geometrica. Ne consegue che in questi tratti la riduzione dell'energia immessa dal transito del convoglio ferroviario avviene quasi esclusivamente ad opera della dissipazione nel terreno.

Nei tratti in trincea le onde di corpo si trasmettono in maniera analoga a quelle in rilevato. In questo caso però le onde di corpo risultano più importanti in relazione al percorso ferrovia - recettore a scapito di quelle superficiali. Ne consegue che in questi tratti la riduzione dell'energia immessa dal transito del convoglio ferroviario è da attribuire sia a diffusione geometrica che alla dissipazione nel terreno.

Per le tratte in galleria, la presenza dell'opera infrastrutturale determina una riduzione della «dose» di vibrazione trasmessa al suolo sia per una maggior distribuzione dei carichi lungo il tracciato sia, soprattutto, per la presenza della massa della stessa opera. Inoltre la trasmissione della vibrazione avviene quasi esclusivamente per onde di corpo che si propagano per fronti cilindrici. Ne consegue che in questi tratti la riduzione dell'energia immessa dal transito del convoglio ferroviario è da attribuire sia a diffusione geometrica che alla dissipazione nel terreno.



Per le tratte in viadotto si è in presenza di una riduzione dell'entità dei carichi dinamici trasmessi al suolo dalle fondazioni del viadotto in relazione all'effetto filtro connesso con le prime frequenze proprie dell'impalcato che risultano estremamente ridotte. Inoltre va considerato che, poiché l'immissione della vibrazione nel terreno avviene tramite i plinti di fondazione del viadotto, il tipo di sorgente non è più da considerare lineare (come invece nel caso di rilevato, trincea e galleria) ma puntiforme. Ne consegue che la trasmissione delle onde di corpo avviene per fronti d'onda semisferici con maggiori attenuazioni di tipo geometrico rispetto ai fronti d'onda cilindrici. Inoltre anche la trasmissione delle onde superficiali avviene per fronti d'onda circolari ed è quindi soggetta a riduzioni di tipo geometrico al contrario degli altri casi menzionati. Va inoltre considerato che le vibrazioni vengono trasmesse al suolo attraverso fondazioni la cui profondità interviene a definire una maggior quota delle onde di corpo (che si attenuano più rapidamente) rispetto a quelle di superficie (che si attenuano meno rapidamente).

Negli edifici ricettori la vibrazione è percepita o come moto meccanico degli elementi componenti edili l'edificio ricettore, e/o come rumore irraggiato nei locali dagli orizzontamenti e dalle pareti.

In generale gli aspetti che intervengono nel condizionare l'importanza del disturbo vibro-acustico negli edifici ricettori sono principalmente i seguenti [1]:



Tabella 4.9-1: Fattori che influenzano la vibrazione indotta sull'edificio dal transito di un treno

FATTORE	MODALITA' DI INFLUENZAMENTO
rigidezza e capacità dissipativa in direzione verticale della sospensione primaria del carrello del veicolo	Una maggiore rigidezza della sospensione primaria del carrello implica livelli di vibrazioni emessi più alti. In generale dunque la vibrazione dipenderà dal tipo di treno transitante
condizioni di alterazione delle ruote e delle rotaie (corrugazioni e appiattimenti)	Sono tra i principali fattori di emissione di vibrazioni. Rispetto all'accoppiamento ruota-binario privo di imperfezioni, la presenza di forti alterazioni può portare ad un innalzamento dei livelli vibratori fino a 20 dB
tipologia di sovrastruttura ferroviaria (presenza o assenza di ballast, materiali resilienti etc.)	La sovrastruttura è uno dei maggiori componenti nel determinare i livelli di vibrazione emessi. I livelli maggiori di vibrazioni sono creati da binari fissati rigidamente su una struttura di supporto in calcestruzzo. Sono altresì più bassi in presenza di ballast o con l'uso di particolari misure di controllo della vibrazioni (materassini sub ballast, etc)
velocità del treno	A maggiori velocità di transito corrispondono maggiori livelli di vibrazione emessi. Ad un raddoppio della velocità normalmente implica un incremento della vibrazione emessa da 4 a 6 dB
tipo e dimensioni dell'infrastruttura (tunnel, trincea, rilevato, viadotto)	In generale strutture ferroviarie più massive inducono fenomeni vibranti meno intensi rispetto a quelle più leggere
profondità della sorgente vibrante	Vi sono significanti differenze nelle caratteristiche delle vibrazioni emesse in galleria rispetto a quelle emesse all'aperto
natura e caratteristiche del suolo	Le vibrazioni maggiori si attendono in presenza di terreni rigidi
distanza plano-altimetrica tra linea e fondazioni edificio	Le vibrazioni tendono ad attenuarsi con la distanza dalla sorgente vibrante
caratteristiche delle fondazioni degli edifici	La perdita di energia per accoppiamento terreno fondazione è tanto maggiore quanto lo è la massa dell'edificio gravante sulla fondazione stessa. Le perdite di accoppiamento dipendono anche dal tipo di fondazione
caratteristiche strutturali degli edifici	Ogni edificio ha le sue modalità di propagazione della vibrazione al suo interno. In ogni caso le vibrazioni al suo interno saranno minori all'aumentare della massa dell'edificio.



#### 4.9.3 Normativa di riferimento

In assenza di atti legislativi la valutazione delle vibrazioni può essere condotta utilizzando gli standard appositamente elaborati sia in sede internazionale (ISO) sia in sede nazionale (UNI):

- NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/1 (edizione 1997) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo – Parte 1: Specifiche generali
- NORMA INTERNAZIONALE ISO 2631/2 (edizione 2003) Stima dell'esposizione degli individui a vibrazioni globali del corpo –Parte 2: Vibrazioni continue ed impulsive negli edifici (da 1 a 80 Hz).
- NORMA ITALIANA UNI 9614 (1990) Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- NORMA INTERNAZIONALE ISO 4866 (edizione 1990 ) Vibrazioni meccaniche ed impulsi – Vibrazioni degli edifici – Guida per la misura delle vibrazioni e valutazione dei loro effetti sugli edifici.
- NORMA ITALIANA UNI 9916 (2004) Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.
- DIN 4150-3 1999 Le vibrazioni nelle costruzioni Parte 3: Effetti sui manufatti
- NORMA ITALIANA UNI 9513 (1989) Vibrazioni e Urti. Vocabolario
- NORMA ITALIANA UNI 11048 (2003) Vibrazioni meccaniche ed urti – metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo

Le norme UNI 9614, UNI 9916 e DIN 4150-3 risultano di particolare interesse per il presente lavoro in quanto oltre ad indicare le grandezze da rilevare riportano dei valori limite mediante i quali valutare la sismicità misurata.

La norma UNI 9614 riguarda le metodologie di misura delle vibrazioni immesse negli edifici ad opera di sorgenti interne o esterne agli edifici stessi. La misura della vibrazione viene effettuata al fine di una sua valutazione in termini di disturbo alle persone.

All'interno del testo si fa specifico riferimento alle cause di vibrazioni che oltre a quelle naturali (fenomeni sismici, ecc.) possono essere legate ad attività umane quali il traffico di veicoli su gomma e su rotaia.

Nell'appendice alla norma (che non costituisce parte integrante della norma stessa) vengono riportate le modalità di valutazione delle misure eseguite insieme a dei valori di riferimento (valori e livelli limite).

La norma indica come grandezza preferenziale per la misura delle vibrazioni ai ricettori il valore r.m.s. (root-mean-square) dell'accelerazione ponderata in frequenza definito come:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w(t)^2 dt}$$

dove  $a_w(t)$  è il valore "istantaneo" dell'accelerazione subita dal un punto materiale (pesata in frequenza mediante filtri di ponderazione) durante il moto vibratorio e T è il tempo di integrazione.

Il livello di accelerazione viene espresso in dB come:

$$L_w = 20 \times \text{Log} \frac{a_w}{a_0}$$

dove il  $a_0$  è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>.

Nella presente relazione si sottintende l'espressione "re  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>" che indica il riferimento alla accelerazione di riferimento  $a_0$ .

La funzione  $a_w(t)$  si ottiene dalla funzione  $a(t)$ , ossia dall'andamento temporale dell'accelerazione del punto materiale (time history) applicando i filtri in frequenza riportati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

I filtri di ponderazione portano in conto che la sensibilità dell'uomo alle vibrazioni dipende dalla frequenza delle stesse. In questo senso, i filtri di ponderazione, frequenza per frequenza, rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

Poiché la sensibilità dell'uomo alle vibrazioni dipende anche dalla direzione di propagazione della stessa nel corpo i filtri sono riportati separatamente per vibrazioni lungo l'asse z e lungo gli assi x e y (cfr. figura seguente ). Nel caso la postura del soggetto esposto non sia nota viene indicato un filtro apposito.

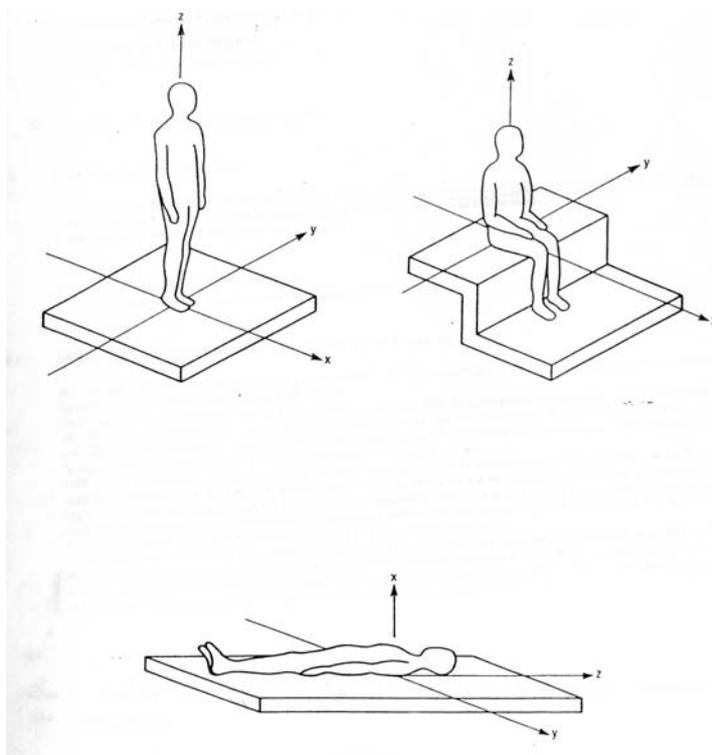


Figura 4.9-2: Direzione delle vibrazioni in relazione al corpo umano

Tabella 4.9-2: Attenuazione dei filtri di ponderazione UNI 9614

Frequenza (Hz)	Asse z dB	Assi x – y dB	Postura non nota dB
1	6	0	0
1.25	5	0	0
1.6	4	0	0
2	3	0	0
2.5	2	2	0.5
3.15	1	4	1
4	0	6	1.5
5	0	8	2
6.3	0	10	2.5
8	0	12	3
10	2	14	5
12.5	4	16	7
16	6	18	9
20	8	20	11
25	10	22	13
31.5	12	24	15
40	14	26	17
50	16	28	19
63	18	30	21
80	20	32	23

Nella figura si riporta l'andamento grafico dei valori riportati nella tabella precedente

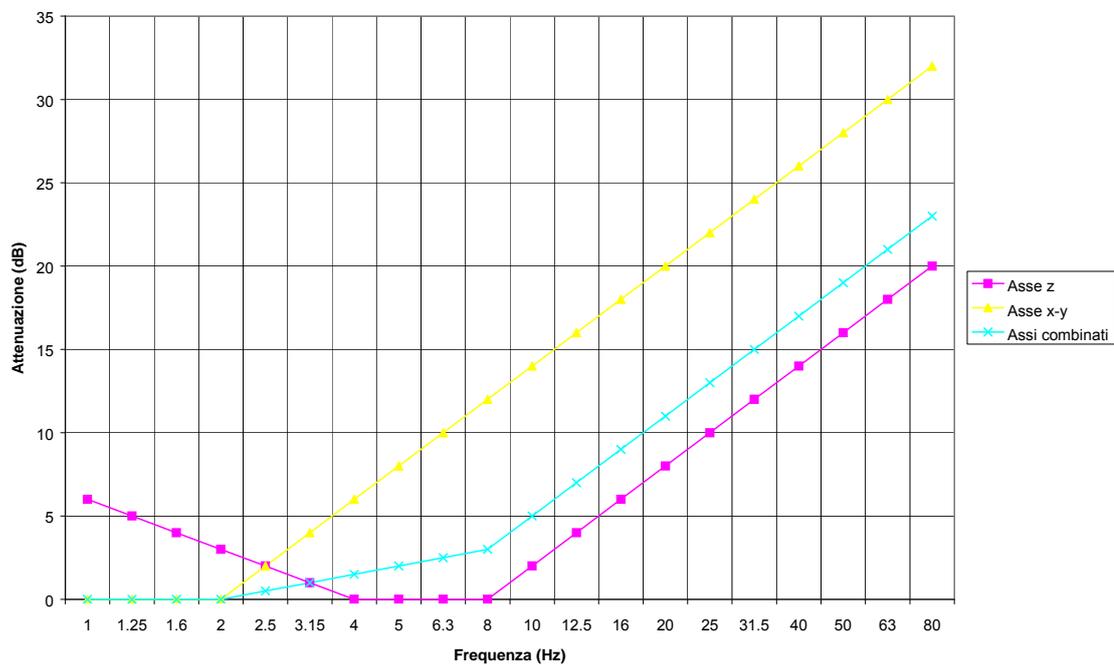


Figura 4.9-3: Filtri di ponderazione (UNI 9614)



Nel caso si utilizzassero sistemi di acquisizione senza filtri di ponderazione, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza può essere calcolato effettuando un'analisi dell'accelerogramma misurato in terzi d'ottava nell'intervallo 1-80 Hz. Ai livelli riscontrati banda per banda va sottratta una quantità pari a quella definita dall'attenuazione dei filtri di ponderazione. Il livello dell'accelerazione complessiva misurata in frequenza risulta, allora, dato dalla seguente relazione:

$$L_w = 10 \log \left( \sum_i 10^{L_{i,w}/10} \right)$$

dove  $L_{i,w}$  sono i livelli rilevati per terzi d'ottava ponderati in frequenza come sopra indicato.

Per quanto riguarda le tipologie di vibrazioni la norma fa la seguente distinzione:

- Vibrazioni di livello costante, quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante la costante di tempo slow varia nel tempo in un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB;
- Vibrazioni di livello non costante, quando il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza rilevato mediante la costante di tempo slow varia nel tempo in un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB;
- Vibrazioni impulsive, quando sono generate da eventi di breve durata costituiti da un rapido innalzamento del livello di accelerazione sino ad un valore massimo seguito da un decadimento che può comportare o meno, a seconda dello smorzamento della struttura, una serie di oscillazioni che tendono ad estinguersi nel tempo.

Per quanto riguarda i valori di soglia della accelerazioni complessive ponderate in frequenza a cui fare riferimento nel caso di vibrazioni di livello costante, vengono considerate le tabelle sotto riportate separatamente per asse z e assi x e y. Nel caso si impieghi il filtro valido per posture non note o variabili nel tempo, si assumono come limiti i valori relativi agli assi x e y.

Tabella 4.9-3: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per l'asse z (Prospetto II – UNI 9614)

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s <sup>2</sup>	dB
Aree critiche	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni notte	7,0 10 <sup>-3</sup>	77
Abitazioni giorno	10,0 10 <sup>-3</sup>	80
Uffici	20,0 10 <sup>-3</sup>	86
Fabbriche	40,0 10 <sup>-3</sup>	92

Tabella 4.9-4: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi x e y (Prospetto III – UNI 9614)

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s <sup>2</sup>	dB
Aree critiche	3,6 10 <sup>-3</sup>	71
Abitazioni notte	5,0 10 <sup>-3</sup>	74
Abitazioni giorno	7,0 10 <sup>-3</sup>	77
Uffici	14,4 10 <sup>-3</sup>	83
Fabbriche	28,8 10 <sup>-3</sup>	89

Nel caso di vibrazioni di livello non costante il parametro da rilevare, in un intervallo di tempo rappresentativo, è l'accelerazione equivalente  $a_{w,eq}$  o il livello equivalente dell'accelerazione  $L_{w,eq}$  così definiti:

$$a_{w,eq} = \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \int_0^T [a_w(t)]^2 dt \right]^{0.5}$$

$$L_{w,eq} = 10 \log \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \int_0^T [a_w(t) / a_0]^2 dt \right]$$

dove  $a_w(t)$  è il valore "istantaneo" dell'accelerazione ponderata in frequenza, T è la durata del rilievo e  $a_0$  è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10<sup>-6</sup> m/s<sup>2</sup>.



Per la valutazione del disturbo, i valori dell'accelerazione equivalente ponderata i frequenza o i corrispondenti livelli possono essere confrontati con i limiti riportati nelle due tabelle precedenti. La norma specifica che nel caso non sia nota la posizione della persona all'interno dell'edificio, la valutazione della vibrazione deve essere fatta al centro dell'ambiente abitativo oggetto di valutazione.

Inoltre la valutazione va eseguita sulla maggiore delle accelerazioni misurate in tre direzioni perpendicolari tra loro.

Fenomeni vibratorii caratterizzati dal superamento dei predetti limiti, possono essere considerati oggettivamente disturbanti l'individuo esposto.

Il giudizio sull'accettabilità (tollerabilità) del disturbo riscontrato dovrà tenere conto di fattori quali la frequenza con cui si verifica il fenomeno vibratorio, la sua durata, etc.

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 e in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3. La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime. La norma considera per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio ma tuttavia le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

La UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli delle vibrazioni con riferimento alla DIN 4150. La parte 3 della DIN 4150 indica i punti in cui eseguire i rilievi all'interno di una abitazione e indica velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie e continue.

Per vibrazioni transitorie la DIN 4150 indica tre posizioni in cui eseguire i rilievi:

- o in corrispondenza delle fondazioni;
- o sul solaio più elevato in corrispondenza del muro perimetrale;
- o al centro dei solai.

Nella tabella seguente sono riportati, per diverse tipologie di costruzioni, i valori di riferimento per vi sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

Nel caso di rilievi eseguiti al centro di solai il valore di riferimento è pari a 20 mm/s per la vibrazione in direzione verticale. Nelle costruzioni di cui alla tabella 9, riga 3, per evitare danni di lieve entità potrà essere necessaria una diminuzione di valore di riferimento.

La Figura 4.9-4 riassume quanto esposto per le vibrazioni transienti. Nella lettura di tale figura si deve rammentare che:

Nel caso di misure in staz. 1 (fondazione) si prende a riferimento il valore maggiore delle tre componenti;

Nel caso di misure in staz. 2 (ultimo solaio orizzontale del fabbricato) si prende in considerazione il valore maggiore tra le due componenti orizzontali;

Nel caso di misure in staz. 3 (mezzera solaio) si prende in considerazione la vibrazione in direzione verticale.

*Tabella 4.9-5: Valori di riferimento per la velocità d'oscillazione Vi per la valutazione degli effetti di vibrazioni transienti sulle costruzioni*

Riga	Tipi di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione in mm/s			
		Fondazioni frequenze			Ultimo solaio, orizzontale
		da 1 a 10 Hz	da 10 a 50 Hz	da 50 a 100 Hz *	Tutte le frequenze
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto la protezione delle belle arti)	3	da 3 a 8	Da 8 a 10	8

(\*) Per frequenze superiori ai 100 Hz possono essere adottati come minimo i valori per 100 Hz

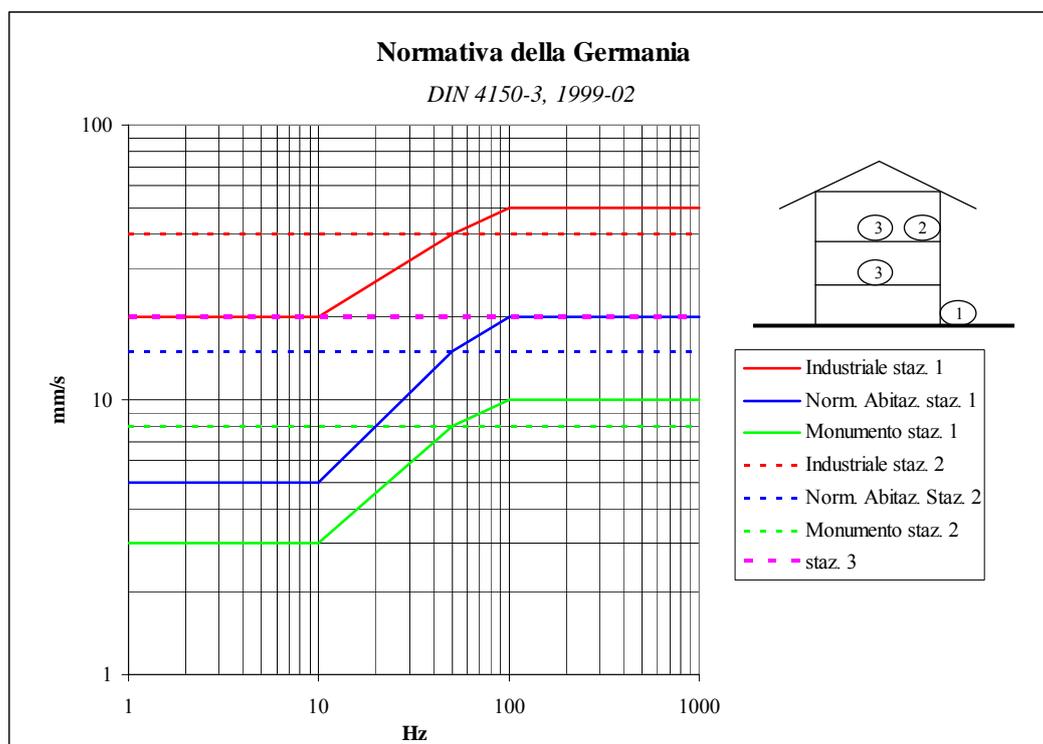


Figura 4.9-4 Stazioni di rilievo e valori limite per vibrazioni transitorie

Tabella 4.9-6: Valori di riferimento per la velocità d'oscillazione  $v_i$  per la valutazione degli effetti di vibrazioni prolungate sulle costruzioni

RIGA	TIPO DI EDIFICIO	Valori di riferimento per velocità di oscillazione in mm/s
		Ultimo solaio, orizzontale, tutte le frequenze
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	10
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto la protezione delle belle arti)	2,5

Nel caso di vibrazioni prolungate la norma DIN 4150 richiede l'esecuzione di misure all'ultimo solaio dell'edificio e in mezzera dei solai. Nella tabella sono riportati i valori di riferimento per ciascuna componente orizzontale misurate all'ultimo solaio dell'edificio.

Nel caso di rilievi eseguiti al centro di solai il valore di riferimento è pari a 10 mm/s per la vibrazione in direzione verticale.

Per velocità massima è da intendersi la velocità massima di picco. Essa è ricavabile dalla velocità massima r.m.s. attraverso la moltiplicazione di quest'ultima con il fattore di cresta F. Tale parametro esprime il rapporto tra il valore di picco e il valore efficace. Per onde sinusoidali si assume  $F = 1.41$ ; in altri casi si possono assumere valori maggiori. Nei casi più critici (ed es. esplosioni di mina) F può raggiungere il valore 6.

La ISO 4866 fornisce infine una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo tre livelli:

Danno di soglia: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici in gesso o sulle superfici di muri a secco; inoltre formazioni di fessure filiformi nei giunti di malta delle costruzioni in muratura di mattoni.

Danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o di pezzi di intonaco dai muri; formazione di fessure in murature di mattoni.

Danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nei pilastri; aperture di giunti; serie di fessure nei blocchi di muratura.

Ai fini di una valutazione del disturbo acustico indotto dalle vibrazioni delle pareti degli edifici (rumore solido), la legislazione [21][22][23] fa riferimento ai livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata secondo la curva A.

$$L_{A,eq,T} = 10 \times \log \left[ \frac{1}{T_2 - T_1} \times \int_{T_1}^{T_2} \left( \frac{p_A(t)}{p_o} \right)^2 \times dt \right]$$

Essendo:

$p(t)$  pressione sonora in funzione del tempo  $t$

$p_A(t)$  pressione sonora ponderata secondo la curva A in funzione del tempo  $t$

$p_o = 20 \mu Pa$  pressione sonora di riferimento (ISO 1683)

$T_1$  e  $T_2$  gli estremi dell'intervallo di tempo considerato



A(f) curva spettrale di ponderazione A, fornita dalla CE-IEC 651:

$$A(f) = 20 \times \log \left[ \frac{R_A(f)}{R_A(1 \text{ kHz})} \right]$$

$$R_A(f) = \frac{12 \cdot 200^2 \times f^4}{(f^2 + 20,6^2) \times (f^2 + 12 \cdot 200^2) \times \sqrt{(f^2 + 107,7^2)} \times \sqrt{(f^2 + 737,9^2)}}$$

La legislazione fa riferimento a due fasce orarie con cui suddividere le 24 ore di un giorno: fascia diurna di 16 ore (06.00 ÷ 22.00) e fascia notturna di 8 ore (22.00 ÷ 06.00).

Per quanto riguarda il rumore solido prodotto dai treni, si fa riferimento alle disposizioni del DPR n° 459-1998, in quanto si applicano: a) alle infrastrutture esistenti, alle loro varianti ed alle infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a quelle esistenti; b) alle infrastrutture di nuova realizzazione. In particolare il DPR stabilisce limiti di riferimento per le emissioni sonore ferroviarie da rispettare all'esterno del recettore (ad un metro dalla facciata). Tuttavia lo stesso DPR stabilisce che nel caso non possano essere rispettati i limiti esterni devono essere rispettati almeno i limiti da applicare all'interno del ricettore (misure al centro della stanza più esposta, a finestre chiuse, a 1,5 m di altezza dal pavimento).

Tali limiti interni sono:

- $LA,eq = 35 \text{ dBA}$  notturno per ospedali, case di cura e case di riposo
- $LA,eq = 40 \text{ dBA}$  notturno per tutti gli altri ricettori
- $LA,eq = 45 \text{ dBA}$  diurno per le scuole

Poichè il rumore solido è per sua natura un rumore interno all'edificio, ai fini di una sua valutazione si può fare riferimento ai valori su indicati.



#### 4.9.4 Documentazione progettuale di riferimento

Si riporta di seguito l'elenco degli elaborati di riferimento sulla base dei quali è stato sviluppato lo studio:

*SNAMPROGETTI SPC.IN.PRG.016 del Luglio 2004 - Linea Alta Capacità Milano-Verona - Attività propedeutiche al Progetto Definitivo - Metodologico per la valutazione delle vibrazioni indotte dalle attività costruttive e dall'esercizio della linea ferroviaria*

*CIPE - Deliberazione n. 120/2003*

*Cepav 2 - Linea AC/AV Milano-Verona - Studio d'impatto ambientale - Quadro di riferimento ambientale (doc IN0500RE2RGSA000A001A)*

#### 4.9.5 Approccio metodologico

In relazione al numero dei parametri in gioco, descritti nel paragrafo 4.9.2, è evidente come la stima della vibrazione indotta dai convogli ferroviari sia un'operazione assai complessa e ricca di incertezze in relazione alla:

- sorgente vibrante
- modalità di propagazione della vibrazione nel terreno
- modalità della propagazione della vibrazione negli edifici.

Infatti la pluralità del materiale ferroviario in circolazione, del suo stato di manutenzione, dei materiali con cui è realizzata l'infrastruttura (rotaie, organi di attacco, traverse, tipo di ballast), dello stato di manutenzione della linea, fanno sì che la definizione della sorgente vibrante stessa sia soggetta a forti incertezze. Inoltre la vibrazione, nel percorso dalla ferrovia al recettore, si propaga in un mezzo come il terreno che è ben lungi dall'essere omogeneo e isotropo in particolar modo quando è di tipo alluvionale: la presenza di strati e lenti di terreno più o meno denso, infatti, complica le modalità di propagazione della vibrazione inducendo fenomeni di riflessione più o meno complessi.

La propagazione della vibrazione nel recettore induce ulteriori forti incertezze dovute al fatto che la modalità di esecuzione delle fondazioni, la struttura e la geometria costruttiva, la presenza o meno di setti di irrigidimento della struttura, i materiali usati, etc fanno sì che ogni edificio risponda diversamente ad una sollecitazione dinamica posta ai suoi piedi.



Tutte le incertezze elencate risultano più marcate quando lo studio è di tipo estensivo come quello oggetto della presente relazione che riguarda l'interferenza recettore ferrovia per più di 140 km. A questa scala non è facile avere tutte le informazioni occorrenti al fine di eseguire uno studio dettagliato recettore per recettore: si pensi ad esempio alla necessità di ottenere le curve di risposta di ogni edificio che possono essere ottenute solo tramite misure complesse eseguite edificio per edificio.

Nel presente studio la stima della vibrazione indotta dai convogli ferroviari è stata affrontata sviluppando assunzioni per ognuna delle fasi della trasmissione della vibrazione dal treno all'edificio. Tale assunzioni, sviluppate sulla base di dati provenienti dalla letteratura tecnica, da altri studi analoghi eseguiti e da misure in campo, sono mirate a schematizzare e a semplificare il problema.

Da quanto esposto nel paragrafo 4.9.2 si evince che le problematiche inerenti alle vibrazioni indotte dai treni appaiono di minore entità nei tratti in viadotto rispetto alle altre tipologie di corpo ferroviario. Infatti, come detto, i carichi dinamici sono filtrati dalla struttura del viadotto che risulta caratterizzata da frequenze proprie molto più basse di quelle indotte dai treni. Inoltre la trasmissione di della vibrazione del terreno è maggiormente caratterizzata da attenuazione di tipo geometrico rispetto alle altre tratte e questo sia in relazione alle onde di corpo che di superficie. Tale aspetto si rileva anche in [1] che stima in -10 dB la vibrazione indotta nei tratti in viadotto rispetto a quelli in superficie.

In considerazione di quanto esposto, nel presente studio verranno prese in considerazione le interferenze recettore-ferrovia ovunque tranne che nelle tratte in viadotto.

In base al tipo di edificio coinvolto e all'entità delle vibrazioni che giungono allo stesso è possibile che si generino criticità in termini di:

- disturbo alle persone residenti nell'edificio
- danno all'edificio.

In linea generale la soglia del disturbo è nettamente inferiore a quella relativa al danno all'edificio.

Questo aspetto è evidenziato anche dalle normative di settore (vedi paragrafo 4.9.3) che consigliano valori limite per il danno agli edifici notevolmente più ampi. Ad esempio nel prospetto IV della norma UNI 9916 (DIN 4150-3) si propongono per edifici residenziali e simili velocità ammissibili comprese tra i 5 e i 20 mm/s in funzione della frequenza. Tali valori sono estremamente superiori a quelli consigliati dalla norma ISO 2631/2 per il disturbo sull'uomo ossia  $0.28 \div 1.6$  mm/s in funzione della frequenza (ISO 2631/2 ed 1989 tabella 1) [13].



Il presente studio è quindi basato sul seguente criterio progettuale:

- in prima battuta le vibrazioni vanno valutate in termini di disturbo alle persone. Nel caso in cui si evidenzino criticità in termini di disturbo alle persone è stato valutato se l'intensità del fenomeno sismico sia tale da comportare anche danni agli edifici.
- l'approccio adottato implica che nella presente relazione si intenderà come recettore, in prima battuta, una persona che vive o lavora all'interno di un edificio e, in seconda battuta, l'edificio stesso.

Ai fini di una valutazione delle vibrazioni in termini di disturbo alle persone si può fare riferimento alla norma UNI 9614 [4] che indica dei valori limite per il livello dell'accelerazione ponderata in frequenza  $L_w$  oltre i quali un fenomeno sismico può essere considerato "oggettivamente disturbante". Tali valori limite dipendono dalla tipologia di vibrazione, dalla destinazione d'uso del locale interessato dalla sismicità e dal periodo temporale di riferimento (diurno-notturno).

La norma però evidenzia che l'accettabilità (tollerabilità) del fenomeno "oggettivamente disturbante" dipende dalla durata e dalla frequenza con cui si verifica. La norma tuttavia non indica un criterio di accettabilità del disturbo riscontrato lasciando ampia libertà al progettista. Nel caso specifico tuttavia, in relazione all'elevato numero di transiti giornalieri, appare lecito affermare che se la sismicità indotta da un singolo transito risulta "oggettivamente disturbante" il giudizio di accettabilità del disturbo sia negativo. Ne nasce di conseguenza la necessità di porre in essere interventi di mitigazione.

Poiché le vibrazioni indotte dal transito ferroviario ricadono in quelle di livello costante o non costante (secondo UNI 9614), il parametro da stimare per valutare se il fenomeno misurato sia disturbante è il livello equivalente dell'accelerazione ponderata in frequenza.

Tale parametro deve essere valutato all'interno dell'edificio impattato. Per la valutazione si è fatto riferimento ai valori limite riportati nella Tabella 4.9-4: Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza validi per gli assi x e y (Prospetto III – UNI 9614). In relazione al fatto che i treni transiteranno anche nel periodo di riferimento notturno per gli edifici residenziali si è fatto riferimento al valore limite di 74 dB.

Al fine di caratterizzare la vibrazione indotta dal treno il livello equivalente viene determinato nel periodo temporale in cui il convoglio ferroviario transita di fronte alla postazione di misura (recettore). Vengono così mediati i valori di vibrazione indotti dai vari vagoni e motrici costituenti il convoglio ferroviario. La seguente figura illustra a titolo d'esempio, le accelerazioni (assolute e RMS "Slow") registrate durante il transito di un treno.

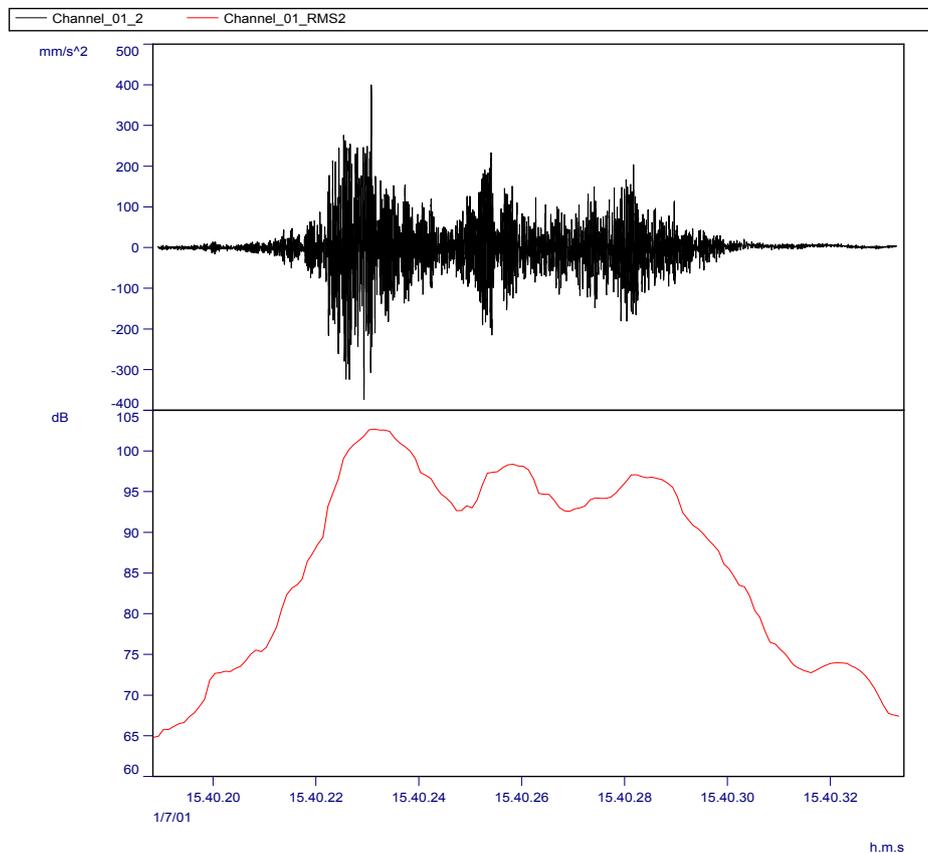


Figura 4.9-5 Andamento delle accelerazioni e del Lw durante il transito di un convoglio ferroviario



Per quanto attiene al danno agli edifici la norma UNI 9916 [5] rimandando alla norma DIN 4150 [6] indica dei valori di velocità di picco al di sotto dei quali non si sono mai riscontrate lesioni .

Per vibrazioni transitorie la DIN 4150 indica per diverse tipologie di costruzioni, i valori di riferimento per le velocità di picco (PPV) vi sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

Il confronto tra i valori di velocità di picco indotti dai treni e quelli di riferimento indicati dalla norma DIN 4150-3 conduce alla valutazione del fenomeno in termini di danno agli edifici.

Un superamento dei valori limite indicati fa sì che la sismicità non sia tollerabile indipendentemente dalla frequenza di transito dei treni.

Gli obiettivi dello studio sono stati perseguiti stimando le vibrazioni (in termini di  $L_w$  eq e velocità di picco PPV) indotte dal transito del convoglio ferroviario più gravoso in termini di emissione vibratoria (Treno Progetto). Infatti nel caso in cui la stima implichi una criticità in termini di disturbo alle persone ( $L_w$  eq transito treno di progetto > Livelli limite UNI 9614), in relazione all'elevato n° di transiti giornalieri, il giudizio di accettabilità del fenomeno "oggettivamente disturbante" non può che essere negativo e ne scaturisce di conseguenza la necessità di porre in essere interventi di mitigazione.

A maggior ragione l'intervento di mitigazione deve essere previsto nel caso in cui la stima implichi oltre ad una criticità in termini di disturbo alle persone quella in termini di danno agli edifici ( $L_w$  eq transito treno di progetto > Livelli limite UNI 9614; velocità di picco Treno di progetto > valori limite DIN 4150)

Lo studio eseguito è stato suddiviso in due parti. La prima parte dello studio è mirata alla ricerca e all'analisi delle interferenze ferrovia-edifici presenti sul territorio. La seconda parte dello studio è invece mirata alla stima della sismicità indotta nei recettori e ad una sua valutazione in termini di disturbo alle persone (norma UNI 9614) e danni agli edifici (UNI 9916, DIN 4150-3). Di seguito si elencano i passi procedurali seguiti nelle due fasi.

1. Individuazione degli edifici potenzialmente impattati. Per edificio potenzialmente impattato (di seguito EPI) si intende un qualunque edificio utilizzato dalla popolazione situato ad una distanza dalla linea ferroviaria A.V. inferiore ai 50m.
2. Raggruppamento dei recettori censiti in "Gruppi costruttivi omogenei" in base alle dimensioni e alla tipologia costruttiva.
3. Analisi delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione degli EPI
4. Analisi del progetto della linea A.V. nelle tratte in corrispondenza degli EPI



5. Analisi del modello di esercizio della linea A.V. nelle tratte in corrispondenza degli EPI. In base alla tipologia di treni e alla velocità di transito è stato definito il "treno di progetto" ovvero quello caratterizzato dallo spettro sorgente più gravoso.
6. Sintesi delle interferenze riscontrate e loro caratteristiche.
7. Analisi dei risultati di altri studi già eseguiti per linea A.C/A.V (es Nodo di Firenze [8]).
8. Analisi ed adozione di dati forniti disponibili, relativi allo studio della Penetrazione urbana A.V. di Bologna [7], riguardanti gli spettri delle vibrazioni generate dai convogli ferroviari in galleria e in rilevato
9. Analisi dei dati misurati sulla traversa ferroviaria al fine di definire il treno di progetto per le tratte oggetto di studio (tratte in corrispondenza degli EPI). Come già accennato, per treno di progetto si intende quella tipologia di convoglio ferroviario circolante sulla tratta oggetto di studio caratterizzato dalla massima emissione di energia vibrante in termini di Livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo il filtro per assi combinati UNI 9614 (Lw). Nella definizione del treno di progetto si è tenuto conto della velocità di percorrenza dei treni. A tal fine i dati esistenti [7] sono stati raggruppati per tipologia di convoglio ferroviario. Di seguito i dati misurati sono stati correlati alle velocità di transito e di conseguenza estrapolati alle velocità di transito previste.
10. Definizione dello spettro della vibrazione emessa dalla struttura ferroviaria (rilevato, galleria e trincea) in corrispondenza del transito del treno di progetto (Spettro sorgente).
11. Stima dei livelli vibratori in superficie utilizzando, al fine di valutare le attenuazioni dovute alla propagazione delle onde nel terreno, una formulazione proposta in letteratura da G.P. Wilson [9].
12. Reperimento di dati di letteratura inerenti la propagazione delle vibrazioni all'interno degli edifici, in modo tale da ottenere relazioni di trasferimento dei livelli di accelerazione tra esterno e interno edificio per varie tipologie di edifici
13. Stima dalla vibrazione all'interno degli edifici mediante applicazione alla sorgente delle funzioni di trasferimento di cui ai punti precedenti
14. Valutazione della sismicità presente all'interno degli EPI mediante confronto con i limiti indicati dalle normative di riferimento.
15. Individuazione degli eventuali interventi di mitigazione



#### 4.9.6 Analisi delle potenziali interferenze edifici-ferrovia

##### 4.9.6.1 Censimento recettori e relative caratteristiche strutturali

Per avere una conoscenza puntuale dei possibili recettori interessati dalle vibrazioni indotte dalla linea ferroviaria, è stato eseguito un censimento degli edifici presenti all'interno di una fascia di indagine ampia 50 m per lato a partire dal binario esterno della linea ferroviaria. Tale distanza massima è stata mantenuta fissa anche nei casi in cui il corpo ferroviario risulta in galleria.

La fascia di indagine 50 m per lato è ritenuta ampiamente cautelativa per il fenomeno oggetto di studio come dimostrato da altri studi analoghi eseguiti per altre linee A.C. in Italia (es. Pioltello-Treviglio [2], Padova Mestre [3]). A conferma di quanto detto la seguente figura [1] illustra che ad una distanza di 50 m (164 ft) i livelli di vibrazione indotte da un Eurostar e Pendolino sono inferiori a 65 dB che nella scala utilizzata dagli autori della pubblicazione (U.S. Federal railroad administration) rappresenta il limite di percezione della vibrazione.

Il censimento degli edifici è stato realizzato nell'ambito di quello più ampio relativo ai recettori interessati dall'impatto acustico indotto dalla linea ferroviaria [14]. Il censimento è stato eseguito mediante sopralluoghi in campo svolti nei mesi di Maggio, Giugno e Luglio 2004.

Tra gli Edifici individuati nella fascia d'indagine, sono stati esclusi quelli che palesemente risultano oggetto di esproprio e/o demolizione. Tali edifici sono quelli che da un'analisi planimetrica del tracciato, nei tratti allo scoperto, risultano interferenti con il tracciato ferroviario.

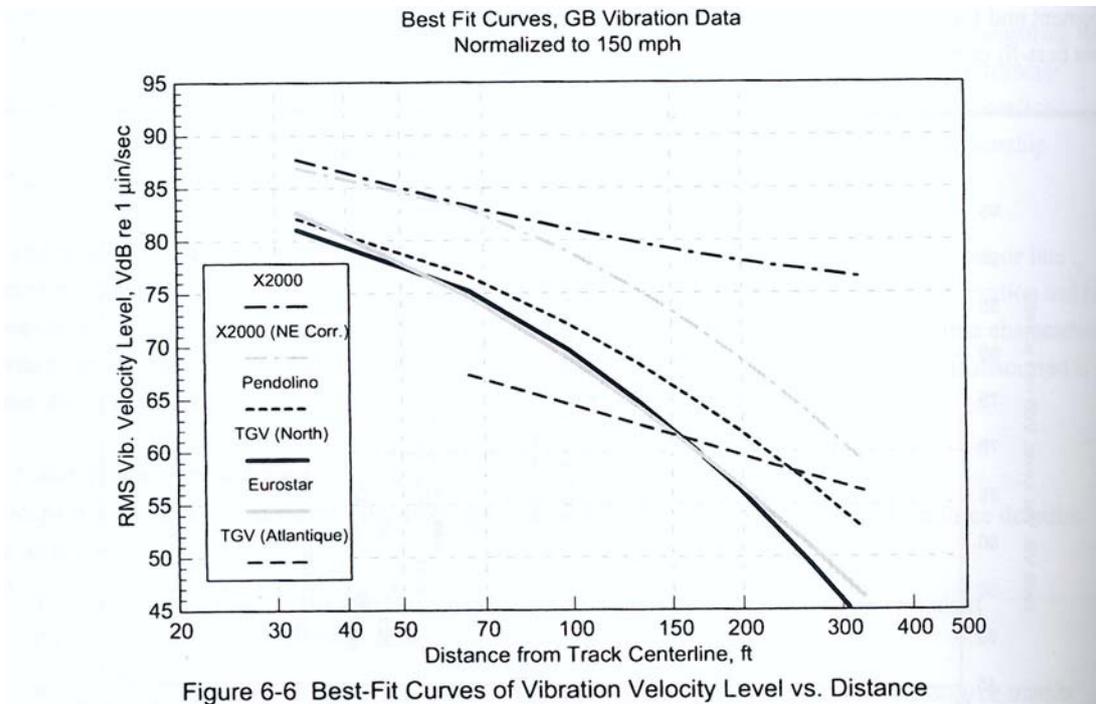


Figura 4.9-6 Andamento delle vibrazioni indotte da treni A.V circolanti in europa con la distanza [1]



Sono riportate, per ogni edificio individuato, alcune informazioni derivanti dal censimento dei recettori e altre derivanti dalle successive analisi svolte e descritte nei paragrafi seguenti. In particolare sono indicati:

- Codice identificativo (con riferimento alle planimetrie del censimento dei recettori)
- Lato di ubicazione dell'edificio rispetto alla linea
- Comune di ubicazione
- Progressiva chilometrica della linea ferroviaria A.C. o dell'interconnessione
- Distanza planimetrica dal binario esterno
- Altezza tra il piano ferro e il piano campagna
- Distanza vettoriale utilizzata nel modello di calcolo ossia:
  - Distanza planimetrica nel caso di rilevato
  - Somma vettoriale tra distanza planimetrica e altezza p.f. – p.c. nei casi di galleria e trincea
- Destinazione d'uso
- Numero dei piani fuori terra
- Stato di conservazione
- La tipologia costruttiva
- Gruppo omogeneo associato
- Tratta geotecnica omogenea associata
- Velocità di progetto della linea
- Tipo di corpo ferroviario
- N° identificativo del tipo di sorgente associata
- Dimensione planimetrica caratteristica dell'edificio
- Frequenza propria di oscillazione per vibrazioni orizzontali dell'edificio

Tra gli EPI vi sono diversi edifici che vengono utilizzati a scopo lavorativo. Questo aspetto riveste una notevole importanza in quanto le soglie di disturbo per edifici utilizzati a scopo lavorativo sono nettamente più alte rispetto a quelli residenziali.

In generale si denota un ottimo stato di manutenzione degli edifici. Per quanto attiene alle tipologie costruttive risultano edifici in muratura e calcestruzzo armato di 2-4 piani.



L'edificato presente è stato raggruppato all'interno delle seguenti tipologie costruttive (Gruppo costruttivi Omogenei G.O):

- A Ampi edifici in muratura con fondazioni su pali
- B Ampi edifici in muratura con fondazioni continue
- C Edifici residenziali ad un piano
- D edifici residenziali di due o più piani in c.a
- E edifici residenziali di due o più piani in muratura
- F Ampi edifici in c.a con fondazioni continue

Inoltre, al fine di considerare la risposta strutturale di ogni edificio a vibrazioni orizzontali è stata calcolata la frequenza propria di oscillazione in senso orizzontale.

Per ogni edificio è stata valutata la prima frequenza di risonanza fondamentale trasversale, utilizzando formule empiriche fornite dalla letteratura tecnica per l'analisi della stabilità sismica degli edifici [20]. In particolare le formule utilizzate sono:

- Per gli edifici in muratura: .....  $f_o \cong \frac{\sqrt{B}}{0,06 \times H} \times \sqrt{\frac{2 \times B + H}{H}}$
- Per gli edifici in c.a.:.....  $f_o \cong \frac{\sqrt{B}}{0,09 * H}$

Essendo:

H = n × 3,00 m      altezza dell'edificio

n      numero di piani dell'edificio

fo      prima frequenza di risonanza fondamentale trasversale

B      dimensione trasversale

I risultati di questo calcolo sono riportati nella già citata riguardante il censimento dei ricettori. La frequenza calcolata è stata approssimata al valore della frequenza centrale delle bande a terzi di ottava più prossima.

#### 4.9.6.2 Caratteristiche dinamiche dei terreni

Per la descrizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni si può fare riferimento alla velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  o al modulo di deformazione a taglio  $G_0$  per piccole deformazioni.

Le caratteristiche dinamiche dei terreni interessati dalla linea ferroviaria sono stati indagati prendendo in considerazione i risultati delle prove penetrometriche eseguite in corrispondenza dei fori di sondaggio. Infatti [10] per i terreni incoerenti è possibile correlare i risultati delle prove SPT con la velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno mediante la relazione empirica proposta da Ohta e Goto (1978).

$$V_s = 69 N^{0.17} z^{0.2} F_a F_g$$

dove:

- $V_s$  è la velocità di trasmissione delle onde di taglio nel terreno in m/s;
- $N$  è il numero di colpi ottenuto con la SPT
- $Z$  è la profondità del terreno in esame in metri
- $F_a$  è un fattore che dipende dall'età del deposito
- $F_g$  è un fattore che dipende dalla granulometria.

Le seguenti tabelle riportano i valori per i coefficienti  $F_a$  e  $F_g$ .

Tipo di deposito	$F_a$
Alluvionale	1
Diluviale	1.3

Terreno	$F_g$
Argilla	1
Sabbia Fine	1.09
Sabbia media	1.07
Sabbia grossolana	1.14
Sabbia ghiaiosa	1.45
Ghiaia	1.45



La velocità delle onde di taglio è a sua volta correlabile al modulo di deformazione a taglio per piccolissime deformazioni mediante la relazione [10]:

$$G_o = \rho V_s^2$$

dove:

- $V_s$  è la velocità di trasmissione delle onde di taglio nel terreno;
- $\rho$  è la densità di massa del terreno
- $G_o$  è il modulo di deformazione massimo o a piccolissime deformazioni.

L'interpretazione dei profili delle prove penetrometriche mediante le relazioni sopra citate è stato eseguito nell'ambito della componente vibrazioni dello studio d'impatto ambientale eseguito per la linea ferroviaria oggetto di studio [18]. Tale analisi ha portato alla definizione, lungo il tracciato ferroviario, di stratigrafie tipo rappresentative degli strati di terreno presenti e della velocità di propagazione delle onde di taglio negli strati stessi. Tali stratigrafie sono individuate tramite un codice composto da numeri e lettere che è stato utilizzato anche nella presente relazione.

Stante ciò and ogni EPI è stato associato un terreno caratterizzato dalla corrispondente stratigrafia tipo individuata nello studio d'impatto ambientale [18].

La seguente tabella riporta le velocità delle onde di taglio negli strati superficiali (spessori 5 – 15 m ) relative alle stratigrafie tipo utilizzate nel presente studio ossia quelle afferenti agli EPI individuati.



Tabella 4.9-7: Velocità delle onde di taglio per le varie stratigrafie tipo

Tratta geotecnica considerata omogenea	Velocità delle onde di taglio $V_s$ (m/s)
1	280
2	240
3	200
4	230
6	240
5	240
6°	200
7	200
9	210
10	210
11	180
11c	220
12	180
12d	140
13	200
14	200
L	Variabile

Nella tabella precedente la tratta omogenea indicata con "L" si riferisce alla zona di Lonato per cui è stata eseguita un'analisi integrativa. Determinate le velocità delle onde di taglio caratterizzanti i terreni in prossimità degli EPI si sono calcolati i relativi valori delle velocità delle onde di compressione  $V_p$  e di quelle di superficie  $V_r$  mediante relazioni "classiche" della dinamica dei terreni [19]

dove stato è posto il Modulo di Poisson pari a  $\nu = 0,47$

Per quanto attiene ai terreni adiacenti alla galleria di Lonato, in relazione all'importanza dell'opera, i dati provenienti dallo studio d'impatto ambientale sono stati integrati mediante altri dati provenienti da prove penetrometriche eseguite successivamente allo studio d'impatto ambientale stesso e da prove cross hole.

I risultati delle prove NSPT eseguite lungo la galleria di Lonato, interpretate con la correlazione di Ohta e Goto (1978), sono riassunte nel seguente grafico:

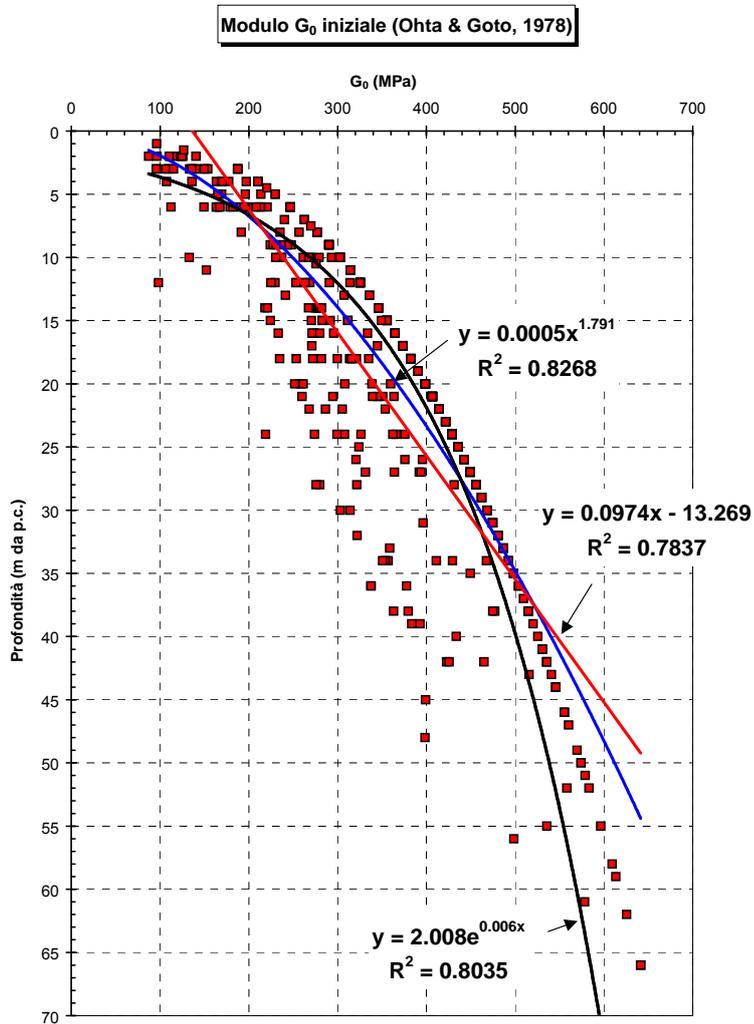


Figura 4.9-7 Valori di  $G_0$  ricavati da prove NSPT con la correlazione di Ohta e Goto (1978).



I dati di  $G_o$  (e di conseguenza di  $V_s$ ) ricavati dalle correlazione con le prove penetrometriche sono stati integrati con quelli misurati direttamente in sito mediante prove Cross Hole eseguite nei terreni interessati dalla galleria di Lonato. In particolare dette prove Cross Hole sono state eseguite nei seguenti fori di sondaggio:

- 3ss065            progressiva 105+100
- 3ss073            progressiva 10+500

I risultati del confronto sono riportati nella seguente Figura 4.9-8.

In detta figura, per rappresentare i dati provenienti da SPT è stata utilizzata la curva di regressione  $z = 0.0005 * G_o^{1.791}$  illustrata nella Figura 4.9-7. Inoltre i valori di  $G_o$  sono stati trasposti in valori di velocità mediante la relazione  $G_o = \rho V_s^2$ .

Poiché a valori maggiori delle velocità di propagazione delle onde di taglio corrispondono minori valori di attenuazione della vibrazione nel terreno si è scelto, a favore di sicurezza, di prendere a riferimento i profili di  $V_s$  provenienti dalle prove Cross Hole.

In particolare si è scelto di prendere a riferimento i dati di  $V_s$  provenienti dal foro di sondaggio 3ss073. Questa scelta è stata fatta in base alle seguenti considerazioni:

- i dati relativi al sondaggio 3ss065 sono relativi a terreni presenti immediatamente prima dell'inizio della galleria naturale di Lonato.
- I dati relativi al sondaggio 3ss073 sono relativi a terreni effettivamente impegnati dalla galleria di lonato
- I valori provenienti dalla cross Hole 3ss073 risultano più conservativi rispetto a quelli provenienti dalla cross hole 3ss065.



### Andamento della velocità di propagazione delle onde di Taglio

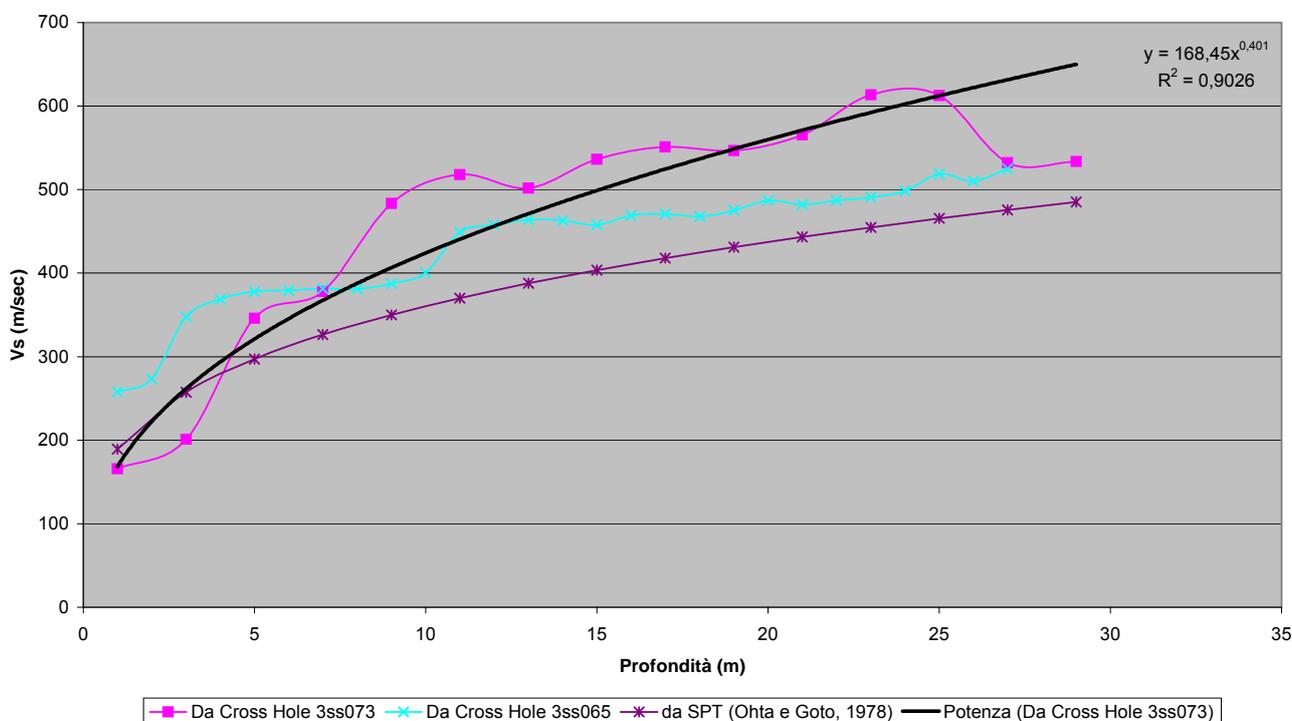


Figura 4.9-8 Confronto tra i valori di  $V_s$  ricavati da prove Cross Hole e da Prove SPT

Al fine di determinare un'equazione matematica che esprima il variare del valore delle  $V_s$  con la profondità si è scelto di approssimare i valori effettivamente misurati con una linea di tendenza (Figura 4.9-8).

Analogha tecnica di approssimazione è stata eseguita al fine di stabilire la relazione per le Velocità di propagazione delle onde di compressione  $V_p$ . La seguente figura illustra i dati misurati nella prova cross hole e la linea di tendenza adottata.

## Andamento della velocità di propagazione delle onde di compressione

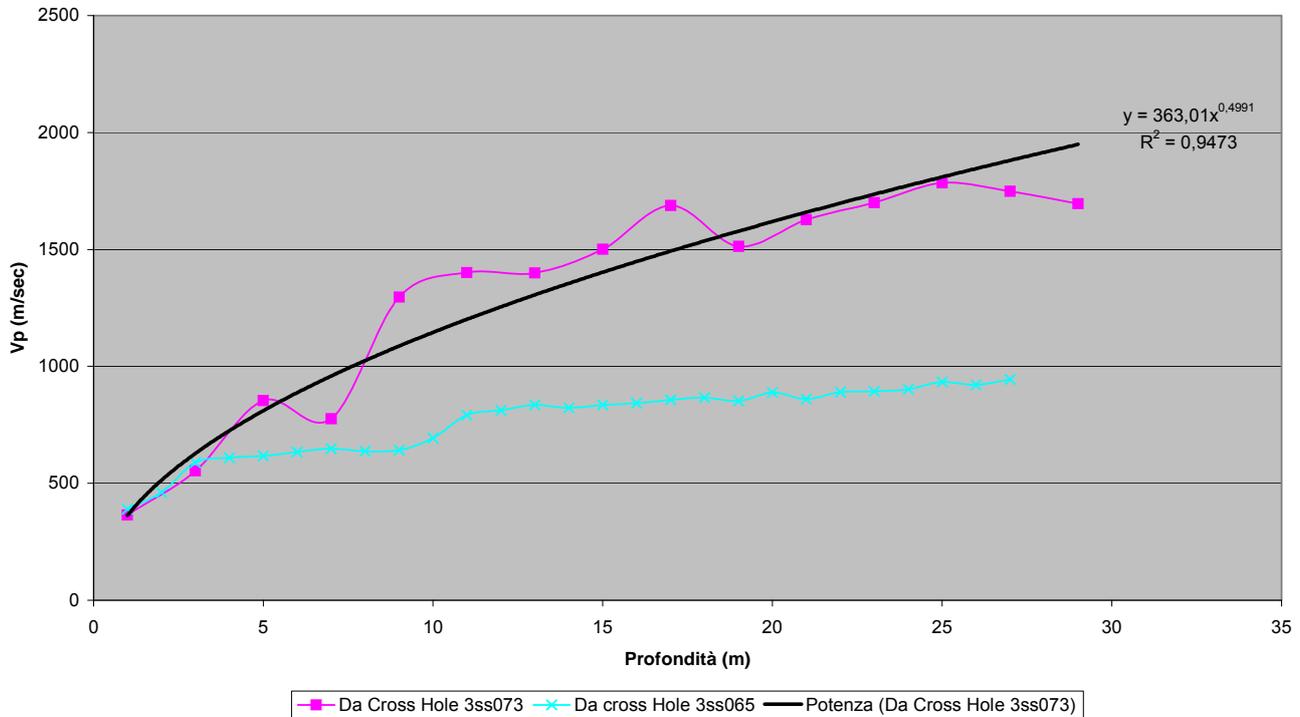


Figura 4.9-9 Andamento delle velocità delle onde di compressione con la profondità

In base a quanto esposto si assumono le seguenti leggi di variazioni delle velocità di propagazione delle onde nel terreno:

Tabella 4.9-8: Profili di variazione delle velocità delle onde nel terreno

Tipo onde	Equazione (m/s)
Taglio	$V_s = 168 \cdot z^{0.4}$
Compressione	$V_p = 363 \cdot z^{0.5}$
Superficie	$V_r = 0.9 V_s$ in superficie = 200

Nella precedente tabella z rappresenta la profondità del terreno espressa in metri mentre le velocità sono espresse in metri al secondo.

#### 4.9.6.3 Modello di esercizio

Nelle tratte oggetto di studio sono da prevedere i flussi ferroviari riportati nelle due seguenti tabelle, dedotti dal Programma di Esercizio della Linea ferroviaria:

	N <sub>6-22</sub>	N <sub>22-6</sub>	Vel <sub>6-22</sub> (Km/h)	Vel <sub>22-6</sub> (Km/h)
<b>AV [68+315 ÷ 93+700]</b>				
ES	29	3	300.0	300.0
IC	0	4	200.0	160.0
SFR	0	0	160.0	160.0
MERCI	39	78	120.0	120.0
TOTALE	68	85		
<b>AV [93+700 ÷ 100+500]</b>				
ES	29	3	250.0	250.0
IC	0	4	200.0	160.0
SFR	0	0	160.0	160.0
MERCI	39	78	120.0	120.0
TOTALE	68	85		
<b>AV [100+500 ÷ 133+600]</b>				
ES	58	6	300.0	300.0
IC	1	13	200.0	160.0
SFR	0	0	160.0	160.0
MERCI	40	82	120.0	120.0
TOTALE	99	101		

#### 4.9.6.4 Individuazione del treno progetto

Per treno di progetto si intende quella tipologia di convoglio ferroviario caratterizzato dalla massima emissione vibrante in termini di Livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza secondo il filtro per assi combinati UNI 9614 (Lw).

Poiché sulle tratte ferroviarie oggetto di studio risulta variabile la velocità di progetto e poiché la vibrazione indotta dai treni dipende dalla velocità di transito (paragrafo 4.9.2), il treno di progetto varierà da tratta a tratta caratterizzata da uguale velocità di progetto.

Nel confrontare l'emissione vibrante delle varie tipologie di treno transitanti è necessario tenere conto delle velocità di percorrenza che ognuna di esse ha nella tratta in esame. La tabella di cui al capitolo precedente illustra le velocità di transito delle varie tipologie di treno per ogni velocità di progetto prevista per le opere ferroviarie.

Dunque al fine di determinare il treno progetto è stato necessario reperire dati inerenti le emissioni vibranti dei treni circolanti in una situazione di corpo ferroviario con un armamento di tipo A.V. Si è potuto fare riferimento allo studio [7] in cui sono stati misurati, in una galleria e in un tratto a raso della linea A.V. "Direttissima" Roma-Firenze, gli spettri dell'accelerazione indotta dai convogli ferroviari sulla traversa ferroviaria. In particolare gli spettri sono stati misurati in direzione verticale e in direzione trasversale alla linea ferroviaria.

Al fine di determinare il treno progetto i dati disponibili misurati sulla traversa ferroviaria sono stati raggruppati per tipologia di convoglio ferroviario. Di seguito i dati misurati sono stati correlati alle velocità di transito. Al fine di determinare le emissioni vibranti alla velocità di transito i dati misurati sono stati utilizzati per calibrare la seguente relazione proposta da [1]:

$$L(v) = L(v_0) + \alpha \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right)$$

o dalla sua equivalente in termini di valori anziché livelli:

$$a(v) = a(v_0) \times \left(\frac{v}{v_0}\right)^{\alpha/20}$$

Il coefficiente  $\alpha$  nelle equazioni precedenti è stato calcolato in modo da minimizzare gli scarti quadratici tra i valori teorici dati dalle suddette relazioni e quelli realmente misurati.

Tale criterio ha condotto alla definizione degli spettri sulla traversa relativi ai vari treni progetto.

Poiché tali spettri risultano dedotti da misure eseguite su una tratta caratterizzata da una sovrastruttura ferroviaria di tipo A.V. possono essere ritenuti estendibili anche per altre linee ferroviarie caratterizzate dallo stesso tipo di sovrastruttura come quella oggetto di studio.



#### 4.9.6.4.1 *Treno progetto nei tratti in galleria*

Nella Figura 4.9-10 e nella Figura 4.9-11 si riportano i grafici che rappresentano il risultato del lavoro svolto analizzando gli spettri misurati [7] sulla traversa ferroviaria nel tratto in galleria per i treni ETR 500 . Poiché nei tratti in galleria la velocità di progetto della linea è 300 km/h i valori di accelerazione sono stati estrapolati alla velocità di transito di 300 km/h.

Dai grafici riportati emerge quanto riportato nel seguito:

- Le vibrazioni misurate in direzioni verticale sono di gran lunga superiori a quelle misurate trasversalmente alla linea ferroviaria; risultato atteso in relazione al fenomeno in oggetto
- A parità di tipologia di convoglio ferroviario vi è una sensibile dispersione del dato;
- Tale dispersione del dato si conferma anche con velocità di transito simili (cfr in due treni ETR 500 con velocità di 220 km /h).

In merito a questo ultimo punto, tale aspetto è senz'altro da attribuire alle diversità esistenti tra treno e treno (anche della stessa tipologia) in termini di manutenzione delle ruote e delle sospensioni. Si ricorda che uno stato pessimo delle ruote in termini di corrugazione e appiattimenti può comportare un incremento dell'energia vibrante fino a 20 dB [1]. In ogni caso dai grafici precedenti si conferma una decisa importanza della velocità di transito sulla vibrazione generata. Ad esempio, per treni ETR 500, la vibrazione verticale passa da 60 a 170 mm/s<sup>2</sup> al variare della velocità da 80 a 250 km/h: si ha dunque un incremento assoluto di circa 8 dB con un tasso di crescita di circa 5 dB per ogni raddoppio della velocità.

All'interno del quadro che emerge dai dati sperimentali l'utilizzo della relazione proposta, calibrata minimizzando gli scarti quadratici tra valori misurati e quelli teorici, porta a descrivere l'incremento della vibrazione con la velocità in condizioni manutentive del treno medie.

La Figura 4.9-12 e la Figura 4.9-13 riportano i grafici che rappresentano il risultato del lavoro svolto per i treni IC in galleria. Poiché nei tratti con velocità di progetto di 300 km/h è previsto il transito di treni IC alla velocità di 200 km/h i valori di accelerazione sono stati estrapolati alla velocità di 200 km/h.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
413

L'analisi dei dati si conferma quanto già esposto per i transiti ETR. In particolare la dispersione del dato sembra ancora più accentuata. Tale aspetto è senz'altro da attribuirsi al fatto che i convogli IC sono composti da materiale rotabile di diversa tipologia contrariamente agli ETR che risultano composti da una sola tipologia di materiale rotabile. Nel caso dei convogli IC l'influenza della velocità sembra ancor più marcata e valutabile, in direzione verticale, in un incremento dell'ordine di 7 dB a raddoppio. L'attendibilità di tale incremento è però funzione della forte dispersione del dato presente per i convogli IC.

Vibrazione emessa da ETR500- Traversa - Verticale: aw al variare della velocità di transito

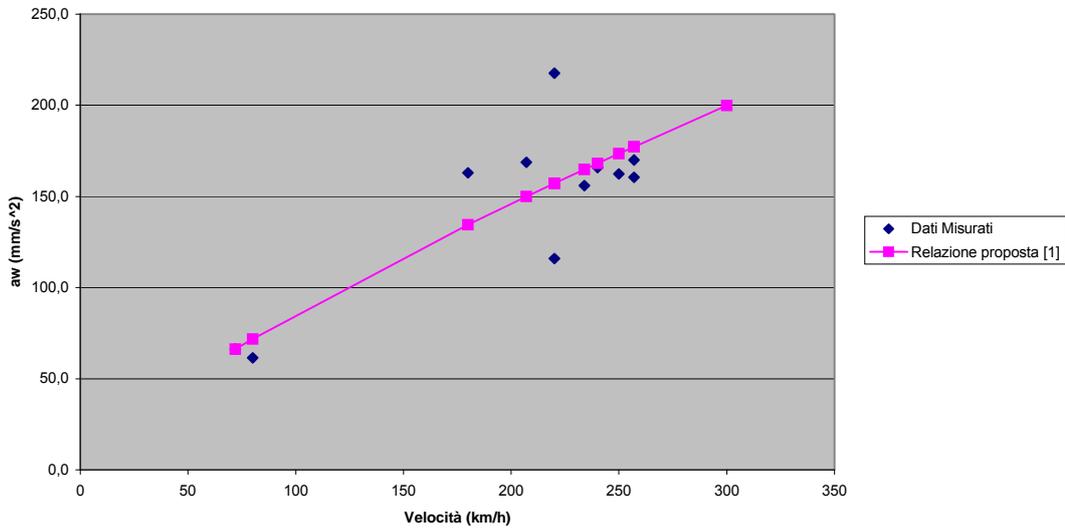


Figura 4.9-10 variazione di aw verticale sulla traversa con la velocità per i treni ETR 500 – Tratti Galleria

Vibrazione emessa da ETR500 - Taversa - Trasversale: aw al variare della velocità di transito

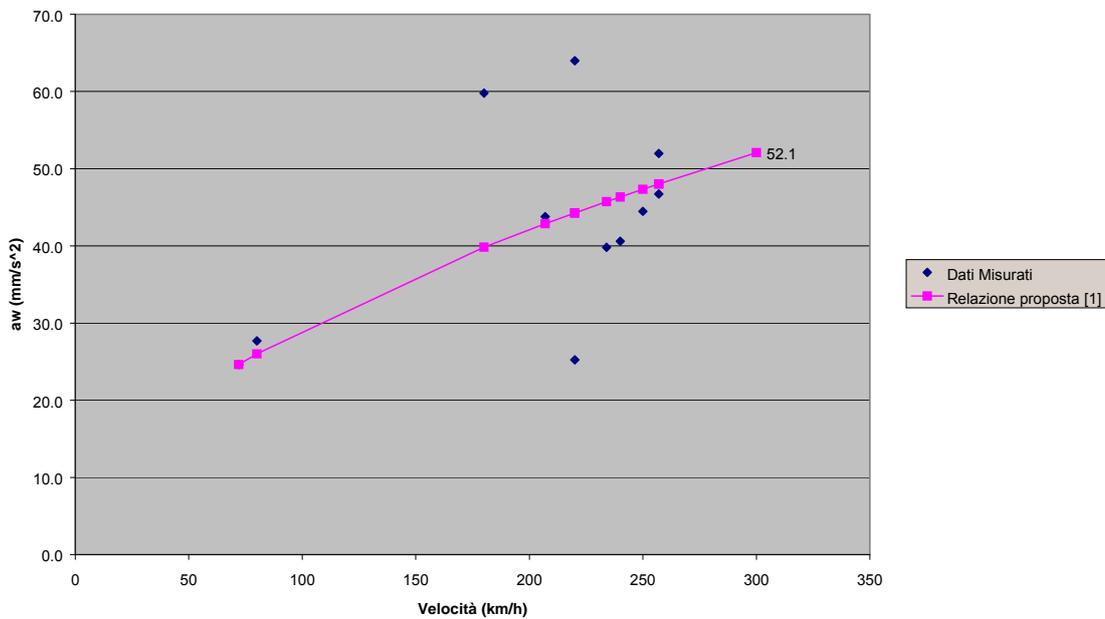


Figura 4.9-11 variazione di aw trasversale sulla traversa con la velocità per i treni ETR 500 – Tratti Galleria

Vibrazione emessa da IC- Traversa - Verticale: aw al variare della velocità di transito

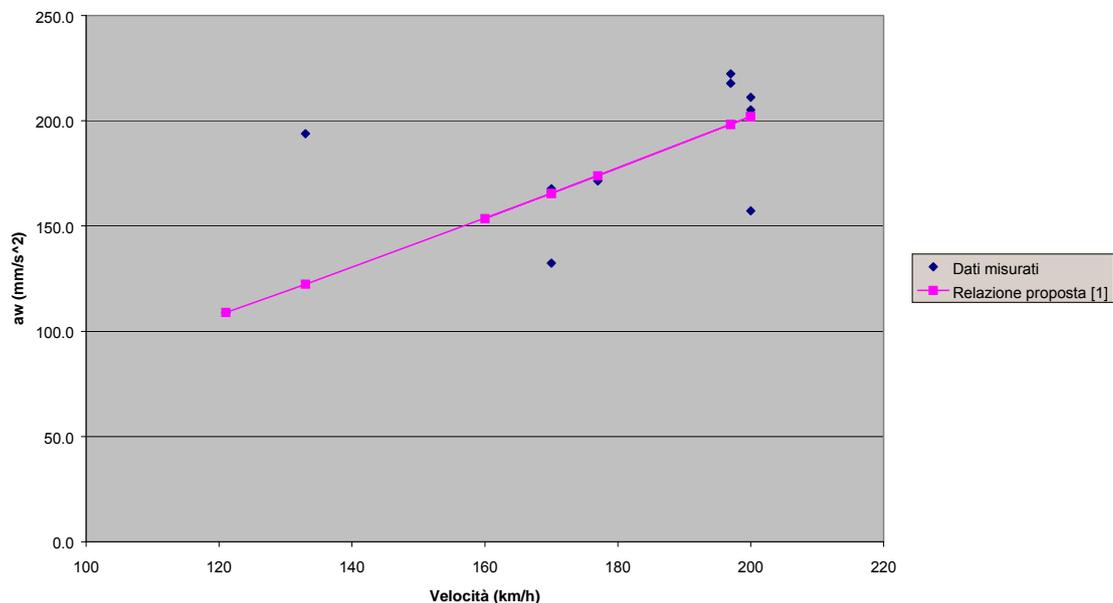


Figura 4.9-12 variazione di aw Verticale sulla traversa con la velocità per i treni IC – Tratti Galleria

Vibrazione emessa da IC - Traversa - Trasversale: aw al variare della velocità di transito

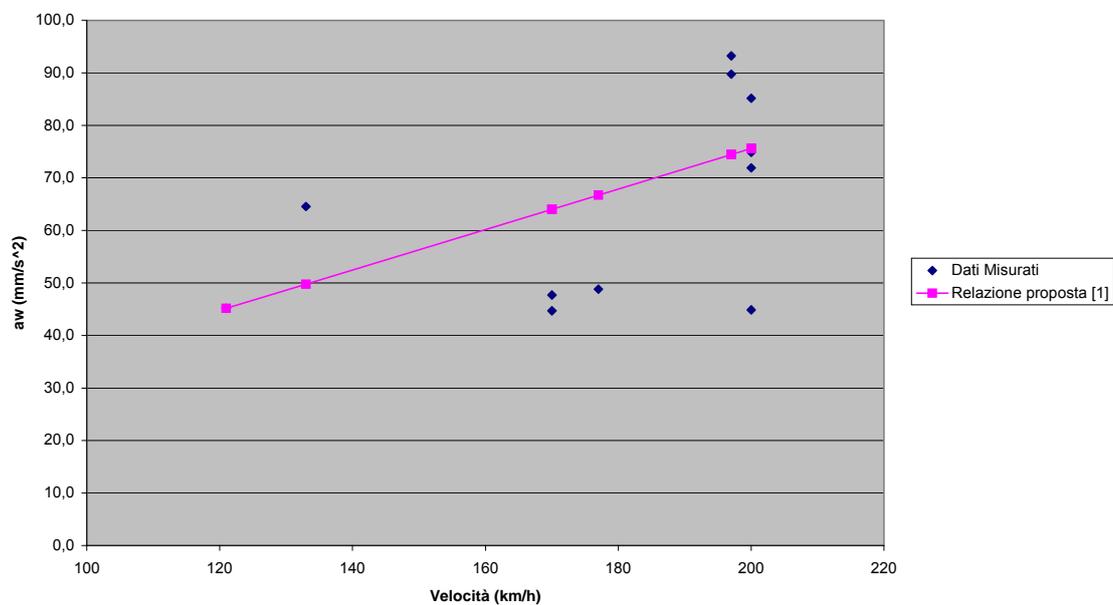


Figura 4.9-13 variazione di aw Trasversale sulla traversa con la velocità per i treni IC – Tratti Galleria



La mancanza di dati inerenti al transito di treni merci e SFR non ha reso possibile eseguire il lavoro fatto per ETR e IC anche per queste tipologie di treno. Tuttavia l'influenza del parametro velocità sulla vibrazione emessa appare talmente marcata che, lungo la linea A.V., ove sono presenti gallerie, si ritiene che il transito di treni merci alla velocità di 120 km/h o di SFR a 160 km/h non possa generare vibrazioni sensibilmente superiori a quelle indotte dai treni caratterizzati da velocità di transito elevate quali gli ETR 500 e gli IC.

Nelle due tabelle seguenti viene riportata la sintesi del lavoro svolto per i tratti in galleria. In particolare, per ogni treno si riportano i valori  $\alpha$  relativi alle equazioni proposte da [1] e i valori di  $a_w$  e  $L_w$  estrapolati alle varie velocità di transito.

*Tabella 4.9-9: Livelli di emissione verticale di accelerazione ponderata in frequenza relativi ai treni circolanti - Galleria*

Tipo di treno	Velocità transito (km/h)	Vibrazione Verticale alla traversa		
		$\alpha$ (dB)	$L_w$ progetto (dB)	$a_w$ progetto (mm/s <sup>2</sup> )
ETR 500	300	15.5	106.0	199.8
IC	200	24.6	106.0	201

*Tabella 4.9-10 Livelli di emissione trasversale di accelerazione ponderata in frequenza relativi ai treni circolanti - Galleria*

Tipo di treno	Velocità transito (km/h)	Vibrazione Trasversale alla traversa		
		$\alpha$ (dB)	$L_w$ progetto (dB)	$a_w$ progetto (mm/s <sup>2</sup> )
ETR 500	300	10.5	94.3	52.1
IC	200	20	97.6	75.6

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
417

Dalla prima tabella si deduce che per quanto attiene alle vibrazioni verticali estrapolate alle velocità di transito vi è una sostanziale equivalenza tra le due tipologie di treno. Al contrario la tabella successiva illustra che trasversalmente la vibrazione emessa da IC risulta superiore a quella dell'ETR.

In considerazione di quanto ottenuto e secondo i criteri progettuali adottati, nei tratti in galleria viene assunto quale treno progetto, il treno IC ad una velocità di transito di 200 km/h.

Ai fini della definizione degli spettri di emissione alla traversa dei treni IC in corrispondenza della velocità di transito di 200 km/h si è operato come di seguito esposto:

Sono estratti e considerati gli spettri misurati per le velocità più prossime a 200 km/h;

Tali spettri sono stati mediati tra loro aritmeticamente

Le figure seguenti illustrano, per la componente verticale e trasversale, gli spettri misurati alle velocità comprese tra 197 e 200 km/h e il loro valore medio che costituisce lo spettro sulla traversa del treno di progetto "IC 200 km/h".

**Spettro della Vibrazione emessa da IC - Verticale**

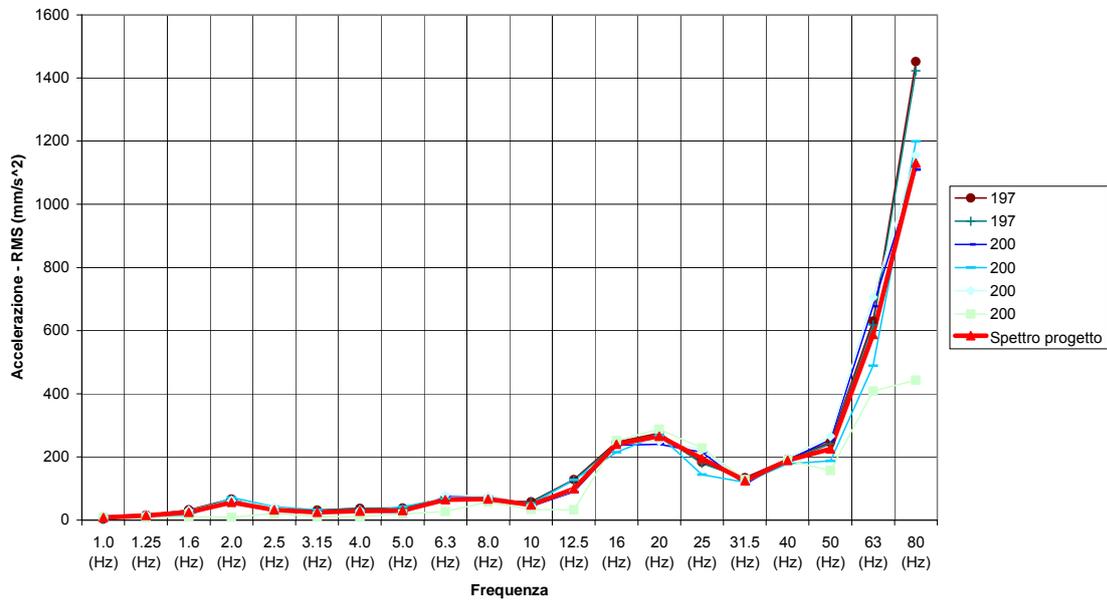


Figura 4.9-14 Spettro sulla traversa del treno IC alla velocità di 200 km/h - Componente Verticale

**Spettro della vibrazione emessa da IC - Trasversale**

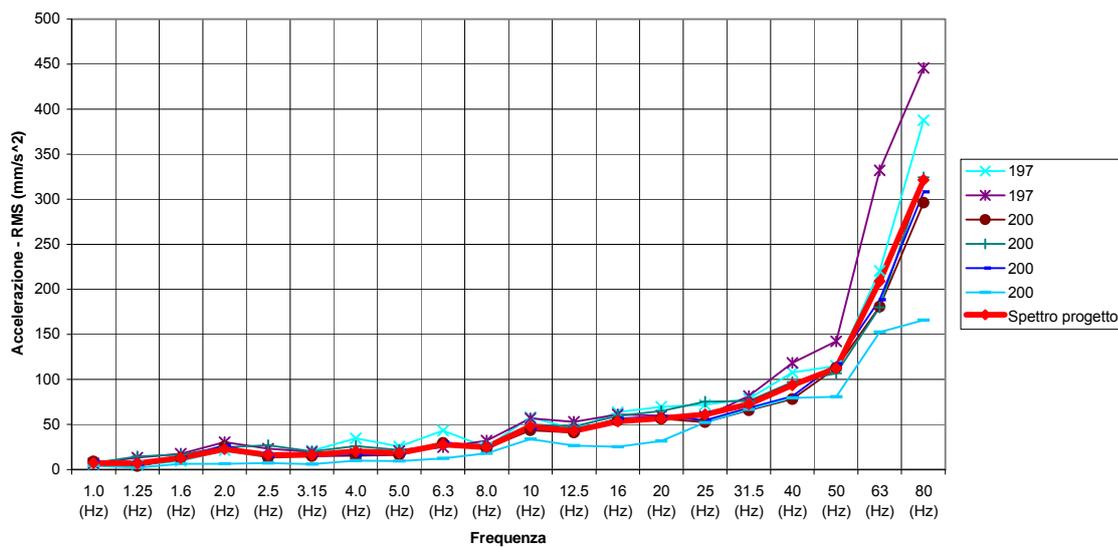


Figura 4.9-15 Spettro sulla traversa del treno IC alla velocità di 200 km/h - Componente Trasversale



#### 4.9.6.4.2 *Treno progetto nei tratti allo scoperto*

La Figura 4.9-16 riporta il grafico che rappresenta il risultato del lavoro svolto elaborando i dati sulla traversa misurati nel tratto a raso della linea "direttissima" [7] per i treni ETR. La figura si riferisce alle vibrazioni verticali che, come detto, risultano preponderanti rispetto a quelle trasversali. Poiché nei tratti allo scoperto la velocità di progetto, per la tratta oggetto di studio, può essere pari a 200, 250 e 300 km/h, i valori di accelerazione sono stati estrapolati alle tali velocità in quanto sono quelle a cui transiteranno gli ETR. La figura illustra una minore dispersione dei dati sperimentali rispetto alle misure in galleria e una maggior dipendenza dalla velocità di transito risultato dell'ordine di 10 dB per ogni raddoppio della velocità.

La Figura 4.9-17 illustra la dipendenza dalla velocità della vibrazione verticale sulla traversa per il transito di treni IC. In questo caso, indipendentemente dalla velocità di progetto della tratta, la velocità di percorrenza di riferimento va assunta pari a 200 km/h. Il dato risulta moderatamente disperso e la dipendenza della velocità è dell'ordine 6.5 dB a raddoppio.

La seguente Figura 4.9-18 mette a confronto le due curve teoriche riportate nelle Figura 4.9-16 e Figura 4.9-17.

L'accelerazione ponderata in frequenza è riportata in termini di livelli anziché di valori. La figura illustra che:

- Nel caso di velocità di progetto della linea pari a 250 e 300 km/h il treno ETR 500 risulta più impattante del treno IC che comunque risulta caratterizzato da velocità di transito di 200 km/h;
- nel caso di velocità di progetto pari a 200 km/h il treno IC risulta più gravoso del treno ETR in quanto la velocità di quest'ultimo viene limitata a 200 km/h.

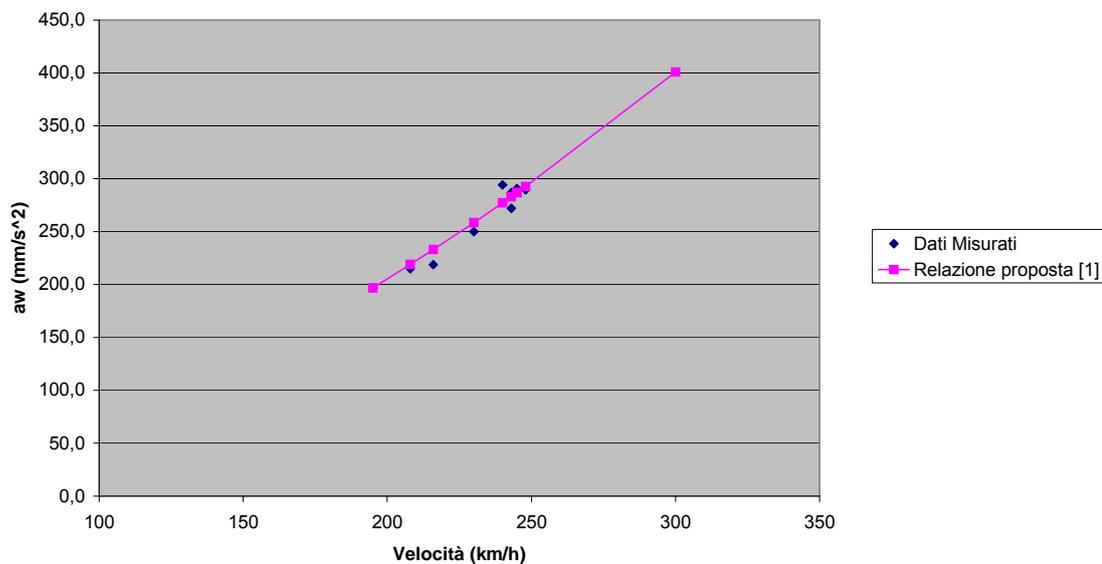
**Vibrazione emessa da ETR500- Traversa - Verticale:  $a_w$  al variare della velocità di transito**

Figura 4.9-16 variazione di  $a_w$  Verticale sulla traversa con la velocità per i treni ETR – Tratti allo scoperto

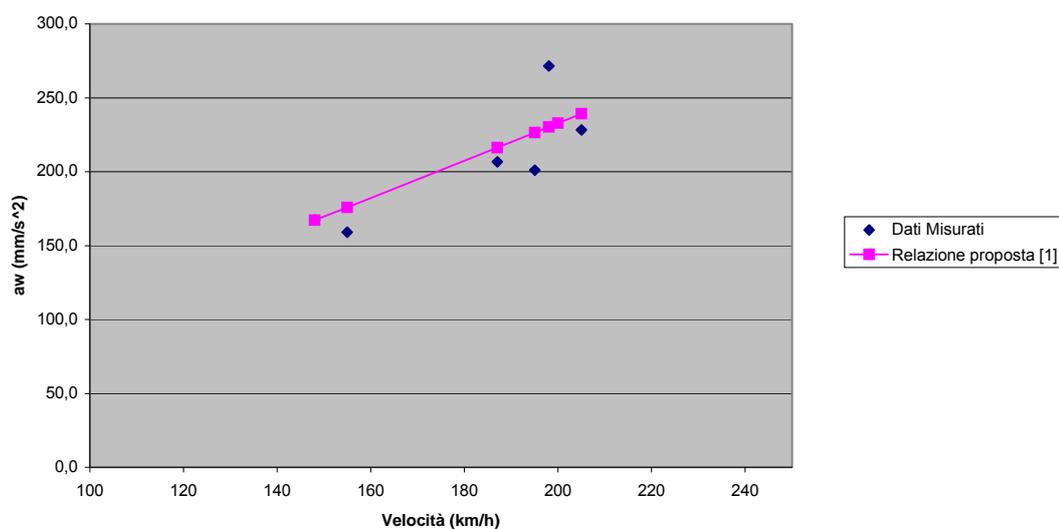
**Vibrazione emessa da IC- Traversa - Verticale:  $a_w$  al variare della velocità di transito**

Figura 4.9-17 variazione di  $a_w$  Verticale sulla traversa con la velocità per i treni IC – Tratti allo scoperto

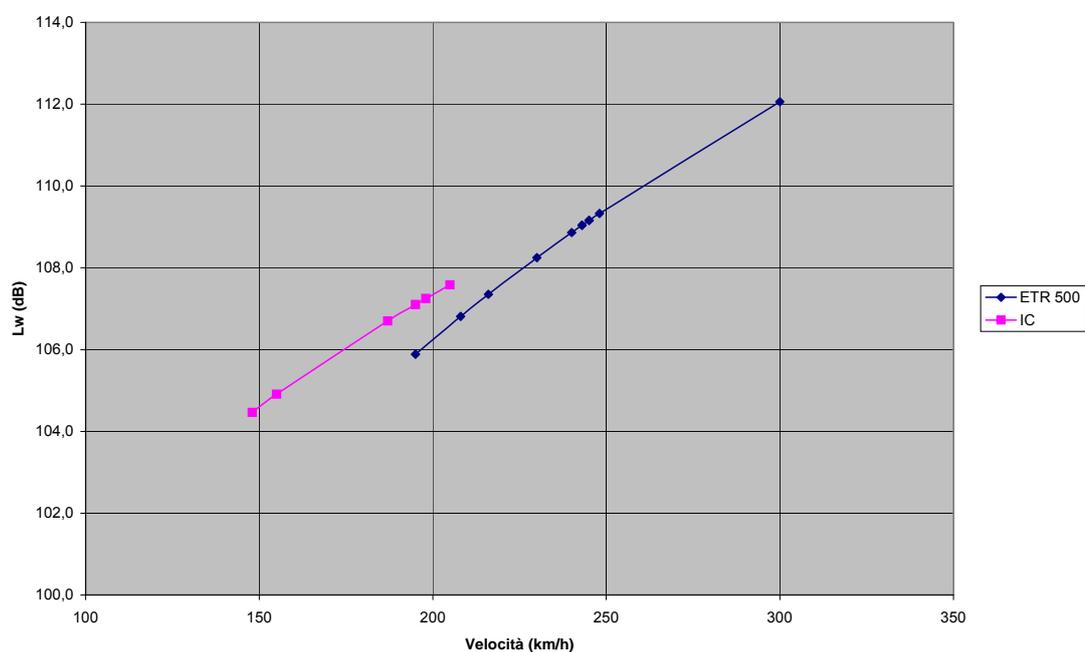


Figura 4.9-18 Confronto tra la variazione di  $a_w$  Verticale sulla traversa con la velocità per i treni IC e treni ETR – Tratti allo scoperto

Nelle due tabelle seguenti viene riportata la sintesi del lavoro svolto per i tratti allo scoperto. In particolare, per ogni treno si riportano i valori  $\alpha$  relativi alle equazioni proposte da [1] e i valori di  $a_w$  estrapolati alle varie velocità di transito.

Tabella 4.9-11: Livelli di emissione verticale di accelerazione ponderata in frequenza relativi ai treni circolanti – Tratti allo scoperto

Tipo di treno	Velocità transito (km/h)	Vibrazione Verticale traversa		
		$\alpha$ (dB)	Lw progetto (dB)	$a_w$ progetto (mm/s <sup>2</sup> )
ETR 500	300	33	112.1	401
ETR 500	250	33	109.6	297
ETR 500	200	33	106.4	206
IC	200	22	107.3	232

Tabella 4.9-12: Livelli di emissione trasversale di accelerazione ponderata in frequenza relativi ai treni circolanti – Tratti allo scoperto

Tipo di treno	Velocità transito (km/h)	Vibrazione Trasversale traversa		
		$\alpha$ (dB)	Lw progetto (dB)	$a_w$ progetto (mm/s <sup>2</sup> )
ETR 500	300	13	91	35.6
ETR 500	250	13	90	31.6
ETR 500	200	13	89.5	29.8
IC	200	19.5	90.4	33.1



Dalla Tabella 4.9-15 si denota che per quanto attiene alle vibrazioni trasversali estrapolate alle velocità di transito vi è una sostanziale equivalenza tra le due tipologie di treno. Al contrario la Tabella 4.9-14 illustra che verticalmente la vibrazione emessa da ETR risulta superiore a quella dell'IC nei soli casi in cui la sua velocità di transito è maggiore o uguale a 250 km/h.

L'analisi condotta porta a concludere che nei tratti in superficie:

- nel caso la velocità di progetto sia pari a 300 km/h il treno progetto risulta essere il treno ETR con velocità di transito a 300 km/h
- nel caso la velocità di progetto sia pari a 250 km/h il treno progetto risulta essere il treno ETR con velocità di transito a 250 km/h
- nel caso la velocità di progetto sia pari a 200 km/h il treno progetto risulta essere il treno IC con velocità di transito a 200 km/h

Al fine di definire lo spettro di emissione sulla traversa del treno ETR a 300 km/h, non essendo disponibili dati spettrali relativi a tali velocità, si è operato come di seguito esposto.

- sono stati estratti e considerati gli spettri misurati in corrispondenza delle velocità più prossime a 300 km/h ossia transiti con velocità di circa 250 km/h;
- gli spettri relativi ai predetti transiti sono stati mediati tra loro aritmeticamente
- allo spettro così determinato è stato dato un offset in modo tale che il relativo valore dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza (overall) fosse quello indicato nelle precedenti tabelle (112.1 dB per il verticale e 91 dB per il trasversale). L'offset applicato è di +3 dB per la direzione verticale e + 1.6 dB per la trasversale.

Analoghe modalità operative sono state adottate per la determinazione degli spettri alla traversa per il treno ETR a 250 km/h e IC a 200 km/h. In questi casi avendo a disposizione dati relativi a transiti con velocità uguale a quella di riferimento la correzione spettrale da applicare al fine di far concordare i valori di overall spettrali con le precedenti tabelle è stata irrilevante: 0.3 dB per di IC a 200 km/h e 0.5 dB per ETR a 250 km/h.

Nelle figure da 17 a 24, di seguito riportate, sono sintetizzati gli spettri misurati e lo spettro calcolato del treno progetto alla velocità di riferimento.

Dalla alla Figura 4.9-23 Spettro sulla traversa del treno ETR alla velocità di 300 km/h - Verticale

Figura 4.9-24 sono riportati gli spettri rilevati durante il transito di treni ETR con velocità comprese tra 240 e 248 km/h. Nelle prime due figure vengono riportati gli spettri sulla traversa per il treno progetto "ETR a 250 km/h"; nelle seconde due vengono riportati gli spettri sulla traversa per il treno progetto "ETR a 300 km/h"

Vibrazione emessa da IC - Verticale: Spettro al variare della velocità di transito

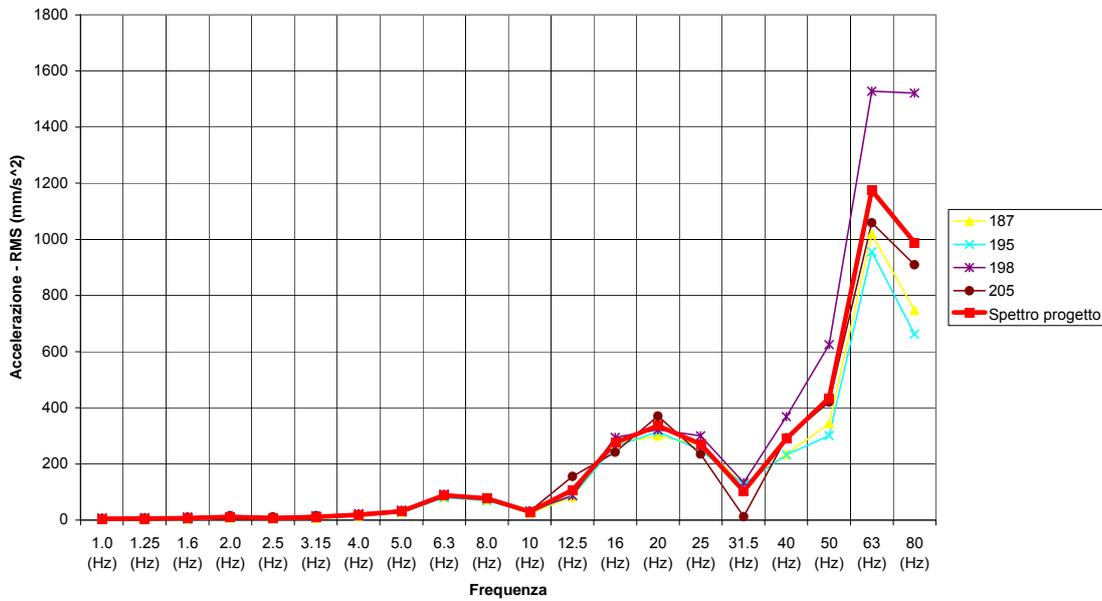


Figura 4.9-19 Spettro sulla traversa del treno IC alla velocità di 200 km/h - Verticale

Vibrazione emessa da IC - Trasversale : Spettro al variare della velocità di transito

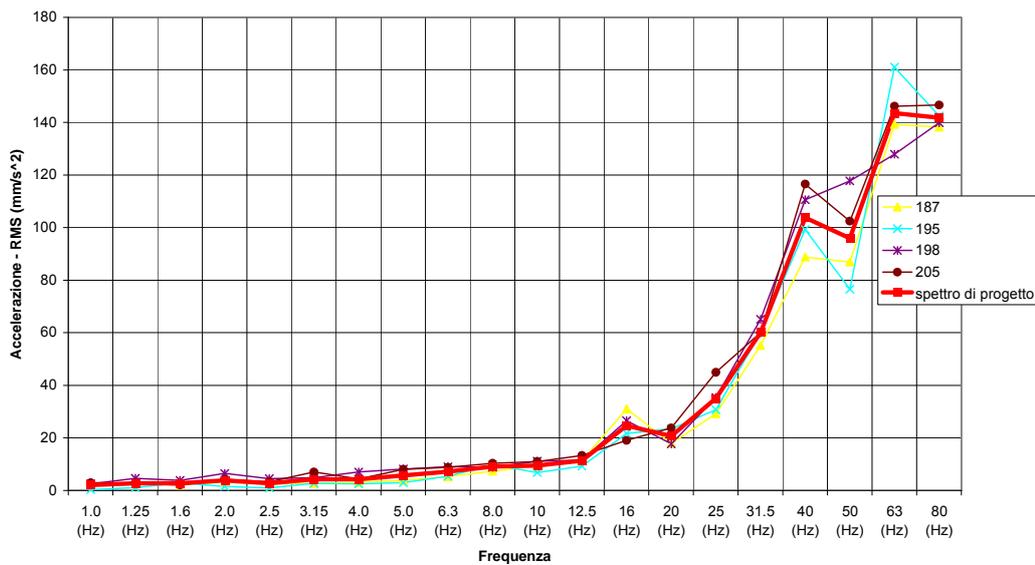


Figura 4.9-20 Spettro sulla traversa del treno IC alla velocità di 200 km/h - Trasversale

Vibrazione emessa da ETR500 - Verticale: Spettro al variare della velocità di transito

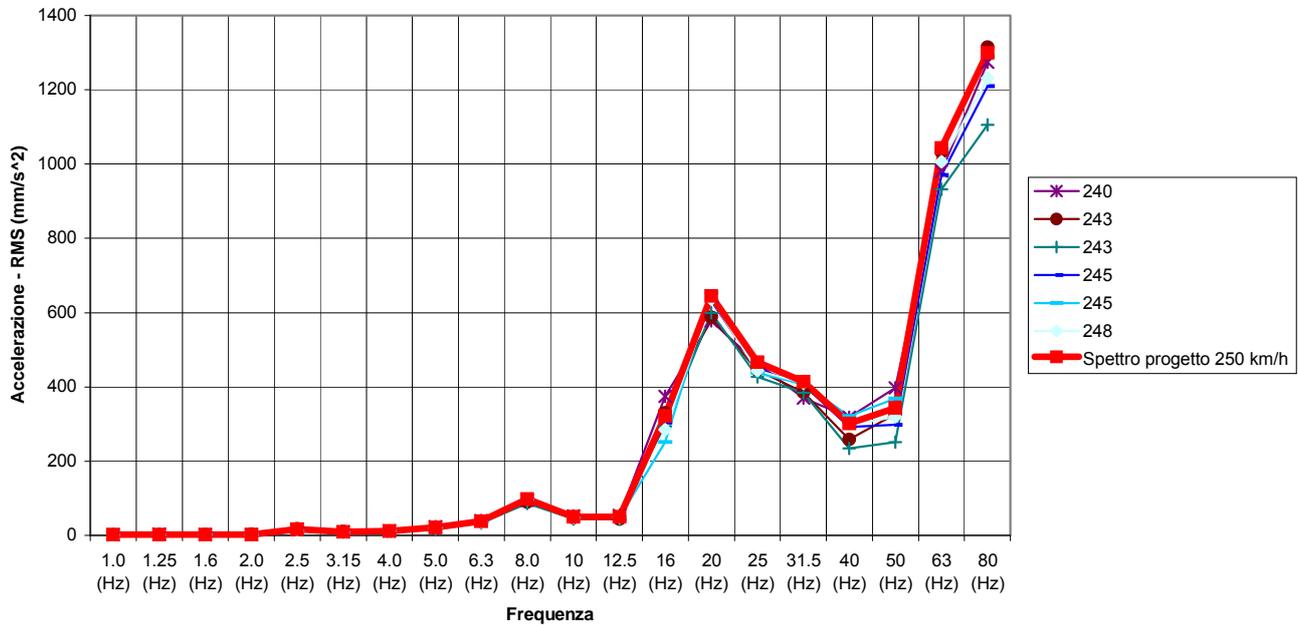


Figura 4.9-21 Spettro sulla traversa del treno ETR alla velocità di 250 km/h - Verticale

Vibrazione emessa da ETR500 - Trasversale: Spettro al variare della velocità di transito

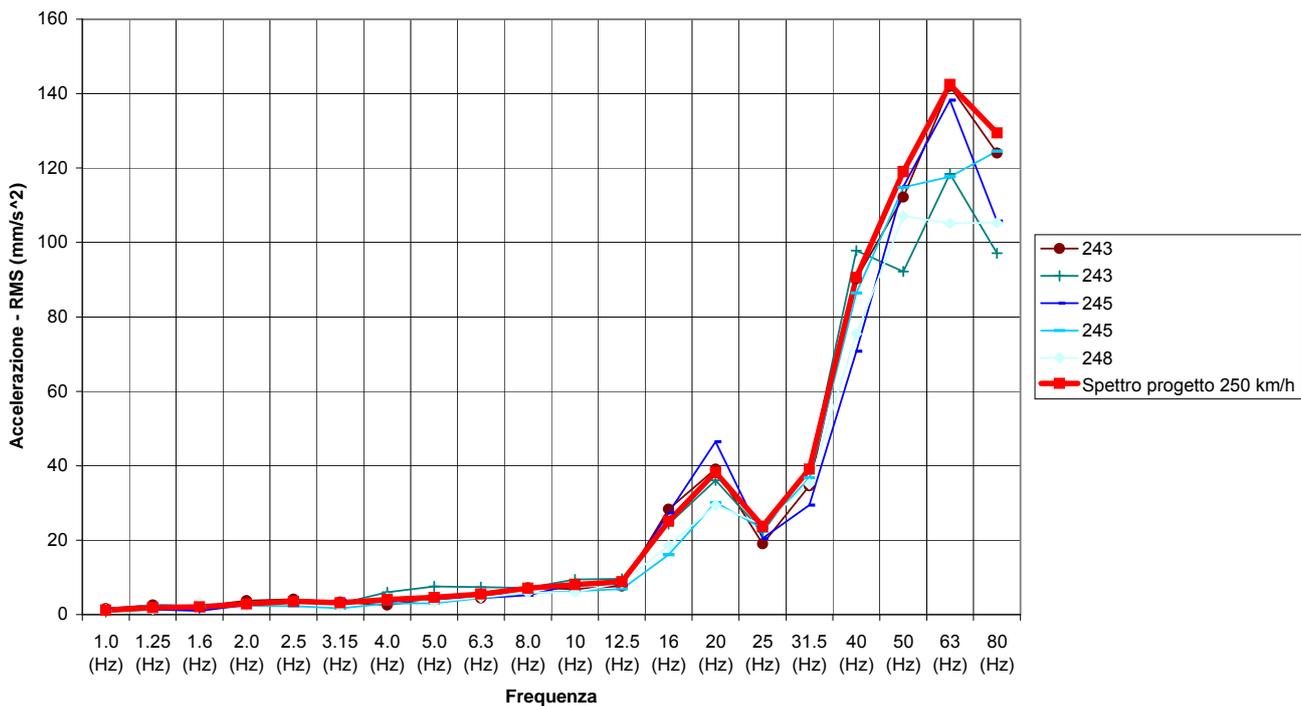


Figura 4.9-22 Spettro sulla traversa del treno ETR alla velocità di 250 km/h - Trasversale

Vibrazione emessa da ETR500 - Verticale: Spettro al variare della velocità di transito

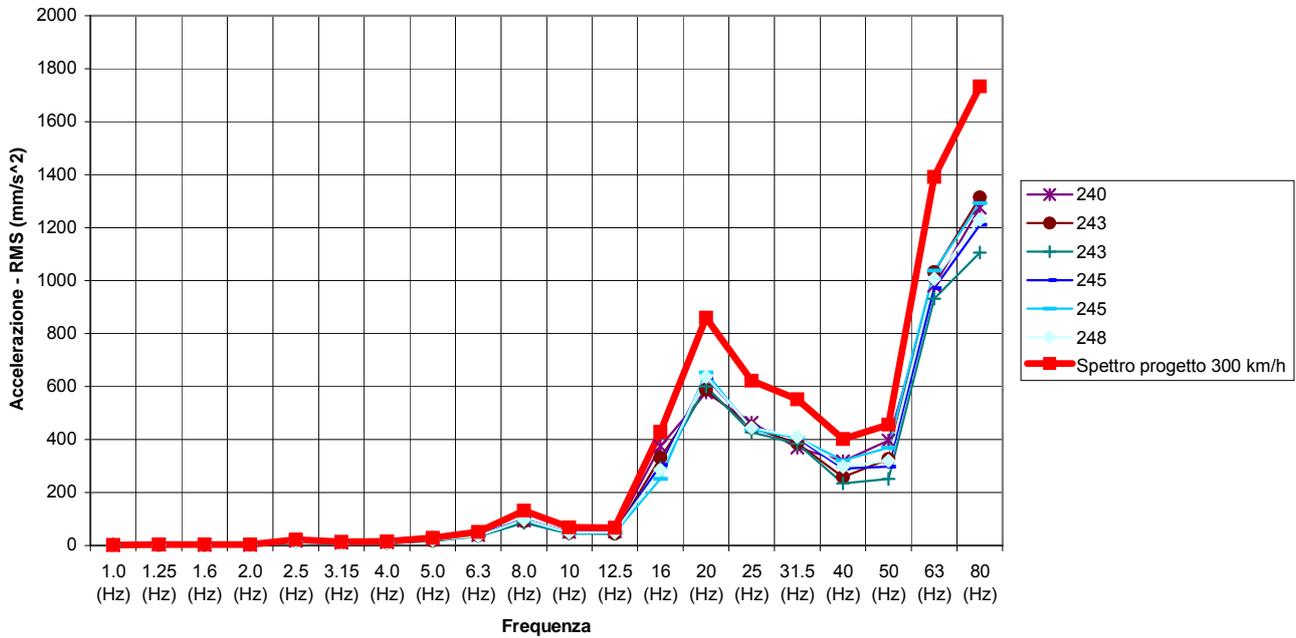


Figura 4.9-23 Spettro sulla traversa del treno ETR alla velocità di 300 km/h - Verticale

Vibrazione emessa da ETR500 - Trasversale: Spettro al variare della velocità di transito

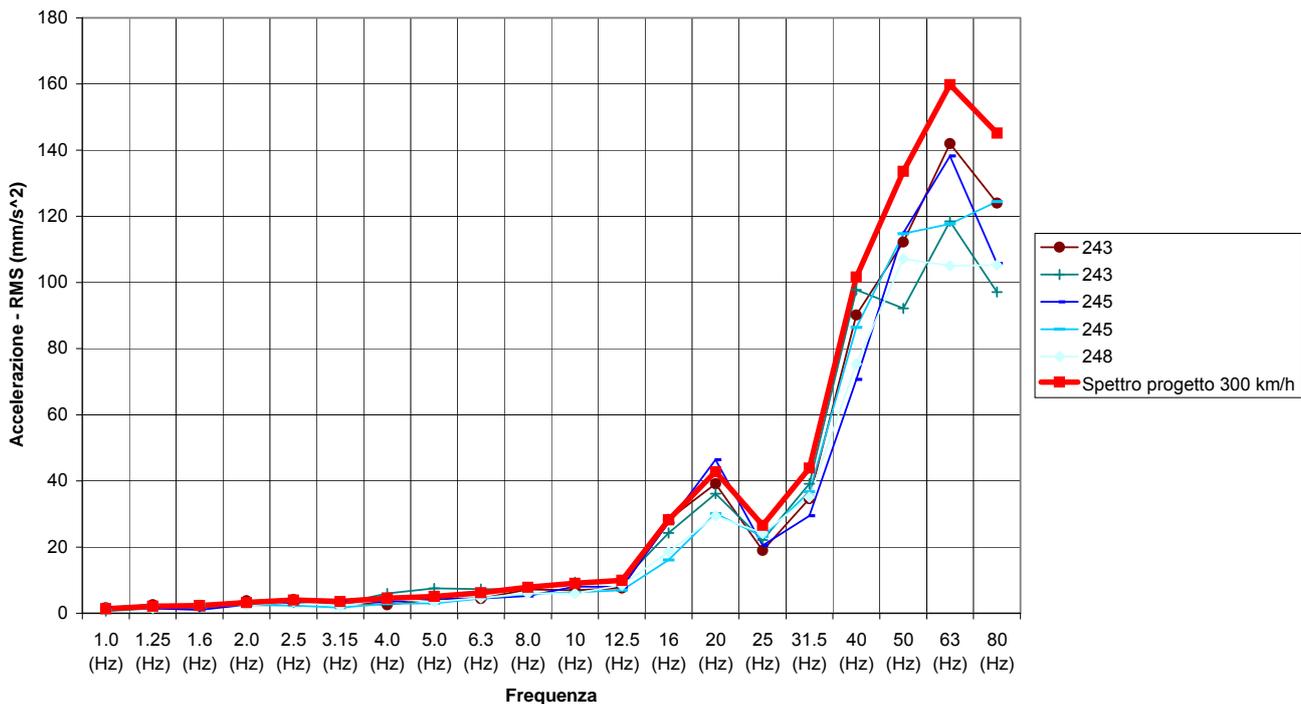


Figura 4.9-24 Spettro sulla traversa del treno ETR alla velocità di 300 km/h - Trasversale



La mancanza di dati inerenti al transito di treni merci e SFR non ha reso possibile eseguire il lavoro svolto per ETR e IC anche per queste tipologie di treno. Tuttavia l'influenza del parametro velocità sulla vibrazione emessa appare talmente marcata che, lungo la linea A.V., si ritiene che il transito di treni merci alla velocità di 120 km/h o di SFR a 160 km/h non possa generare vibrazioni superiori a quelle indotte dai treni caratterizzati da velocità di transito elevate ovvero sia gli ETR 500 e gli IC.

Differentemente, sulle interconnessioni, dove le velocità di transito delle varie tipologie di treno risultano confrontabili diventa importante valutare anche la presenza dei transiti di treni SFR e soprattutto di treni merci. In particolare poiché in corrispondenza degli EPI si hanno velocità di progetto di 100 km/h di particolare interesse risulta il transito di treni merci alla velocità di 100 km/h.

Al fine di determinare l'emissione vibrante sulla traversa del treno merci si è fatto riferimento ai risultati di alcune misure eseguite al margine della linea ferroviaria, caratterizzata da armamento di tipo A.V., Bologna-Verona.

Tali rilievi sono stati eseguiti l' 8 e il 9 luglio 2004 nel Comune di Nogara in prossimità della progressiva 88+000 della linea A.V. Bologna-Verona. In particolare è stata posta una terna di accelerometri Piezoelettrici al margine del corpo ferroviario, che nel punto in oggetto risulta essere in rilevato di circa 1.5 m, ad una distanza di circa 10 m dal binario esterno. La seguente figura rappresenta la postazione di misura.



Figura 4.9-25 Postazione di misura a margine della linea ferroviaria A.V. Bologna - Verona



Il rilievo ha permesso di misurare le vibrazioni che sono indotte da:

- convogli ferroviari MERCI con velocità di transito prossime ai 100 km/h
- convogli ferroviari ETR 500 con velocità di transito prossime ai 160 km/h.

Al fine di determinare lo spettro della vibrazione sulla traversa del treno merci è stato necessario calcolare la funzione di trasferimento della vibrazione dalla traversa ferroviaria al piede del rilevato nel sito di misura.

In linea generale questa operazione può essere condotta confrontando gli spettri delle vibrazioni presenti nei due punti in corrispondenza di transiti analoghi in termini di tipologia di treno e di velocità di percorrenza. Nel caso specifico, questa operazione è stata eseguita confrontando:

- le vibrazioni sulla traversa del treno ETR ad una velocità di 160 km/h;
- le vibrazioni misurate al piede del rilevato nel sito di nogara relative al treno ETR ad una velocità di 160 km/h.

La prima delle due informazioni è nota dall'analisi delle vibrazioni indotte sulla traversa ferroviaria eseguita come descritto precedentemente. La seconda informazione è nota dalle misure di vibrazioni eseguite nel sito di Nogara in corrispondenza del transito di treni ETR con velocità prossime ai 160 km/h.

Il confronto degli spettri ha permesso il calcolo della funzione di trasferimento della vibrazione in una condizione di rilevato ferroviario dell'altezza di 1.5 m (sito di Nogara) rappresentata nella seguente figura.

La vibrazione sulla traversa indotta dai treni merci a 100 km/h può essere dedotta a partire dai valori registrati nel sito di Nogara applicando a ritroso la funzione di trasferimento del sito dedotta come sopra descritto.

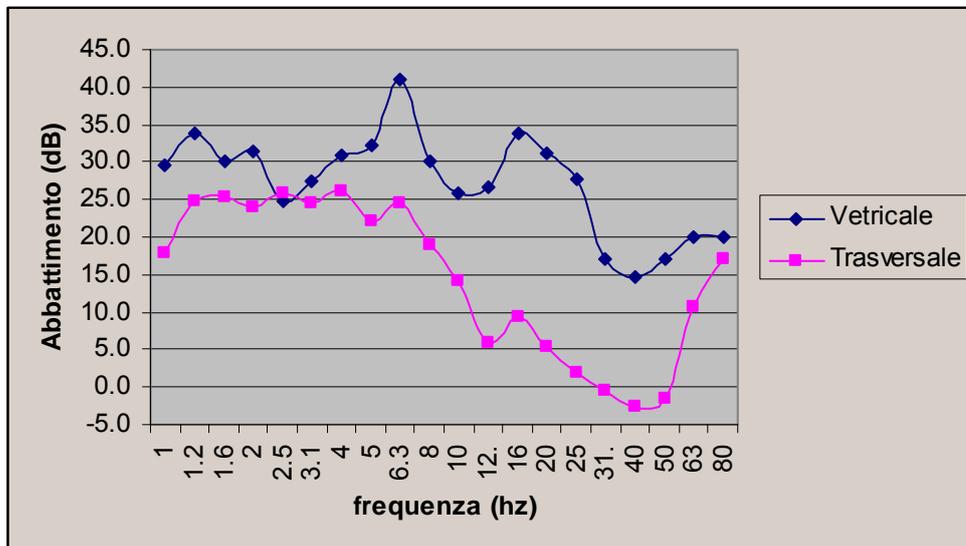


Figura 4.9-26 Funzione di trasferimento traversa-base del rilevato ferroviario

La seguente figura illustra lo spettro alla traversa del treno Merci alla velocità di transito di 100 km/h dedotto nel modo esposto.

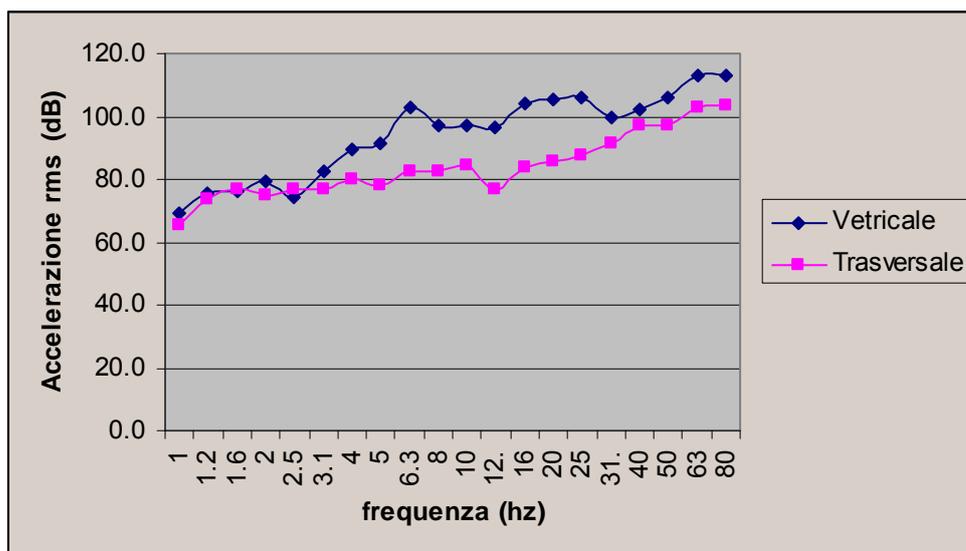


Figura 4.9-27 Spettro sulla traversa del treno Merci alla velocità di 100 km/h - Verticale e trasversale



Ai fini di un confronto con i valori delle seguenti tabelle di seguito si riportano i livelli overall pesati in frequenza relativi al treno merci a 100 km/h.

*Tabella 4.9-13 Livelli di emissione verticale di accelerazione ponderata in frequenza relativi ai treni merci a 100 km/h – tratti allo scoperto*

Tipo di treno	Velocità transito (km/h)	Vibrazione Verticale traversa Lw progetto (dB)
Merci	100	104.8

*Tabella 4.9-14 Livelli di emissione trasversale di accelerazione ponderata in frequenza relativi ai treni merci a 100 km/h – Tratti allo scoperto*

Tipo di treno	Velocità transito (km/h)	Vibrazione Trasversale traversa Lw progetto (dB)
Merci	100	90.5

Un confronto di tali valori con i dati riportati nella Figura 4.9-18 illustra chiaramente che nei tratti con velocità di progetto di 100 km/h il treno merci risulta più gravoso dei treni passeggeri.

In considerazione dei risultati ottenuti nei tratti di interconnessione il treno progetto risulta il merci alla velocità di 100 km/h.

Inoltre il medesimo confronto conferma che quando le velocità di progetto sono elevate i treni più gravosi risultano quelli passeggeri.

#### 4.9.7 Spettri sorgente

Per spettro sorgente del treno progetto si intende lo spettro della vibrazione emesso dal treno progetto a margine del corpo ferroviario. Tale spettro viene denominato sorgente in quanto costituirà il dato di input da inserire nel modello di simulazione atto a stimare i livelli di vibrazione al recettore.

Gli spettri sorgenti sono stati calcolati a partire dagli spettri di progetto alla traversa mediante opportune funzioni di trasferimento.

Si sono distinti gli spettri sorgenti in galleria ed allo scoperto (trincea e rilevato). Più in particolare in relazione alle tipologie dell'infrastruttura ferroviaria e della velocità di progetto in corrispondenza degli EPI si sono definiti i seguenti spettri sorgente:

N° sorgente	1	2	3	4	5	6	7
<b>Tipo linea</b>	A.V	A.V	A.V	A.V	Interconnessioni	A.V	A.V
<b>Corpo ferroviario</b>	Rilevato	Rilevato	Rilevato	Galleria	Rilevato	Trincea	Trincea
<b>Velocità progetto</b>	300 km/h	250 km/h	200 km/h	300 km/h	100 km/h	300 km/h	250 km/h
<b>Treno progetto</b>	ETR 500 - 300 km/h	ETR 500 - 250 km/h	IC - 200 km/h	IC - 200 km/h	MERCI - 100 km/h	ETR 500 - 300 km/h	ETR 500 - 250 km/h

Ad ogni recettore, dunque, è stata associata una specifica sorgente in relazione alla tipologia dell'infrastruttura e alla velocità di progetto prevista della linea. Tale assegnazione è riportata nella tabella degli EPI allegata alla presente relazione.

##### 4.9.7.1 Spettri sorgente in galleria

Nei tratti in sotterraneo la sorgente vibrante è costituita dalla vibrazione della galleria ferroviaria allorché viene sollecitata dinamicamente dal transito dei convogli ferroviari al suo interno. Un'analisi ad elementi finiti svolta per lo studio vibrazioni eseguito per il nodo di Firenze [8] ha messo in evidenza che i modi di vibrare del tunnel sono sostanzialmente cinque:

1. rotazione rigida;
2. traslazione rigida verticale
3. traslazione rigida orizzontale

4/5. n° due modi di vibrare che contemplano la deformazione del tunnel.

Lo studio mette in evidenza che in direzione verticale prevale il secondo modo di vibrare mentre in direzione orizzontale il terzo.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
431

Per tali motivi si può ammettere che il modo di vibrare della galleria possa essere considerato sostanzialmente rigido. Il moto della galleria può essere stimato quindi mediante il moto di un punto qualsiasi del rivestimento. Al fine di determinare lo spettro delle accelerazioni relativo al rivestimento della galleria (spettro sorgente) in corrispondenza del transito del treno progetto (IC 200km/h) è stato necessario determinare la funzione di trasferimento tra la traversa ferroviaria e il rivestimento della galleria stesso. A tal fine sono stati utilizzati alcuni dati misurati su una galleria della linea Napoli-Salerno [7].

Nello studio citato sono stati misurati gli spettri delle vibrazioni indotte da varie tipologie di treno sulla traversa, sul camminamento e sul rivestimento di una galleria ferroviaria.

Al fine di stabilire la funzione di trasferimento tra la traversa ed il rivestimento della galleria sono stati presi a riferimento gli spettri dell'accelerazione registrati in corrispondenza di transiti di treni ETR. Le attenuazioni misurate, banda per banda, tra traversa e piedritto per ogni transito sono state mediate al fine di produrre le funzioni di trasferimento riportate nelle seguenti figure.

Lo spettro della vibrazione della galleria (spettro sorgente) è stato determinato prendendo a riferimento gli spettri della vibrazione alla traversa del treno progetto (IC 200km/h), determinati come descritto, e applicando loro le funzioni di trasferimento determinate dall'analisi dei dati sperimentali citati. La seguente tabella illustra gli spettri di vibrazione della sorgente calcolati secondo il criterio descritto.

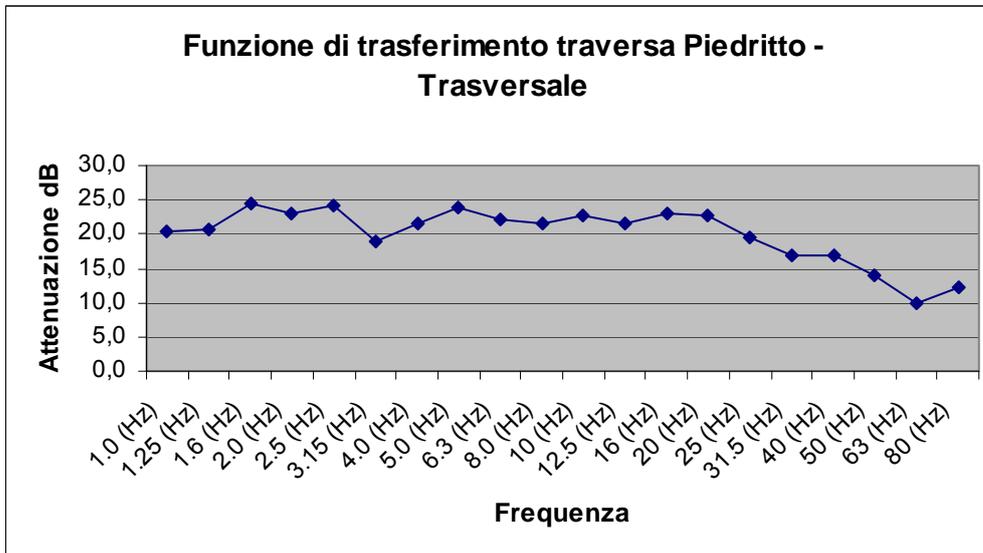


Figura 4.9-28 Funzione di trasferimento tra traversa e rivestimento in direzione trasversale alla linea ferroviaria

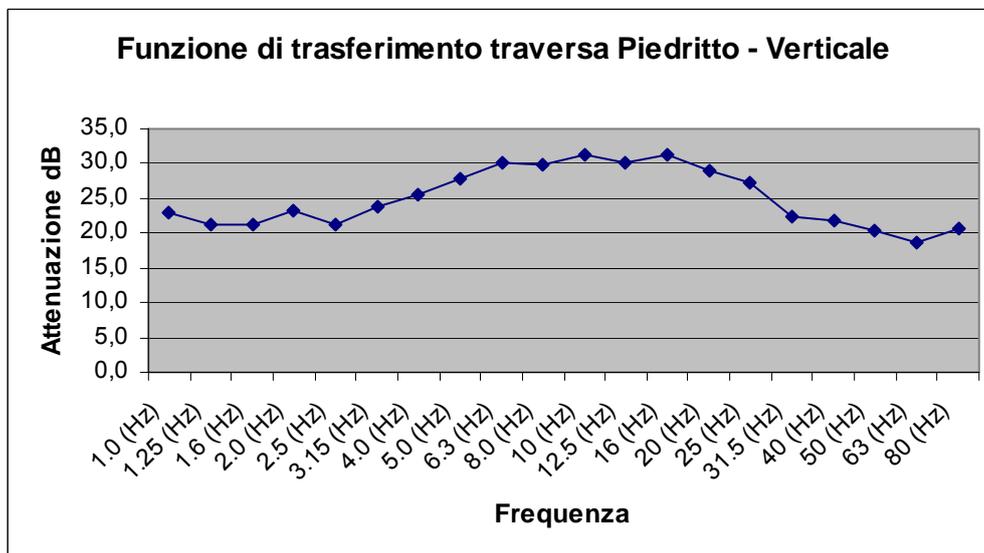


Figura 4.9-29 Funzione di trasferimento tra traversa e rivestimento in direzione verticale

Tabella 4.9-15: Spettro sorgente n°4: Corpo ferroviario in galleria - Treni IC a 200 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>Piedritto</b>	<b>Piedritto</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>
<b>1</b>	55,3	56,7
<b>1,25</b>	62,1	56,3
<b>1,6</b>	66,6	57,8
<b>2</b>	71,7	64,0
<b>2,5</b>	69,0	59,9
<b>3,15</b>	64,1	65,2
<b>4</b>	63,3	64,5
<b>5</b>	61,8	61,3
<b>6,3</b>	66,2	66,6
<b>8</b>	66,8	66,4
<b>10</b>	62,4	70,9
<b>12,5</b>	69,8	71,0
<b>16</b>	76,4	71,5
<b>20</b>	79,5	72,5
<b>25</b>	78,6	76,1
<b>31,5</b>	79,5	80,4
<b>40</b>	83,6	82,5
<b>50</b>	86,6	86,9
<b>63</b>	96,6	96,5
<b>80</b>	100,4	98,0
<b>Overall</b>	<b>102,2</b>	<b>100,6</b>

#### 4.9.7.2 Spettri sorgenti in rilevato/trincea

Al fine di determinare lo spettro delle accelerazioni al margine del corpo ferroviario (spettro sorgente) è stato necessario determinare la funzione di trasferimento tra la traversa ferroviaria e il margine del corpo ferroviario stesso.

Nel caso di tratti in rilevato per margine del corpo ferroviario si intende il piede della scarpata del rilevato stesso. Nel caso di tratti in trincea si intende il punto della scarpata ad una quota prossima al piano del ferro.

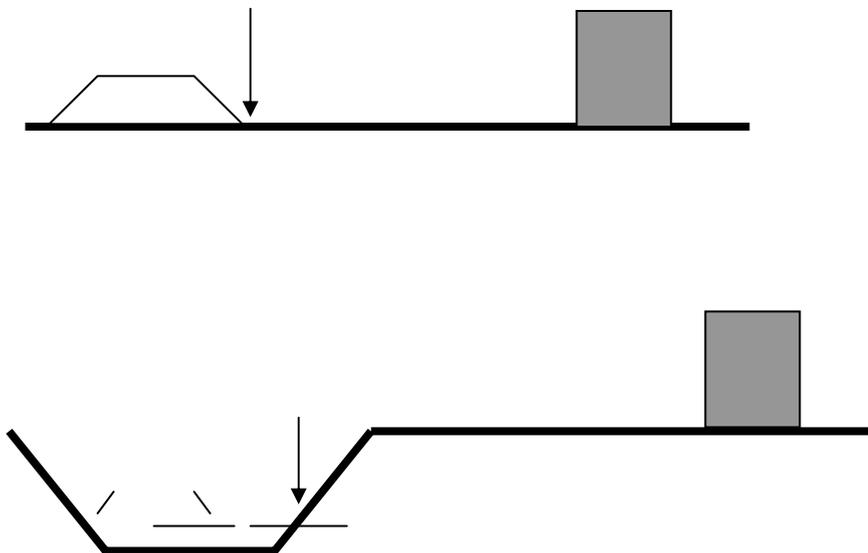


Figura 4.9-30 Definizione di margine del corpo ferroviario nei tratti allo scoperto



L'adozione di tali posizioni per la valutazione dello spettro sorgente è indotta dal modello di simulazione adottato in cui i punti indicati rappresentano il punto di applicazione dello spettro sorgente.

Al fine di determinare la funzione di trasferimento tra la traversa e il margine della linea ferroviaria nei tratti in trincea sono stati eseguiti dei rilievi lungo la linea ferroviaria "direttissima". Tali rilievi sono stati eseguiti il 1 luglio 2004 in Località Graffignano in prossimità della progressiva 85+788 della linea "Direttissima". In particolare è stata posizionata una terna di accelerometri Piezoelettrici sul terreno situato al margine del corpo ferroviario ad una quota prossima al piano del ferro. Planimetricamente la postazione di misura è stata posizionato a circa 6 m dal binario esterno. La seguente figura illustra il punto di misura.



*Figura 4.9-31 Postazione di misura a margine della linea ferroviaria "Direttissima"*



Il rilievo ha permesso di misurare le vibrazioni che sono indotte da:

- convogli ferroviari IC con velocità di transito prossime ai 200 km/h
- convogli ferroviari ETR 500 con velocità di transito tra 190 e 230 km/h.

L'analisi ha riguardato solo i treni transitati sul binario prossimo al punto di misura ossia quello in direzione Roma.

I dati misurati sono stati utilizzati al fine di definire una funzione trasferimento tra la vibrazione presente sulla traversa e quella presente al margine del corpo ferroviario. Essendo noti infatti i dati sulla traversa dallo studio [7], il loro confronto con quelli misurati al margine della linea ferroviaria consente di definire la funzione di trasferimento cercata.

Al fine di un confronto omogeneo tra i dati misurati sulla traversa ferroviaria [7] e quelli al margine della linea "direttissima", sono stati selezionati, all'interno dei risultati delle due misure, transiti omogenei dal punto di vista di convoglio ferroviario e velocità di transito. In questo modo i dati misurati sulla traversa e al margine sono perfettamente confrontabili e dunque atti a determinare la funzione di trasferimento cercata.

Poiché dalle misure [7] si hanno a disposizione i dati relativi a 4 transiti di treni IC con velocità prossime ai 200 km/h, al fine di definire la funzione di trasferimento sono stati selezionati, dalle misure eseguite al margine del corpo ferroviario, tutti i transiti IC con velocità prossime ai 200 km/h.

Gli spettri misurati sono stati mediati tra loro e, per differenza tra gli spettri mediati, sono state definite le funzioni di trasferimento. Nella seguente Figura 4.9-32. vengono riportate le funzioni di trasferimento della vibrazione verticale, ottenute per confronto tra i dati misurati in direzione verticale, e quelle della vibrazione trasversale, ottenute per confronto tra i dati misurati orizzontalmente e trasversalmente alla linea.

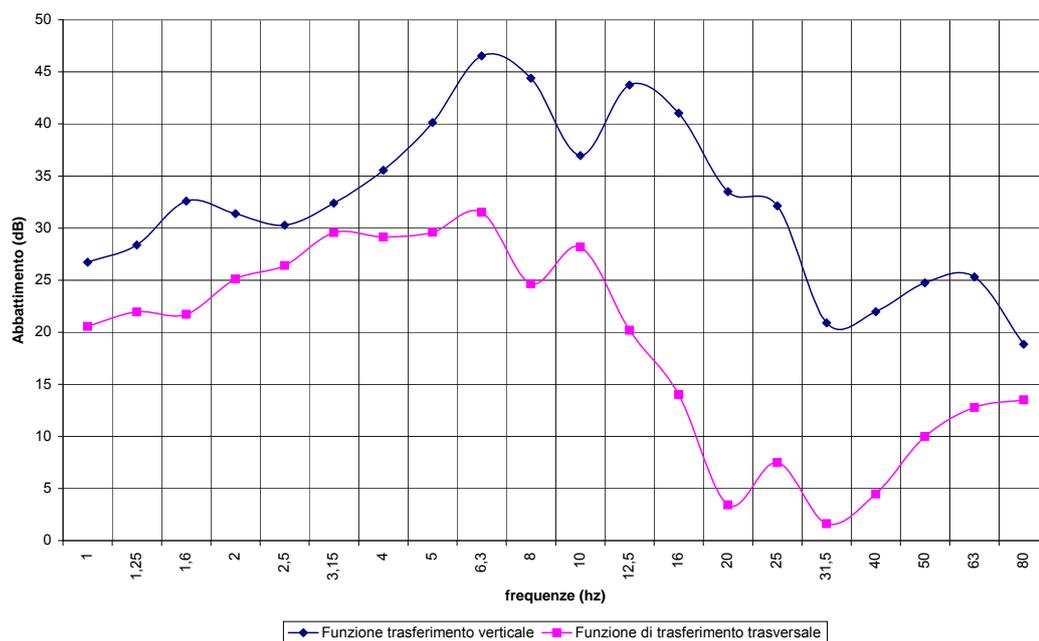


Figura 4.9-32 funzioni di trasferimento tra traversa e margine del corpo ferroviario ( $d=6$  m)

Gli spettri sorgente sono stati determinati a partire dagli spettri alla traversa, applicando loro la funzione di trasferimento così determinata.

La seguente tabella riporta la sintesi del lavoro eseguito.

Tabella 4.9-16: Spettro sorgente n°6: Corpo ferroviario in trincea - Treni ETR a 300 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>D= 6 m</b>	<b>D= 6 m</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>
1	41,1	41,6
1,25	41,0	44,3
1,6	38,8	45,7
2	39,8	44,9
2,5	56,6	45,5
3,15	49,8	41,4
4	48,2	43,9
5	48,9	44,6
6,3	47,7	44,3
8	58,0	53,3
10	59,6	50,9
12,5	52,8	59,7
16	71,6	75,0
20	85,2	89,2
25	83,7	81,0
31,5	93,9	91,2
40	90,1	95,7
50	88,4	92,5
63	97,5	91,3
80	105,9	89,7
<b>Overall</b>	<b>107,0</b>	<b>100,0</b>

Tabella 4.9-17: Spettro sorgente n°7: Corpo ferroviario in trincea - Treni ETR a 250 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>D= 6 m</b>	<b>D= 6 m</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>
<b>1</b>	38,6	40,6
<b>1,25</b>	38,5	43,3
<b>1,6</b>	36,3	44,7
<b>2</b>	37,3	43,9
<b>2,5</b>	54,2	44,5
<b>3,15</b>	47,3	40,4
<b>4</b>	45,7	42,9
<b>5</b>	46,4	43,6
<b>6,3</b>	45,2	43,3
<b>8</b>	55,5	52,3
<b>10</b>	57,1	49,9
<b>12,5</b>	50,3	58,7
<b>16</b>	69,1	74,0
<b>20</b>	82,7	88,2
<b>25</b>	81,2	80,0
<b>31,5</b>	91,4	90,2
<b>40</b>	87,6	94,7
<b>50</b>	85,9	91,5
<b>63</b>	95,1	90,3
<b>80</b>	103,4	88,7
<b>Overall</b>	<b>104,5</b>	<b>99,0</b>

Per quanto riguarda i tratti in rilevato si è utilizzata la funzione di trasferimento dedotta dalle misure svolte al margine della linea ferroviaria A.V. Bologna-Verona che è stata determinata in modo analogo a quanto fatto per la linea "Direttissima" .

Gli spettri sorgente sono stati determinati dagli spettri alla traversa applicando la funzione di trasferimento traversa – base rilevato.

Le tabelle seguenti riportano gli spettri sorgente così determinati.

Tabella 4.9-18: Spettro sorgente n°1: Corpo ferroviario in rilevato - Treni ETR a 300 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>D= 10 m</b>	<b>D= 10 m</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>
1	38.2	44.3
1,25	35.6	41.5
1,6	41.3	42.0
2	39.7	46.1
2,5	62.2	46.1
3,15	54.8	46.3
4	52.8	47.0
5	56.8	52.1
6,3	53.2	51.2
8	72.3	59.0
10	70.7	64.9
12,5	69.9	74.0
16	78.9	79.5
20	87.5	87.4
25	88.3	86.7
31,5	97.7	93.4
40	97.5	102.7
50	96.0	104.0
63	102.9	93.4
80	104.7	86.1
<b>Overall</b>	<b>108.2</b>	<b>107.0</b>



Tabella 4.9-19: Spettro sorgente n°2: Corpo ferroviario in rilevato - Treni ETR a 250 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>D= 10 m</b>	<b>D= 10 m</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>	<b>L<sub>0</sub> (dB)</b>
1	35.7	43.3
1,25	33.1	40.5
1,6	38.9	41.0
2	37.2	45.1
2,5	59.7	45.1
3,15	52.3	45.3
4	50.3	46.0
5	54.3	51.1
6,3	50.7	50.2
8	69.8	58.0
10	68.2	64.0
12,5	67.4	73.0
16	76.4	78.5
20	85.0	86.4
25	85.8	85.7
31,5	95.2	92.4
40	95.0	101.7
50	93.5	103.0
63	100.4	92.4
80	102.2	85.1
<b>Overall</b>	<b>105.7</b>	<b>106.0</b>



Tabella 4.9-20: Spettro sorgente n°3: Corpo ferroviario in rilevato - Treni IC a 200 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>D= 10 m</b>	<b>D= 10 m</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L0 (dB)</b>	<b>L0 (dB)</b>
1	42.3	48.4
1,25	40.6	43.8
1,6	46.2	43.4
2	49.2	47.8
2,5	51.7	43.1
3,15	53.4	48.1
4	54.4	46.6
5	57.5	53.1
6,3	57.8	52.5
8	67.6	60.2
10	63.4	65.4
12,5	73.9	75.2
16	75.0	78.3
20	79.3	81.1
25	81.1	89.1
31,5	83.1	96.1
40	94.7	102.9
50	95.6	101.1
63	101.5	92.5
80	99.9	85.9
<b>Overall</b>	<b>104.9</b>	<b>106.0</b>



Tabella 4.9-21: Spettro sorgente n°5: Corpo ferroviario in rilevato - Merci 100 km/h

	<b>Verticale</b>	<b>Trasversale</b>
	<b>D= 10 m</b>	<b>D= 10 m</b>
<b>Freq. (Hz)</b>	<b>L0 (dB)</b>	<b>L0 (dB)</b>
1	39.7	47.3
1,25	41.5	48.5
1,6	45.9	51.1
2	48.1	50.8
2,5	49.4	51.1
3,15	55.4	52.3
4	58.6	53.8
5	59.2	56.1
6,3	62.1	57.8
8	66.9	63.6
10	71.2	70.0
12,5	69.6	70.9
16	70.2	74.4
20	74.2	80.2
25	78.3	86.0
31,5	82.8	91.7
40	87.9	99.7
50	89.1	98.4
63	93.2	91.9
80	92.8	86.5
<b>Overall</b>	<b>97.6</b>	<b>103.0</b>

#### 4.9.8 La propagazione della vibrazione nel terreno

In linea generale il transito del treno genera sia onde di corpo (compressione e taglio), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), in misura differente in relazione al tipo di infrastruttura.

Nel caso di linea superficiale su rilevato si può ragionevolmente trascurare la componente dovuta alle onde di corpo che invece non può essere trascurata nei tratti in trincea. Viceversa nel caso di infrastruttura in galleria la trasmissione della vibrazione avviene prevalentemente per onde di compressione e taglio.

Al fine di stimare lo spettro della vibrazione sul piano campagna si è adottato un modello di propagazione della sismicità nel terreno proposto nella letteratura americana [9] che determina il livello di vibrazione al recettore come somma dei livelli trasmessi per onde di compressione, taglio e superficie. Assumendo tale modello, la vibrazione presente in superficie, al piede di un edificio generico, può essere espressa mediante le seguenti relazioni :

$$L = 20 \times \log \left[ 10^{\frac{L_p}{20}} + 10^{\frac{L_s}{20}} + 10^{\frac{L_r}{20}} \right]$$

dove  $L_p$  ,  $L_s$  e  $L_r$  sono rispettivamente i livelli trasmessi attraverso le onde di compressione, taglio e superficie e sono date dalle seguenti relazioni:

$$L_p \cong L_o + 20 \cdot \log(\beta_p) - k_p \times \log\left(\frac{R}{R_o}\right) - \alpha \times (R - R_o) \times \frac{f}{V_p}$$

$$L_s \cong L_o + 20 \cdot \log(\beta_s) - k_s \times \log\left(\frac{R}{R_o}\right) - \alpha \times (R - R_o) \times \frac{f}{v_s}$$

$$L_r \cong L_o + 20 \cdot \log(\beta_r) - k_r \times \log\left(\frac{R}{R_o}\right) - \alpha \times (R - R_o) \times \frac{f}{V_r}$$

dove:

$L$  e  $L_o$  sono i livelli di vibrazione in decibel, rispettivamente attenuato e alla sorgente (Galleria o margine del corpo ferroviario)

$R$  e  $R_o$  sono le distanze plano-altimetriche, dall'asse del binario esterno, rispettivamente dell'edificio ricettore e della sorgente (posizione di applicazione dello spettro sorgente)

$p$ ,  $s$ ,  $r$  sono indici riferiti rispettivamente alle onde di compressione, di taglio e di superficie

$\beta_p$  ,  $\beta_s$  ,  $\beta_r$  sono fattori di importanza relativa tra i differenti meccanismi di propagazione delle onde nel terreno

$k_p$  ,  $k_s$  ,  $k_r$  sono coefficienti di attenuazione geometrica per i differenti meccanismi di propagazione delle onde nel terreno

$\alpha$  è il fattore di perdita per dissipazione [dB]

$V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_r$  sono le velocità di propagazione delle onde nel terreno [m/s]

$f$  è la frequenza [Hz]

Le seguenti figure rappresentano lo schema di calcolo adottato nel modello

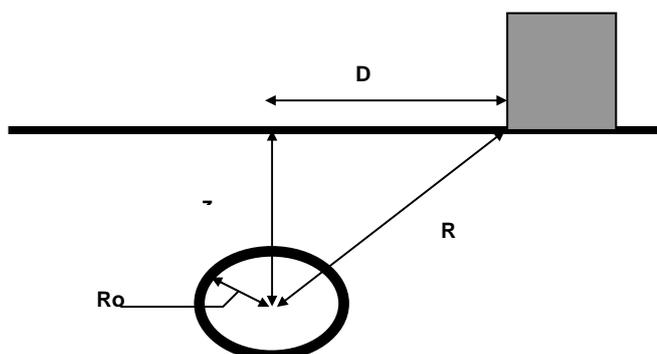


Figura 4.9-33 Schema di calcolo adottato dal modello nei tratti in galleria

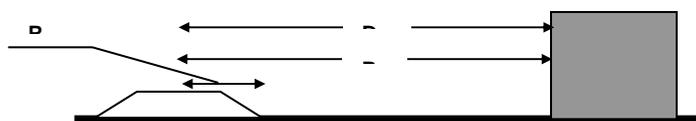


Figura 4.9-34 Schema di calcolo adottato dal modello nei tratti in Rilevato

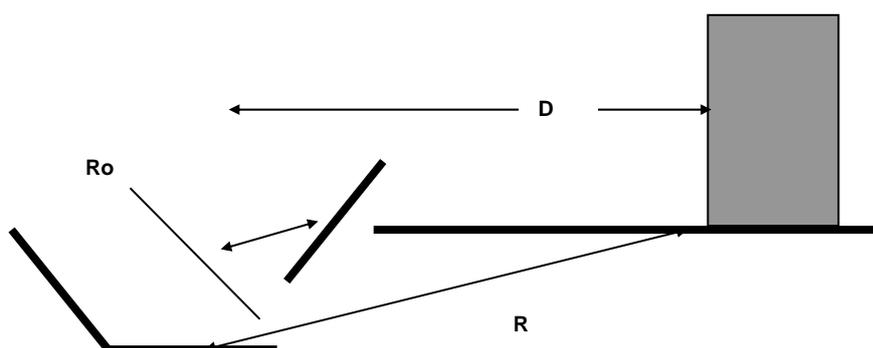


Figura 4.9-35 Schema di calcolo adottato dal modello nei tratti in Trincea



Nelle seguenti tre tabelle si riportano i valori assunti per i coefficienti  $\beta$  tenendo conto dell'importanza relativa tra le onde di corpo e di superficie nella propagazione della vibrazione tra la linea e il recettore.

La stessa tabella riporta anche i coefficienti di diffusione geometrica adottati tenendo presente che, poiché la linea ferroviaria può essere considerata una sorgente irraggiante di tipo prevalentemente lineare, le onde di superficie non hanno un'attenuazione di tipo geometrico al contrario di quelle di compressione e di taglio che hanno una diffusione energetica di tipo cilindrico.

*Tabella 4.9-22: coefficienti adottati nei tratti in galleria*

Tipo onda	$\beta$	K
<b>Compressione</b>	0.49	10
<b>Taglio</b>	0.49	10
<b>superficie</b>	0.02	0

*Tabella 4.9-23: coefficienti adottati nei tratti in Trincea*

Tipo onda	$\beta$	K
<b>Compressione</b>	0.3	10
<b>Taglio</b>	0.3	10
<b>superficie</b>	0.4	0

*Tabella 4.9-24: coefficienti adottati nei tratti in rilevato*

Tipo onda	$\beta$	K
<b>Compressione</b>	0.05	10
<b>Taglio</b>	0.05	10
<b>superficie</b>	0.9	0

Per il parametro  $R_0$ , in relazione ai punti in cui sono state determinate le sorgenti ferroviarie è stato assunto:

Corpo ferroviario	$R_0$ (m)
Galleria	5
Trincea	6
Rilevato	10

Il modello applicato secondo quanto descritto implica che le onde superficiali si riducano solamente per effetto dello smorzamento, al contrario di quelle di volume che si attenuano sia per effetto di diffusione geometrica sia per effetto dello smorzamento intrinseco del materiale suolo. L'effetto geometrico è indipendente dalla frequenza, mentre quello dissipativo cresce linearmente con la frequenza.

Per quanto attiene alla velocità di propagazione delle onde implementate nel modello si è fatto riferimento ai valori determinati come descritto nel paragrafo 4.9.6.2. In particolare per la zona di Lonato, per ogni profondità  $z$  dell'asse della galleria si è considerata la velocità delle onde media del terreno al di sopra della quota stessa. Più esattamente, considerati i profili riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, ad ogni profondità  $z$  è stata associata la seguente velocità media delle onde di taglio e compressione:

$$\bar{V}_S(z) = \frac{1}{z} \int_0^z V_S(x) dx = \frac{1}{z} \int_0^z 168 \cdot x^{0.4} dx = 120.3 \cdot z^{0.4}$$

$$\bar{V}_P(z) = \frac{1}{z} \int_0^z V_P(x) dx = \frac{1}{z} \int_0^z 363 \cdot x^{0.5} dx = 242 \cdot z^{0.5}$$

Per quanto riguarda la velocità delle onde superficiali, poiché è approssimabile al 90% di quella delle onde di taglio presenti in superficie, è stato assegnato il valore di 200 m/s.

Infine per quanto al valore di perdita per dissipazione  $\alpha$  è stato assegnato il valore di 1.1 dB.

Tale valore è stato dedotto da una campagna di misure, svolta a ridosso dell'attuale linea ferroviaria Milano-Verona, atta a definire i meccanismi di propagazione della vibrazione in terreni simili a quelli interessati dalla nuova linea A.V. Milano-Verona.



Le misure sono state eseguite in località Lodetto nei giorni 29 e 30 Giugno 2004 in un'area a ridosso della linea ferroviaria storica che presenta un corpo in rilevato di altezza di circa 1.5 m. Sono state disposte tre terne accelerometriche a varie distanze dalla linea ferroviaria. In particolare è stata posta una prima terna alla base del rilevato ( $d = 6$  m dal binario esterno) e altre due poste rispettivamente alla distanza di 24 e 33 m dal binario esterno.

Le seguenti figure illustrano il posizionamento delle terne accelerometriche.



Figura 4.9-36 Postazione di misura a margine della linea ferroviaria Milano - Verona - posizione  $d = 6$  m



Figura 4.9-37 Postazione di misura a margine della linea ferroviaria Milano - Verona - posizione  $d = 24$  m



*Figura 4.9-38 Postazione di misura a margine della linea ferroviaria Milano - Verona - posizione  $d= 33$  m*



Durante la campagna sono state effettuate misure delle vibrazioni indotte da treni IC e ETR a varie distanze dalla linea ferroviaria.

Tali dati sono stati utilizzati per calibrare il modello di calcolo per la propagazione delle onde nel terreno. In particolare una volta impostato il modello di calcolo in una configurazione di rilevato si è avuto cura di inserire, nel modello stesso, come spettri di sorgente, i valori registrati alla base del rilevato. Stante ciò il valore  $\alpha$  è stato fatto variare in modo tale da minimizzare lo scarto tra la previsione del modello a 24 e 33 m e i valori effettivamente registrati durante le misurazioni. Tale procedura eseguita su un numero significativo di transiti ha condotto ad assegnare ad  $\alpha$  il valore di 1.1 dB. Nella calibrazione del modello si è impostato per la velocità delle onde superficiali il valore di 250 m/s idoneo per il sito oggetto di indagine in relazione ai valori dedotti dallo studio di impatto ambientale [18] nelle aree adiacenti.

La risposta del modello nei tratti in trincea è stata verificata mediante una seconda serie di misure eseguite al margine della linea ferroviaria "direttissima". Tali misure sono state eseguite in prossimità del sito di Graffignano già illustrato, in una tratta caratterizzata da una trincea avente altezza di circa 8 m. In particolare le misure sono state eseguite in sommità alla trincea ad una distanza di circa 25 m.

Le seguenti figure illustrano la tipologia di corpo ferroviario presente e la postazione di misura.



Figura 4.9-39 Punto di misura in trincea a ridosso della linea ferroviaria "Direttissima"

I risultati del modello di simulazione ottenuti immettendo come sorgente gli spettri delle vibrazioni misurate alla distanza di 6 m (primo sito di misura della "direttissima") in corrispondenza del transito di treni IC sono stati messi a confronto con le vibrazioni misurate durante la campagna di misure in sommità alla trincea in corrispondenza di transiti di treni IC. Il confronto ha messo in luce un buon accordo tra i dati del modello e quelli misurati. Infatti il modello di simulazione restituisce valori dell'ordine di 71.5-73.5 dB (variabili a seconda della  $V_s$  impostata tra 200 e 300 m/s) contro i valori della vibrazione dell'ordine dei 72 dB.

#### 4.9.9 La propagazione della vibrazione all'interno degli edifici

La propagazione della vibrazione dal piede dell'edificio al suo interno è un fenomeno molto complesso fortemente legato al progetto del singolo edificio. Una dettagliata valutazione della propagazione richiede l'uso di complessi modelli numerici come quelli ad elementi finiti. Una descrizione così dettagliata, edificio per edificio, non è obiettivo di studi così estesi nel territorio quali quello oggetto della presente relazione. Vengono dunque utilizzati metodi semplificati descritti nei paragrafi successivi

##### 4.9.9.1 Propagazione delle vibrazioni verticali

La propagazione della vibrazione verticali negli edifici viene stimata usando una semplice procedura proposta in [1].

La procedura consiste nell'eseguire le seguenti correzioni allo spettro della vibrazione presente nel terreno al piede dell'edificio:

- **Correzione per perdita di accoppiamento terreno fondazione.** La perdita per accoppiamento rappresenta la variazione dello spettro della vibrazione incidente sull'edificio dovuta alla presenza della fondazione dell'edificio stesso. La correzione applicata è illustrata nella figura seguente per varie categorie di edifici che corrispondono ai gruppi omogenei descritti nel paragrafo 4.9.6.1

- A Ampi edifici in muratura con fondazioni su pali
- B Ampi edifici in muratura con fondazioni continue
- C Edifici residenziali ad un piano
- D edifici residenziali di due o più piani in c.a



E edifici residenziali di due o più piani in muratura

F Ampi edifici in c.a con fondazioni continue

Per quanto riguarda la categoria F non rappresentata nella predetta figura si è scelto di adottare la curva per gli edifici di tipo B riducendo l'attenuazione di 2 dB per tenere in conto della minor massa degli edifici in C.A. rispetto a quelli in muratura.

Correzione per la perdita dovuta alla propagazione della vibrazione da piano a piano.

L'ampiezza della vibrazione decresce propagandosi dalla fondazione ai piani più alti.

L'assunzione fatta è che la vibrazione si attenui di 2 dB per piano su tutto lo spettro.

Amplificazione dovuta alla risonanza dei solai. L'ampiezza della vibrazione può subire delle amplificazione in corrispondenza delle frequenze di risonanza dei solai. Tali frequenze risultano comprese tra i 10 e 30 Hz. L'amplificazione in corrispondenza delle frequenze di risonanza dei solai può avere un'amplificazione di 6 dB. Non potendo conoscere l'esatta frequenza di risonanza dei solai, a favore di sicurezza, si è assunto un incremento di 6 dB per le bande di frequenza comprese tra 10 e 31.5 Hz.

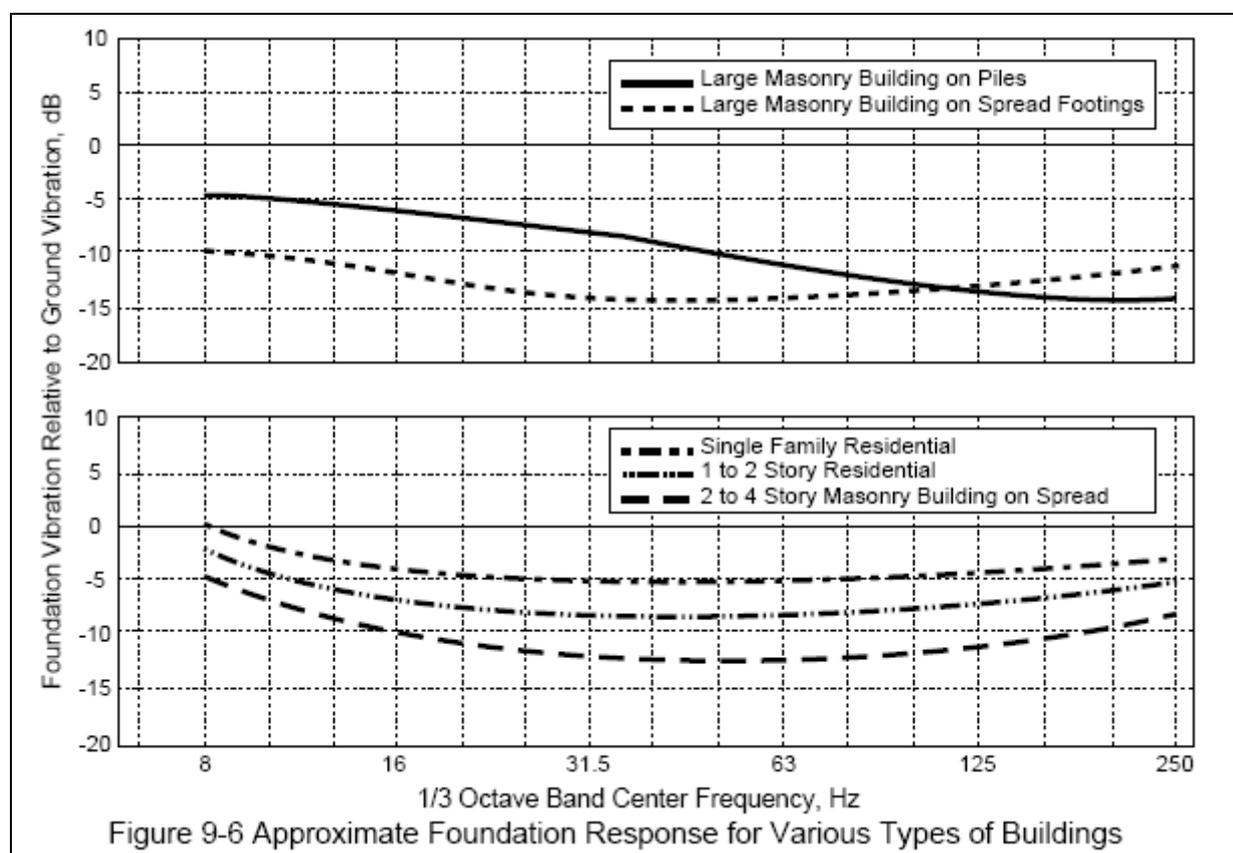


Figura 4.9-40 Perdite di accoppiamento per vari tipi di edifici

Nell'analisi della vibrazione verticale si è limitata l'analisi al piano terra e al primo piano. Infatti i piani superiori al primo risultano meno impattati del primo piano in quanto a parità di amplificazione dovuta ai solai si ha una maggiore attenuazione interpiano della vibrazione.

#### 4.9.9.2 Propagazione delle vibrazioni orizzontali

L'interazione fondazionale edificio-terreno determina delle attenuazioni della vibrazione presente sul terreno. Tale aspetto è stato messo in luce anche da misure sperimentali eseguite per lo studio vibrazioni eseguito per il nodo di Firenze [8]. In base alle curve sperimentali di attenuazione della vibrazione trasversale dedotte nello studio [8], operando a favore di sicurezza, sono state messe a punto le curve di attenuazione riportate nella seguente figura in cui si distingue il caso di edifici in muratura da quello di edifici in cemento armato.

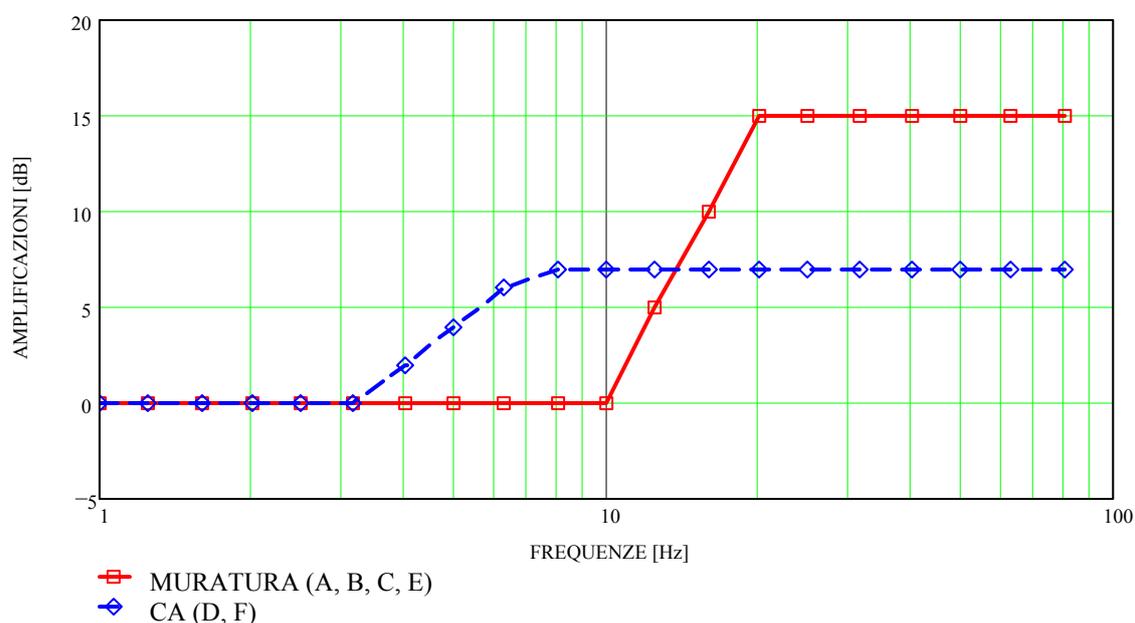


Figura 4.9-41: Vibrazioni Orizzontali. Interazione fondazionale edificio-terreno

Per quanto riguarda la risposta strutturale tra piano terra e ultimo piano dell'edificio, le misure eseguite per lo studio [8] mettono in evidenza una zona di amplificazione intorno alla frequenza propria di oscillazione dell'edificio seguita da una zona di attenuazione in parte limitata, verso le alte frequenze, dalla frequenza propria di secondo modo.

Al fine di determinare in modo più puntuale la curva di risposta di ogni edificio, è stata, in primo luogo, valutata la prima frequenza di risonanza fondamentale trasversale, utilizzando formule empiriche fornite dalla letteratura tecnica e riportate nel paragrafo 4.9.6.1. La frequenza calcolata è stata approssimata al valore della frequenza centrale delle bande a terzi di ottava più prossima.

I risultati di questo calcolo sono riportati nella già citata tabella degli EPI riportata in allegato 1 alla presente relazione.

Stabilita la frequenza propria di oscillazione dell'edificio la risposta strutturale è caratterizzata da amplificazioni per frequenze prossime ed inferiori a quella propria (fino a  $1.4 \cdot f_0$ ) e da attenuazioni per frequenze superiori.

A partire dalla frequenza  $f_0$ , sono state quindi valutate le curve di amplificazione/attenuazione della vibrazione utilizzando le canoniche formule di trasmissibilità

$$Attenuazione = 20 \log \sqrt{\frac{1 + \eta^2}{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \eta^2}}$$

Nell'equazione è stato posto il termine  $\eta=0.18$  in modo tale da avere un amplificazione massima di 15 dB alla frequenza  $f_0$ , valore questo ritenuto idoneo in base all'esperienza maturata mediante misure in campo.

Nella zona di attenuazione della curva (frequenze maggiori di  $f_0$ ), a favore di sicurezza si è scelto di limitare a 10 dB le eventuali attenuazioni maggiori previste dalla curva.

Nella seguente figura viene riportato a titolo di esempio la risposta strutturale di un edificio con frequenza propria di 20 Hz. Si nota la regione di amplificazione fino alla frequenza di  $1.4 f_0 = 28$  Hz e la successiva regione di attenuazione. Si nota inoltre la zona in cui l'attenuazione è stata limitata ai 10 dB (oltre i 45 Hz).

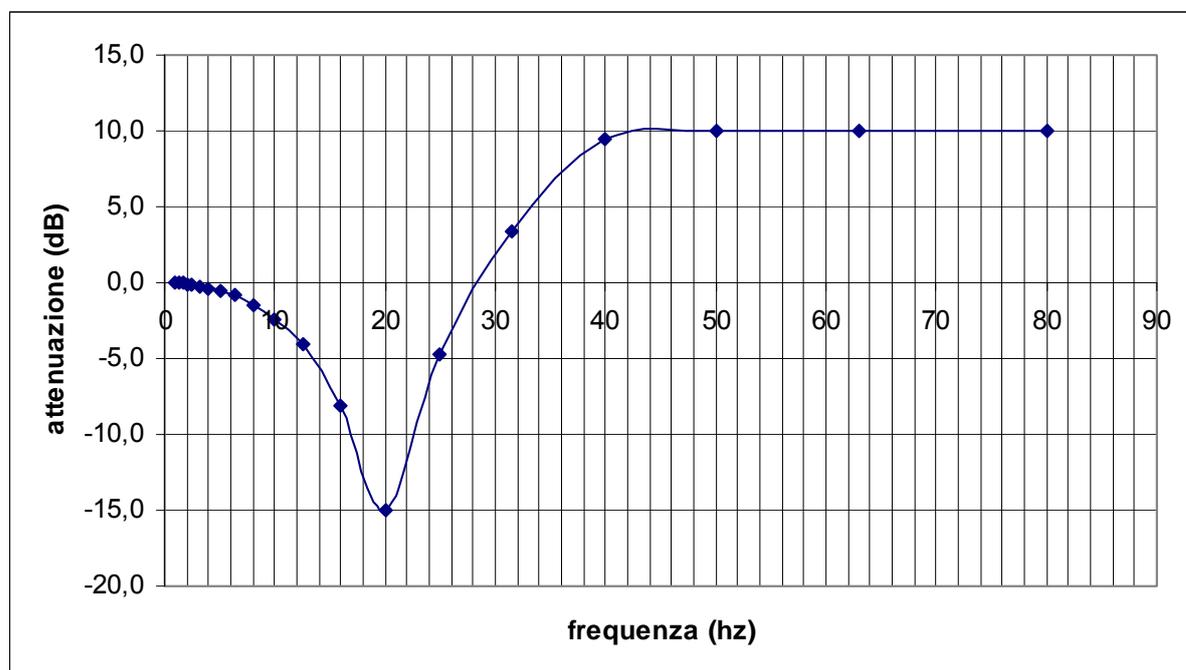


Figura 4.9-42 Esempio di curva di risposta orizzontale tra piano terra e ultimo piano di un edificio con  $f_0=20$  Hz

#### 4.9.10 Stima e valutazione degli impatti negli EPI

##### 4.9.10.1 Stima e valutazione delle vibrazioni

La stima e la valutazione delle vibrazioni che saranno indotte dal traffico dei convogli ferroviari transitanti sulla linea Milano-Verona è stata realizzata mediante un modello numerico di simulazione realizzato utilizzando i risultati delle elaborazioni precedentemente esposte.

I dati di input del modello di calcolo sono i seguenti:

- Spettro sorgente secondo la seguente tabella

N° sorgente	1	2	3	4	5	6	7
<b>Tipo linea</b>	A.V	A.V	A.V	A.V	Interconnessioni	A.V	A.V
<b>Corpo ferroviario</b>	Rilevato	Rilevato	Rilevato	Galleria	Rilevato	Trincea	Trincea
<b>Velocità progetto</b>	300 km/h	250 km/h	200 km/h	300 km/h	100 km/h	300 km/h	250 km/h
<b>Treno progetto</b>	ETR 500 - 300 km/h	ETR 500 - 250 km/h	C - 200 km/h	C - 200 km/h	MERCI - 100 km/h	ETR 500 - 300 km/h	ETR 500 - 250 km/h

- Distanza planimetrica linea ferroviaria-edificio
- Tipo corpo ferroviario
- Profondità della galleria/trincea
- Destinazione d'uso del recettore
- n° di piani
- gruppo omogeneo di appartenenza
- tipologia struttura
- frequenza propria oscillazione orizzontale edificio
- tratta geotecnica omogenea e velocità propagazione delle onde
- fattore di perdita per dissipazione nel terreno
- fattori di importanza relativa tra i differenti meccanismi di propagazione delle onde nel terreno per le varie tipologie di corpo ferroviario
- coefficienti di attenuazione geometrica per i differenti meccanismi di propagazione delle onde nel terreno
- Modalità di propagazione della vibrazione negli edifici per ogni gruppo omogeneo

Il modello di calcolo a partire dallo spettro della sorgente determina in successione:

1. Il valore in superficie utilizzando il modello di propagazione della vibrazione nel terreno
2. il valore al piano terra dell'edificio correggendo lo spettro di cui al punto precedente mediante le curve riportate in Figura 4.9-40, per la vibrazione verticale, e in
3. Figura 4.9-41 per quelle orizzontali;
4. il valore ai piani superiori dell'edificio correggendo lo spettro di cui al punto precedente con le modalità in precedenza descritte.

Per ogni spettro generato dal modello viene calcolato il relativo spettro pesato in frequenza secondo il filtro per postura non nota UNI 9614. Per ogni spettro (ponderato e non) viene calcolato il corrispondente valore globale.

Le simulazioni sono state effettuate su tutti gli EPI che sono stati censiti; la tabella successiva riporta gli edifici potenzialmente impattati nella tratta della variante di Montichiari.

Recettore	Progressiva (m)	Destinazione d'uso	Limite UNI 9614	Lw verticale piano terra (dB)	Lw verticale primo piano (dB)	Lw trasversale piano terra (dB)	Lw trasversale primo piano (dB)
L091-N-08	91545	residenziali e assimilabili	74	74.1	75.7	77.2	67.9
L100-N-06	100487	residenziali e assimilabili	74	72.2	74.3	75	66
L100-N-04	100498	residenziali e assimilabili	74	72.5	74.1	72.1	75.5



#### 4.9.11 Interventi di mitigazione

Le simulazioni effettuate hanno messo in evidenza la presenza di alcune criticità in termini di disturbo alle persone riconducibile alle vibrazioni indotte dai convogli ferroviari.

Al fine di eliminare/ridurre le criticità che si presentano lungo il tracciato possono essere previsti alcuni interventi di mitigazione.

È da premettere che il primario sistema di riduzione delle vibrazioni è la manutenzione delle ruote dei veicoli ferroviari e dei binari. Infatti, come visto nei precedenti capitoli, i problemi legati alle corrugazioni delle ruote o delle rotaie inducono incrementi notevoli sulla vibrazione emessa, comportando un annullamento dei benefici indotti dai sistemi di mitigazione [1].

In linea generale gli interventi di mitigazione adottabili possono essere suddivisi in due categorie:

- interventi di tipo attivo
- Interventi di tipo passivo

Le soluzioni di tipo attivo consistono in interventi sul corpo o sull'armamento ferroviario mirati a ridurre le emissioni vibranti alla sorgente. Per quanto riguarda gli interventi sull'armamento ferroviario è possibile realizzare platee di tipo flottante, in alternativa alla soluzione convenzionale di armamento, realizzato con traverse in cap posate su massicciata ferroviaria (Armamento convenzionale su ballast).

Questa soluzione può essere realizzata inserendo tra il piano di posa del ballast e il ballast stesso un materassino elastomerico (sistemi a ballast flottante), oppure utilizzando manufatti flottanti in calcestruzzo armato (prefabbricati o gettati in opera) dotati di sospensioni in gomma (materassini o piastre elastomeriche sagomate). Tali metodiche di mitigazione risultano idonee per i tratti in galleria.

Nei tratti a cielo aperto infatti, l'adozione di armamento di tipo flottante, richiederebbe complesse verifiche necessarie affinché sia assicurata la sicurezza del transito del treno, la durabilità e la manutenzione del corpo ferroviario e dell'armamento stesso.

Per quanto riguarda gli interventi sul corpo ferroviario, risultano di estremo interesse gli studi che sta attualmente eseguendo RFI in materia di sub ballast in conglomerato bituminoso additivato con granuli in gomma [24].

Dalle sperimentazioni effettuate in laboratorio sembra possibile che tale tipo di sub-ballast sia in grado di ridurre le vibrazioni indotte dai convogli ferroviari. Purtroppo attualmente non si hanno a disposizione risultati di test in situ atti a quantificarne la reale efficienza in termini globali o spettrali.

Nell'ambito del presente progetto, viste le problematiche inerenti all'applicazione di mitigazioni di tipo attivo nei tratti a cielo aperto, si è scelto di adottare soluzioni di tipo passivo.

Gli interventi di tipo passivo mirano a ridurre la dose di vibrazione al recettore interponendo degli "ostacoli" alla propagazione della vibrazione nel percorso tra linea ferroviaria e recettore. In particolare si segnala un sistema consistente nel realizzare, parallelamente alla linea ferroviaria, dei diaframmi nel terreno. Il controllo delle vibrazioni mediante diaframmi è analogo al controllo della rumorosità mediante barriere antirumore [1].

I diaframmi costituiscono una barriera per le vibrazioni, poiché cambiando le caratteristiche del terreno modificano le modalità di propagazione della vibrazione.

Per la realizzazione dei suddetti interventi è ipotizzabile l'utilizzo di tecniche simili a quelle previste per la realizzazione dei diaframmi plastici nell'ingegneria ambientale. In base alla metodologia costruttiva si possono distinguere:

- Diaframmi con asportazione di terreno
- Diaframmi con mescolamento di terreno in situ
- Diaframmi verticali con spostamento del terreno.

La costruzione di diaframmi con asportazione di terreno prevede la realizzazione di una trincea molto stretta (0.6-1.0 m) e profonda (fino a 35-40 m). Lo scavo della trincea può avvenire in presenza di un gel acqua/bentonite per la stabilizzazione delle pareti, con una tecnica simile a quella utilizzata nel corso delle perforazioni a grandissima profondità dei pozzi petroliferi. Successivamente è possibile riempire la trincea con materiali idonei per la riduzione della vibrazione scelti in sede progettuale. In particolare i materiali di riempimento possono essere:

- Calcestruzzo [1] [27] [29];
- trucioli di gomma riciclata [29]
- schiume in polistirene espanso (styrofoam) [1]
- miscele plastiche acqua-cemento-bentonite [28] [29]



Un altro metodo per realizzare la discontinuità nel terreno è quello di realizzare le cosiddette "open trench" ovvero di realizzare delle trincee nel terreno e di lasciarle vuote in modo tale da impedire la trasmissione delle onde di taglio [27] [28] [29]. Tale tipologia di diaframma tuttavia comporta una serie di problematiche inerenti alle modalità di sostegno dello scavo e alla sicurezza.

Altre tecniche prevedono la realizzazione di diaframmi, senza operazioni di scavo ed asportazione del terreno. Si parla in questo caso di diaframmi verticali con mescolamento del terreno in situ; si provvede quindi al consolidamento del terreno stesso mediante iniezioni ad altissima pressione di miscela acqua-cemento.

Una tecnica utilizzabile è il jet-grouting, sistema che si basa su iniezioni, ad opportune pressioni, di fluidi ad alta velocità. La metodologia di realizzazione consiste nell'eseguire una perforazione di piccolo diametro e nell'inserirvi una sonda in grado di iniettare ad alta pressione diversi fluidi: cemento, aria, acqua.

Ad iniezione avvenuta si estrae la sonda e l'operazione di estrazione consente la miscelazione tra terreno e fluido iniettato. Eseguendo queste perforazioni in successione si ottengono delle colonne accostate, che fungono da diaframma.

Altre tecniche di realizzazione di diaframmi con mescolamento di terreno sono quelle simili al Dry Deep Mixing Method [30], in cui un utensile viene introdotto nel terreno mediante rotazione; l'utensile provvede al mescolamento del terreno con una miscela calce-cemento. Si ottiene in questo modo un trattamento di consolidamento colonnare. La realizzazione del diaframma si ottiene eseguendo in successione i singoli trattamenti colonnari.

In alternativa ai due metodi di realizzazione sopra esposti si ha la realizzazione di diaframmi mediante lo spostamento del terreno per consentire l'intrusione di un pannello prefabbricato.

L'utilizzo di diaframmi come metodiche di riduzione della vibrazione in tratti a cielo aperto è indicato in alcuni studi condotti da organismi degli Stati Uniti [1] e del Canada [25] e da uno studio vibrazionale condotto per la tratta Alta Velocità Milano-Bologna [26].

La "Toronto Transit Commission" ha condotto un test sulle trincee riempite con styrofoam: l'esito del test ha evidenziato una performance positiva di tali trincee, per almeno un anno [1]. Un'altra esperienza positiva è rappresentata da un'applicazione eseguita sulla metropolitana di Berlino (figura 44), per la quale, al fine di ridurre le vibrazioni indotte dal passaggio dei treni, è stata realizzata una trincea riempita con una miscela bentonitica. L'installazione della trincea ha consentito di ridurre di circa il 50% le vibrazioni indotte dall'infrastruttura [28].

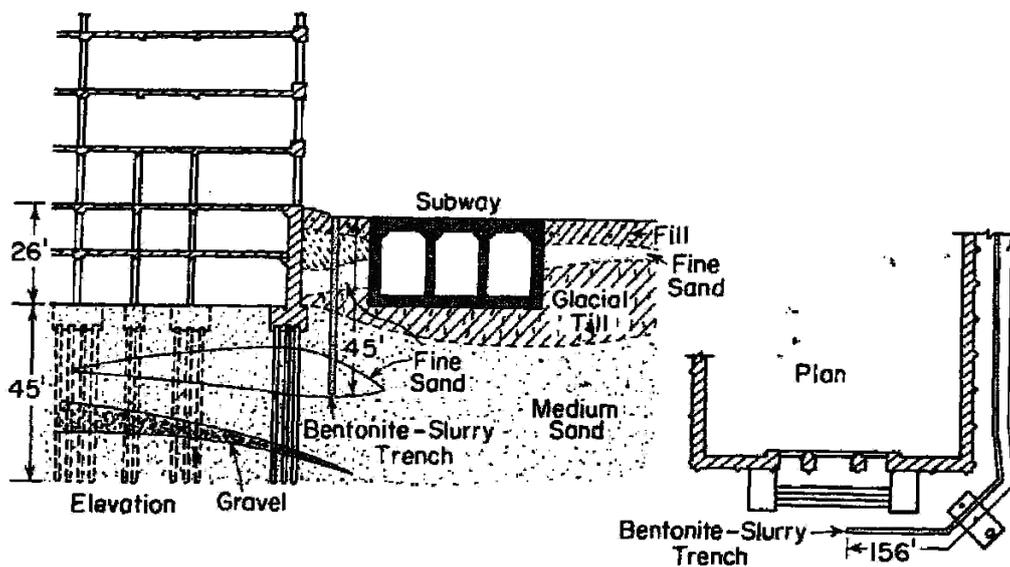


Figure 8-3. Building isolation using bentonite-slurry filled trench (after Neumeuer, 1963).

Figura 4.9-43



Lo Swedish Deep Stabilization Research Centre [30] riferisce su un intervento di mitigazione effettuato in Svezia nel 2000 lungo la tratta ferroviaria ad alta velocità che collega Goteborg con Kungsbacka. Il problema che si presentava era la presenza di vibrazioni indotte dal passaggio dei treni ad alta velocità a ridosso della linea ferroviaria ed era da attribuire alla natura particolarmente cedevole del terreno (di natura organica) di sottofondo (gyttja). L'intervento effettuato riguarda l'irrigidimento del terreno sottostante il corpo ferroviario, limitatamente ad uno dei due binari (western track), attraverso un consolidamento con colonne di cemento e calce (DMM: Deep Mixing Method). Si è in buona sostanza determinato un diaframma consolidato al di sotto di uno solo dei due binari.

Prima e dopo l'intervento di consolidamento sono state effettuate delle misure a ridosso della ferrovia. Le misure effettuate in presenza dell'intervento di consolidamento hanno evidenziato una notevole riduzione delle vibrazioni, sia per transiti sul binario consolidato sia su quello non consolidato. Di particolare interesse risulta la riduzione delle vibrazioni ottenute con il transito di treni sul binario non consolidato. In questo caso infatti il diaframma generato per il consolidamento del primo binario (quello consolidato) costituisce una barriera per le vibrazioni generate dal transito del treno sul secondo binario (quello non consolidato).

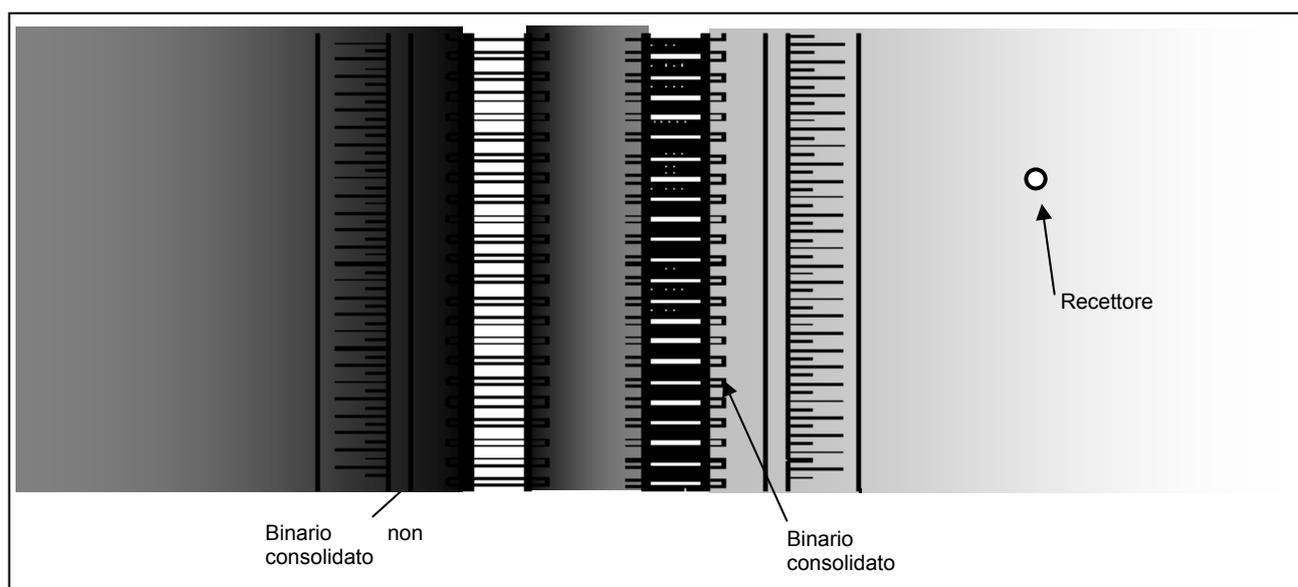


Figura 4.9-44

Il seguente grafico riporta le vibrazioni, in termini di spostamenti, rilevate ad una distanza di 12 metri oltre la barriera, prima e dopo l'intervento di consolidamento di un binario, per transiti di treni sul binario non rinforzato.

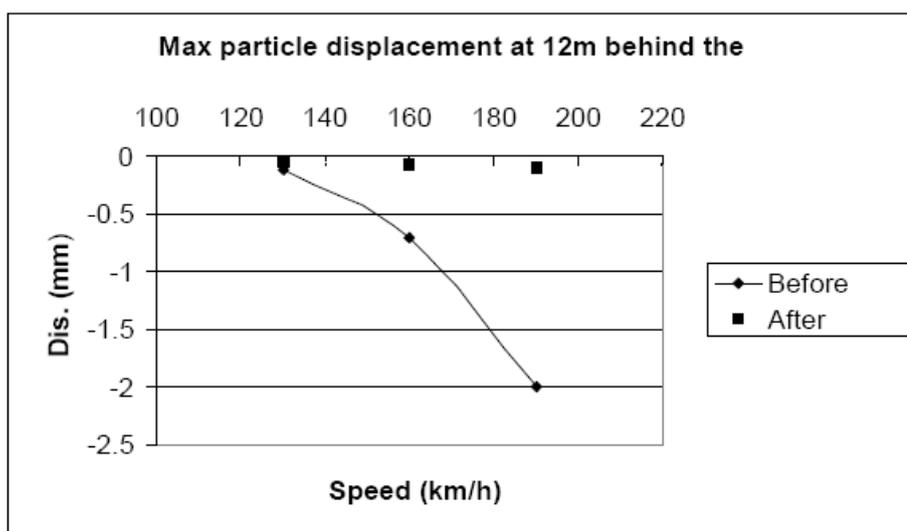


Figura 4.9-45

Il grafico evidenzia che l'attenuazione della vibrazione oltre la barriera aumenta al crescere della velocità di transito dei treni. Gli autori sottolineano che l'effetto attenuante si riduce all'aumentare della distanza dalla barriera.

Alcune indicazioni in merito alla progettazione delle trincee possono trarsi dai risultati delle misure sperimentali riportati in [28]. Tali misure sono state eseguite allo scopo di determinare le dimensioni minime del diaframma (di tipo aperto), in grado di indurre una sostanziale riduzione della vibrazione (riduzione ad  $\frac{1}{4}$  della vibrazione riscontrata in assenza di barriera ossia un'attenuazione di 12 dB).

In questo studio l'intervento di schermatura delle onde elastiche viene suddiviso in due categorie: schermatura attiva (con schermo posto in prossimità della sorgente) e schermatura passiva (con schermo posto in prossimità del ricevitore).

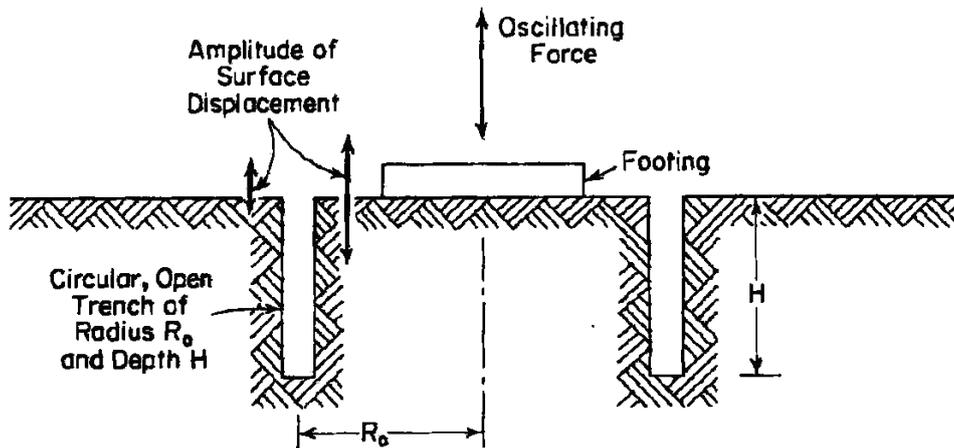


Figure 8-6. Schematic of vibration isolation using a circular trench surrounding the source of vibrations—active isolation (from Woods, 1968).

Figura 4.9-46

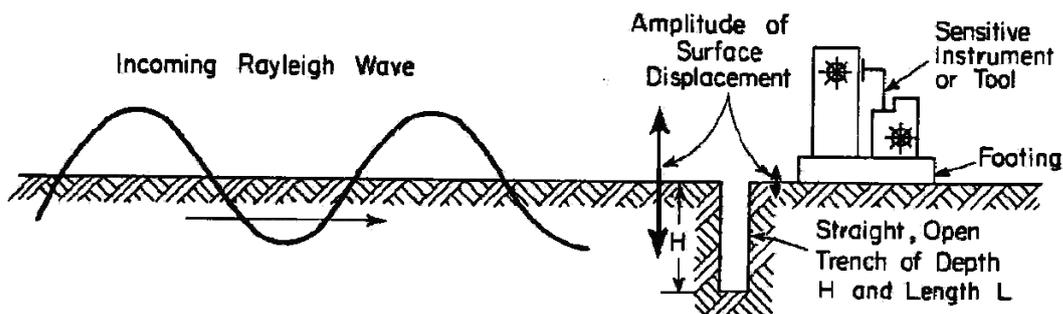


Figure 8-7. Schematic of vibration isolation using a straight trench to create a quiescent zone—passive isolation (from Woods, 1968).

Figura 4.9-47

Il test relativo alla schermatura attiva, effettuato su un terreno prevalentemente costituito da sabbia e limo, è stato eseguito nel campo prove rappresentato schematicamente in Figura 4.9-48.

Nel test sono state considerate frequenze di oscillazione comprese tra 200 e 350 Hz, range di scarso interesse per le vibrazioni ferroviarie. Ciò nonostante i risultati dello studio sono stati normalizzati alla lunghezza d'onda delle onde di Rayleigh  $L_r$ , al fine di poter estrapolare i risultati a frequenze analoghe a quelle indotte dal transito dei convogli ferroviari.

Confrontando le vibrazioni presenti a parità di eccitazione, con e senza la presenza della trincea, gli autori hanno calcolato il rapporto tra le ampiezze di oscillazione. Le caratteristiche dimensionali della trincea (profondità  $H$  e angolo  $\theta$ ) sono state modificate allo scopo di ottenere, oltre la barriera, un rapporto di ampiezza con valore minore di 0.25, apportando dunque una riduzione di 12 dB. La Figura 4.9-49 riporta un esempio del diagramma del rapporto di ampiezza, nel caso in cui la sorgente sia completamente circondata dalla trincea.

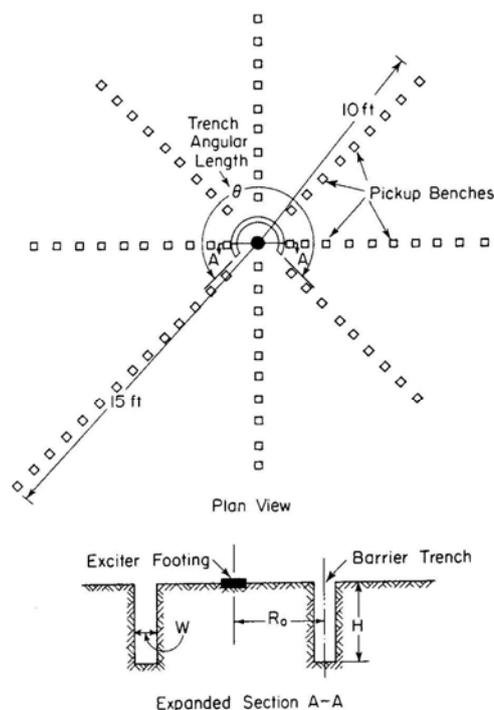


Figure 8-10. Schematic of test layout for active isolation in the field (from Woods, 1968).

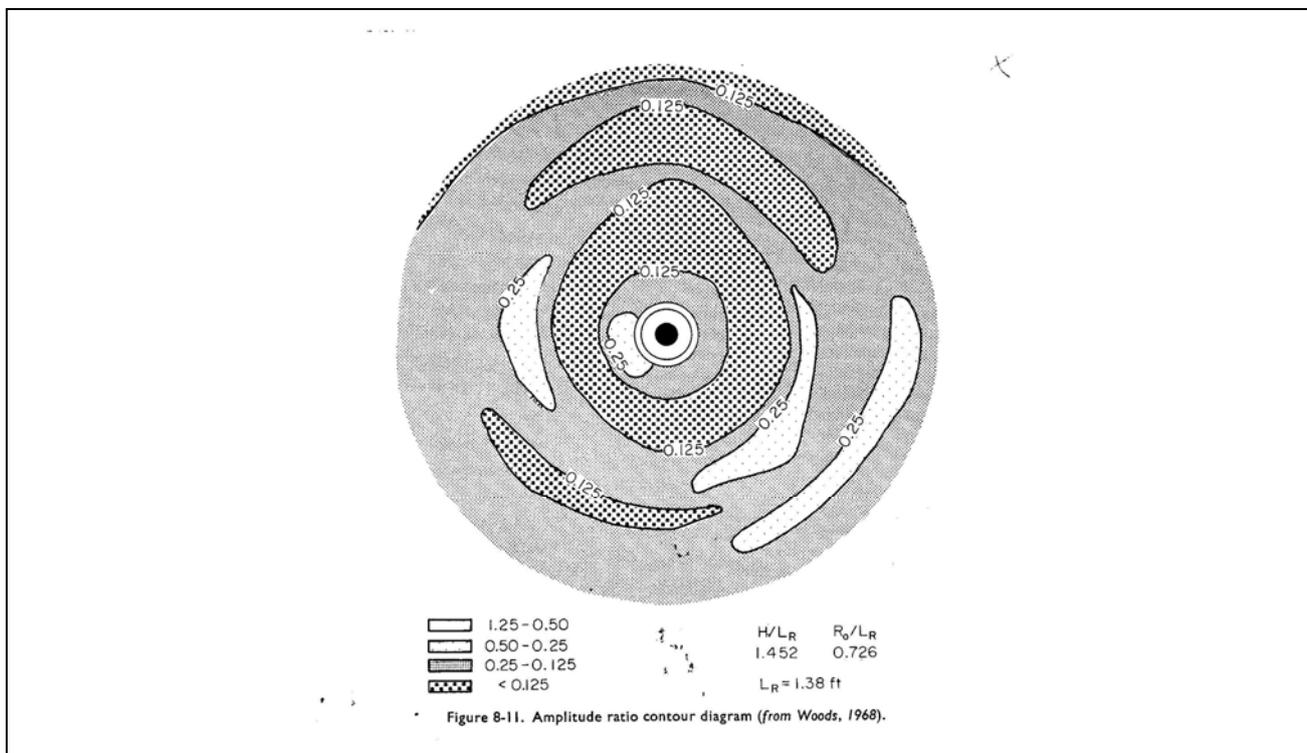


Figura 4.9-49

Dai risultati di questo studio si può concludere che, nel caso di una sorgente completamente circondata dalla barriera, posizionata ad una distanza inferiore alla lunghezza d'onda della vibrazione, per ottenere un rapporto di ampiezza pari a 0.25 la profondità della trincea deve essere pari ad almeno 0.6 volte la lunghezza d'onda della vibrazione ( $H/L_r > 0.6$ ). In tal caso la zona schermata oltre la barriera si estende per una ampiezza di almeno 10 volte la lunghezza d'onda ( $10 L_r$ ).

Nel caso in cui la trincea non circonda per intero la sorgente, l'area che risulta schermata dietro l'ostacolo è simmetrica rispetto al raggio tra la sorgente e la mezzeria della trincea e risulta limitata lateralmente da due linee radiali, che si estendono dalla sorgente vibrante ad un punto situato a  $45^\circ$  dal termine della trincea. Questo aspetto può essere visto nella seguente figura in cui è rappresentata una trincea con angolo  $\theta$  pari a  $180^\circ$  (in questo caso il settore schermato ha un'ampiezza di  $90^\circ$ ). Anche in questo caso l'ottenimento dell'attenuazione perseguita implica che  $H/L_r > 0.6$ . Nella figura si nota inoltre che a fronte di una riduzione della vibrazione alle spalle della barriera si ha un'amplificazione della stessa nella parte non schermata.

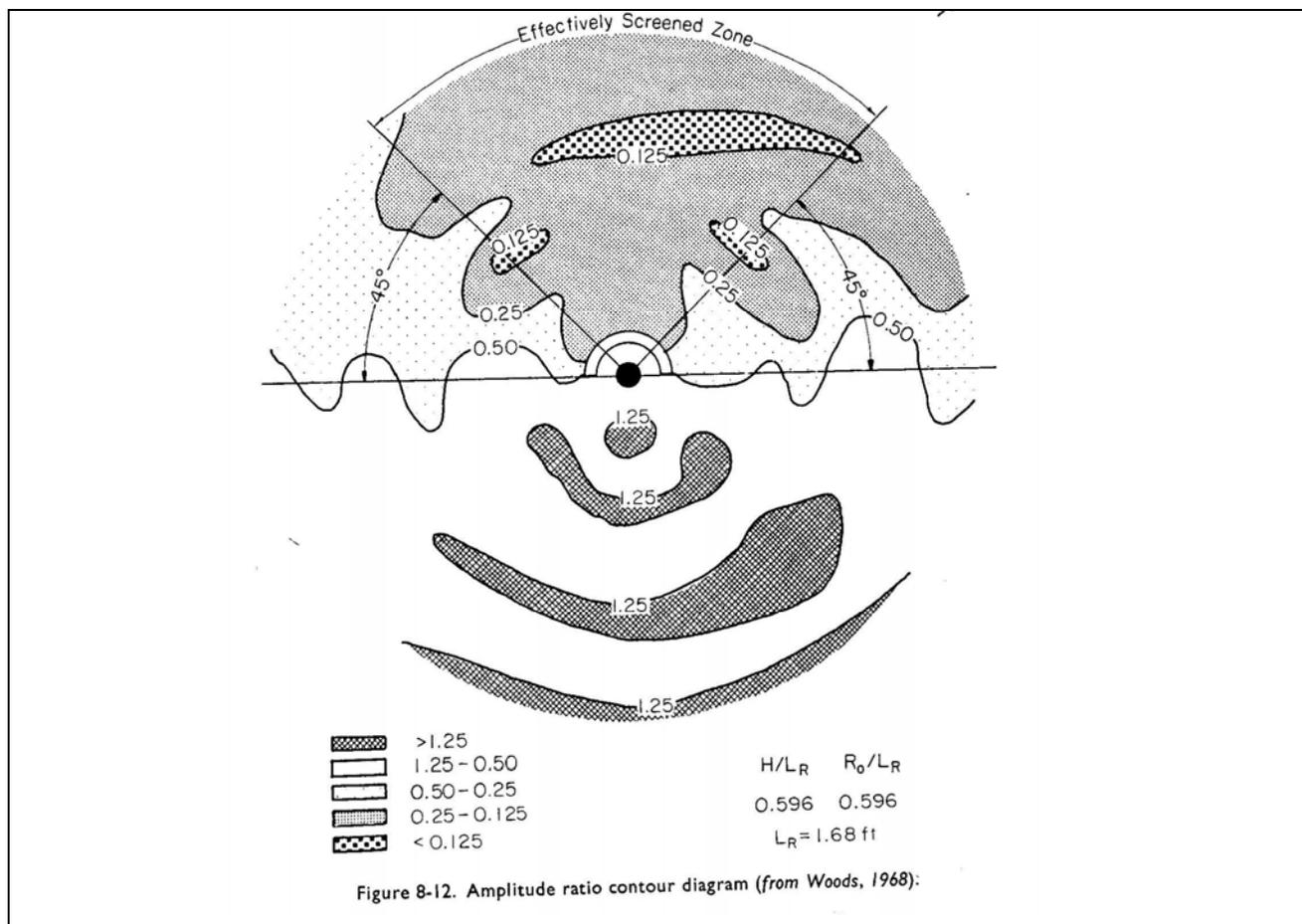


Figura 4.9-50

Il test relativo alla schermatura attiva, effettuato su un terreno prevalentemente costituito da sabbia e limo, è stato eseguito nel campo prove rappresentato schematicamente in Figura 4.9-51.

Anche in questo caso le dimensioni della trincea (H, L e W) sono state modificate allo scopo di ottenere, oltre la barriera, un rapporto tra le ampiezze registrate senza e con la trincea, minore di 0.25 (riduzione di 12 dB). Un'altra variabile presa in considerazione è la distanza D tra la sorgente e la barriera. La seguente figura riporta un esempio del diagramma del rapporto di ampiezza in cui si denota una riduzione fino a 0.25 oltre la barriera. L'area schermata risulta delimitata da un semicerchio di raggio L/2 (L= lunghezza barriera).

Anche in questo caso si nota una regione di fronte e ai margini della barriera in cui si ha un'amplificazione della vibrazione dovuta alla riflessione dell'energia da parte della barriera stessa.

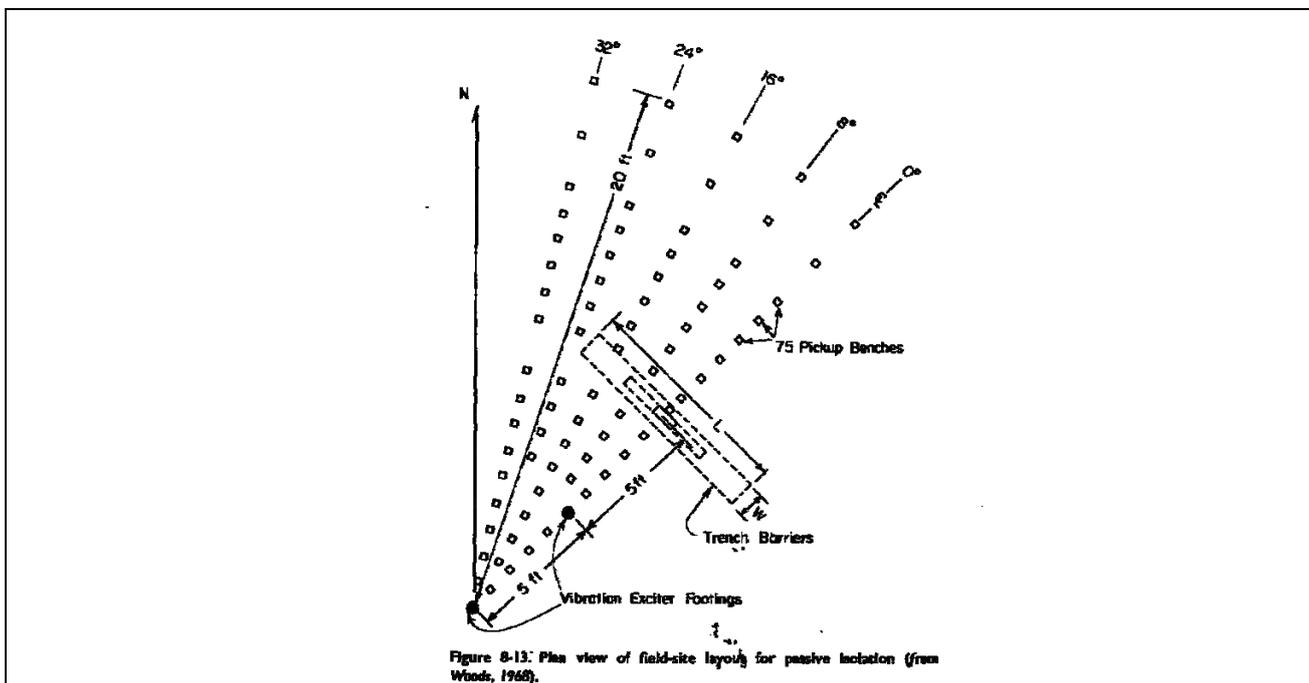


Figura 4.9-51

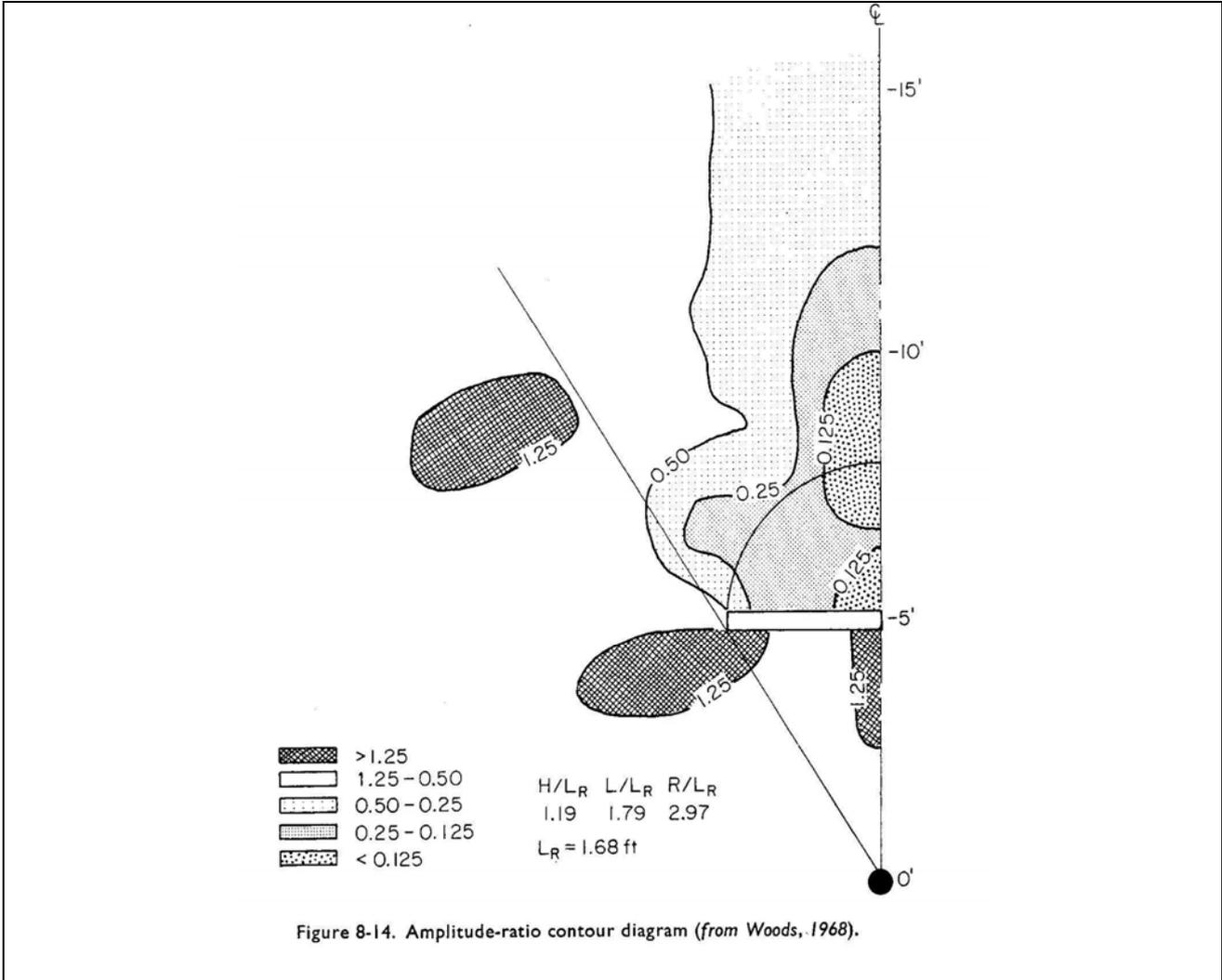


Figure 8-14. Amplitude-ratio contour diagram (from Woods, 1968).

Figura 4.9-52



Per trincee localizzate ad una distanza  $D$  compresa tra  $2L_r$  e  $7L_r$  il rapporto tra l'altezza della barriera e la lunghezza d'onda  $H/L_r$  deve essere di circa 1.3. Inoltre per avere il grado di isolamento richiesto, il rapporto  $H/L_r^2$  deve incrementare con la distanza della barriera dalla sorgente. In particolare il rapporto  $H/L_r^2$  dovrebbe essere almeno 2.5 per  $D=2L_r$  e 6 per  $D=7L_r$ .

Da suddetto studio si evince che, ai fini dell'efficacia dell'intervento di mitigazione, risulta di notevole importanza l'altezza del diaframma. Tale altezza dipende essenzialmente dalla distanza tra sorgente e intervento di mitigazione e dalla lunghezza d'onda della vibrazione da abbattere. Nel caso in cui la barriera venga posta lontano dalla sorgente (in prossimità del recettore), l'altezza minima del diaframma dovrà risultare pari a 1.3 volte la lunghezza d'onda della vibrazione incidente. Nel caso in cui il diaframma venga invece posizionato in prossimità della sorgente, l'altezza minima dello stesso dovrà risultare pari a 0.6 volte la lunghezza d'onda della vibrazione incidente [28] [1]. In quest'ultimo caso tuttavia è da attendersi una lunghezza della barriera superiore rispetto al primo, vista la maggior vicinanza alla sorgente. Poiché la lunghezza d'onda della vibrazione dipende dalla velocità di propagazione delle onde di Rayleigh nel terreno e dalla frequenza della stessa secondo la relazione:

$$L_r = \frac{V_r}{f},$$

risulta di importanza fondamentale, al fine di dimensionare l'intervento, conoscere le frequenze che devono essere "tagliate".

Dallo stesso studio sopra citato, si deduce infine che lo spessore della barriera è un parametro poco significativo al fine della riduzione della vibrazione.

I risultati di questo studio vengono considerati per le vibrazioni ferroviarie in [1] dove, per un terreno caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde di Rayleigh pari a 180 m/s (valori assolutamente confrontabili con quelli relativi alla Milano-Verona) e per frequenze di 30

Hz, viene indicato un diaframma di altezza pari a 3.6 m ( $0.6 \times \frac{V_r}{f}$ ). Qualora le frequenze da abbattere siano più basse, l'altezza del diaframma tende ad incrementare notevolmente. Tuttavia è da segnalare che l'abbattimento di 12 dB che si ottiene con dette altezze risulta molto superiore a quello effettivamente utile per portare a norma i recettori critici individuati, per i quali le simulazioni stimano superamenti al massimo di 4 o 5 dB.



Recentemente lo sviluppo dei metodi numerici agli elementi finiti ha reso possibile eseguire degli studi che tendono a simulare il comportamento della barriera al transito del treno [27] [29].

Andersen e Nielsen (Reduction of ground vibration by means of barriers or soil improvement along a railway track)[29] hanno analizzato l'efficacia di barriere aperte e riempite, in termini di riduzione della propagazione delle onde di Rayleigh indotte da una sorgente vibrante in movimento.

In particolare, il carico dovuto ad un assale di un treno in movimento è schematizzato mediante due forze verticali parallele che si muovono lungo il binario con una velocità di 50 o 100 m/s. Al fine di considerare anche le forze dinamiche, determinate dalle imperfezioni del contatto ruota-rotaia, è stato inoltre associato un carico dinamico oscillante con una frequenza di 10, 20 e 40 hz.

Oltre al caso di sole forze verticali, è stata considerata la situazione in cui agiscono anche forze orizzontali, che si generano in particolar modo nei tratti curvilinei.

Nello studio in esame vengono considerati quattro tipi di barriere, poste alla distanza di 4 m dalla massicciata del binario (Figura 4.9-53):

- Barriera aperta profonda 2m
- Barriera aperta profonda 6m
- Barriera riempita con materiali gommosi o bentonitici, profonda 6m
- Barriera riempita con materiali rigidi (calcestruzzo), profonda 6m

Vengono inoltre presi in considerazione due interventi di tipo attivo, che consistono nella sostituzione del materiale costituente il rilevato con:

- un materiale più rigido (soil improvement)
- un manufatto cavo in calcestruzzo (tube).

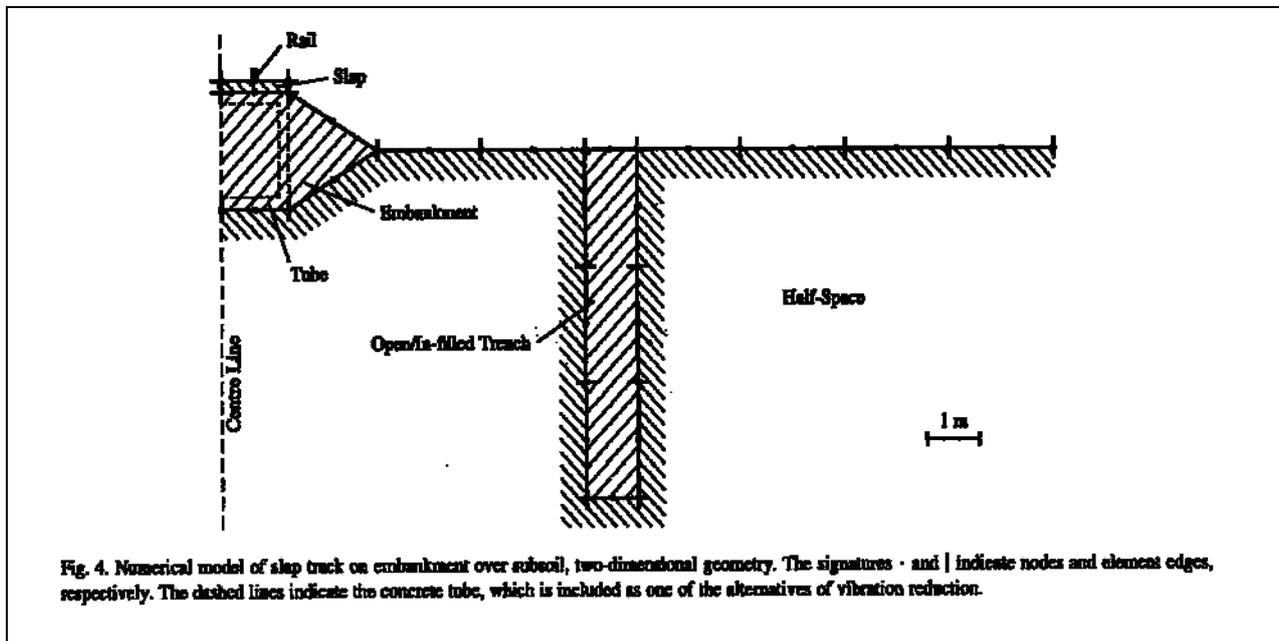


Figura 4.9-53

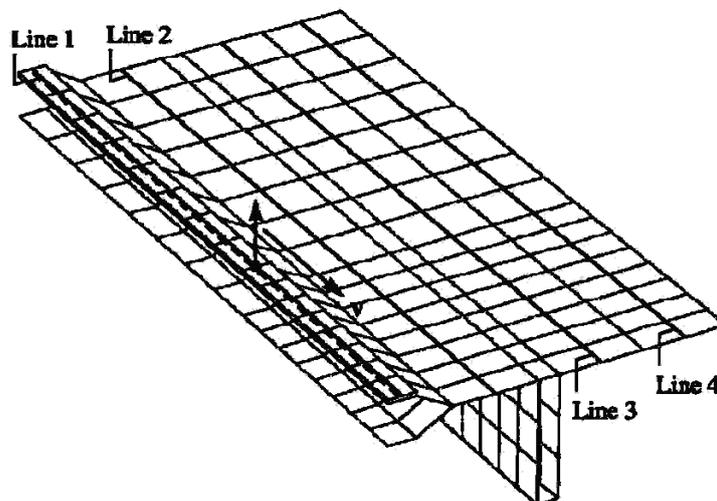
Nel modello di simulazione utilizzato, le forze indotte dal mezzo in transito causano la propagazione della perturbazione ondosa lungo le tre direzioni individuate da una terna di assi cartesiani  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Ad un fissato istante le tre componenti di questo spostamento  $U_x$ ,  $U_y$  e  $U_z$  possono essere combinate congiuntamente nel vettore risultante  $R$  indicato in ordinata nei grafici seguenti come Pseudo-resultant .



Considerando il carico verticale, nei grafici seguenti viene riportato l'andamento di R per le seguenti situazioni:

- terreno senza barriere
- terreno con i quattro tipi di barriere in esame
- rilevato irrigidito (soil improvement)
- rilevato con sottostruttura cava in calcestruzzo (tube).

Nei grafici, il vettore risultante R è stato valutato in funzione della distanza dalla sorgente di vibrazioni (ruota dell'asse), lungo quattro linee di riferimento parallele al binario. Line 1 è posizionata nella zona di applicazione del carico (binario), line 2 è posizionata fra il binario e la barriera mentre line 3 e 4 fra la barriera e il recettore. I grafici (56, 57 e 58) si riferiscono a frequenze di eccitazione pari a 10, 20 e 40 Hz e la velocità del carico mobile è 50 m/s (180 km/h).



**Fig. 5. Lines along which the results are plotted in Figs. 6-8 and 10,11.**



Per quanto riguarda l'influenza della frequenza di eccitazione sull'attenuazione di R, da un'analisi dei grafici risulta che:

- In generale, per tutte le frequenze considerate, il livello delle vibrazioni misurato lungo la linea 3 e 4 (10 m dal centro del binario) risulta sensibilmente attenuato.
- Le trincee e in particolar modo quelle aperte, profonde 6m, risultano le più efficienti anche per le basse frequenze, laddove le lunghezze d'onda in gioco superano le dimensioni delle barriere stesse.
- La barriera aperta, profonda 2m, risulta come atteso poco efficiente alla frequenza di 10 Hz a causa della sua modesta profondità, ma la sua efficienza migliora sensibilmente al crescere della frequenza
- Per quanto riguarda le barriere riempite si può notare come quelle di calcestruzzo o altri materiali rigidi abbiano un comportamento preferibile alla frequenza di 10 Hz rispetto alle barriere in materiali gommosi. Al crescere della frequenza però entrambe tendono a comportarsi in maniera simile.
- Specialmente alle basse frequenze si denotano fenomeni di amplificazione fra la sorgente e la barriera (line 2) con particolare riferimento alle barriere aperte. Alle alte frequenze il fenomeno risulta ridotto e presente solo nel caso delle barriere in calcestruzzo (che viceversa non presentano amplificazioni a basse frequenze).

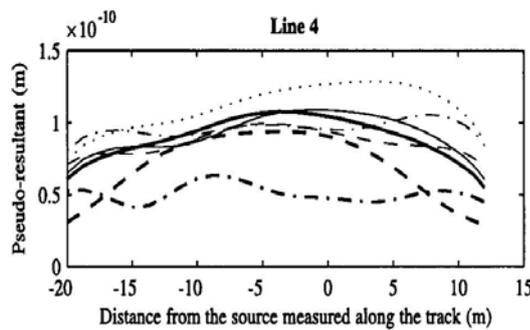
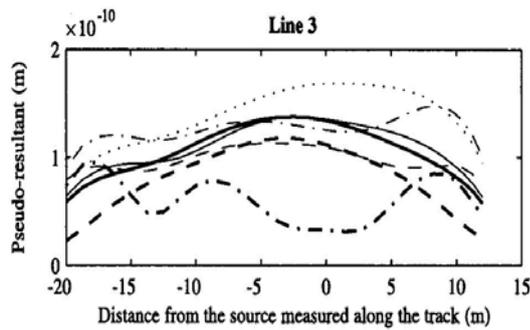
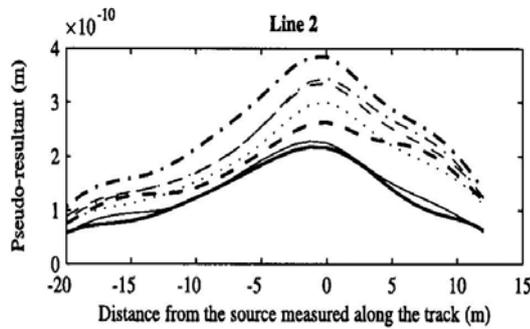
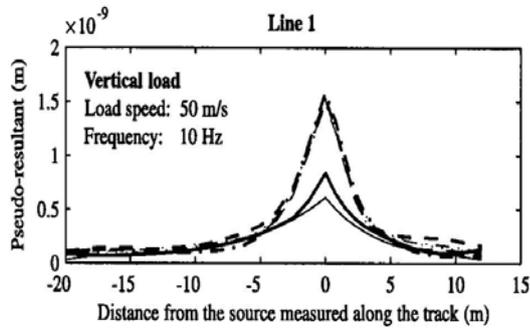


Fig. 6. Pseudo-resultant of displacements for a pair of vertical forces applied with the frequency 10 Hz and moving along the track with the speed 50 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (- - -), 6 m deep open trench (- · - ·), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

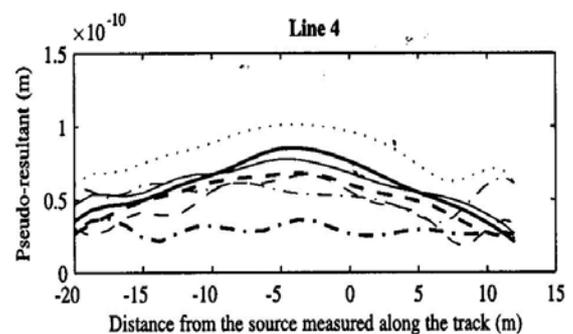
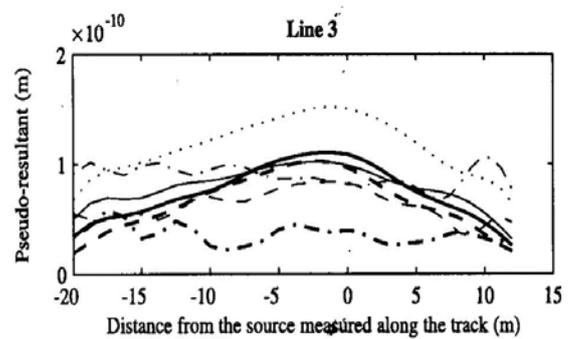
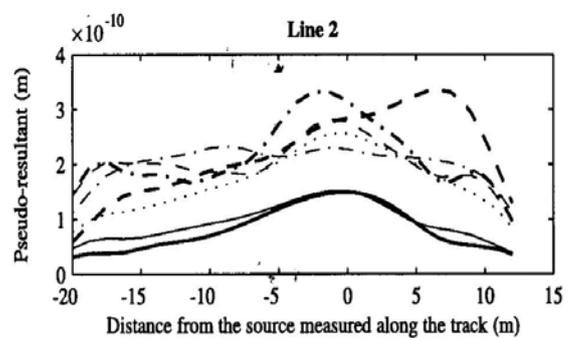
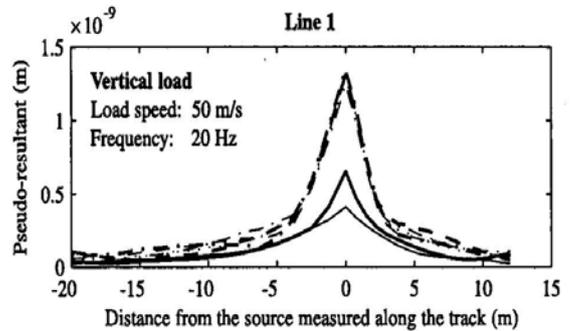


Fig. 7. Pseudo-resultant of displacements for a pair of vertical forces applied with the frequency 20 Hz and moving along the track with the speed 50 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (- - -), 6 m deep open trench (- · - ·), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

Figura 4.9-55

Figura 4.9-56

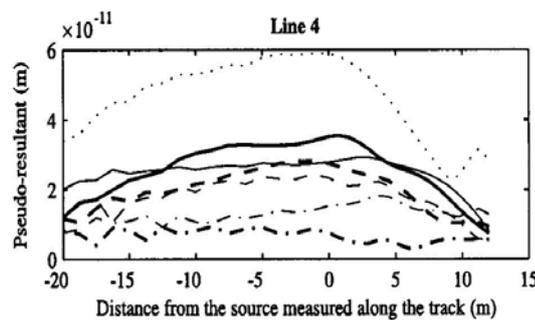
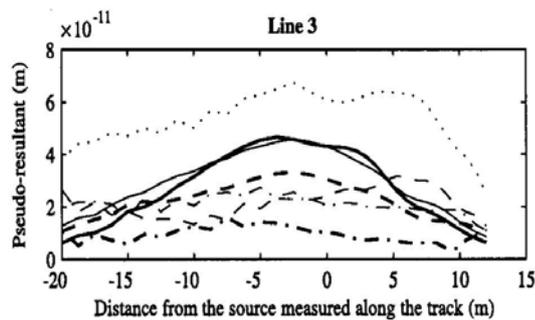
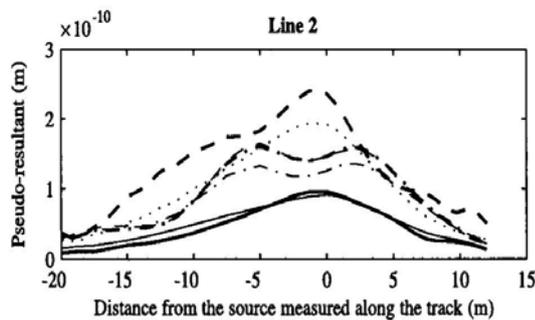
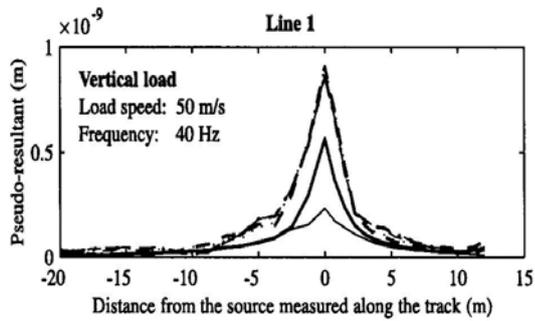


Fig. 8. Pseudo-resultant of displacements for a pair of vertical forces applied with the frequency 40 Hz and moving along the track with the speed 50 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (---), 6 m deep open trench (---), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

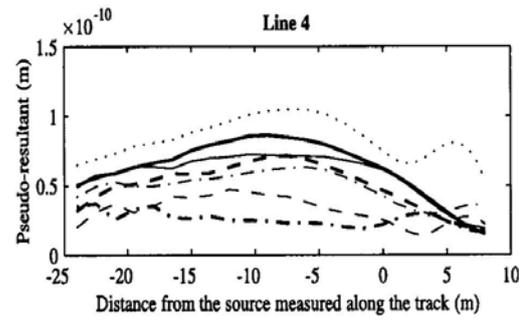
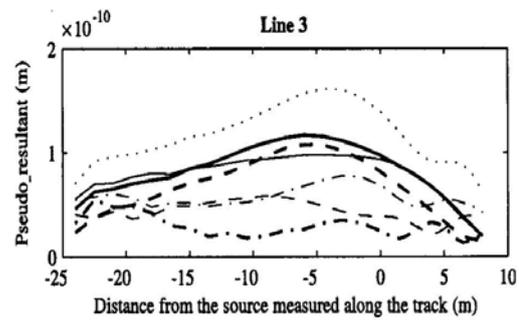
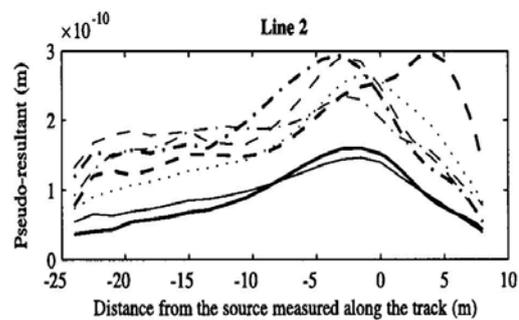
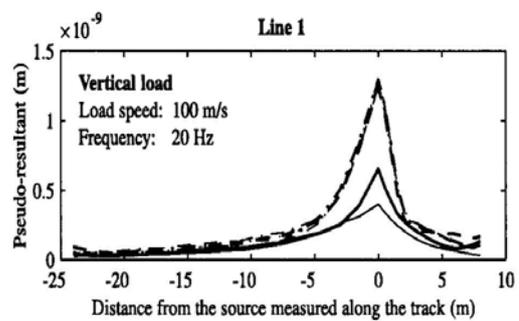


Fig. 11. Pseudo-resultant of displacements for a pair of vertical forces applied with the frequency 20 Hz and moving along the track with the speed 100 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (---), 6 m deep open trench (---), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

Figura 4.9-57

Figura 4.9-58



Per studiare l'influenza della velocità di movimento del carico gli autori hanno condotto l'analisi della risposta al carico verticale con velocità nulla e a 100 m/s e prendendo come riferimento la frequenza di 20 Hz.

Considerando che la velocità di transito dei convogli ferroviari sarà prossima ai 70-80 m/s ossia un po' maggiore rispetto a quella analizzata nei grafici precedenti (50 m/s), risulta interessante analizzare come cambia la performance delle barriere incrementando la velocità di transito da 50 a 100 m/s. Dal confronto tra i risultati ottenuti a tali velocità per le diverse tipologie di trincee, ad una frequenza di 20 Hz (figure 57 e 59), possono trarsi le seguenti conclusioni:

- La riduzione di R in seguito all'utilizzo delle barriere aperte, profonde 6m, presenta una trascurabile dipendenza dalla velocità del carico sia lungo line 3 che lungo line 4.
- La barriera aperta, profonda 2m, mostra un comportamento simile per le due velocità di transito lungo line 4 mentre si evidenzia un miglior comportamento alle velocità superiori lungo line 3;
- Per quanto riguarda le barriere riempite con materiale rigido non si notano sui grafici sensibili variazioni di R al variare della velocità, mentre, per le barriere riempite con materiali gommosi o bentonici, si evidenzia una migliore performance all'aumentare della velocità.

La stessa analisi condotta per i carichi verticali è stata ripetuta da Andersen e Nielsen considerando invece carichi orizzontali. In questo le azioni del l'assale sono state schematizzate con due forze orizzontali in movimento.

Rispetto a quanto riscontrato dall'analisi del carico verticale, in questo caso si ha, per tutte le tipologie di barriere, una tendenza ad un andamento più irregolare delle curve di attenuazione di R. In particolare questa irregolarità è evidente alla frequenza di 10 Hz.

- Nella porzione retrostante la barriera (line 3 e 4) la maggiore attenuazione di R risulta, anche in questo caso, ottenuta mediante l'uso di barriere aperte, profonde 6m, ma questa volta solo per le frequenze di 20 e 40 Hz. Alla frequenza di 10 Hz l'uso di questa barriera non evidenzia buoni risultati.
- La barriera aperta, profonda 2m, risulta la meno efficiente alla frequenza di 10 e 20 Hz, dove si evidenzia una sensibile amplificazione di R in corrispondenza della line 3. A 40 Hz si evidenzia un comportamento in linea con le altre barriere.



- Alle frequenze di 10 e 40 Hz, le barriere riempite con materiali gommosi hanno un comportamento migliore rispetto a quelle riempite con materiali rigidi che, al contrario, risultano più performanti alla frequenza di 20 Hz.
- Le barriere rigide alle basse frequenze mostrano amplificazioni della vibrazione a livello dell'area di studio localizzata alle spalle della barriera (fig 60), al contrario di quelle gommosi, che mostrano una riduzione della vibrazione su tutto il campo delle frequenze;
- Principalmente alle basse frequenze si denotano fenomeni di amplificazione fra la sorgente e la barriera (line 2). Analogamente al caso delle forze verticali, le barriere in calcestruzzo non mostrano amplificazione in line 2 alle basse frequenze mentre hanno la maggior amplificazione alle alte frequenze.

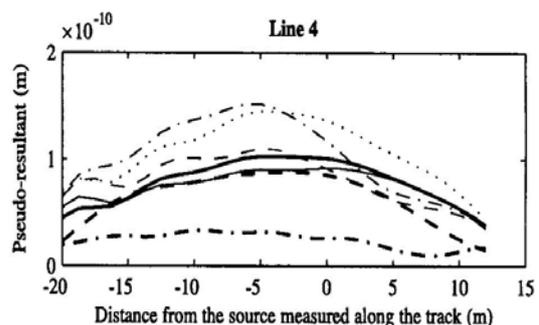
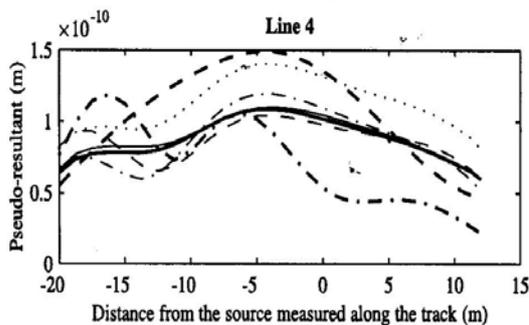
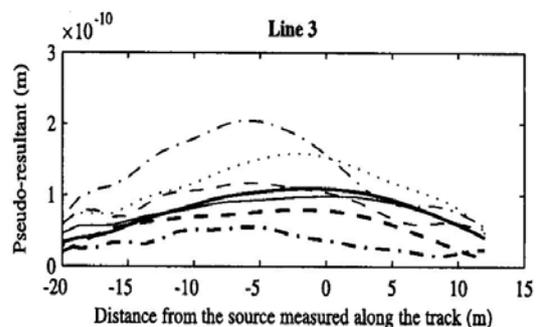
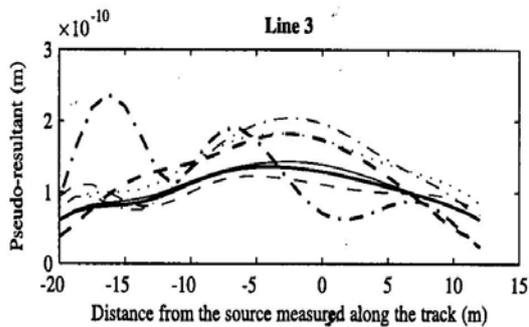
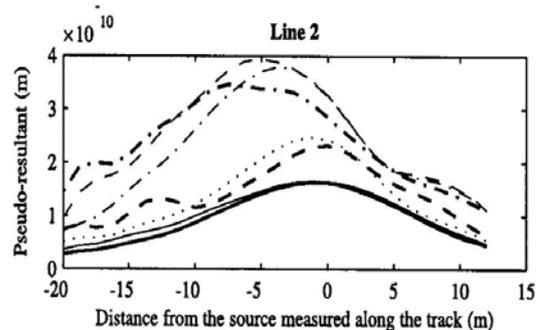
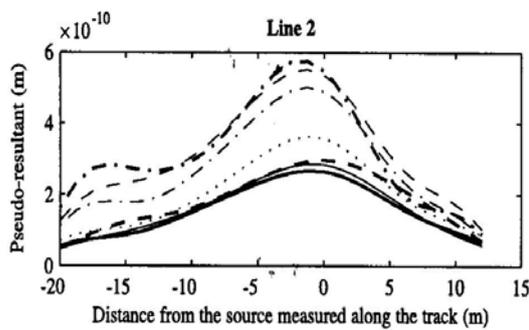
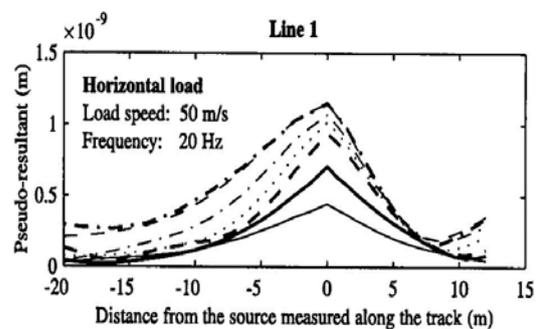
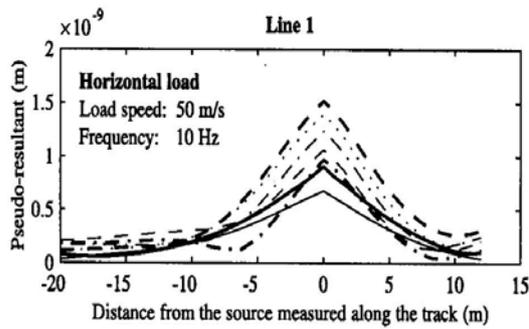


Fig. 12. Pseudo-resultant of displacements for a pair of horizontal forces applied with the frequency 10 Hz and moving along the track with the speed 50 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (---), 6 m deep open trench (-.-), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

Fig. 13. Pseudo-resultant of displacements for a pair of horizontal forces applied with the frequency 20 Hz and moving along the track with the speed 50 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (---), 6 m deep open trench (-.-), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

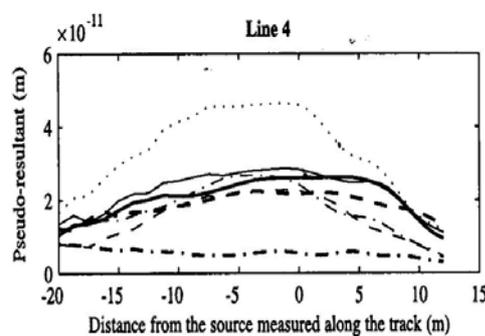
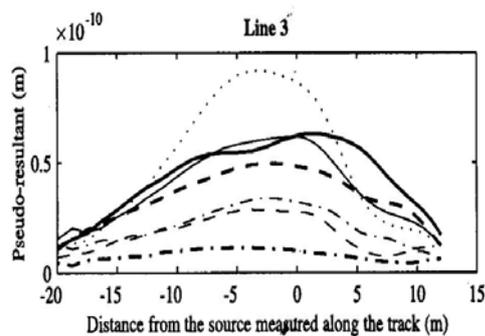
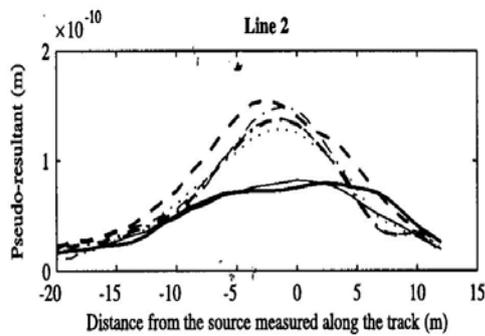
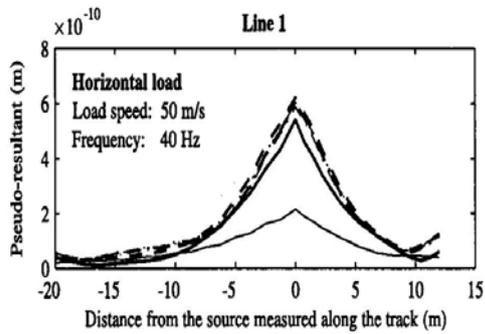


Fig. 14. Pseudo-resultant of displacements for a pair of horizontal forces applied with the frequency 40 Hz and moving along the track with the speed 50 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (- - -), 6 m deep open trench (- - -), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

Figura 4.9-61

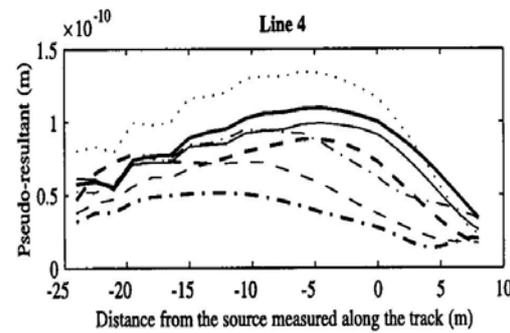
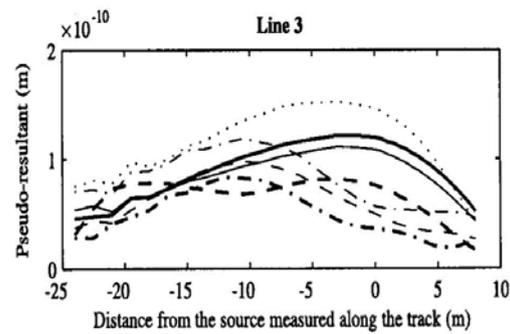
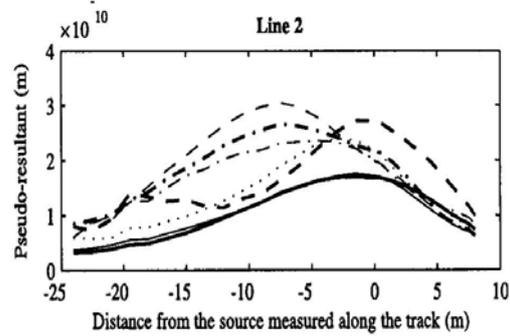
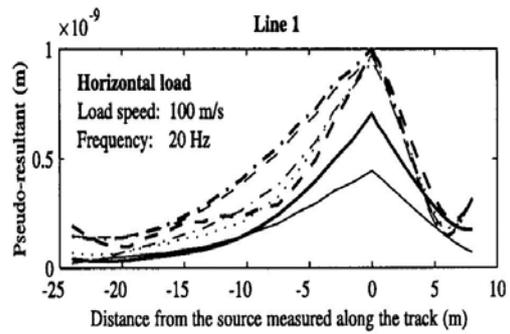


Fig. 16. Pseudo-resultant of displacements for a pair of horizontal forces applied with the frequency 20 Hz and moving along the track with the speed 100 m/s: original track (.....), soil improvement (—), inclusion of a 'tube' (—), 2 m deep open trench (- - -), 6 m deep open trench (- - -), rubber chip barrier (- -), trench backfilled with concrete (- -). Lines 1 to 4 are defined in Fig. 5.

Figura 4.9-62



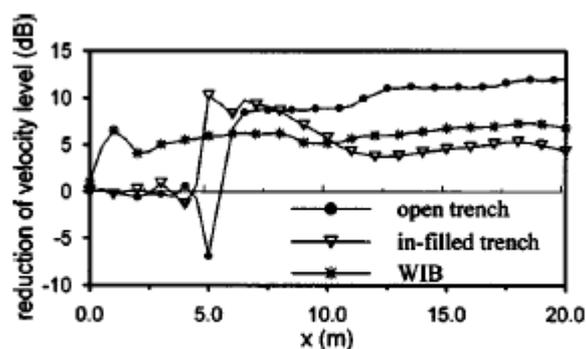
Per quanto riguarda invece l'influenza della velocità sull'efficienza delle barriere, si evidenzia, passando da 50 a 100 m/s, un peggioramento per le barriere aperte, profonde 6m e un netto miglioramento per le barriere aperte, profonde 2m. Per quanto attiene alle barriere riempite con materiale morbidi, si ottiene un leggero miglioramento delle prestazioni. Non si osservano particolari variazioni nel comportamento delle barriere rigide.

Di seguito si riassumo i comportamenti delle barriere considerate, al variare del tipo di carico, della frequenza e della velocità del mezzo in transito.

- Le barriere aperte da 6m mostrano le migliori performance oltre l'ostacolo (line 3 e 4) eccezion fatta che per i carichi orizzontali a bassissime frequenze in cui le prestazioni non risultano buone. Si evidenziano in ogni caso fenomeni amplificativi di fronte (line 2) alla barriera sia per carichi orizzontali che verticali.
- Le barriere aperte da 2m evidenziano comportamenti contrastanti. Alle spalle della barriera (line 3 e 4), nel caso di carico verticale, l'efficienza dell'ostacolo è piuttosto ridotta a 10 Hz, ma cresce proporzionalmente alla frequenza. L'aumento della velocità del carico porta ad un ulteriore miglioramento dell'efficienza della barriera. Nel caso di carico orizzontale, la barriera comporta un incremento di R a 10 e 20 Hz; a questa frequenza un aumento di velocità tende a ridurre tale incremento. A 40 Hz si evidenzia un'attenuazione in linea con gli altri tipi di barriere. Anche in questo caso si hanno fenomeni amplificativi davanti alla barriera (line 2). Sembrerebbe quindi sconsigliata l'adozione di questa tipologia di barriera per basse frequenze e nei tratti curvi dei tracciati.
- Le barriere riempite con materiali rigidi (calcestruzzo, ecc) mostrano, per carichi verticali, una sensibile attenuazione di R dietro la barriera (line 3 e 4),. Tale riduzione vale anche per i carichi orizzontali ad eccezione che per le basse frequenze (10 hz) per cui si denotano amplificazioni. Di fronte alla barriera (line 2) possono generarsi fenomeni amplificativi alle alte frequenze.

- Le barriere riempite con materiali bentonici o gomme mostrano, per carichi verticali, una sensibile attenuazione dietro la barriera (line 3 e 4). Rispetto alle barriere rigide, le performance dei diaframmi riempite con i suddetti materiali sono inferiori solo nel caso di frequenze basse (10 Hz). Per le altre frequenze il comportamento è sostanzialmente simile. Al crescere della velocità, le barriere riempite con materiali bentonici o gomme dimostrano una migliore performance. Nel caso di carico orizzontale si conferma l'attenuazione, oltre la barriera, su tutte le frequenze esaminate. Tuttavia davanti alla barriera (line 2) si determinano delle amplificazioni, specialmente in bassa frequenza.

Hung et all [27] hanno realizzato un modello numerico ad elementi finiti in cui il treno è schematizzato con una serie di carichi verticali mobili con velocità di 70 m/s dotati anche di una componente dinamica. L'obiettivo era quello di studiare l'efficienza delle barriere (aperte e riempite). Nel modello di simulazione utilizzato le frequenze di eccitazione considerate contemporaneamente per il carico dinamico sono 5, 10, 20 e 30 Hz. Inoltre sono state schematizzate barriere poste ad una distanza di 5 m dal binario e con una profondità di 4 m (spessore 1 m). La figura seguente riporta un confronto tra le attenuazioni ottenute tra le barriere aperte (open trench) e quelle riempite (in-filled trench) a diversa distanza dalla sorgente. La parte in attenuazione si ha dopo la barriera posizionata come detto a 5 m dalla sorgente.



**Fig. 13.** Comparison between isolation efficiency of three wave barriers



Da quanto esposto, risulta evidente che le caratteristiche costruttive dei diaframmi devono essere determinate in base alle frequenze da abbattere, le quali non dipendono solo dalle caratteristiche emissive della sorgente, ma anche dalle proprietà del suolo e dalle caratteristiche costruttive degli edifici. In particolare queste ultime variano da caso a caso in relazione alle caratteristiche costruttive e alle dimensioni geometriche dell'edificio e delle sue parti costituenti (in particolare solai).

La progettazione di un intervento di mitigazione mirato a ridurre le vibrazioni all'interno di un determinato edificio, richiede la conoscenza di estremo dettaglio della distribuzione dell'energia nel dominio delle frequenze negli ambienti principali dell'edificio stesso. Tale informazione è assolutamente indispensabile per conoscere le frequenze che devono essere "tagliate" in un ottica di riduzione della vibrazione in tutti gli ambienti principali dell'edificio. Solo questa conoscenza di dettaglio permette la definizione e la progettazione di un idoneo intervento di mitigazione.

La sola conoscenza qualitativa di tale aspetto (quale quella che può essere ottenuta da un'analisi visiva dell'edificio) può portare infatti ad adottare soluzioni che potrebbero risultare inadeguate o addirittura peggiorative per tutto o una parte dell'edificio.

Il livello di dettaglio necessario alla progettazione dell'intervento di mitigazione esula pertanto dalle competenze di questo studio che, redatto su ampia scala, ha considerato solo alcuni aspetti geometrici degli edifici al fine di interpretare sommariamente il comportamento del recettore.

In assenza di tali informazioni si ritiene necessario rimandare la fase progettuale degli interventi di mitigazione al periodo di pre-esercizio della linea ferroviaria, a valle di una serie di rilievi sperimentali da effettuarsi negli edifici critici individuati.

I rilievi sperimentali saranno mirati a misurare le reali vibrazioni (e la loro distribuzione nel dominio delle frequenze) indotte sui recettori critici dal transito dei treni. Tali rilievi permetteranno di valutare le frequenze da abbattere e il grado di attenuazione della vibrazione necessario e di conseguenza di dimensionare ad hoc l'intervento di mitigazione individuando:

- il punto di ubicazione della trincea;
- la tecnica realizzativa e il materiale di riempimento
- le dimensioni geometriche.

Pertanto la posizione, l'estensione e le caratteristiche geometriche dei diaframmi antivibranti saranno definite con esattezza solo a seguito dei suddetti rilievi, finalizzati a determinare nel dettaglio la distribuzione della vibrazione indotta negli edifici impattati.

Tale approccio, già utilizzato per la linea AV Milano-Bologna, permetterà inoltre di non eseguire l'intervento di mitigazione qualora le vibrazioni misurate risultino inferiori ai limiti indicati dalla normativa.

Infine si vuole segnalare che altri interventi di mitigazione delle vibrazioni sono quelli che tendono a migliorare le caratteristiche del terreno interposto tra ferrovia e recettore. Tali interventi consistono nel sostituire il terreno in situ con un altro più rigido o nell'irrigidire il terreno stesso mediante tecniche tipo jet grouting. Questi interventi saranno presi in considerazione insieme a quanto altro messo a disposizione dalla tecnica al momento della progettazione esecutiva dell'intervento di mitigazione.

#### 4.9.12 Riferimenti normativi e bibliografici

[1] U.S. Department of transportation – Federal Railroad Administration:

«High speed ground transportation Noise and vibration impact assessment»

Washington, D.C., december 1998

[2] Italferr SIS. T.A.V. – U.O. Ambiente:

«Quadruplicamento della Linea Milano – Venezia – Tratta Lambrate Traviglio – Sottoprogetto Pioltello Treviglio: Progetto esecutivo – Progetto Vibrazioni»

[3] Italferr SIS. T.A.V. – U.O. Ambiente:

«Tratta A.C. Milano – Venezia – Sub Tratta Padova-Mestre: Progetto esecutivo – Progetto Vibrazioni»

[4] UNI 9614

«Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo»;  
(«Vibration measurement in building and annoyance evaluation»); Marzo 1990.

[5] UNI 9916

« Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici»; 2004.

[6] DIN 4150-3

«Structural vibration in buildings. Effects on structures»; 1999

[7] Italferr SIS. T.A.V. – U.O. Ambiente:

«Linea Milano – Napoli. Nodo di Bologna – Penetrazione Urbana Linea A.V.. Tutela, mitigazione e monitoraggio ambientale vibrazioni – Caratterizzazione sorgente (Tratta A.V.).Relazione»  
riferimento: A112 00 E 15 RG AR.0103 002 0; 31.07.2000

- [8] Italferr SIS. T.A.V. – U.O. Ambiente:  
 «Linea Milano – Napoli. Nodo di Firenze – Penetrazione Urbana Linea A.V. – Studio Vibrazioni da prog 1+540 a prog 12.500
- [9] G. P. Wilson  
 «Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control»  
 1982 U.S. Department of Transportation – Washington
- [10] M. Ottaviani  
 «Comportamento dinamico dei terreni»  
 Dipartimento di idraulica trasporti e strade – Università “La Sapienza” di Roma
- [11] ISO 2631-2  
 «Continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz)»; 1989.
- [12] ISMES  
 «Previsione del disturbo vibro-acustico della metropolitana di Roma – Prolungamento della linea A, 1995.
- [13] ISO 2631-2  
 «Continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz)»; 2003.
- [14] CEPAV 2  
 «Linea A.V. Milano Verona - Rumore e vibrazioni : Censimento dei recettori»
- [15] Italferr SIS. T.A.V.:  
 «Linee guida per l'elaborazione dei progetti vibrazionali delle tratte e dei nodi A.V.»riferimento: SP-C1R-31
- [16] Italferr SIS. T.A.V.:  
 «Linee guida per la progettazione e la posa di armamenti antivibrante tappetino»  
 riferimento: XXXX 00 0 08 RP SF.00 05 001 A; 05.03.1998
- [17] Italferr SIS. T.A.V.:  
 «Linee guida per la progettazione e la posa di armamenti antivibrante. Binario senza massicciata»  
 riferimento: XXXX 00 0 10 RP SF.00.05 002 A; 10.09.1998
- [18] CEPAV 2  
 «Linea AC/AV Milano-Verona – Studio d'impatto ambientale – Quadro di riferimento ambientale (doc IN0500RE2RGSAA000A001A) - par 4.2.9 e allegati»
- [19] CIRIA – JM Head FM Jardline  
 «Ground-borne vibrations arising from piling» - technical note 142 - 1992
- [20] A. Castellani, D. Benedetti, A. Castoldi, E. Faccioli, G. Grandori, R. Nova  
 «Costruzioni in zona sismica»  
 1981 Masson Italia Editori – Milano
- [21] Legge Quadro n. 447/1995  
 LEGGE 26 ottobre 1995, n. 447:  
 «Legge quadro sull'inquinamento acustico»



## [22] DPCM 14.11.1997

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997:

*«Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore»*

## [23] DPR n. 459/1998

Decreto del Presidente della Repubblica 18 Novembre 1998, n. 459:

*«Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n.447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario»*

## [24] Alessandro Buonanno

*«Il sub-ballast in conglomerato bituminoso»*

*La tecnica professionale n°9 –settembre 2000*

## [25] Osama Hunaidi

*«Traffic vibration in buildings»*

National Research Council of Canada -Giugno 2000

## [26] Quadruplicamento veloce ferroviario Milano-Bologna - Osservatorio ambientale ufficio di presidenza

*«Relazione sulla possibilità di eliminare i tappetini antivibranti nella tratta TAV Milano Bologna »*

Maggio 2005

## [27] H. H. Hung, Y.B. Yang, F. ASCE, D.W Chang

*«Wave Barriers for reduction of train induced Vibrations in soil»*

Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering -Dicembre 2004

## [28] F. E. Richart

*« Vibrations of soils and foundations»*

Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs -1970

## [29] L.Andersen, S.R.K. Nielsen

*« Reduction of ground vibration by means of barriers or soil improvement along a railway track»*

Soil dynamics and earthquake engineering 25 (2005)

## [30] Swedish Deep Stabilization Research Centre

*« Mitigation of Track and Ground Vibrations by High Speed Trains at Ledsgård, Swedens»*

Report 10 -2002



## 4.10 Radiazioni non ionizzanti

### 4.10.1 Premessa

L'esercizio delle linea ferroviaria alta velocità comporta la costruzione e l'impiego di infrastrutture ed impianti che hanno lo scopo di fornire la necessaria alimentazione elettrica alle motrici in servizio lungo il tracciato.

Il sistema di alimentazione elettrica può essere schematicamente suddiviso in due insiemi principali:

- linea ad alta tensione (132 kV, corrente alternata, trifase) che fornisce energia, tramite sottostazioni, alla linea ferroviaria;
- linea di contatto (25 kV, corrente alternata, monofase), dalla quale le motrici prelevano energia;
- sottostazioni elettriche.

In particolare, oggetto del presente studio è la variante del tracciato ferroviario dal km 86+995 al km 101+107, che si sviluppa nei comuni di Montirone, Ghedi, Castenedolo, Montichiari e Calcinato, in provincia di Brescia. Pertanto, con riferimento al fattore radiazioni non ionizzanti, sarà analizzata la potenziale variazione all'esposizione dei campi elettromagnetici per effetto della linea di contatto a 25 kV, corrente alternata, monofase.

In corrispondenza della variante in esame, il tracciato della citata linea da alta tensione è localizzato a circa 3 km in direzione nord e risulta pertanto ininfluenza ai fini delle analisi relative alle radiazioni non ionizzanti.

La valutazione di compatibilità viene effettuata prendendo in considerazione i limiti contenuti nella normativa nazionale italiana ed internazionale nonché la normativa regionale del settore. Al fine di procedere alle valutazioni sopra richiamate, è stato necessario utilizzare un'adeguata modellazione matematica che fosse in grado di descrivere i campi elettrici e magnetici presenti in alcune condizioni tipiche di impianto.

Le condizioni di impianto utilizzate nella modellazione sono state prescelte in modo da poter rappresentare sia le prevalenti condizioni di esercizio sia le situazioni potenzialmente critiche.



#### 4.10.2 Generalità sui campi elettromagnetici

Nella trattazione inerente l'argomento, sono state utilizzate alcune grandezze fisiche che caratterizzano le sorgenti ed i campi elettromagnetici in oggetto e la loro interazione con la materia vivente.

La trasmissione d'energia, nell'ambito degli argomenti trattati da questa relazione, è effettuata tramite linee in corrente alternata trifase o monofase, nella quale le tensioni (e la corrente) variano sinusoidalmente nel tempo, con una frequenza di esercizio che corrisponde al numero di cicli completi compiuti dal sistema nell'unità di tempo. Tale grandezza viene espressa in hertz (Hz). Di norma nel sistema di trasmissione dell'energia elettrica in Italia, e nei casi specifici trattati da questa relazione, la frequenza utilizzata è pari a 50 Hz.

La tensione di una linea a corrente alternata definisce le differenze di potenziale efficace (RMS) tra i conduttori o tra un conduttore e la terra e viene espressa in volt (V). Le tensioni di conduttori sono correlate, insieme a fattori geometrici e di fase, al potenziale elettrico ed al suo gradiente dello spazio. Quest'ultima osservabile viene definita come intensità di campo elettrico e viene espressa in volt per metro (V/m).

L'applicazione di un carico nei sistemi elettrici aventi diverso potenziale comporta l'instaurarsi di una corrente elettrica attraverso i conduttori, misurata in ampere (A). Nel caso di sistemi a tensione alternata, in prima approssimazione anche l'andamento della corrente avrà un andamento sinusoidale caratterizzabile con le stesse quantità sopra richiamate. In particolare, ai fini della presente trattazione, è importante il valore efficace o RMS della corrente.

Attorno ad un conduttore (od ad un sistema di conduttori) percorso da corrente elettrica viene ad instaurarsi un campo magnetico, il cui valore efficace dipende dall'assetto geometrico dei conduttori, dalle correnti che li attraversano, dagli angoli di fase posseduti (unità di misura ampere per metro, A/m).

Il campo di induzione magnetica è correlato al campo magnetico tramite la permeabilità magnetica del mezzo considerato (nel caso rappresentato dall'aria e dai tessuti biologici), secondo la seguente:

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$$

Nel caso delle considerazioni connesse alla valutazione di compatibilità sanitaria degli impianti oggetto della presente relazione, viene preso in considerazione il valore efficace o RMS dell'intensità dell'induzione magnetica, la cui unità di misura è il Tesla (T).



La valutazione dell'intensità di campo elettrico e magnetico, in prossimità delle linee elettriche oggetto della presente relazione, può essere effettuata utilizzando le leggi dell'elettromagnetismo quasi-stazionario, una volta note le caratteristiche del progetto e dell'ambiente in cui le linee devono essere collocate. L'ipotesi di quasi-stazionarietà del campo consente di separare i fenomeni associati ai due campi e di valutare separatamente l'intensità delle componenti del campo elettrico e magnetico; inoltre, i due campi sono di tipo vettoriale, ossia grandezze caratterizzate oltre che da un modulo, che ne esprime l'intensità, anche da un verso e una direzione.

Trattando linee in corrente alternata, i campi in gioco sono di conseguenza rappresentati mediante vettori in cui l'intensità, il verso e la direzione variano nel tempo con una legge temporale. Trattando sorgenti sinusoidali è possibile ricorrere al Metodo Simbolico che consente di semplificare notevolmente la computazione e la rappresentazione delle grandezze elettriche e magnetiche. In particolare, il metodo simbolico consente di rappresentare una sinusoide mediante un numero complesso (denominato fasore) il cui modulo è l'ampiezza della sinusoide e l'argomento è la fase della sinusoide.

Nello specifico, il campo elettrico ed il campo magnetico, prodotti da una linea di trasmissione a corrente alternata, sono vettori nello spazio caratterizzato da componenti (nel sistema di riferimento spaziale adottato) i cui moduli cambiano nel tempo con una relazione di fase tra componente e componente e possono essere rappresentati mediante fasori.

Tale relazione di fase, considerato l'andamento sinusoidale della legge di variazione delle correnti e delle tensioni, è esprimibile come angolo.

I vettori campo elettrico e campo magnetico in un punto dello spazio saranno di conseguenza dei vettori, il cui valore istantaneo ed efficace dipende dalle tensioni, dalle cariche, dalle correnti presenti nei conduttori ma anche dalla relazione di fase dei conduttori tra di loro.

I vettori campo elettrico e magnetico, a causa della continua variazione nel tempo delle loro componenti, possono essere visualizzati come vettori rotanti in un piano e descrittivi un'ellisse.

La massima intensità di campo si ha quando il vettore è orientato secondo uno dei semiassi maggiori dell'ellisse, e la lunghezza del semiasse rappresenta il valore massimo del campo stesso.

Riassumendo, al fine della valutazione degli aspetti sanitari dei fenomeni elettromagnetici in prossimità delle linee ad alta tensione, le grandezze da considerarsi saranno i valori efficaci, o quadratici medi (o RMS) dei vettori campo elettrico e magnetico (o di Induzione magnetica).



#### 4.10.3 Potenziali effetti dell'esposizione a campi elettromagnetici a 50 Hz

L'interazione tra tali campi e le attività biologiche può determinare effetti negativi che sono convenzionalmente classificati come:

- effetti a breve termine,
- effetti a lungo termine.

Gli effetti a breve termine sono ben noti, classificati e sono state definite regole internazionali per evitarli. Gli effetti a lungo termine sono meno noti e sono stati oggetto di numerosi studi che hanno portato a conclusioni contraddittorie per cui non è stata stabilita alcuna regola per evitarli dato che essi per ora sono soltanto oggetto di ipotesi di lavoro dal punto di vista degli effetti negativi prodotti.

E' ben nota dalla letteratura tecnica e anche dalla cronaca l'attenzione dedicata negli ultimi anni alla presenza di campi; tale attenzione è stata prevalentemente dedicata al caso delle linee elettriche aeree ed in cavo di trasporto.

L'esposizione di un organismo a campi elettromagnetici a 50 Hz provoca complesse interazioni la cui intensità o gravità dipende in prima approssimazione dall'intensità dei campi stessi.

Il novero delle potenziali conseguenze, rilevate o ipotizzate, comprende effetti di carattere sensorio soggettivo, di interazione con il sistema neuromuscolare, di azione sui sistemi cellulari.

Gli effetti in questione sono indotti per via diretta sul sistema biologico considerato (interazione diretta), o mediati dalla presenza di altri oggetti, corpi, dispositivi all'interno o in prossimità dello stesso campo elettromagnetico (interazione indiretta).

In parallelo allo studio di carattere fisico e biomedico degli effetti dei campi elettromagnetici a 50 Hz sull'organismo dell'uomo, esistono una serie di ricerche di carattere epidemiologico miranti a evidenziare se l'esposizione, anche a bassi livelli, a tali campi produca un incremento di patologie di carattere deterministico o stocastico.



#### 4.10.4 Limiti di esposizione: Normativa Tecnica e Legislativa

Il quadro scientifico delineato sinteticamente ai paragrafi precedenti ha trovato terreno di applicazione nelle raccomandazioni dei maggiori organismi internazionali attivi nel campo della prevenzione sanitaria e nelle norme di legge di diversi Paesi, Italia inclusa.

I limiti di esposizione devono, per loro stessa natura, rappresentare uno strumento operativamente utilizzabile per valutare la compatibilità sanitaria di installazioni esistenti o da realizzare. In questa prospettiva, è spesso indispensabile ricorrere a semplificazioni o schematizzazioni estreme per raggiungere l'obiettivo di ridurre il rischio connesso all'esposizione all'agente nocivo.

Per quanto visto ai paragrafi precedenti relativi ai principi fisici e biologici i principali effetti biologici riferibili allo stazionamento in campi elettromagnetici a 50 Hz sono generati da correnti indotte che circolano con una determinata densità all'interno del corpo umano.

Non è evidente, in tutti i casi, un nesso tra densità delle correnti indotte, tempo di esposizione ed effetto, specie per gli effetti con soglia come, ad esempio, gli effetti neuromuscolari, quando vengano presi in considerazione tempi superiori a qualche frazione di secondo. Ciò impedisce di definire il concetto di dose come, ad esempio, nel settore delle radiazioni ionizzanti, dove gli effetti biologici, sia in termini di danno che di rischio probabilistico sono ben correlati da una funzione che tiene in considerazione intensità dell'esposizione e sua durata.

Il sistema delle limitazioni deve di conseguenza avere l'effetto di impedire che all'interno del corpo umano circolino correnti con densità superiore ad un valore ritenuto sicuro, a livello di importanti distretti, quali la testa ed il tronco.

Il valore individuato, nelle più importanti raccomandazioni internazionali è di 10 mA/m<sup>2</sup>, che corrisponde al valore massimo delle correnti endogene, con alcuni fattori di cautela legati alla tipologia dell'esposizione (professionale o di popolazione).

Possono venire di conseguenza fissati i valori dei campi elettrico e magnetico imperturbati (in assenza di persone ed oggetti mobili) che sono in grado di indurre all'interno di un corpo umano densità di correnti superiori al valore desiderato.

I campi in oggetto sono praticamente sempre presenti in prossimità di impianti specifici, quali le linee ad alta tensione per il trasporto di energia.



E' stato spesso ritenuto opportuno normare questo specifico settore, imponendo distanze minime dai conduttori per lo stazionamento del pubblico, correlate alle tensioni di esercizio. Tali distanze minime dovrebbero garantire, con adeguato margine di sicurezza, l'assenza di campi elettrici e magnetici per un valore superiore a quello ritenuto sicuro.

#### 4.10.4.1 Normativa Nazionale ed Internazionale

I campi ELF (Extremely Low Frequency, ovvero campi con frequenza fino a 300 Hz) hanno ricevuto particolare attenzione con riferimento ai sistemi di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica sin dal 1980, quando con il documento CIGRE Conference International de Grand Resau Electric [1], sono state definite le grandezze fondamentali, segnalati gli effetti più significativi dei campi e suggeriti i metodi di misura del campo elettrico e magnetico.

L'organizzazione IRPA/INIRC definì in [2] i livelli di esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza industriale di 50/60 Hz dopo una complessa operazione di coordinamento della letteratura e della normativa a livello mondiale.

Successivamente nel 1995 il CENELEC [3] e subito dopo il CEI in [4] hanno definito limiti di esposizione ai campi, metodi di misura e caratteristiche della strumentazione. Queste ultime norme definite "prenorme" o "norme sperimentali" sono però decadute nel dicembre 1999.

Quindi, l'ICNIRP pubblica nel 1998 le linee guida per i limiti di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico nel range di frequenze fino a 300 kHz [5] e tali valori vengono adottati successivamente nella Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 1999 [6].

I limiti di esposizione riportati dalle linee guida dell'ICNIRP, relativi alla frequenza di 50 Hz, sono i seguenti:

Tipo di esposizione	Campo elettrico, kV/m	Campo magnetico, $\mu\text{T}$
Esposizione per popolazione	5	100
Esposizione per lavoratori	10	500

Anche se non finalizzata alla definizione di limiti all'esposizione, si ricorda ancora la Guida CEI 211-6 gennaio 2001 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana". Tale guida fornisce, infatti, utili indicazioni alla conduzione delle misure dei campi magnetici ed elettrici nella gamma delle frequenze tra 0 e 10 kHz, con particolare riferimento alla scelta della strumentazione ed alla modalità di esecuzione delle misure. Per quanto riguarda i criteri di valutazione dei campi elettrici e magnetici, la guida tiene in conto della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee elettriche".

#### 4.10.4.2 Leggi Nazionali

La legge di riferimento per la tutela della popolazione dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici è la:

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 *Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici* (G.U., parte I, n. 55 del 7 marzo 2001).

In particolare i limiti di esposizione relativi ai campi elettrici e magnetici a frequenza di rete (50 Hz), occorre fare riferimento al decreto attuativo:

- *DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. n.200 del 29 Agosto 2003.*

Nello specifico si riportano gli articoli 3 e 4 che fissano tali limiti:

#### Articolo 3

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100  $\mu$ T** per l'introduzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.



2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di **10  $\mu\text{T}$** , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

#### Articolo 4

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove arre di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di **3  $\mu\text{T}$**  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Inoltre il DPCM 23/02/03, afferma all'articolo 8 comma 1:

#### Articolo 8

1. Dalla data di entrata in vigore del presente decreto non si applicano, in quanto incompatibili, le disposizioni dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 e 28 settembre 1995.

Nel seguito si adotteranno come valori limite:

Campo elettrico, kV/m	Induzione magnetica, $\mu\text{T}$
5	3

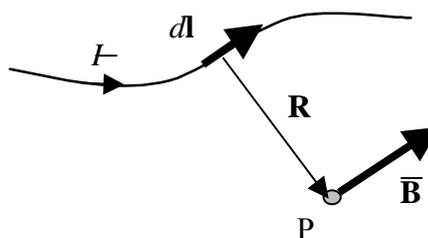
## 4.10.5 Stima dell'intensità dei campi magnetici ed elettrici

### 4.10.5.1 Metodologia per il calcolo del campo elettrico e magnetico

Il modello di calcolo è differenziato per la determinazione dell'intensità del campo magnetico (o dell'induzione magnetica) e del campo elettrico.

Per quanto riguarda il primo, la procedura si basa sull'integrazione della legge di Biot-Savart, che consente di determinare il valore del campo e dell'induzione magnetica in ogni punto dello spazio a partire dalla conoscenza della geometria delle linee elettriche e delle sorgenti di campo (intensità e fase delle correnti elettriche). In particolare, un conduttore percorso da una corrente pari ad  $I$  produce nello spazio circostante considerato omogeneo (aria) un'induzione magnetica  $\mathbf{B}$  dato dall'integrale:

$$\overline{\mathbf{B}} = \mu_0 \int \frac{\overline{I} d\mathbf{l} \times \mathbf{R}}{4\pi R^3}$$



in cui:

- $d\mathbf{l}$  è un vettore di lunghezza infinitesima, tangente al conduttore ed orientato nel verso della corrente;
- $\mathbf{R}$  è un vettore distanza tra il punto sul conduttore ed il punto P in cui si vuole determinare il campo;
- $\mu_0$  è la permeabilità assoluta (assunta per l'aria) pari a  $4\pi \cdot 10^{-7}$ ;

L'integrazione riportata nella formula viene effettuata per via numerica sommando vettorialmente i contributi che si ottengono suddividendo il conduttore in numero finito di elementi discreti: ogni conduttore è descritto geometricamente mediante l'equazione della curva che lo rappresenta. L'integrale viene effettuato per ogni conduttore del sistema ed i contributi vengono sommati. Il metodo risulta quindi del tutto generale sia per il numero sia per la tipologia dei conduttori. E' opportuno ricordare che, trattando correnti sinusoidali ed adottando il Metodo Simbolico, il campo risultante è un vettore le cui componenti spaziali hanno una intensità definita mediante un numero complesso.

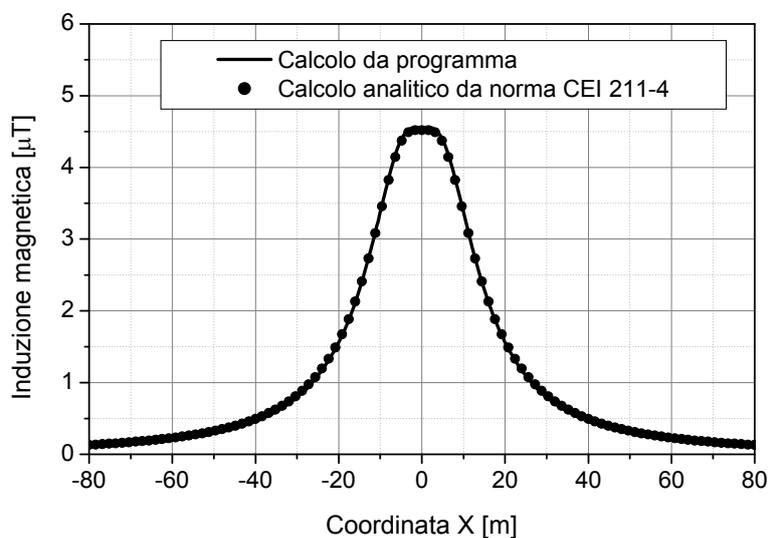
Una possibile validazione del programma utilizzato può essere effettuata confrontando il campo calcolato con il programma stesso e quello calcolato per via analitica, secondo la norma CEI 211-4 paragrafo 4.3, su di un caso in cui questa seconda procedura è applicabile in modo esatto. Tale caso si riferisce ad un sistema di conduttori rettilinei, paralleli e indefiniti.

Sotto queste ipotesi l'induzione magnetica  $\mathbf{B}$  è data dall'espressione:

$$\bar{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=1}^N \frac{\bar{I}_k}{d_k} \bar{u}_l \times \bar{u}_r$$

in cui  $N$  è il numero dei conduttori,  $d$  è la distanza tra il conduttore  $k$ -esimo e il punto di calcolo; i vettori  $\bar{u}_l$  e  $\bar{u}_r$  indicano, rispettivamente, il verso della corrente e della relativa normale;  $\times$  indica il prodotto vettoriale.

In particolare è stato analizzato il caso, che verrà riportato successivamente, relativo ad una linea a doppia terna su semplice palificazione con corrente di 310 A. Come si può osservare dalla figura, le due curve sono praticamente coincidenti.

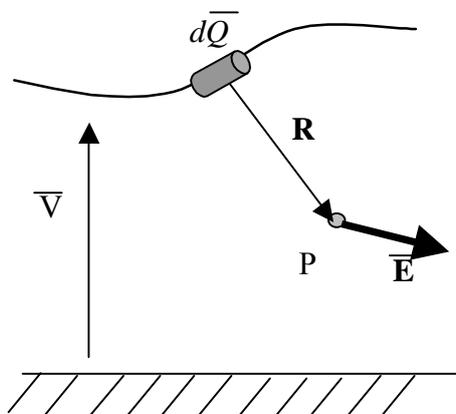


La valutazione del campo elettrico si basa su di una procedura che prevede due passi fondamentali. La prima fase consente di determinare, attraverso il Metodo delle Immagini ed il Metodo dei Momenti, la distribuzione delle cariche elettriche sui conduttori, che rappresentano le sorgenti del campo elettrico, a partire dai potenziali elettrici dei conduttori stessi rispetto al terreno. Nella seconda fase, grazie al Metodo delle Immagini, è possibile determinare l'intensità del campo elettrico in ogni punto dello spazio. La metodologia proposta è applicabile per conduttori filiformi di forma qualsiasi a ciascuno dei quali è assegnato un dato potenziale. I conduttori vengono suddivisi in segmenti elementari su ognuno dei quali è indotta una certa carica elettrica superficiale. Dalla geometria del sistema è possibile calcolare i termini di accoppiamento (auto e mutue capacità) tra i singoli segmenti ed impostando il sistema che lega le cariche ai potenziali vengono determinate le cariche. Avendo potenziali elettrici che variano con legge sinusoidale è possibile adottare il metodo simbolico ed il sistema che ne deriva è un sistema complesso a coefficienti reali:

$$[d\bar{Q}] = [C]\{\bar{V}\}$$

Una volta calcolate le cariche, ossia le sorgenti, è possibile calcolare il campo elettrico in un punto generico P dello spazio integrando lungo il conduttore:

$$\bar{\mathbf{E}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{d\bar{Q}\mathbf{R}}{R^3}$$



Analogamente al calcolo del campo magnetico è possibile validare il programma di calcolo utilizzato mediante le formula analitiche riportate nella norma CEI211-4 paragrafo 4.2, relativa al caso di un sistema di conduttori rettilinei indefiniti. In questo caso è possibile esprimere in forma chiusa le componenti del campo elettrico lungo x e lungo y:

$$\bar{E}_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{k=1}^N \bar{\lambda}_k \left[ \frac{x - x_k}{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2} - \frac{x - x_k}{(x - x_k)^2 + (y + y_k)^2} \right]$$

$$\bar{E}_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_{k=1}^N \bar{\lambda}_k \left[ \frac{y - y_k}{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2} - \frac{y + y_k}{(x - x_k)^2 + (y + y_k)^2} \right]$$

in cui:

$x_k$  e  $y_k$  sono le coordinate nel piano ortogonale ai conduttori;

$\bar{\lambda}_k$  è la carica (in valore complesso) sul conduttore k-esimo, la quale viene calcolata dalla soluzione del sistema:

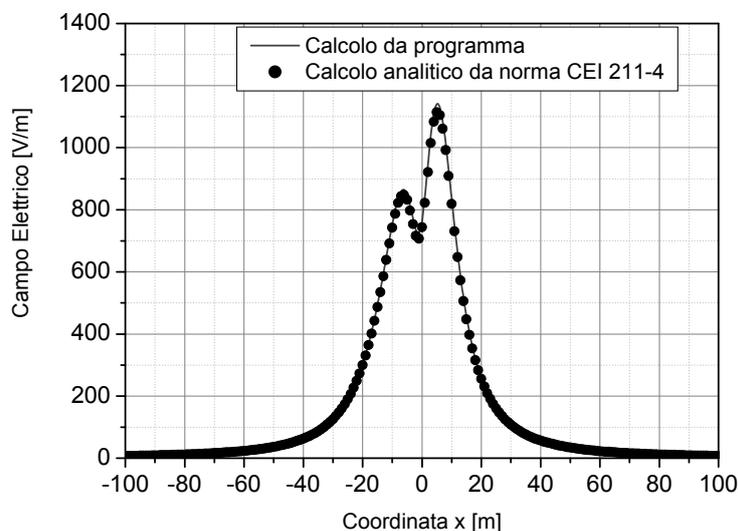
$$[\bar{\lambda}] = [P]^{-1} \cdot [\bar{V}]$$

essendo:

$[\bar{V}]$  il vettore delle tensioni note di ciascun conduttore;

$[P]$  una matrice di coefficienti che dipendono dalla geometria del sistema.

Il confronto tra il metodo di calcolo utilizzato e l'espressione analitica è mostrato nella figura sottostante e da tale confronto è possibile verificare la validità del modello utilizzato.



Occorre sottolineare che il modello utilizzato per il calcolo del campo magnetico e elettrico consente di tenere conto della geometria tridimensionale delle linee ed in particolare:

- della dimensione finita delle linee;
- della catenaria descritta dai conduttori;
- dell'interazione tra linee diverse (situazione che si verifica nel caso di linea AT e di linea ferroviaria vicine);
- della disposizione dei conduttori su piani diversi (situazione che si verifica nel caso degli affiancamenti non paralleli e/o di attraversamenti).

Le valutazioni dei campi vengono fatte in condizioni stazionarie, ad esempio alle massime tensioni e correnti nominali di esercizio (intesi come massimi valori efficaci).

Nel calcolo non si terrà cautelativamente conto dell'influenza e dell'effetto schermante, con riferimento al campo elettrico, determinata dalla presenza dei sostegni delle linee elettriche, del sistema di sospensione dei conduttori di servizio della linea ferroviaria o di altri manufatti metallici che possono perturbare il campo. Infine, sempre nel calcolo del campo elettrico, si suppone che il terreno si comporti come una superficie piana perfettamente conduttiva a potenziale di terra.

I risultati verranno rappresentati in varie forme, a seconda della funzionalità richiesta: è possibile disporre dell'intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica su linee o su piani, mediante mappe colorate isolivello, dalle quali possono essere dedotte situazioni di criticità ed eventuali distanze limite.

#### 4.10.5.2 Analisi delle sorgenti e delle situazioni tipo

Le sorgenti di campo elettrico e magnetico sono rispettivamente i potenziali rispetto al terreno e le correnti nei conduttori di contatto della linea ferroviaria ( $\pm 25$  kV)

#### Sorgenti di campo elettrico: potenziali dei conduttori rispetto al terreno

Si assumono i dati nominali delle diverse linee:

- 25 kV per la linea di contatto;
- -25 kV per il feeder;
- 0 V per i conduttori di ritorno (rotaie).

Le due tensioni di +25 kV e -25 kV sono in fase tra loro.



Tabella 4.10.5.2/1 Valori delle tensioni di linea

Conduttore (linea ferroviaria 25 kV)	Potenziale
Linea di contatto	25 kV fase 30°
Feeder	-25 kV fase 30°
Rotaia	0

Sorgenti di campo magnetico: correnti nei conduttori

Le correnti che percorrono i conduttori, a differenza delle tensioni che si possono ritenere costanti, dipendono dal traffico ferroviario presente sulle diverse tratte nei diversi istanti di tempo.

I documenti indicati per l'acquisizione dei valori di corrente da adottare nel presente studio sono rappresentati da:

- documento (SE0000 002) di Progetto linea Verona-Padova redatto da Italferr: "Relazione di verifica prestazionale", Committenti: Ferrovie dello Stato S.p.A. Divisione Infrastruttura (nel seguito denominato Doc1);
- documento (A101 60 CE1 2R IT 00 0 X01) di Progetto Costruttivo tratta Milano-Bologna redatto da Consorzio Saturno: "Impianti tecnologici: criteri generali per la valutazione dell'impatto elettromagnetico del sistema AV sul Territorio" (nel seguito denominato Doc2).

Sulla base dell'analisi di tali documenti sono state adottate le assunzioni di seguito riportate.

Informazioni da Doc1)

- Nella Tab. 4.1.3 del Doc1, che riporta i dati elettrici relativi alle diverse condizioni di traffico, viene definita una "corrente di archetto" che presumibilmente rappresenta la corrente della linea ferroviaria a 25 kV. Tale corrente non risulta molto diversa tra i due casi, quello relativo ad un treno ETR con cadenzamento di 5 min. e quello relativo ad un treno ETR con un cadenzamento di 2.5 min.:

$$I=186-190 \text{ A}$$

Informazioni da Doc2)

- Per quanto riguarda il Doc2, nei paragrafi 6.0 e 7.0 sono state valutate le correnti nella linea di contatto, nel feeder e nel circuito di ritorno nel caso di treni ad alta velocità (velocità media di 240 km/h) con un distanziamento di 25 km (corrispondente ad un cadenzamento di 5 min). I valori di corrente relativi alle diverse tratte e riportati nel paragrafo 7.0, risultano abbastanza difforni a seconda della tratta considerata ma sintetizzando i risultati delle configurazioni più gravose sono state definite le correnti riportate nella tabella 4.10.5.2/2.

Tabella 4.10.5.2/2 Valori delle correnti della ferroviaria (secondo Doc2)

Conduttore (linea ferroviaria)	Corrente
Linea di contatto	250 A fase 0°
Feeder	-150 A fase 0°
Rotaia	-50 A fase 0° (per rotaia)

In conclusione, lo studio del campo magnetico prodotto dalla linea ferroviaria a 25kV verrà effettuato adottando le correnti della tabella 4.10.5.2/2 in quanto risultano di valore maggiore e permettono una valutazione più conservativa.

Nel seguito si adotterà la definizione di **Distanza Limite**, intesa come distanza dall'asse della linea in cui il campo magnetico od elettrico è inferiore al valore normativo o legislativo considerato quando la stessa porta la corrente di esercizio, la quale verrà definita nel paragrafo successivo sulla base di ipotesi di traffico ferroviario.

#### 4.10.6 Induzione magnetica

La configurazione adottata per l'analisi dell'induzione magnetica prodotta dalle linee ferroviarie comprende due sistemi di conduttori, rappresentati dalle due linee ferroviarie, ciascuna formata da quattro conduttori:

- 1 conduttore di feeder
- 1 conduttore per la linea di contatto (comprendente anche la corda portante)
- 2 conduttori per le rotaie

La configurazione dei conduttori si presenta come in figura 4.10.6/1

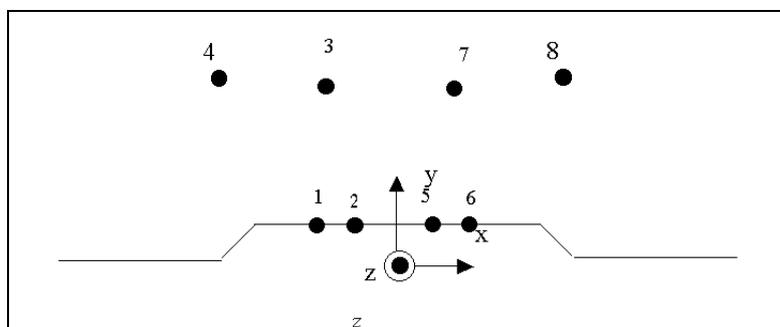


Fig. 4.10.6/1 Configurazione dei conduttori delle linee ferroviarie

In tabella 4.10.6/1 ed in tabella 4.10.6/2 sono riportate rispettivamente le coordinate dei conduttori e le correnti delle linee adottate nelle analisi di campo di seguito riportate.

Tabella 4.10.6/1 Coordinate conduttori nel piano ortogonale all'asse della linea ferroviaria

Conduttore	X [m]	Y [m]
1 (rotaia)	-3.24	0.80
2 (rotaia)	-1.76	0.80
3 (linea di contatto)	-2.25	6.15
4 (feeder)	-6.67	7.7
5 (rotaia)	1.76	0.80
6 (rotaia)	3.24	0.80
7 (linea di contatto)	2.25	6.15
8 (feeder)	6.67	7.7

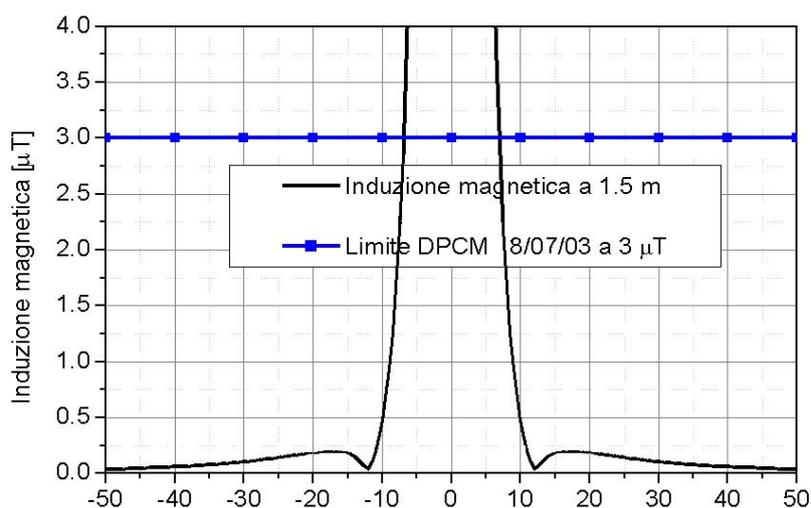
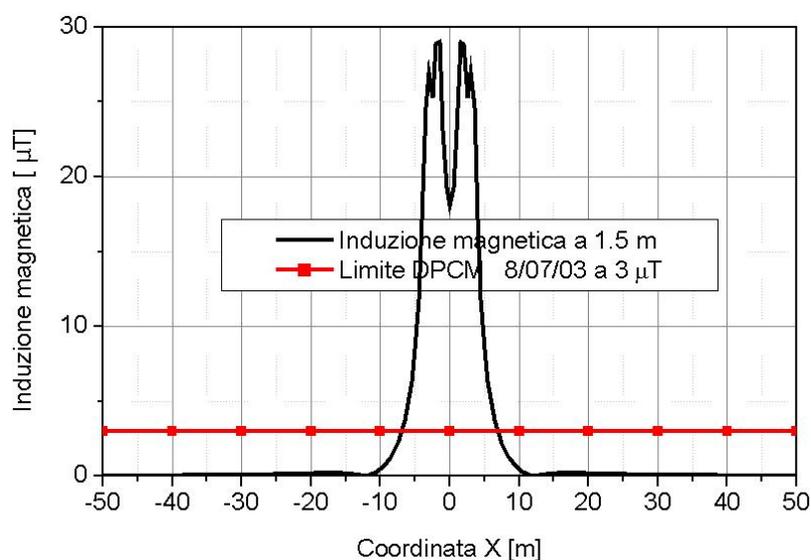
Tabella 4.10.6/2 Correnti nei conduttori della linea ferroviaria 25 kV

Conduttore (linea ferroviaria)	Corrente
Linea di contatto	250 A fase 0°
Feeder	-150 A fase 0°
Rotaia	-50 A (per rotaia)

Il calcolo dell'andamento dell'induzione magnetica lungo una linea posta a 1.5 m dal livello del terreno (piano di campagna) indica che la distanza limite è pari a circa:

- 7m dall'asse della linea ferroviaria (vedere Fig. 4.10.6/2).

Figura 4.10.6/2 Induzione magnetica prodotta dalla linea ferroviaria lungo una linea posta a 1.5 m dal terreno



#### 4.10.7 Campo elettrico

In presenza della sola linea ferroviaria a 25 kV la distribuzione di campo elettrico è riportata in figura 4.10.7/1. Da tale figura si osserva che il limite di campo elettrico di 5 kV/m non è invece raggiunto in nessun punto al livello del terreno ed in particolare alla quota di 1.5 m.

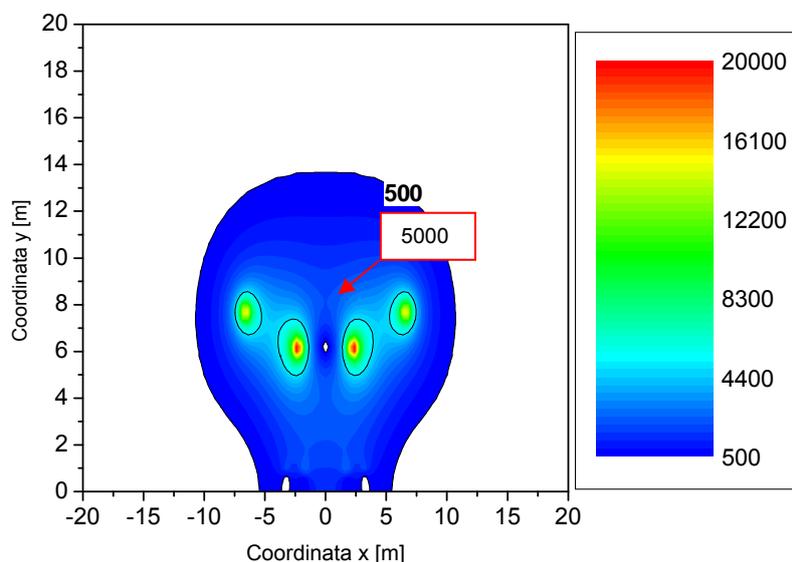


Figura 4.10.7/1 Campo elettrico (in V/m) sul piano xy ortogonale ai conduttori, prodotto dalla linea ferroviaria. Indicazione delle aree con campo elettrico inferiore a 500 [V/m] ed a 5 [kV/m]

#### 4.10.8 Valutazioni in ordine alle situazioni di potenziale criticità

Sulla base delle valutazioni condotte, tenendo conto delle distanze dai conduttori alle quali si prevedono livelli di campo elettrico e di induzione magnetica inferiori ai limiti normativi, non si evidenziano situazioni di potenziale criticità.

#### 4.10.9 Riferimenti bibliografici

Si riportano di seguito alcuni riferimenti bibliografici di interesse.

- [1] "Electric and Magnetic Fields Produced by Transmission Systems: Description of Phenomena, Practical Guide for Calculation", Working Group 36.02 CIGRE Paris 1980.
- [2] "Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields", IRPA/INIRC Health Physics 58(1), 112-122, 1990.



- [3] "Human Exposure to Electromagnetic Fields Low-Frequency (0 Hz to 10 kHz)", CENELEC ENV 50166-1, January 1995.
- [4] "Esposizione Umana ai Campi Elettromagnetici - Bassa Frequenza (0 - 10 kHz)", CEI ENV 50166-1 (CEI 111-2), maggio 1995 (*norma scaduta*).
- [5] "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", ICNIRP, Health Physics, April 1998, vol. 74, no. 4.
- [6] "Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz", Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, Gazzetta delle Comunità Europee 30 luglio 1999.
- [7] "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", CEI 211-4, 1996-07.
- [8] "Low frequency magnetic fields in various environments", CEI-IEC 61000-2-7, First edition, 1998-01.
- [9] T. Vinh, T.L. Jones, C.H. Shih "Magnetic Fields Near Overhead Lines - Measurements and Estimating Techniques", IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 6, no. 2, April 1991, pp. 919-921.
- [10] "Misura dei campi elettrici a frequenza industriale", CEI 42-7 Norma italiana Comitato Elettrotecnico Italiano, maggio 1997.
- [11] "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana". CEI 211-6 Norma italiana Comitato Elettrotecnico Italiano, prima edizione, gennaio 2001.
- [12] "Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz)", ICNIRP, 2003.
- [13] "Metodi di misura in bassa frequenza", IEC 61786, 1998.
- [14] "Measurement of power-frequency electric fields", IEC specification 883, 1987.
- [15] "IEEE Standard Procedures for Measurements of Power-frequency Electric and Magnetic fields from AC Power Lines", IEEE 644, 1994.



## 4.11 Salute pubblica

### 4.11.1 Premessa

Nel corso degli anni sono state emessi numerosi provvedimenti legislativi che hanno fortemente innovato e migliorato, rendendolo più restrittivo, il quadro normativo relativo alla difesa del benessere e della salute umana. Su questa base si può sostenere che allo stato attuale i criteri di compatibilità ambientale di un'opera in progetto, trovano riscontro in ampia misura nei parametri e nelle prescrizioni della normativa di settore.

Come di seguito descritto, nell'ambito delle indagini relative alle diverse componenti e fattori ambientali si è provveduto a valutare la compatibilità delle conseguenze dirette ed indirette delle opere e del loro esercizio con gli standards ed i criteri per la salvaguardia del benessere e della salute umana, sia a breve che a medio e lungo periodo. In tal senso, con riferimento sia alla fase di esercizio che alla fase di costruzione, si riprendono sinteticamente i risultati riguardanti gli studi di settore che direttamente o indirettamente possono avere attinenza con la salute pubblica. Le valutazioni esposte riguardano tutti gli aspetti che possono dare luogo a emissioni inquinanti o anche solo a situazioni di disturbo. Le componenti e i fattori ambientali esaminati sono i seguenti:

- atmosfera, in termini di qualità dell'aria
- radiazioni non ionizzanti, in termini di esposizione ai campi elettrici e magnetici,
- rumore, in termini di disturbo indotto dalle emissioni sonore,
- vibrazioni, in termini di disturbo indotto dall'esposizione a vibrazioni.

### 4.11.2 Qualità dell'aria

Non sono previste emissioni di inquinanti in atmosfera durante la fase di esercizio della linea A.C.. I potenziali impatti sono quindi limitati alla fase di costruzione. In particolare, l'inquinante potenzialmente in grado di determinare impatti negativi significativi è costituito dal particolato sospeso. E' quindi con riferimento a tale inquinante che sono state in primo luogo analizzate le attività progettuali al fine di determinarne i fattori di emissione. Di tali emissioni, in relazione alle specifiche condizioni meteorologiche, ne è stata studiata la dispersione attraverso simulazioni modellistiche. I livelli di concentrazione stimati presso i ricettori sono stati infine confrontati con le indicazioni in merito previste dalle normative in materia.



Pur tenendo conto del carattere temporaneo delle emissioni e delle assunzioni cautelative adottate nelle simulazioni modellistiche, aspetti che consentono di escludere condizioni di rischio per la salute pubblica, per minimizzare le situazioni di disturbo è stata prevista l'adozione di un insieme di misure finalizzate al contenimento dei valori di concentrazione che possono essere distinte in:

- interventi per la riduzione delle emissioni di polveri nelle aree di attività e dei motori dei mezzi di cantiere,
- interventi per la riduzione delle emissioni di polveri nel trasporto degli inerti e per limitare il risollevarimento di polveri.

#### 4.11.3 Radiazioni non ionizzanti

In sintonia con l'intera Rete Alta Velocità/Alta Capacità italiana e con la tratta Milano-Verona di cui costituisce variante di tracciato, l'alimentazione elettrica dei convogli ferroviari nel tratto in esame sarà garantito da una linea di contatto in corrente alternata monofase a 25 kV 50 Hz. Nell'ambito delle valutazioni relative al fattore ambientale Radiazioni non ionizzanti si è proceduto, utilizzando un'idonea modellazione matematica, alla determinazione dei livelli di campo elettrico e di induzione magnetica per verificarne la compatibilità con la salute pubblica con riferimento alle norme di legge in materia. In particolare si è fatto riferimento ai limiti di esposizione riportati nel *DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"*, G.U. n.200 del 29 Agosto 2003 in attuazione della Legge 22 febbraio 2001, n. 36.

Sulla base delle valutazioni condotte non si evidenziano situazioni di potenziale impatto sulla salute pubblica con riferimento alle radiazioni non ionizzanti.

#### 4.11.4 Rumore

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 gli effetti sanitari (danno) dagli effetti di natura socio-psicologica (disturbo, annoyance) non è nettamente stabilito, anche se autorevoli studi (M. COSA, "Il rumore urbano e industriale", Istituto italiano di medicina sociale, 1980) hanno definito una scala di lesività finalizzata a correlare i livelli di esposizione al rumore con gli effetti che da esso derivano. Gli autori hanno inoltre codificato una gerarchia di effetti sull'uomo attribuibili al rumore, che si possono classificare come:

- 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 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 (CSTB) e da Vernet (INRETS). 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 di-sturbo, il Leq del rumore ferroviario può mediamente essere di 4÷5 dB(A) superiore al Leq del rumore stradale. Questo fatto può essere verosimilmente attribuito alla diversa composizione spettrale del rumore ferroviario rispetto a 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 fisio-psicologici, 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 più rilevante 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 che, sebbene l'adattamento fisiologico al rumore non sia migliore per il traffico stradale rispetto quello ferroviario, 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, rispetto al contributo preponderante del rumore generato dall'interazione ruota-rotaia.

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 e il successivo dimensionamento delle opere di mitigazione è rappresentativo del disturbo della popolazione.

Finalità delle analisi condotte relativamente alla variante della linea Milano-Verona in esame è stata la determinazione delle condizioni di disturbo per effetto del rumore generato dalle attività costruttive della linea A.C. e dal successivo transito dei convogli ferroviari.

Relativamente alla fase di esercizio per la determinazione delle emissioni, si è considerato il numero di convogli, articolati per tipologia, di previsto transito sulle diverse parti della linea A.C..

Mediante simulazioni modellistiche si sono quindi stimati i livelli di pressione sonora presso i ricettori e predimensionati gli interventi di mitigazione necessari.

I criteri per la definizione di tali interventi sono basati sulle indicazioni fornite dal D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459, Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario.

In sintesi nell'ambito dello Studio di Impatto sono stati identificati interventi di mitigazione che consentono, nella massima parte dei casi considerati, di rientrare entro i limiti di norma prescritti dal citato DPR, fatto che di per sé assicura il rispetto di criteri di compatibilità sotto il profilo della salute pubblica. Nei casi residui, in relazione ai quali sono comunque definite opere di mitigazione con significativa efficacia, si prevedono interventi diretti sul ricettore.

#### 4.11.5 Vibrazioni

Date le assunzioni realizzative e di esercizio adottate, questo fattore ambientale non genera condizioni di rischio per la salute pubblica ma esclusivamente situazioni di potenziale disturbo.

Il possibile disturbo alle persone relativamente alle vibrazioni è stato analizzato con riferimento sia alla fase di costruzione, sia alla fase di esercizio. In tal senso, per via modellistica si sono determinati i livelli generati dai macchinari di previsto utilizzo per la realizzazione della linea (relativamente alla fase di costruzione) o dal transito dei convogli ferroviari (fase di esercizio). In assenza norme di legge, tali livelli sono stati confrontati con le indicazioni fornite dalle norme tecniche nazionali ed internazionali (in particolare le norme UNI 9614, UNI 9916, ISO 2631), identificando con criteri cautelativi la distanza entro la quale può verificarsi la percezione delle vibrazioni indotte del traffico di linea previsto.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
511

Ove, con le ipotesi cautelative assunte, potessero essere raggiunti i valori indicati dalle norme tecniche, nella successiva fase di progettazione si provvederà a verifiche di dettaglio in merito ai suddetti effetti ed al dimensionamento dei necessari interventi di mitigazione.

GENERAL CONTRACTOR

**Cepav due**



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
IN05

Lotto  
00

Codifica Documento  
DE2RGSA0000001

Rev.  
1

Foglio  
1

## ALLEGATO 2

### Rumore

**Tabelle riepilogative dei livelli acustici, del rispetto dei limiti normativi e delle tipologie di intervento di mitigazione previste**

**ALLEGATO B – TABELLE RISULTATI PUNTUALI SIMULAZIONI ACUSTICHE: Punti di massimo impatto**

Codice	Facciata	Piano	Destinazione d'uso	Limiti di zona		Limiti di soglia		Impatto non mitigato		Impatto mitigato		Esuberi		Mitigazione	Verifica Interna
				6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6		
C001-N-001	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	55,0	55,4	48,1	49,1	-13,9	-2,9	BA-30-005-BE	-
C001-N-001	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	55,4	55,8	48,9	49,9	-13,1	-2,1	BA-30-005-BE	-
C001-N-002	SW	1	Residenziale	65	55	60,2	50,2	53,5	54,0	46,6	47,7	-13,6	-2,5	BA-30-005-BE	-
C001-N-003	SE	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	56,9	57,4	48,6	50,3	-20,2	-8,5	BA-30-006-BE	-
C001-N-004	SW	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	57,5	58,2	50,6	52,3	-18,2	-6,5	BA-30-006-BE	-
C001-N-004	SW	2	Residenziale	70	60	68,8	58,8	58,9	59,5	51,6	53,2	-17,2	-5,6	BA-30-006-BE	-
C001-N-005	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	53,6	54,5	48,3	50,4	-13,7	-1,6	BA-30-006-BE	-
C001-N-006	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	54,4	55,1	49,1	50,6	-12,9	-1,4	BA-30-006-BE	-
C001-N-006	SE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	54,2	55,4	50,2	52,4	-11,8	0,4	BA-30-006-BE	V.I.S.
C001-N-008	S	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	54,1	55,3	50,4	52,6	-14,6	-2,4	BA-30-006-BE	-
C001-N-008	S	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	54,6	55,7	51,0	53,1	-14,0	-1,9	BA-30-006-BE	-
C001-N-009	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	50,5	52,3	48,8	51,1	-13,2	-0,9	BA-30-006-BE	-
C001-N-009	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	52,6	54,1	50,3	52,5	-11,7	0,5	BA-30-006-BE	V.I.S.
C001-N-010	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	52,4	54,1	50,2	52,6	-11,8	0,6	BA-30-006-BE	V.I.S.
C001-N-010	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	53,8	55,5	51,7	54,1	-10,3	2,1	BA-30-006-BE	V.I.S.
C001-S-003	NW	1	Residenziale	70	60	67,0	57,0	58,0	58,2	58,0	58,2	-9,0	1,2		R1
C001-S-003	NE	2	Residenziale	70	60	67,0	57,0	58,6	59,0	58,9	59,2	-8,1	2,2		R1
C001-S-004	NE	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	52,1	52,5	52,1	52,5	-11,7	-1,3		-
C001-S-005	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	53,2	54,1	53,2	54,0	-8,8	2,0		V.I.S.
C001-S-005	NE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	53,6	54,5	53,7	54,5	-8,3	2,5		V.I.S.
C001-S-006	E	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	47,8	49,6	47,7	49,4	-14,3	-2,6		-
C001-S-006	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	55,7	56,7	55,7	56,7	-6,3	4,7		V.I.S.
C002-N-001	SW	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	53,1	53,4	45,3	46,0	-18,5	-7,8	BA-30-004-BE	-
C002-N-001	SW	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	54,8	55,0	45,5	46,3	-18,3	-7,5	BA-30-004-BE	-
C002-N-003	S	1	Residenziale	70	60	67,0	57,0	58,8	59,1	44,7	45,8	-22,3	-11,2	BA-30-004-BE	-
C002-N-003	E	2	Residenziale	70	60	67,0	57,0	55,5	55,8	45,9	46,9	-21,1	-10,1	BA-30-004-BE	-
C002-N-004	S	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	54,3	54,7	48,0	48,8	-15,8	-5,0	BA-30-004-BE	-
C002-N-004	S	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	55,3	55,6	48,6	49,5	-15,2	-4,3	BA-30-004-BE	-
C002-N-006	NW	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	53,5	53,9	52,7	53,2	-11,1	-0,6		-
C002-N-006	NW	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	53,8	54,2	53,0	53,5	-10,8	-0,3		-
C002-S-003	E	1	Commerciali	70	60	63,8	53,8	53,2	54,5	53,2	54,6	-10,6	0,8		-
C002-S-004	E	1	Commerciali	70	60	63,8	53,8	51,1	52,4	51,3	52,7	-12,5	-1,1		-
C002-S-100	E	1	Commerciali	70	60	63,8	53,8	53,3	54,6	53,3	54,7	-10,5	0,9		-
C002-S-101	SE	1	Commerciali	70	60	63,8	53,8	51,4	53,9	52,0	54,6	-11,8	0,8		-
L086-N-001	NW	1	Residenziale	70	60	62,9	52,9	60,0	63,3	54,4	57,7	-8,5	4,8	BA-30-013-AV	V.I.S.
L086-N-001	NW	2	Residenziale	70	60	62,9	52,9	60,8	64,1	55,1	58,4	-7,8	5,5	BA-30-013-AV	R1
L086-N-002	SW	1	Residenziale	65	55	60,2	50,2	62,1	65,4	51,9	55,2	-8,3	5,0	BA-30-013-AV	V.I.S.
L086-N-002	SW	2	Residenziale	65	55	60,2	50,2	61,0	64,3	53,3	56,6	-6,9	6,4	BA-30-013-AV	V.I.S.
L086-N-003	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,6	67,9	54,9	58,2	-7,1	6,2	BA-30-013-AV	R1
L086-N-003	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,1	67,4	55,2	58,5	-6,8	6,5	BA-30-013-AV	R1
L086-S-001	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,0	66,3	54,1	57,4	-7,9	5,4	BA-30-012-AV	V.I.S.
L086-S-001	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,5	66,8	54,3	57,6	-7,7	5,6	BA-30-012-AV	V.I.S.
L086-S-002	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,1	65,4	54,0	57,3	-8,0	5,3	BA-30-012-AV	V.I.S.
L086-S-002	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,8	67,1	55,1	58,4	-6,9	6,4	BA-30-012-AV	R1

**ALLEGATO B – TABELLE RISULTATI PUNTUALI SIMULAZIONI ACUSTICHE: Punti di massimo impatto**

Codice	Facciata	Piano	Destinazione d'uso	Limiti di zona		Limiti di soglia		Impatto non mitigato		Impatto mitigato		Esuberi		Mitigazione	Verifica Interna
				6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6		
L086-S-003	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,4	66,7	55,1	58,4	-6,9	6,4	BA-30-012-AV	R1
L086-S-003	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,1	68,4	55,7	59,0	-6,3	7,0	BA-30-012-AV	R1
L086-S-004	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,5	60,8	52,9	56,2	-9,1	4,2	BA-30-012-AV	V.I.S.
L086-S-004	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,3	64,6	54,7	58,0	-7,3	6,0	BA-30-012-AV	V.I.S.
L086-S-005	E	1	Residenziale	65	55	60,2	50,2	65,2	68,5	55,5	58,8	-4,7	8,6	BA-30-012-AV	R1
L086-S-005	E	2	Residenziale	65	55	60,2	50,2	66,8	70,1	55,9	59,2	-4,3	9,0	BA-30-012-AV	R1
L086-S-008	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,9	69,2	54,1	57,4	-7,9	5,4	BA-30-015-AV	V.I.S.
L086-S-009	NW	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	65,7	69,0	54,7	58,0	-9,1	4,2	BA-30-015-AV	V.I.S.
L086-S-009	NW	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	65,8	69,1	55,1	58,4	-8,7	4,6	BA-30-015-AV	R1
L086-S-010	SE	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	52,9	56,2	52,5	55,8	-11,3	2,0	BA-30-015-AV	V.I.S.
L086-S-010	NE	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	62,9	66,2	54,6	57,9	-9,2	4,1	BA-30-015-AV	V.I.S.
L087-N-003	SE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,8	66,1	50,2	53,5	-11,8	1,5	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-003	SW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,5	67,8	52,1	55,4	-9,9	3,4	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-004	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,1	68,4	51,4	54,7	-10,6	2,7	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-006	O	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	58,8	62,1	48,4	51,7	-13,6	-0,3	BA-30-017-AV	-
L087-N-006	O	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	58,6	61,9	48,5	51,8	-13,5	-0,2	BA-30-017-AV	-
L087-N-008	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,4	63,7	47,7	51,0	-14,3	-1,0	BA-30-017-AV	-
L087-N-008	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,6	64,9	48,2	51,5	-13,8	-0,5	BA-30-017-AV	-
L087-N-010	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,9	64,2	49,2	52,5	-12,8	0,5	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-010	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,2	64,5	49,7	53,0	-12,3	1,0	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-011	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,4	63,7	49,9	53,2	-12,1	1,2	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-011	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,2	65,5	52,1	55,4	-9,9	3,4	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-012	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	56,3	59,6	54,4	57,7	-7,6	5,7	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-012	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	58,2	61,5	54,7	58,0	-7,3	6,0	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-100	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,9	66,2	51,3	54,6	-10,7	2,6	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-N-100	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,7	63,0	52,4	55,7	-9,6	3,7	BA-30-017-AV	V.I.S.
L087-S-004	O	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,9	65,2	56,7	60,0	-8,3	5,0	BA-30-018-AV	R1
L087-S-004	O	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,0	65,3	56,8	60,1	-8,2	5,1	BA-30-018-AV	R1
L087-S-004	O	3	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,0	65,3	56,8	60,1	-8,2	5,1	BA-30-018-AV	R1
L087-S-004	N	4	Residenziale	65	55	65,0	55,0	63,1	66,4	55,1	58,4	-9,9	3,4	BA-30-018-AV	R1
L088-S-001	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,3	65,6	50,3	53,6	-14,7	-1,4	BA-30-018-AV	-
L088-S-001	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	63,6	66,9	52,0	55,3	-13,0	0,3	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-002	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	60,1	63,4	51,1	54,4	-13,9	-0,6	BA-30-018-AV	-
L088-S-002	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,7	65,0	52,4	55,7	-12,6	0,7	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-003	E	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	54,9	58,2	49,1	52,4	-15,9	-2,6	BA-30-018-AV	-
L088-S-003	E	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	58,6	61,9	51,2	54,5	-13,8	-0,5	BA-30-018-AV	-
L088-S-003	N	3	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,3	64,6	52,2	55,5	-12,8	0,5	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-004	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	55,8	59,1	50,3	53,6	-14,7	-1,4	BA-30-018-AV	-
L088-S-004	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	60,6	63,9	53,4	56,7	-11,6	1,7	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-006	E	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	52,3	55,6	48,4	51,7	-16,6	-3,3	BA-30-018-AV	-
L088-S-006	E	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	56,3	59,6	50,7	54,0	-14,3	-1,0	BA-30-018-AV	-
L088-S-007	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	55,4	58,7	48,7	52,0	-16,3	-3,0	BA-30-018-AV	-
L088-S-007	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	58,7	62,0	51,4	54,7	-13,6	-0,3	BA-30-018-AV	-
L088-S-008	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	59,8	63,1	51,2	54,5	-13,8	-0,5	BA-30-018-AV	-

**ALLEGATO B – TABELLE RISULTATI PUNTUALI SIMULAZIONI ACUSTICHE: Punti di massimo impatto**

Codice	Facciata	Piano	Destinazione d'uso	Limiti di zona		Limiti di soglia		Impatto non mitigato		Impatto mitigato		Esuberi		Mitigazione	Verifica Interna
				6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6		
L088-S-008	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,9	65,2	53,6	56,9	-11,4	1,9	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-009	S	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	52,3	55,6	44,0	47,3	-21,0	-7,7	BA-30-018-AV	-
L088-S-009	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	63,3	66,6	53,8	57,1	-11,2	2,1	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-010	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	64,6	67,9	53,2	56,5	-11,8	1,5	BA-30-018-AV	V.I.S.
L088-S-010	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	64,7	68,0	53,4	56,7	-11,6	1,7	BA-30-018-AV	V.I.S.
L089-S-001	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,9	63,2	51,3	54,6	-10,7	2,6	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-003	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,2	68,5	51,6	54,9	-10,4	2,9	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-003	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,3	68,6	52,0	55,3	-10,0	3,3	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-004	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,9	68,2	51,5	54,8	-10,5	2,8	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-004	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,9	68,2	51,7	55,0	-10,3	3,0	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-005	E	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,5	65,8	51,4	54,7	-10,6	2,7	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-006	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,0	68,3	52,7	56,0	-9,3	4,0	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-006	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,0	68,3	52,9	56,2	-9,1	4,2	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-006	N	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,3	68,6	52,9	56,2	-9,1	4,2	BA-30-019-AV	V.I.S.
L089-S-007	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	67,6	70,9	57,7	61,0	-4,3	9,0	BA-30-019-AV	R1
L089-S-008	E	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	59,4	62,7	52,4	55,7	-12,6	0,7	BA-30-020-AV	V.I.S.
L089-S-100	E	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,9	61,2	50,7	54,0	-11,3	2,0	BA-30-019-AV	V.I.S.
L090-N-001	SE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,6	63,9	60,6	63,9	-1,4	11,9		R1
L090-N-001	SE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,5	64,8	61,5	64,8	-0,5	12,8		R1
L091-N-001	NW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,5	60,8	54,9	58,2	-7,1	6,2	BA-30-021-AV	R1
L091-N-001	NW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,9	61,2	55,2	58,5	-6,8	6,5	BA-30-021-AV	R1
L091-N-001	NW	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	58,2	61,5	55,4	58,7	-6,6	6,7	BA-30-021-AV	R1
L091-N-002	NW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	56,4	59,7	54,6	57,9	-7,4	5,9	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-002	NW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	56,8	60,1	54,7	58,0	-7,3	6,0	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-003	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	56,7	60,0	53,7	57,0	-8,3	5,0	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-003	SW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,2	60,5	54,0	57,3	-8,0	5,3	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-004	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,3	65,6	52,7	56,0	-9,3	4,0	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-004	NW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,4	62,7	53,0	56,3	-9,0	4,3	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-006	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,3	62,6	52,2	55,5	-9,8	3,5	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-006	SW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,5	63,8	52,5	55,8	-9,5	3,8	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-007	NW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	51,9	55,2	49,1	52,4	-12,9	0,4	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-007	SW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,4	64,7	52,2	55,5	-9,8	3,5	BA-30-021-AV	V.I.S.
L091-N-008	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,1	67,4	57,5	60,8	-4,5	8,8	BA-30-021-AV	R1
L091-N-008	SE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	69,4	72,7	57,3	60,6	-4,7	8,6	BA-30-021-AV	R1
L091-S-001	NE	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	60,0	63,3	60,5	63,8	-4,5	8,8		R1
L091-S-001	NE	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	60,1	63,4	60,6	63,9	-4,4	8,9		R1
L091-S-001	NE	3	Residenziale	65	55	65,0	55,0	60,2	63,5	60,8	64,1	-4,2	9,1		R1
L093-N-001	O	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,9	63,2	52,9	56,2	-9,1	4,2	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-001	O	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,1	65,4	53,4	56,7	-8,6	4,7	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-002	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,1	62,4	52,2	55,5	-9,8	3,5	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-002	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,3	64,6	53,8	57,1	-8,2	5,1	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-002	E	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,8	66,1	54,2	57,5	-7,8	5,5	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-003	O	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	55,1	58,4	52,0	55,3	-10,0	3,3	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-003	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,0	63,3	53,3	56,6	-8,7	4,6	BA-30-022-AV	V.I.S.

**ALLEGATO B – TABELLE RISULTATI PUNTUALI SIMULAZIONI ACUSTICHE: Punti di massimo impatto**

Codice	Facciata	Piano	Destinazione d'uso	Limiti di zona		Limiti di soglia		Impatto non mitigato		Impatto mitigato		Esuberi		Mitigazione	Verifica Interna
				6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6		
L093-N-003	S	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,1	64,4	54,2	57,6	-7,8	5,6	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-004	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,2	65,5	53,2	56,5	-8,8	4,5	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-N-004	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,6	66,9	54,5	57,8	-7,5	5,8	BA-30-022-AV	V.I.S.
L093-S-001	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,8	65,1	54,5	57,8	-10,5	2,8	BA-30-023-AV	V.I.S.
L093-S-001	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,1	65,4	55,3	58,7	-9,7	3,7	BA-30-023-AV	R1
L093-S-001	N	3	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,1	65,4	55,5	58,8	-9,5	3,8	BA-30-023-AV	R1
L094-N-002	SE	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	64,4	68,3	64,4	68,3	-0,6	13,3		R2
L094-N-002	SE	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	64,5	68,4	64,5	68,4	-0,5	13,4		R2
L094-S-001	NW	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	60,0	63,9	60,0	63,9	-3,8	10,1		R1
L094-S-001	NW	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	60,4	64,3	60,4	64,3	-3,4	10,5		R1
L096-N-001a	SE	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,0	65,9	62,0	65,9	-3,0	10,9		R2
L096-N-001a	SE	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,5	66,4	62,5	66,4	-2,5	11,4		R2
L096-N-001b	SW	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,7	65,6	61,7	65,6	-3,3	10,6		R2
L097-N-001	SE	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	57,4	61,3	57,4	61,3	-7,6	6,3		R1
L097-N-003	S	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	56,6	60,5	56,6	60,5	-8,4	5,5		R1
L097-N-003	S	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	59,2	63,1	59,3	63,2	-5,7	8,2		R1
L097-S-002	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,9	65,8	61,9	65,8	-3,1	10,8		R2
L097-S-002	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,8	66,7	62,8	66,7	-2,2	11,7		R2
L098-S-001	NE	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	66,4	70,3	54,9	58,7	-10,1	3,7	BA-30-024-AV	R1
L098-S-001	SE	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	60,1	64,0	55,8	59,6	-9,2	4,6	BA-30-024-AV	R1
L098-S-002	O	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	62,5	66,4	57,6	61,5	-7,4	6,5	BA-30-025-AV	R1
L098-S-002	O	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	65,7	69,5	59,0	62,8	-6,0	7,8	BA-30-025-AV	R1
L098-S-003	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	51,4	54,2	49,7	51,5	-15,3	-3,5	BA-30-025-AV	-
L098-S-003	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	51,9	54,7	50,0	52,0	-15,0	-3,0	BA-30-025-AV	-
L098-S-004	N	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	50,3	51,9	49,7	50,6	-15,3	-4,4	BA-30-025-AV	-
L098-S-004	N	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	50,8	52,4	50,1	51,0	-14,9	-4,0	BA-30-025-AV	-
L098-S-004	N	3	Residenziale	65	55	65,0	55,0	50,9	52,4	50,3	51,2	-14,7	-3,8	BA-30-025-AV	-
L098-S-005	O	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	50,4	52,8	48,9	50,4	-16,1	-4,6		-
L098-S-005	O	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	50,8	53,2	49,4	50,8	-15,6	-4,2		-
L099-S-002	O	1	Residenziale	70	60	67,0	57,0	53,1	56,4	49,6	52,8	-17,4	-4,2	BA-30-026-AV	-
L099-S-002	N	2	Residenziale	70	60	67,0	57,0	60,7	64,0	55,2	58,3	-11,8	1,3	BA-30-026-AV	R1
L099-S-003	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	56,3	59,6	49,5	52,4	-12,5	0,4	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-N-003	SW	1	Residenziale	70	60	67,0	57,0	73,8	75,8	56,6	58,8	-10,4	1,8	BA-30-029-AV	R1
L100-N-003	SW	2	Residenziale	70	60	67,0	57,0	75,2	77,3	57,7	59,9	-9,3	2,9	BA-30-029-AV	R1
L100-N-004	SW	1	Residenziale	70	60	67,0	57,0	77,9	79,9	57,0	59,1	-10,0	2,1	BA-30-029-AV	R1
L100-N-004	SW	2	Residenziale	70	60	67,0	57,0	78,7	80,7	58,6	60,8	-8,4	3,8	BA-30-029-AV	R1
L100-N-005	SW	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	71,3	73,3	56,5	58,7	-12,3	-0,1	BA-30-029-AV	-
L100-N-005	SW	2	Residenziale	70	60	68,8	58,8	72,4	74,4	57,7	59,9	-11,1	1,1	BA-30-029-AV	R1
L100-N-006	S	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	71,4	73,4	56,4	58,6	-12,4	-0,2	BA-30-029-AV	-
L100-N-006	S	2	Residenziale	70	60	68,8	58,8	72,4	74,4	57,4	59,7	-11,4	0,9	BA-30-029-AV	R1
L100-N-007	SW	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	69,6	71,7	56,9	59,3	-11,9	0,5	BA-30-029-AV	R1
L100-N-007	SW	2	Residenziale	70	60	68,8	58,8	71,2	73,3	57,2	59,6	-11,6	0,8	BA-30-029-AV	R1
L100-N-008	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,1	68,4	57,2	60,6	-4,8	8,6	BA-30-029-AV	R1
L100-N-008	SW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,6	68,8	57,6	61,0	-4,4	9,0	BA-30-029-AV	R1

**ALLEGATO B – TABELLE RISULTATI PUNTUALI SIMULAZIONI ACUSTICHE: Punti di massimo impatto**

Codice	Facciata	Piano	Destinazione d'uso	Limiti di zona		Limiti di soglia		Impatto non mitigato		Impatto mitigato		Esuberi		Mitigazione	Verifica Interna
				6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6		
L100-N-010	S	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	67,1	69,7	54,8	57,7	-14,0	-1,1	BA-30-029-AV	-
L100-N-010	S	2	Residenziale	70	60	68,8	58,8	67,6	70,2	55,4	58,3	-13,4	-0,5	BA-30-029-AV	-
L100-N-011	S	1	Residenziale	70	60	68,8	58,8	61,4	63,7	54,4	56,8	-14,4	-2,0	BA-30-029-AV	-
L100-N-011	S	2	Residenziale	70	60	68,8	58,8	63,8	66,0	55,4	57,9	-13,4	-0,9	BA-30-029-AV	-
L100-N-012	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,3	67,3	55,1	57,2	-6,9	5,2	BA-30-029-AV	V.I.S.
L100-N-012	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	66,4	68,4	55,5	57,7	-6,5	5,7	BA-30-029-AV	V.I.S.
L100-N-013	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	69,2	71,2	55,8	57,9	-6,2	5,9	BA-30-030-AV	V.I.S.
L100-N-013	SW	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	70,3	72,3	56,7	58,8	-5,3	6,8	BA-30-030-AV	R1
L100-N-014	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,6	65,6	51,5	53,8	-10,5	1,8	BA-30-030-AV	V.I.S.
L100-N-014	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,9	65,9	51,8	54,2	-10,2	2,2	BA-30-030-AV	V.I.S.
L100-N-014	S	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	64,1	66,2	52,0	54,4	-10,0	2,4	BA-30-030-AV	V.I.S.
L100-S-003a	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,3	64,3	50,3	53,4	-11,7	1,4	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-003a	NE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,8	66,0	51,4	54,5	-10,6	2,5	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-003b	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,4	63,5	49,7	52,8	-12,3	0,8	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-005	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	54,1	57,1	47,6	50,7	-14,4	-1,3	BA-30-026-AV	-
L100-S-005	NE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,1	62,2	50,2	53,3	-11,8	1,3	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-006	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,4	64,6	50,0	53,3	-12,0	1,3	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-006	NE	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,4	64,8	51,2	54,4	-10,8	2,4	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-007	NE	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,8	62,0	47,4	49,9	-14,6	-2,1	BA-30-027-AV	-
L100-S-008	S	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	58,2	60,2	51,2	53,3	-12,6	-0,5	BA-30-026-AV	-
L100-S-009	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	59,8	61,9	52,0	54,1	-11,8	0,3	BA-30-026-AV	V.I.S.
L100-S-010	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,3	64,4	49,7	51,9	-12,3	-0,1	BA-30-027-AV	-
L100-S-010	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,4	64,4	49,9	52,1	-12,1	0,1	BA-30-027-AV	V.I.S.
L100-S-011	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,0	59,1	45,7	48,0	-16,3	-4,0	BA-30-027-AV	-
L101-N-001	O	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	58,9	60,9	49,2	51,2	-12,8	-0,8	BA-30-031-AV	-
L101-N-001	O	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,0	64,0	49,7	51,7	-12,3	-0,3	BA-30-031-AV	-
L101-N-003	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,2	64,3	49,7	51,8	-12,3	-0,2	BA-30-031-AV	-
L101-N-003	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,4	65,4	50,2	52,2	-11,8	0,2	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-004	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,5	65,5	49,6	51,6	-12,4	-0,4	BA-30-031-AV	-
L101-N-004	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,9	65,9	49,9	51,9	-12,1	-0,1	BA-30-031-AV	-
L101-N-005	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,3	65,3	49,1	51,1	-12,9	-0,9	BA-30-031-AV	-
L101-N-005	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,6	65,6	49,6	51,7	-12,4	-0,3	BA-30-031-AV	-
L101-N-005	S	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,9	65,9	49,8	51,8	-12,2	-0,2	BA-30-031-AV	-
L101-N-006	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,3	64,3	49,4	51,4	-12,6	-0,6	BA-30-031-AV	-
L101-N-006	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,3	65,3	49,8	51,8	-12,2	-0,2	BA-30-031-AV	-
L101-N-007	O	1	Residenziale	65	55	65,0	55,0	58,1	60,2	47,9	49,9	-17,1	-5,1	BA-30-031-AV	-
L101-N-007	O	2	Residenziale	65	55	65,0	55,0	61,3	63,3	49,1	51,1	-15,9	-3,9	BA-30-031-AV	-
L101-N-008	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,4	59,4	48,1	50,1	-13,9	-1,9	BA-30-031-AV	-
L101-N-008	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,5	62,5	49,0	51,0	-13,0	-1,0	BA-30-031-AV	-
L101-N-009	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,4	61,4	47,1	49,1	-14,9	-2,9	BA-30-031-AV	-
L101-N-010	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,8	61,8	47,8	49,8	-14,2	-2,2	BA-30-031-AV	-
L101-N-010	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,1	63,2	48,6	50,7	-13,4	-1,3	BA-30-031-AV	-
L101-N-011	S	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	72,4	74,4	56,2	58,3	-7,6	4,5	BA-30-031-AV	R1
L101-N-011	S	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	73,7	75,7	57,1	59,1	-6,7	5,3	BA-30-031-AV	R1

**ALLEGATO B – TABELLE RISULTATI PUNTUALI SIMULAZIONI ACUSTICHE: Punti di massimo impatto**

Codice	Facciata	Piano	Destinazione d'uso	Limiti di zona		Limiti di soglia		Impatto non mitigato		Impatto mitigato		Esuberi		Mitigazione	Verifica Interna
				6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6	6_22	22_6		
L101-N-012	S	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	68,7	70,8	55,4	57,4	-8,4	3,6	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-012	S	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	69,9	71,9	55,6	57,6	-8,2	3,8	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-013	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	67,5	69,5	52,3	54,3	-9,7	2,3	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-013	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	67,8	69,8	52,6	54,7	-9,4	2,7	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-016	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,1	65,1	49,9	51,9	-12,1	-0,1	BA-30-032-AV	-
L101-N-016	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,5	65,5	50,2	52,2	-11,8	0,2	BA-30-032-AV	V.I.S.
L101-N-016	S	3	Residenziale	65	55	62,0	52,0	63,9	65,9	50,5	52,5	-11,5	0,5	BA-30-032-AV	V.I.S.
L101-N-017	SW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	57,9	59,9	47,4	49,4	-14,6	-2,6	BA-30-032-AV	-
L101-N-018	O	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	59,3	61,3	48,5	50,5	-13,5	-1,5	BA-30-031-AV	-
L101-N-018	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	67,2	69,2	51,9	53,9	-10,1	1,9	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-101	S	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,7	67,7	50,6	52,6	-11,4	0,6	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-N-101	S	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	65,6	67,6	50,8	52,8	-11,2	0,8	BA-30-031-AV	V.I.S.
L101-S-002a	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	66,1	68,1	54,1	56,1	-9,7	2,3	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-002a	N	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	67,1	69,1	54,7	56,7	-9,1	2,9	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-002b	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	64,1	66,1	53,0	55,0	-10,8	1,2	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-004a	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	65,5	67,5	53,5	55,5	-10,3	1,7	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-004a	N	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	66,4	68,4	53,8	55,9	-10,0	2,1	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-004b	E	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	62,5	64,5	50,2	52,2	-13,6	-1,6	BA-30-028-AV	-
L101-S-005	O	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	60,2	62,2	51,5	53,5	-10,5	1,5	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-006	O	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	61,8	63,8	50,1	52,1	-13,7	-1,7	BA-30-028-AV	-
L101-S-009	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	64,5	66,5	52,0	54,0	-11,8	0,2	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-009	N	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	66,5	68,5	53,7	55,7	-10,1	1,9	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-010	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	64,1	66,1	52,8	54,8	-11,0	1,0	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-010	N	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	65,3	67,3	53,3	55,4	-10,5	1,6	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-011	E	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	62,1	64,1	50,6	52,6	-13,2	-1,2	BA-30-028-AV	-
L101-S-011	E	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	62,4	64,4	51,1	53,1	-12,7	-0,7	BA-30-028-AV	-
L101-S-011	N	3	Residenziale	70	60	63,8	53,8	65,6	67,6	53,6	55,7	-10,2	1,9	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-012	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,2	63,2	50,6	52,6	-11,4	0,6	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-012	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,6	64,6	51,9	54,0	-10,1	2,0	BA-30-028-AV	V.I.S.
L101-S-013	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	61,8	63,8	56,2	58,2	-5,8	6,2	BA-30-028-AV	R1
L101-S-013	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	62,0	64,0	56,3	58,3	-5,7	6,3	BA-30-028-AV	R1
L101-S-014	N	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	48,5	50,5	48,6	50,6	-13,4	-1,4		-
L101-S-014	N	2	Residenziale	65	55	62,0	52,0	52,5	54,5	52,1	54,1	-9,9	2,1		V.I.S.
L101-S-015	NW	1	Residenziale	65	55	62,0	52,0	48,1	50,1	46,7	48,7	-15,3	-3,3		-
L101-S-100	N	1	Residenziale	70	60	63,8	53,8	50,9	52,9	49,8	51,8	-14,0	-2,0		-
L101-S-100	N	2	Residenziale	70	60	63,8	53,8	51,9	53,9	50,8	52,8	-13,0	-1,0		-